

Міністерство освіти і науки України

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ ІНСТИТУТ**

Б. І. Піндус, В. В. Гончаренко

**ПРОЕКТУВАННЯ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Навчальний посібник

Горлівка
ДонНТУ
2013

УДК 625.72
ББК 39.311я73???
П???

Рецензенти:

В. І. Братчун, д-р техн.. наук, професор
(академія архітектури і будівництва)
Д. О. Павлюк, д-р техн.. наук, професор
(Національний транспортний університет)

Піндус Б. І.

П Проектування автомобільнихдоріг: навч. посібник / Б. І. Піндус,
В. В. Гончаренко. – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 2 с.

ISBN????

Розглянуто принципи і методи проектування автомобільних доріг в плані і поздовжньому профілі, земляного полотна, поверхневого водовідводу, дорожнього одягу, благоустрою і опорядкування дороги; викладені методи визначення отворів водопропускних споруд на малих і великих водотоках, об'ємів земляних робіт, розрахунку елементів дорожніх розв'язок, оцінки варіантів траси за економічними показниками та безпекою руху. Наведені обширні нормативні та довідникові дані.

Призначено для студентів спеціальності «Автомобільні дороги та аеродроми».

Рис. . Табл. . Бібліогр. Найм. .

ISBN ??????

УДК 625.72

ББК

© Піндус Б. І., Гончаренко В. В.,
2013

© АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013

ВСТУП

Значний ріст випуску автомобілів і автомобілізація народного господарства країни визначає подальший постійний розвиток і удосконалення мережі автомобільних доріг.

В виконанні задач дорожнього будівництва велика роль належить дорожникам-проектувальникам, які повинні передбачати в проектах усе нове і прогресивне, досягнуте в області проектування сучасних автомобільних доріг.

Практичні навички основ проектування і підготовки проектної документації майбутні бакалаври та спеціалісти-дорожники отримують при виконанні практичних робіт, курсових робіт і проектів, передбачених програмами курсів «Проектування автомобільних доріг» та «Проектування автомобільних магістралей».

В посібнику коротко викладаються основи проектування автомобільних доріг та магістралей, наводяться необхідні норми проектування і довідковий матеріал, надаються приклади окремих розрахунків та приклади проектування ділянки автомобільної дороги з оформленням матеріалів проекту у відповідності з вимогами ЄСКД і СПДБ.

Склад навчального посібника обіймає основні частини реального робочого проекту. Навчальний посібник може бути використаний при виконанні дипломних проектів та реальному проектуванні.

1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

До вихідних даних для проектування автомобільних доріг відносяться: установлений склад проекту; економічна характеристика району прокладання траси; природні умови; технічні умови проектування дороги.

1.1 Склад проекту на будівництво автомобільної дороги

Проектування підприємств, будівель і споруд, в тому числі і автомобільних доріг, виконується [1]:

в одну стадію – робочий проект з зведеним кошторисним розрахунком вартості – для доріг, будівництво яких буде виконуватись за типовими і повторно-використаних проектах, а також для доріг в нескладних умовах;

в дві стадії – проект з зведеним кошторисним розрахунком вартості і робоча документація з кошторисами – для інших автомобільних доріг.

Стадійність розробки проектно-кошторисної документації установлюється замовником в завданні на проектування.

Розділи проекту (робочого проекту) повинні викладатись в чіткій і лаконічній формі, характеризувати і обґрунтовувати основні проектні рішення з урахуванням результатів варіантних опрацювань, а приведені показники і підсумкові дані розрахунків і обґрунтувань – оформлюються в основному в табличній формі.

Текстові і графічні матеріали, що розробляються в складі проектно-кошторисної документації, необхідно оформляти у відповідності з вимогами державних стандартів СПДБ.

В залежності від стадійності склад проекту дещо міняється. Склад проекту при двох стадійному проектуванні:

Частина 1. Загальна.

1.1 Пояснювальна записка.

1.2 План траси дороги.

Частина 2. Будівельні рішення.

2.1 Підготовка території будівництва.

2.2 Земляне полотно і дорожній одяг.

2.3 Штучні споруди.

2.4 Схрещення і примикання.

2.5 Дорожні облаштування і обстановка дороги.

2.6 Дорожня і автотранспортна служба.

Частина 3. Будівельні матеріали.

Частина 4. Відвід і рекультивація земель.

Частина 5. Організація будівництва.

Частина 6. Кошторисна документація.

6.1 Зведений кошторисний розрахунок.

6.2 Об'єктні і локальні кошторисні розрахунки.

6.3 Будівельний каталог індивідуальних одиничних розцінок.

При навчальному проектуванні склад курсового проекту чи роботи бажано наближати до складу робочого проекту на будівництво автомобільної дороги, що являється достатнім для вирішення задач і досягнення мети курсового проектування. Склад курсового проекту чи роботи визначається кафедрою, яка проводить заняття з даної дисципліни.

Проект дороги в реальних умовах розробляється на основі матеріалів вишукувань, а при навчальному проектуванні – на основі завдання. Вихідні дані для проектування конструктивних елементів автомобільної дороги наводяться у відповідних розділах посібника.

1.2 Економічна характеристика району положення траси

Економічна характеристика району положення траси містить в собі: коротку характеристику розвитку народного господарства району тяготіння; розвиток транспорту і дорожньої мережі на розглядуваній території; обґрунтування ролі проектованої ділянки автомобільної дороги в загальній роботі мережі доріг району; установлення категорії дороги.

Зазначені відомості при реальному проектуванні збираються в процесі вишукувань дороги, а при виконанні навчальних проектів чи робіт приймаються за довідниками та енциклопедіями.

1.3 Природні умови прокладання траси

Природні умови істотно впливають на вибір напрямку дороги і конструкцію окремих її елементів. Природні умови визначають кількість, розміри і конструкцію дорожніх споруд, впливають на об'єми дорожньо-транспортних робіт і загальну вартість дороги. До місцевих природних (геофізичних) умов, що впливають на проектування, будівництво і експлуатацію автомобільних доріг, відносяться: клімат, рельєф, рослинність і ґрунти, інженерно-геологічні, ґрунтові, гідрологічні і гідрогеологічні умови.

Кліматичні умови значно впливають на кількість і режим поверхневих вод, висоту підняття підземних вод, кількість, інтенсивність і форму атмосферних опадів, водно-тепловий режим земляного полотна, тривалість будівельного сезону. Особливо великий вплив кліматичні умови мають на умови експлуатації доріг.

Кліматичні умови характеризуються температурами повітря, кількістю опадів, швидкістю і напрямком вітру, висотою снігового покриву, глибиною промерзання, кількістю днів з метелицями, ожеледицями, відлигами, туманами та інше. Усі перелічені дані приймаються за кліматичними довідниками, енциклопедіями і будівельними нормами [2]. За кліматичними умовами територія України згідно ДБН В.2.3-4:2007 [3] поділяється чотири дорожньо-кліматичні зони (рис. 1.1).

Рельєф місцевості визначає величину поздовжніх похилів, що приймаються при виборі траси, обумовлює необхідність обходу підвищених чи понижених місць, розвитку лінії по схилу. Від рельєфу залежить кількість води, що поступає до труб і малих мостів. Від експозиції вибраного для траси схилу за-

лежить водно-тепловий режим земляного полотна. Особливості рельєфу позначаються на виборі способів ведення земляних робіт і положення варіантів траси. В процесі експлуатації дороги умови рельєфу відображаються на вартості автомобільних перевезень.



Рисунок 1.1 – Дорожньо-кліматичне районування території України

При вишукуваннях автомобільних доріг умови рельєфу місцевості оцінюються по картах або безпосередньо в полі, при курсовому проектуванні – по топографічній карті.

Грунтові умови також враховуються при виборі напрямку траси. Грунт і рослинний шар оцінюються з точки зору використання його для укріплення укосів земляного полотна і відновлення (рекультивації) порушених в результаті будівництва земель. Заболочені і засолені ділянки місцевості, ділянки з сипучими пісками звично обходяться, якщо це не викликає значного подовження траси.

Від виду ґрунту залежить величина підвищення брівки земляного полотна і глибина водовідвідних каналів. При проектуванні конструкції дорожнього одягу враховується модуль пружності ґрунту. Від виду ґрунту залежать трудність його розробки в процесі будівництва, умови здимання і розмиву водою укосів земляного полотна і водовідвідних споруд. Ґрунти являються матеріалом

для зведення земляного полотна і впливають на установлення форми і розмірів земляного полотна.

Рослинність. Окремі види рослинності зустрічаються тільки при відповідних співвідношеннях місцевих умов, що використовується при проектуванні доріг, наприклад при дешифруванні аерофотзнімків. В курсових проектах і роботах ґрунтові умови і рослинність установлюють за завданням, літературними джерелами і топографічній карті.

Деревино-кущова рослинність, яка зустрічається в районі прокладання траси, оцінюються перш за все з точки зору придатності для будівельних цілей, а також для використання снігозахисного і декоративного озеленення.

Інженерно-геологічні умови району прокладання траси обумовлюють геологічну будову місцевості, ступінь стійкості гірських порід в основі і поблизу земляного полотна, утворення загрозливих полотно зсувів, осипів, обвалів, ступінь трудності розробки ґрунтів для будівництва дороги, наявність чи відсутність місцевих дорожньо-будівельних матеріалів (каменю, піску, гравію), яким слід віддавати перевагу перед привізними матеріалами. Інженерно-геологічні умови визначаються в процесі вишукувань автомобільної дороги, а в курсовому проектуванні – за літературними джерелами і завданням.

Гідрологічні і гідрогеологічні умови характеризуються кількістю випадальних опадів, умовами стоку і випаровування, товщиною снігового покриву і інтенсивністю весняного таяння снігу, глибиною залягання ґрунтових вод і особливостями їх режиму, режимом рік і струмків.

Гідрологічні умови (умови зволоження поверхневими водами) визначають кількість і величину водопропускних споруд, систему і конструкцію водовідвідних споруд, впливають на форму і розміри земляного полотна.

Гідрогеологічні умови (умови зволоження ґрунтовими водами) визначають кількість і розміри дренажних споруд.

1.4 Технічні умови проектування автомобільних доріг

Технічні умови проектування – це діючі затверджені нормативно-інструктивні документи, дотримування яких обов'язкове при розробці проектів. До нормативно-інструктивних документів відносяться ДСТУ, ДБН, ВБН, БН, вказівки і інструкції на проектування окремих конструктивних елементів автомобільних доріг.

Основним технічним документом на проектування нових і реконструкцію існуючих автомобільних доріг в Україні являються ДБН В.2.3-4:2007 [3]. Ці норми визначають: класифікацію автомобільних доріг за народногосподарським значенням в загальній транспортній системі України і величиною розрахункової інтенсивності руху; вимоги по забезпеченню безпеки і організації руху; технічні нормативи і транспортно-експлуатаційні показники; вимоги до перехресть і примикань; вимоги до проектування земляного полотна, проїзної частини і дорожнього одягу; загальні вимоги до елементів плану, поздовжнього і поперечного профілів штучних споруд; класифікацію і вимоги до дорожніх пристроїв, обстановки і озелененню доріг; загальні вимоги з організації і проекту-

вання дорожньої і автотранспортної служб. Основні норми проектування автомобільних доріг за ДБН В.2.3-4:2007 [3] наведені в додатку А.

1.5 Класифікація автомобільних доріг

Автомобільні дороги загального користування згідно з Законом України «Про автомобільні дороги» поділяються на дороги державного та місцевого значення.

Автомобільні дороги державного значення підрозділяються на міжнародні, національні та регіональні.

Автомобільні дороги місцевого значення підрозділяються на територіальні, обласні та районні.

В залежності від розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху автомобільні дороги поділяються на 5 категорій (табл. А.1). При визначенні категорії дороги за перспективний період необхідно приймати 20 років, починаючи з року завершення розробки проекту.

Розрахункову інтенсивність руху необхідно визначати сумарно в обох напрямках за результатами економічних вишукувань. Якщо середньомісячна добова інтенсивність руху найбільш напруженого місяця перевищує середньорічну добову більше ніж у 2 рази, то для визначення категорії дороги середньорічну добову інтенсивність руху слід збільшувати в 1,5 рази.

Якщо кількість легкових автомобілів становить менше 30 відсотків від загального транспортного потоку, категорію дороги можна визначати за розрахунковою інтенсивністю руху у транспортних одиницях. Якщо кількість легкових автомобілів становить більше 30 відсотків від загального транспортного потоку, категорію дороги визначають за інтенсивністю приведеною до легкового автомобіля.

Розрахункова інтенсивність приведена до легкового автомобіля визначається за формулою

$$P_{i\bar{\partial}} = \sum_{i=1}^n P_i K_{i\bar{\partial}} .^3, \quad (1.1)$$

де P_i – інтенсивність i -го типу автомобілів у транспортних одиницях;

$K_{np.i}$ – коефіцієнти приведення інтенсивності i -го типу автомобілів до легкового автомобіля (табл. 1.1);

n – кількість типів автомобілів в транспортному потоці.

Таблиця 1.1 – Коефіцієнти приведення транспортних засобів до легкового автомобіля

Ч. ч.	Тип транспортного засобу	Коефіцієнт приведення
1	2	3
1	Мотоцикл без коляски та мопед	0,5
2	Мотоцикл з коляскою	0,75
3	Легковий автомобіль	1,0
4	Вантажний автомобіль вантажопідйомністю, т:	
	до 1	1,0

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
	від 1 до 2	1,5
	від 2 до 6	2,0
	від 6 до 8	2,5
	від 8 до 14	3,0
	понад 14	3,5
5	Автопоїзд вантажопідйомністю, т:	
	до 12	3,5
	від 12 до 20	4,0
	від 20 до 30	5,0
	понад 30	6,0
6	Колісний трактор з причепами вантажопідйомністю, т:	
	до 10	3,5
	понад 10	5,0
7	Автобус	3,0
8	Автобус зчеплений (здвоєний)	5,0
<p>Примітка 1. При проміжних значеннях вантажопідйомності транспортних засобів коефіцієнти приведення визначають інтерполяцією.</p> <p>Примітка 2. Коефіцієнти приведення для спеціальних автомобілів приймають як для базових автомобілів відповідної вантажопідйомності.</p>		

Запитання для контролю та самоконтролю знань

1. Стадії проектування автомобільних доріг.
2. Склад проекту при двох стадійному проектуванні.
3. Що містить економічна характеристика району положення траси?
4. Що входить до складу природних умов району проектування?
5. Що характеризують кліматичні умови?
6. Дорожньо-кліматичне районування території України.
7. На що впливає рельєф місцевості при проектуванні доріг?
8. На що впливають ґрунтові умови району проектування?
9. Що характеризують інженерно-геологічні, гідрологічні та гідрогеологічні умови району проектування?
10. Основний нормативний документ для проектування доріг.
11. Класифікація автомобільних доріг за народногосподарським значенням в загальній транспортній системі України.
12. Класифікація автомобільних доріг за величиною розрахункової інтенсивності руху.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАНУ ТРАСИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

2.1 Види робіт при проектуванні плану траси автомобільної дороги

Проектування плану траси автомобільної дороги, як правило, включає: вибір напрямку варіантів траси дороги по карті; урахування принципів ландшафтного проектування, клотоїдного трасування і охорони навколишнього середовища; призначення радіусів кривих в плані; забезпечення безпеки руху на кривих в плані; розрахунок відомості кутів повороту, прямих і кривих; установа необхідної смуги відводу в плані під дорогу; опис варіантів траси; порівняння; оформлення креслень плану траси.

2.2 Основні правила трасування автомобільних доріг

Вибір положення траси дороги є одним із найвідповідальніших етапів проектування, так як справляє значний вплив на вартість будівництва і експлуатації дороги, зручність і безпеку руху, ступінь впливу дороги на навколишнє середовище. При виборі положення траси необхідно враховувати топографічні, інженерно-геологічні, кліматичні і соціально-економічні умови місцевості.

Пряма, що поєднує початковий і кінцевий пункти траси, називається повітряною лінією. Повітряна лінія перетинає ряд планових та висотних перешкод. Трасу, по можливості, слід розташовувати ближче до повітряної лінії, обгинаючи крупні форми рельєфу і перетинати дрібні, обходити населені пункти, цінні, поливні землі, несприятливі за інженерно-геологічними умовами.

При неможливості обходу ділянок з несприятливими умовами їх пересікають в найбільш вузьких і мілких місцях, де не знадобиться значних витрат для забезпечення надійності роботи дороги.

Великі водотоки, існуючі автомобільні дороги і залізниці бажано перетинати під кутом, близьким до 90° .

В районах з частими сніговими або піщаними заносами необхідно враховувати напрямки домінуючих вітрів так, щоб забезпечити незаносимість дороги.

При проектуванні доріг напрямки варіантів траси вибирають за топографічними картами масштабів $1:25000$ – $1:10000$ (камеральне трасування).

Початковий і кінцевий пункти траси поєднують повітряною лінією, виявляють контрольні точки, через які повинна пройти траса при обході чи перетині контурних, висотних перешкод, великих водотоків, автомобільних доріг і залізниць. За допомогою лінійки (шаблонів, лекал) наносять магістральний хід. Існує два методи нанесення магістрального ходу: традиційний (полігональне трасування) і гнучкої лінійки (клотоїдне трасування).

Традиційний метод полягає в тому, що через контрольні точки наносять ломаний магістральний хід (полігон), заміряють кути поворотів (кути між продовженням попередньої і наступною лініями), вписують кругові криві при $R > 2000$ м. Ділянки прямих і кривих у плані при радіусі кривої 2000 м та менше повинні з'єднуватись перехідними кривими. Найменші довжини перехідних кривих наведені в табл. А.6.

Елементами колових кривих є: Т – тангенс; К – крива; Б – бісектриса; Д – домір (рис 2.1).

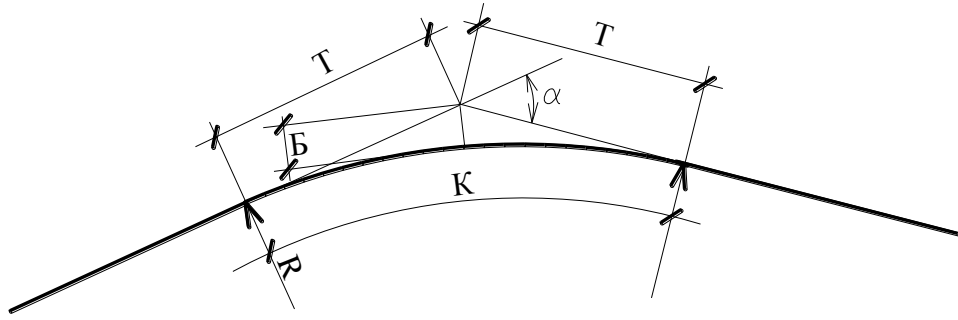


Рисунок 2.1 – Елементи колової кривої

Елементи колових кривих визначають за таблицями [4]. Витяг з [4] наведено в табл. Б.1.

Перехідні криві є кривими змінного радіусу, який змінюється за довжиною кривої від $R = \infty$ на її початку (ППК) до радіусу колової кривої в кінці (КПК). Основними елементами перехідної кривої є: L – довжина перехідної кривої; β – кут перехідної кривої; t – додатковий тангенс; p – зсування колової кривої.

Елементи перехідних кривих визначають за таблицями [5]. Витяг з [5] наведено в табл. Б.2.

Елементи колових кривих можуть бути розраховані за формулами:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (2.1)$$

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}; \quad (2.2)$$

$$A = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right); \quad (2.3)$$

$$\ddot{A} = 2\dot{O} - \hat{E}. \quad (2.4)$$

Елементи перехідних кривих можуть бути розраховані за формулами:

$$\beta = \frac{L}{2R}; \quad (2.5)$$

$$t = x_{\hat{e}} - R \cdot \sin \beta; \quad (2.6)$$

$$p = y_{\hat{e}} - R \cdot (1 - \cos \beta), \quad (2.7)$$

де $x_{\hat{e}}$; $y_{\hat{e}}$ – координати кінця перехідної кривої, які визначаються за формулами:

$$x_{\hat{e}} = L - \frac{L^5}{40(RL)^2}; \quad (2.8)$$

$$y_{\hat{e}} = \frac{L^3}{6RL} - \frac{L^7}{336(RL)^3}. \quad (2.9)$$

Величина кута β в формулі (2.5) виражена в радіанах. Для переведення в градуси її необхідно помножити на 57,29577.

Метод гнучкої лінійки полягає в тому, що на карті в рельєф і ситуацію через контрольні точки за допомогою поставленої на ребро гнучкої лінійки (або від руки) вписують плавну лінію, для якої за допомогою шаблонів клотоїдних кривих визначають радіус R і параметри перехідних кривих. За таблицями для проектування клотоїдних трас автомобільних доріг [5] визначають елементи кривих. Метод гнучкої лінійки дозволяє наносити найбільш оптимальні варіанти траси, які забезпечують найкраще поєднання з навколишнім ландшафтом, тому його використовують як основний при автоматизованому проектуванні плану автомобільних доріг. При трасуванні необхідно дотримуватись правил плавного поєднання елементів плану і поздовжнього профілю: недопустимо проектувати трасу в плані, поздовжньому і поперечному профілях без урахування їх взаємного впливу на умови руху і зорового сприйняття дороги; довжина прямих ділянок не повинна перевищувати 4–6 км; радіуси кривих в плані, що поєднуються або розташовані недалеко одна від другої, не повинні відрізнятись більше ніж в 1,3 рази; найкраща плавність траси досягається, якщо криві в плані суміщені з кривими профілю, причому довжина кривої в плані повинна бути рівною або більшою довжини кривої в поздовжньому профілі, а зміщення вершин кривих – не більше ніж на $\frac{1}{4}$ довжини меншої з кривих; слід уникати поєднань кінців кривих в плані з початком опуклих або угнутих кривих у поздовжньому профілі, розташованих на наступних прямих ділянках плану; довжина сусідніх прямих і кривих ділянок в плані повинна відрізнятись не більше ніж в 2 – 3 рази; слід уникати в плані коротких кривих поміж довгими прямими, коротких прямих вставок менше 300 м між односторонніми кривими і менше 200 м поміж зворотними кривими.

2.3 Визначення довжини і розбивка перехідних кривих

Перехідна крива – крива змінного радіусу, яка створює плавний перехід між ділянками траси різної кривизни в плані, в тому числі між прямими ділянками траси і коловою кривою. Перехідні криві звичайно проектують по клотоїді.

Довжина перехідної кривої, вираженої в метрах, може бути визначена з двох міркувань за формулами:

із умов швидкості нарощування відцентрового прискорення

$$L = \frac{V^3}{47 R J}, \quad (2.10)$$

де V - розрахункова швидкість руху, км/год;

R - радіус колової кривої, м;

J - швидкість наростання відцентрового прискорення, призначається 0,5 м/с³;

з умови відгону віражу

$$L_{\hat{a}^3\ddot{a}\ddot{a}} = \frac{b i_{\hat{a}}}{i_{\ddot{a}\ddot{a}}}, \quad (2.11)$$

де b – ширина проїзної частини дороги без розширення;
 $i_{\hat{a}}$ – похил віражу, який приймають 20 - 60‰ в залежності від природних умов і радіусу закруглення згідно табл.А.7 (дод. А);
 $i_{\ddot{a}\ddot{a}}$ – додатковий поздовжній похил зовнішньої крайки проїзної частини стосовно до проектного похилу на ділянках відгону віражу, який не повинен перевищувати, ‰, для доріг:

I-II категорій 5;

III-V категорій в рівнинній місцевості 10;

III-V категорій в гірській місцевості 20.

З двох значень для подальших розрахунків слід прийняти більше.

Розбивку клотоїди можна виконати використовуючи метод абсцис і ординат. Координати визначаються за формулами:

$$x = \ell - \frac{\ell^5}{40C^2} + \frac{\ell^9}{3456C^4} - \dots; \quad (2.12)$$

$$y = \frac{\ell^3}{6C} - \frac{\ell^7}{336C^3} + \frac{\ell^{11}}{42240C^5} - \dots. \quad (2.13)$$

де ℓ – відстань від початку перехідної кривої до точки на кривій, координати якої визначаються;

C – параметр перехідної кривої, що визначається за формулою

$$C = R L. \quad (2.14)$$

Положення початку і кінця закруглення (рис. 2.2) знаходять від початку і кінця колової кривої на відстані додаткового тангенса, що визначається за формулою (2.6).

Повна довжина тангенса закруглення

$$\dot{O}_{\zeta} = \dot{O}_{\hat{e}} + t, \quad (2.15)$$

де T_{κ} – тангенс колової кривої, м.

При проектуванні закруглення з перехідними кривими колова крива зміщується в середину закруглення на величину p , що називається зміщенням. Величина зміщення визначається за формулою (2.7).

2.4 Розрахунок закруглень в плані

Запроектовані варіанти траси повинні бути розбиті на пікети (100 м) та кілометри з визначенням пікетажного положення вершин кутів (BK), початку кривої ($ПК$) або початку закруглення ($ПЗ$), кінця кривої ($КК$) або кінця закруглення ($КЗ$). Для цього необхідно поміряти транспортиром всі кути повороту і осьовий румб першої лінії, призначити радіуси колових кривих R , довжину

перехідних кривих L . По куту повороту α і прийнятому радіусу R за таблицями [4] визначають елементи колових кривих: тангенс T_0 , криву K_0 , бісектрису B_0 і домір D_0 . По прийнятому радіусу R і довжиною перехідної кривої L за таблицями [5] визначаються параметри перехідної кривої: додатковий тангенс t , кут перехідної кривої β і величина зсуву p .

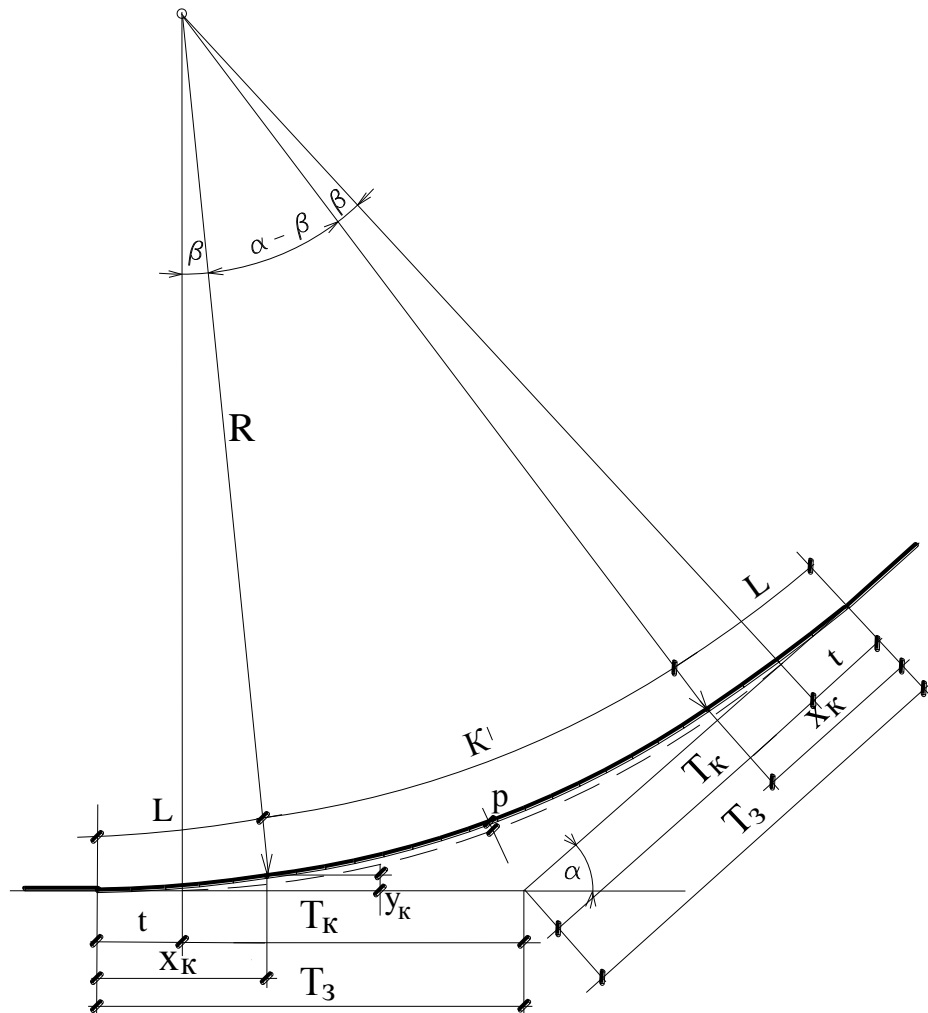


Рисунок 2.2 – Схема закруглення з перехідною кривою

Розбивка пікетажу ведеться від початку траси до першої вершини кута повороту. Потім визначається положення початку кривої (ПК) або початку закруглення (ПЗ) за формулами:

$$ПК = BK - T_0; \quad (2.16)$$

$$ПЗ = BK - (T_0 + t). \quad (2.17)$$

Кінець кривої (КК) або кінець закруглення (КЗ) визначається за формулами:

$$КК = ПК + K_0 \quad (2.18)$$

$$і \quad КК = BK + T_0 - D_0; \quad (2.19)$$

$$КЗ = ПЗ + K_3 \quad (2.20)$$

$$і \quad КЗ = BK + (T_0 + t) - D_3, \quad (2.21)$$

де K_3, D_3 – довжина і розмір заокруглення, які визначаються за формулами:

$$\hat{E}_\zeta = \frac{\pi R (\alpha - 2\beta)}{180^\circ} + 2L; \quad (2.22)$$

$$D_3 = 2T_3 - K_3. \quad (2.23)$$

Кути α і β в формулі (2.22) необхідно підставити в градусах, тобто мінути та секунди переводять в десяті долі градуса шляхом ділення: мінут - на 60, секунд - на 3600.

Для отримання пікетажного положення наступної вершини кута повороту необхідно від попередньої вершини відкласти розмір, пропустити його і продовжувати рахунок пікетажних положень (рис. 2.3).

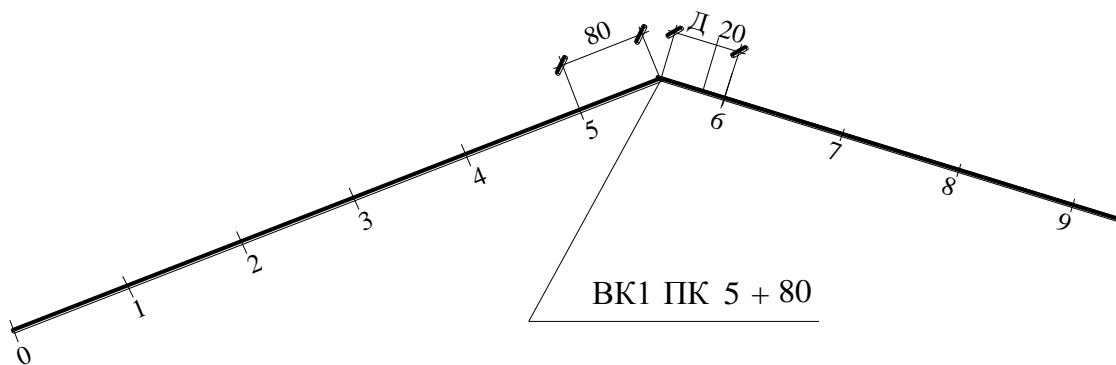


Рисунок 2.3 - Схема до розбивки пікетажу

Винесення пікетів на криву здійснюється будь-яким відомим способом.

Одночасно з розбивкою пікетажу та розрахунком закруглень заповнюється відомість кутів повороту, прямих і кривих, в якій за нульовий кут повороту приймається початок траси (ПТ), а за останній – кінець траси (КТ). В відомості кутів повороту, прямих і кривих наводяться усі необхідні дані, що характеризують закруглення і прямолінійні ділянки дороги.

2.5 Розрахунок розширювання проїзної частини на кривих у плані

При русі автомобіля по кривій на відміну від передніх задні колеса автомобіля рухаються по траєкторії, зміщеної ближче до центру закруглення. З метою недопущення з'їзду задніх коліс автомобіля з покриття (проїзної частини), на кривих проектується розширення двосмугової проїзної частини, яке розраховується за формулою:

$$\Delta = \frac{\ell^2}{R} + 0.05 \frac{V}{\sqrt{R}}, \quad (2.24)$$

де V – розрахункова швидкість автомобіля, км/год;

ℓ – габаритна довжина автомобіля (автопоїзда), м.

Згідно вимогам ДБН В.2.3-4:2007 розширення проїзної частини необхідно передбачати при радіусах кривих в плані 1000м і менше, з внутрішньої сторони за рахунок узбіччя. При цьому ширина узбіччя повинна залишатися не менше 1,5 м для доріг I і II категорій і не менше 1 м для решти категорій. При недостатній ширині узбіччя для розміщення розширення проїзної частини з додержанням указаних умов слід передбачати розширення земляного полотна до величини, що забезпечує вимоги ДБН В.2.3-4:2007. Розширення проїзної частини належить виконувати пропорційно відстані від початку перехідної кривої так, щоб величини повного розширення були досягнуті до початку колової кривої.

Величини повного розширення залежно від радіусів кривих наведені в табл.А.8 додатку А.

2.6 Проектування віражу

При русі автомобіля по горизонтальній кривій на нього діє відцентрова сила, яка направлена вздовж радіусу від центра закруглення. При цьому стійкість автомобіля зменшується, а керування ускладнюється. Величина відцентрової сили, як відомо, залежить від величини радіусу кривої, а також від величини поперечного похилу проїзної частини. Виходячи з цього, дію відцентрової сили можна частково компенсувати збільшенням поперечного похилу проїзної частини автомобільної дороги, по другому кажучи, влаштуванням на ділянці кривої в плані віражу.

Віраж слід проектувати на всіх кривих з радіусами, меншими 3000 м на дорогах першої категорії, менше 2000 м на дорогах II та III категорій і менше 800 м на дорогах IV та V категорій.

Перехід від двосхилого поперечного профілю на прямолінійній ділянці до односхилого профілю на кривій, що називається відгоном віражу, здійснюється шляхом повороту зовнішньої половини проїзної частини навколо осі дороги. Відгін віражу, як правило, здійснюється в межах перехідної кривої. Таким чином, початок відгону віражу збігається з початком або кінцем закруглення (див. рис. 2.2). За 10м до початку відгону віражу виконується відгін зовнішнього узбіччя до похилу зовнішньої половини проїзної частини (рис.2.4).

У тих випадках, коли перехідні криві на закругленнях не влаштовуються, відгін віражу виконується на прямолінійній ділянці. Довжина відгону віражу в цьому випадку визначається за формулою (2.11)

У випадку відгону віражу в межах прямої лінії, початок відгону віражу (**ПВВ**) визначається за формулами:

$$\text{ПВВ} = \text{ПКК} - L_{\text{відг}}; \quad (2.25)$$

$$\text{ПВВ} = \text{ККК} + L_{\text{відг}}, \quad (2.26)$$

Відгін віражу здійснюється шляхом обертання зовнішньої половини проїзної частини разом з зовнішнім узбіччям навколо осі дороги до моменту,

коли похил зовнішньої половини проїзної частини стане рівним похилу внутрішньої половини. З моменту рівності похилів зовнішньої і внутрішньої половини проїзної частини починається їх сумісне обертання до моменту, коли похил проїзної частини стане рівним похилу внутрішнього узбіччя, після чого починається сумісне обертання і внутрішньої половини проїзної частини і внутрішнього узбіччя. При цьому, якщо похил віражу (i_e) не перевищує похилу внутрішнього узбіччя ($i_{yзб}$), останній не змінює своєї величини на всьому протязі відгону віражу.

Якщо $i_e > i_{yзб}$, то в кінці віражу похил внутрішнього узбіччя становиться рівним похилу віражу. Поперечні перерізи дороги в місцях з характерними похилами наведені на рис. 2.4.

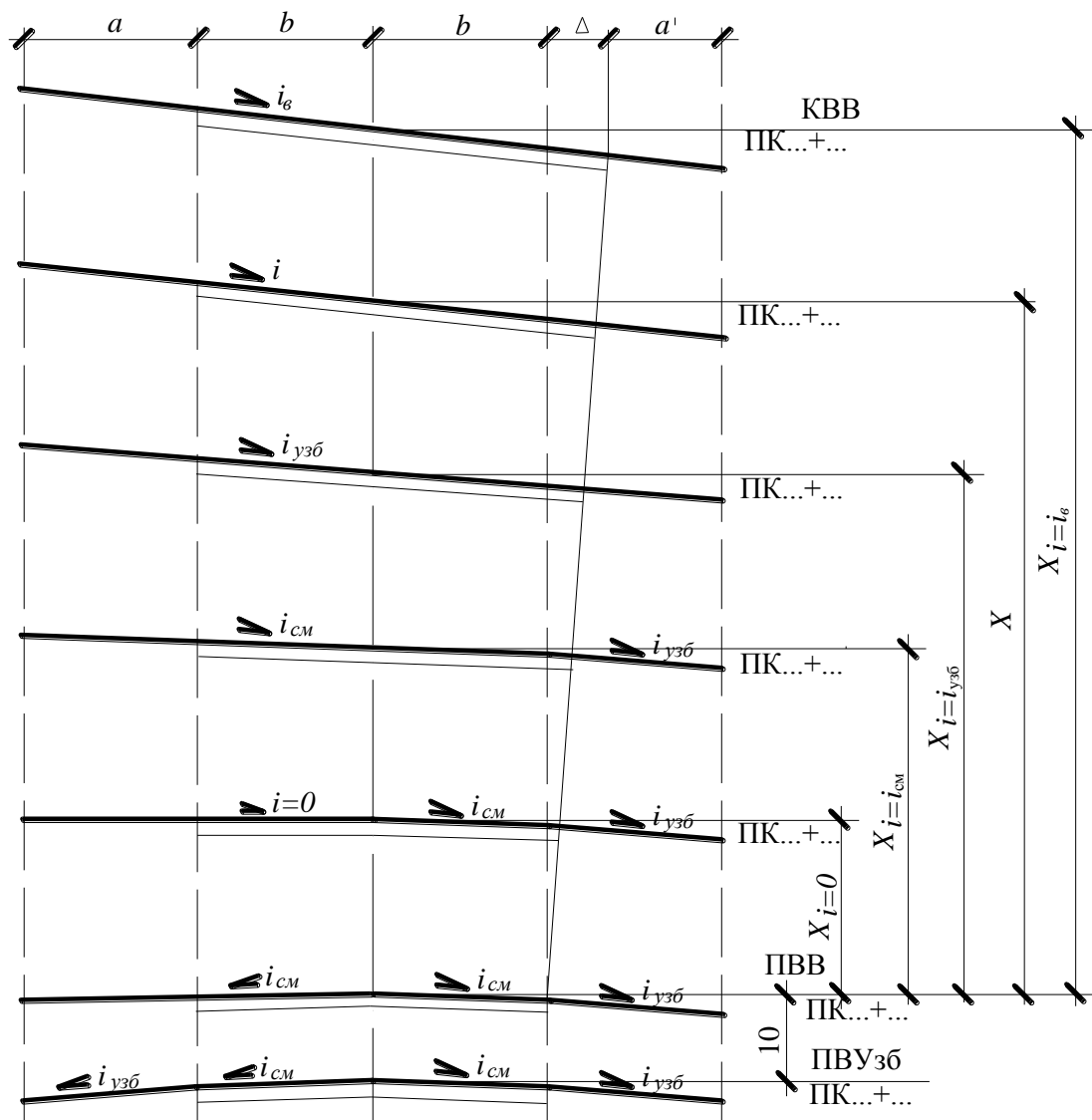


Рисунок 2.4 – Схема до проектування відгону віражу

Відстань від ПБВ до поперечників з характерними уклонами зовнішньої половини проїзної частини визначається за формулами:

$$\tilde{o}_{з=0} = \frac{i_{\ddot{v}} L}{i_{\hat{a}} + i_{\ddot{v}}}; \quad (2.27)$$

до поперечника з $i = i_n$

$$\tilde{\sigma}_z = {}^3_{\dot{i}} = \frac{2 {}^3_{\dot{i}} L}{{}^3_{\dot{a}} + {}^3_{\dot{i}}}; \quad (2.28)$$

до поперечника з $i = i_{yzb}$

$$\tilde{\sigma}_z = {}^3_{\acute{o}\acute{c}\acute{a}} = \frac{({}^3_{\acute{o}\acute{c}\acute{a}} + {}^3_{\dot{i}}) L}{{}^3_{\dot{a}} + {}^3_{\dot{i}}}; \quad (2.29)$$

до поперечника з будь-яким i_x

$$\tilde{\sigma}_{\tilde{\sigma}} = \frac{({}^3_{\tilde{\sigma}} + {}^3_{\dot{i}}) L}{{}^3_{\dot{a}} + {}^3_{\dot{i}}}, \quad (2.30)$$

де L – довжина відгону віражу (перехідної кривої), м ;

i_n – похил проїзної частини, ‰;

i_x - поточний похил, ‰.

Похил зовнішньої половини проїзної частини і узбіччя в перерізі, розміщеному на відстані x від початку відгону віражу, визначається за формулою, одержаною з (2.30)

$${}^3_{\tilde{\sigma}} = \frac{\tilde{\sigma}({}^3_{\dot{a}} + {}^3_{\dot{i}})}{L} - {}^3_{\dot{i}} \quad (2.31)$$

Користуючись формулами (2.27) ... (2.30), необхідно підраховувати відстані від ПВВ до поперечників з характерними похилами, а за формулою (2.31) визначити похили на усіх поперечниках, що знаходяться на відстанях, кратних 20 (10)м від ПВВ. На усіх вказаних поперечниках необхідно визначити відносні (відносно осі дороги) і фактичні відмітки характерних точок (зовнішня брівка земляного полотна, зовнішня крайка проїзної частини, вісь дороги, внутрішня крайка проїзної частини, внутрішня брівка земляного полотна). При обчисленні відміток необхідно врахувати, що при радіусі кривої $K < 1000$ м передбачається розширення внутрішньої половини проїзної частини згідно вимогам, викладеним в п.2.5. Розширення проїзної частини ($\Delta_{\tilde{\sigma}}$) на поперечнику, що знаходиться на відстані x від ПВВ, визначається за формулою

$$\Delta_{\tilde{\sigma}} = \frac{\Delta \cdot \tilde{\sigma}}{L}, \quad (2.32)$$

де Δ – повне розширення в кінці відгону віражу, м.

Відносні відмітки характерних точок поперечника визначаються шляхом обчислення перевищень по відомому похилу і відстані. Відносні відмітки точок по осі дороги на усіх поперечниках будуть рівні нулю. Розрахунок відносних відміток рекомендується вести у формі таблиці (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Відомість відгону віражу (відносні відмітки)

Пікетажне положення	Характерні точки поперечника				
	Зовнішня брівка	Зовнішня крайка	Вісь дороги	Внутрішня крайка	Внутрішня брівка
ПВУ ПК...+...			0,0		
ПВВ ПК...+...			0.0		
ПК...+...			0.0		
КВВ ПК...+...			0.0		

Аналогічна відомість відгону віражу обчислюється і в фактичних відмітках. Для цього по поздовжньому профілю обчислюються фактичні відмітки по осі дороги на усіх поперечниках з урахуванням проектних поздовжніх похилів і вертикальних кривих. Фактичні відмітки характерних точок поперечника (крайки, брівки) визначаються шляхом додавання до фактичної відмітки осі дороги відносної відмітки відповідної точки. На схемі відгону віражу (див.рис.2.4) необхідно показати значення поперечних похилів на усіх поперечниках.

2.7 Забезпечення видимості на кривих у плані

Умови видимості повинні бути такими, щоб при русі по кривій водій автомобіля міг бачити поверхню дороги або зустрічний автомобіль на відстані видимості, рівній встановленій для даної категорії дороги. Промінь зору являється межею площини, всередині якої на місцевості не повинно бути ніяких перешкод, що заважають видимості.

У практиці проектування зустрічаються два основних випадки забезпечення видимості у плані:

1. При $S_{\hat{a}} \leq K$. Величина необхідної зрізки визначається за формулою

$$Z = R \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right), \quad (3.55)$$

де S_g - відстань видимості, м за ДБН В.2.3-3:2007 для даної категорії дороги;

K - довжина кривої, м;

Z - величина зрізки, м;

R - радіус кривої, м;

β - кут, обмежуючий відстань видимості, рад:

$$\beta = \frac{S_{\hat{a}}}{R} . \quad (3.56)$$

2. При $S_g > K$. У цьому випадку величина зрізки визначається за формулою

$$Z = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{S_{\hat{a}} - K}{2} \sin \frac{\alpha}{2} . \quad (3.57)$$

Для переведення кута з градусів в радіани користуються залежністю

$$\alpha_{\text{рад}} = \frac{\alpha_{\text{град}}}{57,296} . \quad (3.58)$$

2.8 Смуга відведення

Смугою відведення називають смугу місцевості в плані, яку виділяють для розміщення на ній дороги і усіх допоміжних дорожніх споруд і облаштувань транспортного і дорожнього обслуговування.

Смуга відведення залежить від категорії дороги, кількості смуг руху, висоти насипу, глибини виїмки, характеру місцевості, її похилу і установлена будівельними нормами. Норми установлюють ширину смуги відведення земель, які відводяться в постійне і тимчасове користування, з урахуванням мінімального зайняття корисних земель. Осереднені показники площі відведення, установлені нормами, наведені в таблиці 2.1. Вони використовуються для попереднього визначення необхідної площі земель.

Наведені норми не враховують площі, необхідної для влаштування водовідводу, зрізок для забезпечення видимості, висадки декоративних насаджень, пересічень доріг, стоянок для автомобілів і майданчиків відпочинку, будівель обслуговування руху і інших дорожніх споруд.

Для перелічених будівель і споруд площі відведення враховують додатково на основі детального обґрунтування їх необхідності в проектах.

Норми тимчасового відведення враховують необхідну площу для розміщення видаленого рослинного ґрунту з території, призначеної під насипи, виїмки і резерви, і улаштування тимчасових доріг для його вивезення. Після закінчення будівництва тимчасово відведені землі повинні бути приведені до стану, придатного для сільськогосподарських робіт, і повернені землекористувачам.

При виборі положення траси на місцевості слід враховувати норми відведення земель для автомобільних доріг. Фактична смуга відведення установлюється в проекті дороги в графіку відведення земель.

Таблиця 2.1 – Осереднені показники площ відведення земель для автомобільних доріг, віднесених до 1 км довжини дороги

Категорія дороги і кількість смуг руху	Загальна площа смуги відведення, га на землях сільськогосподарського призначення		На землях, непридатних для сільськогосподарського використання	
	Поперечний похил місцевості від 0 до 1 : 20		Поперечний похил місцевості від 1 : 20 до 1 : 10	
	Постійне відведення	Тимчасове відведення	Постійне відведення	Тимчасове відведення
I, 8 смуг	6,3	1,8	6,4	1,8
I, 6 смуг	5,5	1,7	5,6	1,7
I, 4 смуг	4,7	1,6	4,8	1,6
II, 2 смуги	3,1	1,4	3,2	1,4
III, 2 смуги	2,6	1,3	2,8	1,3
IV, 2 смуги	2,4	1,3	2,5	1,3
V, 1 смуга	2,1	1,2	2,2	1,2

2.9 Порівняння варіантів траси

Порівняння варіантів траси виконують за експлуатаційно-технічними показниками (табл. 2.2). кращим за експлуатаційно-технічними показниками вважається варіант, що має більше переваг.

При виконанні реальних проектів варіанти траси порівнюють за техніко-економічними показниками, які містять, крім технічних показників, об'єми робіт, їх вартості і вартість транспортних витрат, коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

2.10 Оформлення плану траси

План траси креслять за даними відомості кутів повороту, прямих і кривих на креслярських аркушах довжиною 841 мм і висотою 297 мм.

Розміщувати трасу необхідно так, щоб верх аркуша по можливості був направлений на північ, а при напрямку траси північ-південь – на захід.

Масштаб плану згідно [6] приймають: основний – 1 : 2000; допустимий 1 : 5000 чи 1 : 10000.

Трасу на плані наносять суцільною основною лінією. Прямі ділянки від кривих відділяють умовними позначками. Тангенси наносять пунктирною лінією. По усій лінії траси проставляють пікети і кілометри.

На кутах поворотів пишуть їх номери, а величини закруглень, довжин прямих і їх румбів заносять в таблицю, яку розміщують на вільному місці.

Ситуацію на плані траси показують за даними топографічної карти. Ситуаційні знаки і надписи виконують паралельно до рамки. Пікети та інші надписи, що відносяться до траси, пишуть вздовж траси або перпендикулярно до

неї. Умовні позначення і знаки повинні відповідати діючим для топографічних карт.

Таблиця 2.2 – таблиця порівняння експлуатаційно-технічних показників варіантів

№ п/п	Показники	I варі- ант	II варі- ант	Перваги	
				I варі- ант	II варі- ант
1	Довжина траси, км				
2	Коефіцієнт подовження $K = L_{\text{тр}}/L_{\text{пов}}$				
3	Середня величина кута повороту, град				
4	Мінімальний радіус повороту, м				
5	Забезпечення видимості в плані				
6	Кількість перетинів в одному рівні				
7	Кількість водотоків, що перетинаються дорогою				
8	Максимальний поздовжній похил, ‰				
9	Загальна довжина ділянок з максима- льним поздовжнім похилом, ‰				
	$\frac{L_{i \max}}{L_{\partial \partial}} 100$				
10	Довжина ділянок несприятливих для улаштування земляного полотна, км				
11	Довжина ділянок, що проходять по лі- су, км				
12	Довжина ділянок, що проходять по сільськогосподарських землях, км				

На плані траси, розташованій в рівнинній та слабо пересіченій місцевості, горизонталі показують в тих місцях, де вони необхідні для обґрунтування вибору напрямку траси, а в сильно пересіченій і гірській місцевості – по усій її довжині.

При перетині траси з залізницями і автомобільними дорогами на плані показують кут і пікетажне положення перетину.

Вище траси показують назви землекористувачів. На вільному місці креслять схеми закріплення траси (рис. 2.5) і таблицю елементів кутів поворотів прямих і кривих, а в лівому верхньому куті розміщують стрілку напрямку північ-південь, літню та зимову рози вітрів. При значній довжині траси план креслять на кількох аркушах. В кінці її на першому аркуші, на початку і в кінці траси на наступних аркушах перпендикулярно до неї проводять пунктирні лінії поєднання з сусідніми аркушами.



Рисунок 2.5 – Схеми закріплення основних елементів траси

Запитання для контролю та самоконтролю знань

1. Види робіт при проектуванні плану траси автомобільної дороги.
2. Основні правила трасування автомобільних доріг.
3. Методи нанесення магістрального ходу.
4. Елементи колової кривої.
5. Призначення перехідної кривої.
6. Елементи закруглення з перехідною кривою.
7. Розбивка пікетажу та визначення пікетажного положення основних точок закруглення.
8. Де і для чого влаштовується розширювання проїзної частини?
9. Призначення і методи відгону віражу.
10. Способи забезпечення видимості на кривих у плані.
11. Призначення смуги відведення.
12. Експлуатаційно-технічні показники варіантів траси.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ВОДОПРОПУСКНИХ СПОРУД

3.1 Загальні принципи і правила

До основних видів водопропускних споруд на автомобільних дорогах відносять мости і труби. Труби і мости, отвір яких не перевищує 30 м, відносять до малих водопропускних споруд.

При перетині дорогою великих водотоків влаштовують великі мостові переходи. Мости з отвором від 30 до 100 м відносяться до середніх, а мости з отвором, більшим за 100 м, а також з прольотами більше 30 м відносяться до великих мостів.

Задачею проектування водопропускних споруд являється установлення місцезнаходження і розмірів споруди, необхідних для безпечного і надійного пропуску води по водотоку і руху по дорозі при мінімальній вартості будівництва самої споруди і підходів до неї.

Загальні принципи і правила проектування водопропускних споруд полягають в наступному:

- повинен бути забезпечений безперервний пропуск транспортних потоків по дорозі при проходженні розрахункових паводків;
- проектування повинно бути рівнозначним, тобто на одну і ту ж імовірність перевищення розрахункових витрат води;
- проектування виконується з використанням типових проектів з уніфіційованих збірних елементів;
- розміри споруд визначаються гідравлічними розрахунками;
- розрахункові витрати при розробленні проектів мостових переходів через великі водотоки обчислюються за матеріалами безпосередніх спостережень за режимами рік;
- при визначенні розрахункових витрат малих рік періодичних водотоків можуть бути використані емпіричні формули;
- проектування труб не допускається на постійно діючих водотоках, при наявності льодоходу і корчеходу, в місцях утворення намерзлого льоду;
- витрати на будівництво і утримання споруд повинні бути мінімальними.

Більшу частину малих водопропускних споруд (маже 90%) на автомобільних дорогах складають труби.

Під час проектування перевагу здебільшого віддають трубам. Водопропускні дорожні труби виготовляють із збірних залізобетонних елементів з стандартними отворами: круглі – з внутрішнім діаметром 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50 і 2,0 м; прямокутні 1,5х2,0; 2,0х2,0; 2,0х3,0; 3,0х2,0; 3,0х3,0; 4,0х3,0; 5,0х3,0; 6,0х3,0 м. Круглі труби діаметром 0,50 м застосовують на з'їздах автомобільних доріг низьких категорій. Труби діаметром 0,75 м застосовують на з'їздах і на автомобільних дорогах IV – V категорій при довжині труб не більше 15 м; діаметром 1,0 м – на дорогах II – V категорій при довжині труб не більше 20 м. при більшій довжині застосовують труби отвором не менше 1,25 м.

Для збільшення пропускної здатності без підвищення висоти насипу влаштовують багатоочкові труби, витрати води між якими розподіляються рівномірно. Труби з числом отворів більше чотирьох неоекономічні, в цих випадках слід проектувати малий міст.

Малі мости рекомендують споруджувати при перетині постійно діючих або періодично діючих водотоків з великими витратами води; за особливих умов прокладення траси (болота, канали тощо).

Гідравлічний розрахунок малих мостів і дорожніх труб виконується згідно з СНиП 2.01.14-83[7] і складається з визначення притоку зливових і талих вод, отворів споруд, мінімальної висоти насипу біля споруд, швидкості потоку в підмостовому руслі.

Вихідними даними для проектування водопропускних споруд є наступні дані:

- топографічна карта (або цифрова модель місцевості);
- план траси;
- категорія дороги;
- район проходження дороги.

Місцеположення штучної споруди визначають по топографічній карті чи по цифровій моделі місцевості, аналізуючи профіль землі отриманий для запроєктованих варіантів траси.

3.2 Розрахунок стоку з малих водозборів

Максимальна витрата зливових вод з басейнів площею менш 100 км² визначається за формулою МАДІ – Союздорпроекту [7]

$$Q_{\text{сє}} = 16,7 \cdot a_{\text{год}} \cdot \hat{E}_t \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot F, \quad (3.1)$$

де $a_{\text{год}}$ - інтенсивність зливи, тривалістю в одну годину, мм/хв, яку визначають за табл. 3.2 залежно від зливого району (рис.3.1) та імовірності перевищення (табл.3.1);

K_t – коефіцієнт переходу від інтенсивності годинної тривалості до інтенсивності розрахункової (табл.3.3);

α - коефіцієнт стоку, що залежить від ґрунтів на поверхні водозбору (табл.3.4);

φ - коефіцієнт редукції, значення коефіцієнта редукції залежить від площі водозбору (табл.3.5);

F - площа водозбору, км², яку визначають за картою масштабу 1:25000.

Об'єм зливого стоку, м³, визначають за формулою

$$W = 60000 \frac{a_{\text{год}} \cdot F \cdot \alpha \cdot \varphi}{\sqrt{K_t}}, \quad (3.2)$$

де усі коефіцієнти такі самі, як у формулі (3.1).



Рисунок 3.1 – Карта-схема зливових районів України

Таблиця 3.1 - Імовірність перевищення розрахункових витрат

Вид споруди	Категорія автомобільної дороги	Імовірність перевищення розрахункових витрат %
Великі і середні мости	I...III та міські вулиці і дороги	1
Те саме	IV	2
Малі мости і труби	I	1
Те саме	II...III та міські вулиці і дороги	2
Кювети нагірні канави, водоскиди	IV	3
	I	2

Максимальну витрату талих вод для будь-яких басейнів відповідно до СНиП 2.01.14-83 визначають за формулою

$$Q_0 = \frac{k_0 \cdot h_p \cdot F}{(F + 1)^n} \cdot \delta_1 \cdot \delta_2, \quad (3.3)$$

де k_0 - коефіцієнт одночасності паводку, значення якого надано в табл.3.6;

h_p - розрахунковий шар сумарного стоку, мм ;

F - площа водозбору, км ;

δ_1, δ_2 - коефіцієнти, що враховують зменшення витрати залежно від зарегульованості басейну озерами, лісами, болотами; для малих басейнів приймають рівним 1;

n - показник степені, значення якого визначають за табл.3.6.

Таблиця 3.2-Інтенсивність зливи годинної тривалості

Райони	Імовірність зливи годинної тривалості мм/хв, при імовірності перевищення, %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
1	0,27	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70	0,95	1,15
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90	1,14	1,32
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,79
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,50	1,99
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	1,78	2,07
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48	1,83	2,14
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65

Розрахункове значення шару стоку визначають за формулою

$$h_p = k_p \cdot \bar{h}, \quad (3.4)$$

де k_p - модульний коефіцієнт шару стоку, який залежить від коефіцієнтів варіації C_v і асиметрії C_s для певної імовірності перевищення і який визначають за графіками (рис. 3.2). Значення коефіцієнта варіації C_v визначають за картою ізоліній (рис. 3.3).

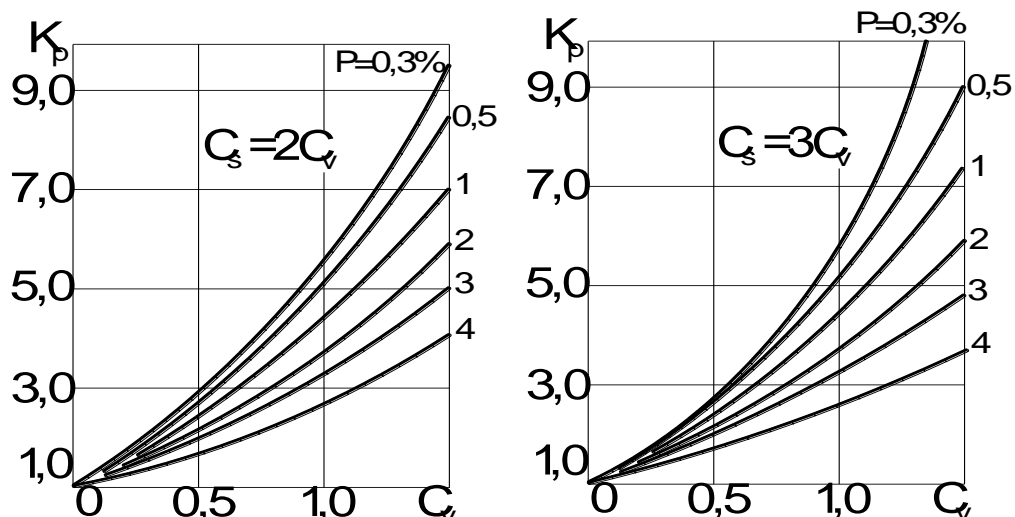


Рисунок 3.2 – Криві модульних коефіцієнтів шарів стоку

У визначені за картою значення C_v залежно від площі басейну необхідно ввести поправочні коефіцієнти:

Площа басейну, км ²	0...50	51...100	101...150	151...200
Коефіцієнт C_v	1,25	1,20	1,15	1,05

Коефіцієнт асиметрії C_s приймають кратним коефіцієнту варіації: для рівнинних басейнів $C_s = 2C_v$, а для гірських $C_s = (3...4)C_v$; \bar{h} – середній шар стоку, який визначають за картою (рис. 4.4); для малих басейнів визначене по карті значення \bar{h} треба збільшити на 10 %.

Розрахунковою є витрата води, на пропускання якої розраховується мала штучна споруда. За розрахункову приймають більшу витрату води. Якщо $Q_T > Q_{зл}$, за розрахункову приймають максимальну витрату від талих вод $Q_{роз} = Q_T$. В інших випадках за розрахункову приймають максимальну витрату зливових вод $Q_{роз} = Q_{зл}$.

Таблиця 3.3-Значення коефіцієнта K_i

L, км	Значення K_i при похилі басейну і, частки одиниці							
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
0.15	4,21	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24
0.30	2,57	3,86	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24
0.50	1,84	2,76	3,93	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24
0.75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05	5.24	5.24	5.24
1.00	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18
1.25	1,00	1,49	2,20	3,24	3,60	3,90	4,23	4,46
1.50	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90
1.75	0,80	1,18	1,75	2,58	2,84	3,06	3,33	3,52
2.00	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,09	3,27
2.50	0,63	0,92	1,37	2,02	2,26	2,44	2,65	2,80
3.00	0,56	0,82	1,21	1,79	2,00	2,16	2,34	2,49
3.50	0,50	0,74	1,10	1,62	1,81	1,95	2,12	2,31
4.00	0,46	0,68	1,00	1,48	1,65	1,78	1,94	2,11
4.50	0,42	0,62	0,93	1,37	1,53	1,65	1,78	1,95
5.00	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54	1,67	1,82
6.00	0,35	0,52	0,76	1,13	1,26	1,36	1,48	1,61
6.50	0,33	0,49	0,73	1,07	1,20	1,29	1,40	1,53
7.00	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23	1,33	1,45
8.00	0,29	0,43	0,63	0,93	1,04	1,12	1,22	1,33
9.00	0,27	0,39	0,58	0,86	0,96	1,04	1,13	1,23
10.00	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97	1,05	1,14
11.00	0,23	0,34	0,51	0,75	0,84	0,91	0,98	1,07
12.00	0,22	0,32	0,48	0,71	0,79	0,86	0,93	0,99
13.00	0,21	0,31	0,46	0,67	0,75	0,81	0,88	0,96
14.00	0,20	0,29	0,43	0,64	0,72	0,79	0,84	0,91
15.00	0,19	0,28	0,41	0,61	0,68	0,74	0,80	0,87
20.00	0,16	0,23	0,34	0,50	0,56	0,61	0,66	0,72

Таблиця 3.4 – Значення коефіцієнта стоку α

Вид і характер поверхні	Коефіцієнт α при площах водозбору, км ²		
	0...1	1...10	10...100
Асфальт, бетон, скеля без тріщин	1,0	1,0	1,0
Жирна глина, такири	0,70...0,95	0,65...0,95	0,65...0,90
Суглинки, підзольні ґрунти	0,60...0,90	0,55...0,80	0,50...0,75
Чорнозем, каштанові ґрунти, лес, карбонатні ґрунти	0,55...0,75	0,45...0,70	0,35...0,65
Супіски, степові ґрунти	0,30...0,55	0,20...0,50	0,20...0,45
Піщані, гравійні рихлі кам'янисті ґрунти	0,20	0,15	0,10

Таблиця 3.5-Коефіцієнт редукції при площах водозбору, км²

F	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
ϕ	1	0.84	0.76	0.71	0.67	0.64	0.61	0.59	0.58	0.56
F	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6	8	10	12
ϕ	0.51	0.47	0.45	0.43	0.40	0.38	0.36	0.33	0.32	0.30
F	14	16	20	25	30	40	50	60	80	100
ϕ	0.29	0.28	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18

Таблиця 3.6 - Значення коефіцієнтів n і k_0

Природна зона(район)	n	k_0 для малих басейнів
Лісова і зони тундри: Білорусія, європейська територія Росії, Східний Сибір Західний Сибір	0,17	0,001
Лісостепова і степова : Україна, Молдова, європейська територія Росії (без Північного Кавказу)	0,25	0,013
Північний Кавказ, Західний Сибір	0,25 0,25	0,020 0,030
Засушливі степи і напівстепи (Західний і Центральний Казах- стан)	0,35	0,060

3.3 Визначення отворів водопропускних труб

За режимами протікання води дорожні труби поділяють на безнапірні, напівнапірні й напірні. При визначенні отвору труб перевагу треба віддавати безнапірному режиму та напівнапірному. Діаметр отвору труби приймають відповідно до гідравлічних характеристик типових круглих (табл. 3.7) та прямокутних (табл. 3.8) труб в залежності від розрахункової витрати води.

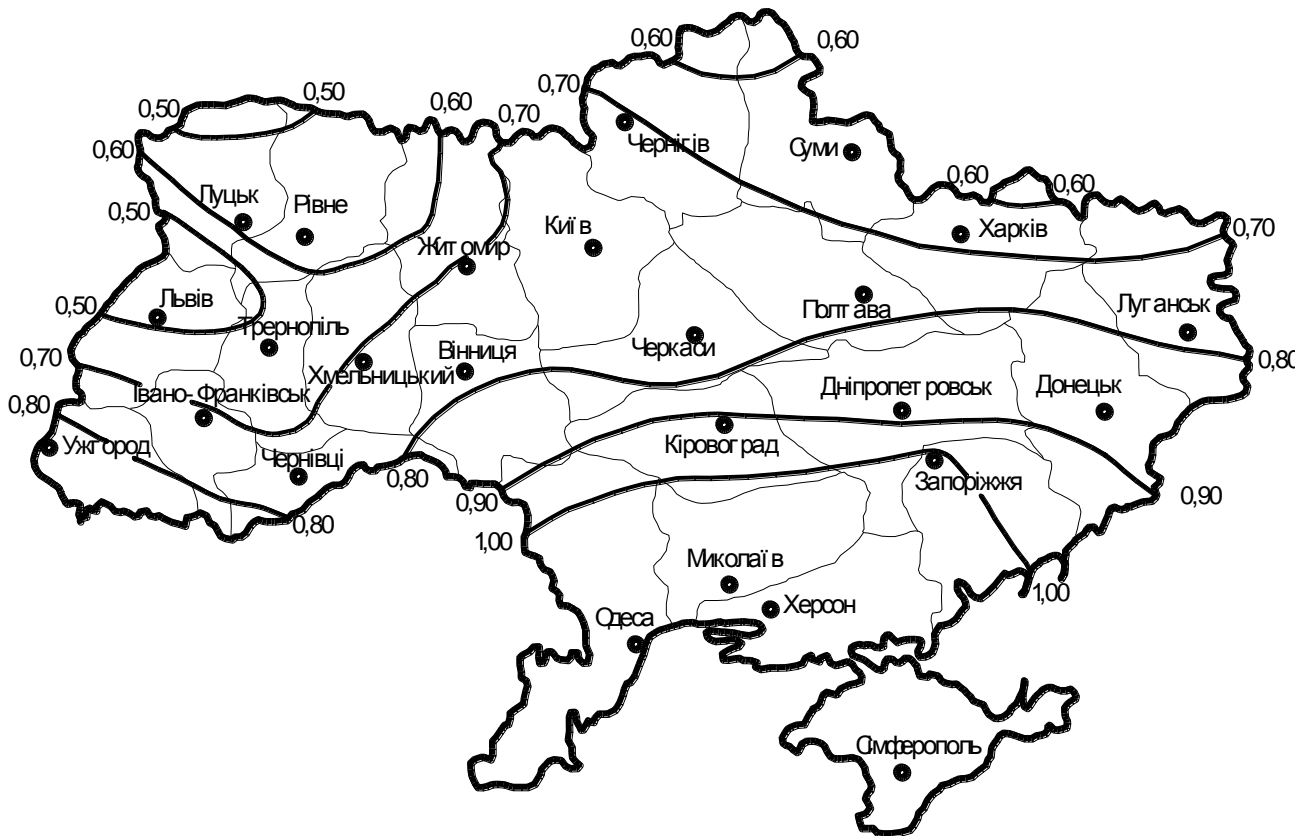


Рисунок 3.3 – Карта ізолій коефіцієнтів варіації шарів стоку C_v

В разі великої розрахункової витрати води використовують двоочкові чи триочкові труби. Розрахункова витрата в цих випадках зменшується відповідно у 2 чи 3 рази.

Підбираючи отвір за таблицями, необхідно, щоб таблична витрата була рівною або трохи більшою за розрахункову.

При цьому відповідна табличній витраті глибина води H повинна бути менше глибини лога перед спорудою $h_{\text{л}}$. Глибина лога перед спорудою визначається за схемою (рис. 3.5).

$$h_{\text{л}} = H_2 - H_0. \quad (3.5)$$

Якщо $H > h_{\text{л}}$, то приймають дво- або триочкові труби.

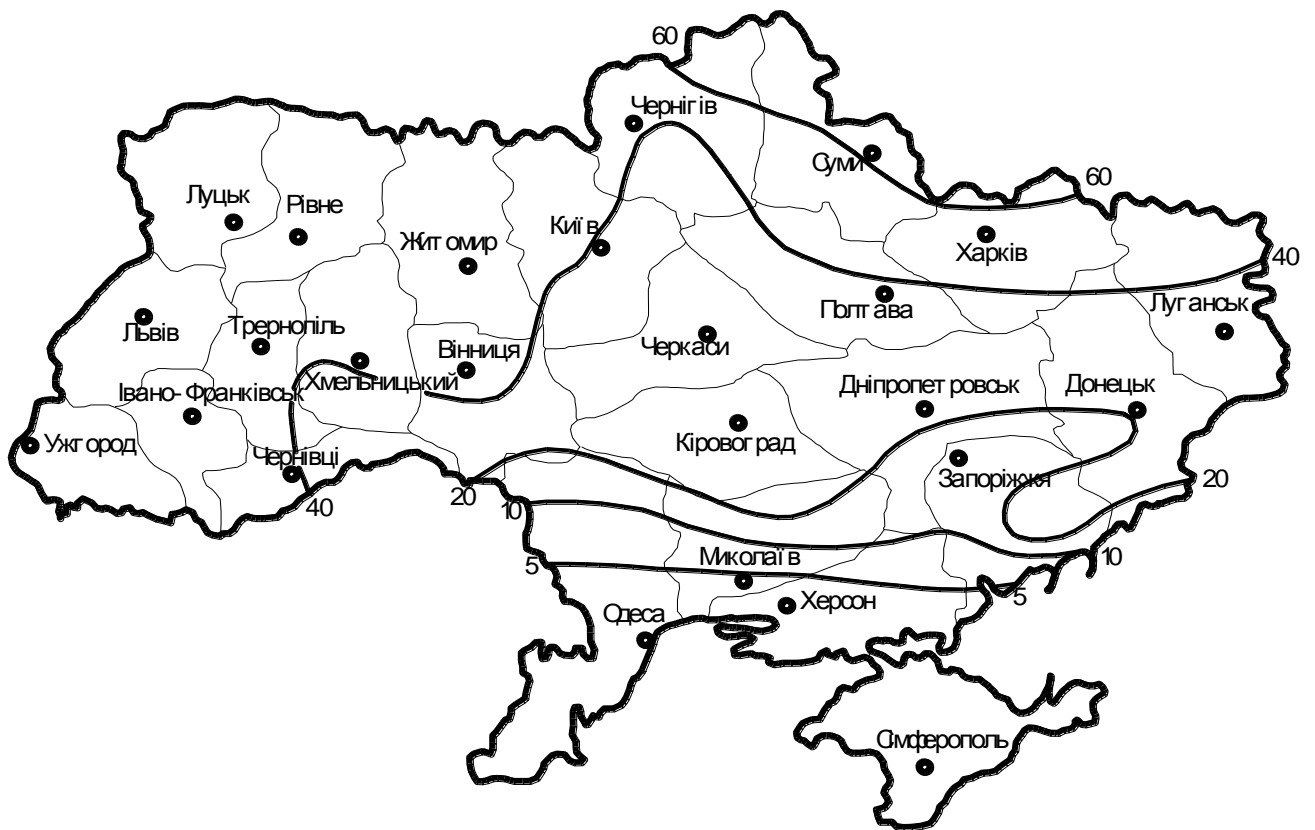


Рисунок 3.4 – Карта середніх шарів стоку талих вод \bar{h}

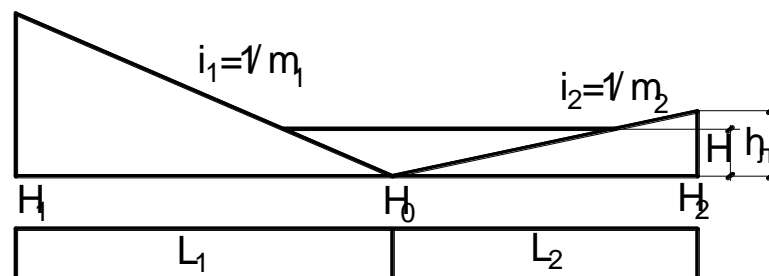


Рисунок 3.5 – Схема до підбору отвору труби

3.4 Облік акумуляції води перед спорудою

Перед водопропускними спорудами частина стоку затримується, утворюючи тимчасовий став, в якому акумулюється певний об'єм води.

Акумуляція води перед спорудою не враховується, коли:

- за розрахункову прийнята витрата талих вод Q_T ;
- витрата притоку зливових вод $Q_{зл}$ невелика і не потребує зменшення отвору;
- перед спорудою не можна створити став (вузький лог, великий похил, на площі ставу корисні землі, побудови тощо).

Відповідно до нормативних вимог зниження акумуляції мусить бути не меншим як $0,33Q_T$, тобто степінь зниження витрати не допускається більш ніж у 3 рази.

Розмір труби з врахуванням акумуляції визначають за допомогою графіків

пропускної здатності в системі координат H^3 та Q_a (рис. 3.6).

Таблиця 3.7 – Гідравлічні характеристики типових круглих труб

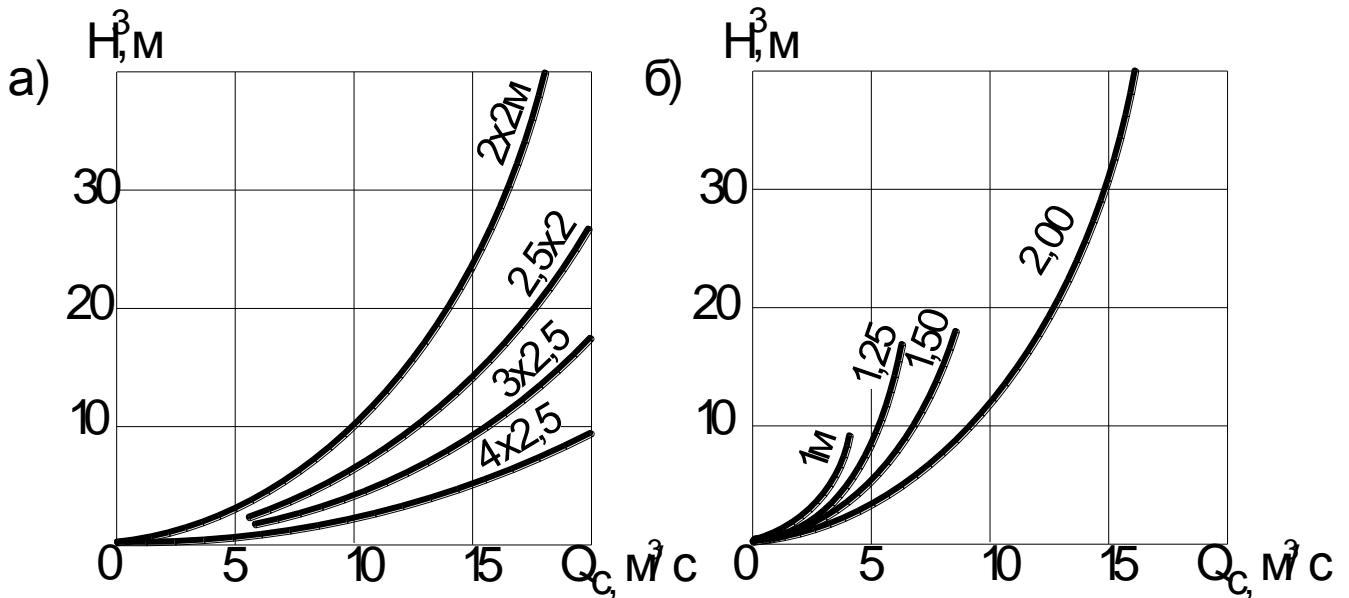
Тип оголовка	Діаметр отвору, м	Витрата, m^3/c	Глибина води перед трубою, м	Швидкість на виході з труби, м/с
1	2	3	4	5
Безнапірний режим				
Портальний	0,75	0,25	0,41	1,40
		0,40	0,62	1,70
		0,60	0,79	2,00
		0,74	0,90	2,20
Розтрубний з нормальним вхідним кільцем	1,00	1,00	0,94	2,40
		1,70	1,27	2,70
		1,40	1,15	2,70
Розтрубний з конічним вхідним кільцем	1,00	0,60	0,57	1,40
		1,00	0,84	2,40
		1,40	1,03	2,70
		1,70	1,08	2,70
		2,00	1,31	3,30
		2,20	1,39	3,40
	1,25	1,00	0,77	2,20
		1,50	0,95	2,50
		2,00	1,13	2,70
		2,50	1,29	3,00
		2,70	1,37	3,20
		3,00	1,46	3,30
		3,50	1,61	3,50
		3,90	1,74	3,80
	1,50	2,50	1,19	2,90
		2,80	1,27	3,00
		3,00	1,32	3,00
		3,50	1,45	3,20
		3,90	1,54	3,30
		4,30	1,63	3,50
		4,70	1,75	3,70
		5,00	1,81	3,70
		6,00	2,08	4,10
	2,00	3,50	1,26	2,90
		4,00	1,36	3,00
		4,50	1,47	3,20

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5
Розтрубний з конічним вхідним кільцем	2,00	5,00	1,55	3,30
		5,50	1,65	3,40
		6,00	1,73	3,50
		6,50	1,81	3,60
		7,00	1,90	3,70
		7,50	1,98	3,80
		8,00	2,06	3,90
		8,50	2,14	4,00
		9,00	2,22	4,10
		9,70	2,32	4,20
		10,00	2,38	4,30
		10,50	2,46	4,30
		11,00	2,54	4,50
12,50	2,78	4,80		
Напівнапірний режим				
Розтрубний з нормальним вхідним кільцем	1,00	1,70	1,27	3,60
		2,30	1,89	4,90
		2,50	2,12	5,30
		2,80	2,54	6,00
	1,25	3,00	1,59	4,10
		3,50	1,00	4,80
		4,00	2,38	5,50
		4,40	2,73	6,00
	1,50	4,70	1,91	4,40
		5,20	2,21	4,90
		5,60	2,42	5,30
		6,00	2,64	5,70
		6,36	2,85	6,00
Напірний режим				
Розтрубний з конічним вхідним кільцем	1,00	3,00	1,66	4,20
		3,50	2,02	5,00
	1,25	5,00	1,96	4,50
		6,00	2,45	5,40
	1,50	7,00	2,24	4,40
		8,00	2,40	5,00
		8,50	2,58	5,30
	2,00	13,50	2,86	4,90
		14,50	3,01	5,10
		16,00	3,11	5,70
		16,50	3,22	5,90

Таблиця 3.8 – Гідравлічні характеристики прямокутних труб з нормальною входною ланкою

Отвір труби $h \times b$	Безнапірний режим								Напівнапірний режим		
	Q_p , $\text{м}^3/\text{с}$	Q_H , $\text{м}^3/\text{с}$	H , м	$h_{\text{вх}}$, м	h_K , м	$h_{\text{сж}}$, м	i_K	$V_{\text{вих}}$, $\text{м}/\text{с}$	Q_H , $\text{м}^3/\text{с}$	H , м	$V_{\text{вих}}$, $\text{м}/\text{с}$
1,5x2,0	6,75	-	1,97	1,66	1,31	1,11	0,007	4,1	8,25	2,30	4,3
	-	7,5	2,12	-	1,41	1,19	0,007	4,2	13,50	3,99	7,1
2,0x2,0	9,00	-	1,97	1,66	1,31	1,11	0,007	4,1	11,00	2,30	4,3
	-	10,00	2,12	-	1,41	1,19	0,007	4,2	18,00	3,99	7,1
3,0x2,0	13,50	-	1,97	1,66	1,31	1,11	0,007	4,1	16,50	2,30	4,3
	-	15,00	2,12	-	1,41	1,19	0,007	4,2	27,00	3,99	7,1
2,0x3,0	17,00	-	3,01	2,50	2,01	1,70	0,008	5,0	21,00	3,47	5,5
	-	19,00	3,27	-	2,17	1,82	0,008	5,2	23,60	3,99	6,2
3,0x3,0	25,50	-	3,01	2,50	2,01	1,70	0,008	5,0	31,50	3,47	5,5
	-	28,50	3,27	-	2,17	1,82	0,008	5,2	35,40	3,99	6,2
4,0x3,0	34,00	-	3,01	2,50	2,01	1,70	0,008	5,0	42,00	3,47	5,5
	-	38,00	3,27	-	2,17	1,82	0,008	5,2	47,20	3,99	6,2
5,0x3,0	42,50	-	3,01	2,50	2,01	1,70	0,008	5,0	52,50	3,47	5,5
	-	48,00	3,27	-	2,17	1,82	0,008	5,2	59,00	3,99	6,2
6,0x3,0	51,00	-	3,01	2,50	2,01	1,70	0,008	5,0	63,00	3,47	5,5
	-	57,00	3,27	-	2,17	1,82	0,008	5,2	70,80	3,99	6,2



а) прямокутних; б) круглих

Рисунок 3.6 – Розрахункові графіки пропускної здатності труб:

Для цього будують два відрізки (рис. 3.7). Координати для верхнього відрізка: $H^3=0$; $Q_a=0,62 Q_{\text{зл}}$ і $Q_a=0$; $H^3=W/a$.

Координати для нижнього відрізка:

$H^3=0$; $Q_a= Q_{\text{зл}}$ та $Q_a=0$; $H^3=0,7W/a$

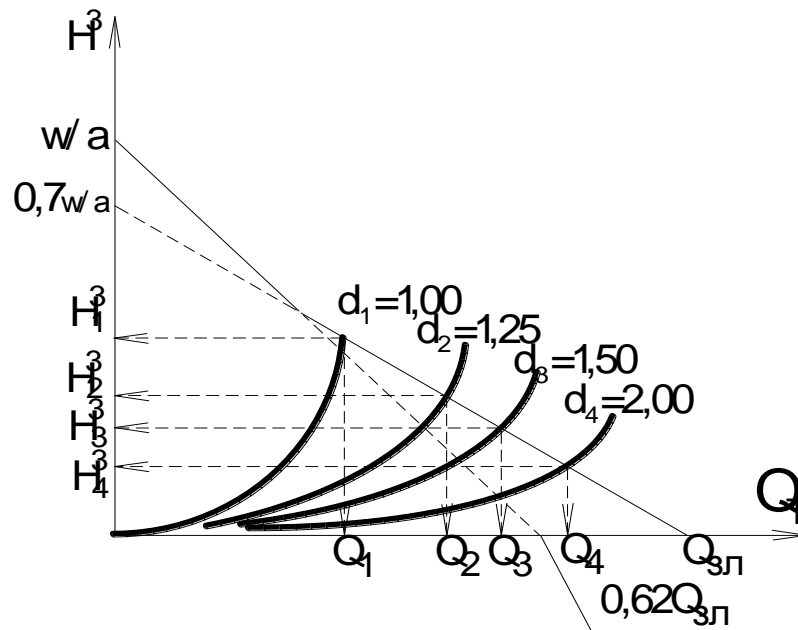


Рисунок 3.7- Побудування прямих акумуляції та визначення H^3 і Q_a

Коефіцієнт форми логу a визначається за формулою

$$a = \frac{m_1 + m_2}{6 \cdot I_{\text{с}}}, \quad (3.6)$$

де m_1, m_2 – коефіцієнти закладення схилу (рис. 3.8);

$I_{\text{с}}$ – середній похил логу.

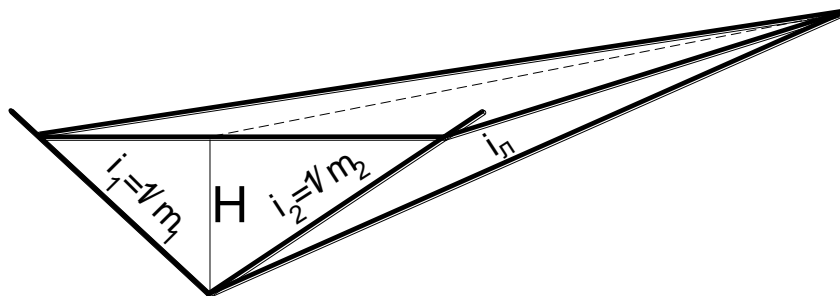


Рисунок 3.8 – Схема до визначення об'єму ставу

Точки перетину двох відрізків з кривою пропускної здатності дають значення дійсної витрати, що проходить через споруду та відповідне їй значення H^3 .

Аналізуючи результати графоаналітичного розрахунку, вибирають водопропускну трубу з урахуванням режиму: $\frac{H}{h_{\text{ах}}} \leq 1,2$ – безнапірний; $\frac{H}{h_{\text{ах}}} > 1,2$ – напірний; $\frac{H}{h_{\text{ах}}} > 1,2$ і обтічний оголовок – напірний.

3.5 Перевірка пропускної здатності труб

Пропускну здатність безнапірних труб визначають за формулою

$$Q = \varphi \omega_c \sqrt{2g(H - h_c)}, \quad (3.7)$$

де φ – коефіцієнт швидкості, який для обтічних оголовків дорівнює 0,95, а для інших – 0,85;

ω_c – площа стисненого перерізу, m^2 , яка визначається за допомогою графіка (рис 3.9)

$h_c = 0,5H$ – глибина у стисненому перерізі, м.

Для розрахунку напівнапірних труб використовують формулу

$$Q = 0,51 \omega_{ax} \sqrt{2g(H - 0,6h_{ax})}, \quad (3.8)$$

де h_{bx} – висота входу в трубу, якщо усі кільця однакові;

ω_{bx} – площа поперечного перерізу входу.

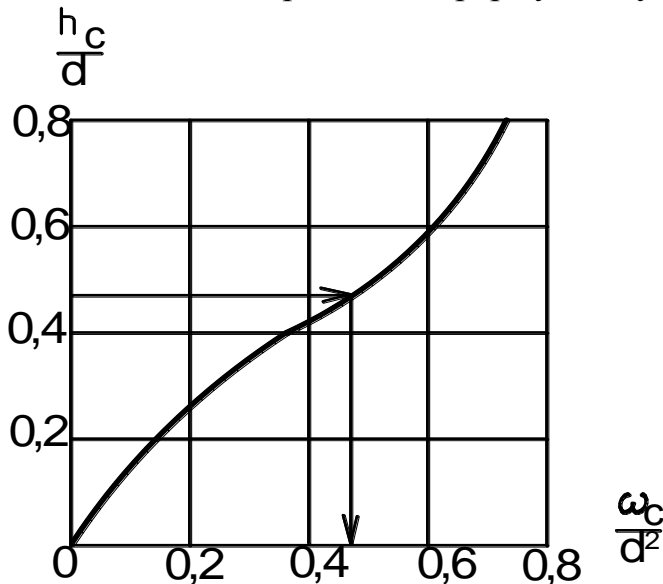


Рисунок 3.9 – Графік для визначення характеристик круглого перерізу

Пропускну здатність напірних труб визначають за формулою

$$Q = \varphi \omega_{\partial\partial} \sqrt{2g(H - h_{\partial\partial})}, \quad (3.9)$$

де φ – коефіцієнт швидкості, 0,95 - 1,0;

$h_{tr} = d_{tr}$, м;

ω_{tr} – площа поперечного перерізу труби, m^2 .

Для прямокутних труб пропускна здатність визначається за формулою

$$Q = 1,35 \cdot b \cdot H^{3/2}, \quad (3.10)$$

де b – ширина прямокутної труби, м.

Розрахована за формулами (3.7,...,3.10) пропускна здатність труб не повинна відрізнятись від табличної більш ніж на 10%.

3.6 Визначення висоти земляного насипу і довжини труб

Найменшу висоту насипу біля безнапірних труб визначають за формулою

$$H_{\min} = h_{\text{тр}} + h_{\text{кон}} + h_{\text{зас}}, \quad (3.11)$$

де $h_{\text{тр}}$ – діаметр круглої або висота прямокутної труби, м;

$h_{\text{кон}}$ – товщина стінок труби, (табл.3.9) м;

$h_{\text{зас}}$ – засипка над трубою, яка для автомобільних доріг має бути не меншою ніж 0,5 м.

Найменшу висоту насипу біля напірних і напірних труб визначають за формулою

$$H_{\min} = H + \Delta, \quad (3.12)$$

де H – рівень підпертої води, м;

Δ – запас над рівнем підпертої води, який приймається 1,0 м.

Довжина труби залежить від висоти насипу $H_{\text{нас}}$ біля труби, яка приймається по поздовжньому профілю після його проектування і повинна бути не менше найменшої висоти насипу біля труби $H_{\text{нас}} \geq H_{\min}$.

При висоті насипу $H_{\text{нас}} \leq 6,0$ м довжина труби без оголовків

$$L = \left[\frac{0,5\hat{A} + m(H_{\text{нас}} - h_{\text{тр}})}{1 + m i_{\text{тр}}} + \frac{0,5\hat{A} + m(H_{\text{нас}} - h_{\text{тр}})}{1 - m i_{\text{тр}}} + n \right] \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (3.13)$$

де B – ширина земляного полотна, м;

m – коефіцієнт закладення укосів насипу – 1,5;

$H_{\text{нас}}$ – висота насипу біля труби, м;

$h_{\text{тр}}$ – діаметр круглої труби, м;

i_0 – похил труби, приймається рівним похилу лога біля споруди i_c ;

n – товщина стінок оголовка, приймається 0,35 м;

α – кут між віссю дороги і труби.

При висоті $H_{\text{нас}} > 6,0$ м довжина труби

$$L = \left[\frac{0,5B - 1,5 + 1,75(H_{\text{нас}} - h_{\text{тр}})}{1 + 1,75 i_{\text{тр}}} + \frac{0,5\hat{A} - 1,5 + 1,75(H_{\text{нас}} - h_{\text{тр}})}{1 - 1,75 i_{\text{тр}}} + n \right] \cdot \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (3.14)$$

Повна довжина труби

$$L_{\text{тр}} = L + 2M, \quad (3.15)$$

де M – довжина оголовків (див.табл.3.9).

3.7 Розрахунок отворів малих мостів

Гідравлічні розрахунки отворів малих мостів проводять за схемою затопленого або незатопленого водозливу з широким порогом припускаючи, що русло ріки під мостом укріплюють у відповідності з прийнятою допустимою швидкістю води. Поперечний переріз русла ріки приймають трикутної форми (рис. 3.10).

Таблиця 3.9 – Геометричні розміри круглих труб

Отвір d, м	Вхідна ланка		Довжина оголовка М, м	Висота на- сипу Н _{нас} , м	Товщина ланки δ, м
	Висота h _{bx} , м	Довжина l _{bx} , м			
1,00	1,20	1,32	1,78	<u>До 4,0</u> 4,1-7,0	<u>0,0</u> 0,2
1,25	1,50	1,32	2,26	<u>До 4,0</u> <u>4,1-8,0</u> 8,1-20	<u>0,12</u> <u>0,14</u> 0,18
1,50	1,80	1,32	2,74	<u>До 4,5</u> <u>4,6-9,0</u> 9,1-20	<u>0,14</u> <u>0,16</u> 0,22
2,00	2,40	1,32	3,66	<u>До 5,0</u> <u>5,1-9,0</u> 9,1-20	<u>0,16</u> <u>0,20</u> 0,24

Таблиця 3.10 – Геометричні розміри прямокутних труб

Отвір b x h	Вхідне кільце-секція		Довжина оголовка $\frac{\dot{I}}{\dot{I}_1}$, м	Висота насипу Н _{нас} , м	Товщина плити пе- рекриття δ, м
	Висота h _{bx} , м	Довжина l _{bx} , м			
1,5x2,0	<u>2,0</u> 2,5	3,02	<u>3,20</u> 3,95	<u>До 8,0</u> 8,1-20,0	<u>0,19</u> 0,30
2,0x2,0	<u>2,0</u> 2,5	3,02	<u>3,20</u> 3,95	<u>До 8,0</u> 8,1-20,0	<u>0,22</u> 0,37
3,0x2,0	<u>2,0</u> 2,5	3,02	<u>3,20</u> 3,92	<u>До 8,0</u> 8,1-20,0	<u>0,30</u> 0,47
2,0x3,0	<u>3,0</u> 3,5	3,02	<u>4,70</u> 5,45	<u>До 8,0</u> 8,1-20,0	<u>0,22</u> 0,37
3,0x3,0	<u>3,0</u> 3,5	3,02	<u>4,70</u> 5,45	<u>До 8,0</u> 8,1-20,0	<u>0,30</u> 0,47
4,0x3,0	<u>3,0</u> 3,5	3,02	<u>4,70</u> 5,45	<u>До 8,0</u> 8,1-20,0	<u>0,36</u> 0,57
5,0x3,0	<u>3,0</u> 3,5	3,02	<u>4,70</u> 5,45	<u>До 8,0</u> 8,1-20,0	<u>0,43</u> 0,68
6,0x3,0	<u>3,0</u> 3,5	3,02	<u>4,70</u> 5,45	<u>До 8,0</u> 8,1-20,0	<u>0,50</u> 0,76

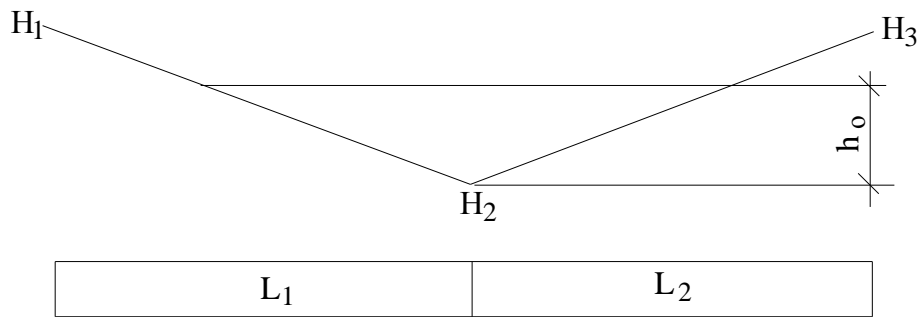


Рисунок 3.10 Рисунок – Схема поперечного перерізу русла ріки

Розрахунки ведуть у наступній послідовності:

1. Розраховують витрати зливових $Q_{зл}$ і талих Q_t вод. Вибирають розрахункову витрату $Q_{роз}$.

2. Визначають побутові характеристики водотоку: побутову глибину h_0 та побутову швидкість потоку V_0 (методом послідовного наближення):

а) призначають значення h_0

б) для цієї глибини розраховують площу живого перерізу ω_0 , та гідравлічний радіус R_0

$$\omega_0 = \frac{h_0^2}{2} \cdot (m_1 - m_2), \quad (3.16)$$

де m_1, m_2 – коефіцієнти закладення схилу, які визначаються за формулами:

$$m_1 = \frac{L_1}{H_1 - H_2};$$

$$m_2 = \frac{L_2}{H_3 - H_2}. \quad (3.17)$$

Для трикутних русел приймають $R_0 \approx 1/2 h_0$, для прямокутних - $R_0 = h_0$;

в) знаходять швидкість потоку

$$V_0 = W \sqrt{i_c}, \quad (3.18)$$

де W – швидкісна характеристика (табл.3.11), для якої коефіцієнт шорсткості n має значення відповідно характеристики русла (табл.3.12);

i_c – похил лога біля споруди;

г) для обчислення витрат води у живому перерізі потоку використовують формулу

$$Q = V_0 \cdot \omega_0, \quad (3.19)$$

Порівнюють витрату води Q з розрахунковою $Q_{роз}$.

Якщо обчислена і розрахункова витрати відрізняються одна від другої не більш ніж на 10%, то беруть призначені побутову глибину та швидкість. При більшій різниці призначають нове значення h_0 і розрахунок повторюють. Більше трьох спроб знаходження h_0 робити не слід. У цьому випадку по трьох точках будують графік залежності $Q = f(h_0)$ і за розміром розрахункової витрати $Q_{роз}$ визначають h_0 графічно.

Таблиця 3.11 – Швидкісна характеристика W

R, м	Коефіцієнт шорсткості n						
	0,017	0,02	0,025	0,03	0,033	0,04	0,05
1	2	3	4	5	6	7	8
0,10	12,0	9,75	7,10	5,54	5,60	4,45	3,36
0,12	13,6	11,1	8,14	6,36	6,40	5,10	3,86
0,14	15,1	12,4	9,15	7,19	7,15	5,71	4,36
0,16	16,6	13,6	10,1	7,98	7,90	6,32	4,86
0,18	17,9	14,8	11,0	8,76	8,60	6,90	5,75
0,20	20,6	16,0	12,0	9,54	9,27	7,50	6,00
0,22	21,8	17,1	12,9	10,2	9,95	8,04	6,49
0,24	22,0	18,1	13,7	10,9	10,6	8,57	6,62
0,26	23,2	19,2	14,5	11,7	11,2	9,12	7,01
0,28	24,0	20,3	15,4	12,3	11,9	9,60	7,47
0,30	25,2	21,4	16,2	13,1	12,5	10,1	7,88
0,32	26,8	22,2	17,0	13,7	13,1	10,7	8,27
0,34	27,9	23,2	17,8	14,4	13,7	11,2	8,67
0,36	29,0	24,2	18,6	15,0	14,2	11,7	9,05
0,38	30,1	25,2	19,3	15,7	14,8	12,1	9,46
0,40	31,2	26,2	20,2	16,3	15,4	12,6	9,85
0,45	33,8	28,4	21,9	17,9	16,9	13,8	10,8
0,50	36,4	30,6	23,8	19,4	18,1	14,9	11,7
0,55	39,0	32,6	25,6	20,8	19,4	16,0	12,6
0,60	41,4	34,8	27,3	22,4	20,6	17,0	13,5
0,65	43,6	36,8	29,0	23,8	22,0	18,1	14,3
0,70	45,8	38,7	30,6	25,1	23,2	19,2	15,2
0,75	48,1	40,6	32,2	26,6	24,3	20,2	16,0
0,80	50,4	42,7	33,9	28,8	25,4	21,2	16,8
0,85	52,6	44,5	35,4	29,4	26,7	22,2	17,7
0,90	54,8	46,5	37,0	30,8	27,8	23,1	18,4
0,95	56,8	48,1	38,5	32,1	28,9	24,1	19,2
1,00	58,8	50,0	40,0	33,3	30,0	25,0	20,0
1,20		56,5	45,5	38,0	33,3	28,6	23,0
1,40		62,4	50,5	42,2	36,3	32,1	25,9
1,60		68,4	55,4	46,6	42,3	35,6	28,8
1,80		73,5	60,0	50,5	46,0	38,8	31,5
2,00		78,9	64,5	54,4	49,8	42,0	34,2
2,5		91,5	75,1	63,8	58,6	49,7	40,6
3,0		103,0	85,1	72,6	66,8	57,0	46,9

3. Визначають критичну глибину потоку

$$h_{кр} = \frac{\alpha \cdot V_{\text{кр}}^2}{g} \cong 0,1 \cdot V_{\text{кр}}^2, \quad (3.20)$$

де $V_{\text{доп}}$ – допустима швидкість залежно від типу укріплення русла (табл. 3.13);

α – коректив швидкості, якій дорівнює 1.

4. Установлюють схему протікання потоку у підмостовому руслі малого моста:

$h_0 < 1,3h_{\text{кр}}$ – незатоплений водозлив

$h_0 \geq 1,3h_{\text{кр}}$ – затоплений водозлив.

Таблиця 3.12 - Коефіцієнт шорсткості

Категорія русла	Характеристика русла	Коефіцієнт шорсткості n
1	Природні русла в дуже сприятливих умовах (чисті, прямі, земляні з вільною течією)	0,025
2	Русла, що займають проміжне положення між 1 і 3 категоріями. До них належать також галькові й гравійні русла з характеристиками, що збігаються з 1-ю категорією	0,0285
3	Русла постійних водотоків рівнинного типу (переважно великих і середніх річок) із сприятливим станом ложа і течії води	0,0333
4	Порівняно чисті русла постійних рівнинних водотоків, звивисті, з деякою розбіжністю в напрямі струменів або прямі, але з нерівним рельєфом дна (мілина, промивини, місцями каміння). Правильні, добре розроблені галькові русла гірських рік (у нижній течії). Земляні русла водотоку, що діють періодично (сухі логи) в сприятливих умовах	0,040
5	Русла великих і середніх річок, значно засмічені, звивисті і частково зарослі, кам'янисті, з неспокійною течією. Періодичні (зливові й весняні) водотоки, що несуть під час повені помітну кількість наносів з крупногалечним або покритим рослинністю (травою тощо) ложем. Заплави великих і середніх річок, помітно розроблені, покриті нормальною кількістю рослинності (трава, чагарник)	0,050
6	Русла періодичних водотоків, дуже засмічені та звивисті. Помірно зарослі, нерівні, погано розроблені заплави (промивини, чагарники, дерева, заводи). Порожисті ділянки рівнинних річок. Гальково-валунні русла гірського типу з нерівною поверхнею водного дзеркала	0,067

5. Для відповідних схем протікання потоку обчислюють отвір b та глибину води H перед спорудою:

а) при незатопленому водозливі

$$b = \frac{Q_{\text{дàç}}}{1,33 \cdot \sqrt{I}^3}; \quad (3.21)$$

$$\dot{I} = 1,46 \frac{V_c^2}{g}, \quad (3.22)$$

де V_c – швидкість у стисненому перерізі потоку;

$$V_c = 1,1 V_{\text{доп}}, \quad (3.23)$$

б) при затопленому водозливі

$$b = \frac{Q \delta \eta_c}{h_0 V_c}, \quad (3.24)$$

$$H = h_0 + 0,05 \cdot \frac{V_c^2}{\varphi^2}, \quad (3.25)$$

де φ - коефіцієнт швидкості, який залежить від типу стояків:

$\varphi = 0,9$ – для стояків з конусами; $\varphi = 0,85$ – з укісними крилами;

$\varphi = 0,76$ – з забірними стінками.

Таблиця 3.13 – Значення допустимих швидкостей залежно від типу укріплення русла:

Тип укріплення	Допустима швидкість, м/с
Засів травою	0,8
Одернування плиском	1,0
Одернування в стінку	1,8
Укріплений ґрунт завтовшки, см:5	1,0
10	2,5
Одиночне брукування на щебені каменем розміром, см:15	2,5
20	3,0
25	3,5
Подвійне брукування на щебені (шар не менше ніж 10 см) каменем розміром для нижнього шару 15 см і для верхнього шару 20 см	4,5
Бетон низьких марок	4,0...6,0
Бетонні плити	5,0...7,0

6. Для перекриття розрахункового отвору моста приймають типові прольотні будови (табл. 3.14). Якщо одного розрахункового типового прольоту l_p не вистачає, приймають два прольоти або більше.

7. Найменша висота моста становить для схеми незатопленого водозливу

$$H_{\text{Мmin}} = 0,88H + Z + h_{\text{кон}}, \quad (3.26)$$

де Z – технічний запас низу прольотної будови над рівнем води, який дорівнює 0,5 м, а при корчеході або на сільових потоках – 1,0 м;

$h_{\text{кон}}$ – конструктивна(будівельна) висота прольотної будови (табл.3.14).

Найменша висота моста для схеми затопленого водозливу

$$H_{\text{Мmin}} = h_0 + Z + h_{\text{кон}}, \quad (4.27)$$

8. Довжина моста залежить від кількості прольотів, їх довжини та типу опори. При пальових опорах із забірними стінками довжина моста

$$L_M = \sum \ell_{\text{пр}} + \sum a, \quad (3.28)$$

де $\sum \ell_{\text{пр}}$ – сума довжини прольотних будов;

$\sum a$ – сума зазорів між сусідніми прольотними будовами.

Зазор a приймається 0,05м.

При пальових опорах з конусами для розрахункового отвору моста b розрахункова довжина моста залежить від його фактичної висоти H м і визначається за формулами

- для незатопленого водозливу

$$L_p = b + 2 \cdot 1,5 \cdot (H_M - h_c) + \sum d + 2g, \quad (3.29)$$

- для затопленого водозливу

$$L_p = b + 2 \cdot 1,5 \cdot (H_M - h_0/2) + \sum d + 2g, \quad (3.30)$$

де h_c – глибина води під мостом при вільному протіканні потоку; $h_c = 0,5H$;

$\sum d$ – сума ширини проміжних опор; при пальових опорах $d=0,35$ м; при опорах-стінках $d = 0,40$ м;

g – відстань між вершинами конуса та початком чи кінцем моста;
 $g = 32,5 \text{ см} = 0,325 \text{ м}$.

Таблиця 3.14 – Основні розміри типових прольотних будов мостів

Серія типового проекту	Інвентарний номер	Найменування проекту	Довжина прольотної будівлі $l_{\text{пр}}, \text{ м}$	Розрахунковий прольот $l_p, \text{ м}$	Будівельна висота $h_{\text{кон}}, \text{ м}$
3,503-12	384/43	Уніфіковані збірні прольотні будівлі з поперечно-напруженого залізобетону	6,0	5,60	0,42
			9,0	8,60	0,57
			12,0	11,40	0,72
			15,0	14,40	0,72
			18,0	17,40	0,87
3,503-14	710/2	Збірні залізобетонні прольотні будівлі для автодорожніх мостів	12,0	11,40	1,02
			15,0	14,40	1,02
			18,0	17,40	1,17
			11,36	10,76	1,02
			14,06	13,46	1,02
			16,76	16,16	1,17
3,503-29	-	Збірні залізобетонні плитні мости	6,0	5,68	0,42
			9,0	8,68	0,57

3.8 Розрахунок отвору великого моста

3.8.1 Визначення розрахункового рівня за методом статистичної обробки даних водомірного поста

Отвори великих мостів визначають за матеріалами тривалих спостережень за рівнями води в ріці. Для визначення розрахункового рівня необхідно обчислити:

– середньоарифметичне значення рівнів:

$$H_{\bar{n}\delta} = \frac{\sum H_i}{n}; \quad (3.31)$$

– модульні коефіцієнти:

$$K_i = \frac{H_i}{\bar{H}_{\bar{n}\delta}}; \quad (3.32)$$

– коефіцієнт варіації:

$$C_v = \sqrt{\frac{(K_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (3.33)$$

де $\sum H_i$ – сума річних найвищих рівнів за n років;

n – число членів ряду (років спостереження).

Розрахунковий рівень заданої імовірності перевищення визначають користуючись залежністю

$$H_{p\%} = K_p \cdot H_{cp}, \quad (3.34)$$

де K_p – ордината теоретичної кривої розподілу, яка визначається за табл.3.15 в залежності від відношення C_s/C_v , імовірності перевищення та коефіцієнта варіації C_v .

Відношення C_s/C_v слід приймати:

– для снігових паводків $C_s/C_v = 2$, ($C_s = 2C_v$);

– для дощових паводків $C_s/C_v = 3...4$, ($C_s = 3...4C_v$).

Імовірність перевищення при розрахунках великих і середніх мостів призначається в залежності від категорії дороги (для I-III категорій – 1%, для IV-V категорій – 2%).

Розрахунки по статистичній обробці ряду спостережень рекомендується виконувати у формі табл. 3.16.

Рівні води в таблиці 3.16 розташовують в порядку зменшення (проводять ранжировку ряду). За даними ранжированого ряду спостережень за рівнем води (розташованого в порядку зменшення) будують клітчатку імовірностей

(див.п.3.4.1) та гістограму рівнів (рис. 3.11), основою для якої служить рівень меженних вод (РМВ).

Таблиця 3.15 – Ординати теоретичної кривої розподілу

Відно- Шення C_s/C	Імовірність перевищення, ВП, %	Ордината кривої розподілу при C_v								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
2	1	1,25	1,52	1,82	2,10	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15
	2	1,22	1,45	1,72	1,99	2,27	2,58	2,89	3,24	3,53
3	1	1,25	1,55	1,88	2,25	2,66	3,07	3,49	3,92	4,40
	2	1,22	1,47	1,75	2,03	2,33	2,55	2,95	3,30	3,64
4	1	1,25	1,58	1,94	2,34	2,77	3,17	3,59	4,01	4,43
	2	1,21	1,48	1,77	2,07	2,38	2,78	3,00	3,28	3,55

Таблиця 3.16 - Дані статистичної обробки ряду спостережень

№ п/п	Рік	Рівень Н, км	$K_i = \frac{H_i}{\dot{I}_{\tilde{n}\delta}}$	$K - 1$	$(K - 1)^2$	$P_e = \frac{1 - n/n}{n + 1};$
1						
2						
·						
·						
·n						
		ΣH_i		$\Sigma(K - 1)$	$\Sigma(K - 1)^2$	

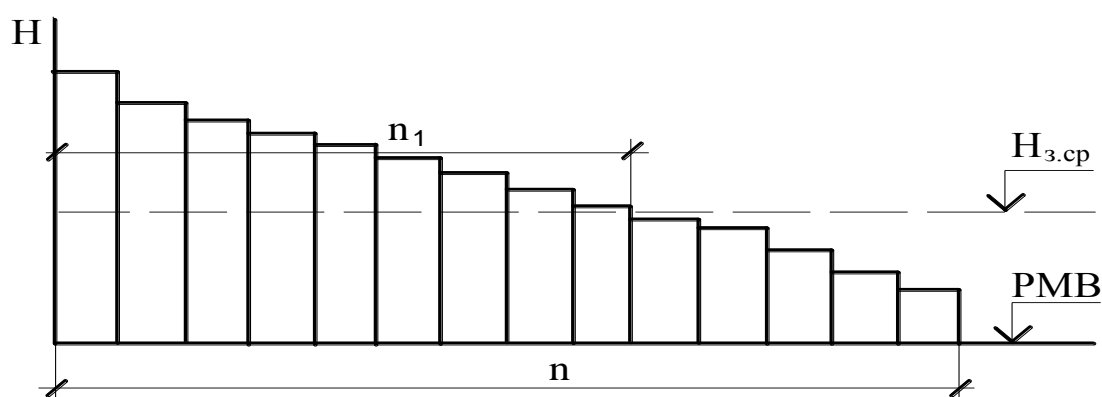


Рисунок 3.11 – Гістограма рівнів

На гістограму рівнів наносять середню відмітку заплавин $H_{3,cp}$, яка обчислюється за формулою

$$H_{\zeta,\tilde{n}\delta} = \dot{I}_{\text{ДБ}\hat{A}\hat{A}} - h_{\zeta,\tilde{n}\delta}, \quad (3.35)$$

де $\dot{I}_{\text{ДДА}}$ – відмітка рівня високих вод, що визначається за формулою

$$\dot{I}_{\text{ДДА}} = \dot{I}_{\text{ДЛА}} + \dot{I}_{\text{Д}}\%, \quad (3.36)$$

$h_{\text{с.н}}$ – середня глибина заплавини, порядок визначення якої наведений нижче (формула 3.39);

$\dot{I}_{\text{ДЛА}}$ – відмітка рівня меженних вод, яка в курсовій роботі визначається по карті і погоджується з керівником проектування.

3.8.2 Морфометричний розрахунок

Морфометричний розрахунок виконується для визначення розрахункової витрати води в річці при розрахунковому рівні заданої імовірності і розподілу її між руслом і заплавинами. Витрату води в річці, що відповідає розрахунковому рівню повені, визначають за формулою

$$Q = \omega_p C_p \sqrt{h_{p.c.p}} I + \sum \omega_{\text{с}} C_{\text{с}} \sqrt{h_{\text{с.н}}} I, \quad (3.37)$$

де $\omega_p, \omega_{\text{с}}$ – площа живого перерізу русла і заплавин;

$h_{p.c.p}, h_{\text{с.н}}$ – середні глибини русла і заплавин;

I – похил ріки (по завданню);

$C_p, C_{\text{с}}$ – коефіцієнти Шезі для русла і заплавин, які визначаються за формулою

$$C = m \cdot h^{1/6}, \quad (3.38)$$

де m – коефіцієнт гладкості русла і заплавин, який приймається за таблицею 3.17.

Розрахунки по визначенню площі живого перерізу русла і заплавин рекомендується вести в формі таблиці 3.18.

Таблиця 3.17 - Значення коефіцієнту гладкості m

Морфометричні ознаки русла і заплавин	Значення
Русла земляні рівні; русла напівгірських рік; незарослі заплавини	30
Русла земляні, звивисті; гальково-валунні; суходоли рівні; заплавини, зарослі на 10%	25
Русла земляні, дуже звивисті і суходоли звивисті; заплавини зарослі на 20%	20
Суходоли, засмічені каменем і зарослі; заплавини, зарослі на 50%	15
Заплавини, зарослі на 70%	10
Заплавини, зарослі на 100%	5

Середня глибина заплавин і русла визначається за формулами

$$h_p = \frac{\omega_p}{B_p}; h_s = \frac{\omega_s}{B_s}, \quad (3.39)$$

де ω_p, ω_s – площа русла і заплавин;

B_p, B_s – ширина русла і заплавин.

В пояснювальній записці необхідно навести поперечний переріз потоку ріки при розрахунковому рівні (рис.3.12), для побудови якого слід використати масштаби:

- горизонтальний 1:2000 (1:1000),
- вертикальний 1:200 (1:100).

Середні швидкості в руслі і на заплавинах визначаються за формулами:

$$V_{\partial.\ddot{e}} = \frac{Q_{p.\ddot{i}}}{\omega_p}; V_{\zeta.\ddot{e}} = \frac{Q_{\zeta.\ddot{i}}}{\omega_{\zeta}}, \quad (3.40)$$

де $V_{\partial.\ddot{e}}, V_{\zeta.\ddot{e}}$ – швидкість води в руслі і на заплавинах в побутових умовах (до побудови моста);

Таблиця 3.18 - Геометричні елементи русла і заплавин

ПК +	Відмітка дна, м	Глибина води, м	Середня глибина, м	Довжина, м	Площа, м ²
1	2	3	4	5	6
Ліва (права) заплавина					
8+15					
9+00					
10+00					
				ΣB =	Σω =
Русло					
10+00					
10+20					
10+40					
10+60					
10+80					
11+00					
				ΣB =	Σω =
Права (ліва) заплавина					
11+00					
12+00					
13+00					
14+00					
15+00					
16+75					
				ΣB =	Σω =

$Q_{p.i.}$ – витрата води в руслі в побутових умовах;

$Q_{\zeta.i.}$ – витрата води на заплавах в побутових умовах, яка визначається як сума витрат правої і лівої заплави

$$Q_{\zeta.i.} = Q_{\bar{\zeta}.i.} + Q_{i.\zeta.i.} \quad (3.41)$$

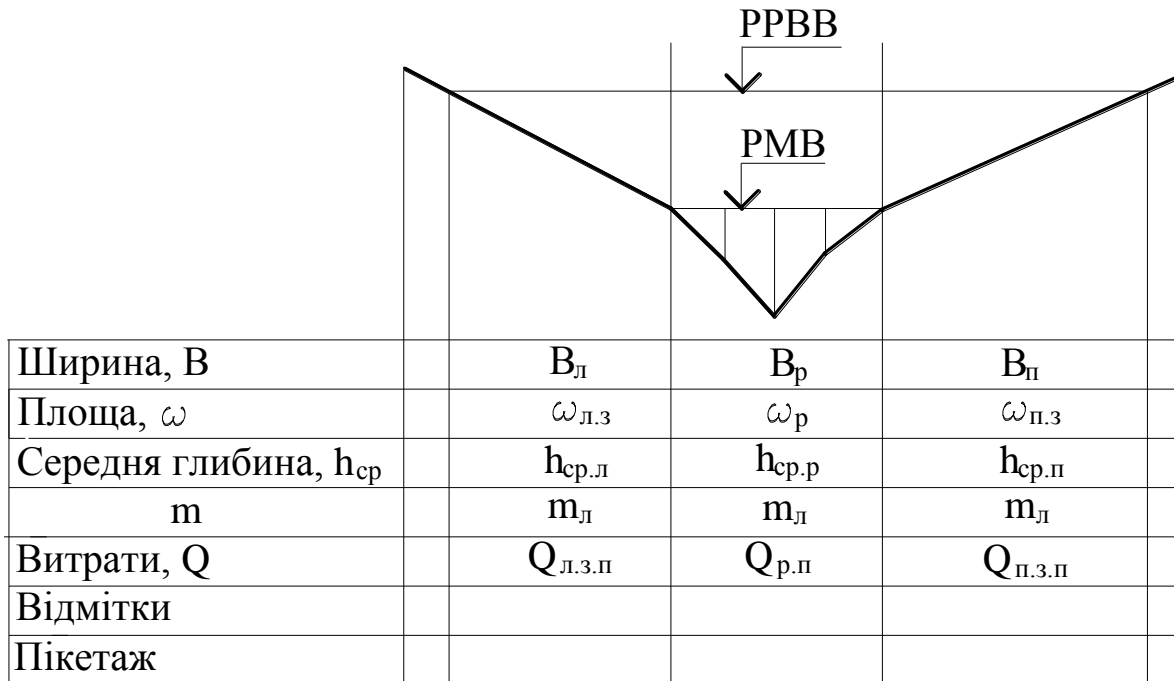


Рисунок 3.12 – Поперечний переріз потоку

3.8.3 Розрахунок отвору моста

Знаючи, що скорочення отвору моста економічно вигідно, рекомендується при першому приближенні призначати міст найменшої довжини, тобто рівним ширині русла ріки в побутових умовах ($L = B_{p.п}$). Під мостами найменшої довжини спостерігається найбільший розмив дна ріки. Глибина під мостом після розмиву для найменшої довжини моста визначається за формулою

$$h_{\delta.i. \max} = \frac{h_{\delta.i. \max}}{(1 - \lambda)^{2/3}} \left(\frac{Q}{Q_{\delta.i.}} \right)^{8/9}, \quad (3.42)$$

де $h_{\delta.i. \max}$ – максимальна глибина в руслі в побутових умовах (до будови моста), визначається із поперечного перерізу потоку (рис.3.12);

$Q, Q_{\delta.i.}$ – повні витрати і витрати в руслі в побутових умовах, які одержують морфометричним розрахунком (рис.3.12);

λ – коефіцієнт стиснення потоку опорами, що приймається 0,04.

Максимальний коефіцієнт розмиву (P_{\max}), що представляє собою відношення максимальної глибини в руслі після розмиву до глибини в руслі в побутових умовах, визначається за формулою

$$P_{max} = \frac{h_{\delta.i.max}}{h_{\delta.i.max}} = \frac{1}{(1-\lambda)^{2/3}} \left(\frac{Q}{Q_{\delta.i.}} \right)^{8/9}. \quad (3.43)$$

Максимальний коефіцієнт розмиву (P_{max}) не повинен перебільшувати допустимої величини коефіцієнта розмиву $P_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}}$, який визначається за умовою допустимого приросту площі поперечного перетину потоку (СНиП 2.05.03-84) і в залежності від конструкції основи і фундаменту опор.

При морфометричній основі розрахунку допустимий коефіцієнт розмиву за умовою допустимого приросту площі поперечного перетину потоку $P_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}}$ слід приймати не більше 1,75. При визначенні витрат на основі гідрометричних спостережень $P_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}}$ слід приймати не більше 2,0.

При визначенні $P_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}}$ по конструкції основ і фундаментів опор можуть бути розглянуті такі випадки:

1) якщо глибина закладення підшви фундаменту призначається по глибині залягання міцних порід, що використовуються в якості основи (рис. 3.13,а), то допустимий коефіцієнт розмиву визначається за формулою

$$P_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}} = \frac{h_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{i}\ddot{e}} - \hat{O}}{h_{\delta.i.max}(1+\delta)}, \quad (3.44)$$

де $h_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{i}\ddot{e}}$ – глибина залягання щільного пласта, яка відраховується від розрахункового рівня води;

$h_{\delta.i.max}$ – максимальна побутова глибина в руслі;

δ – очікувана похибка визначення максимальної глибини в руслі під мостом, приймається 0,15 при морфометричній основі проекту і 0 – при гідрометричній;

Φ – обов'язкове закладання фундаменту в ґрунт, яке визначається статичним розрахунком. Для попередніх розрахунків може бути прийнято 2-2,5 м;

2) якщо фундамент опори мілкового закладення споруджується в відкритому котловані (рис. 3.13,б), глибина якого обмежена за водовідливом, довжиною шпунта та інше, то допустимий коефіцієнт розмиву визначається за формулою

$$P_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}} = \frac{h_{\hat{e}\hat{i}\hat{o}} + \hat{A}_i - \hat{O}}{h_{\delta.i.max}(1+\delta)}, \quad (3.45)$$

де $h_{\hat{e}\hat{i}\hat{o}}$ – глибина котлована від рівня меженних вод (РМВ), $h_{\hat{e}\hat{i}\hat{o}} = 5-12$ м;

A_m – амплітуда зміни рівнів від меженних до високих вод;

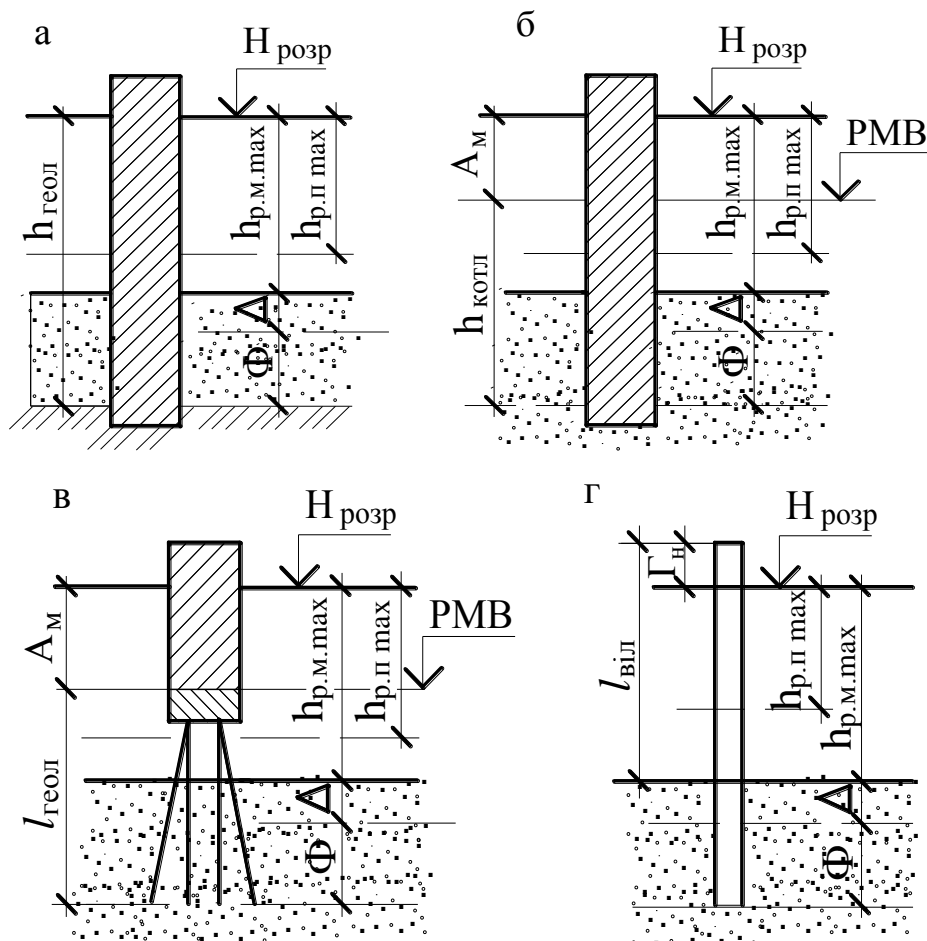


Рисунок 3.13 – Схеми до визначення допустимих коефіцієнтів розмиву за конструкцією основ і фундаментів опор

3) для опор на високих пальових ростверках (рис. 3.13, в) допустимий коефіцієнт розмиву визначається з урахуванням повної довжини паль і необхідного закладення їх в ґрунт

$$D_{\ddot{a}\ddot{u}\ddot{i}} = \frac{l_{i\ddot{e}} + \dot{A}_i - \hat{O}}{h_{\delta.i. \max} (1 + \delta)}, \quad (3.46)$$

де $l_{i\ddot{e}}$ – довжина палі, $l_{i\ddot{e}} = 10 \dots 15$ м;

4) для мостів на типових пальових опорах (рис. 3.13, г), у яких нормується вільна довжина палі вище точки закладання $l_{\hat{a}^3\ddot{e}}$, допустимий коефіцієнт розмиву визначається за

$$P_{\ddot{a}\ddot{u}\ddot{i}} = \frac{l_{\hat{a}^3\ddot{e}} - \tilde{A}_i}{h_{\delta.i. \max} (1 + \delta)}, \quad (3.47)$$

де \tilde{A}_i – надводний габарит. Може бути прийнятий від 0,75 м для несудноплавних рік до 2,5 м для рік з інтенсивним корчеходом.

Для судноплавних рік четвертий випадок, як правило, не використовується.

Якщо для моста найменшої довжини ($L = B_{p.n}$) виявиться, що $P_{max} > P_{\text{д.н}}$, то отвір моста необхідно збільшувати, використовуючи для нього і частину заплавин. Існує два методи визначення отвору моста в цьому випадку: з розширеним руслом (з зрізкою заплавин) і з збереженням заплавної частини. Розширення русла (зрізку заплавин) слід застосовувати тільки при частоті затоплення заплавин не менше ніж 3 рази в 4 роки.

Для визначення, який вживати метод, за рисунком 3.1 необхідно установити кількість членів ряду n_1 , рівні яких більші середньої відмітки заплавин.

Якщо відношення $n_1/n > 0,70$, то необхідно влаштовувати зрізку заплавин.

Якщо відношення $n_1/n < 0,70$, то отвір моста розраховується без зрізки.

Зрізку ґрунту в заплавної частині отвору моста допускається передбачувати тільки на рівнинних ріках.

3.8.3.1 Розрахунок отвору моста зі зрізкою

В цьому випадку величина отвору моста визначається за формулою

$$L = \frac{B_{\text{д.н}}}{1 - \lambda} \left(\frac{Q}{Q_{\text{д.н}}} \right)^{4/3} \frac{1}{(P_{\text{д.н}})^{3/2}}, \quad (3.48)$$

де $B_{\text{д.н}}$ – ширина русла в побутових умовах;

$P_{\text{д.н}}$ – допустима величина розмиву в залежності від конструкції основ і фундаментів опор, яка визначається за формулами (3.44, ..., 3.47) або за умовою допустимого приросту площі поперечного перетину потоку (приймається менше значення).

3.8.3.2 Розрахунок отвору моста без зрізки

Знаючи, що коефіцієнти збільшення витрат в руслі β_p , на заплавах β_z і загальний коефіцієнт стиснення β приблизно рівні між собою, задаються бажаним коефіцієнтом розмива $P_{\text{дон}}$ і визначають допустимий коефіцієнт стиснення

$$\beta = \beta_p = \beta_z = (1 - \lambda)^{3/4} P_{\text{д.н}}^{9/8}. \quad (3.49)$$

За відомим загальним коефіцієнтом стиснення водотоку β знаходять величину побутових витрат на заплавної частині під мостом

$$Q_{\text{з.н.н}} = \frac{Q}{\beta} - Q_{\text{д.н.н}}. \quad (3.50)$$

Довжина заплавної частини отвору моста

$$\Delta l = \frac{Q_{\text{з.н.н}} B_{\text{з}}}{Q_{\text{з.н.н}}}, \quad (3.51)$$

де B_{ζ} – довжина заплавної частини ріки;

$Q_{\zeta,i}$ – побутові витрати на заплавній частині ріки, що визначено морфометричним розрахунком.

Отвір моста відповідно складе

$$L = B_{\delta,i} + \Delta l. \quad (3.52)$$

3.8.4 Проектування підходів до моста

3.8.4.1 Визначення розрахункового судноплавного рівня і висоти моста

Розрахунковий судноплавний рівень визначається на основі даних спостережень на водомірному посту. Згідно з ГОСТ 26775-85 за розрахунковий судноплавний рівень (РСР) приймається рівень дещо нижчий, ніж максимальний річний, імовірність перевищення якого встановлюється за табл.3.19 в залежності від класу водних шляхів.

Таблиця 3.19 - Основні параметри для розрахунку судноплавного рівня

Клас водних шляхів	1	2	3	4	5	6	7
Імовірність перевищення паводку а, %	2	3	4	5	5	4	4
Допустима перерва судноплавства К, %	5	6	6	5	3	2	2
Підмостовий габарит Г, м	17	15	13,5	12	10,5	9,5	7
Судноплавні прольоти:							
-основний	140	140	120	120	100	60	40
-суміжний	120	100	80	80	60	40	30

Максимальний річний рівень заданої імовірності а визначається по клітчатці імовірностей (бланк завдання), куди заносяться рівні паводків, що спостерігались, по їх імперичній імовірності, визначеній для ранжированого ряду (див.табл.3.16) максимальних рівней за формулою

$$P_e = \frac{N_{\div \ddot{a} \dot{a} \dot{a} \ddot{o}}}{n + 1}, \quad (3.53)$$

де n - число років систематичних спостережень за рівнем води в ріці.

Розрахунковий судноплавний рівень рекомендується визначати графічним способом (рис.3.14), для чого складається графік водомірного поста для максимального річного рівня заданої імовірності і визначається допустима тривалість стояння рівней води вищих за РСР за формулою

$$t = \frac{\hat{E}\hat{O}_i}{100}, \quad (3.54)$$

де K – допустима перерва в навігації за час паводка (%), який приймається за табл.3.19;

\hat{O}_i – тривалість навігації (по завданню).

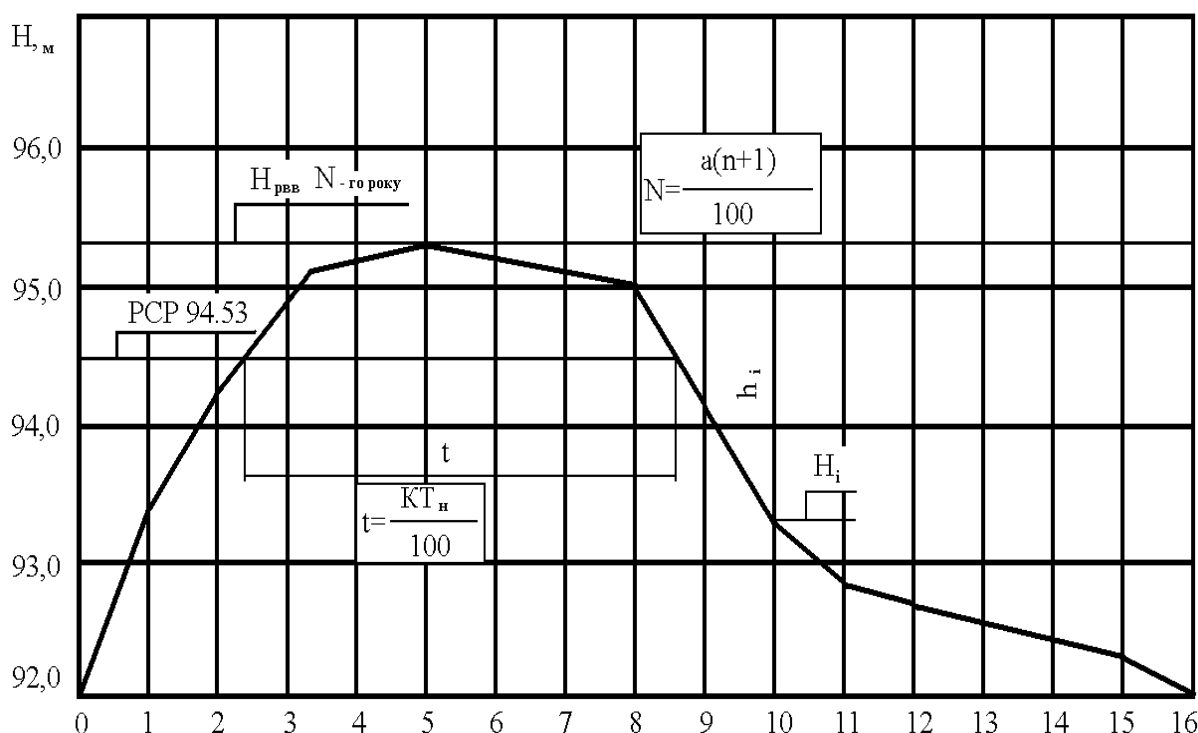


Рисунок 3.14 – Схема до визначення розрахункового судноплавного рівня

Водомірний графік складається за значеннями відміток рівнів H , які в курсовій роботі визначаються як різниця між відміткою максимального річного рівня H_{PBB} заданої імовірності a і перевищеннями h_i , що задані в табл.А.3.

Накладаючи на графік водомірного поста допустиму тривалість стояння рівнів води вище РСР t так, щоб початок і кінець відрізка t розташувались на лінії графіка, одержують відмітку РСР.

Мінімальна відмітка проїзної частини на мосту (і на підходах до моста по осі дороги) визначається за формулою

$$\hat{I}_{i.m^3n} = \hat{D}\hat{N}\hat{D} + \hat{A} + h_{\hat{e}}, \quad (3.55)$$

Мінімальна відмітка проїзної частини на мосту (і на підходах до моста по осі дороги) визначається за формулою

$$\hat{I}_{i.m^3n} = \hat{D}\hat{N}\hat{D} + \hat{A} + h_{\hat{e}}, \quad (3.55)$$

де Γ – підмостовий габарит, що відраховується від РСР і призначається по табл.3.19;

$h_{\hat{e}}$ – конструктивна висота прольотів (прогонів).

Конструктивну висоту прольотів в залежності від їх довжини допускається приймати: при прольотах 140...100 м - 4 м; 100...80 м - 2,5 м; 80...60 м - 2,3 м; 60...40 м - 2,10 м; 40...20 м - 1,30 м.

3.8.4.2 Визначення мінімальної відмітки насипу на заплавах

Найменшу відмітку бровки земляного полотна на заплавах обчислюють за формулою

$$I_{\text{б.в.}} = H_{\text{РРВВ}} + \Delta h + h_{\text{наб}} + h_{\text{зап}}, \quad (3.56)$$

де $H_{\text{РРВВ}}$ – відмітка розрахункового рівня високої води;

Δh – підпір біля насипу з верхового боку;

$h_{\text{наб}}$ – висота можливого набігання хвилі на укіс насипу;

$h_{\text{зап}}$ – конструктивний запас, який беруть не меншим ніж 0,5 м.

Висоту можливого набігання хвилі $h_{\text{наб}}$ визначають за формулою

$$h_{\text{наб}} = \frac{4,3 K_m h_{\text{хв}}}{m}, \quad (3.57)$$

де K_m – коефіцієнт шорсткості укосу;

$h_{\text{хв}}$ – висота хвилі;

m – коефіцієнт закладання укосу.

Коефіцієнт шорсткості укосу залежить від типу укріплення і має наступні значення:

- суцільне покриття з асфальтобетону і цементобетону	1,0
- збірні бетонні плити	0,9
- кам'яна кладка і дерн	0,75...0,80
- накид із буличного каменю	0,60...0,65
- те саме, з рваного каменю	0,55
- те саме, з тетраподів	0,50

Висота хвилі на заплавах $h_{\text{хв}}$ визначається в залежності від глибини води на них

$$h_{\text{хв}} = 0,2 h_{\text{г}}, \quad (3.58)$$

де $h_{\text{г}}$ – глибина на заплавах за формулою (3.39).

Підпір води біля насипу Δh визначається за формулою

$$\Delta h = \frac{3(B_0 - L)}{2\theta} (\beta^2 - 1) I_n (1 + \chi), \quad (3.59)$$

де B_0 – ширина розливу ріки, м;

L – отвір моста, м;

θ – кількість заплавин (одна чи дві);

β – коефіцієнт стиснення потоку;

I_n – побутовий уклон (похил) ріки (по завданню);

χ – величина, що враховує вплив струмененапрямної греблі на підпір і визначається за формулою

$$\chi = \frac{l_{\hat{a}}(1 + \hat{A}_i / \hat{A}_{\hat{a}})}{\hat{A}_i - L}, \quad (3.60)$$

де $l_{\hat{a}}$ – довжина верхової греблі, яка визначається за табл.3.6 в залежності від значення коефіцієнту стиснення потоку;

\hat{A}_i – ширина малої заплавини;

$\hat{A}_{\hat{a}}$ – ширина великої заплавини.

Таблиця 3.6 – Відносна довжина верхової греблі

β	1,0-1,2	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
$l_{\hat{a}}/L$	0	0,15	0,30	0,45	0,6	0,75

Коефіцієнт стиснення потоку визначається за формулами:

- для моста мінімальної довжини

$$\beta = \frac{Q}{Q_{p.i}}, \quad (3.61)$$

- для моста без зрізки

$$\beta = \frac{Q}{Q_{p.i} + Q_{\zeta.i.i}}. \quad (3.62)$$

Коефіцієнт стиснення потоку для мостів зі зрізкою визначається за формулою (3.31). При цьому витрати на заплавній частині моста $Q_{\zeta.i.i}$ рекомендується визначати при ще не розмитій заплавині за формулою

$$Q_{\zeta.i.i} = \frac{L - \hat{A}_{\delta.i}}{\hat{A}_{\zeta.i}} Q_{\zeta.i}. \quad (3.63)$$

Запитання для контролю та самоконтролю знань

1. Основні види водопропускних споруд на автомобільних дорогах.
2. Основні залежності для розрахунку стоку з малих водозборів.
3. Що таке акумуляції води перед спорудою і коли вона не враховується?
4. Що таке пропускна здатність труб?
5. Як визначається висоти земляного насипу перед спорудою?
6. Послідовність розрахунку отвору малих мостів.
7. Послідовність розрахунку отвору великого моста.
8. Послідовність визначення розрахункового судноплавного рівня і висоти моста.

4 ПРОЕКТУВАННЯ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

4.1 Початкові дані для проектування

Початковими даними для проектування дорожнього одягу є: район будівництва дороги (область); категорія дороги; перспективна (на 20 років) інтенсивність руху; склад транспортного потоку; щорічний приріст інтенсивності у відсотках; дорожньо-кліматична зона (рисунок 1.1); район будівництва за ґрунтово-геологічними умовами; район будівництва за умовами роботи дьогте- і асфальтобетону; тип місцевості за характером і ступенем зволоження; вид ґрунту земляного полотна; наявність місцевих дорожньо-будівельних матеріалів (щебеню, піску, бітуму тощо.); тип дорожнього покриття; розрахункове навантаження.

Проектування дорожнього одягу нежорсткого типу являє собою єдиний процес конструювання і розрахунку дорожньої конструкції на міцність, морозостійкість і осушення з техніко-економічним обґрунтуванням варіантів з метою вибору найбільш економічного за даних умов.

В залежності від строку служби і рівня надійності дорожній одяг нежорсткого типу поділяють на три типи: капітальний, полегшений і перехідний.

Типи дорожніх одягів нежорсткого типу, основні матеріали покриттів і області їх використання згідно ДБН В.2.3 – 4:2007 наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Сфера застосування покриттів дорожнього одягу

Категорія дороги	Тип дорожнього одягу	Матеріал верхнього шару покриття
I – а, I – б, II	Капітальний	Асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий I марки. Щебенево-мастиковий асфальтобетон
III	Капітальний	Асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий II марки. Щебенево-мастиковий асфальтобетон
III, IV	Капітальний або полегшений	Асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий II марки. Кам'яні матеріали, а також підібрані матеріали з промислових відходів, оброблені в'язучими методом змішування в установці чи на дорозі або просочуванням поверхневої обробки
V	Перехідний	Кам'яні матеріали або ґрунти, оброблені на дорозі в'язучими матеріалами або покращені добівками. Кам'яні матеріали розклинені.

При проектуванні дорожніх одягів згідно з ВБН В.2.3-218-186-2004 [8] за розрахункові приймаються нормативні навантаження:

- група А₁ – для доріг Ia, Ib і II категорій;
- група А₂ – для доріг III-IV категорій;

група Б – для доріг V категорії.

Розрахункові параметри навантаження наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахункові параметри нормативного навантаження

Група розрахункового навантаження	Нормативне статичне навантаження на вісь, кН	Нормативне статичне навантаження на покриття від колеса розрахункового автомобіля, $Q_{розр}$, кН	Розрахункові параметри навантаження		
			p , МПа	D_n , см	D_o , см
A ₁	115	57,5	0,80	30,0	34,5
A ₂	100	50	0,60	33,0	37,0
Б	60	30	0,50	28,0	32,0

4.2 Визначення розрахункової інтенсивності руху та необхідного модуля пружності

Дорожній одяг розраховують на пропуск вантажних автомобілів і автобусів. Легкові автомобілі в розрахунках не враховуються.

Розрахунок ведуть на перспективну інтенсивність і склад руху, що очікується на рік служби перед капітальним ремонтом.

Термін служби дорожнього покриття до капітального ремонту приймають за таблицею 4.3 в залежності від категорії дороги, інтенсивності руху, типу і матеріалу покриття.

Інтенсивність руху на необхідний рік визначається за формулою

$$N_n = \frac{N_{20}}{m_{20}} m_n, \quad (4.1)$$

де N_{20} – перспективна інтенсивність руху на 20-й рік (згідно з вихідними даними);

m_{20} , m_n – коефіцієнти, що показують збільшення інтенсивності руху даного року (20-го і n-го) відносно інтенсивності першого року експлуатації дороги (табл. 4.4).

Середньодобова перспективна кількість проїздів усіх коліс, що розміщені по один бік транспортного засобу в межах однієї смуги проїжджої частини, приведена до розрахункового навантаження, є приведеною розрахунковою інтенсивністю N_p (в одиницях на добу) і визначається за формулою

$$N_p = f_{\tilde{n}} \sum N_i S_{i\tilde{n}\phi_i}, \quad (4.2)$$

де $f_{\tilde{n}}$ – коефіцієнт, що враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них, визначається за табл. 4.5;

Таблиця 4.3 – Норми строків служби дорожніх одягів між середніми та капітальними ремонтами

Категорія автомо-більної дороги	Інтенсивність руху, транс. одиниць/добу	Тип дорож-нього одягу	Матеріал по-криття	Строк експлуатації дорожнього одягу до ремонту, років	
				Капіталь-ного	Серед-нього
1	2	3	4	5	6
I	понад 10000	капітальний	асфальтобетон	11	6
II	3000-10000	капітальний	асфальтобетон	12	6
III	1500 - 3000	капітальний	асфальтобетон	13	6
III	1500-3000	полегшений	чорнощобеневе (просочення)	10	5
III-IV	1000-3000	полегшений	асфальтобетон	13	6
IV	500-1500	полегшений	чорнощобеневе (просочення)	10	5
IV	500-1500	полегшений	чорнощобеневе (змішування на дорозі)	10	5
IV	150-500	перехідний	щобеневе	5	3
IV	150-500	перехідний	бруківка		15
IV-V	до 150	перехідний	цементогрун-тове, маломіцні кам'яні матеріали, укріплені в'язучими матеріалами	6	3
V	менше 150	перехідний	фракційовані кам'яні матеріали, укріплені в'язучими	5	3

n – кількість марок транспортних засобів у складі транспортного потоку;

N_i – кількість проїздів за добу в обох напрямках транспортних засобів i -ої марки;

$S_{i\dot{o}i}$ – сумарний коефіцієнт приведення дії на дорожній одяг транспортного засобу i -ої марки до розрахункового навантаження ($Q_{розр}$).

Таблиця 4.4 – Значення коефіцієнту *m*

Рік експлуатації	Щорічний приріст інтенсивності, %											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12
5	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34	1,40	1,47	1,54	1,61	1,69	1,76
6	1,06	1,13	1,19	1,27	1,34	1,42	1,50	1,59	1,68	1,77	1,87	1,97
10	1,10	1,21	1,34	1,48	1,63	1,79	1,97	2,16	2,37	2,59	2 84	3,11
11	1,12	1,24	1,38	1,54	1,71	1,90	2,10	2,33	2,58	2,85	3,15	3,48
12	1,13	1,27	1,43	1,60	1,80	2,01	2,25	2,52	2,81	3,14	3,50	3,90
13	1,14	1,29	1,47	1,67	1,89	2,13	2,41	2,72	3,07	3,45	3,88	4,36
15	1,16	1,35	1,56	1,80	2,08	2,40	2,76	3,17	3,64	4,18	4,77	5,47
20	1,20	1,49	1,81	2,19	2,65	3,21	3,87	4,66	5,60	6,73	8,06	9,65

Таблиця 4.5 – Коефіцієнт кількості смуг

Кількість смуг руху	Значення коефіцієнта $f_{\tilde{n}i}$ для смуги за номером			
	1	2	3	4
1	1,00	-	-	-
2	0,55	-	-	-
3	0,50	0,50	-	-
4	0,50	0,30	-	-
6	0,35	0,20	0,05	-
8	0,30	0,20	0,05	0,01

Примітки:

1. Порядковий номер смуги рахується справа по ходу руху в одному напрямку.

2. Для розрахунку узбіччя приймають $f_{cm} = 0,01$.

3. На перехрестях і підходах до них (у місцях перебудови автомобілів для здійснення лівих поворотів, тощо) при розрахунках одягу в межах всіх смуг руху потрібно приймати $f_{cm} = 0,50$, якщо загальна кількість смуг проїжджої частини проектованої дороги більша, ніж три.

Сумарні коефіцієнти приведення різних марок автомобілів до розрахункового навантаження наведені в додатку Б.

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу, необхідна для ряду розрахунків, визначається за формулою

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{(q^{\tilde{n}\ddot{e}} - 1)} \cdot \ddot{O}_{\delta\ddot{a}\ddot{d}} \cdot \hat{E}_n, \quad (4.3)$$

де N_p – приведена розрахункова інтенсивність руху за формулою (4.2)

$\ddot{O}_{\delta\ddot{a}\ddot{d}}$ – кількість розрахункових діб за рік відповідно до стану деформованості конструкції, за таблицею 4.6;

\hat{E}_n – коефіцієнт, що враховує імовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується, за таблицею 4.7;

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою

$$\hat{E}_{\tilde{n}} = \frac{q^{\tilde{n}\ddot{e}} - 1}{q - 1}, \quad (4.4)$$

де $\hat{O}_{\tilde{n}\ddot{e}}$ – розрахунковий строк служби, за таблицею 4.3;

q – показник зміни інтенсивності руху, що визначається за формулою

$$q = 1 + 0,01p, \quad (4.5)$$

де p – щорічний приріст інтенсивності у %.

Таблиця 4.6 – Значення $\hat{O}_{\delta\ddot{a}\delta}$

Дорожньо кліматичний район	У-I	У-II	У-III	У-IV	
				Захід	Південь
Кількість розрахункових днів на рік ($\hat{O}_{\delta\ddot{a}\delta}$)	145	135	130	140	120

Таблиця 4.7 – Значення \hat{E}_n

Тип дорожнього одягу	Значення коефіцієнта K_n для різних категорій доріг				
	I	II	III	IV	V
Капітальний	1,49	1,49	1,38	1,31	-
Полегшений	-	1,47	1,32	1,26	1,06
Перехідний	-	-	1,19	1,16	1,04

Значення $\hat{E}_{\tilde{n}}$ при $q > 1$ наведені в таблиці 4.8.

Потрібні модулі пружності $E_{\tilde{n}\delta\delta}$ для навантажень груп A_1 , A_2 та Б визначаються за формулами (4.6), (4.7), (4.8) або за рисунком 4.1.

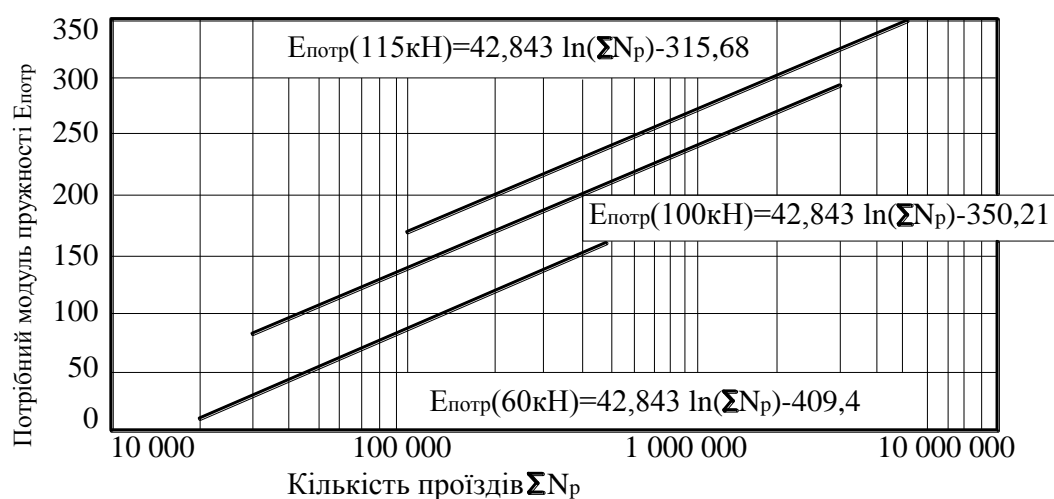


Рисунок 4.1 – Потрібні модулі пружності $E_{\tilde{n}\delta\delta}$ для навантажень груп A_1 , A_2 та Б

Таблиця 4.8 – Значення коефіцієнта K_c

Показник зміни інтен- сивності руху q	Значення коефіцієнта K_c при терміні служби дорожнього одягу $T_{сл}$, років										
	5	6	8	9	10	11	12	13	15		
1,01	5,10	6,15	8,29	9,37	10,46	11,57	12,68	13,81	16,10		
1,02	5,20	6,31	8,58	9,75	10,95	12,17	13,41	14,68	17,29		
1,03	5,31	6,47	8,89	10,16	11,46	12,81	14,19	15,62	18,60		
1,04	5,42	6,63	9,21	10,58	12,01	13,49	15,03	16,63	20,02		
1,05	5,53	6,80	9,55	11,03	12,58	14,21	15,92	17,71	21,58		
1,06	5,64	6,98	9,90	11,49	13,18	14,97	16,87	18,88	23,28		
1,07	5,75	7,15	10,26	11,98	13,82	15,78	17,89	20,14	25,13		
1,08	5,87	7,34	10,64	12,49	14,49	16,65	18,98	21,50	27,15		
1,09	5,98	7,52	11,03	13,02	15,19	17,56	20,14	22,95	9,36		
1,10	6,11	7,72	11,44	13,58	15,94	18,53	21,38	24,52	31,77		
1,11	6,23	7,91	11,86	14,16	16,72	19,56	22,71	26,21	34,41		
1,12	6,35	8,12	12,30	14,78	17,55	20,65	24,13	28,03	37,28		

$$E_{\text{н}}(A_1) = 42,843 \ln(\sum N_p) - 315,68; \quad (4.6)$$

$$E_{\text{н}}(A_2) = 42,843 \ln(\sum N_p) - 350,21; \quad (4.7)$$

$$E_{\text{н}}(A) = 42,843 \ln(\sum N_p) - 409,40, \quad (4.8)$$

де $\sum N_p$ – сумарна кількість проїздів, що визначається за формулою (4.3).

Незалежно від даних, отриманих за формулами (4.6)...(4.8), потрібні модулі пружності для доріг загальної мережі не повинні бути менше зазначених в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Мінімум допустимі значення потрібного модуля пружності ($E_{\text{н}}$)

Категорія дороги	$\sum N_p$	Мінімальний потрібний модуль пружності одягу, МПа		
		капітальний тип	полегшений тип	перехідний тип
Ia	700000	260	-	-
Iб	500000	250	-	-
II	375000	235	200	-
III	300000	225	190	-
IV	110000	-	150	100
V	40000	-	100	50

4.3 Визначення розрахункових параметрів деформативності і міцності ґрунтів земляного полотна

Розрахункові значення параметрів ґрунту можна визначити за результатами безпосередніх лабораторних випробувань, а також за даними пробного короткочасного навантаження підстилаючого ґрунту земляного полотна в розрахунковому стані.

Розрахунковими параметрами деформативності й міцності ґрунтів земляного полотна є модуль пружності $E_{\text{гр}}$, кут внутрішнього тертя φ і коефіцієнт зчеплення $C_{\text{гр}}$.

За відсутності можливості виконати випробування, розрахункові характеристики ґрунту можуть бути встановлені за таблицею В.7 (додаток В), виходячи з виду ґрунту та його розрахункової вологості.

Розрахункова вологість ґрунтів встановлюється від № дорожнього району України за ґрунтово-геологічними умовами (рисунок 4.2).

На території України виділено 16 дорожніх районів. Кожен район характеризується типовими для нього особливостями проектування земляного полотна, дорожніх одягів, технології та організації будівництва й експлуатації доріг.

Шифрування районів на рисунку 4.2 здійснено у такий спосіб: перша (римська) цифра позначає дорожню зону (згідно з районуванням СНД), букви Р чи Г позначають дорожню область (рівнинна чи гірська) і третя (арабська) – дорожній район.

У таблиці В.1 наведені значення розрахункової вологості ґрунтів при глибокому заляганні ґрунтових вод, хорошому поверхневому водовідводі та наявності пористих граничних шарів у одязі.

У таблиці В.2 – при глибокому заляганні ґрунтових вод, тривалому застої води в бічних канавах і наявності пористих граничних шарів у одязі.

У таблиці В.3 – при близькому заляганні ґрунтових вод і наявності пористих граничних шарів у одязі.

У таблиці В.4 – при глибокому заляганні ґрунтових вод, хорошему поверхневому водовідводі та наявності щільних граничних шарів у одязі.

У таблиці В.5 – при глибокому заляганні ґрунтових вод, застою води в бічних канавах і наявності щільних граничних шарів у одязі.

4.4 Задачі та принципи конструювання

Основними задачами конструювання дорожнього одягу нежорсткого типу є:

- вибір типу покриття;
- призначення кількості конструктивних шарів основи;
- розміщення шарів у конструкції і попереднє призначення їх товщини;
- попередня оцінка необхідності призначення додаткових морозозахисних заходів з урахуванням дорожньо-кліматичної зони, типу ґрунту робочого шару земляного полотна та схеми зволоження робочого шару на різних ділянках;
- попередня оцінка необхідності призначення заходів з осушення конструкції, а також для підвищення її тріщиностійкості;
- оцінка доцільності зміцнення чи поліпшення верхньої частини робочого шару земляного полотна.

При конструюванні дорожнього одягу нежорсткого типу необхідно керуватися наступними принципами:

а) тип дорожнього одягу та вид покриття, конструкція дорожнього одягу в цілому повинні задовольняти транспортно-експлуатаційні вимоги, які ставляться до дороги певної категорії з очікуваним у перспективі складом і інтенсивністю руху, з урахуванням зміни інтенсивності протягом заданих міжремонтних термінів і передбачуваних умов ремонту й утримування ;

б) конструкція одягу може бути прийнята типовою чи розроблена індивідуально для кожної ділянки або ряду ділянок, що характеризуються подібними природними умовами (ґрунт земляного полотна, умови зволоження, клімат, наявність місцевих дорожньо-будівельних матеріалів і т.ін.) з однаковими розрахунковими навантаженнями. При виборі конструкції дорожнього одягу для даних умов перевагу слід віддавати перевіреним на практиці в даних умовах типовій конструкції;

в) у районах, недостатньо забезпечених стандартними кам'яними матеріалами, допускається (при відповідному обґрунтуванні) застосовувати місцеві кам'яні матеріали, побічні продукти промисловості та ґрунти, властивості яких можуть бути поліпшені шляхом їх обробки в'язучими матеріалами (цементом, бітумом, вапном, активними золами віднесення та ін.). Одночасно треба прагнути до створення найменш матеріалоемної конструкції;

г) конструкція повинна бути технологічною і забезпечувати можливість максимальної механізації і автоматизації дорожньо-будівельних процесів. Для досягнення цієї мети кількість шарів і видів матеріалів у конструкції повинна бути мінімальною;

д) при конструюванні необхідно враховувати реальні умови проведення будівельних робіт (літня чи зимова технологія і ін.) і досвід служби доріг у конкретно заданому районі.

Конструктивні шари різної міцності в дорожньому одязі необхідно розташовувати у відповідності з епюрою напружень: більш міцні – зверху, менш міцні – внизу.

Модулі крупності суміжних шарів повинні відрізнятися не більше, ніж у 3-5 разів.

Водопоглинаюча здатність шарів повинна збільшуватись зверху вниз.

Більш дороговартісні шари слід намічати меншою товщиною, менш дороговартісні – більшою.

Мінімальна товщина конструктивних шарів, що рекомендується (у сантиметрах):

а) асфальтобетон крупнозернистий	10
б) те ж, дрібнозернистий з розміром зерен:	
– до 20 мм	5
– до 15 мм	4
– до 10 мм	3
1) піщаний	3
2) холодний дрібнозернистий	5
3) холодний піщаний	3
в) щебеневі (гравійні) матеріали, оброблені органічними в'язучими	8
г) щебінь, оброблений просоченням	8
д) щебеневі і гравійні матеріали, не оброблені в'язучими, на піщаній основі	15
е) те ж, на міцній основі (кам'яному чи з укріпленого ґрунту)	8
ж) ґрунти і маломіцні кам'яні матеріали, оброблені органічними, комплексними чи неорганічними в'язучими	12
з) ґрунт підвищеної міцності	50

З метою забезпечення сприятливих умов роботи прикрайкових смуг дорожнього одягу основу варто влаштовувати на 0,6 м ширше за проїжджу частину і зміцнювальну смугу, а додатковий нижній шар з піску чи іншого зернистого

матеріалу укласти на 1м ширше за основу або на всю ширину земляного полотна.

На автомобільних дорогах I-II категорії крайку дорожнього одягу доцільно зміцнювати шляхом встановлення бортових каменів чи плит, влаштування монолітного бортика.

4.5 Конструювання покриттів і основ капітальних дорожніх одягів

Капітальні дорожні одяги з асфальтобетонними покриттями застосовуються переважно на дорогах I, II і III категорії, на основних внутрішньогосподарських дорогах великих промислових підприємств і важливих будівельних об'єктів, а при відповідних техніко-економічних обґрунтуваннях - і на дорогах IV категорії.

Вид, марку і тип асфальтобетону потрібно намічати в залежності від категорії дороги і кліматичних умов (див. табл. 1.1). Для покриття в основному слід застосовувати щільний асфальтобетон I-II марок типів А,Б,В,Г. Для умов дорожньо-кліматичних зон У-I і У-II на дорогах I і II категорій переважно слід використовувати асфальтобетони типів Б і Г.

Для капітальних дорожніх одягів товщину асфальтобетонного покриття, що влаштовується з порівняно дорогих матеріалів, слід призначати близькою до мінімальної конструктивної, верхній шар основи капітальних дорожніх одягів потрібно влаштовувати, головним чином, з монолітних матеріалів - з пористого асфальтобетону, щебених сумішей, оброблених бітумною емульсією, фракційного щебеню, обробленого в'язким бітумом шляхом просочення, а також із фракційного щебеню, влаштованого за принципом розклинки дрібним щебенем чи гранульованим активним шлаком, укріпленого методом просочення цементно-піщаною сумішшю, а також цементобетоном.

При конструюванні верхніх шарів двошарових та одношарових нежорстких покриттів потрібно враховувати категорію дороги і дорожньо-кліматичне районування України за умовами роботи асфальтобетонних та дьогтебетонних покриттів, що наведені в табл. 4.10.

При конструюванні асфальтобетонних покриттів потрібно враховувати вид в'язучого, тип зернового складу, марку асфальтобетону. Параметри асфальтобетонних сумішей слід призначати за таблицею 2.2.

Загальна товщина верхніх шарів з матеріалів, що містять органічне в'язуче, орієнтовно призначається в залежності від потрібного модуля пружності (табл. 4.11)

Приклади конструкції капітальних одягів наведені на рисунку 4.3

4.6 Конструювання покриттів і основ полегшених і перехідних дорожніх одягів

Дорожні одяги полегшеного типу з удосконаленими покриттями (асфальтобетонні, з чорного щебеню, з щебеню, обробленого в'язучим способом просочення, з щебенево-піщаних сумішей, оброблених органічним

Таблиця 4.10 - Дорожньо-кліматичне районування України за умовами роботи асфальто- та дьогтебетонних покриттів

Позначення району	Річна кількість опадів, мм	Адміністративна область або її частина, що входять до району
1	2	3
A-1	550	Волинська, Рівненська, Житомирська (північна частина)
A-2	500-700	Львівська, Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Хмельницька, Житомирська (південна), Вінницька (північна), Київська (північно-західна), Тернопільська
A-3	400-500	Київська (північно-східна), Чернігівська, Сумська, Черкаська (східна), Полтавська, Харківська (північна)
A-4	500	Вінницька (південна), Черкаська (західна), Київська (південна), Кіровоградська (північна), Дніпропетровська (північно-західна), Одеська (північна)
A-5	350	Миколаївська, Одеська (південна), Кіровоградська (південна), Дніпропетровська (південно-західна)
A-6	400-450	Дніпропетровська (східна), Донецька, Луганська, Харківська (південна)
A-7	400-450	Автономна республіка Крим, Херсонська, Запорізька

Таблиця 4.11 - Товщина верхніх шарів в залежності від потрібного модуля пружності

Потрібний модуль пружності, МПа	до 125	125-180	180-220	220-250	250-300
Товщина шару, см	4-6	7-12	12-18	18-22	22-24

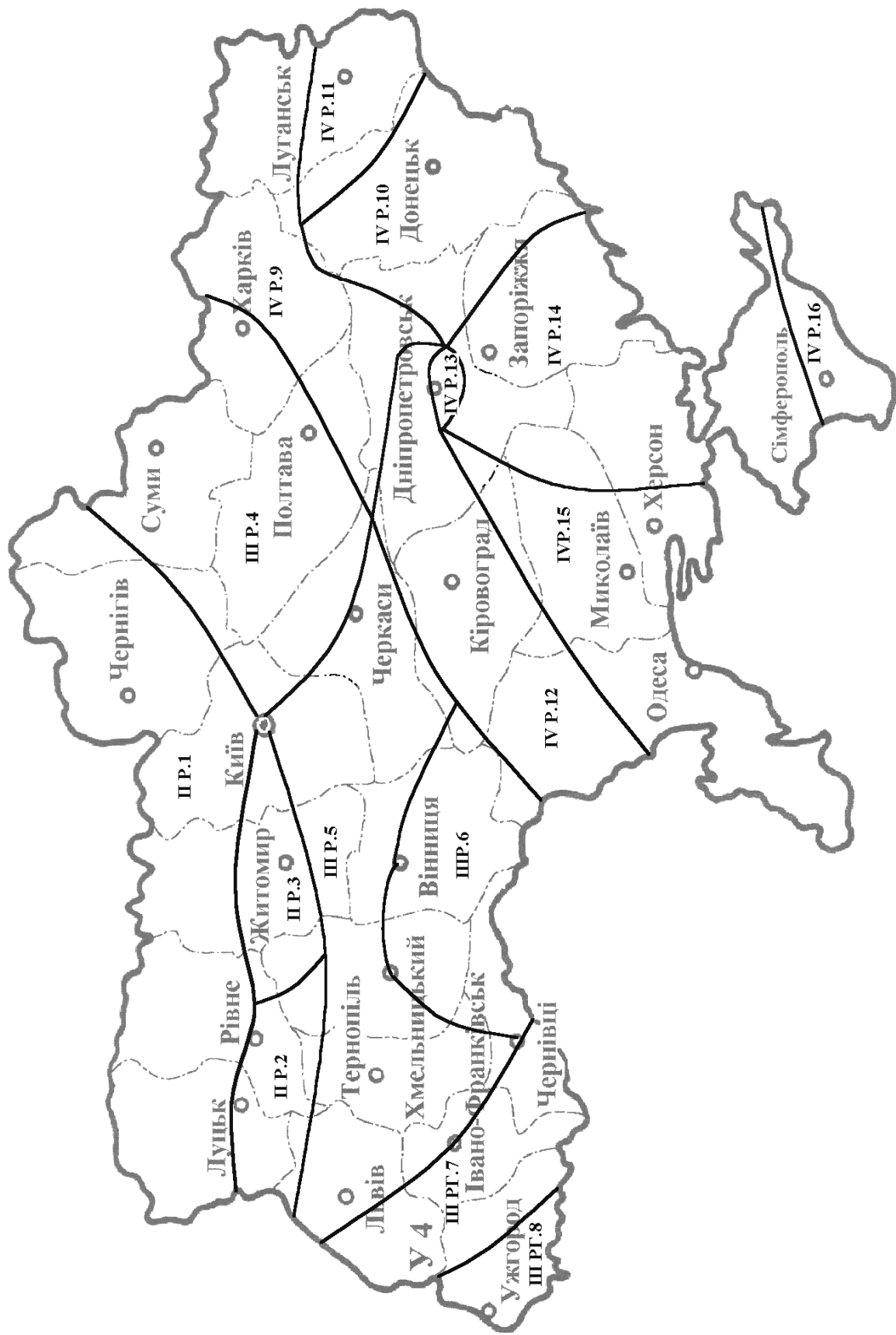


Рисунок 4.2 – Доржне районування України за ґрунтово-геологічними умовами

чи мінеральним в'язучим, з піщаних або супіщаних ґрунтів, оброблених органічним чи мінеральним в'язучим) доцільно застосовувати на дорогах III, IV категорій, а також при стадійному будівництві дорожніх одягів на дорогах II категорії.

Попередньо товщину покриття з асфальтобетону для полегшених дорожніх одягів слід призначати від 4 до 6 см, а при використанні інших, вищеперелічених, матеріалів – від 6 до 8 см.

Основи для полегшених дорожніх одягів з удосконаленим покриттям призначають з монолітних або зернистих матеріалів. При цьому на дорогах III та IV категорій доцільно влаштовувати основу дорожнього одягу з чорного щебеню; щебенево-піщаних сумішей, оброблених емульсією та іншими в'язучими; різних матеріалів і ґрунтів, а також побічних продуктів промисловості, що оброблені неорганічними або комплексними в'язучими; щебених і щебенево-гравійних сумішей.

Дорожні одяги з покриттями перехідного типу (щебеневі і гравійні, що укріплені органічними, неорганічними чи комплексними в'язучими) доцільно передбачати на дорогах IV та V категорій, а також при стадійному будівництві дорожнього одягу на дорогах III категорії.

При проектуванні дорожніх одягів перехідного типу потрібно прагнути, щоб дорожній одяг складався з одного чи двох шарів.

Для покриттів, що влаштовують способом заклинки, застосовують фракційний щебінь з міцних гірських порід, щебінь з гірничорудних відходів і щебінь з малоактивних металургійних шлаків, що відповідають вимогам нормативних документів.

Приклади конструкцій з полегшених одягів доріг III-IV категорій наведені на рисунку 4.4, а з перехідними типами покриття доріг IV-V категорій – на рисунку 4.5.

4.7 Розрахунок дорожнього одягу за допустимим пружним прогином

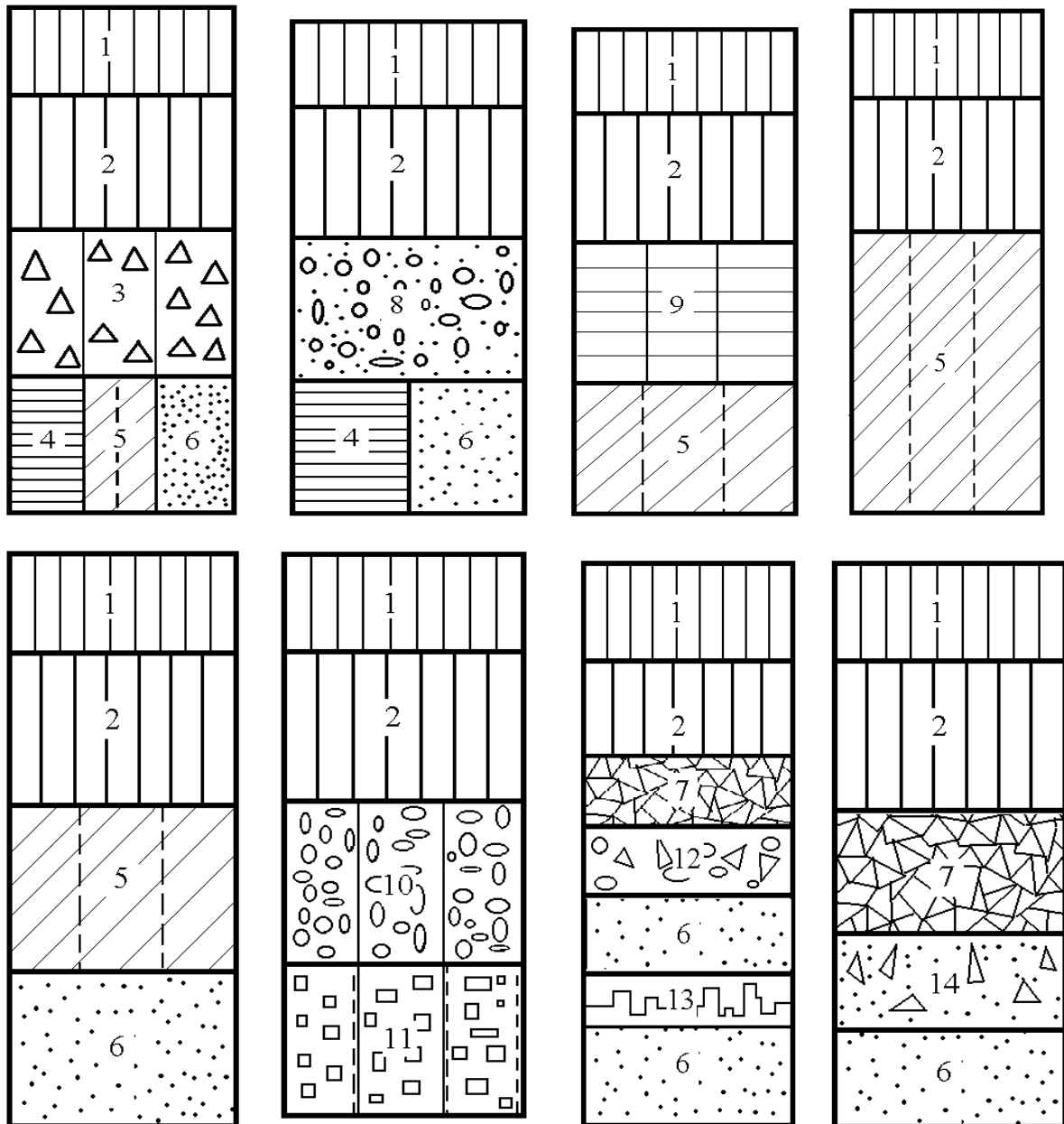
Конструкція дорожнього одягу відповідає вимогам надійності і міцності за критерієм пружного прогину, якщо

$$\hat{E}_{\text{іö}} \leq \frac{\hat{A}_{\text{çàã}}}{\hat{A}_{\text{їòð}}}, \quad (4.9)$$

де $\hat{E}_{\text{іö}}$ – коефіцієнт міцності дорожнього одягу, який залежить від рівня надійності, типу дорожнього одягу та критерію граничного стану, за яким розраховується дорожній одяг (таблиця 4.14);

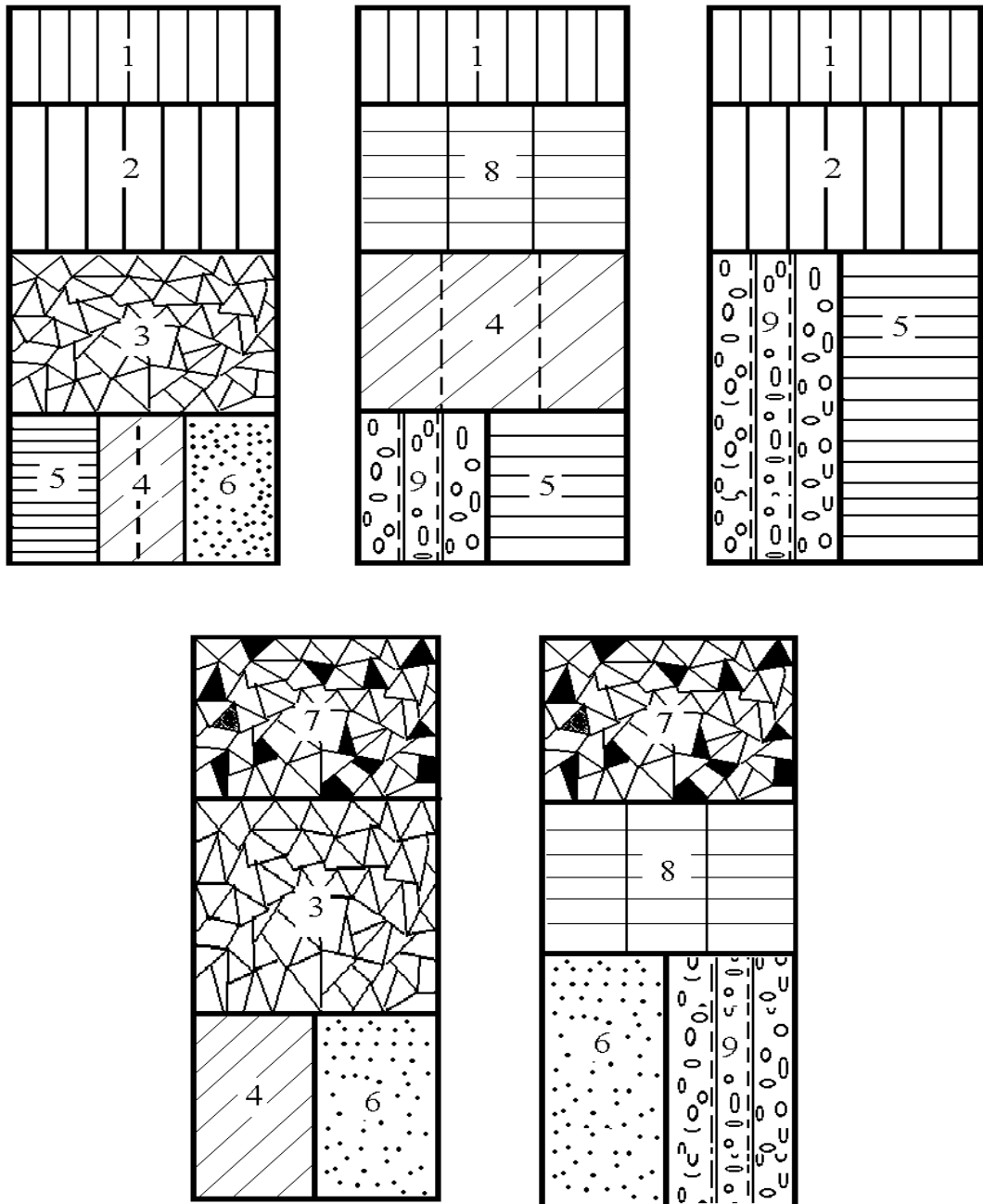
$\hat{A}_{\text{çàã}}$ – загальний модуль пружності конструкції, МПа;

$\hat{A}_{\text{їòð}}$ – потрібний модуль пружності (за формулами (4.6)...(4.8) чи таблиці 4.9).



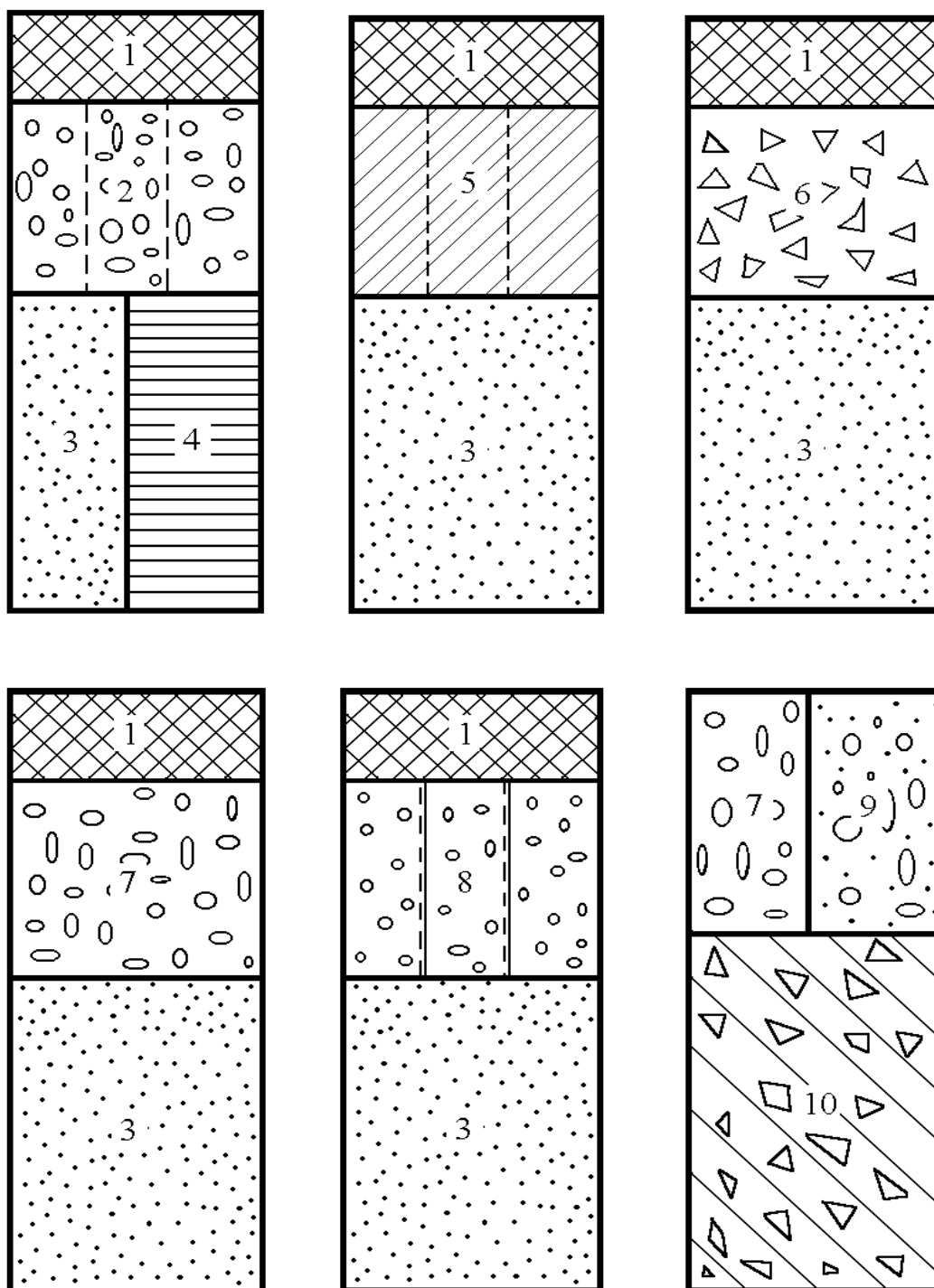
1 – середньо- або дрібнозернистий асфальтобетон 1 марки; 2 – крупнозернистий пористий асфальтобетон або дьогтебетон; 3 – щебінь, укріплений цементом, бітумом або комплексним в'язучим; 4 – ґрунт підвищеної щільності; 5 – ґрунт, зміцнений неорганічним в'язучим; 6 – пісок, гравій, шлак (додатковий шар основи); 7 – щебінь з розклинкою; 8 – цементобетон низьких класів; 9 – ґрунт і матеріали, зміцнені комплексним в'язучим або активною золою-виносом; 10 – гравій, зміцнений цементом; 11 – гравій, зміцнений малими додатками цементу або ґрунт, оброблений рідким в'язучим; 12 – гравійна суміш з добавками дробленого щебеню; 13 – пінопласт; 14 – конструктивний теплоізоляційний шар із цементогрунту з легким заповнювачем

Рисунок 4.3 – Конструкції капітальних одягів доріг I і II категорії



1 – асфальтобетон дрібнозернистий II-III марок; 2 – крупнозернистий асфальтобетон або фракціонований щебінь (гравій), оброблений бітумом; 3 – підібрана щебенева (гравійна) суміш, щебінь з розклинкою; 4 – ґрунт, зміцнений неорганічним в'язучим; 5 – ґрунт підвищеної щільності; 6 – пісок, гравій, шлак; 7 – щебінь, оброблений органічним в'язучим в установці; 8 – ґрунт або матеріал, оброблений комплексним в'язучим; 9 – ґрунт або слабозміцнений кам'яний матеріал, оброблений органічним в'язучим; 10 – ґрунт підвищеної щільності

Рисунок 4.4 – Конструкції полегшених одягів доріг III-IV категорій



1 – поверхнева обробка; 2 – підібрані гравійні або піщані матеріали зміцнені портландцементом; 3 – пісок, гравій, шлак; 4 – ґрунт підвищеної щільності; 5 – ґрунт, зміцнений неорганічним або рідким органічним в'язучим; 6 – щебінь; 7 – гравійна суміш; 8 – гравійна суміш з некондиційних матеріалів, зміцнених малими дозами цементу; 9 – гравійно-піщана суміш; 10 – ґрунт з додаванням щебеню

Рисунок 4.5 – Конструкції одягів доріг IV-V категорій з перехідними типами покриття

Продовження таблиці 4.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А – 6	БНД 40/60	А*, Б, Г	І	А*, Б, Г, І (ІІ) (В)	Г, І (ІІ)	Б, Г, (В,Д)	ІІ	Б*, (В, Д)	ІІІ
	БНЛ 60/90								
	БНД 60/90	Б, Г	І	Б, Г, (В)	І (ІІ)	Б*, (В,Д)	ІІ	Б*, (В, Д)	ІІІ
	БНЛ 60/90								
А – 7	БНД 90/130	А*, Б, Г	І	А*, Б, Г, І (ІІ) (В)	Г, І (ІІ)	Б, Г, (В,Д)	ІІ	Б*, (В, Д)	ІІІ
	БНЛ 130/200								

Примітка 1. В сумішах типу А* вміст щебеню 50 – 55%

Примітка 2. В сумішах типу Б* вміст щебеню 35 – 45%

Примітка 3. Використання типів і марок асфальтобетонів, що розміщені в дужках, менш доцільно.

Примітка 4. Для доріг ІІІ і ІV категорій на ділянках з легкими умовами руху допускається влаштування покриттів з асфальтобетонних сумішей типів В і Д. такі покриття рекомендуються також передбачати на велосипедних і пішохідних доріжках, на майданчиках павільйонів біля зупинок автобусів, на території автозаправочних станцій, майданчиках відпочинку і т.п.

Таблиця 4.13 – Рациональні типи асфальто- і дьогтебетонної сумішей для влаштування нижнього шару

Назва шару	Категорія дороги			
	I	II	III	IV
Нижній шар покриття	Грубозерниста гаряча щільна асфальтобетонна суміш типу А і Б не переривчастого складу марки I	Грубозерниста гаряча щільна асфальтобетонна суміш типу А і Б не переривчастого складу марки.	Грубозерниста гаряча асфальтобетонна суміш типу А і Б не переривчастого складу марки II та пориста асфальтобетонна суміш марки II.	Грубозерниста гаряча щільна асфальтобетонна суміш II, III Гаряча пориста дьогтебетонна суміш марки II. Кам'яний матеріал, оброблений органічним в'язучим.
Основа	Гаряча пориста асфальтобетонна суміш марки II. Гаряча пориста дьогтебетон на суміш марки I	Гаряча пориста асфальтобетонна суміш марки II. Гаряча пориста дьогтебетон на суміш марки I	Гаряча пориста асфальтобетонна суміш марки II. Гаряча пориста дьогтебетонна суміш марки I. Гаряча високопориста суміш.	Гаряча пориста дьогтебетонна суміш марки I. Кам'яний матеріал, оброблений органічним в'язучим. Гаряча високопориста суміш.

Таблиця 4.14 – Значення коефіцієнтів надійності і міцності

Категорія дороги	Тип дорожнього покриття	Коеф. надійності, K_n	Характеристика надійності, β	Коефіцієнт міцності, $K_{мц}$, за критерієм граничного стану		
				згин монолітних шарів	пружний прогин	Зсув у незв'язних шарах
Ia	Капітальний	0,97	1,875	1,39	1,50	1,51
Iб-II	Капітальний	0,95	1,645	1,35	1,43	1,48
III	Капітальний	0,90	1,280	1,29	1,33	1,40
IV	Полегшений	0,85	1,035	1,27	1,29	1,38
V	Перехідний	0,75	0,68	1,19	1,23	1,25

Розрахунок дорожнього одягу за граничним пружним прогином ведеться за допомогою номограми (рис. 4.6), якою між собою пов'язані три відношення: h/D , E_2/E_1 та $E_{заг}/E_1$. При відомих двох відношеннях за номограмою можна знайти третє. Розрахунок може вестись трьома способами:

1. знизу вверху – при визначенні загального модуля пружності конструкції;
2. зверху вниз – при визначенні товщини нижнього шару конструкції;
3. комбінованим способом – при визначенні товщини проміжного шару.

На номограмі (дивись розрахункову схему):

E_1 – модуль пружності верхнього шару;

E_2 – загальний модуль пружності підстилаючих шарів чи модуль пружності підстилаючого ґрунту.

Розрахункові значення модуля пружності матеріалів конструктивних шарів призначають за додатком Г. Розрахункове значення модуля пружності підстилаючого ґрунту призначають згідно з п.4.3 і додатком В.

Значення модуля пружності матеріалів, що містять органічне в'язуче при розрахунку за допустимим пружним прогином необхідно приймати у всіх кліматичних зонах при температурі 10°C за таблицею Г.2 додатка Г.

Для визначення $E_{заг}$ (розрахунок знизу вверху) на номограмі проводиться вертикаль із точки на горизонтальній осі, що відповідає значенню h/D , і горизонтальна пряма з точки на вертикальній осі, що відповідає відношенню E_2/E_1 . Точка перетину цих прямих дає шукане значення відношення $E_{заг}/E_1$. Знаючи величину E_1 , обчислюють $E_{заг}$.

При розрахунку “зверху вниз” граничне значення $E_{заг}$ знаходять з формули (4.9):

$$\hat{A}_{\zeta\hat{\alpha}\hat{\alpha}} = \hat{E}_{i\hat{o}} \cdot \hat{A}_{i\hat{o}\hat{\delta}} \quad , \quad (4.10)$$

На першому кроці розрахунку при відомих $E_{номп}$, E_1 і h знаходять загальний модуль пружності на поверхні нижче розташованих шарів E_2 . Для визначення E_2 на номограмі проводиться вертикальний промінь із точки на

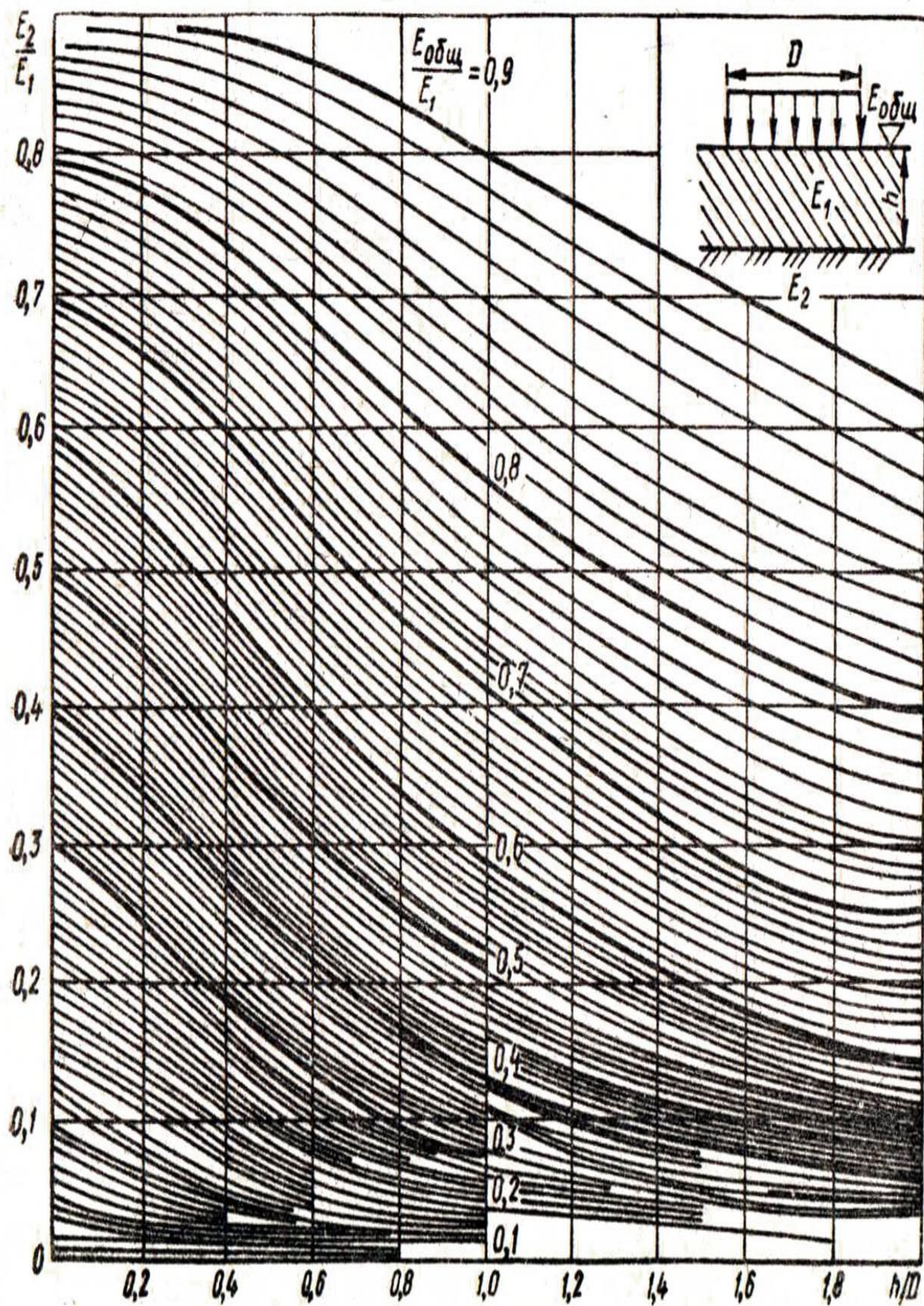


Рисунок 4.6 - Номограма для розрахунку дорожнього одягу по допустимому пружному проги

горизонтальній осі, що відповідає значенню h/D , до кривої, що відповідає відношенню $E_{заз}/E_1$. Далі промінь повертають на 90° і проводять горизонталь до вертикальної осі, де знаходять відношення E_2/E_1 , з якого знаходять шукане значення E_2 .

Для знаходження товщини шару на номограмі проводиться горизонталь із точки на вертикальній осі, що відповідає відношенню загального модуля пружності на поверхні нижче розташованих шарів до модуля пружності шару (E_2/E_1). В точці перетину горизонталі з кривою, що відповідає відношенню загального модуля пружності на поверхні шару до модуля пружності шару ($E_{заз}/E_1$), проводять вертикаль до горизонтальної осі, де знаходять відношення h/D , з якого знаходять шукану товщину шару h .

При визначенні товщини проміжного шару використовуються прийоми розрахунків методом “знизу вгору” і “зверху вниз”.

Багатошарова конструкція дорожнього одягу для розрахунків за номограмою (див. рис. 4.6) завжди приводиться до двошарової конструкції шляхом відкидання верхніх зайвих шарів, чи заміною нижніх шарів еквівалентним шаром.

4.8 Розрахунок дорожнього одягу за умовою зсувостійкості земляного полотна та шарів із малозв'язних матеріалів

Дорожній одяг проектують із розрахунку, щоб під дією короточасних чи довгострокових навантажень в підстилаючому ґрунті та малозв'язних шарах за строк служби не виникали неприпустимі залишкові деформації. Деформації зсуву в конструкції не будуть накопичуватись, якщо буде забезпечена умова:

$$\hat{E}_{\dot{\gamma}} \leq \frac{\dot{\sigma}_{\dot{\gamma}}}{\dot{\sigma}_a}, \quad (4.11)$$

де $\hat{E}_{\dot{\gamma}}$ – необхідне мінімальне значення коефіцієнта міцності, що визначається за таблицею 4.13;

$\dot{\sigma}_a$ – розрахункове активне напруження зсуву (частина зсувного напруження, не погашена внутрішнім тертям) в розрахунковій (найбільш небезпечній точці конструкції) від діючого тимчасового навантаження;

$\dot{\sigma}_{\dot{\gamma}}$ – гранична величина активного напруження зсуву (в тій самій частині), перевищення якої викликає порушення міцності на зсув.

Активні напруження зсуву ($\dot{\sigma}_a$), що діють в ґрунті чи піщаному шарі, визначають за формулою

$$\dot{\sigma}_a = \bar{\tau}_l \cdot \dot{\sigma}, \quad (4.12)$$

де $\bar{\tau}_l$ – питома активна напруження зсуву від одиночного навантаження, що визначається за допомогою номограм (рисунок 4.7 та 4.8);

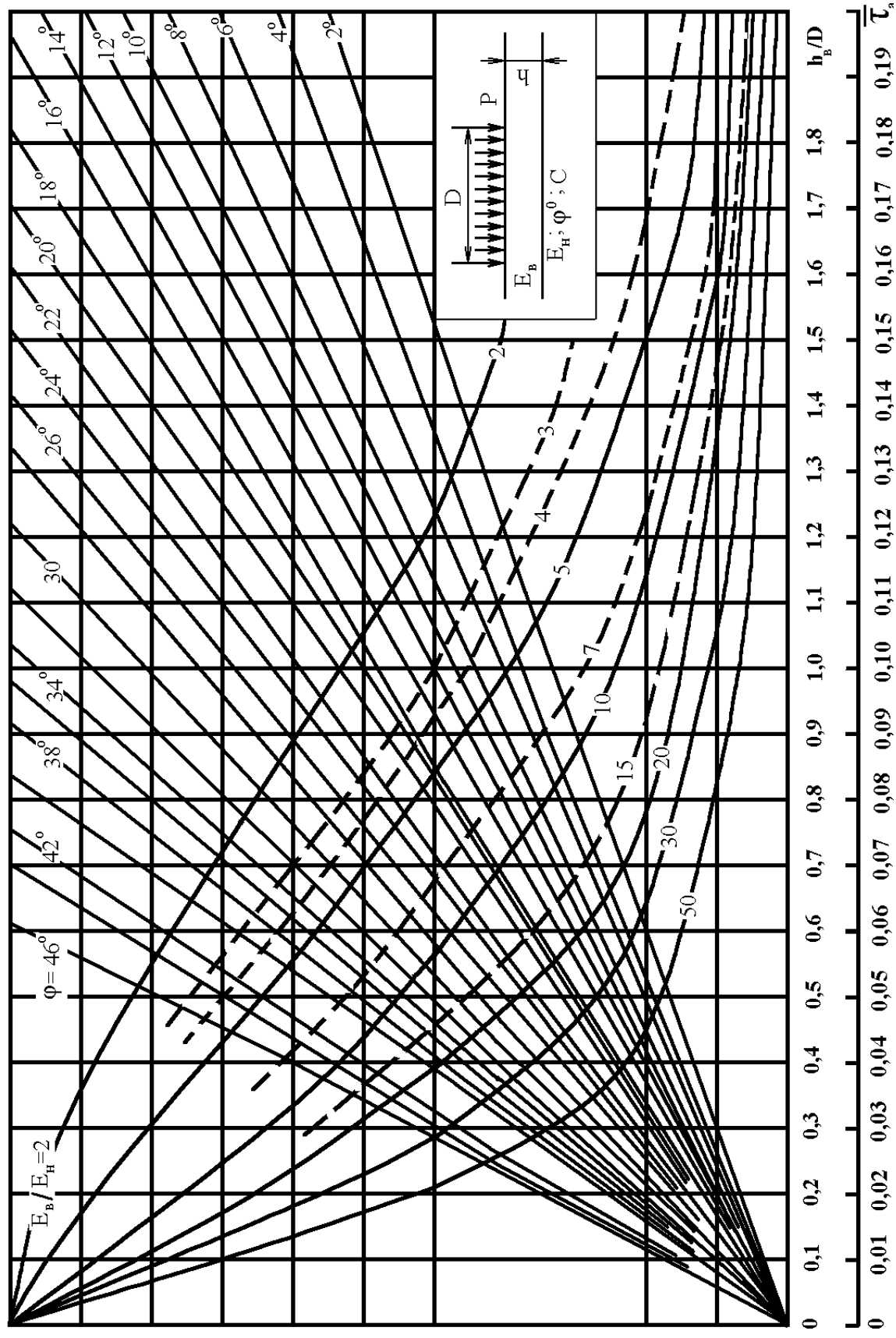


Рисунок 4.7 – Номограма до визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двошарової системи (при $h_n/D = 0 \div 2,0$)

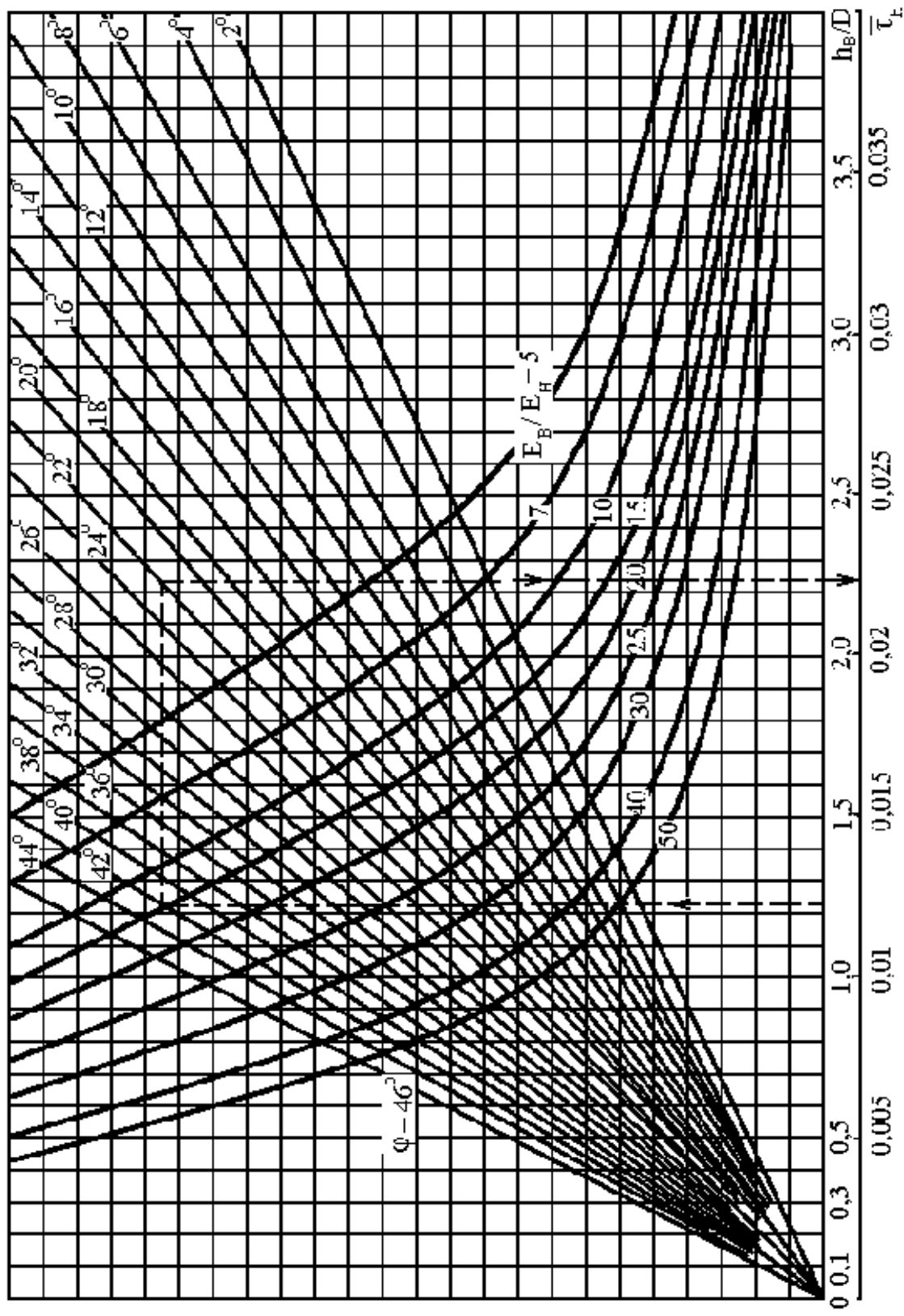


Рисунок 4.8 – Номограма для визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двошарової системи (при $h_B/D = 0 \div 4,0$)

p – розрахунковий питомий тиск від колеса на покриття (таблиця 4.2).

При практичних розрахунках багатошарову дорожню конструкцію приводять до двошарової розрахункової моделі.

При розрахунку дорожньої конструкції на міцність щодо зсувостійкості ґрунту земляного полотна за нижній шар приймають ґрунт (з його характеристиками), а за верхній – увесь дорожній одяг. Товщину верхнього шару h_n приймають рівною сумі товщини шарів одягу ($h_n = \sum h_i$).

Модуль пружності верхнього шару моделі розраховують за формулою

$$\tilde{A}_{\tilde{a}\tilde{\delta}} = \sum_{i=1}^n \tilde{A}_z h_i / \sum_{i=1}^n h_i, \quad (4.13)$$

де n – кількість шарів дорожнього одягу;

\tilde{A}_z – модуль пружності i -го шару;

h_i – товщина i -го шару.

При розрахунку за умови зсувостійкості в піщаному шарі основи за допомогою номограми йому присвоюють звичайні характеристики піщаного шару (φ_n , C_n), а модуль пружності приймають рівним загальному модулю на його поверхні (розрахунком “знизу-вверх”).

Товщину верхнього шару моделі приймають рівною загальній товщині шарів, що лежать над піщаним, а модуль пружності E_v розраховують як середньозважене значення для цих шарів за формулою (4.13).

При розрахунку нижніх шарів дорожніх одягів за умовою зсувостійкості значення модулів пружності визначають за температурами: у дорожньо-кліматичних зонах У-I та У-II – 20°C, у зоні У-III – 30°C, у зоні У-IV – 40°C.

Значення динамічного модуля пружності асфальтобетонів відповідно до складу, марок бітуму та температури наведено в таблиці В.2, а статичного – в таблиці В.3.

Граничне активне напруження зсуву T_{zp} в ґрунті робочого шару (чи в піщаному матеріалі проміжного шару) визначають за формулою

$$\tilde{\sigma}_{\tilde{a}\tilde{\delta}} = \tilde{N}_N k_g + 0,1 \gamma_{сер} Z_{on} \operatorname{tg} \varphi, \quad (4.14)$$

де \tilde{N}_N – зчеплення в ґрунті земляного полотна (чи в проміжному піщаному шарі), МПа; для піщаних ґрунтів приймається за таблицею 3.10, для супісків, суглинків та глин \tilde{N}_N розраховується за формулою

$$\tilde{N}_N = \tilde{N} \cdot k_{NC}, \quad (4.15)$$

k_g – коефіцієнт, що враховує особливості роботи конструкції на межі піщаного шару з нижнім шаром несучої основи. При влаштуванні нижнього шару із укріплених матеріалів, а також при укладенні на межі “основа – піщаний шар” геотекстильного прошарку, потрібно прийняти значення k_g рівним:

- 4,5 – при використанні в піщаному шарі крупного піску;
- 4,0 – при використанні в піщаному шарі піску середньої крупності;

- 3,0 – при використанні в піщаному шарі дрібного піску;

- 1,0 – у всіх інших випадках;

Z_{on} – глибина розміщення поверхні шару, що перевіряється на зсувостійкість, від верху конструкції, см;

$\gamma_{сер}$ – середньозважена питома вага конструктивних шарів, розміщених вище за нестійкий шар, кг/см³. Допускається прийняти $\gamma_{сер} = 0,002$ кг/см³;

Таблиця 4.15 – Розрахункові значення кута внутрішнього тертя і зчеплення піщаних ґрунтів і пісків конструктивних шарів в залежності від розрахункової кількості прикладень навантажень (ΣN_p)

Тип ґрунту	Зчеплення, МПа і кут внутрішнього тертя, град, при сумарному числі прикладень навантаження (ΣN_p)				
	1	10^3	10^4	10^5	10^6
1 Пісок крупний з вмістом пилувато-глинистої фракції: 0% 5%	<u>35</u> 0,004	<u>33</u> 0,003	<u>32</u> 0,003	<u>31</u> 0,003	<u>29</u> 0,003
	<u>34</u> 0,005	<u>31</u> 0,004	<u>30</u> 0,004	<u>29</u> 0,003	<u>28</u> 0,003
2 Пісок середньої крупності з вмістом пилувато-глинистої фракції: 0% 5%	<u>32</u> 0,004	<u>30</u> 0,004	<u>29</u> 0,004	<u>28</u> 0,003	<u>27</u> 0,002
	<u>33</u> 0,005	<u>31</u> 0,005	<u>30</u> 0,005	<u>28</u> 0,003	<u>26</u> 0,002
3 Пісок дрібний з вмістом пилувато-глинистої фракції: 0% 5% 8%	<u>31</u> 0,003	<u>28</u> 0,003	<u>27</u> 0,002	<u>26</u> 0,002	<u>25</u> 0,002
	<u>31</u> 0,005	<u>27</u> 0,004	<u>26</u> 0,004	<u>25</u> 0,003	<u>24</u> 0,003
	<u>31</u> 0,005	<u>27</u> 0,005	<u>26</u> 0,004	<u>25</u> 0,003	<u>23</u> 0,002
Примітки: 1. Значення характеристик подані для умов повного заповнення пор водою. 2. В чисельнику – кут внутрішнього тертя в градусах, в знаменнику – зчеплення в МПа. 3. При $\Sigma N_p > 10^6$ розрахункові значення ϕ і c слід брати зі стовпчика « 10^6 ».					

φ – розрахункова величина кута внутрішнього тертя матеріалу шару, що визначається для піщаних ґрунтів за таблицею 4.15 при $\Sigma N_p = 1$, для супісків, суглинків та глин за таблицею В.7 додатка В.

При користуванні номограмами (рисунки 4.7 і 4.8) за розрахунковий кут внутрішнього тертя в піщаному шарі приймають кут, одержаний за таблицею 4.15 при відповідному значенні ΣN_p . Для супісків, суглинків та глин розраховують за формулою

$$\varphi_N = \varphi \cdot k_{N\varphi}, \quad (4.16)$$

де $k_{N\varphi}$ – коефіцієнт перерахунку кута внутрішнього тертя в залежності від ΣN_p приймається за таблицею В.8 додатка В.

В формулі (4.15) k_{NC} – коефіцієнт перерахунку зчеплення в ґрунті (чи в піщаному матеріалі проміжного шару) в залежності від ΣN_p , приймається за таблицею В.8 додатку В.

Номограми для визначення активного напруження зсуву пов'язують між собою відношення h_n/D (верхня шкала по горизонтальній осі), відношення E_σ/E_n (на кривих), кут внутрішнього тертя φ (φ_n) (на променях) і питоме активне напруження $\bar{\tau}_n$ (нижня шкала по горизонтальній осі).

Для визначення $\bar{\tau}_n$ на номограмі проводять вертикаль із точки на верхній горизонтальній шкалі, що відповідає значенню h_n/D . В точці перетину цієї вертикалі з кривою, що відповідає значенню E_σ/E_n проводять горизонталь до перетину з променем, що відповідає куту внутрішнього тертя φ (φ_n). З точки перетину на промені опускають вертикаль на нижню шкалу горизонтальної осі, де і знаходять невідоме $\bar{\tau}_f$.

Якщо умова міцності (4.11) не виконується, то необхідно або збільшити товщину одного чи кількох шарів одягу і тим самим збільшити відношення h_n/D , або збільшити $E_{сер}$ шляхом заміни матеріалу якого-небудь шару матеріалом з більш високим модулем E_i або замінити чи укріпити ґрунт земляного полотна.

4.9 Розрахунок монолітних шарів на розтяг при згині

У монолітних шарах дорожнього одягу – із асфальтобетону, дьогтебетону, полімерасфальтобетону, матеріалів і ґрунтів, укріплених комплексними і неорганічними в'язучими та ін. – напруження, що виникають при прогині одягу під дією повторних короткочасних навантажень, не повинні викликати порушення структури матеріалу і

призводити до утворення тріщин, тобто повинна бути забезпечена умова

$$\hat{E}_{i\ddot{o}} \leq \frac{R_{\zeta\tilde{a}}}{\sigma_r}, \quad (4.17)$$

де $\hat{E}_{i\ddot{o}}$ – необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням заданого рівня

надійності (таблиця 4.14);

$R_{\zeta\tilde{a}}$ – гранично допустиме напруження розтягу матеріалу шару з урахуванням втоми;

σ_r – найбільше напруження розтягу у розглянутому шарі, що встановлюється розрахунком за формулою

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot \delta \cdot \hat{E}_{\hat{a}}, \quad (4.18)$$

де p – розрахунковий тиск на покриття, МПа (таблиця 4.2);

$\hat{E}_{\hat{a}}$ – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану покриття під колесом автомобіля зі спареними балонами. Як правило, $\hat{E}_{\hat{a}} = 0,85$, але при розрахунку покриття на особливі навантаження (колесо з одним балоном) та при розрахунку на згин проміжного шару $\hat{E}_{\hat{a}} = 1,0$;

$\bar{\sigma}_r$ – питоме напруження розтягу від одиночного навантаження, визначається за номограмами (рисунки 4.9, 4.10).

Допустиме розтягуюче напруження при згині асфальтобетону приймається рівним розрахунковому опору розтягу при згині з урахуванням повторної дії навантажень і визначається за формулою

$$R_{\zeta\tilde{a}} = R_{\tilde{e}\tilde{a}\tilde{a}} \cdot k_m \cdot k_{kn} \cdot k_{\delta}, \quad (4.19)$$

де $R_{\tilde{e}\tilde{a}\tilde{a}}$ – лабораторне значення границі міцності на розтяг при згині за одноразового прикладання навантаження (приймається за таблицею Г.1 додатку Г для асфальтобетонів і таблицями Г.4, Г.6 – для інших матеріалів);

k_m – коефіцієнт, що враховує зниження міцності матеріалу в часі від дії погодно-кліматичних умов (таблиця 4.16);

k_{δ} – коефіцієнт, що враховує короткочасність та повторність навантажень на дорозі (таблиця 4.17);

k_{kn} – коефіцієнт, що враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температурно-усадкових впливів:

$$k_{\hat{e}n} = k_{i\delta} \left(\sum N_p \right)^{-\frac{1}{m}}, \quad (4.20)$$

де $k_{i\delta}$ – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у нерозрахунковий період (приймається за таблицею Г.1 додатка Г);

m – показник втоми (приймається за таблицею Г.1 додатка Г);

$\sum N_p$ – сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу (за формулою 4.3).

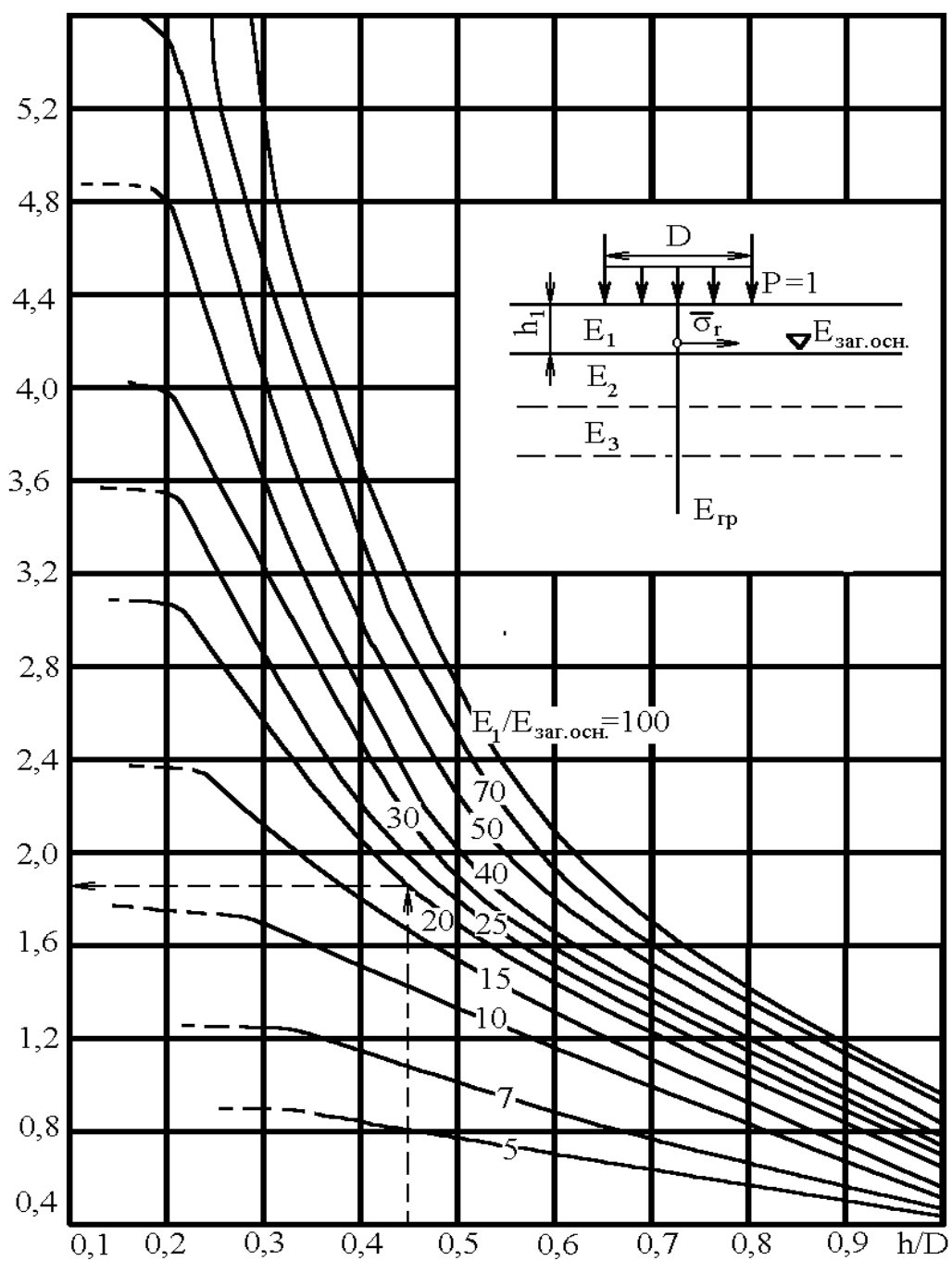


Рисунок 4.9 – Номограма для визначення розтягуючого напруження $\bar{\sigma}_r$ у верхньому монолітному шарі дорожнього одягу

Таблиця 4.16 – Значення коефіцієнта k_m

№ п/п	Матеріал шару, що розраховується	k_m
1	Полімерасфальтобетон	1,00
2	Асфальтобетон: - I марки - II марки	0,95 0,90
3	Асфальтобетон пористий	0,75
4	Асфальтобетон високопористий	0,70

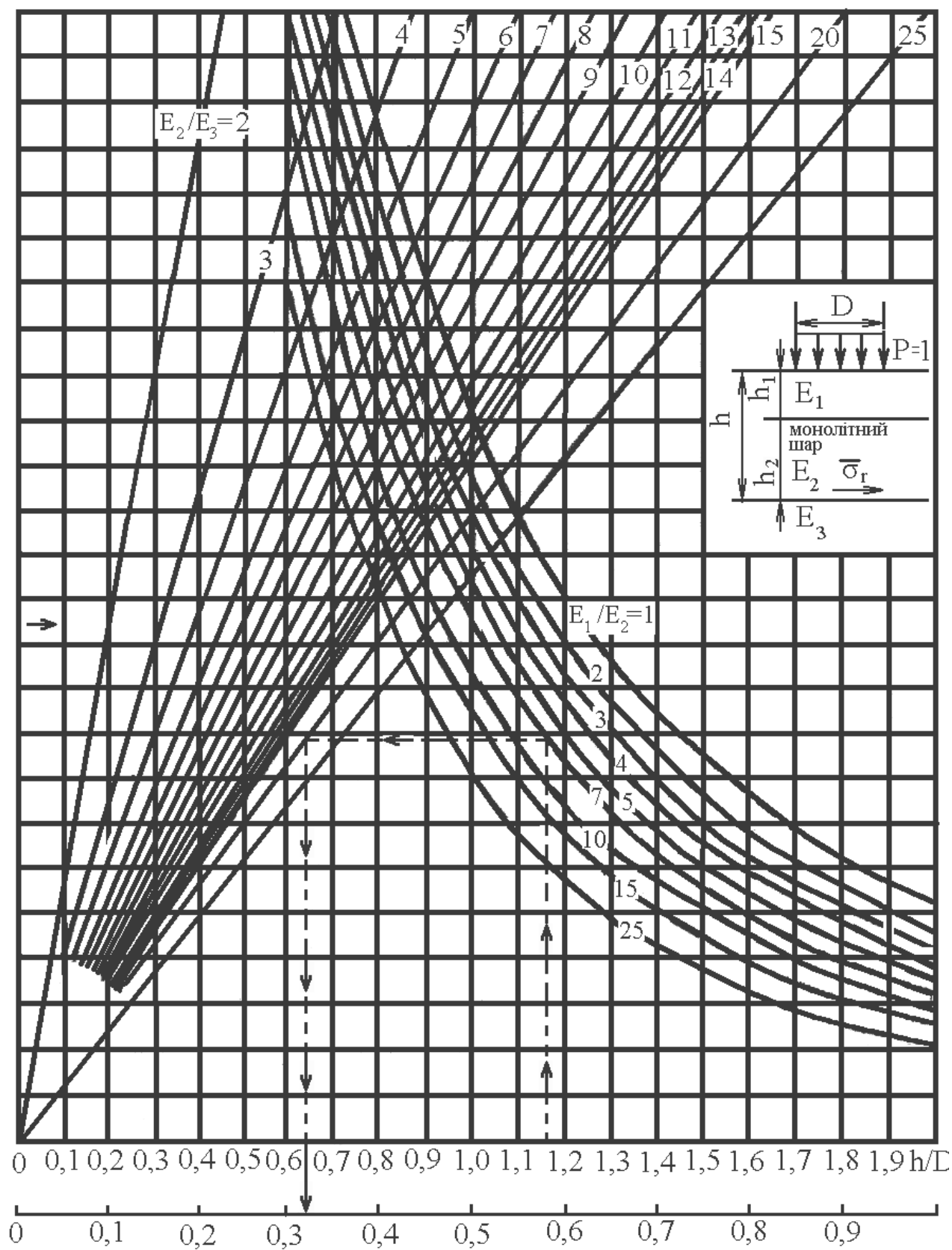


Рисунок 4.10 – Номограма для визначення розтягуючого напруження $\bar{\sigma}_r$ при згині від одиночного навантаження у проміжному монолітному шарі дорожнього одягу

Таблиця 4.17 – Значення коефіцієнта k_T

№ п/п	Матеріал шару, що розраховується	k_T
1	Полімерасфальтобетон	0,90
2	Асфальтобетон: - I марки - II марки	0,85 0,80
3	Асфальтобетон пористий	0,80
4	Асфальтобетон високопористий	0,75

У проектуванні дорожніх одягів зустрічаються два характерних випадки: 1) монолітний шар або кілька суміжних шарів з однотипних монолітних матеріалів знаходяться у верхній частині дорожнього одягу – це асфальтобетонні і подібні їм покриття, асфальтобетонні основи, розташовані безпосередньо під асфальтобетонним покриттям; 2) монолітний шар, розташований у товщі дорожнього одягу – різного роду монолітні основи.

Розрахункові модулі пружності шарів з матеріалів, що містять органічне в'язуче, приймають при температурі 0°C.

Покриття з асфальтобетону і дьогтебетону розраховують на розтяг при згині за допомогою номограми (рисунок 4.8). Номограма зв'язує відносну товщину покриття h_1/D (горизонтальна вісь) і відношення модуля пружності матеріалу покриття до загального модуля на поверхні основи $E_1/E_{заг.осн}$ (криві на номограмі) з максимальним напруженням розтягу від одиничного навантаження $\bar{\sigma}_T$ (вертикальна вісь).

При розрахунку на згин шарів асфальтобетонної основи, що підстилає асфальтобетонне покриття, слід увесь пакет шарів із асфальтобетону приймати за один еквівалентний шар. У цьому випадку модуль пружності еквівалентного шару товщиною, що дорівнює загальній товщині пакета, необхідно визначати за формулою (4.13), а розраховувати на виконання нерівності (4.17) у нижньому шарі асфальтобетонної основи ($R_{лаб.}$ у формулі (4.19) приймається для нижнього шару).

Проміжні монолітні шари одягу можна розраховувати за номограмою (рис.4.10). При цьому багат шарову конструкцію попередньо слід привести до тришарової, де середнім буде монолітний шар, що розраховується (див. шар 2 на рисунку 4.10). Номограма пов'язує відносну товщину двох верхніх шарів тришарової системи $(h_1 + h_2)/D$ і розтягуюче напруження $\bar{\sigma}_T$ від разового навантаження в нижній точці шару, що розраховується, під центром навантаженої площі (де ці напруження досягають найбільшого значення) при різних співвідношеннях модулів пружності шарів E_1/E_2 (криві на номограмі) і $E_2/E_{екв.осн}$ (промені на номограмі). Повне значення розтягуючих напружень σ_T обчислюється за формулою (4.18).

При користуванні номограмою (рисунок 4.9) з точки на горизонтальній осі, що відповідає відношенню h_1/D проводять вертикаль до кривої з відомим відношенням $E_1/E_{заг.осн}$, а з точки перетину проводять горизонталь до

вертикальної осі, де знаходять $\bar{\sigma}_r$.

При користуванні номограмою (рисунок 4.10) з точки на верхній горизонтальній осі, що відповідає відношенню $\Sigma h_i/D$, проводять вертикаль до кривої з відомим відношенням E_1/E_2 , а з точки перетину проводять горизонтальну пряму до променя, що відповідає відношенню $E_1/E_{заг.осн}$, звідки опускають перпендикуляр на нижню горизонтальну ось, де знаходять $\bar{\sigma}_r$.

Після розрахунку повного розтягуючого напруження за формулою (4.18) та допустимого розтягуючого напруження за формулою (4.19) перевіряють виконання умови (4.17). Якщо умова (4.17) не виконується, потрібно збільшувати міцність підстилаючих шарів, або збільшувати товщину розрахункових шарів, або виконувати одне і інше.

4.10 Розрахунок дорожнього одягу на морозостійкість

Метою розрахунку конструкції дорожнього одягу на морозостійкість є забезпечення необхідної стійкості дорожнього покриття проти порушення рівності при нерівномірному набуханні ґрунтів земляного полотна, тобто недопущення появи деформацій від морозного здимання, які перевищують допустимі.

Для додаткових шарів з морозозахисту застосовують стабільні зернисті матеріали, ґрунти укріплені органічними та неорганічними в'язучими, неткані синтетичні матеріали, а також ґрунти з низьким ступенем здимання I та II групи за таблицею 4.18.

Дорожня конструкція не потребує спеціальних заходів щодо захисту від дії морозу:

- а) у районах з глибиною промерзання менше 0,7 м;
- б) при земляному полотні, яке укладено на всю глибину промерзання з ґрунтів, що не здимаються або слабо здимаються (таблиця 4.18);
- в) у випадках, коли необхідна за умовами міцності товщина дорожнього одягу перевищує 2/3 глибини промерзання;
- г) на ділянках з 1-им типом місцевості за зволоженням, за винятком ділянок з капітальним дорожнім одягом при пиловатих суглинках, супіщаних ґрунтах земляного полотна, якщо не передбачено заходів щодо зменшення проникання води в дорожню конструкцію.

Зимове задимлення суттєво не впливає на рівність покриття і довговічність дорожнього одягу, якщо загальне підняття проїзної частини в процесі промерзання конструкції не перевищує таких значень $l_{дон}$ (у сантиметрах), залежно від типу дорожнього одягу:

- а) капітальний - 4;
- б) полегшений - 6;
- в) перехідний - 10.

Дорожній одяг відповідає вимогам морозостійкості, якщо виконується умова

$$l_{\zeta\ddot{a}} \leq l_{\ddot{a}\ddot{u}} , \quad (4.21)$$

де $l_{\zeta\ddot{a}}$ – фактична величина здимлення;

$l_{\ddot{a}\ddot{u}}$ – допустима величина морозного здимлення.

Таблиця 4.18 – Класифікація ґрунтів за ступенем здимальності при замерзанні

Вид ґрунту	Ступінь здимальності	Група за здимальністю	Середнє значення відносної здимальності при промерзанні до 1,5 м, % $l_{\zeta\ddot{a}}^{\ddot{u}}$
1	2	3	4
Пісок гравелистий, грубо і середньозернистий з вмістом часточок <0,05 мм до 2%	нездимальний	I	$\frac{1}{1}$
Пісок гравелистий, грубо і середньозернистий з вмістом часточок <0,05 мм до 15% та пісок дрібнозернистий з вмістом часточок <0,05 мм до 2%	слабо здимальний	II	$\frac{1-2}{2-4}$
Суглинок непиловатий і глина	здимальний	III	$\frac{2-4}{4-6}$
Пісок пиловатий; супісок піщанистий; суглинок важкий пиловатий	дуже здимальний	IV	$\frac{4-6}{6-8}$
Супісок пиловатий; суглинок легкий пиловатий	надмірно здимальний	V	$\frac{6-8}{8-10}$
Примітки:			
1. Над ризикою наведено величину здимання при 1-му типі місцевості за зволоженням, під ризикою – при 2-му та 3-му типах.			
2. Примітка 2. Таблиця 2. Надана відповідно до таблиці 4.6 ДБН В.2.3-4.			

Розрахунок дорожнього одягу на морозостійкість виконують за допомогою номограми (рисунок 4.11), яка пов'язує між собою відношення: Z_1/Z_p (горизонтальна вісь), Z_p/H (криві) і $l_{\zeta\ddot{a}}\alpha_o/BZ_p$ (вертикальна вісь).

Величину задимлення знаходять за формулою

$$l_{\zeta\ddot{a}} = \left| \frac{l_{\zeta\ddot{a}}\alpha_{\hat{t}}}{\hat{A}Z_p} \right| \cdot \frac{\hat{A}Z_p}{\alpha_o} , \quad (4.22)$$

де $\left| \frac{l_{\zeta\ddot{a}}\alpha_{\hat{t}}}{\hat{A}Z_{\delta}} \right|$ – відношення одержане за номограмою (рисунок 4.11);

α_0 – кліматичний показник, $\text{см}^2/\text{добу}$;

Z_p – розрахункова глибина промерзання, яка визначається за формулою

$$Z_p = Z_H + \Delta, \quad (4.23)$$

де Z_H – нормативна глибина промерзання (см), яка визначається за рисунком 4.12;

Δ – поправка, яку вводять в залежності від Z_H :

Z_H , см	70	80	90	100	110	120
------------	----	----	----	-----	-----	-----

Δ , см	10	15	20	30	40	45
---------------	----	----	----	----	----	----

B – комплексна характеристика ґрунту за ступенем набрякання, визначається за формулою:

$$\hat{A} = \frac{l_{\text{сд}}^{\hat{i}}}{2}, \quad (4.24)$$

де $\frac{l_{\text{сд}}^{\hat{i}}}{2}$ – середнє значення відносної здимальності (таблиця 4.18).

Для супісків, дрібних та пиловатих пісків отримані за картою значення Z_H слід збільшити на 20%.

Кліматичний показник α_0 ($\text{см}^2/\text{добу}$) визначають за картою ізоліній (рисунк 4.12) або використовуючи залежність

$$\alpha_1 = \frac{Z_i}{1,8}. \quad (4.25)$$

Еквівалентну (по відношенню до щебеню з граничних порід) товщину дорожнього одягу Z_1 визначають за формулою

$$Z_1 = h_1 \cdot \varepsilon_1 + h_2 \cdot \varepsilon_2 + h_3 \cdot \varepsilon_3 + \dots + h_n \cdot \varepsilon_n, \quad (4.26)$$

де h_1, h_2, \dots, h_n – товщини конструктивних шарів, см;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ – еквіваленти теплотехнічних властивостей матеріалів по відношенню до ущільненого щебеню (таблиця Г.8 додатку Г).

Визначивши розрахункову глибину залягання рівня ґрунтових вод H , за допомогою номограм (рис. 4.11) можна знайти значення будь-якого з параметрів при інших відомих.

Для розрахункової на міцність конструкції дорожнього одягу можливе підняття поверхні покриття $l_{\text{зд}}$ знаходять за формулою (4.22) у наступній послідовності:

а) знаходять еквівалентну товщину дорожнього одягу за формулою (4.26) і відношення Z_1/Z_p ;

б) знаходять відношення розрахункової глибини промерзання (Z_p) до глибини залягання ґрунтових вод (H);

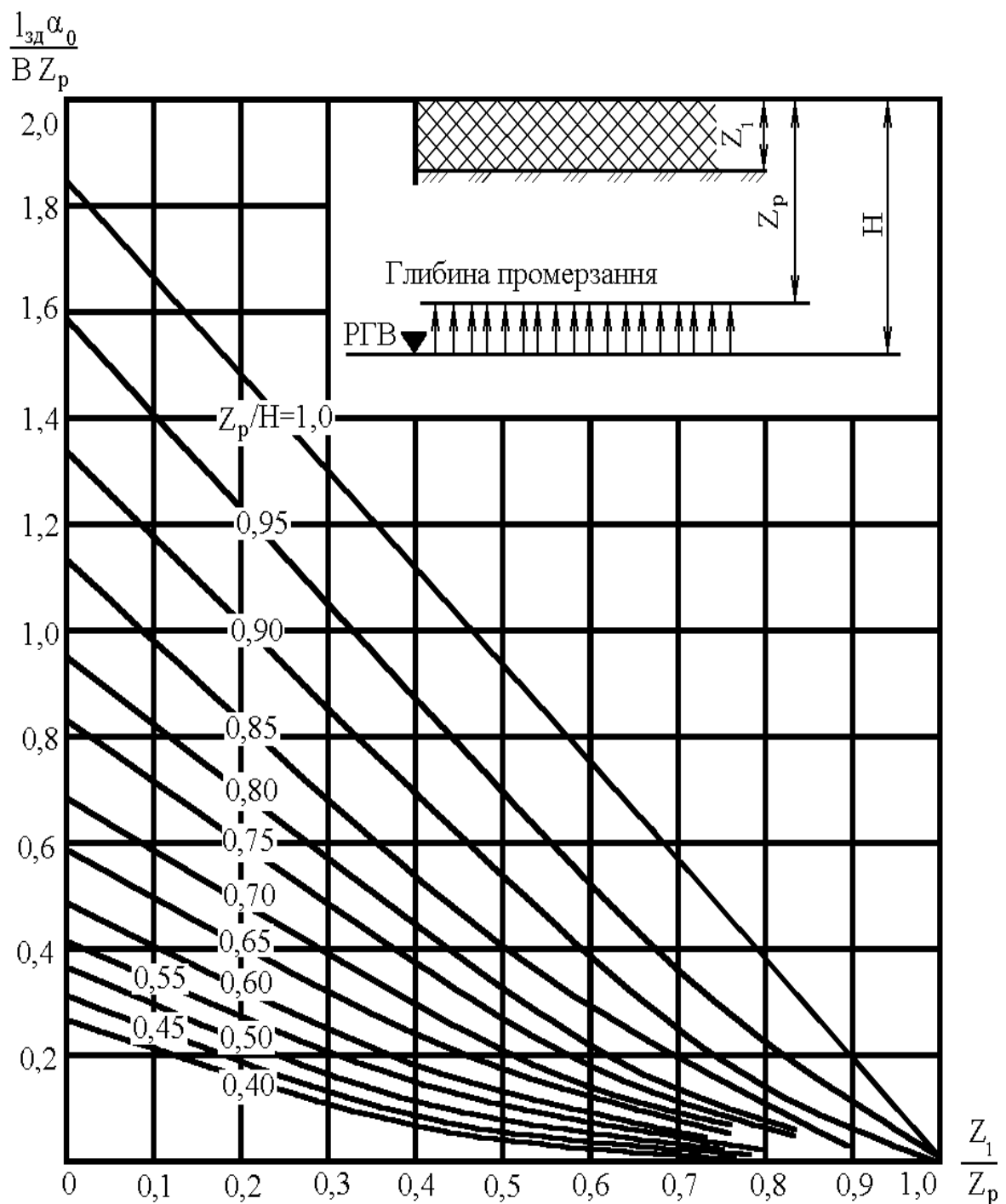


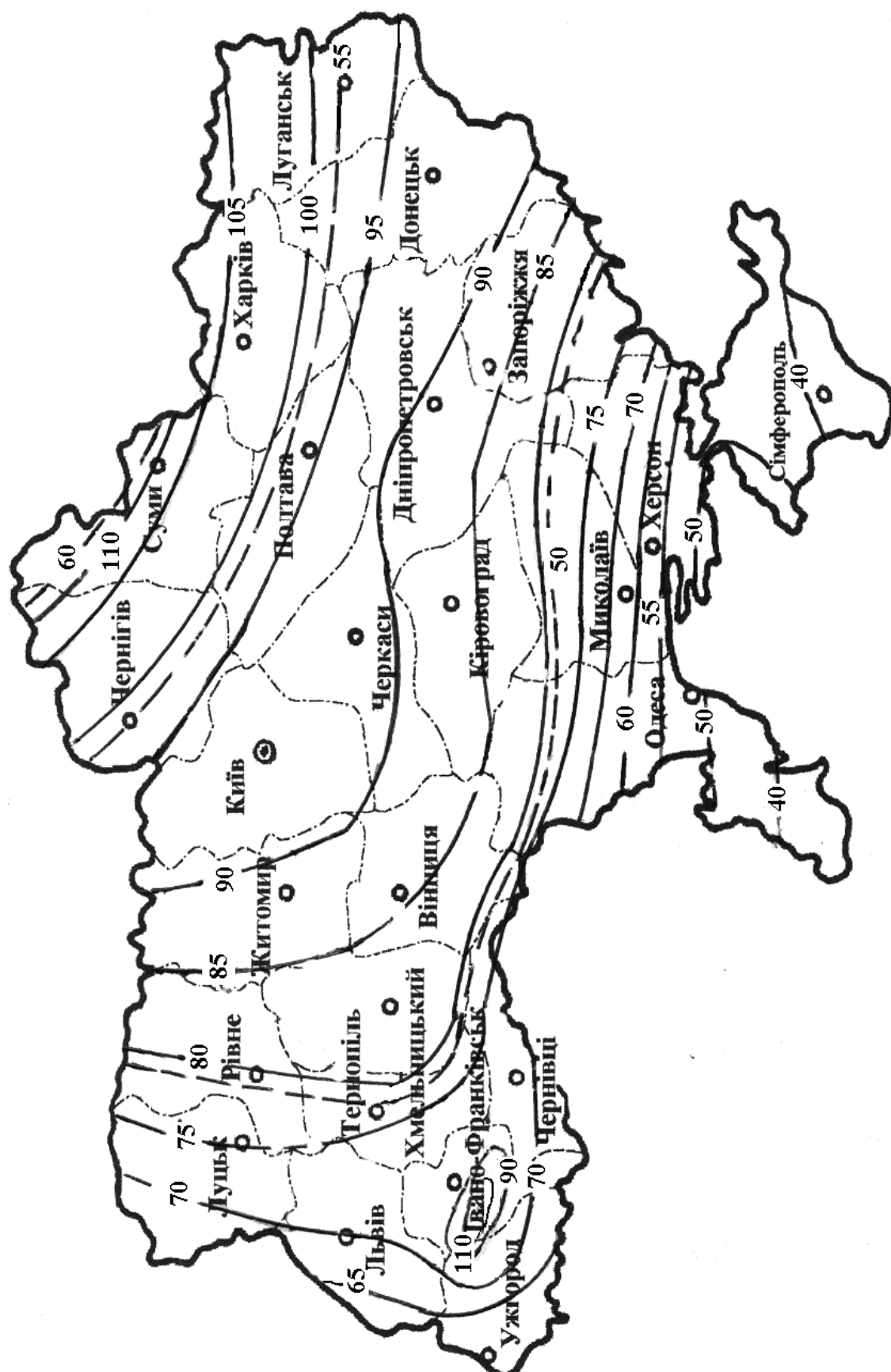
Рисунок 4.11 – Номограма для розрахунку конструкції на морозостійкість

в) користуючись номограмою (рисунок 4.11) знаходять відношення

$$\left| \frac{l_{\zeta \ddot{a}} \alpha_{\hat{i}}}{\hat{A} Z \delta} \right|, \text{ для чого з точки на горизонтальній осі, що відповідає}$$

відношенню Z_1/Z_p , проводять вертикаль до перетину з кривою, що відповідає відношенню Z_p/H , звідки проводять горизонталь до вертикальної осі, що

відповідає відношенню $\left| \frac{l_{\zeta \ddot{a}} \alpha_{\hat{i}}}{\hat{A} Z \delta} \right|$.



----- — кліматичний коефіцієнт α_0

Рисунок 4.12 – Нормативні глибини промерзання Z глинистих та суглинчастих ґрунтів

Для знаходження загальної товщини шарів із стабільних матеріалів Z_1 необхідно розрахувати відношення $\left| \frac{l_{\zeta} \alpha_i}{\hat{A} Z \delta} \right|$ при $l_{\zeta} = l_{\hat{A}}$, знайти його значення

на вертикальній осі номограми, провести горизонтальну пряму до перетину з кривою, яка відповідає відношенню розрахункової глибини промерзання Z_p до розрахункової глибини залягання рівня підземних вод H (Z_p/H) і, повернувши цю пряму на 90° вниз до горизонтальної осі, отримати значення відношення Z_1/Z_p , звідки, знаючи Z_p , визначити Z_1 .

Якщо умова морозостійкості (4.21) не виконується, необхідно передбачати заходи, які підвищують морозостійкість дорожнього одягу:

а) замінити ґрунти, які здимаються, на ґрунти, які не здимаються або слабо здимаються (за таблицею 4.18);

б) забезпечити необхідне підвищення покриття над рівнем ґрунтової води;

в) влаштовувати морозозахисні шари із стабільних матеріалів, що не змінюють свого об'єму при промерзанні у зволоженому стані (щебінь, гравій, шлак), або теплоізоляційних шарів, які зменшують глибину промерзання земляного полотна (керамзит, керамдор, пінопласт, полістирол);

г) понизити рівень ґрунтової води шляхом влаштування дренажів;

д) влаштовувати капіляронериваючі і гідроізолюючі прошарки з синтетичних матеріалів (геотекстилю);

е) збільшити товщину дорожнього одягу або застосовувати в основі шари з шлаку чи пористих кам'яних матеріалів з малим коефіцієнтом теплопровідності.

Під час будівництва чи реконструкції автомобільних доріг необхідно забезпечити належний поверхневий водовідвід із прилеглої місцевості з необхідним поздовжнім (не менше за 5‰) і поперечним похилом водовідвідних споруд.

4.11 Порівняння варіантів дорожнього одягу

Порівняння однотипних варіантів дорожнього одягу проводиться по вартості будівництва 1м^2 , яке визначається за формулою

$$K_0 = \sum_{i=1}^n C_i \cdot h_i, \quad (4.27)$$

де C_i – вартість i -го шару, товщиною 1 см (додаток Д),

h_i – товщина i -го шару.

Порівняння різнотипних варіантів дорожнього одягу слід провадити за сумарними витратами, приведеними до початкового року, які можуть бути визначені за формулою

$$P_{\text{їд}} = \frac{E_{\text{і}}}{E_{\text{ї}}} \cdot \left[\hat{E}_0 + \sum_1^n \hat{E}_{\text{єд}} \cdot \frac{1}{(1 + \hat{A}_{\text{ї}})^{t_{\text{єд}}}} \right] +$$

$$+ \sum_1^m C_{\text{їд}} \cdot \frac{1}{(1 + \hat{A}_{\text{ї}})^{t_{\text{їд}}}} + \sum_1^{t_n} C_{\text{пр}} \cdot \frac{1}{(1 + E_{\text{ін}})^t}, \quad (4.28)$$

де $E_n = 0,12$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$E_{\text{нп}} = 0,08$ - нормативний коефіцієнт приведення;

$K_{\text{кр}}$ - витрати на капітальний ремонт;

$t_{\text{кр}}$ - рік виконання капітального ремонту (табл. 4.4);

n - кількість капітальних ремонтів за строк порівняння;

$C_{\text{ср}}$ - витрати на середній ремонт;

m - кількість середніх ремонтів за строк порівняння;

$C_{\text{кр}}$ - витрати на поточний ремонт та утримання;

$t_{\text{ср}}$ – рік виконання середнього ремонту (табл. 4.4);

t_n - строк порівняння варіантів;

t - період часу від року проведення витрат до року, коли ці витрати виконуються;

Витрати $K_{\text{кр}}, C_{\text{ср}}, C_{\text{пр}}$ визначаються в частках від витрат на нове будівництво (табл.4.19).

Коефіцієнти приведення витрат $1/(1+E_{\text{нп}})^t$ і їх сума визначається за табл. 4.20.

Таблиця 4.19 - Розрахункові показники витрат на капітальний середній і поточний ремонти і отримання дорожнього одягу і обочин

Категорія дороги	Покриття	Норма витрат на один ремонт, % від вартості будівництва		
		капітальний	середній	поточний і утримання за рік
I,II	Цементобетонне	34.2	4.1	0.3155
	Асфальтобетонне	42.0	5.1	0.549
III	Асфальтобетонне	43.2	1.0	0.715
	Щебеневе, оброблене бітумом, поверхневою обробкою	48.7	7.9	0.9781
IV,V	Гравійне, оброблене бітумом на місці, з поверхневою обробкою	49.6	8.4	1.915
	Щебеневе з подвійною поверхневою обробкою	53.1	9.0	1.59

Таблиця 4.20 - Коефіцієнти для приведення витрат

t	$\frac{1}{(1 + E_{\hat{u}})^t}$	$\sum \frac{1}{(1 + E_{\hat{u}})^t}$	t	$\frac{1}{(1 + E_{\hat{u}})^t}$	$\sum \frac{1}{(1 + E_{\hat{u}})^t}$
1	0.926	0.926	11	0.429	7.319
2	0.858	1.784	12	0.397	7.536
3	0.794	2.578	13	0.368	7.904
4	0.735	3.313	14	0.340	8.244
5	0.681	3.994	15	0.315	8.559
6	0.630	4.624	16	0.292	8.851
7	0.583	5.207	17	0.270	9.121
8	0.540	5.747	18	0.250	9.371
9	0.500	6.247	19	0.232	9.603
10	0.463	6.710	20	0.215	9.818

Запитання для контролю та самоконтролю знань

1. Типи нежорстких дорожніх одягів і області їх використання
2. Розрахункові нормативні навантаження, що приймаються при проектуванні нежорсткого дорожнього одягу.
3. Перспективна інтенсивність руху, на яку ведуть розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу.
4. Потрібний модуль пружності і методика його визначення.
5. Основні задачі та принципи конструювання дорожнього одягу.
6. Приклади конструкції капітальних одягів нежорсткого типу.
7. Приклади конструкції полегшених одягів нежорсткого типу.
8. Приклади конструкції дорожнього одягу перехідними типами покриття.
9. Порядок розрахунку дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.
10. Порядок розрахунку дорожнього одягу за умови зсувостійкості земляного полотна та шарів із малозв'язних матеріалів.
11. Порядок розрахунку монолітних шарів на розтяг при згині.
12. Порядок розрахунку дорожнього одягу на морозостійкість.
13. Методи порівняння варіантів дорожнього одягу.

5 ПРОЕКТУВАННЯ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ

5.1 Визначення відміток землі по осі дороги

Проектування поздовжнього профілю автомобільної дороги містить у собі;

визначення і підготовку вихідних даних для проектування;

нанесення лінії поверхні землі по осі дороги і проектної лінії відповідно з основними вимогами до неї;

розрахунок елементів проектної лінії з визначенням проектних і робочих відміток, місцеположення і відміток точок переходу насипів у виїмки і навпаки; опис проектної лінії;

оформлення поздовжнього профілю.

Вихідними даними для проектування поздовжнього профілю дороги є: норми і обмеження, передбачені ВБН В.2.3-4:2007; викреслений поздовжній профіль поверхні землі по осі дороги; рекомендовані робочі відмітки; контрольні точки проектної лінії.

Щоб побудувати лінію поверхні землі поздовжнього профілю, необхідно знати її відмітки на пікетах і плюсових точках по трасі. Плюсовими точками являються: точки зміни крутості схилів; крайні точки на підвищеннях і пониженнях рельєфу місцевості, переломні точки на обривах в ярах та інші.

Відмітки пікетів та плюсових точок, розміщених між сусідніми горизонталями, визначають інтерполюванням (рис.5.1).

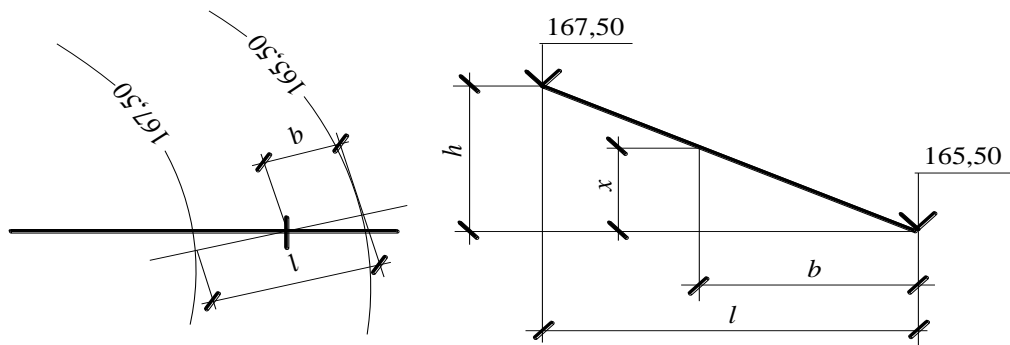


Рисунок 5.1 – Схема визначення відміток методом інтерполювання

На карті вимірюють найкоротшу відстань l між горизонталями, яка проходить через точку, та відстань b від пікетної або плюсової точки до горизонталі з меншою відміткою. Перевищення між горизонталями h відомо, перевищення шуканої точки над горизонталлю з меншою відміткою x визначають з подібності трикутників

$$\frac{x}{h} = \frac{b}{l}, \text{ звідки } x = \frac{bh}{l}. \quad (5.1)$$

Якщо точка розміщена посередині замкнutoї горизонталі або за межами горизонталей, відмітку визначають екстраполюванням (рис.5.2) за формулами, аналогічними (5.1).

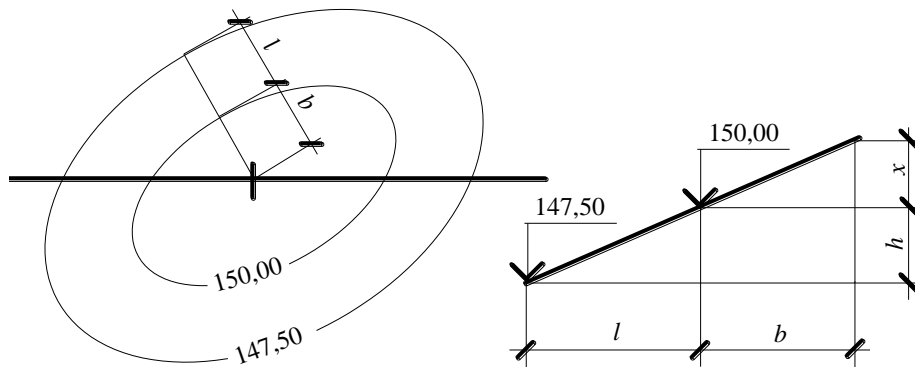


Рисунок 5.2– Схема визначення відміток методом екстраполювання

В пояснювальній записці приводять відомість відміток поверхні землі, по якій будують поздовжній профіль.

Поздовжній профіль автомобільної дороги виконують із врахуванням даних наведених у таблиці, що розташовується під профілем та виконується (в залежності від призначення дороги) з різною формою боковика [6]:

- для доріг на забудованій території – за формою 5;
- для інших доріг – за формою 6;
- для доріг з розділювальними смугами (І категорії) – за формою 8,9.

В курсових проектах, в яких не вирішуються питання поверхневого водовідводу, допускається використання боковика за формою 5(дод. К).

Для побудови поздовжнього профілю на міліметровому папері (міліметрівці) викреслюють його сітку так, щоб вертикальна *лінія* боковика справа і верхня горизонтальна лінія збігалися з товстою лінією сітки міліметрівки.

Умовний горизонт УГ (верхня лінія сітки) визначається таким чином, щоб лінія поверхні землі розміщувалась від нього на відстані 8-13см.

На поздовжньому профілі паралельно лінії поверхні землі і нижче її на 2см наноситься ґрунтовий розріз.

Масштаби для побудови поздовжнього профілю приймаються: горизонтальний – 1: 5000;

вертикальний – 1: 500 ;

ґрунтів – 1:100.

Для побудови поздовжнього профілю використовують аркуші формату А3 × n (420 x 891; 420 x 1189; 420 x 1486). При рівнинному рельєфі допускається використання аркушів формату А4 × n (297 x 1051; 297 x 1261; 297 x 1471) . При довжині траси більше 5км поздовжній профіль рекомендується викреслювати на декількох аркушах (не більш ніж 5км на аркуші). Всім графічним матеріалам дається основний підпис за формою 4. Зразок оформлення основного підпису наведено в додатку (дод.Д).

5.2 Призначення контрольних точок і рекомендованої робочої відмітки

До контрольних точок проектної лінії належать: початкова і кінцева точка траси; мінімальні відмітки проїзної частини великих мостів і шляхопроводів; мінімальні відмітки бровок земляного полотна біля малих мостів і труб; відмітки головок рейок або осі проїзної частини на пересіченнях в одному рівні з існуючими залізницями і автомобільними дорогами.

Відмітки фіксованих контрольних точок початку і кінця траси, а також на пересіченнях, при реальному проектуванні встановлюють по нівелірному журналу. В курсовому проекті відмітки початку і кінця траси слід приймати відповідно з рекомендованою робочою відміткою, а відмітки на пересіченнях - орієнтовно по карті з врахуванням рекомендованої робочої відмітки на ділянці пересічення.

Мінімальні відмітки біля штучних споруд визначаються при їх проектуванні. Якщо в курсовому проекті розрахунок штучних споруд не виконується, орієнтовно можна прийняти такі дані:

1. При улаштуванні труб. Мінімальний діаметр труби 1 м., при великій площі водозбору діаметр можна прийняти 2,0м. Висота бровки земляного полотна над трубою 0,5м;
2. При схрещенні автомобільних доріг в різних рівнях. Габарит над дорогою, що перехрещується 5,0 м для доріг I-III категорій і 4,5м – для доріг IV-V категорій; будівельна висота шляхопроводу для доріг I категорії – 2,1 м; інших категорій – 1,8 – 1,9 м. Різниця відміток доріг, що пересікаються дорівнює габариту плюс будівельна висота шляхопроводу;
3. При схрещенні з залізницями. Габарит над електрифікованою дорогою – 6,5 м, другорядною, не підлягаючої електрифікації – 5,5 м. Будівельна висота шляхопроводу 0,8 – 1,0 м;
4. При схрещенні польових доріг – габарит 4,5 м, скотопрогонів – 2,5 м. В обох випадках будівельна висота шляхопроводу може бути прийнята 0,75 м [10];
2. При пересіченні постійних водотоків габарит приймається над розрахунковим горизонтом високої води. Габарит при пересіченні несудноплавних рік – 0,5 м, будівельна висота моста 0,7 – 0,9 м. Для судноплавних рік габарит визначається згідно додатку II, табл. II.1, будівельна висота моста – згідно додатку II, табл. II.2. Відмітка розрахункового горизонту високої води в курсовому проекті може бути прийнята за вказівкою керівника, як відмітка корінного берега, якщо його ясно видно на карті, або умовно рівною 2-3 глибинам ріки в межах.

Рекомендована робоча відмітка насипу, якої належить дотримуватися при проектуванні поздовжнього профілю дороги, встановлюється по найменшому підвищенню поверхні покриття над рівнем ґрунтової і поверхневої води на мокрих і сирих ділянках траси (табл. А.9) і найменшому підвищенню бровки насипу над розрахунковим рівнем снігового покриву. Величина рекомендованої ро-

бочої відмітки залежить від типу місцевості за характером зволоження, дорожньо-кліматичної зони, виду ґрунту земляного полотна, розрахункового рівня снігового покриву і визначається за формулами:

для I-II типу місцевості

$$h_p = h_{\tilde{a}\hat{i}} + b_{\tilde{n}} i_{\tilde{i}} ; \quad (3.21)$$

$$h_p = h_{\zeta\hat{a}\hat{i}} + b_{\tilde{n}} i_{\tilde{i}} ; \quad (3.22)$$

для III типу місцевості

$$h_p = H_{\hat{a}} + h_{\hat{a}} + b_{\tilde{n}} i_{\tilde{i}} ; \quad (3.23)$$

$$h_p = h_{\tilde{a}\tilde{\delta}\hat{a}} - H_{\tilde{a}\tilde{\delta}\hat{a}} + b_{\tilde{n}} i_{\tilde{i}} , \quad (3.24)$$

за умови снігозаносимості

$$h_p = H_{\tilde{n}\hat{i}} + h_{\hat{a}\tilde{\delta}} + b_{\tilde{n}} i_{\tilde{i}} + \tilde{N}^3 \hat{o} , \quad (3.25)$$

де $h_{\tilde{a}\hat{i}}$ – товщина дорожнього одягу;

i_n – похил проїзної частини;

b_c – ширина смуги руху;

$h_{\zeta\hat{a}\hat{i}}, h_{\hat{a}}, h_{\tilde{a}\tilde{\delta}\hat{a}}$ – підвищення поверхні покриття над поверхнею землі, над рівнем поверхневої води або над рівнем ґрунтової води (табл. А.9);

$H_{\hat{a}}$ – глибина довгочасно стоячої води;

$H_{ср.в}$ – глибина залягання ґрунтової води;

C – ширина узбіччя;

i_y – похил узбіччя;

$H_{сн}$ – товщини снігового покриву 5% імовірності перевищення;

$h_{\hat{o}p}$ – мінімальне підвищення брівки насипу над рівнем снігового покриву.

Приймається для доріг I категорії – 1,0 м; II- категорії 0,7 м; III- категорії 0, 6м; IV-категорії – 0,5 м; для доріг V категорії – 0,4 м.

За розрахунковий рівень приймається більше значення.

5.3 Нанесення проектної лінії

Для забезпечення зручності і безпеки руху по дорозі при проектуванні поздовжнього профілю необхідно дотримуватися наступних основних вимог до проектної лінії:

в усіх випадках, коли за умовами місцевості можливо і економічно доцільно, треба приймати поздовжні похили не більше 30%, відстань видимості поверхні дороги не менше 450м, радіуси опуклих кривих не менше 70000м, увігнутих – не менше 8000м, довжину опуклих кривих не менше 300м, увігнутих – не менше 100м;

якщо лінія поверхні землі має похил менше допустимого, проектна лінія наноситься по обгортаючій; якщо похил поверхні землі більше допустимого, проектна лінія наноситься по січній, при цьому необхідно прагнути, щоб об'єм насипів був рівним об'єму виїмок, для чого площа виїмки на профілі повинна бути на 25-30% менше площі насипу;

при алгебраїчній різниці похилів суміжних прямих менше 5‰ для доріг I-II категорії, 10‰ для доріг III категорії, 20‰ для доріг IV-V категорій в переломі проектної лінії криві можна не вписувати;

не допускається в виїмках улаштування увігнутих кривих і горизонтальних ділянок; похил проектної лінії в виїмках повинен бути не менше 5‰;

при пересіченні залізниць в одному рівні, на рівні головки рейки необхідно передбачити горизонтальну ділянку поздовжнього профілю довжиною не менше 10м від крайньої рейки, якщо дорога проходить в насипу, і не менше 20м- якщо в виїмці, підходи до пересічення на відстані не менше 50м повинні мати поздовжній похил не більше 30‰; якщо залізниця пересікається на заокругленні, похил проектної лінії повинен бути рівним похилу відповідно перевищенню зовнішньої рейки над внутрішньою;

при пересіченні автомобільних доріг в одному рівні поздовжній похил на пересіченні повинен бути не більше 40‰; доцільно на пересіченні передбачати увігнуту криву;

на мостах, а також на шляхопроводах, проектна лінія може бути у вигляді ділянок з похилом не більше допустимого, або в вигляді кривих з радіусами не менше допустимих;

плавність поздовжнього профілю забезпечується сполученням увігнутих і опуклих кривих без прямих вставок або з ними; слід уникати коротких увігнутих ділянок і частих переломів проектної лінії, утворюючих враження провалів і осідань; слід уникати різких переходів проектної лінії від одних похилів до других, а також застосовувати короткі прямі вставки між суміжними кривими великої довжини.

Визначення положення проектної лінії поздовжнього профілю являється одним з найбільш відповідальних і складних етапів проектування дороги.

Існує два методи нанесення проектної лінії поздовжнього профілю – за допомогою шаблонів (графоаналітичний метод) і метод «тангенсів». В курсовому проекті слід застосовувати перший метод для одного варіанту траси, другий – для другого варіанту траси.

Порядок нанесення проектної лінії за допомогою шаблонів ґрунтовно описаний в [10 – 16]. При користуванні шаблонами необхідно дотримуватися наступних правил:

при встановленні положення проектної лінії шаблони вертикальних кривих можна переміщати відносно лінії поверхні землі уверх, униз, вправо, вліво; при цьому осі шаблону («візирки») повинні залишатись паралельними лініям міліметрового паперу;

при послідовному нанесенні проектної лінії похили шаблонів в точці сполучення повинні збігатися за величиною та напрямком;

вертикальні криві, описані за допомогою шаблонів, можуть чергуватися з ділянками, запроектованими прямими лініями постійного похилу. Похил лінії в цьому випадку повинен бути рівним похилу в точці сполучення на кривій;

при нанесенні проектної лінії за допомогою шаблонів слід постійно контролювати висотне положення точок сполучення і вершин кривих (точок з нульовим похилом).

Зведена таблиця координат вертикальних кривих (виписка з [15]) наведена в додатку Б.

При відсутності таблиць [15] перевищення вершини кривої (точки з нульовим похилом) над будь-якою точкою з відомим похилом, відстань від вершини до точки і похил в будь-якій точці визначаються за формулами:

$$h = \frac{\ell^2}{2R}; \quad \ell = iR; \quad i = \frac{\ell}{R}. \quad (3.26)$$

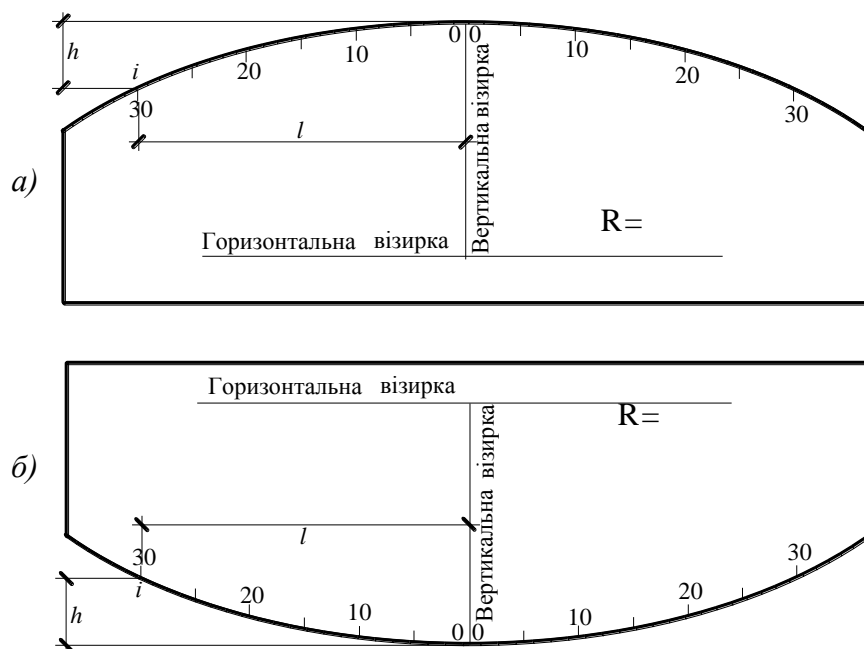


Рисунок 5.3 – Схеми для визначення координати точок:

а – на опуклій кривій; б – на увігнутій кривій

Порядок нанесення проектної лінії «по тангенсах» наведений в [11]. При нанесенні проектної лінії по тангенсах необхідно пам'ятати, що похили ліній повинні виражатися в цілих тисячних (промілях, ‰).

Наприклад: $i = 0,022$ (22‰); $i = 0,035$ (35‰). Якщо при розрахунках похилів одержують дрібні похили (наприклад $i = 0,0227$), їх слід округлити до цілого ($i = 0,022$ чи $0,023$). При цьому обов'язково корегується положення проектної лінії.

При призначенні точки перелому проектної лінії необхідно враховувати її зміщення при вписуванні вертикальних кривих.

Значення параметрів вертикальних кривих (рис.5.4) визначають за формулами:

$$K = R|i_1 - i_2|; \quad T = \frac{K}{2}; \quad A = \frac{T^2}{2R}, \quad (3.27)$$

де $|i_1 - i_2|$ – алгебраїчна різниця похилів. Приймається за абсолютною величиною.

Похили приймаються з своїми знаками: + (плюс) на підйом: – (мінус) на спуск.

При визначенні відміток точок на кривій «по тангенсах» (див.рис.5.4) враховується поправка y , що визначається за формулою:

$$y = \frac{x^2}{2R}. \quad (3.28)$$

Поправки визначаються від кінців кривої до середини. Таким чином, якщо відома відмітка точки $D(H_D)$, відмітка точки $E(H_E)$ визначається за формулою

$$\dot{I}_E = \dot{I}_D \pm \delta^3 \mp \delta. \quad (3.29)$$

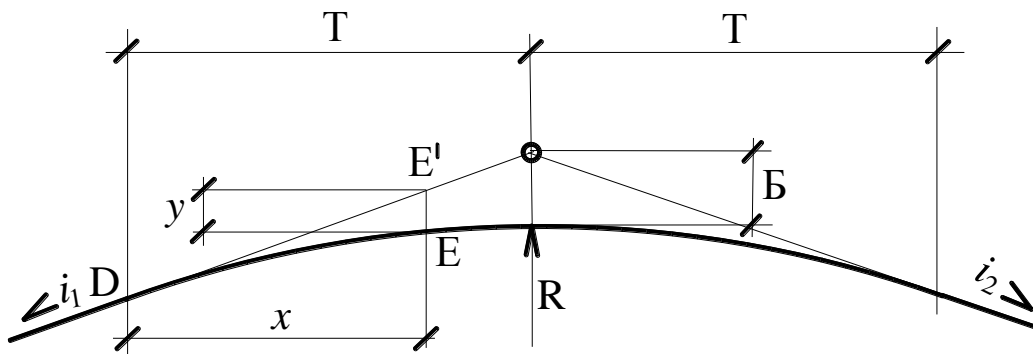


Рисунок 5.4 – Елементи вертикальної кривої

Похили ліній і вертикальні криві (в відповідних умовних позначеннях) заносяться в графу 11 сітки поздовжнього профілю. В цій же графі вказуються довжини усіх елементів проектної лінії, відстань до пікетів точок сполучення різних елементів і вершин кривих (якщо вони не збігаються з пікетом).

В точках сполучення елементів проектної лінії повинні бути визначені відмітки землі по осі дороги, відмітки земляного полотна по осі дороги і робочі відмітки.

Зразок оформлення поздовжнього профілю наведений на рис.5.5.

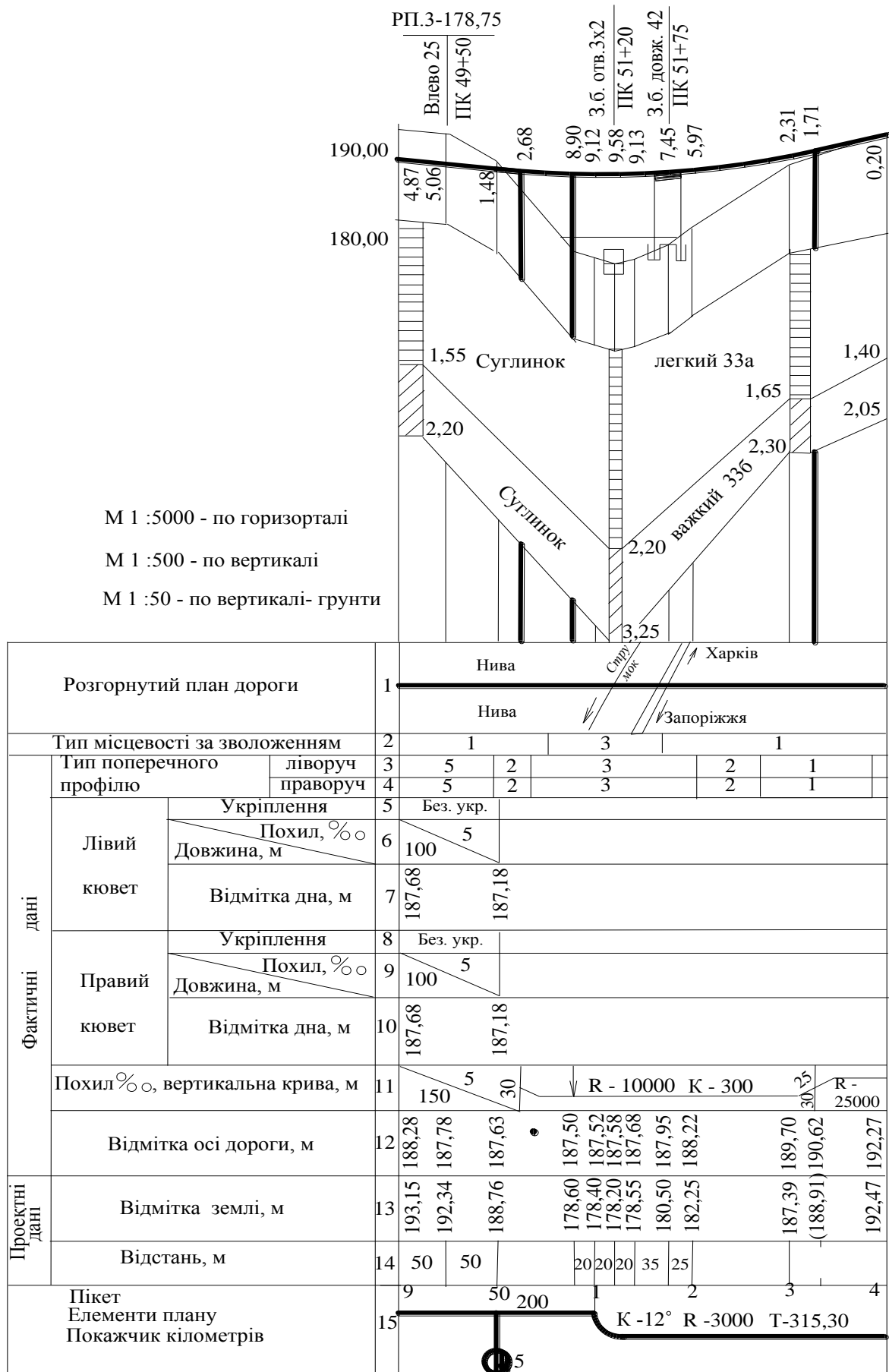


Рисунок 5.5 – Поздовжній профіль (початок)

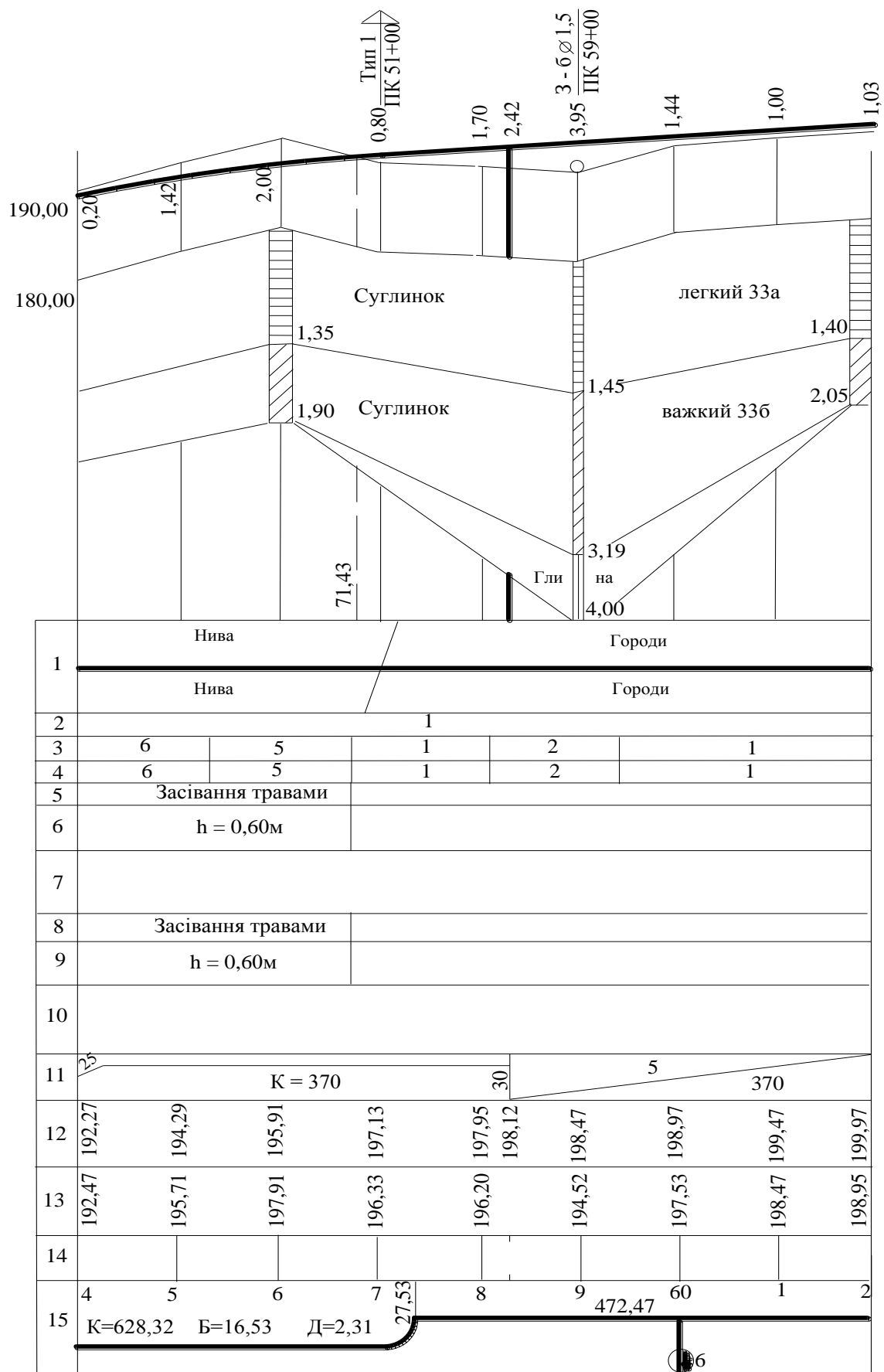


Рисунок 5.5 – Поздовжній профіль (закінчення)

Запитання для контролю та самоконтролю знань

1. Визначення відміток землі методом інтерполювання.
2. Визначення відміток землі методом екстраполювання.
3. Що таке контрольні точки?
4. Як визначається рекомендована робоча відмітка?
5. Основні вимоги до проектної лінії.
6. Методи нанесення проектної лінії.
7. Визначенні відміток точок на кривій «по тангенсах».
8. Нанесення проектної лінії за допомогою шаблонів.
9. Визначенні відміток точок на кривій при нанесенні проектної лінії за допомогою шаблонів.
10. Умовні позначення вертикальних кривих на поздовжніх профілях.

6 ПРОЕКТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

6.1 Поперечні профілі земляного полотна

Одним із питань проектування земляного полотна автомобільних доріг є проектування поперечних профілей з урахуванням вимог до земляного полотна і призначення конструкції земляного полотна з системою водовідводу.

Поперечні профілі являються розрізом дороги і являють собою схематичне креслення конструкції земляного полотна разом з дорожнім одягом і системою водовідводу.

При проектуванні поперечних профілів необхідно дотримуватися вимог, що ставляться до земляного полотна автомобільних доріг [3]. Воно повинно: забезпечувати безпеку руху транспортних засобів; зберігати проектні обриси і належну міцність на протязі заданого терміну служби; не осідати і не здійматися від морозу; не порушувати ландшафт місцевості; не заноситись снігом або піском.

Поперечні профілі конструкції земляного полотна повинні бути прив'язані до конкретних місцевих умов в наступних характерних місцях: невисокому насипу; насипи висотою більше 3 м.; підтоплюваний насип на підходах до мосту; глибокій виїмці; розкритій малій виїмці на снігозаносних ділянках; насипи на крутосхилах тощо.

Для сприятливих геологічних умов розроблені типові конструкції земляного полотна для насипів висотою до 12 м і виїмок глибиною до 12 м в звичайних ґрунтах і до 16 м в скальних. На основі багаторічного досвіду розроблені також конструкції земляного полотна на болотах глибиною до 4 м, на засолених ґрунтах, орошаємих землях, в районах рухомих пісків.

Індивідуальні рішення щодо конструкції поперечного профілю з відповідними обґрунтуваннями призначаються:

- для насипів заввишки понад 12 м;
- для насипів з тимчасовим або постійним затопленням укосів;
- для насипів, що споруджуються на болотах завглибшки понад 4 м з виторфовуванням, або за наявності поперечних похилів дна болота понад 1:10;
- для насипів, що споруджуються на слабких ґрунтах;
- при використанні в насипах ґрунтів підвищеної вологості;
- при підвищенні поверхні покриття над розрахунковим рівнем води менше зазначеного в таблиці А.9;
- при застосуванні спеціальних прошарків для регулювання водно-теплового режиму верхньої частини земляного полотна (тепло ізолюючих, гідро ізолюючих, дренажних, капілярноперериваючих);
- для виїмок завглибшки понад 12 м, влаштованих у нескальних ґрунтах, та завглибшки понад 16 м – у скельних ґрунтах;
- для виїмок у шаруватих ґрунтових масивах за несприятливих гідрогеологічних умов;
- для виїмок, що перетинають водоносні горизонти, або мають в основі водоносний горизонт, а також в глинистих ґрунтах з коефіцієнтом консистенції

понад 0,5;

- для виїмок завглибшки понад 6 м в пилюватих ґрунтах, а також у глинистих і скельних ґрунтах, що розм'якшуються і втрачають стійкість в укосах під дією погодно-кліматичних факторів;

- для виїмок у набухаючих ґрунтах за несприятливих умов їх зволоження;

- для насипів і виїмок, що споруджуються в складних інженерно-геологічних умовах: згідно з СНиП 1.02.07-87 на крутосхилах понад 1:3, на ділянках з наявністю або можливістю зсувів, карсту, обвалів, осипів, сільових потоків, снігових лавин тощо;

- при спорудженні земляного полотна із застосуванням вибухових методів або гідромеханізації;

- на ділянках, на яких застосовуються дренажні та інші споруди, що забезпечують стійкість земляного полотна;

- на ділянках сполучення земляного полотна з мостовими спорудами.

Геометрична форма поперечних профілів доріг I– III категорій розроблена обтікаємої і необтікаємої форми. Насипи і виїмки обтікаємої форми, які мають пологі укоси, що поєднуються коловими кривими малого радіусу із узбіччям і прилеглою поверхнею землі, дном резерва або кювета, сприяють: незаносимості дороги снігом; підвищенню безпеки руху, так як водій відчуває себе впевненіше, коли бачить увесь укіс, а не тільки брівку земляного полотна, і автомобіль, що втратив управління, має можливість з'їхати по пологому укосі насипу; кращому вписуванню в навколишній ландшафт, так як різко не виділяється на загальному фоні місцевості.

Земляне полотно обтікаємої форми рекомендується в усіх випадках, за винятком скрутних умов чи при прокладанні дороги по цінних землях.

Крутизну укосів насипу заввишки до 3 м слід призначати з урахуванням забезпечення безпечного з'їзду транспортних засобів у аварійних ситуаціях, як правило, на дорогах I-а, I-б, II та III категорійне крутіше 1:4, а для доріг інших категорій – не крутіше 1:3.

При висоті насипу від 3 до 8 м крутизну укосів призначають 1:1,5.

При висоті насипу від 6 до 12 м крутизну укосів верхньої частини ($H = 6$ м) приймають 1:1,5, нижньої – 1:1,75.

Допускається збільшення крутизни укосів до граничних значень, наведених у таблиці А.10, за умови встановлення на узбіччі огорожі бар'єрного типу.

Крутизну укосів виїмок, що не належать до об'єктів індивідуального проектування, слід призначати згідно з таблицею А.11.

Для виїмок внутрішній укос незалежно від глибини виїмки приймається 1:3.

Крутизна зовнішнього укосу виїмки в залежності від її глибини приймається:

- при $H_v < 1$ м обтікаємої форми розкриті або розроблені під насип – 1:4 ÷ 1:10; при необтікаємій формі – 1:1,5 ÷ 1:3;

- при H_v від 1 до 5 м на снігозаносимих ділянках – 1:4 ÷ 1:6; на снігонезаносимих – 1:1,5;

- при H_v від 5 до 12 м – 1:1,5.

Виймки глибиною до 1 м при наявності необхідної смуги відводу передбачають розробленими під насип.

При розміщенні земляного полотна на косогорах крутизною $1:10 \div 1:5$ з нагірної сторони насипу на відстані не менше 2 м передбачають нагірну (водо-відвідну) канаву або резерв з нагірною канавою. При крутизні косогора $1:5 \div 1:3$ з нагірної сторони насипу передбачають кювет трикутного перерізу з нагірною канавою і банкетом, а під тілом насипу влаштовують уступи висотою не менше 0,5 м, довжиною не менше 2 м з похилом 10–20‰. З нагірної сторони виймок на відстані не менше 5 м від брівки передбачають нагірну канаву з банкетом.

При $H_{\text{нас}} > 1,5$ м при необтікаємій формі поперечного профілю і при $H_{\text{нас}} > 2$ м при обтікаємій формі між укосом насипу і резервом передбачають берму шириною не менше 2 м з похилом від дороги не менше 20‰. В виймках берми передбачають між кюветом і підшоною зовнішнього укосу при $H_{\text{в}} > 2$ м в пилюватих і глинистих ґрунтах.

Ґрунт із виймок, як правило, повинен використовуватись для зведення насипів. Якщо ґрунт із виймки непридатний для насипу або його недоцільно транспортувати вздовж дороги в розташовані поблизу насипи, ним уположують укоси земляного полотна насипів або зоповнюють розташовані поблизу понижені ділянки місцевості. При неможливості використання ґрунту для наведених цілей передбачають його укладання на обрізі дороги паралельно до брівки виймки на відстані не ближче 3 м в кавальєр висотою не більше 3 м, якому надають правильну геометричну форму.

Земляне полотно повинно проектуватись на основі матеріалів інженерно-геологічного обслідування ґрунтів, на яких воно буде зводитись, і ґрунтів, із яких воно буде споруджуватись. Насипи по можливості слід зводити із однорідних ґрунтів. При проектуванні насипів із неоднорідних ґрунтів необхідно дотримуватись відповідних правил розташування їх в тілі насипу, що забезпечувало би стійкість земляного полотна:

верхній шар земляного полотна («робочий шар»), на який передається тиск від проїзжаючих транспортних засобів, до глибини 1,2 м від поверхні цементобетонних і 1 м асфальтобетонних покриттів в дорожньо-кліматичній зоні У-I і відповідно на 1 і 0,8 м в зоні У-II повинен складатись із ґрунтів, не схильних до задимлення або слабо здимлених ґрунтів. В зонах У-III та У-IV він повинен відсипатись із непросідаючих і ненабухаючих ґрунтів на глибину 1 і 0,8 м відповідно для цементобетонних і асфальтобетонних покриттів;

різномірні ґрунти слід розміщувати в тілі насипу горизонтальними шарами. Менш водопроникливі ґрунти розміщують в нижніх шарах, добре дренуючі – в верхніх. Винятком є випадки, коли дренуючий ґрунт призначений для переривання капілярного підняття води в насип із перезволоженої основи;

поверхням шарів водонепроникливих ґрунтів необхідно надавати двохскатний поперечний профіль з похилом 20–40‰, що сприяє стоку із насипу води, що просочилась; із шарів водопроникливих ґрунтів повинен бути забезпечений вивід води на укоси;

ґрунти і промислові відходи, схильні до зміни об'єму або такі, що втрачають стійкість при зволоженні, слід розміщувати в середній за висотою частині

насипів, перемежуючи їх окремими тонкими прошарками піску або геотекстиля. Насипи у вигляді замкнутого ядра із одного ґрунта, прикритого зверху і з боків іншим ґрунтом, допускаються тільки при розширенні земляного полотна при реконструкції доріг. Не дозволяється розширення водо непроникливим ґрунтом насипів, улаштованих із дренажного ґрунта;

забороняється безсистемне, випадкове відсипання різних за якостями ґрунтів. За такого відсипання в тілі насипу можуть утворитись лінзи, в яких може накопичуватись вода або похилі поверхні, по яких при зволоженні можливе сповзання.

На всіх поперечних профілях подвійною лінією показують укріплення укосів і узбіччя земляного полотна. Тип укріплення приймають із урахуванням висоти насипу і глибини виїмки, природних та інших місцевих умов.

Площу укріплення укосів земляного полотна підраховують ділянками насипів і виїмок за довжиною дороги у відповідності із прийнятими типами укріплення. Найбільше розповсюдження має укріплення механізованим посівом багаторічних трав, яке оберігає земляне полотно від руйнівної дії дощових і талих вод, вітру й температурного впливу. Укріплення залізобетонними і бетонними плитами передбачають для захисту укосів насипів відрозмивів при висеркиш швидкостях течії води й хвильвихдях на ділянках підходів до мостів через ріки, а також на ділянках, які проходять вздовж великих водосховищ. Укріплення кам'яними матеріалами (кам'яний накид) передбачається повсюду незалежно від кліматичних умов для захисту постійно і періодично підтоплених укосів насипів.

Конструкцію укріплення земляного полотна для складних ділянок вибирають на основі техніко-економічного порівняння варіантів у відповідності з конкретними умовами.

На узбіччях доріг I–IV категорій вздовж крайок проїзної частини передбачають влаштування крайових укріплювальних смуг шляхом відповідного розширення покриття. Ширину укріплювальних смуг приймають для доріг I і II категорій 0,75 м, III і IV категорій 0,5 м. На дорогах V категорії з автобусним рухом ширину укріплених узбічч необхідно приймати по 0,75 м. Тип укріплення остальної частини узбіччя залежить від інтенсивності, характеру руху, ґрунтів земляного полотна й особливостей клімату.

При проектуванні поперечні профілі земляного полотна створюють як типові для даної дороги. В кресленик включають типові поперечні профілі з внесенням в них необхідних змін з урахуванням місцевих умов, тобто прив'язують типові поперечні профілі до конкретних ділянок проекрованої дороги.

Прив'язка типових поперечних профілів включає в себе їх підбір по типовому проекту у відповідності:

з ділянками поздовжнього профілю (висоти насипу чи глибини виїмки і розташування земляних мас, які показують на потребу в резервах для насипів);

з ділянками плану траси (поперечного похилу місцевості і ситуації, яка дозволяє або не дозволяє передбачати обтікаємі форми поперечного профіля, бокові резерви для улаштування насипів);

з гідрогеологічними умовами (з кюветами, нагірними канавами, водо не-

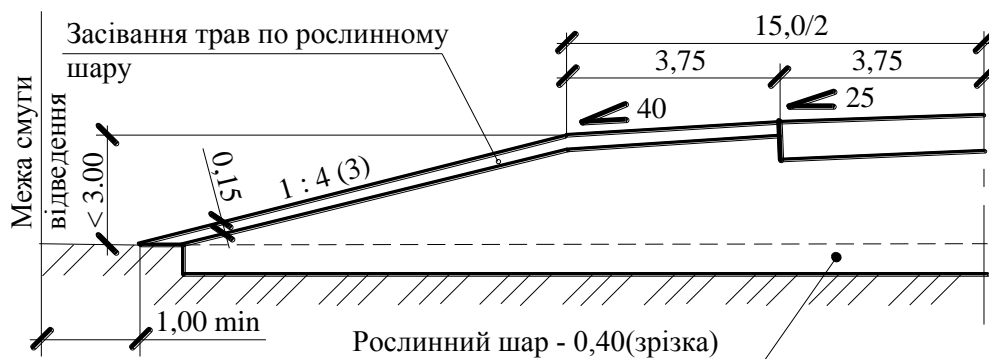
проникаючими прошарками або без них);

з типом ґрунту земляного полотна (із однорідних чи неоднорідних ґрунтів);

з необхідним типом укріплення укосів і узбіччя.

Прив'язані типові поперечні профілі креслять в масштабі 1:100 показуючи: номери типів конструкцій земляного полотна по типовому проекту; основних розмірів земляного полотна; поперечних похилів проїзної частини, узбіччя, дна резервів і берм; кюветів, резервів, нагірних каналів. Контур поперечних профілів креслять основною суцільною лінією. Пунктирною лінією показують шар рослинний шар ґрунту, який знімається, і верх виїмки. Ліворуч і праворуч показують межу постійної смуги відведення. Зразок кресленика наведено на рис. 6.1.

а)



б)

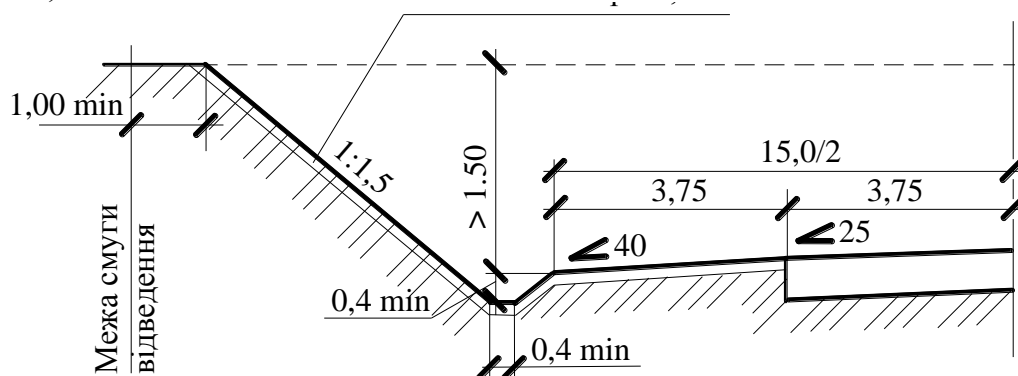


Рисунок 6.1 – Поперечні профілі конструкції земляного полотна:

а) – насип; б) – виїмка

Розміри бокових резервів і водовідвідних каналів визначають розрахунком.

6.2 Визначення розмірів резервів

Резерви передбачають в тих випадках, коли вони не порушують загального планування місцевості і ґрунт із резервів використовується для зведення насипу.

Якщо насип зводять на косогорі при косогірності менше 1 : 10, резерви можна передбачати по обидві сторони насипу, при косогірності 1 : 10 ÷ 1 : 5 – тільки з верхової сторони.

Глибину резерва приймають не більше 1,5 м. Дну надають похил 20 ‰ від дороги (рис. 6.2, а). при ширині дна резерву більше 10 м призначають двосхил кювет – резерв (рис. 6.2, б).

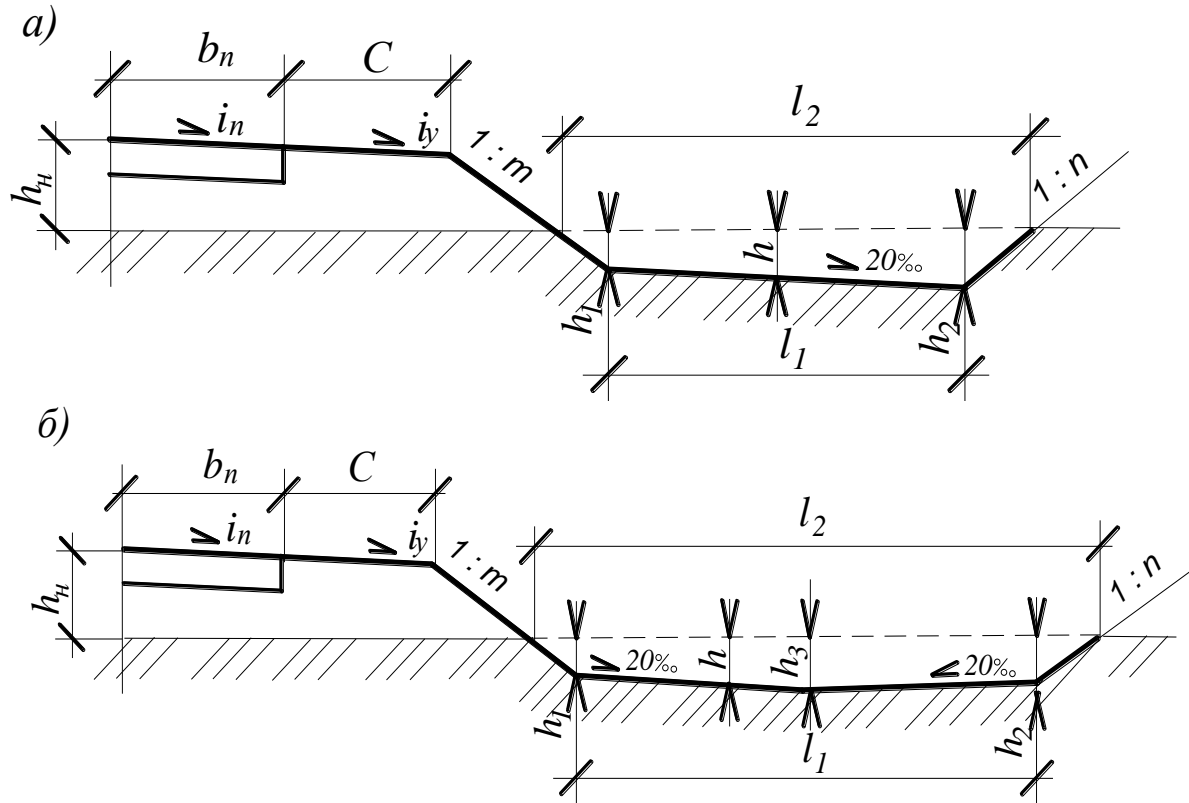


Рисунок 6.2 – Схема резерва:

а) – односхилого; б) – двохсхилого

Крутизну внутрішнього укосу резерву приймають рівною крутизни укосу насипу. Якщо передбачається берма, крутизна внутрішнього укосу резерву може бути 1 : 1,5.

Крутизна зовнішнього укосу приймається 1 : 4 ÷ 1 : 6. У важких умовах при необтікаємій формі поперечного профілю крутизна зовнішнього укосу приймається 1 : 1,5.

Ширина резерву визначається із необхідної умови рівності площі перерізу резерву і середнього значення площі насипу для ділянки земляного полотна, що розглядається.

Середнє значення площі насипу визначають за його середньою висотою з урахуванням поправки на улаштування дорожнього одягу, крайових смуг, укріплення узбіччя і похилу проїзної частини та узбіччя

$$h_{\tilde{n}\delta.\delta} = \frac{\sum h_i}{n} - (b_i i_i + \tilde{N} i_o), \quad (6.1)$$

де $h_{\tilde{n}\delta.\delta}$ – середня робоча відмітка, за якою визначається середнє значення площі насипу;

$\sum h_i$ – сума робочих відміток на ділянці насипу, що розглядається;

n – кількість робочих відміток;

b_i – ширина смуги руху;

i – поперечний похил смуги руху;

C – ширина узбіччя;

ϕ – похил узбіччя;

$$F_{\tilde{n}\delta} = B h_{\tilde{n}\delta.\delta} + m h_{\tilde{n}\delta.\delta}^2 - (b + 2\tilde{N}') h_{\tilde{a}.\hat{i}} - 2\tilde{N}''' h_{\phi}, \quad (6.2)$$

де $F_{\tilde{n}\delta}$ – середнє значення площі насипу;

B – ширина земляного полотна;

m – коефіцієнт закладення укосів;

b – ширина проїзної частини;

\tilde{N}' – ширина кураєвої смуги;

$h_{\tilde{a}.\hat{i}}$ – товщина дорожнього одягу;

\tilde{N}''' – ширина узбіччя за краювою смугою;

h_{ϕ} – товщина укріплення узбіччя.

Площа резерву

$$\omega = l_1 h + \frac{h^2}{2}(m + n), \quad (6.3)$$

де l_1 – ширина резерву понизу;

h – середня глибина резерву;

m і n – відповідно коефіцієнт закладення внутрішнього і зовнішнього укосів (див. рис. 6.2).

При двохсторонніх резервах площа перерізу одного резерву повинна дорівнювати площі перерізу земляного полотна:

$$\omega = \frac{F_{\tilde{n}\delta}}{2} \quad \text{або} \quad l_1 h + \frac{h^2}{2}(m + n) = \frac{F_{\tilde{n}\delta}}{2},$$

Звідки

$$l_1 = \frac{F_{\tilde{n}\delta}}{2h} - \frac{h}{2}(m + n). \quad (6.4)$$

Для одностороннього резерву ширина понизу

$$l_1 = \frac{F_{\tilde{n}\delta}}{h} - \frac{h}{2}(m + n). \quad (6.5)$$

Глибина резерву біля підшови внутрішнього укосу:

для односкілого (див. рис. 6.2, а)

$$h_1 = h - \frac{l_1}{2} i = h - 0,01 l_1; \quad (6.6)$$

для двосхилого (див. рис. 6.2, б)

$$h_1 = h - \frac{l_1}{4} i = h - 0,005 l_1. \quad (6.7)$$

Глибина резерву біля підосви зовнішнього укоса:
для односхилого

$$h_2 = h + \frac{l_1}{2} i = h + 0,01 l_1; \quad (6.8)$$

для двосхилого при незначному похилі поверхні землі $h_2 = h_1$.

Глибина двосхилого резерву посередині

$$h_3 = h + \frac{l_1}{4} i = h + 0,005 l_1. \quad (6.9)$$

Ширина резерву поверху

$$l_2 = l_1 + m h_1 + n h_2. \quad (6.10)$$

6.3 Визначення площі земель, що підлягають рекультивації

Рекультивація полягає у відновленні земель, які були порушені в процесі будівництва дороги. Основними видами робіт з рекультивації є: зняття і зберігання родючого шару; вертикальне планування земель; осушування земель; нанесення родючого шару; заходи щодо запобігання водної та вітрової ерозії та інше.

Для визначення площі земель, що підлягають рекультивації, необхідно мати поперечні профілі смуги відведення під будівництво дороги і графік займаних земель.

На поперечних профілях смуги відведення виділяють смугу постійного відведення земель під дорогу і притрасову смугу тимчасового відведення.

Смуга постійного відведення під дорогу включає площі під насипи, виїмки, водовідвідні споруди і запобіжні смуги шириною 1 м з кожної сторони дороги.

Притрасова смуга тимчасового відведення включає площі бокових резервів, площі під тимчасові відвали родючого ґрунту і тимчасові дороги. Ширину смуги тимчасового відведення вздовж земляного полотна, яка необхідна для складування і зберігання рослинного ґрунту, роїзду і маневрування землерийної техніки, приймають рівною 10–12 м (без урахування ширини бокових резервів).

Усі землі смуги тимчасового відведення підлягають рекультивації. об'єм робіт з рекультивації резервів підраховують і заносять у відповідну відомість.

Після закінчення будівельних робіт площі, які були зайняті тимчасово, повинні бути сплановані, рослинний ґрунт із тимчасових відвалів рівномірно розподілений по відновлюваній площі. При необхідності вносять органічні і мінеральні добрива, виконується орання і боронування ґрунту з посівом трав чи насадження садженців.

На графіку земель, які займають, показують схему смуги відведення земель вздовж траси і схему відведення позатрасових земель. На схемі відведення позатрасових земель показують землі, постійно зайняті снігозахисними смугами лінійними будівлями та іншими постійними спорудами, і тимчасово зайняті кар'єрами ґрунтів і будівельних матеріалів, тимчасовими будівлями і спорудами. На графіку виділяють землі постійного і тимчасового відведення з розподілом земель смуги відведення на ділянки і показом відстаней від осі дороги до границі смуги відведення.

Відстані від осі дороги до межі постійної смуги відведення під дорогу визначають у відповідності з нормами відведення земель для автомобільних доріг [17].

На вільному місці поміщають таблицю займаних земель, в якій наводять підраховані за даними графіка займаних земель площі постійного і тимчасового відведення за видами земельних угідь.

6.4 Обчислення об'ємів земляних робіт

Об'єми земляних робіт визначають за робочими відмітками поздовжнього профілю для окремих ділянок або для доріг у цілому. Необхідність в підрахунках об'ємів земляних робіт викликана варіантним проектуванням поздовжнього профілю дороги, складанням проекту організації робіт для спорудження земляного полотна, а також кошторисною вартістю будівництва.

Для визначення об'єму земляних робіт на ділянці поздовжнього профілю розглядають геометричну фігуру – призматойд (рис. 6.3).

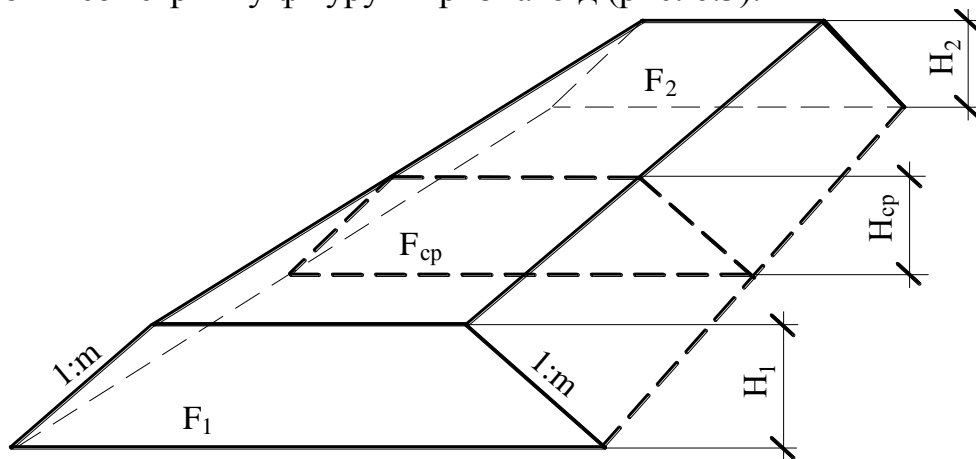


Рисунок 6.3 – Схема для визначення об'єму земляного полотна

Об'єм земляного полотна визначають ділянками між суміжними поперечниками за формулами [18]:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L - \frac{m(H_1 - H_2)^3}{6} L; \quad (6.11)$$

$$V = F_{\tilde{n}\delta} L + \frac{m(H_1 - H_2)^3}{12} L, \quad (6.12)$$

де F_1 і F_2 – площі перерізів суміжних поперечних профілів (трапецій) земляного полотна;

L – відстань між поперечниками;

m – коефіцієнт закладення укосів земляного полотна;

H_1 і H_2 – висота суміжних поперечників (трапецій);

F_{cp} – середня порща поперечного перерізу земляного полотна, яка відповідає середній висоті трапеції

$$H_{\tilde{n}\delta} = \frac{H_1 + H_2}{2}. \quad (6.13)$$

У формулах (6.11) і (6.12) вирази

$$\frac{m(H_1 - H_2)^3}{6} L \quad (6.14)$$

$$\text{і } \frac{m(H_1 - H_2)^3}{12} L \quad (6.15)$$

являються поправками на різницю робочих відміток. Значення їх малі, тому при $H_1 - H_2 \leq 1,0$ їх не враховують, і об'єм земляних робіт визначають за спрощеними формулами:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L \quad (6.16)$$

$$\text{або } V = F_{\tilde{n}\delta} L. \quad (6.17)$$

В зв'язку з тим, що згідно з ДСТУ Б А.2.4-29:2008 [6] проектною лінією є вісь дороги, висоти трапецій H_1 і H_2 у формулах (6.11 – 6.15) визначають з урахуванням поправки Δ , яка визначається за формулою

$$\Delta = (b_i i_i + \tilde{N} i_o). \quad (6.18)$$

Поправку Δ приймають зі знаком – (мінус) для насипу і знаком + (плюс) для виїмки. Значення змінних b_n, i_n, C, i_y такі, як у формулі (6.1).

Для полегшення і прискорення підрахунку об'ємів земляних робіт за формулою (6.17) Н. О. Мітіним складені таблиці [18], які використовують при поперечному похилі місцевості менше 100%. Для визначення об'єма земляних робіт за таблицями необхідно знати суму робочих відміток суміжних поперечників з урахуванням поправки Δ , ширину земляного полотна проекрованої дороги, коефіцієнти закладання укосів земляного полотна, відстань між поперечниками, глибину та ширину кювета виїмки.

При поперечному похилі місцевості більше 100% об'єм земляних робіт розраховують за формулою [6.16]. Для цього креслять поперечні профілі, площі яких визначають будь-яким відомим способом.

Отримані за таблицями чи формулами об'єми насипів і виїмок складають профільний об'єм земляних робіт.

До профільних об'ємів земляних робіт необхідно вводити поправки на різницю суміжних робочих віміток і на улаштування проїзної частини.

Поправка на різницю робочих відміток, яка враховується при $H_1 - H_2 > 1,0$ м, визначається за таблицями Н. О. Мітіна (табл. 17) або за формулами (6.14) чи (6.15) і додається до об'єму насипів і виїмок.

Поправка на улаштування проїзної частини враховує будівництво дорожнього одягу, крайових смуг, укріплення узбіччя (рис. 6.4) і визначається за формулою

$$\Delta V = [S_1 - (S_2 + S_3 + S_4)]L, \quad (6.19)$$

де S_1 – площа стічної призми (випуклїсть, яка створюється за рахунок земляного полотна), яка визначається за формулою

$$S_1 = C^2 i_{\phi} + \left(\tilde{N} i_{\phi} + \frac{b i_{\gamma}}{2} \right); \quad (6.20)$$

S_2 – площа перерізу дорожнього одягу на ширині проїзної частини;

$$S_2 = b h_{\ddot{a}.i}; \quad (6.21)$$

S_3 – площа перерізу крайових смуг;

$$S_3 = 2 \tilde{N}' h_{\hat{e}.n}; \quad (2.22)$$

S_4 – площа перерізу укріплення узбіччя;

$$S_4 = 2 \tilde{N}''' h_{\phi}; \quad (6.23)$$

b – ширина проїзної частини;

$h_{\hat{e}.n}$ – товщина крайових смуг (як правило $h_{\hat{e}.n} = h_{\ddot{a}.i}$).

Усе інше, як у формулі (6.2).

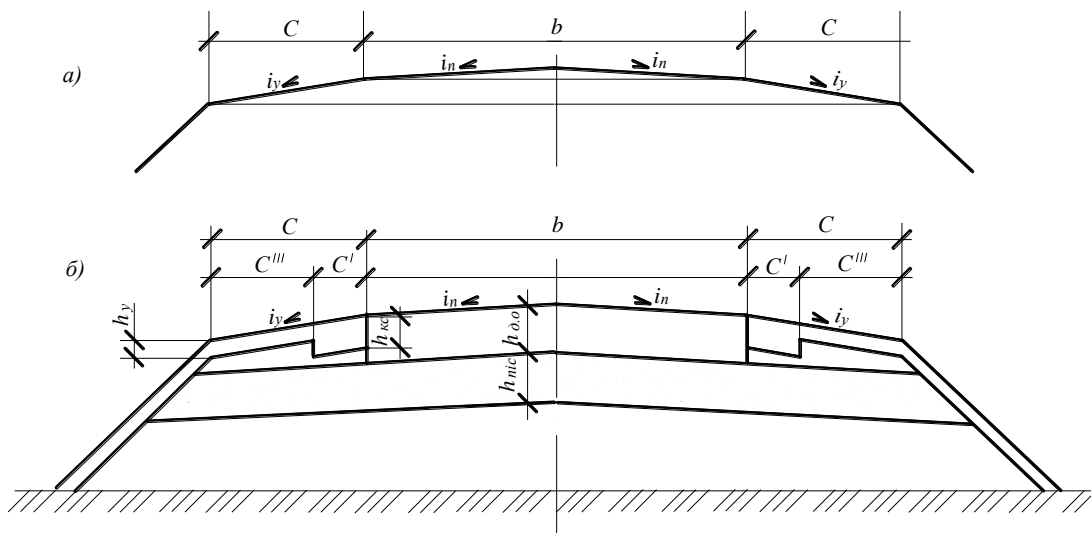


Рисунок 6.4 – Схеми для визначення поправок на улаштування проїзної частини: а – стічної призми; б – дорожнього одягу і укріплення узбіч

Якщо $S_1 > (S_2 + S_3 + S_4)$, поправка на улаштування проїзної частини додається до об'єму насипів і віднімається з об'єму виїмок, якщо $S_1 < (S_2 + S_3 + S_4)$ – віднімається з об'єму насипів і додається до об'єму виїмок.

Якщо в конструкції дорожнього одягу передбачений додатковий піщаний шар основи або шар із ґрунту підвищеної щільності, їх об'єм враховують в профільному об'ємі земляного полотна. В цьому випадку при визначенні площі

перерізу дорожнього одягу S_2 його товщину приймають без товщини цих шарів.

Якщо укріплення узбіччя за крайовою смугою (\tilde{N}''') передбачається рослинним ґрунтом з засіванням травою, поправку S_4 не враховують.

В об'ємі земляних робіт, крім профільного об'єму, необхідно враховувати додаткові об'єми по зніманню рослинного ґрунту, торфу чи пучинного ґрунту з заміною звичайним ґрунтом, а також об'єм переущільнення ґрунту в насипу відносно природного залягання його в резервах.

При підрахунку об'ємів розриви земляного полотна, утворені мостами довжиною менше 4 м, і отвори в земляному полотні, утворені трубами, не враховують, вважаючи їх як би заповненими ґрунтом. Розриви, утворені мостами довжиною більше 4 м, із об'єму земляних робіт виключаються, для чого необхідно визначити методом інтерполяції робочі відмітки в точках початку і кінця моста (ПМ і КМ).

Підрахунок об'ємів земляних робіт при проектуванні земляного полотна виконують в відомостях по пікетного і по кілометрового об'ємів земляних робіт.

Запитання для контролю та самоконтролю знань

1. В яких випадках приймаються типові конструкції земляного полотна?
2. В яких випадках призначаються індивідуальні рішення щодо конструкції поперечного профілю?
3. Яка крутизна укосів призначається в залежності від висоти насипу чи глибини виїмки?
4. Конструкції земляного полотна на косогорах.
5. Основні правила проектування земляного полотна.
6. Призначення і основні правила проектування резервів.
7. Призначення рекультивації земель.
8. Основні формули для підрахунку об'ємів земляного полотна.
9. Поправки, що враховуються при підрахунку об'ємів земляного полотна.
10. Які дані необхідні для визначення об'єма земляних робіт за таблицями?

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВОДОВІДВОДУ

7.1 Система водовідводу

Стійкість і міцність земляного полотна і дорожнього одягу істотно залежать від наявності споруд, які забезпечують відвід поверхневих і ґрунтових вод від дороги. Такі споруди складають систему дорожнього водовідводу. В неї входять:

поверхневий водовідвід для відведення води атмосферних опадів – канави (бокові, водовідвідні, нагірні), резерви, лотки, випарювальні басейни;

підземний водовідвід для відведення ґрунтових вод – дренаж, капілярореривючі прошарки;

водовідвід дорожнього одягу – дренуючі шари, трубчатий дренаж.

7.2 Вихідні дані для проектування водовідвідних споруд

Для того, щоб виявити на ділянці дороги, що проектується, де і які водовідвідні споруди необхідні, потрібно мати план траси в горизонталях, поздовжній профіль і прийняті типи поперечних профілів.

На плані траси намічають водовідвідні споруди і визначають їх водозбірні басейни і похил ложка (рис. 7.1 – 7.4).

У відповідності з прийнятими типами поперечних профілів і поздовжнім профілем виявляють, де можуть бути використані для відведення води резерви біля насипів, де розміщуються виїмки, які вимагають улаштування нагірних канав. При цьому необхідно знати геологічні умови, в яких будуть знаходитись водовідвідні споруди (види ґрунтів на площі водозбірного басейну і відповідні допустимі швидкості течії потоку для них). Необхідно також знати гідрологічні умови (глибину залягання ґрунтових вод і напрямок їх течії, розташування водоносних шарів і глибину залягання водоупорів).

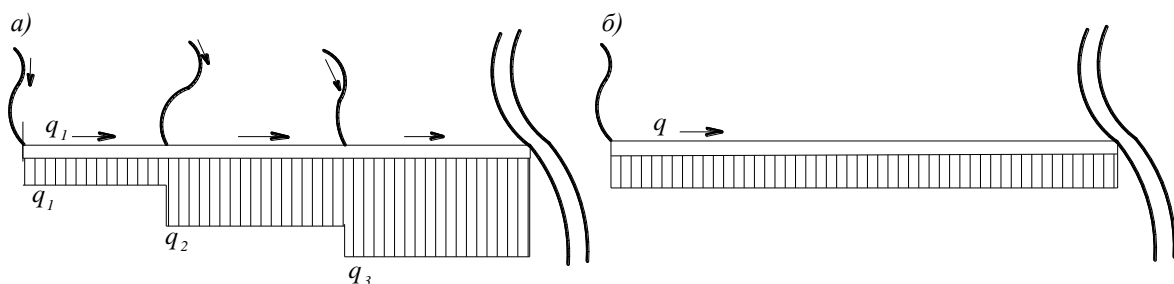


Рисунок 7.1 – Схеми притоку води до канави:

а – русла примикають до канави в кількох місцях; б – русло примикає на початку канави

Геологічні і гідрологічні дані наводяться в завданні на проектування дороги за результатами інженерно-геологічних обслідувань траси.

Для проектування системи водовідведення вихідною величиною є розрахункові витрати води. Поперечні розміри споруд для поверхневого водовідведення визначаються за розрахунковими витратами заданої нормами імовірності

перевищення паводка (табл. 7.1), які можна визначити за формулою повного стоку

$$Q = 87,5 a_{\text{злив}} F \alpha, \quad (7.1)$$

де $a_{\text{злив}}$ – інтенсивність зливи тривалістю в одну годину (див. табл. 3.2);

F – площа водозбору, км²;

α – коефіцієнт стоку (див. табл. 3.4).

Таблиця 7.1 – Імовірність перевищення розрахункових витрат

Категорія дороги	Імовірність перевищення розрахункових витрат, %, для	
	кюветів, нагірних каналів, водоскидів	Інших водовідвідних (поздовжніх і поперечних) каналів
I	2	3
II – III	3	6
IV – V	5	10

Якщо вода в каналу поступає тільки на її початку, витрати на усій довжині каналу будуть постійними (див. рис. 7.1, б), а якщо з кількох басейнів (див. рис. 7.1, а), то її розраховують окремими ділянками по відповідних сумарних витратах, які поступають з окремих басейнів.

Якщо відстань водовідводу велика, а басейн, що прилягає до водовідводу, значно міняється, витрати води визначають для характерних ділянок. При цьому для кожної ділянки каналу визначають витрати по площі басейну, що відповідає відстані каналу від її початку до кінця даної ділянки (див. рис. 7.2).

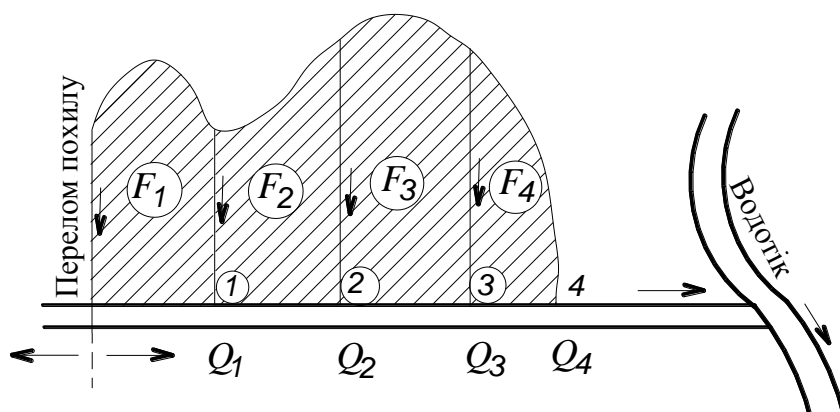


Рисунок 7.2 – Водозбірна площа каналу

Розрахункові витрати води для дренажу

$$Q = ql, \quad (7.2)$$

де q – довжина дрени на 1 м довжини доени;

l – довжина ділянки дренажа, що розраховується.

Притік води на 1 м довжини дренажу

$$q = \hat{E} h i_{\hat{a}}, \quad (7.3)$$

де K – коефіцієнт фільтрації, який визначається випробуванням зразків ґрунту;

h – глибина води в шарі;

i_a – похил водоносного шару (середній похил кривої депресії).

Розрахунки за формулами (7.1 – 7.3) рекомендується вести в табличній формі.

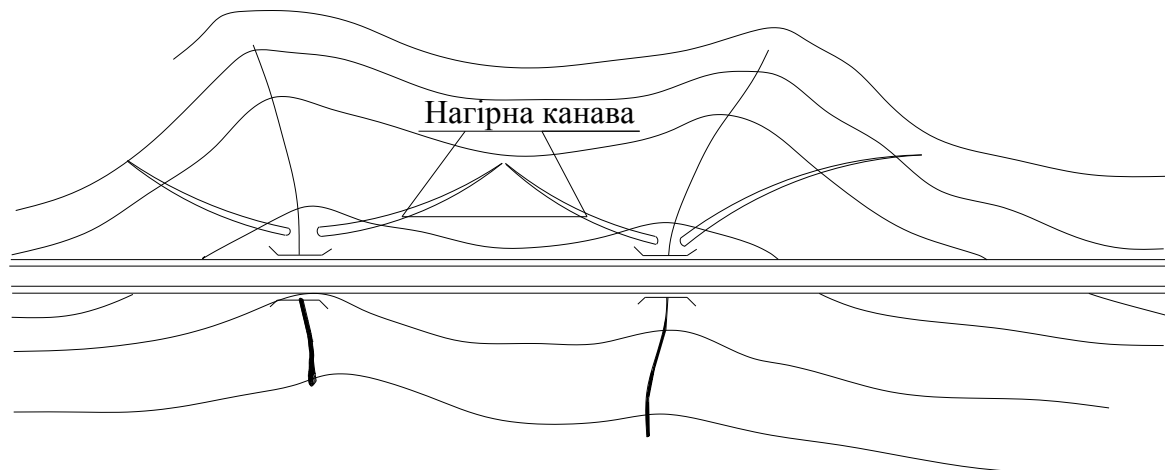


Рисунок 7.3 – Перехоплення води з косогору нагірними канавами

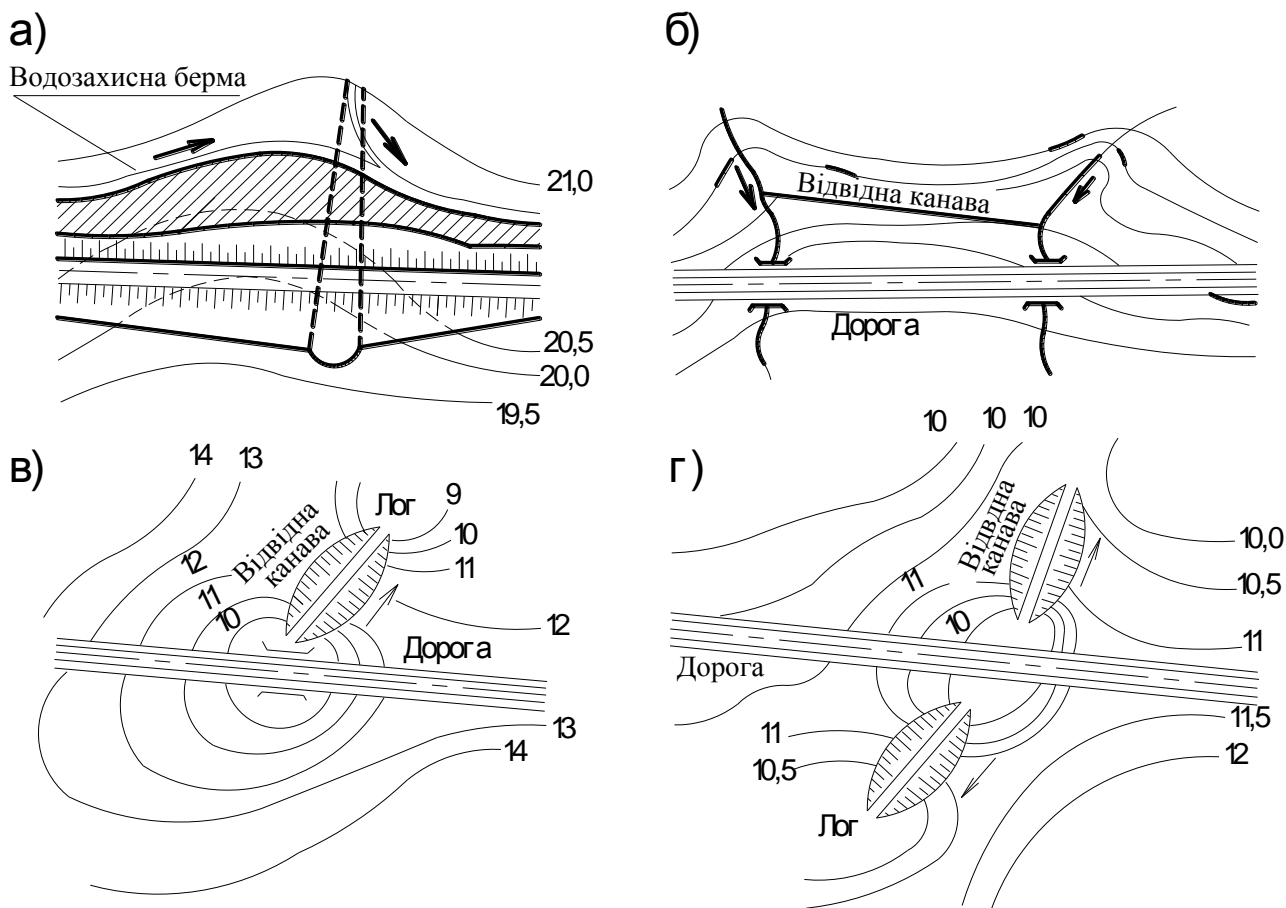


Рисунок 7.4 – Водовідвідні канали:

а – збір водовідвідною канавою води із дрібних ложків; б – відвід води із дрібного ложка; в, г – відвід води із безстічної впадини

7.2 Проектування системи споруд поверхневого водовідводу

Проектування споруд поверхневого водовідводу включає: призначення виду споруди водовідводу; визначення поздовжнього похилу; визначення розмірів поперечного розрізу; визначення швидкості течії води в споруді; призначення типу укріплення водовідвідних споруд.

7.2.1 Призначення виду споруди водовідводу

Поверхневу воду відводять від дороги в понижені місця рельєфу місцевості або до водопропускних споруд поздовжніми чи поперечними водовідвідними канавами, нагірними канавами, резервами, лотками.

Поздовжні водовідвідні канали передбачаються: з нагірної сторони насипів без резервів; з обох сторін дороги при поперечному похилі місцевості менше 20‰ і висоті насипу менше 1,5 м, а також на болотах. Відстань між подошвою укусу насипу і внутрішньою брівкою каналу для ділянок земляного полотна, розташованих на сухих і мокрих місцях, призначають за умови, що між брівкою каналу і крайкою проїзної частини повинно бути не менше 7 м при насипах із супісків і не менше 3 м – із суглинків і глин.

Для ділянок, розташованих на сухих місцях, при $I_{\text{дн}} < 0,8$ м допускається влаштовувати водовідвідні канали трикутної форми без бERM.

Поперечні водовідвідні канали передбачаються: для відведення води із безстічних впадин; для скидання води в бік із поздовжніх водовідвідних каналів на затяжних спусках або з понижених місць на вододілах; для відведення води до поглинаючих колодязів і випарювальних басейнів; для підведення чи відведення води біля заглиблених труб.

Нагірні канали передбачаються: вздовж виїмок, розташованих на косогорі; вздовж насипів без резервів, розташованих на косогорі та мають значні площі водозбірних басейнів. Відстань від брівки нагірної каналу до брівки каналу повинно бути не менше 5 м, до подошви насипу не менше 2 м.

При значному похилі місцевості і можливості більшого притоку води влаштовують дві або більше нагірні канали.

Кювети влаштовують з обох сторін земляного полотна в виїмках і насипах висотою до 1 м.

Кювети можна не влаштовувати в дренаючих ґрунтах в районах з засушливим кліматом. При значних похилах дна каналів і кюветів їм надають ступінчастий поздовжній похил, влаштовуючи перепади (рис. 7.5). без гідравлічних розрахунків орієнтовно можна приймати: одноступінчасті перепади без гасіїв енергії при поздовжньому похилі, який забезпечить отримання висоти уступу $h \leq 0,5$ м; багатоступінчасті перепади без гасіїв енергії при поздовжньому похилі 50 – 60‰; багатоступінчасті перепади з гасіями енергії колодязного типу при поздовжньому похилі більше 60‰ і витратах більше $1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Похил дна ступені перепаду, що не вимагає укріплення, за звичаєм приймають рівним 20‰. Відстань між уступами

$$l = h / (i_1 - i_2), \quad (7.4)$$

де i_1 – похил місцевості;
 i_2 – похил ступені.

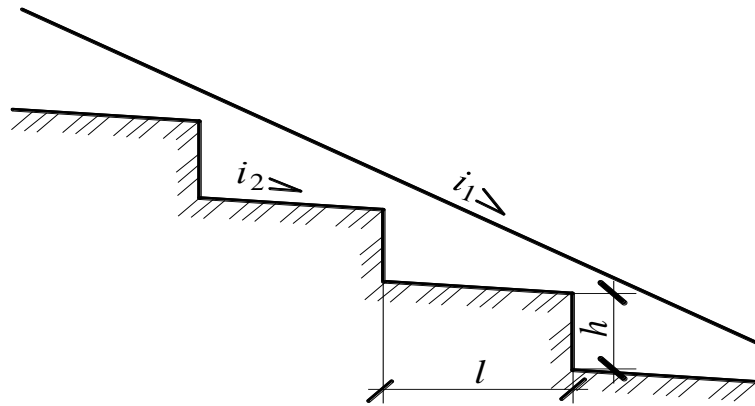


Рисунок 7.5 – Схема перепаду

Кількість перепадів на довжині ділянки L

$$n = L/l. \quad (7.5)$$

На окремих ділянках каналів і кюветів, де поздовжні похили у відповідності з похилом місцевості приймаються більше критичного, необхідне улаштування бистротоків (рис. 7.6). Резерви служать для відведення води з нагірної сторони насипів при косогірності до 1 : 5.

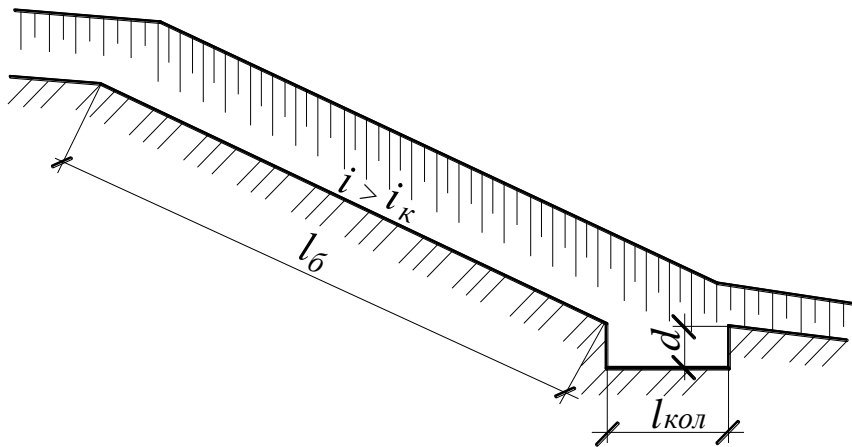


Рисунок 7.6 – Схема бистроток

Лотки влаштовують вздовж крайки дорожнього одягу на дорогах I – III категорій на насипах висотою більше 4 м при зтяжному поздовжньому похилі більше 30‰. Через 50 – 100 м необхідно передбачати скид води із лотків у водоприймальні колодязі або лотки на укосах насипів.

Поглинаючі колодязі випарювальні басейни влаштовують в рівнинній місцевості для відведення води із замкнутих понижень рельєфу місцевості. Якщо на глибині 3 – 5 залягає водопроникний ґрунт, передбачають водопоглинаючі колодязі. В південних степних районах вода скидається в випарювальні басейни.

Випуск води із кювета і лотків повинен виконуватись в нагірні канали або в понижені місця рельєфу, якщо це не викликає заболочення і застою води біля земляного полотна. Випуск води із каналів, резервів і кюветів на схили лугів до-

пускається при відсутності загрози розвитку яруг. Випуск водив кювети виїмок із нагірних каналів і резервів, як правило, не допускається. На випуску канали розкриваються з уположенням укосів.

Повороти каналів в плані повинні виконуватись плавними кривими радіусу не менше 10 м, а на ділянках підходів до мостів, труб, перепадів або бистротоків – не менше 20 м (рис. 7.7).

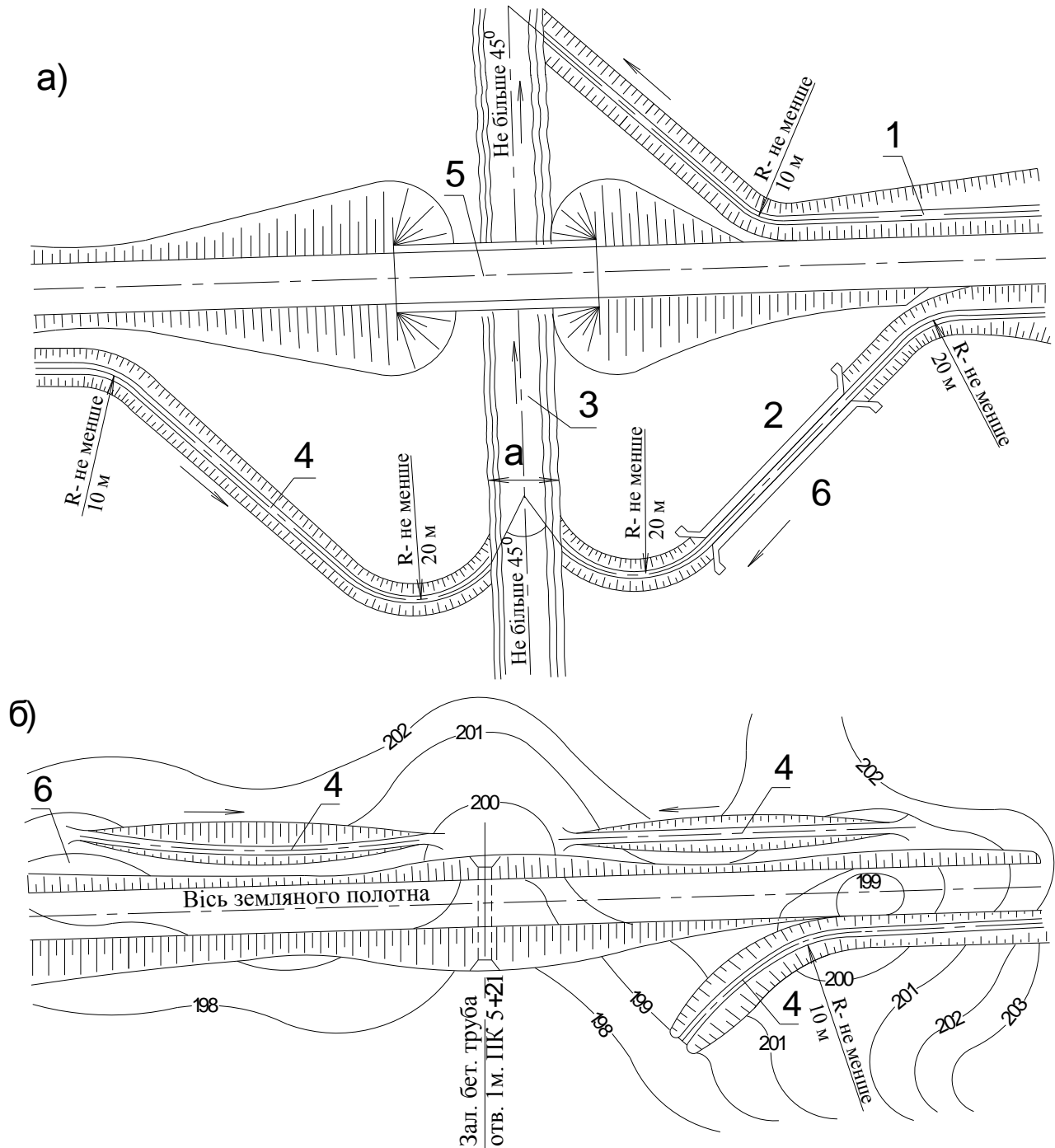


Рисунок 7.7 – Розташування водовідвідних споруд в плані:

а – відвід води із кюветів і каналів у водотоки; б – перепуск води із дрібної лощини до штучної споруди; 1 – кювет; 2 – перепади або бистротоки; 3 – водотік; 4 водовідвідна канава; 5 – міст; 6 – планування берми з похилом до канави

Якщо канава примикає до існуючого водотоку, кут між напрямком канави і напрямком течії водотоку не повинен перевищувати 45° .

7.2.2 Визначення поздовжнього похилу споруд водотоку

Похил водовідвідних і нагірних канал визначається по плану в горизонталях після призначення виду водовідвідних споруд і нанесення їх осей на плані (див. рис. 7.3 і 7.4). кожна наступна ділянка канави повинна мати рівний або більший поздовжній похил, ніж попередній: $i_2 \geq i_1$. Якщо $i_2 < i_1$, то щоб не було замулення і переливання води із канави, перелом поздовжнього профілю канави повинен зміщуватись вниз за течією на довжину

$$l = (h_2 - h_1) / i_1. \quad (7.6)$$

Якщо витрати і розміри канави завдані, поздовжній похил дна канави визначається за формулою

$$i = Q^2 / \omega^2 W^2, \quad (7.7)$$

де Q – витрати, $\text{м}^3/\text{с}$; W – швидкісна характеристика, $\text{м}/\text{с}$; ω – площа живого перерізу канави, м^2 .

Похил кюветів і лотків насипів приймається рівним поздовжньому похилу тих ділянок земляного полотна, де вони розташовані.

У всіх випадках поздовжній похил дна канал повинен бути не менше 5‰ (у виключних випадках 3‰).

При проектуванні слід старатись призначати поздовжні похили канал, які б не викликали необхідність в укріпленні їх дна і укосів.

7.2.3 Визначення розмірів поперечного перерізу водовідвідних споруд

Розміри поперечного перерізу водовідвідної споруди повинні відповідати розрахунковим витратам, які може пропустити споруда, і поздовжньому похилу дна.

В поперечному перерізі водовідвідні споруди приймаються, як правило, трапецевидної форми (рис. 7.8), яка при відповідних значеннях b і m може перетворитись у трикутну чи прямокутну.

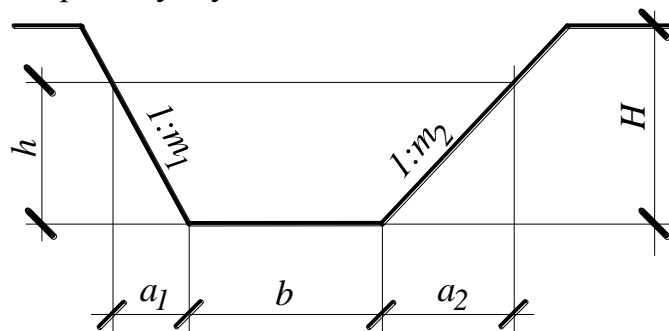


Рисунок 7.8 – Поперечний переріз канави

Ширина каналу по дну (b) приймається рівною 0,6 м для нагірних і водовідвідних каналів і 0,4 м для кюветів. Брівка каналу повинна бути не менше ніж на 0,2 м вище рівня поверхні води в каналі, тобто глибина каналу

$$H = h + 0. \quad (7.8)$$

Глибина потоку визначається у відповідності з розрахунковими витратами, поздовжнім похилом дна (i), станом поверхні дна і стінок русла (коефіцієнт шорсткості n) методом підбору.

Задаються глибиною h , для якої розраховують:
площу живого перерізу (m^2)

$$\omega = \left(b + \frac{m_1 + m_2}{2} h \right) h; \quad (7.9)$$

змочений периметр (м)

$$\chi = b + h \left(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2} \right); \quad (7.10)$$

гідравлічний радіус (м)

$$R = \omega / \chi. \quad (7.11)$$

За відомими гідравлічним радіусом R та коефіцієнтом шорсткості n (табл. 7.1) визначають швидкісну характеристику W (див. табл. 3.11), середню швидкість (м/с)

$$v = W \sqrt{i} \quad (7.12)$$

та витрати води (m^3/c)

$$Q = v \omega. \quad (7.13)$$

Таблиця 7.2 – Коефіцієнти шорсткості штучних русел

Укріплення	Величина n	Укріплення	Величина n
Засівання травою або одернування	0,025	Бетонні плити	0,017
Брукування	0,020	Неукріплені канали	0,030

Отримані витрати порівнюють з розрахунковими і, якщо різниця більше 5 % від розрахункових витрат, приймають нове значення глибини потоку, і розрахунок повторяють. Підбір глибини закінчується, коли різниця між отриманими витратами і розрахунковими будуть менше 5 %.

При використанні резервів як нагірних каналів повинні виконуватись гідравлічні розрахунки їх перерізів.

При проектуванні необхідно наближатись до мінімальних розмірів споруд, тобто до мінімальних об'ємів земляних робіт. Розміри, що приймаються, або отримані за розрахунками повинні бути не менше мінімально допустимих: ширина по дну після укріплення – не менше 0,5 м для нагірних і водовідвідних ка-

нав і не менше 0,4 м для кюветів; глибина – не менше 0,6 м для нагірних і водовідвідних каналів і не менше 0,3 м для кюветів; крутизна укосів повинна відповідати прийнятим типам поперечних профілів земляного полотна і бути не крутіше 1 : 1,5.

7.2.4 Визначення швидкості течії води у водовідвідних спорудах

Швидкість течії потоку залежить від витрат, поздовжнього похилу дна, розмірів поперечного перерізу, стану поверхні дна і укосів.

При відомих витратах і розмірах живого перерізу потоку

$$v = Q / \omega, \quad (7.14)$$

де Q – розрахункові витрати $\text{м}^3/\text{с}$;

ω – площа живого перерізу потоку, м^2 .

При відомому похилі і розмірах живого перерізу потоку швидкість визначається за формулою (7.12).

Розрахункове значення швидкості потоку повинно відповідати виду ґрунту русла. Для різних видів установлені допустимі (нерозмиваючі) середні швидкості течії $v_{\text{доп}}$ (табл. 7.3).

Якщо розрахункова швидкість потоку буде більше допустимої, приймають тип укріплення русла водотоку, допустима швидкість для якої відповідає розрахунковій швидкості v (табл. 7.4).

Наведені в таблицях допустимі швидкості інтерполювати не рекомендується. Для проміжних глибин допустимі швидкості приймаються за найближчим табличним значенням глибини.

7.2.5 Призначення типу укріплення водовідвідних споруд

Щоб потік води не розмивав русло, при швидкостях течії в каналах і кюветах, що перевищують допустимі швидкості для ґрунту, передбачають його укріплення. Призначення типу укріплення залежить від швидкості протікання води, наявності місцевих матеріалів, кліматичних умов (див. табл. 7.4).

В районах з помірним і вологим кліматом при ґрунтах, пригідних для проростання трав, при швидкості води до 1 м/с приймають укріплення засіванням трав.

В сприятливих ґрунтових і кліматичних умовах при швидкості води до 3,5 м/с при економічній доцільності приймають укріплення бетонними плитами, а при агресивних потоках води – укріпленні ґрунтом, укріпленням бітумом, або асфальтобетонними плитами.

Якщо розміри каналів або кюветів призначають не за гідравлічними розрахунками, тип укріплення вибирають в залежності від величини поздовжнього похилу, ґрунтуючись на досвіді багаторічної практики: при поздовжньому похилі до 10‰ в піщаних ґрунтах і до 20‰ в суглинках – без укріплення; при похилі до 30‰ – одернування; від 30 до 50‰ – перепади і лотки.

7.3 Проектування дренажу

Дренаж влаштовують у випадках недостатнього перевищення поверхні дорожнього одягу над розрахунковим рівнем ґрунтових вод або над поверхнею землі на ділянках з незабезпеченим стоком (див. табл. А.9), а також у випадках, коли ґрунтові води можуть порушити міцність і стійкість земляного полотна.

Таблиця 7.3 – Допустимі (нерозмиваючі) швидкості для зв'язних ґрунтів

Ґрунт	Різновидність ґрунтів	Донна нерозумиваюча швидкість $v_{\text{доп}}$, м/с	Середні нерозмиваючі швидкості v , м/с, при плоскому рівномірному русі води і глибині русел			
			0,2 – 0,5	1	2	3 і більше
Супісок	Мало щільний	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35
	Середньо щільний	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50
	Щільний	0,40	0,40	0,50	0,55	0,60
	Сильно щільний	0,50	0,50	0,60	0,70	0,80
Глина і сунлінрк	Мало щільний	0,35	0,35	0,40	0,45	0,50
	Середньо щільний	0,7	0,70	0,85	0,95	1,1
	Щільний	1,00	0,00	1,20	1,40	1,50
	Сильно щільний	0,40	0,55	1,70	0,90	2,100
Лес	Мало щільний	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50
	Середньо щільний	0,60	0,60	0,70	0,80	0,85
	Щільний	0,8	0,80	1,00	1,20	1,30
	Сильно щільний	1,10	1,10	1,30	1,50	1,70

Таблиця 7.4 – Допустимі швидкості течії води для укріплень

Тип укріплення	Розмір каміння, см	Допустимі швидкості течії, м/с, при середній глибині потоку, м			
		0,4	1,0	2,0	3,0
Обдерновування пліском	—	0,9	1,1	1,3	1,4
Обдерновування в стінку	—	1,5	1,8	2,0	2,2
Кам'яний накид із буличника з галькою	7,5	2,0	2,4	2,8	3,1
Ґрунти, укріплені бітумом	—	2,3	2,7	3,0	3,3
Одиночне брукування на щебені	15	2,5	3,0	3,5	4,0
Те ж саме	20	3,0	3,5	4,0	4,5
»	25	3,5	4,0	4,5	5,0
Одиночне брукування з підбором лиця і грубим приколом на щебені	20	3,5	4,5	5,0	5,5
Те ж саме	25	4,0	4,5	5,5	5,5
»	30	4,5	5,0	6,0	6,0
Двійне брукування із рваного каміння на щебені	15 – 20	3,5	4,5	5,0	5,5
Бутова кладка із вапняка	—	3,0	3,5	4,0	4,5
Бетон иарки 150	—	6,0	7,0	8,0	9,0
Бутова кладка із каміння міцних порід	—	6,5	8,0	10,0	12,0
Бетонні лотки	—	12,0	14	16,0	18,0

Найбільш розповсюдженими дренажними пристроями земляного полотна є капіляронерериваючі прошарки (поглинаючі, дренуючі і ізолюючі) і поздовжній закритий трубчастий дренаж.

Дерн або рослинний ґрунт під капіляронерериваючими прошарками необхідно видалити, поверхню спланувати і старанно ущільнити. При влаштуванні поглинаючих прошарків поверхні повинен надаватись поздовжній похил не менше 3‰.

Поздовжній закритий трубчастий дренаж може бути досконалим і недосконалим типів. Досконалий дренаж служить для перехоплення ґрунтових вод в основі земляного полотна при заляганні водоупору на глибині до 3 м від брівки земляного полотна. При заляганні водоупору на глибині більше 3 м від брівки земляного полотна передбачають дренаж недосконалим типу для пониження рівня ґрунтових вод під земляним полотном. Трубчасті дрени представляють собою перфоровані труби діаметром 0,1 – 0,3 м або трубофільтри, які не вимагають фільтруючої засипки.

Найменший похил дренажа повинен бути в піщаних ґрунтах 3‰, в глинистих ґрунтах 2‰. Найбільший похил повинен відповідати максимально допустимій швидкості 1 м/с.

Дренаж можна розташовувати під укосом насипу, біля підшви насипу або в кюветі. У виїмці дренаж можна розташовувати в кюветі, на бермі або укосі.

В проектуванні дренажу входять гідрологічні розрахунки з визначення притоку води в дренаж і визначенню глибини його залягання. Трубчастий дренаж розраховується за формулами рівномірного руху води.

Дренажними пристроями дорожнього одягу є дренуючі шари, які влаштовуються із піску, гравію, шлаку та інших фільтруючих місцевих матеріалів. Дренуючі шари передбачаються: у виїмках і невисоких насипах при неглибокому заляганні ґрунтових вод; при тривалому підтопленні земляного полотна поверхневими водами; на ділянках з затяжними поздовжніми похилами і угнутими кривими поздовжнього профілю; при великій кількості опадів.

Дренуючі шари влаштовують на всю ширину земляного полотна. На дорогах I – III категорій дренуючий шар може бути влаштований на ширину проїзної частини і укріплювальних смуг, а для відведення води із дренуючого шару вздовж укріплювальної смуги укладають поздовжні дрени, із яких вода скидається поперечними доенами. Відстань між ними визначається розрахунком (але не менше ніж через 50 м).

На ділянках з затяжними похилами для перехоплення і відведення води із дренуючого шару передбачають перпендикулярно проїзній частині дрени або валики із крупнопористих матеріалів.

Запитання для контролю та самоконтролю знань

1. Призначення системи водовідводу.
2. Розташування водовідвідних споруд.
3. Напишіть формулу повного стоку.
4. Напишіть формулу розрахункових витрат води для дренажа.

5. Що включає в себе проектування споруд поверхневого водовідводу?
6. В яких випадках допускається не влаштовувати кювети?
7. Розташування водовідвідних споруд в плані.
8. Мінімально допустимі розміри каналів.
9. Як визначається швидкість течії води у водовідвідних спорудах?
10. Типи укріплення водовідвідних споруд.
11. Призначення дренажу.
12. Види дренажу.
13. Найменший похил дренажу.
14. Місця влаштування дренажу.

8 ПРОЕКТУВАННЯ РОЗВ'ЯЗОК ДОРІГ

8.1 Загальні відомості про розв'язки доріг

8.1.1 Класифікація розв'язок доріг

Значний ріст інтенсивності руху на автомобільних дорогах призводить до відповідного збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП), значна доля яких трапляється в місцях перехрещення транспортних потоків в одному рівні.

Місця перехрещень, примикань та розгалужень автомобільних доріг, тобто ділянки доріг, на яких можливий перехід автомобілів з одного напрямку на інший, називають розв'язками доріг [3].

В практиці проектування використовують наступні основні типи перехрещень автомобільних доріг:

- перехрещення в одному рівні;
- перехрещення в одному рівні, але без перехрещення потоків, з рухом по колу;
- перехрещення в різних рівнях.

Вибір типу розв'язки залежить від ряду факторів. Основними із них є сумарна перспективна інтенсивність руху автомобілів і склад транспортних потоків в усіх напрямках.

Вибір класу і схеми розв'язок доріг та обґрунтування технічних рішень слід виконувати на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням їх пропускної здатності, безпеки і зручності руху, дорожньо-транспортних витрат на їх будівництво і утримання, архітектурно-естетичних вимог, вимог охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання сільськогосподарських угідь.

Залежно від категорії доріг, що перетинаються, розв'язки поділяють на класи згідно з таблицею 8.1 (табл. 9.1 [3]).

В даному навчальному посібнику розглядаються питання проектування розв'язок доріг в різних рівнях.

В практиці дорожнього будівництва використовується велика кількість видів розв'язок доріг, які умовно можна розділити на три групи:

- розв'язки, які мають в основі елементи типу „Лист конюшини”;
- розв'язки, які мають в основі елементи кільця;
- розв'язки з паралельним розташуванням право- і лівоповоротних з'їздів.

8.1.2 Розв'язки доріг, що мають в основі елементи типу „Лист конюшини”

Розв'язка типу „Лист конюшини” являється найбільш поширеним типом перехрещення автомобільних доріг в різних рівнях (рисунок 1.1). Її використовують при перехрещенні доріг високих категорій.

Таблиця 8.1 – Класифікація розв’язок доріг

Клас розв’язки	Категорія доріг, що перетинаються, або примикають	Типи розв’язок	Облаштування розв’язки перехідно-швидкісними смугами (ПШС)
I	I-a – I-a	У різних рівнях	3 ПШС на всіх дорогах
	I-a – I-б		
	I-a – II		
	I-a – III		
	I-б – II		
	I-б – III		
	II – II		
	II – III (при сумарній інтенсивності понад 11000 прив/авто/добу)		
II	I-a – IV I-a – V	У різних рівнях	Без ПШС на дорогах нижчої категорії
III	III – III	В одному рівні	3 ПШС на всіх дорогах та каналізуванням лівоповоротних напрямків
IV	I-a – IV I-a – V	В одному рівні з відігнаними лівими поворотами	Без ПШС на дорогах нижчої категорії
V	II – IV II – V III – IV III – V	В одному рівні	Без ПШС на дорогах нижчої категорії та каналізуванням лівоповоротних напрямків на дорозі вищої категорії
VI	IV – IV IV – V V – V		Без ПШС на всіх дорогах

При перехрещенні типу „Лист конюшини” в центрі влаштовують шляхопровід, а дороги, що перехрещуються, поєднують між собою з’їздами: лівоповоротними і правоповоротними. Поворот вліво виконується шляхом повороту вправо на $270^0 (\pm 10^0)$ по так званій лівоповоротній петлі.

Усі з’їзди дорожньої розв’язки типу „Лист конюшини” вливаються в проїзні частини доріг, що перехрещуються, з правого боку, що відповідає основному принципу проектування автомобільних магістралей, згідно з яким усі відгалуження і примикання доріг повинні влаштовуватись з правого боку.

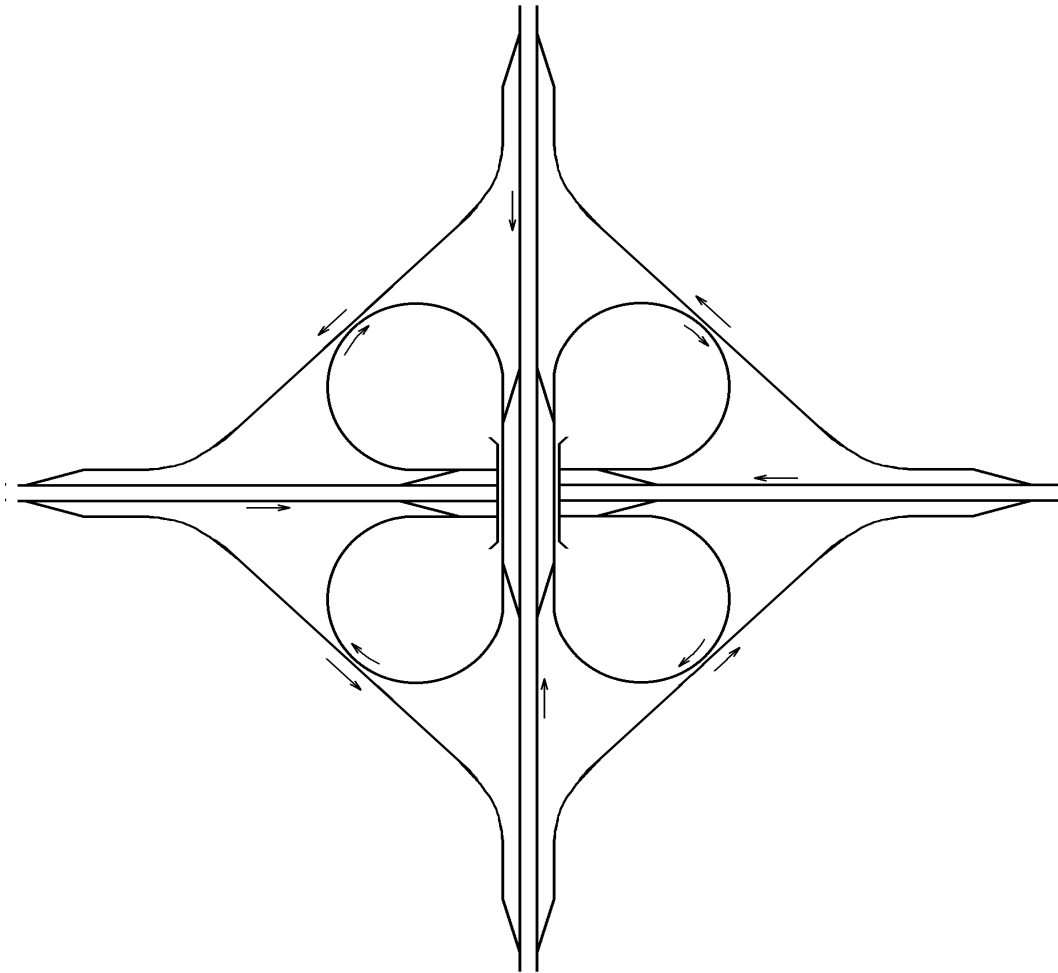


Рисунок 8.1 - Дорожня розв'язка типу „Лист конюшини”

Перевага „Листа конюшини” порівняно з іншими типами розв'язок доріг полягає в можливості проектування правоповоротних з'їздів з використанням кривих більшого радіусу при невеликих поздовжніх похилах, що дозволяє допускати на цих з'їздах високі швидкості руху, а також наявність одного шляхопроводу.

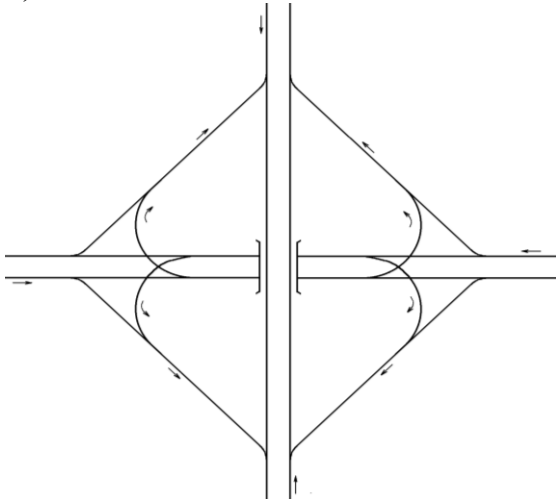
Недоліки розв'язки типу „Лист конюшини” полягають в наявності значних перепробігів на лівоповоротних з'їздах; розв'язка займає велику площу землі; присутні чотири місця перехрещення транспортних потоків на лівоповоротних з'їздах, що призводить до деякого зниження пропускної здатності цих з'їздів і збільшенню кількості дорожньо-транспортних пригод.

Під шляхопроводом, як правило, проходить дорога більш високої категорії.

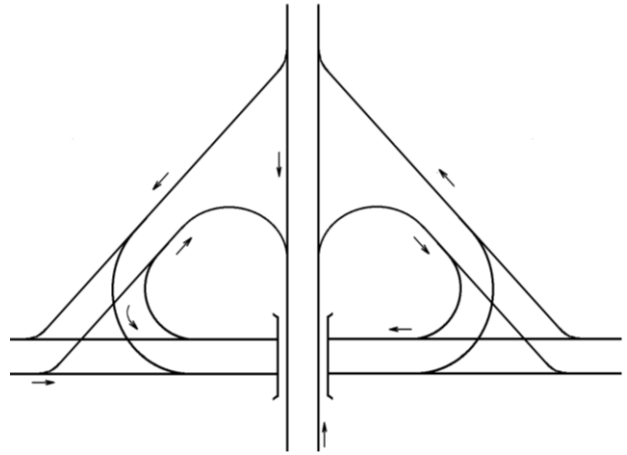
Крім повної розв'язки доріг типу „Лист конюшини” зустрічаються три різновидності розв'язок типу „Неповний лист конюшини”:

- 1) з чотирма односмуговими з'їздами (рисунок 8.2, а);
- 2) з двома двосмуговими з'їздами, розташованими в сусідніх чвертях (рисунок 8.2, б, в);
- 3) з двома з'їздами, розташованими в суміжних чвертях (рисунок 1.2, г).

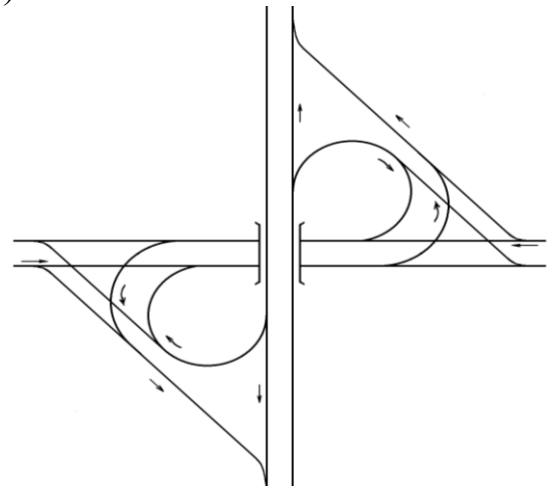
а)



б)



г)



в)

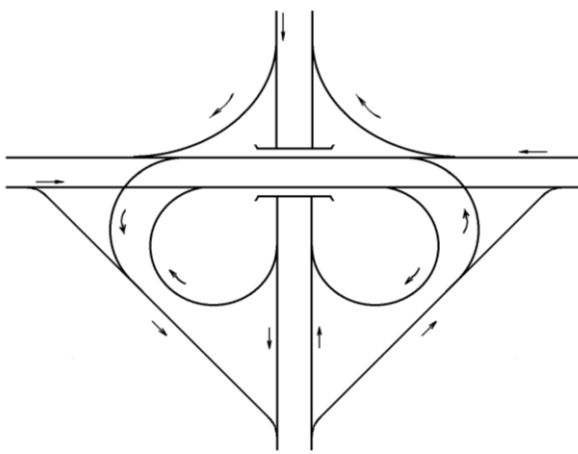


Рисунок 8.2 – Схеми розв'язок доріг за типом „Неповний лист Конюшини

„Неповний лист конюшини” звичайно використовують при перехрещенні доріг високих категорій з дорогами більш низьких категорій, інтенсивність руху на яких невелика і улаштування самотійних з'їздів економічно недоцільне. Та чи інша різновидність „Неповного листа конюшини” використовується в залежності від рельєфу місцевості та ситуації.

Точки перехрещення потоків в одному рівні, які мають місце на розв'язках типу „Неповний лист конюшини”, допускаються на дорогах нижчих категорій. Такі розв'язки можна рекомендувати тільки при невеликій інтенсивності руху з майбутнім перевлаштуванням їх в розв'язку типу „Лист конюшини”.

Примикання типу труби (рисунок 8.3, а) і листовидний тип примикання (рисунок 8.3, б) бувають на основі використання елементів „Листа конюшини”. Кожний потік руху, що повертає, тут має свій власний з'їзд.

В залежності від конкретних умов місцевості лівоповоротні з'їзди на примиканні по типу труби можуть бути розташовані зліва чи справа від шляхопроводу. Листовидний тип примикання, в порівнянні з примиканням за типом труби, займає дещо більшу площу і містить ділянки перехрещення лівоповоротних з'їздів.

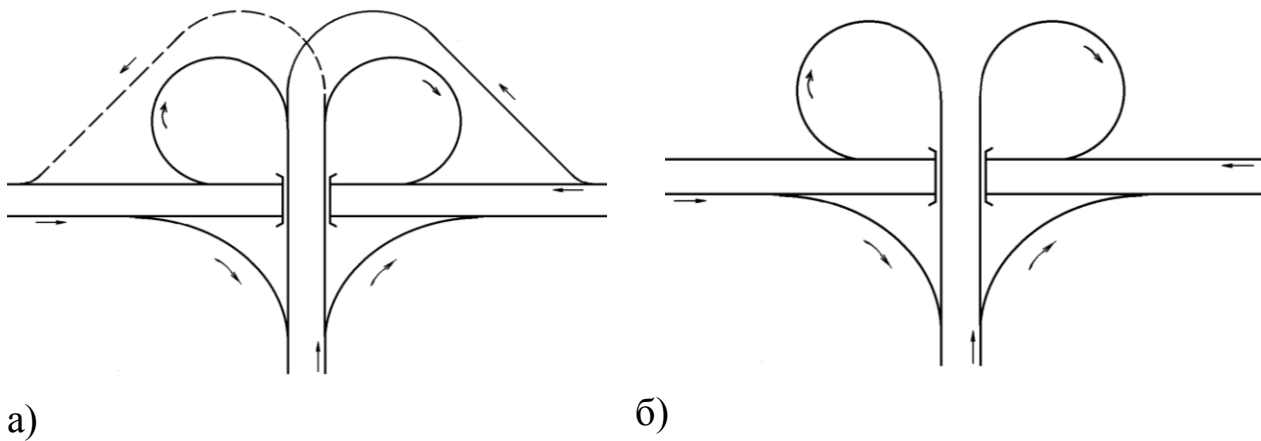


Рисунок 8.3 – Схеми примикань:
а) за типом труби;
б) листовидний тип

8.1.3 Розв'язки доріг, що мають в основі елементи кільця

До таких розв'язок належать такі, що мають: розподільче кільце з п'ятьма (рисунок 8.4, а), а також з двома шляхопроводами (рисунок 8.4, б), розподільче кільце поліпшеного типу (рисунок 8.4, в), перехрещення турбінного типу (рисунок 8.4, г) та інші.

Головною особливістю більшості розв'язок кільцевого типу являється наявність на кільці ділянки для перерозподілу транспортних потоків, що повертають наліво і направо (cd). Ця ділянка повинна мати довжину, достатню для перерозподілу потоків автомобілів, що рухаються з розрахунковою швидкістю, а також двосмугову проїзну частину.

Розв'язка по типу розподільчого кільця з п'ятьма шляхопроводами улаштовується при перехрещенні рівнозначних доріг. Вона досить проста за конструкцією, на ній легко орієнтуватись водіям.

На розв'язках кільцевого типу потік з правоповоротним рухом знаходиться в менш благоприємних умовах, оскільки змішується з лівоповоротним потоком. Правоповоротний рух виконується шляхом повороту не тільки вправо, але й вліво, а наявність ділянки **cd** (див.рис.8.4, а, б, в) не дозволяє проектувати правоповоротні з'їзди за допомогою великих радіусів.

Розподільче кільце з двома шляхопроводами використовується при перехрещенні автомагістралі з другорядною дорогою. При цьому швидкісний потік автомагістралі проходить по прямій, а пересікаючий потік другорядної дороги – по кільцю (див.рис. 8.4, б).

Перевагами цієї розв'язки, в порівнянні з розв'язкою, що має кільце з п'ятьма шляхопроводами, є менша кількість шляхопроводів і більш низька вартість будівництва.

Кільцеві розв'язки з двома шляхопроводами мають ті ж недоліки, що і розв'язки з п'ятьма шляхопроводами. Крім того основний потік другорядної дороги буде проходити по кільцю, що дещо незручно для руху і призводить до більшого препробігу.

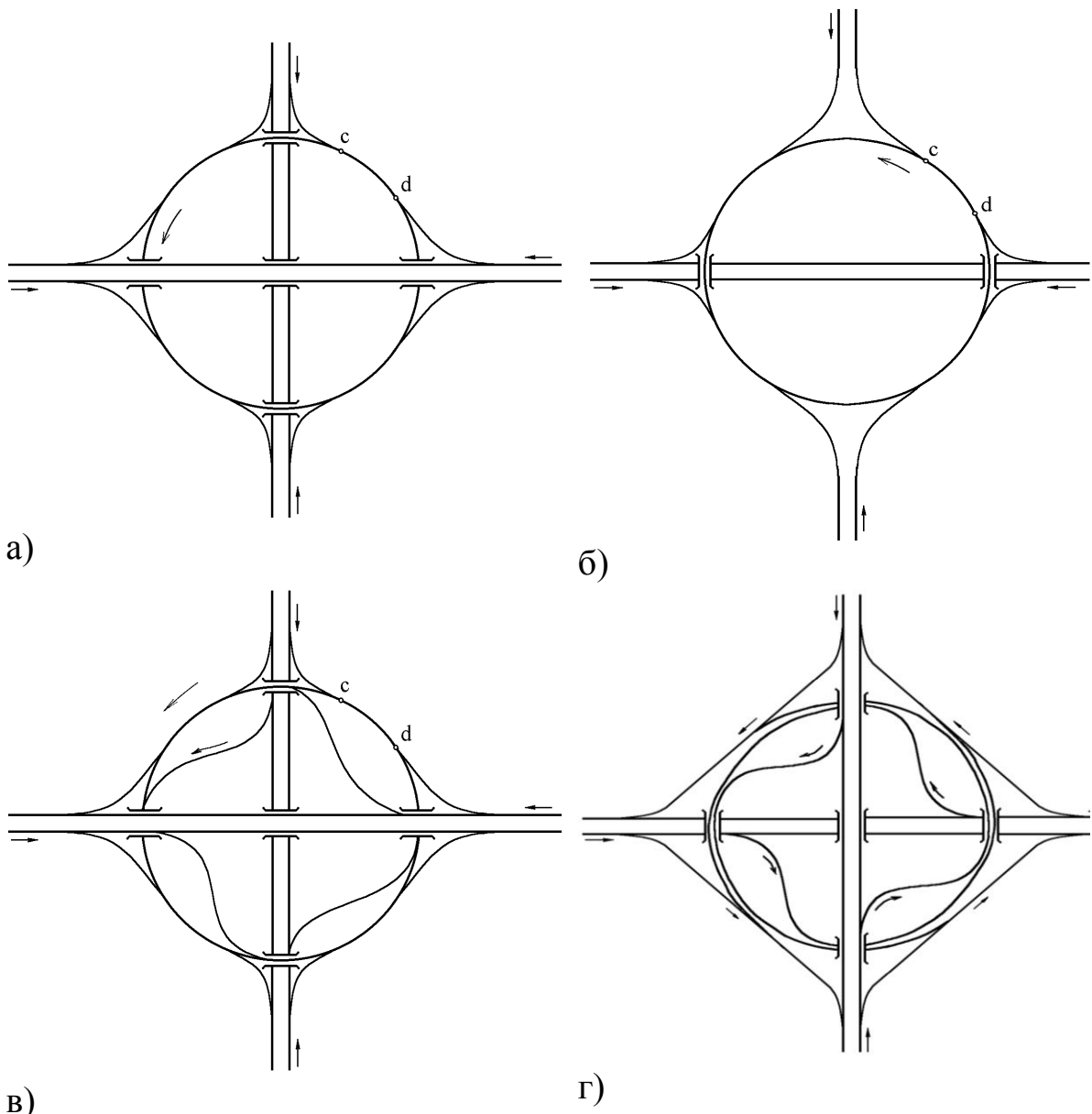


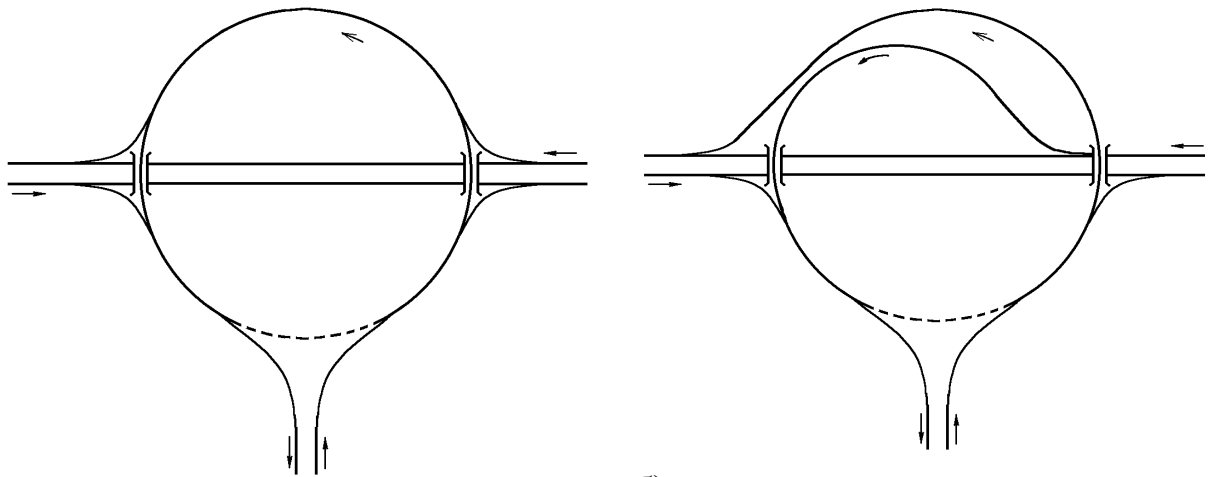
Рисунок 8.4 – Схеми перехрещень, що мають в основі елементи кільця

Деякі недоліки, які мають кільцеві розв'язки з п'ятьма і двома шляхопроводами усуваються на розв'язках розподільчого кільця покращеного і турбінного типів. Проте ці розв'язки мають свої недоліки (складна конфігурація, збільшена вартість будівництва, короткі зворотні криві, вливання лівоповоротних з'їздів з лівого боку та інше), що обмежує їх використання.

До розв'язок кільцевого типу належать кільцевий (рисунок 8.5, а) і грушоподібний (рисунок 8.5, б) типи примикання. Обидва ці примикання мають по два шляхопроводи.

На примиканні кільцевого типу усі з'їзди вливаються в кільце і проїзну частину автомагістралі з правої сторони. На кільці лівоповоротні потоки змішуються.

На грушовидному типі примикання кожний лівоповоротний потік має свій власний з'їзд, в результаті чого змішування лівоповоротних потоків між собою відсутнє.



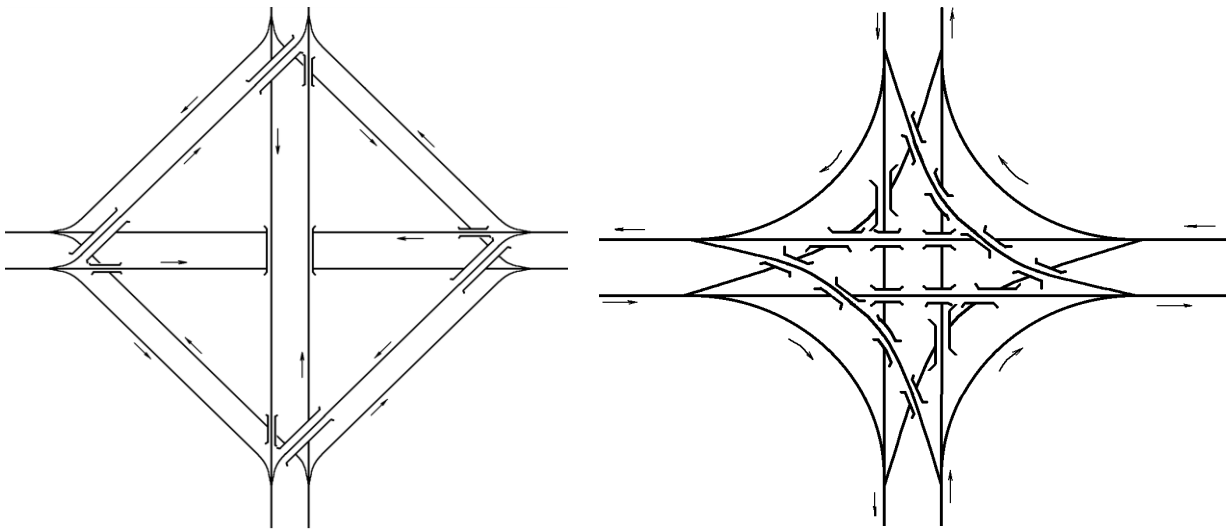
а)

б)

Рисунок 8.5 – Схеми примикань, що мають в основі елементи кільця

8.1.4 Розв'язки доріг з паралельним розташуванням право- і лівопо-воротних з'їздів

До таких розв'язок належать ромбовидний тип перехрещення (рис. 8.6, а), перехрещення по типу криволінійного чотирикутника (рис. 8.6, б), Т-видний тип примикання (рис. 8.7, а), примикання по типу трикутника (рис. 8.7 б) та інші.

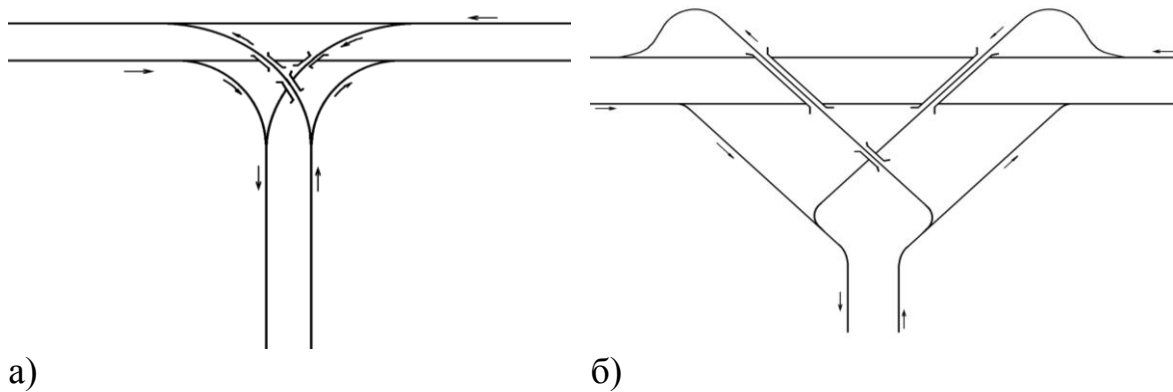


а)

б)

Рисунок 8.6 – Схеми перехрещень з паралельним розташуванням ліво- і правоповоротних з'їздів

На ромбовидному типі перехрещення потоки кожної автомагістралі проводяться в різних рівнях, в результаті чого лівоповоротні потоки одержують можливість звертати безпосередньо вліво. Розв'язка має дев'ять шляхопроводів. Кожний повертаючий потік руху має свій власний з'їзд, в наслідок чого тут відсутнє змішування потоків.



а) б)
Рисунок 8.7 – Схеми примикань з паралельним розташуванням ліво- і правоповоротних з'їздів

Перехрещення цього типу характеризується наступними недоліками: приєднання лівоповоротних з'їздів з лівої сторони; велика кількість (дев'ять) шляхопроводів, вісім із яких косі; значні витрати при будівництві.

Суть перехрещення по типу чотирьохкутника полягає в тому, що у всіх точках перехрещення потоків руху влаштовують шляхопроводи. Перехрещення має багато спільного з перехрещенням ромбовидного типу. Обидва напрямки кожної автомагістралі на розв'язці проводяться в різних рівнях, тому лівоповоротні потоки можуть звертати безпосередньо вліво. В зв'язку з наявністю шістнадцяти шляхопроводів вартість будівництва розв'язки досить висока.

Т-видний тип примикання за своєю конструкцією близький до перехрещення ромбовидного типу і криволінійного чотирьохкутника. У всіх точках перехрещення потоків руху тут також влаштовуються шляхопроводи. Для кожного потоку руху, що звертає, на розв'язці влаштовується свій власний з'їзд, в наслідок чого відсутнє змішування потоків. Розв'язка має три косих шляхопроводи. Примикання лівоповоротних з'їздів до проїзної частини автомагістралей виконується з лівої сторони.

На примиканні по типу трикутника кожний лівоповоротний з'їзд пересікає основну магістраль і розташовується паралельно відповідному правоповоротному з'їзду. В результаті транспортна розв'язка має три шляхопроводи, два із яких – косі (див. рис. 8.7, б). Кожний потік, що звертає, має свій власний з'їзд.

8.2 Вибір типу розв'язки доріг і основні норми проектування

8.2.1 Вибір типу перехрещення і примикання

У відповідності з ДБН В.2.3-4:2007 [3] розв'язки доріг слід проектувати на основі перспективної інтенсивності руху і складу транспортних потоків в усіх напрямках.

Вибір типу і схеми розв'язок доріг та обґрунтування технічних рішень виконують на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням їх пропускної спроможності, безпеки і зручності руху, дорожньо-транспортних витрат на їх будівництво і експлуатацію, архітектурно-естетичних вимог та

охорони навколишнього середовища, раціонального використання прилеглих земельних ділянок.

Місце перехрещення і примикання доріг слід, по можливості, вибрати на вільних площадках і на прямих ділянках доріг, що перехрещуються чи примикають. Пересікати існуючу дорогу бажано в місцях, де вона близька до горизонтальної і проходить в невисоких (до 1 – 1,5 м) насипах.

Перехрещення і примикання автомобільних доріг в різних рівнях, згідно з табл. 8.1, слід приймати на розв'язках I класу.

Розв'язки доріг слід проектувати з таким розрахунком, щоб на дорогах I і II категорій не було лівих поворотів, а також в'їздів і з'їздів з лівими поворотами, при яких основні потоки руху перехрещуються в одному рівні. При цьому повинен бути забезпечений безпечний і зручний рух автомобілів з розрахунковими швидкостями на основних напрямках і мінімальний час проїзду автомобілями вузла перехрестя.

На перехрестях з дорогами III категорії і нижче дозволяються схеми вузлів в різних рівнях, які допускають перехрестя основних напрямків руху на цих дорогах в одному рівні (неповні дорожні розв'язки). При цьому необхідно враховувати перспективний розвиток доріг і розв'язки з мінімальною перебудовою.

8.2.2 Основні норми проектування

При проектуванні розв'язок доріг необхідно керуватись вимогами розділу 9 ДБН В.2.3-4:2007 [3]. Основні із них зводяться до наступного.

Розв'язки доріг слід розташовувати на прямих ділянках доріг та на вільних від забудови територіях. Поздовжній похил доріг на підходах до розв'язок доріг на відстані видимості для зупинки автомобіля (див. табл. А.5) не повинен бути більше 40 %.

Дороги сільськогосподарського призначення і скотопрогони при перехрещенні з дорогами I-III категорій потрібно відводити до ближніх штучних споруд з відповідним облаштуванням.

У випадку, коли такі споруди відсутні на ділянках доріг понад 3 км, при необхідності потрібно передбачати їх влаштування. Габарити штучних споруд для доріг сільськогосподарського призначення і скотопрогонів при відсутності спеціальних вимог зацікавлених організацій потрібно приймати за таблицею 8.2.

Таблиця 8.2 – Габарити споруд для доріг сільськогосподарського призначення і скотопрогонів

Призначення споруди	Ширина, м	Висота, м
Для доріг сільськогосподарського призначення	6	4,5
Для скотопрогонів	4	2,5

Правоповоротні і лівоповоротні з'їзди на розв'язках у різних рівнях слід проектувати з врахуванням забезпечення розрахункових швидкостей, наведених у таблиці 8.3, причому при гострих кутах примикання чи перехрещення їх слід виконувати однією кривою без прямих вставок.

Влаштування з'їздів, складених із зворотних кривих, допускається у виняткових випадках.

Правоповоротні і лівоповоротні з'їзди сполучаються з дорогами, що перехрещуються або примикають, через перехідні криві.

Таблиця 8.3 – Розрахункові швидкості на з'їздах розв'язок

Клас розв'язки	Мінімальна розрахункова швидкість, км/год, при кількості автомобілів на з'їздах, %					
	правоповоротних			лівоповоротних		
	до 15	15-30	понад 30	до 15	15-30	понад 30
I	60	65	70	40	45	50
II	50	50	60	30	40	45

Примітка. Кількість автомобілів на з'їздах прийнята у відсотках від інтенсивності автомобілів, що в'їжджають в розв'язку з одного напрямку

Довжина перехідної кривої визначається в залежності від величини радіуса за таблицею А.6 (табл.5.9 [3]).

В стиснених умовах (забудова, наявність комунікацій, тощо), при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні допускається проектувати стиснені розв'язки типу „Лист конюшини” з радіусами лівоповоротних з'їздів 30 м.

Ширину проїзної частини односмугових з'їздів слід призначати 6,0 м, та укріплених смуг узбіч по 0,5 м без додаткового розширення на кривих.

При інтенсивності руху на з'їздах більшій, ніж розрахункова пропускна спроможність однієї смуги, слід проектувати двосмугові з'їзди з шириною проїзної частини не менше 7,5 м плюс додаткові розширення на криволінійних ділянках згідно з таблицею А.8 (табл.5.4 [3]).

Ширина узбіччя з внутрішнього боку заокруглень повинна бути не менше 1,5 м, з зовнішнього – 3,0 м. Узбіччя на всю ширину слід влаштовувати з щільних щебеневих або гравійних сумішей, а при відповідному обґрунтуванні з кам'яних матеріалів, що оброблені в'язучими, асфальтобетону або бетонних плит.

Ширина узбіччя на прямолінійних ділянках з'їздів з обох боків слід призначати по 2,5 м. Перехід від однієї ширини узбіччя до іншої на заокругленнях слід здійснювати в межах довжини перехідної кривої.

На всіх з'їздах в межах кривих в залежності від радіуса кривої та кліматичних умов влаштовують віраж з похилом 20-60 ‰. Величина додаткового позовжнього похилу зовнішньої крайки проїзної частини на ділянці відгону віражу не повинна перевищувати 10‰.

Поздовжні похили доріг на підходах до шляхопроводу і на з'їздах повинні бути не більше 40‰.

Найменші радіуси вертикальних кривих у позовжньому профілі слід призначати відповідно до розрахункових швидкостей за таблицею А.5 (табл. 5.6 [3]).

На дорожніх розв'язках у різних рівнях слід передбачати заходи по забезпеченню бічної видимості під час руху на кривих і в зонах в'їздів та з'їздів з

дороги. Найменшу відстань бічної видимості від крайки проїзної частини необхідно призначати 25 м для доріг I і II категорій і 15 м для доріг III-IV категорій. Бічна видимість забезпечується плануванням і розчищенням прилеглої території.

В зоні розв'язок допускається влаштування стоянок автомобілів, автобусних зупинок та інших споруд за умови забезпечення як бічної, так і поздовжньої видимості.

З'їзди з доріг I-IV категорій і заїзди на них слід виконувати з улаштуванням перехідно-швидкісних смуг (ПШС), які на дорожніх розв'язках в різних рівнях є обов'язковим елементом розв'язки незалежно від інтенсивності руху.

Довжину перехідно-швидкісних смуг залежно від поздовжнього похилу доріг призначають згідно з таблицею 8.4 (табл. 9.5 [3], а в пересіченій та гірській місцевості – за розрахунком.

Перехідно-швидкісні смуги в зоні перехрещень і примикань перед з'їздами відокремлюють від основних смуг руху розділювальною смугою завширшки 0,75 м для доріг I і II категорій і 0,5 м - для доріг III і IV категорій. Перехід до повної розділювальної смуги виконують на протязі 16 м і 9 м відповідно. Розділювальні смуги влаштовують в одному рівні з прилеглими смугами руху і виділяють розміткою.

Таблиця 8.4 – Довжина перехідно-швидкісних смуг

Категорія дороги	Поздовжній похил	Довжина смуги повної ширини, м		Довжина відгону смуги розгону і гальмування, м
		для розгону	для гальмування	
I-а, I-б	-40	110	110	80
	-20	130	105	
	0	150	100	
	+20	170	95	
	+40	190	90	
II – III	-40	80	85	60
	-20	90	80	
	0	100	75	
	+20	120	70	
	+40	150	65	

Ширину перехідно-швидкісних смуг призначають такою ж, як і основних смуг проїзної частини. При встановленні борта по крайці перехідно-швидкісної смуги останню розширюють на подвоєне значення його підвищення над проїзною частиною дороги.

Сполучення перехідно-швидкісною смуги з узбіччям здійснюється за рахунок укріпленої смуги завширшки 0,75 м на дорогах I та II категорій і 0,5 м на дорогах III і IV категорій.

Покриття на перехідно-швидкісних смугах повинне, по можливості, відрізнятися від основного проїзду кольором.

Відгін смуг гальмування слід починати з виступу величиною 0,5 м.

Висоту габариту під шляхопроводами приймають при перехрещенні доріг:

I-III категорій – 5 м;

IV-V категорій – 4,5 м.

Габарит висоти вимірюють від найбільш високих відміток проїзної частини дороги, що перетинається. Доцільно передбачати збільшення габариту висоти на 10-15 см для майбутнього підсилення дорожнього одягу.

Ширина габариту шляхопроводу включає проїзну частину, перехідно-швидкісні смуги, смуги безпеки та розділювальні смуги і призначається у відповідності з рисунком 8.8.

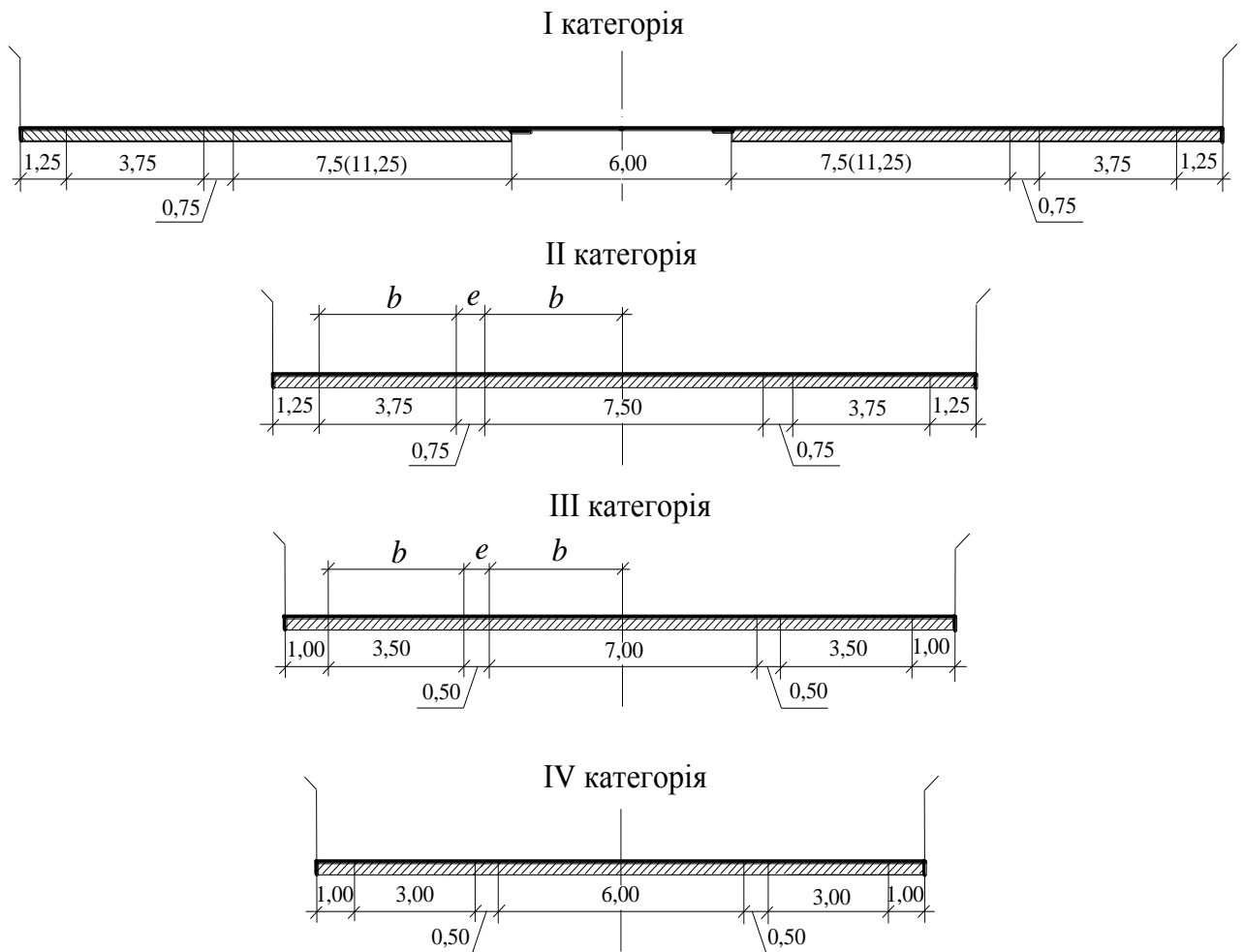


Рисунок 8.8 – Схеми поперечних перерізів шляхопроводів на розв'язках доріг

кут перетину автомобільних доріг α (може бути $>90^0$, $<90^0$, $= 90^0$);
радіус з'їзду R ;

перехідна крива L з відомими елементами: зсувом кривої p , додатковим тангенсом t , кутом перехідної кривої β та координатами кінця перехідної кривої X_k, Y_k .

Елементи перехідної кривої приймаються за таблицями [5] або розраховуються за формулами:

$$X_{\hat{e}} = L - \frac{L^3}{40R^2}; \quad (8.1)$$

$$Y_k = \frac{L^2}{6R} - \frac{L^4}{336R^3}; \quad (8.2)$$

$$p = Y_k - R(1 - \cos\beta); \quad (8.3)$$

$$\beta = \frac{L}{2R} \text{ (радіан)}; \quad (8.4)$$

$$t = X_k - R \cdot \sin\beta. \quad (8.5)$$

Початковою точкою для розбивки лівоповоротного з'їзду являється точка перетину осей перехідно-швидкісних смуг (або крайніх смуг руху, якщо перехідно-швидкісні смуги не влаштовуються) O (див. рис. 8.9).

Відстань від осі крайньої смуги руху до осі перехідно-швидкісної смуги означається за формулою

$$c = b + e, \quad (8.6)$$

де b – ширина основної смуги руху (див. рис.8.8);

e – ширина розділювальної смуги.

Для можливості розбивки з'їзду визначаються:

положення центру з'їзду O_I , яке знаходиться на бісектрисі кута α , за формулою

$$OO_1 = \frac{R + p}{\sin(\alpha/2)}; \quad (8.7)$$

положення початку перехідної кривої B

$$OB = ON - t, \quad (8.8)$$

де

$$ON = OO_I \cdot \cos(\alpha/2); \quad (8.9)$$

положення кінця перехідної кривої M , яке характеризується координатами X_k, Y_k .

Між точками M (кінцями перехідних кривих) окреслюється колова крива радіусом R , яка стягує кут γ , що визначається за формулою

$$\gamma = 180^\circ + \alpha - 2\beta, \quad (8.10)$$

Довжина цієї кривої $K_{ДЕД}$ визначається за відомою формулою

$$K_{\overset{\circ}{A}\overset{\circ}{I}\overset{\circ}{A}} = \frac{\pi R \gamma}{180^\circ}, \quad (8.11)$$

В формулах (8.10), (8.11) кути β і γ виражаються в градусах і частках градуса. Для переведення кута β із радіанів (формула 8.4) в градуси необхідно помножити його на 57,29577.

Від точок B в залежності від напрямку руху відкладаються ділянки гальмування $S_{гал}$ або розгону $S_{роз}$ і ділянки відгону перехідно-швидкісних смуг $S_{ш}$ згідно з табл. 8.4 і в залежності від категорії доріг. Таким чином одержують положення початку з'їзду A і кінця з'їзду C . Для початку і кінця з'їзду визначається власне пікетажне положення і виконується прив'язка до пікетажу на дорогах, що перехрещуються.

Загальна довжина лівоповоротного з'їзду визначається за формулою

$$L_{\text{з'їзду}} = S_{\phi 1} + S_{\text{адап}} + L + \hat{E}_{\text{іаі}} + L + S_{\text{дїс}} + S_{\phi 2}, \quad (8.12)$$

8.3.1.2 Розрахунок геометричних елементів правоповоротних з'їздів

Правоповоротний з'їзд (рисунок 8.10), як правило, представляє собою два однакових заокруглення з прямолінійною вставкою між ними, що забезпечують поворот направо. Вихідними даними для геометричного розрахунку і розбивки правоповоротного з'їзду (як і лівоповоротного) являються:

кути повороту заокруглень рівні $90^\circ - \alpha/2$;

радіус заокруглення R' ;

довжина перехідної кривої L з відомими елементами: p , t , β , X_k і Y_k , які визначаються за формулами (8.1, ..., 8.5) або за таблицями [5];

тангенс кругової кривої T_k , який визначається для радіуса R' і кута $90^\circ - \alpha/2$ за таблицями [4] або за відомою формулою

$$T_k = R' \operatorname{tg} \frac{1}{2} \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} \right).$$

Положення осі правоповоротного з'їзду (точка H пересічення осі з бісектрисою кута α) знаходиться як (див. рисунок 8.9)

$$OH = OE + EH, \quad (8.13)$$

$$\text{де} \quad OE = OO_1 + R. \quad (8.14)$$

Відстань між осями з'їздів в місці їх найбільшого зближення (рисунок 8.11) визначається за залежністю

$$EH = 11,25 + mh, \quad (8.15)$$

де m – крутизна закладення укусу;

h – можливе перевищення точки E над точкою H (або навпаки).

Оскільки при побудові геометричної схеми розв'язки перевищення h ще невідоме, допускається прийняти $EH = 12...15$ м. Ця відстань повинна бути пізніше уточнена при побудові поздовжніх профілів з'їздів.

Положення вершин кутів повороту визначається із $\triangle OHG$ (див. рис. 8.10)

$$OG = \frac{OH}{\cos \frac{\alpha}{2}}. \quad (8.16)$$

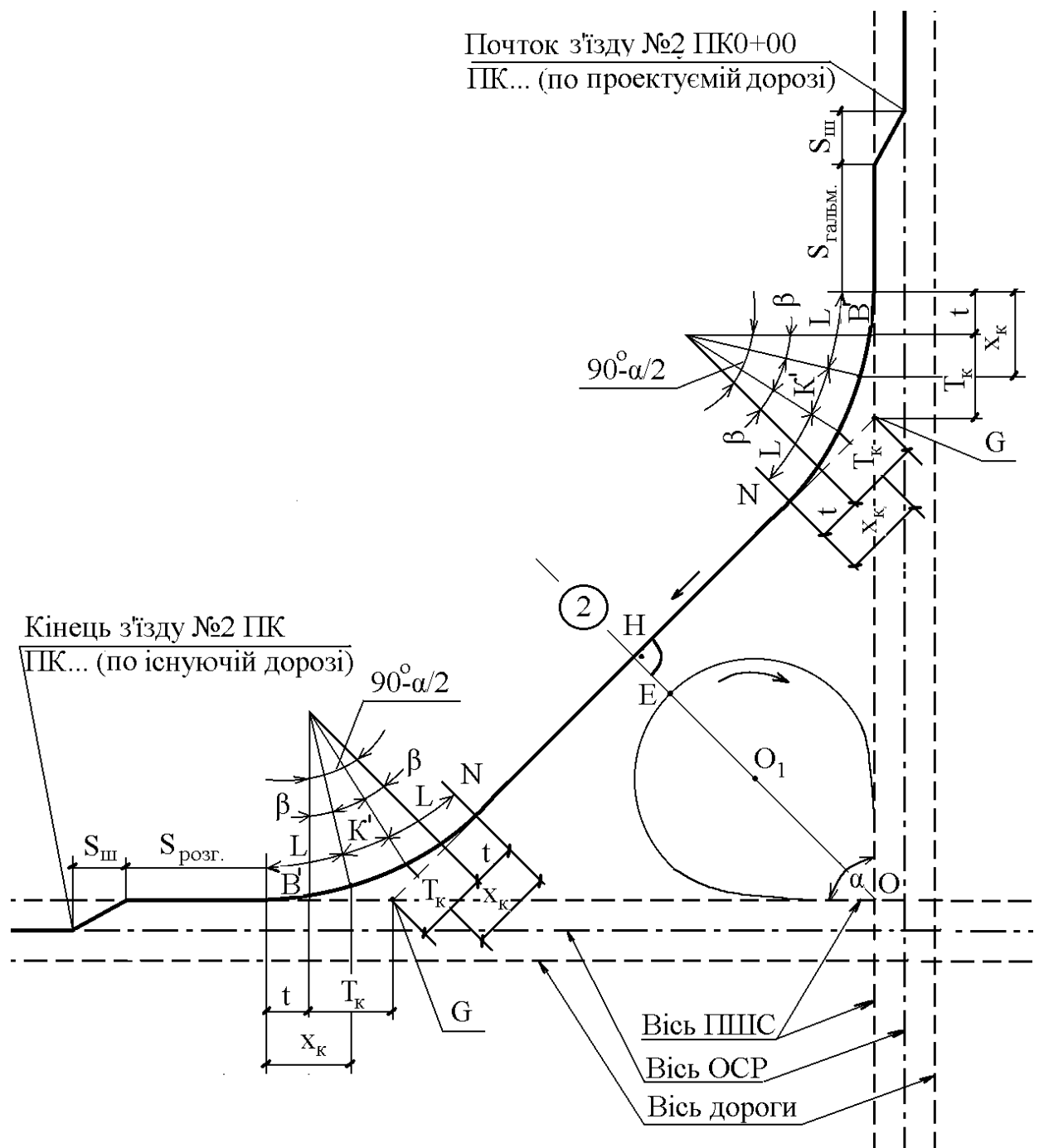


Рисунок 8.10 – Схема правоповоротного з'їзду

Відстань між вершинами кутів повороту

$$GG = 2GH = 2OG \cdot \sin(\alpha/2). \quad (8.17)$$

Довжина прямої вставки

$$WW = GG - 2(T_k + t). \quad (8.18)$$

Від точок B' , по аналогії з лівоповоротним з'їздом, відкладаються ділянки гальмування $S_{гал}$ або розгону $S_{розг.}$ і ділянки відгону перехідно-швидкісних смуг $S_{ш.}$. Таким чином одержують положення початку і кінця з'їзду, для яких визначається власне пікетажне положення та виконується прив'язка до пікетажу на дорогах, що перехрещуються.

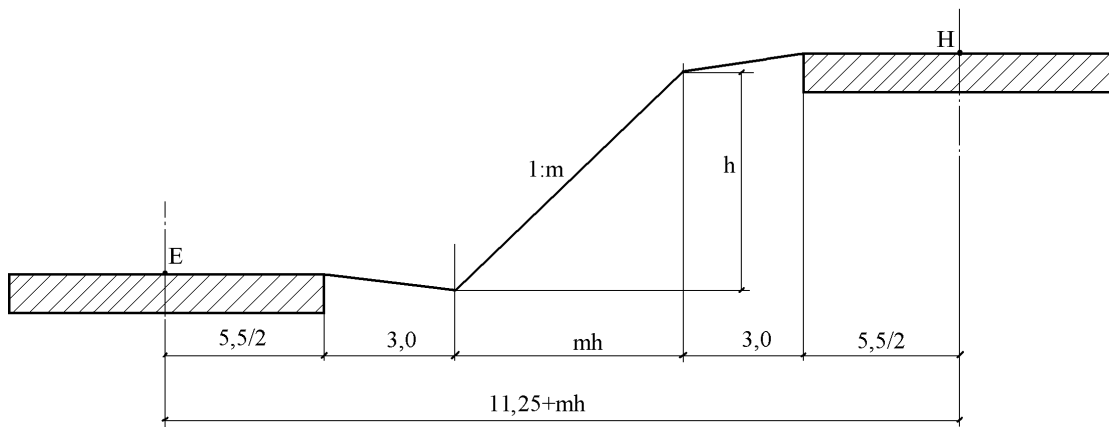


Рисунок 8.11 – Схема до визначення мінімальної відстані між з'їздами

Загальна довжина правоповоротного з'їзду визначається за виразом

$$L_{n.з} = S_{ul1} + S_{гал} + 4L + 2K' + WW + S_{роз} + S_{ul2}, \quad (8.19)$$

де довжина колової кривої, що залишилась K' , визначається за формулою

$$K' = \frac{\pi R' \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} - 2\beta \right)}{180^\circ}. \quad (8.20)$$

З'їзди рекомендується нумерувати цифрами:

лівоповоротні – непарними;

правоповоротні – парними.

8.3.1.3 Розрахунок геометричних елементів додаткових лівоповоротних з'їздів на розв'язках типу „Неповний лист конюшини”

В зв'язку з неможливістю улаштування лівоповоротного з'їзду в II чверті на розв'язках по типу „Неповний лист конюшини”, влаштовується допоміжний з'їзд в першій чверті (рисунок 8.12).

Поворот наліво в цьому випадку виконується шляхом повороту спочатку вліво з основної смуги руху на правоповоротний з'їзд №2, а потім направо. Кут повороту отримується в результаті перехрещення правоповоротного з'їзду №2 з основною смугою зустрічного руху по проєктованій дорозі. Цей кут складе

$$\alpha' = 180^\circ - (90^\circ - \alpha/2), \quad (8.21)$$

Тангенс колової кривої визначається за відомою формулою

$$T_k = R \cdot \operatorname{tg} \alpha'/2, \quad (8.22)$$

Тангенс заокруглення

$$T_3 = T_k + t, \quad (8.23)$$

де t – допоміжний тангенс перехідної кривої.

Крива заокруглення і одночасно довжина з'їзду складе

$$K_3 = 2L + \frac{\pi R(\alpha' - 2\beta)}{180^\circ}. \quad (8.24)$$

де L – довжина перехідної кривої.

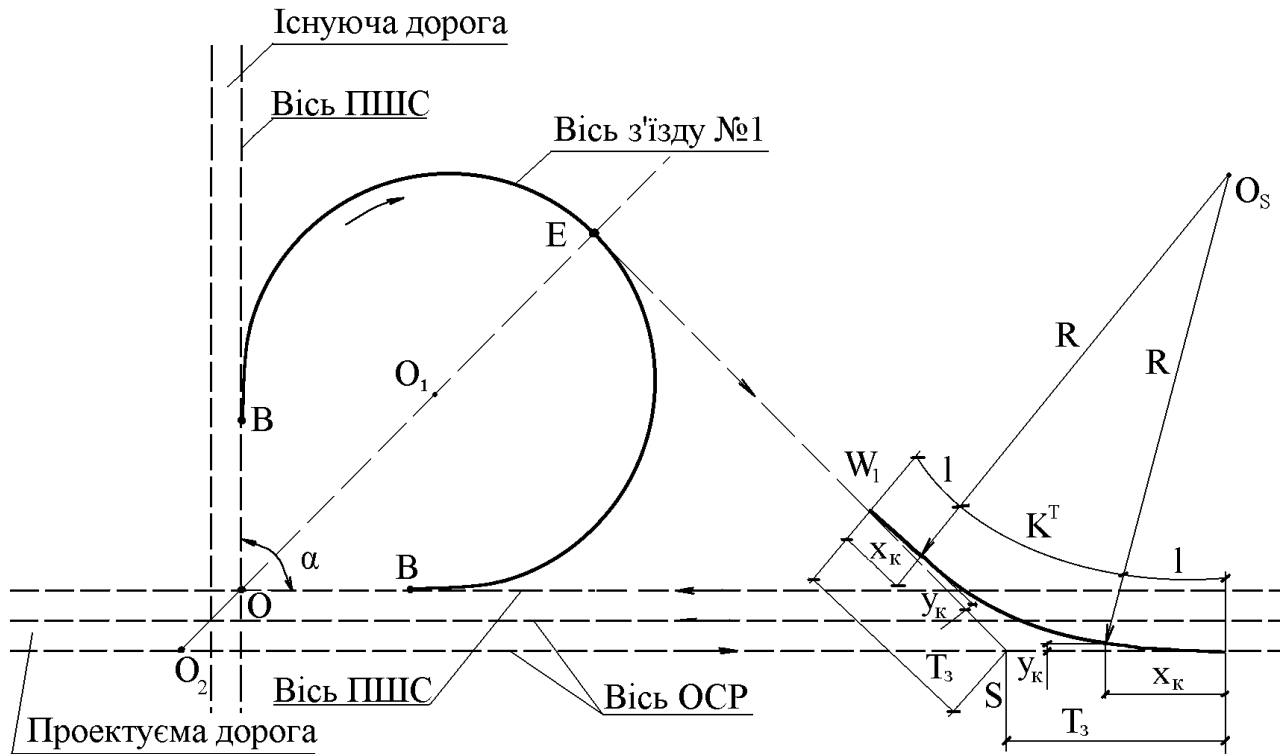


Рис.8.12 – Схема додаткового лівоповоротного з'їзду

8.3.1.4 Розрахунок геометричних елементів додаткових правоповоротних з'їздів на розв'язках типу „Неповний лист конюшини”

Додатковий правоповоротний з'їзд призначений для виконання правого повороту з існуючої дороги на проектувану (рисунк 8.13). Поворот направо в цьому випадку виконується через петлю лівоповоротного з'їзду №1 з улаштуванням додаткового з'їзду на основну смугу руху.

Вершина кута повороту (точка S) виникає в результаті перехрещення дотичної до осі лівоповоротного з'їзду №1 в точці Е і осі основної смуги руху. Для визначення її положення знаходимо відстань OO_2 за формулою

$$OO_2 = \frac{k}{\sin \alpha/2}, \quad (8.25)$$

де k – відстань від осі перехідно-швидкісної смуги до осі зустрічної смуги руху. Визначається за формулою

$$k = 2b + e, \quad (8.26)$$

де b – ширина смуги руху;

e – ширина розділювальної смуги (див. рис. 8.8).

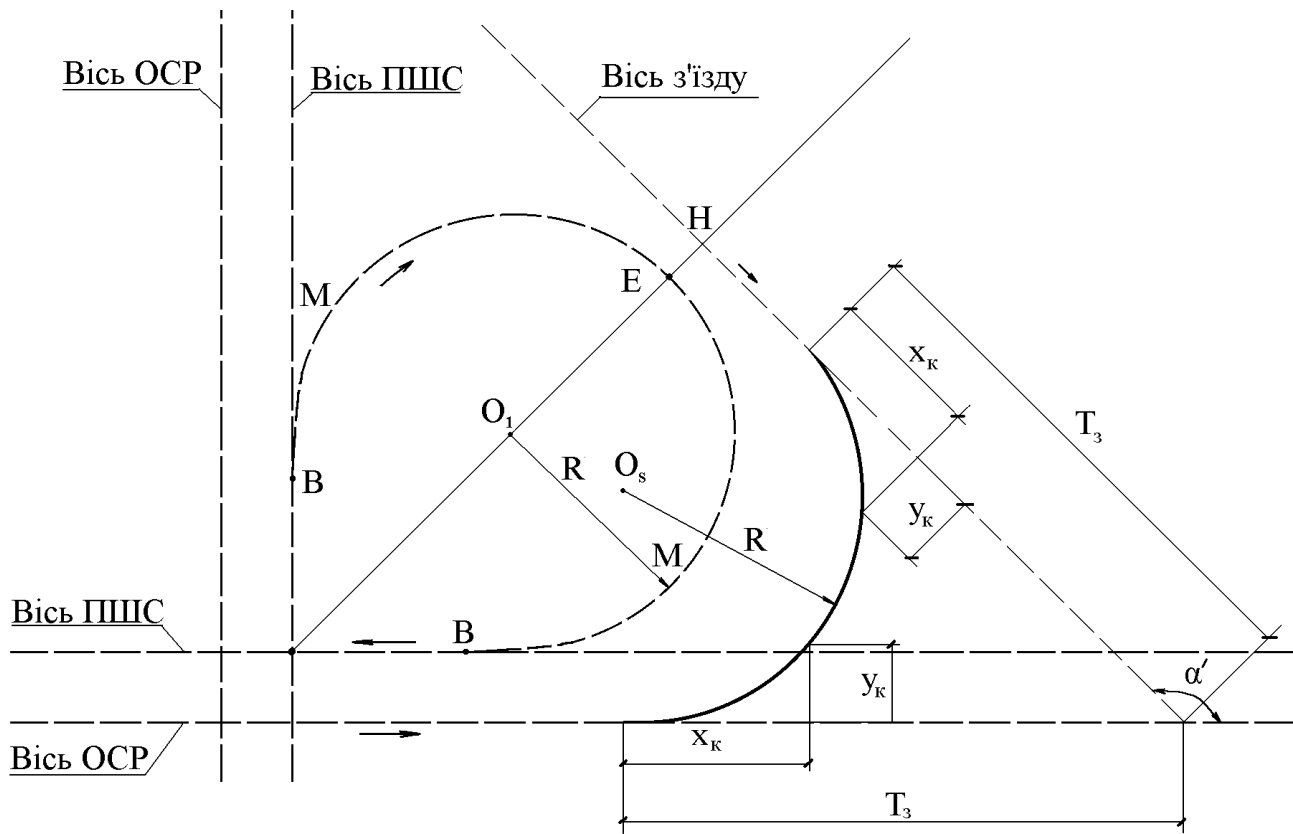


Рисунок 8.13 – Схема додаткового правоповоротного з'їзду

Відстань O_2E складе

$$O_2E = O_2O + OO_1 + R. \quad (8.27)$$

Відстань O_2S визначаємо за формулою

$$OS_2 = \frac{O_2E}{\cos(\alpha/2)}, \quad (8.28)$$

$$SE = O_2S \cdot \sin \alpha/2, \quad (8.29)$$

Тангенс кругової кривої

$$T_K = R \cdot \operatorname{tg} \frac{(90^\circ - \alpha/2)}{2}. \quad (8.30)$$

Довжина прямої вставки

$$EW_1 = ES - T_3, \quad (8.31)$$

Довжина заокруглення складе

$$K_3 = 2L + \frac{\pi R(90^\circ - \frac{\alpha}{2} - 2\beta)}{180^\circ}. \quad (8.32)$$

Довжина додаткових правоповоротних з'їздів складе

$$L = K_3 + EW_1. \quad (8.33)$$

8.3.2 Розрахунок геометричних елементів примикання типу „Труба”

8.3.2.1 Розрахунок геометричних елементів лівоповоротних з’їздів

Примикання типу „Труба” містять два лівоповоротних з’їзди: з дороги, що примикає, на магістральну і з магістральної - на примикаючу. Один із них проектується, як лівоповоротний з’їзд розв’язки типу „Лист конюшини”. Інший – як правоповоротний. При цьому враховується та обставина, що лівоповоротні потоки на дорозі, що примикає, в одному напрямку гальмують, а в іншому напрямку розганяються. Транзитні потоки на ділянках розгону чи гальмування відсутні. Тому вихідною точкою для розбивки з’їзду являється точка перетину осей смуги руху дороги, що примикає, і перехідно-швидкісної смуги вздовж існуючої дороги (рисунок 8.14).

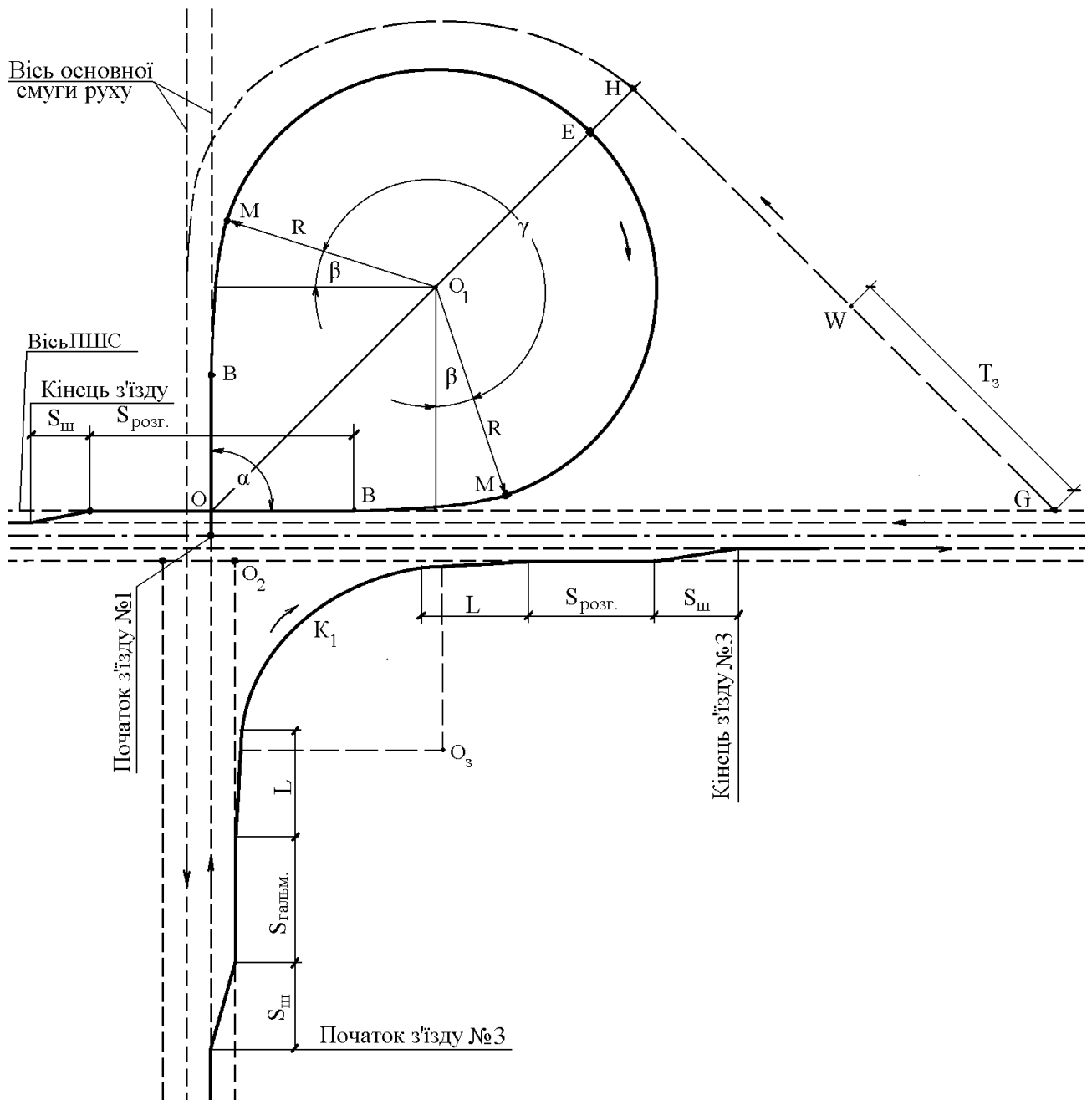


Рисунок 8.14 – Схема лівоповоротного та правоповоротного з’їздів з примикаючої дороги

Початок з'їзду знаходиться в точці перетину осі смуги руху дороги, що примикає, і осі основної дороги O_2 . Відстань OO_2 визначається за формулою

$$OO_2 = \frac{3}{2}b + e, \quad (8.34)$$

де b і e – ті ж величини, що і в формулі (8.6).

Якщо $\alpha \geq 90^\circ$, при визначенні OO_2 необхідно враховувати величину кута.

Довжина з'їзду визначиться за виразом

$$L_{л.з.} = OO_2 + OB + 2L + K_{MEM} + S_{роз} + S_{ш}. \quad (8.35)$$

Лівоповоротний з'їзд з існуючої дороги на примикаючі представляє собою половину правоповоротного з'їзду розв'язки типу „Лист конюшини”. Кінець з'їзду буде знаходитись в точці H .

Відстань EH в цьому випадку приймається 5,5 м. В решті розрахунків виконується аналогічно.

Довжина з'їзду складе

$$L_{л.з.} = S_{ш} + S_{зал} + 2L + K' + WH, \quad (8.36)$$

$$\text{де} \quad WH = GH - (T_k + t), \quad (8.37)$$

K' - визначається за формулою (8.20).

8.3.2.2 Розрахунок геометричних елементів правоповоротних з'їздів

Початковими точками для розбивки правоповоротних з'їздів являються точки перетину осей перехідно-швидкісних смуг вздовж основної дороги і дороги, що примикає. Ці точки являються вершинами кутів повороту.

Величина кута повороту для з'їзду з дороги, що примикає (див. рис. 8.14) складає α , а для з'їзду з основної дороги - $90^\circ - \alpha$.

Знаючи величини кутів повороту, радіуси заокруглень і довжини перехідних кривих, і користуючись таблицями [4, 5], за відомими формулами знаходять необхідні елементи $T_3 = T_k + t$; K' і довжину з'їздів.

$$L_{н.з.} = S_{ш1} + S_{зал1} + L + K' + L + S_{розг} + S_{ш2}. \quad (8.38)$$

Елементи заокруглень правоповоротних з'їздів розраховуються як для звичайних кутів повороту

8.3.3 Розрахунок геометричних елементів розв'язок доріг кільцевого типу

Розв'язки доріг кільцевого типу можуть проектуватися за двома схемами: з правоповоротними з'їздами, що не вливаються в основне кільце і з правоповоротними з'їздами, що вливаються в кільце.

В першому випадку влаштовуються ділянки, на яких автомобілі з'їжджають з кільця на правоповоротні з'їзди і навпаки. На цій перехідній ділянці відбувається перехрещення потоків в одному рівні.

При влаштуванні дорожніх розв'язок за другою схемою перехрещення потоків в одному рівні відсутнє. Тому перевагу слід віддавати другій схемі.

Метод розрахунку кільцевих розв'язок з п'ятьма шляхопроводами дещо відрізняється від метода розрахунку кільцевих розв'язок з двома шляхопроводами.

Для кільцевих розв'язок з п'ятьма шляхопроводами радіуси кільця і правоповоротних з'їздів можуть бути призначені однакової величини. Мінімальне значення радіуса R_{min} , яке може бути прийняте без перевищення найбільшого поздовжнього похилу в межах четверті кільця, визначається із наступного виразу

$$\frac{2\pi R_{min}}{4} = \frac{H}{i_{max}}, \quad (8.39)$$

Звідки

$$R_{min} = \frac{H}{1,57 i_{max}}, \quad (8.40)$$

де H – перевищення проїзної частини шляхопроводу над проїзною частиною дороги (підмостовий габарит + будівельна висота), його слід приймати 6,0-7,0 м;

i_{max} – максимальний поздовжній похил. Його слід призначати дещо менше допустимого (до 30 ‰) для забезпечення зручності вписування вертикальних кривих.

Далі виконується перевірка чи дозволить радіус R_{min} улаштувати ділянки правоповоротних з'їздів L_3 (рисунок 8.15) з допустимим поздовжнім похилом. Відстань L_3 визначається за формулою

$$L_3 = \frac{2\pi R_{min}}{360^0} \cdot (\varepsilon - \beta), \quad (8.41)$$

де кут ε визначається із виразу

$$\cos \varepsilon = \frac{R_{min} + p + a/2}{2R_{min} + p}, \quad (8.42)$$

де p – величина зсуву перехідної кривої;

β – кут перехідної кривої, що визначається за формулою (8.4) або за таблицями [5];

$a/2$ – відстань між осями перехідно-швидкісної смуги і дороги, яка визначається за формулою

$$\frac{a}{2} = \frac{c}{2} + b + e, \quad (8.43)$$

де c – відстань між осями крайніх смуг руху;

b – ширина смуги руху;

e – ширина розділювальної смуги між основною смугою руху і перехідно-швидкісною.

Висота, яку необхідно подолати на ділянці L_3 , складає

$$H_3 = H - H_l, \quad (8.44)$$

де
$$H_1 = \frac{2\pi R_{\min}}{360^\circ} (90^\circ - \varepsilon) \cdot i_{\max} . \quad (8.45)$$

Максимальний похил на ділянці L_3 , складає $i_3 = H_3/L_3$.

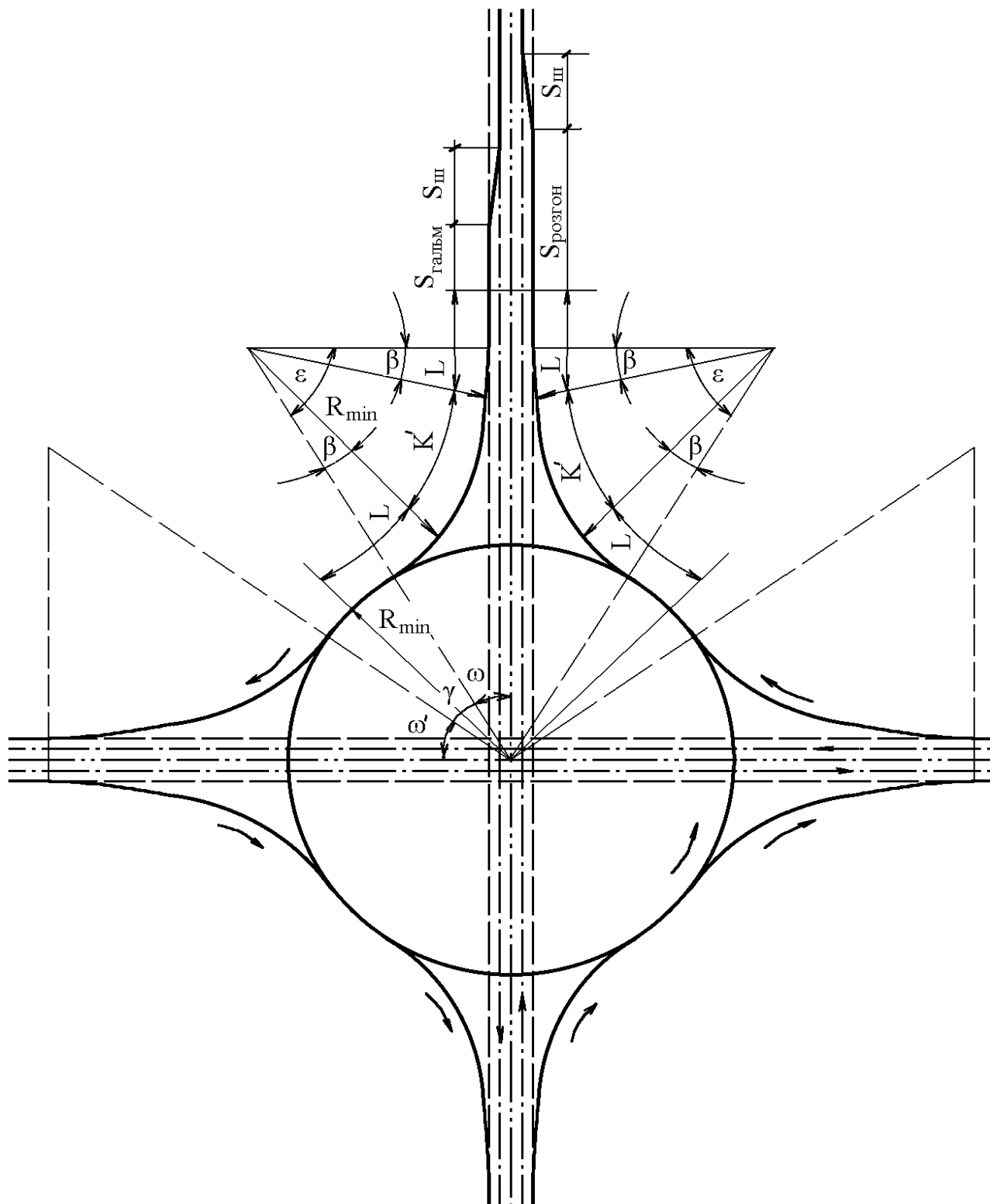


Рисунок 8.15 – Схема до розрахунку геометричних елементів кільцевої розв'язки

Якщо $i_3 \leq i_{max}$, то радіус кільця підібрано правильно, і це дозволяє виконати ділянки L_3 з допустимими поздовжніми похилами. В протилежному випадку необхідно збільшити R_{min} і повторити розрахунок.

Проводиться також перевірка чи не насуваються ділянки L_3 і L_3' одна на другу. Ділянки не насуваються, якщо виконується умова

$$\omega + \omega' + 2\beta \leq \alpha, \quad (8.46)$$

де α - кут перехрещення доріг в межах розрахункової чверті.

Якщо умова (3.32) не виконується, слід також збільшити значення R_{min} .

Для кільцевих розв'язок з двома шляхопроводами радіус кільця може визначатись не за формулою (3.26), а в залежності від розрахункової швидкості на кільці.

Перевірка ділянки L_3 виконується аналогічно.

Положення основних точок розв'язки визначається за відомими геометричними та тригонометричними залежностями.

Наприклад:

$$OB = (2R_{min} + p) \cdot \cos \omega \text{ і т.д.}$$

Розбивка пікетажу на кільці ведеться кутовим способом. Кут, що відповідає дузі в 100 м, визначається за формулою

$$\theta = \frac{18000}{\pi R}. \quad (3.47)$$

За поча ток пікетажу рекомендується прийняти точку перетину осі кільця з віссю однієї із доріг.

8.3.4 Розрахунок координат для детальної розбивки з'їздів

Детальна розбивка заокруглень з'їздів виконується по методу прямокутних координат від початку заокруглення до його середини.

Координати точок в межах перехідних кривих визначають за формулами:

$$X = l - \frac{l^5}{40C^2}; \quad (8.48)$$

$$Y = \frac{l^3}{6C} - \frac{l^7}{336C^3}, \quad (8.49)$$

де l – відстань від початку перехідної кривої до точки з координатами X, Y ;

C – параметр клотоїди, що визначається за формулою

$$C = R \cdot L. \quad (8.50)$$

Координати точок в межах кругової кривої визначаються за формулами:

$$X = t + R \cdot \sin \alpha; \quad (8.51)$$

$$Y = p + R(1 - \cos \alpha), \quad (8.52)$$

де α - кут, що стягує дугу довжиною l (з урахуванням перехідної кривої).

Кут α визначається за формулами:

$$\alpha = \alpha_1 + \Delta\alpha; \quad (3.53)$$

$$\alpha_1 = \beta + \Delta\alpha; \quad (3.54)$$

де β - кут перехідної кривої;

$\Delta\alpha$ - приріст кута α , який визначається за формулою

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta l \cdot 180^0}{\pi R}, \quad (3.55)$$

де Δl – крок розбивки кругової кривої.

Результати розрахунків слід зводити в таблиці.

8.3.5 Прив'язка пікетажу головних точок з'їздів

Для правильного проектування поздовжніх профілів з'їздів необхідно визначити пікетажне положення головних точок з'їздів (початок і кінець з'їздів, початок і кінець перехідно-швидкісних смуг) в ув'язці з пікетажем основних доріг.

Пікетажне положення точки пересікання осей основних доріг (O') завжди відоме.

Пікетажне положення точок пересікання осей перехідно-швидкісних смуг (рисунки 8.16) на розв'язках по типу “Лист конюшини” (при пікетажі на основних дорогах: зліва – направо і знизу – вгору) визначається за формулами:

по проєктованій дорозі:

I четверть

$$\hat{I} = \hat{I}' + \frac{a_1}{\sin \alpha} + \frac{a_2}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (8.56)$$

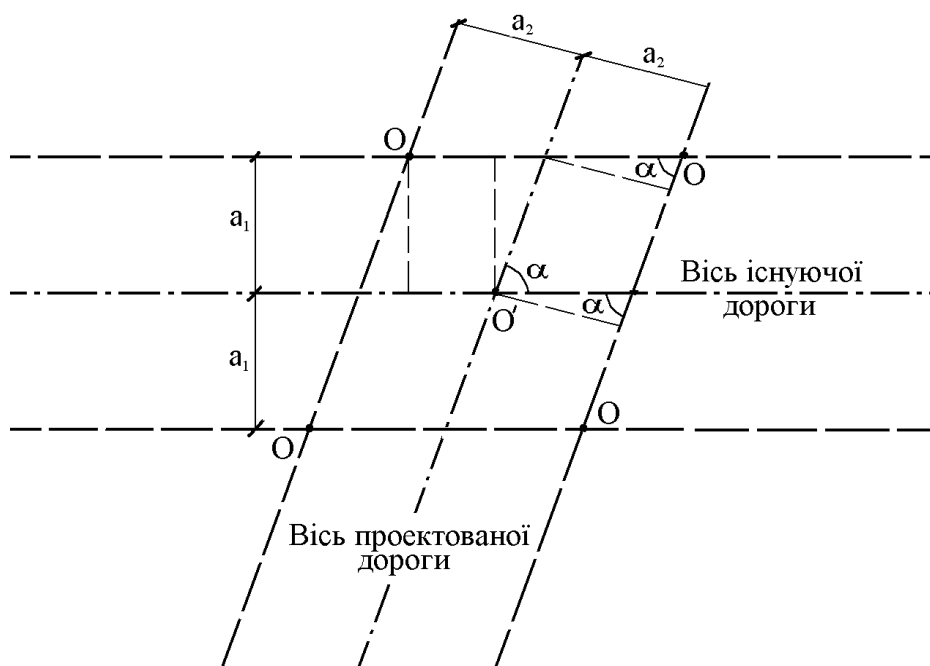


Рисунок 8.16 – Схема до визначення пікетажного положення осей

перехідно-швидкісних смуг

IV четверть

$$\ddot{E} \hat{I} = \ddot{E} \hat{I}' + \frac{\dot{a}_1}{\sin \alpha} - \frac{a_2}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (8.57)$$

II четверть

$$\ddot{E} \hat{I} = \ddot{E} \hat{I}' - \frac{\dot{a}_1}{\sin \alpha} + \frac{a_2}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (8.58)$$

III четверть

$$\ddot{E} \hat{I} = \ddot{E} \hat{I}' - \frac{\dot{a}_1}{\sin \alpha} - \frac{a_2}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (8.59)$$

по існуючій дорозі:

I четверть

$$\ddot{E} \hat{I} = \ddot{E} \hat{I}' + \frac{\dot{a}_2}{\sin \alpha} + \frac{a_1}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (8.60)$$

II четверть

$$\ddot{E} \hat{I} = \ddot{E} \hat{I}' + \frac{\dot{a}_2}{\sin \alpha} - \frac{a_1}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (8.61)$$

III четверть

$$\ddot{E} \hat{I} = \ddot{E} \hat{I}' - \frac{\dot{a}_2}{\sin \alpha} - \frac{a_1}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (8.62)$$

IV четверть

$$\ddot{E} \hat{I} = \ddot{E} \hat{I}' - \frac{\dot{a}_2}{\sin \alpha} + \frac{a_1}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (8.63)$$

де a_1 – відстань між осями існуючої дороги і перехідно-швидкісних смуг;

a_2 – відстань між осями проекрованої дороги і перехідно-швидкісних смуг.

Пікетажне положення інших точок визначається за рисунками (8.9, 8.10, 8.11, 8.13, 8.14).

Особливістю примикання типу „Труба” являється те, що лівоповоротний з’їзд з дороги, що примикає, починається з точки O' , а лівоповоротний з’їзд з існуючої дороги закінчується в точці H (див. рисунок 8.14).

8.3.6 Проектування дорожніх розв’язок в поздовжньому профілі

При проектуванні дорожніх розв’язок в поздовжньому профілі необхідно вирішити наступні задачі: встановити схему шляхопроводу; систему прольотних будов; тип несучої конструкції; побудувати поздовжні профілі основних доріг і з’їздів.

Схему шляхопроводу в першому наближенні рекомендується приймати – $15 + n \cdot 33 + 15$ (де n – кількість середніх прольотів). При перетині доріг I категорії приймають $n = 2$, а при перетині доріг інших категорій $n = 1$.

Систему прольотних будов приймають (як правило) балочно-розрізну.

В якості несучої конструкції приймають таврові попередньо напружені балки: для середніх прольотів довжиною 33 м і будівельною висотою 2,00 м, для крайніх прольотів – 15 м.

Контрольну відмітку на шляхопроводі визначають з урахуванням висоти існуючої дороги в місці перетину, підмостового габариту і будівельної висоти середніх прольотів.

Поздовжні профілі основних доріг і з'їздів в курсовому і дипломному проєктах будують за відмітками землі, знятими з топографічного плану місцевості, на якому креслять план транспортної розв'язки і розбивають пікетаж на з'їздах. На кожному з'їзді рекомендується розбивати свій пікетаж з прив'язкою в межах спільних ділянок (ділянки *AB* і *BC*, див. рис. 8.9, та інші) до пікетажу на основних дорогах.

Місця відмикання і примикання з'їздів до доріг рекомендується на поздовжніх профілях відмічати стрілкою. Стрілка проставляється вище проектної лінії загостренням вниз – примикання, загостренням вверх – відмикання. Початок і кінець з'їзду рекомендується позначати суцільною стрілкою, початок перехідно кривої – пунктирною. Вздовж стрілки наносять: вверху – назву точки, номер з'їзду і пікетажне положення точки на з'їзді, внизу – пікетажне положення точки на основній дорозі. В характерних точках спільних ділянок на поздовжніх профілях основних доріг повинні бути розраховані проєктні відмітки.

Спільні ділянки проєктуються на загальному земляному полотні. На усій спільній ділянці проєктна лінія на з'їздах повинна бути запроектована в точній відповідності з проєктною лінією на основній дорозі. Проєктні відмітки з'їздів на цих ділянках повинні відрізнятись тільки на величину перевищення за рахунок поперечного похилу. Приклад визначення перевищення для доріг I та II категорій показано на рисунку 8.17.

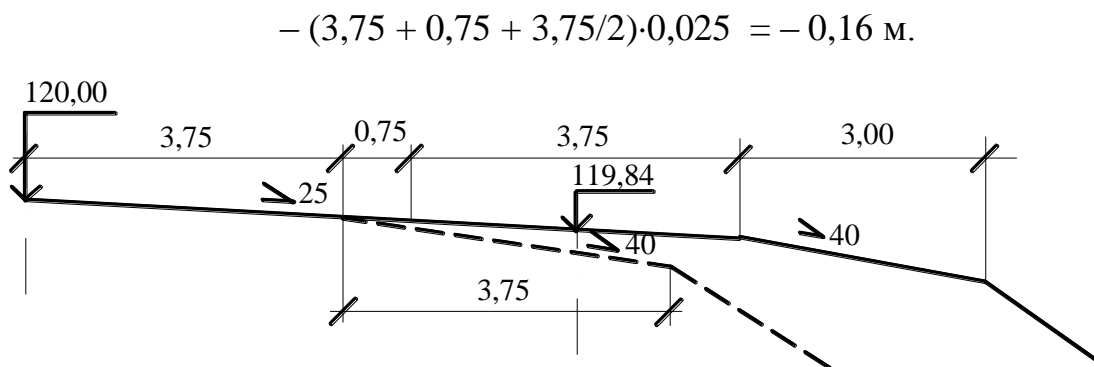


Рисунок 8.17 – Схема до визначення перевищення на спільних ділянках земляного полотна

При нанесенні проєктної (червоної) лінії на з'їздах і основних дорогах слідє виходити із необхідності забезпечення водовідводу із усіх замкнутих контурів розв'язки, тому мінімальна висота насипу повинна забезпечити улаш-

тування водопропускних труб, де це потрібно. На плані розв'язки стрілками показують напрямок руху поверхневих вод.

Якщо один із з'їздів запроектований в виїмці, необхідно перевірити забезпечення мінімальної відстані видимості і, при необхідності, зрізати внутрішній укіс.

В місцях пересічення основних доріг на поздовжньому профілі дороги, що проходять по шляхопроводу, повинна бути наведена проектна відмітка нижче розташованої дороги.

Поздовжні профілі на з'їздах, а також радіуси вертикальних кривих і інші елементи повинні відповідати вимогам пункту 8.2.2 і ДБН В.2.3-4:2007 [3].

8.4 Техніко-економічне порівняння варіантів перехрещень і примикань автомобільних доріг

Вибір найбільш вигідного типу перехрещень і примикань автомобільних доріг виконують на основі техніко-економічного обґрунтування, яке рекомендується вести шляхом порівняння сумарних приведених витрат, величину яких визначають за формулою

$$D = \sum_1^n \hat{E}_c^- \cdot \hat{E}_{i\partial} + \sum_1^{t_p} \hat{E}_{e,\partial} \cdot \hat{E}_{\hat{a}} + \sum_1^{t_p} \ddot{A} \cdot \hat{E}_{\hat{a}} + \sum_1^{t_p} S_{\partial\partial} \cdot \hat{E}_{\hat{a}}, \quad (8.64)$$

де K_c – капітальні вкладення в будівництво розв'язки;

K_{np} – коефіцієнт приведення витрат, вкладених до початкового року;

K_e – коефіцієнт віддалення витрат, вкладених після початкового року;

$K_{кр}$ – вартість капітальних ремонтів;

D – дорожньо-експлуатаційні витрати;

S_{mp} – транспортні витрати;

n – число років будівництва розв'язки (допускається приймати 2 роки);

t_p – розрахунковий термін приведення витрат (прийнято призначати 20 років).

Сумарні приведені витрати за варіантами для одержання порівнювальних результатів визначають в межах між одними і тими ж постійними точками, які лежать на дорогах, що підходять до вузла. Положення цих точок для усіх варіантів розв'язки призначають за найбільш віддаленими місцями примикання, чи відмикання з'їздів (рис. 8.18).

При визначенні капітальних вкладень в будівництво розв'язки необхідно врахувати об'єми земляних робіт, укріплювальні роботи, дорожній одяг і шляхопроводи.

Об'єми земляних робіт визначають на основі поздовжніх профілів з'їздів і доріг, що перехрещуються. Вартість земляних робіт в середньому можна прийняти в наступних розмірах:

Категорія ґрунта за трудністю розробки	I	II	III	IV
Вартість 1 м ³ земляних робіт, грн.	0,5	0,6	0,7	0,8

Вартість 1 м² шляхопроводів може бути прийнята в розмірі 1200-1400 грн. Площа шляхопроводу визначається множенням його довжини на ширину між поручнями.

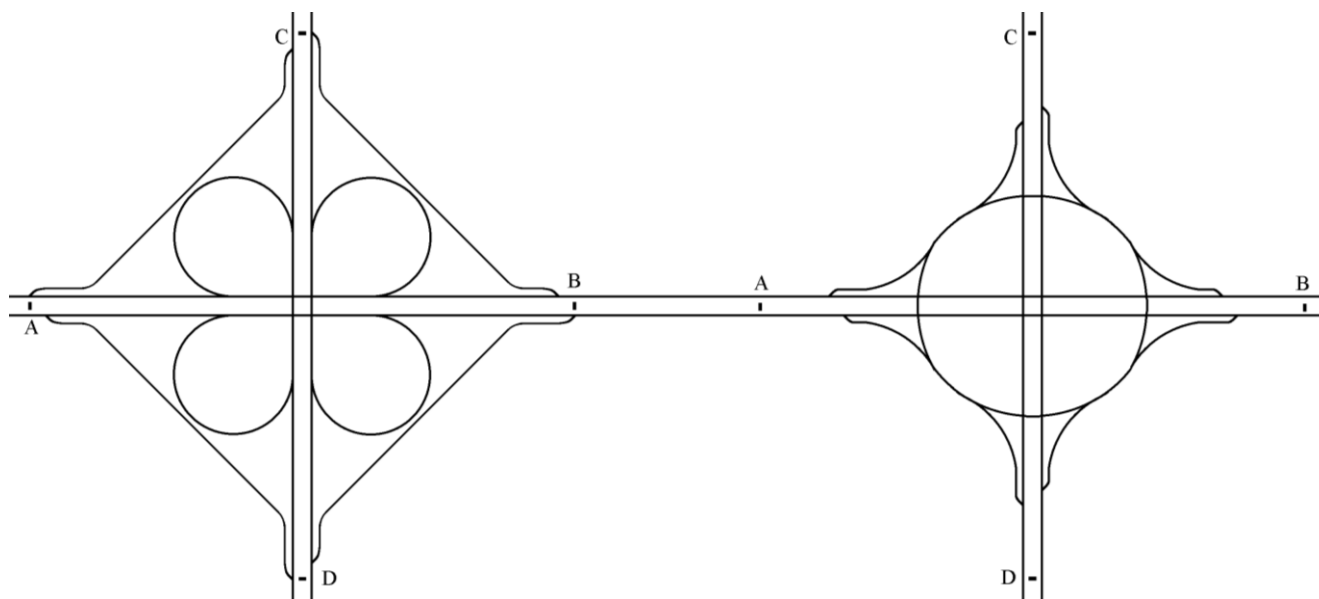


Рисунок 8.18 – Схема до визначення постійних точок для порівняння витрат

Середня вартість 1 м² дорожнього одягу наведена в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Показники вартості будівництва дорожнього одягу

Категорія дороги	Тип покриття	Вартість 1 м ² дорожнього одягу, грн.
I-II	Капітальний	45
III	-“-	40
III	Полегшений	35
IV	-“-	30
IV-V	Перехідний	20

При визначенні вартості дорожнього одягу необхідно враховувати крайові укріплені смуги (на дорогах I-IV категорій).

Укріплювальні роботи включають в себе укріплення узбіччя, укосів. Середню вартість 1 м² укріплювальних робіт приймають 0,3-1,5 грн.

Коефіцієнт приведення (K_{np}) і віддалення (K_e) визначають за формулами:

$$\hat{E}_{i\partial} = (1 + \dot{A}_{i.i})^t; \quad (8.65)$$

$$\hat{E}_a = \frac{1}{(1 + \dot{A}_{i.i})^t}, \quad (8.66)$$

де $E_{н.н.}$ – норматив приведення витрат. Для дорожнього будівництва

$$E_{н.н.} = 0,08;$$

t – проміжок в роках між зробленими витратами і базисним роком.

В якості базисного (початкового) приймається рік введення розв'язки в експлуатацію.

Значення коефіцієнтів приведення і віддалення витрат (при $E_{н.н.} = 0,08$) наведені в таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Коефіцієнт приведення і віддалення витрат

t , років	K_{mp}	t , років	K_e	t , років	K_e	t , років	K_e
-7	1,71	1	0,93	9	0,50	17	0,27
-6	1,59	2	0,86	10	0,46	18	0,29
-5	1,47	3	0,79	11	0,43	19	0,23
-4	1,36	4	0,74	12	0,40	20	0,215
-3	1,26	5	0,68	13	0,37	21	0,20
-2	1,16	6	0,63	14	0,34	22	0,18
-1	1,08	7	0,58	15	0,31	23	0,17
0	1,00	8	0,54	16	0,29	24	0,16

При визначенні вартості капітальних ремонтів враховується тільки дорожній одяг. Орієнтовна вартість і міжремонтні строки капітальних ремонтів дорожнього покриття ($t_{к.р.}$) наведені в таблиці 8.7. З урахуванням міжремонтних строків коефіцієнт віддалення витрат приймає вигляд

$$\hat{E}_a = \frac{1}{(1 + \dot{A}_{i.i})^{t_{\hat{e}.\partial}}}, \quad (8.67)$$

Таблиця 8.7 – Середні показники капітального ремонту

Тип покриття	Міжремонтні строки, років	Вартість 1 м ² капітального ремонту, грн.
Асфальтобетон	18	50
Чорний щебінь	12	30
(гравій)	9	20
Щебінь	9	15
Гравій		

Сума дорожньо-експлуатаційних витрат може бути визначена за формулою

$$\sum_1^{t_p} \ddot{A} \cdot \hat{E}_i = \ddot{A}_{\bar{n}\bar{a}\bar{\delta}} \sum_1^{t_p} \hat{E}_i, \quad (8.68)$$

де $\ddot{A}_{сер}$ – середня сума дорожньо-експлуатаційних витрат за час розрахункового періоду, віднесена до одного року експлуатації розв'язки, грн.;

$\sum_1^{t_p} \hat{E}_i$ – сума коефіцієнтів віддалення витрат за розрахунковий строк.

При $t_p = 20$ років $\sum_1^{t_p} \hat{E}_i = 10,60$.

Середня величина дорожньо-експлуатаційних витрат на 1 рік на 1 м² покриття наведена в таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 – Показники дорожньо-експлуатаційних витрат

Тип покриття	Дорожньо-експлуатаційні витрати на 1 м ² покриття, грн.
Цементобетон	2,0
Асфальтобетон	2,5
Чорний щебінь, чорний гравій	3,0
Щебінь, гравій	3,5

Середню суму дорожньо-експлуатаційних витрат $\ddot{A}_{сер}$ в формулі (8.68) можна одержати шляхом перемноження площі покриття на дані таблиці 8.8.

В курсовому і дипломному проектах допускається дорожньо-експлуатаційні витрати визначати тільки за площею дорожнього одягу.

Суму приведених транспортних витрат розраховують за формулою

$$\sum_1^{t_p} S_{\delta\delta} \cdot \hat{E}_i = S_{\delta\delta(i)} \cdot \sum_1^{t_p} \hat{E}_i m, \quad (8.69)$$

де $S_{тр(о)}$ – транспортні витрати в базисному році розрахункового періоду;

$\sum_1^{t_p} \hat{E}_i \cdot m$ – сума добутку коефіцієнтів віддалення витрат на коефіцієнти

збільшення інтенсивності руху поточного року по відношенню до базисного.

Коефіцієнт збільшення інтенсивності m визначається за формулою

$$m = (1 + p)^t, \quad (8.70)$$

де p – щорічний приріст інтенсивності руху (в частках одиниці).

Значення коефіцієнта збільшення інтенсивності руху і суми добутків коефіцієнтів за розрахунковий строк 20 років наведені в таблиці 8.9.

Транспортні витрати в базисному році визначаються за формулою

$$S_{\partial\partial}(\hat{i}) = 300 \sum_1^{\hat{E}} N_o \tilde{A}_{\tilde{n}\tilde{a}\tilde{\partial}} \cdot \gamma \cdot \beta \cdot L_i S_{\tilde{n}\tilde{a}\tilde{\partial}}, \quad (8.71)$$

де K – кількість маршрутів на розв'язці;

N_o – інтенсивність вантажних автомобілів в базисному році, яка визначається за формулою

$$N_o = \frac{N_{20}}{m_{20}}; \quad (8.72)$$

$\Gamma_{сер}$ – середня вантажопідйомність автомобілів, яка визначається за формулою

$$\tilde{A}_{\tilde{n}\tilde{a}\tilde{\partial}} = \sum \tilde{A}_z \cdot \partial_z, \quad (8.73)$$

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

β – коефіцієнт використання пробігу;

L_m – довжина маршруту перевезень;

$S_{сер}$ – середньозважена собівартість перевезень, грн./кН·км;

Γ_i – вантажопідйомність i -го типу автомобілів, кН.;

p_i – вміст кожного типу автомобілів (в частках одиниці).

Таблиця 8.9 – Значення коефіцієнтів збільшення інтенсивності руху і суми добутків коефіцієнтів

Значення коефіцієнтів	Приріст інтенсивності, %					
	5	6	7	8	9	10
m_{20}	2,65	3,21	3,87	4,66	5,60	6,23
$\sum_1^{20} K_o m$	15,07	16,52	18,16	19,99	22,07	24,36

Середньозважена собівартість перевезень можна прийняти від 0,01 грн./кН·км для доріг I категорії до 0,025 грн./кН·км для доріг IV категорії.

Інтенсивність руху на маршруті N_{20} може бути встановлена з урахуванням того, що транспортний потік при підході до вузла розподіляється наступним чином

прямо – 40 % потоку;

наліво - 30 % -“- ;

направо – 30% -“- ;

Середньо-технічна швидкість на маршруті орієнтовно може бути визначена за формулою

$$V_{сер} = \frac{l_i}{t_i} \cdot 0,6, \quad (8.74)$$

де l_m – довжина маршруту, км;

t_m – час руху по маршруту, год.

Час руху по маршруту t_m може бути визначено за формулою

$$t_i = \frac{S_{\phi}}{V_1} + \frac{2S_{\text{розг}}}{V_1 + V_2} + \frac{S_{\text{крив}}}{V_2} + \frac{2S_{\text{збав}}}{V_2 + V_3} + \frac{S_{\phi}}{V_3}, \quad (8.75)$$

де $S_{\text{ш}}$, $S_{\text{гал}}$, $S_{\text{розг}}$, $S_{\text{крив}}$ - довжини відповідних ділянок маршруту (рис. 8.19);

V_1 , V_2 , V_3 - розрахункові швидкості руху на відповідних ділянках (див. рис. 8.19).

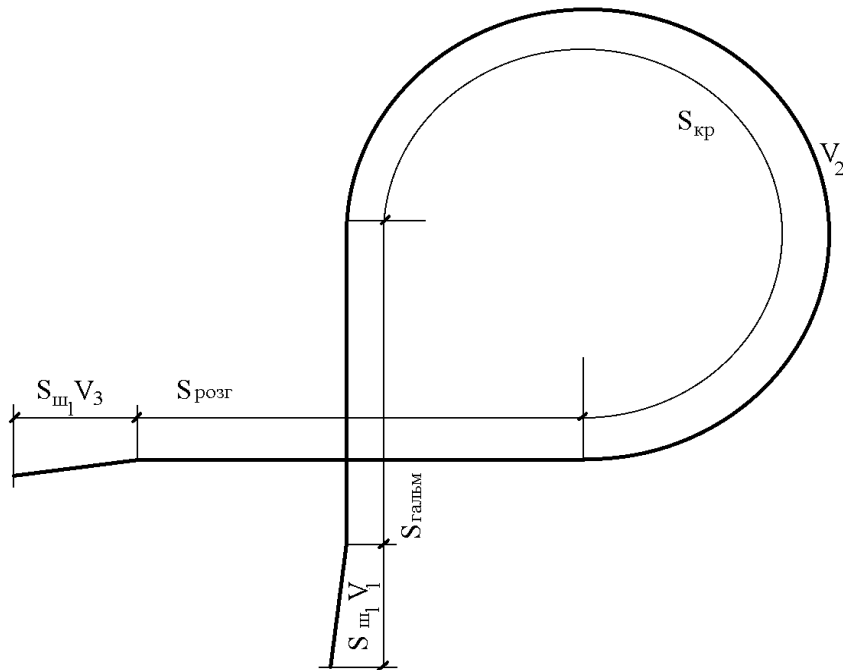


Рисунок 8.19 – Схема до визначення часу руху на маршруті

Суму приведених транспортних витрат рекомендується визначати в табличній формі для усіх маршрутів перевезень (табл. 8.10).

Якщо суми приведених витрат за варіантами значно відрізняються (більше 5%), то перевага віддається варіанту з меншою сумою витрат.

Таблиця 8.10 - Транспортні витрати за маршрутами

Номер маршруту	Номер маршруту	Інтенсивність руху, авт/добу	Довжина маршруту, км	Середня швидкість на маршруті, км/год	Середньозважена собівартість, грн./км	Приведені транспортні витрати, грн..
1	АС					
2	ВД					
...	...					

При незначній різниці в сумах приведених витрат (менше 5%) слід додатково розглянути будівельні і транспортно-експлуатаційні показники, до яких належать: площа землі, яку займає розв'язка; загальна довжина з'їздів; площа дорожнього покриття; об'єми оплачуваних земляних робіт кількість шляхоп-

роводів і їх загальна довжина; ступінь складності виконання робіт; розрахункова швидкість на основних напрямках; найменші радіуси закруглень в плані; найбільший поздовжній похил в межах розв'язки; кількість небезпечних точок; сумарний показник, що характеризує порівняну безпеку розв'язки; пропускна здатність розв'язки; приведені збитки від дорожньо-транспортних пригод і від заняття цінних земель тощо. Кращий варіант в цьому випадку вибирається на основі комплексного розглядання усіх показників.

Запитання для контролю та самоконтролю знань

1. Типи перехрещень доріг.
2. Класифікація розв'язок доріг.
3. Розв'язки, які мають в основі елементи типу „Лист конюшини”.
4. Розв'язки, які мають в основі елементи кільця.
5. Розв'язки з паралельним розташуванням право- і лівоповоротних з'їздів.
6. Схеми примикань.
7. Неповні розв'язки доріг..
8. Ширина узбіччя в межах з'їздів.
9. Ширина розділювальних смуг.
10. Основні норми проектування лівоповоротних з'їздів.
12. Основні норми проектування правоповоротних з'їздів.
13. Елементи лівоповоротних з'їздів розв'язок доріг типу „Лист конюшини”.
14. Елементи правоповоротних з'їздів розв'язок доріг типу „Лист конюшини”.
15. Особливість розрахунку лівоповоротних з'їздів примикання типу „Труба”.
16. Схеми поперечних перерізів шляхопроводів на розв'язках доріг.
17. Які витрати враховують при порівнянні варіантів розв'язок доріг.
18. Схеми кільцевих розв'язок.

9 БЛАГОУСТРІЙ І ОПОРЯДКУВАННЯ ДОРОГИ

9.1 Комплекс мір з обслуговування руху

Дальність перевезень по автомобільних дорогах постійно зростає. Збільшується кількість дальних автобусних маршрутів, вантажних перевезень, туристичних поїздок на власних автомобілях.

При проектуванні дороги необхідно передбачити комплекс мір з обслуговування, організації і забезпечення безпеки руху. Водіям і пасажирам автомобілів, що їдуть на великі відстані, потрібне харчування і періодичний відпочинок. Необхідне заправлення автомобілів, а іноді їх огляд, обслуговування і дрібний ремонт. Для посадки і висадки пасажирів на місцевих автобусних пасажирських лініях потрібні облаштовані майданчики, що мають криті павільйони для очікування при поганій погоді.

На дорозі в період її експлуатації повинна бути розгорнута служба утримання і ремонту. В проекті для неї передбачають робочі приміщення, гаражі для дорожніх машин, майстерні, склади матеріалів і жилі дома для робітників. Необхідні також інформація водіїв про режими руху по дорозі, що пропонуються, шляхом установлення дорожніх знаків і покажчиків, аварійна служба – надання медичинської допомоги при дорожньо-транспортних пригодах і технічної допомоги пошкодженим автомобілям.

На дорогах з інтенсивним рухом для цього влаштовується лінія телефонного зв'язку з установленням на розділювальній смузі чи узбіччі через 1–2 км телефонних апаратів, зв'язаних з найближчою дорожньою службою. Для забезпечення безпеки руху по дорогах установлюють огороження, влаштовують штучне освітлення небезпечних ділянок.

Необхідна ступінь досконалості цієї системи мір і її об'єм залежать від інтенсивності руху, характеру перевезень і категорії дороги.

В залежності від призначення і кількості автомобілів, що зупиняються, розрізняють наступні види придорожніх майданчиків для зупинки автомобілів:

- автомобільні стоянки біля продоржніх їдалень, магазинів на час тривалої відсутності автомобілів;

- майданчики відпочинку в стороні від дороги для короткочасної зупинки автомобілів біля примітних місць і красивих видів;

- придорожні майданчики, розраховані на зупинку для відпочинку не великої кількості автомобілів на період 2 – 3 години;

- майданчики біля проїзної частини для короткочасної зупинки 2 – 3 вантажних автомобілів на 10 – 15 хвилин для ліквідації дрібних неполадок.

Розміри майданчиків для стоянки автомобілів визначаються виходячи із кількості автомобілів, що зупиняються одночасно. На дорогах I і II категорій біля в'їздів до великих міст слід передбачати стоянки місткістю до 50 автомобілів. Майданчики відпочинку розташовують на дорогах I і II категорій через 15 – 20 км, на дорогах III категорії через 25 – 35 км і IV категорії через 45 – 55 км.

Розміри майданчиків приймають виходячи із перспективної інтенсивності і складу руху. Місця для майданчиків намічають в процесі вишукувань.

На майданчиках відпочинку за функціональним призначенням розрізняють зону стоянки автомобілів, зону відпочинку і санітарно-гігієнічну зону з сміттєзбірником і туалетом. Зона відпочинку облаштовується укриттями для відпочиваючих від непогоди, озелененням, столами і лавками, облеглими тротуарами. Бажана наявність на ній джерела питтєвої води.

Потійне зростання автобусних пасажирських перевезень вимагає створення необхідних зручностей – павільйонів для захисту рчікуючих від непогоди, туалетів, посадкових платформ. Автопавільйони влаштовують із збірних залізобетонних елементів з архітектурним оформленням, враховуючим місцеві особливості району будівництва. Автобусні зупинки влаштовують близько до населених пунктів, на ділянках доріг з добре забезпеченою видимістю. Для зменшення небезпечності при переході пасажирів через дорогу автобусні зупинки зміщують одну відносно другої, а на дорогах I категорії поєднують підземним переходом (рис. 9.1). Щоб автобуси, що зупинились для прийому і висадки пасажирів, не створювали перешкод руху на зупинках, проїзну частину розширюють, влаштовуючи так звані "кишені".

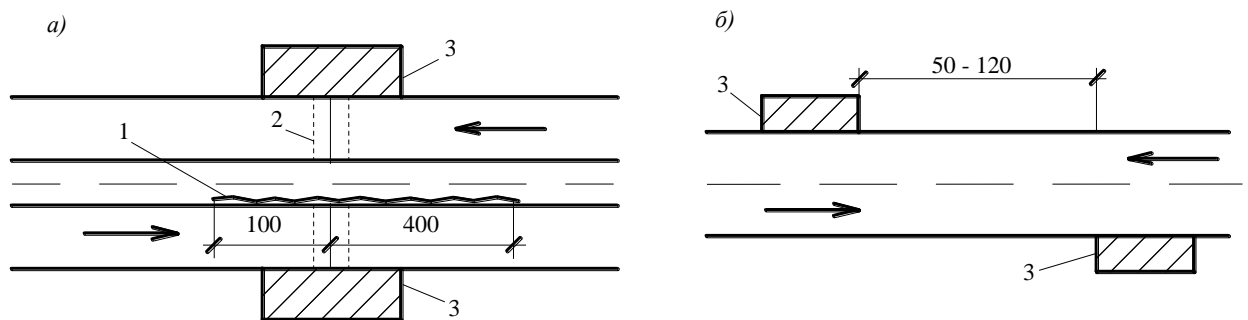


Рисунок 9.1 – Схеми розташування автобусних зупинок:

а – на автомобільній магістралі; б – на дорогах II – V категорій;

1 – загорода на розділювальній смузі; 2 – підземний перехід; 3 – майданчики для посадки пасажирів

Сучасні автомобільні дороги не можуть обійтись без споруд обслуговування руху, які включають:

споруди технічного обслуговування автомобілів – автозаправочні станції (АЗС) для відпускання палива, змазочних матеріалів і продажу предметів догляду за автомобілями. Відстань між АЗС залежить від інтенсивності руху на дорозі. На дорогах вищих категорій станції технічного обслуговування розміщують з двох сторін дороги. Їх оснащують пунктами для миття автомобілів, естакадами для огляду і дрібного ремонту транспортних засобів силами водіїв;

споруди громадського харчування – придорожні кафе і буфети, буфети-автомати тощо;

місця тривалого відпочинку – придорожні готелі, мотелі, кемпінги, профілакторії;

споруди дорожньо-експлуатаційної служби – комплекси службових і житлових будівель, підрозділів, обслуговуючих дорогу і дорожні споруди;

споруди служби дорожнього нагляду і безпеки руху – будівлі постів ДАІ, і контрольно-пропускних пунктів ДАІ.

Споруди короткочасного використання для уникнення втрат часу розміщують безпосередньо на придорожній смузі. Мотелі і кемпінги слід розміщувати в стороні від дороги від дороги, бажано в живописних місцях так, щоб шум від руху не мішав відпочинку.

На дорогах вищих категорій придорожні споруди розраховують тільки на обслуговування проїзжаючих по дорозі. На остальных дорогах слід враховувати і задоволення потреб місцевого населення.

9.2 Засоби інформації водіїв про умови руху. Направляючі обладнання і огорожа

Для ознайомлення водіїв з дорожніми умовами на маршруті їх слідування і пропонування їм безпечних і таких режимів руху, що відповідають оптимальним умовам використання дороги, в проектах доріг передбачають установлення дорожніх знаків і розмітку проїзної частини. Перелік використовуваних знаків регламентується ДСТУ 4100-2002 «Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування».

Дорожні знаки діляться на групи:

попереджувальні – інформують водія про наближення до небезпечної ділянки і про необхідність проїзду його з підвищеною увагою при відповідному зниженні швидкості. Такими місцями є, наприклад, пересічення з іншими дорогами в одному рівні, звуження дороги, ділянки, де дорогу можуть перебігати діти, з'являються домашні і дикі тварини, місця каменепадів тощо;

заборонні – вводять твердо регламентовані правила руху, необхідні для безпеки і чіткої організації руху (заборона проїзду, стоянки, зупинки, повороту чи розвороту, обмеження швидкості та інше);

приписуючі – вводять режими руху, обов'язкові для усіх або частини учасників руху (зазначення обов'язкових напрямків руху, смуг руху, що виділені тільки для легкових автомобілів, пішохідних і велосипедних доріжок тощо);

інформаційно-вказівні – вводять чи відміняють відповідний режим руху а також інформують учасників дорожнього руху про розташування населених пунктів, різних об'єктів, територій, де діють спеціальні правила;

знаки сервісу – інформують учасників дорожнього руху про розташування об'єктів обслуговування (пункти харчування і медичинської допомоги тощо);

таблички до дорожніх знаків – уточнюють або обмежують дію знаків, разом з якими вони встановлені.

Місця розміщення дорожніх знаків повинні бути передбачені в проекті дороги на основі аналізу графіків швидкостей руху чи коефіцієнтів безпеки і пропускної здатності.

Для правильного використання проїзної частини автомобілями на ній наносять *лінії розмітки*, якими виділяють смуги руху чи позначають місця пішохідних переходів, майданчики для посадки, зони заборони стоянки або зупинки транспортних засобів. Розмітку виконують згідно ДСТУ 2587-94 «Розмітка дорожня, технічні вимоги. Методи контролю. Правила застосування». Наявність ліній розмітки сприяє чіткій організації і безпеці руху і підвищує пропускну здатність дороги.

Поздовжня розмітка буває розривною і суцільною. Суцільну розмітку перетинати заборонено. Якщо на ділянці дозволяється обгін з заїздом на зустрічну смугу тільки для одного напрямку руху, то наноситься подвійна лінія розмітки – суцільна і розривна. Розривну лінію наносять з тої сторони, звідки дозволяється заїзд на зустрічну смугу.

Для впевненого управління автомобілем водій повинен бути орієнтованим в напрямку дороги на достатньо великій відстані. Для цього в місцях, де з'їзд з земляного полотна був би небезпечним, вздовж бровки земляного полотна установлюють напрямні (сигнальні) стовпчики.

Напрямні стовпчики установлюють на узбіччі, ближче до бровки земляного полотна, але не менше ніж за 0,35 м від неї. При цьому не можна приближувати стовпчик до проїзної частини на відстань менше 0,75 м. На розділювальній смузі установлювати стовпчики не рекомендується.

У відповідності з вимогами ДСТУ 2735-94 «Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Вимоги безпеки дорожнього руху» направляючі стовпчики слід установлювати на дорогах, які не мають стаціонарного штучного освітлення, за умови, коли не потрібне установлення огорожень, розрахованих на силову дію транспортних засобів:

в межах закруглення доріг в поздовжньому профілі і на підходах до закруглення (по три стовпчики з кожної сторони дороги) при висоті насипу не менше 2 м і інтенсивності руху не менше 1000 авт/добу – на відстанях, наведених в табл. 9.1 (рис. 9.2, а);

в межах закруглень доріг в плані і на підходах до закруглень (по три стовпчики з кожної сторони дороги) при висоті насипу не менше 1 – на відстанях, наведених табл. 9.2 (рис. 9.2, б);

на прямолінійних ділянках доріг при висоті насипу не менше 2 м і інтенсивності руху не менше 1000 авт/добу – через 50 м;

в межах закруглень на схрещеннях і примиканнях доріг в одному рівні – на відстанях, наведених в табл. 9.2 для зовнішньої сторони закруглень;

на дорогах, розташованих за 15 м і менше від болота і водотоків глибиною від 1 до 2 м, – на відстані 10 м;

біля мостів і шляхопроводів і після загороджень, що установлені на підходах до споруди, по три стовпчики з двох сторін дороги до і після споруди – на відстані 10 м;

біля водопропускних труб по одному стовпчику з кожної сторони дороги вздовж осі труби і по три стовпчики з двох сторін дороги до і після споруди – на відстані 10 м.

Дорожня огорожа влаштовується для запобігання непередбачених з'їздів автомобілів з укосів насипу, падіння з мостів, шляхопроводів і естакад, переїздів розділювальної смуги, наїздів на масивні перешкоди, а також для упорядкування руху пішоходів. За функціональним призначенням конструкції дорожніх огорож розділяють на дві групи. До *першої групи* відносять конструкції, розраховані на силову дію транспортних засобів. Форма і розміри елементів цих конструкцій обумовлені вимогами утримання транспортних засобів на проїзній частині, узбіччі чи розділювальній смузі з допустимою дією інерційних сил на водіїв і па-

сажирів. До *другої групи* відносять конструкції, які призначені для регулювання руху пішоходів.

Таблиця 9.1 – Установлення напрямних стовпчиків на закругленнях дороги в позовжньому профілі

Радіус закруглення дороги в позовжньому профілі, R , м	Відстань між стовпчиками в межах закруглення, l_0 , м	Відстань між стовпчиками на підходах до закруглення, м		
		l_1	l_2	l_3
100	5	8	17	34
200	7	12	23	47
300	9	15	30	50
400	11	17	33	50
500	12	19	37	50
1000	17	27	50	50
2000	25	40	50	50
3000	30	47	50	50
4000	35	50	50	50
5000	40	50	50	50
6000	45	50	50	50
8000	50	50	50	50

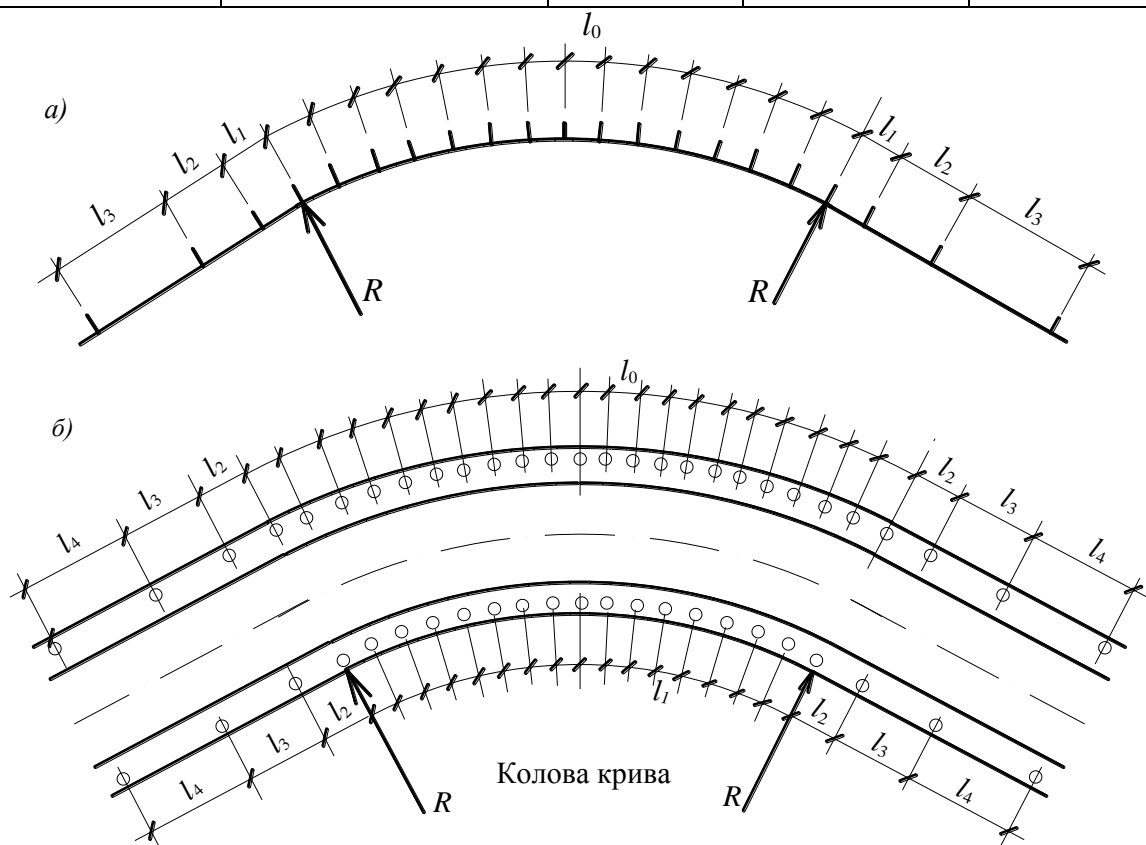


Рисунок 9.2 – Установлення напрямних стовпчиків

За умовами взаємодії автомобіля і огорожі конструкції огорожень першої групи розділяють на два види: спрямівні і зупинні. Спрямівні огорожі встановлюють вздовж осі дороги на узбіччі, розділювальній смузі або біля краю проїзної частини мосту (шляхопроводу) і розраховують на протидію дотичним ударам авто-

мобілів (кут наїзжу на огорожу до 20° із швидкістю 50 км/год). На узбіччях спрямівні огорожі встановлюють на відстані не менше ніж 0,5 м і не більше ніж 0,85 м від брівки земляного полотна на міцних опорах. На мостах, шляхопроводах, естакадах огорожі встановлюють біля краю проїзної частини на відстані ширини крайової смуги, але не менше ніж 1 м. На автомобільних магістралях спрямівні огорожі встановлюють також по осі розділювальної смуги або вздовж неї на відстані не менше ніж 1 м від крайки проїзної частини.

Таблиця 9.2 – Установлення напрямних стовпчиків на закругленнях дороги в плані

Радіус закруглення дороги в плані R , м	Відстань між стовпчиками в межах закруглення, м		Відстань між стовпчиками на підходах до закруглення, м		
	l_0	l_1	l_2	l_3	l_4
20	3	6	6	10	20
30	3	6	7	11	21
40	4	8	9	15	31
50	5	10	12	20	40
100	10	20	25	42	50
200	15	30	30	45	50
300	20	40	40	50	50
400	30	50	50	50	50
500	40	50	50	50	50
600 і більше	50	50	50	50	50

Зупинні огорожі розраховують на фронтальний удар автомобіля (кут наїзду 90°) і встановлюють на ділянках доріг, де спрямівні огорожі не можуть утримати автомобіль від падіння з моста, високого насипу чи ослабити удар в масивну нерухому перешкоду.

За конструктивним виконанням спрямівні огорожі першої групи розділяють на кілька типів: бар'єрні, парапетні, бордюрні і комбіновані.

Огорожі бар'єрного типу включають наступні елементи: залізобетонні бруси, закріплені на залізобетонних стояках; металічні профільовані планки, прикріплені до амортизаторів, встановлених на металічних залізобетонних чи дерев'яних стояках; сталі троси, пропущені через амортизатори із листової сталі, які закріплені на металічних чи залізобетонних стояках. Бар'єрні огорожі із листової сталі мають кілька модифікацій, розрахованих на використання на мостах (шляхопроводах). Ці модифікації поєднані одним терміном «мостові огорожі».

До *огорож парапетного типу* відносять залізобетонні блоки зі спеціальною формою поперечного перерізу і блоки прямокутної форми із бетону і бутобетону.

До *бордюрних огорож* відносять конструкції, які використовуються на мостах і шляхопроводах при обмежених габаритах проїзної частини. Їх виготовляють із окремих залізобетонних блоків (або каменів) і закріплюють біля тротуарів, заглиблюючи в шари дорожнього одягу.

До *комбінованих огорож* відносять конструкції, в склад яких входять елементи бар'єрних, парапетних чи бордюрних огорож, а також огорожі другої групи.

Для регулювання руху пішоходів використовують конструкції *перильного типу* із сталених труб і ланцюгів, а також сітки.

Конструкції огорож і схеми їх установалення слід вибирати у відповідності із типовими проектними рішеннями і вимогами ДСТУ.

9.3 Освітлення та озеленення автомобільних доріг

На великих мостах, зупинках автобусів, пересіченнях доріг I і II категорій між собою і із залізницями, в межах населених пунктів тощо рекомендують стаціонарне електричне освітлення.

Стаціонарне освітлювальне устаткування призначене для забезпечення безпеки руху транспортних засобів і пішоходів, а також підвищення пропускну здатності доріг в нічний час.

Автомобільні магістралі доцільно освітлювати по всій їх довжині, якщо середньодобова інтенсивність руху на п'ятирічну перспективу становить понад 20 тис. авт./добу. Світильники можуть розташовуватись на узбіччі або розділювальній смузі автомагістралей прямокутно в плані або в шаховому порядку. У місцях встановлення опор щогл освітлення узбіччя потрібно поширити у вигляді берми так, щоб відстань між щоголю і огорожею першої групи була не менше ніж 1,2 ... 1,5 м.

Опори світильників можуть розміщатись з одної сторони дороги, якщо ширина проїзної частини не перевищує 12 м. При більшій її ширині опори установають з двох сторін дороги. В залежності від нормативних значень яскравості і освітленості опори розміщують через 25 – 40 м, а світильники підвішують на висоті 6 – 12 м. на закругленнях доріг в плані радіусом менше 600 м опори установають на зовнішній стороні кривої.

При освітленні автомобільних доріг необхідно керуватись наступними нормами. За межами населених пунктів середня яркість проїзної частини доріг і мостів повинна складати: 0,8 кд/м² на дорогах I категорії; 0,6 кд/м² на дорогах II категорії; 0,4 кд/м² на з'їздах перехресть в різних рівнях і на підходах до перехресть. Середня горизонтальна освітленість узбіч повинна бути не менше: 8 лк на дорогах I категорії; 6 лк на дорогах II категорії; 4 лк на з'їздах перехресть в різних рівнях і на підходах до перехресть.

Насадження дерев і чагарників вздовж дороги відноситься до її озеленення. Проектування заходів з озеленення дозволяє вирішити наступні задачі:

технічні – снігозахисні насадження, захист від ерозії, від піщаних заносів, сильних вітрів і пильних бурь;

забезпечення безпеки руху і зорового орієнтування, тобто показ напрямку дороги за межами видимості покриття, підкреслення напрямку похилу, повороту, усунення осліплення, захист від бокового вітру, часткова заміна або підсилення огорожуючих засобів;

санітарно-гігієнічне – покращення мікроклімату майданчиків і комплексів в придорожній зоні, захист від шуму, пилу і шкідливих газів в місцях стоянки і відпочинку біля дороги;

архітектурно-ландшафтні і естетичні – створення однорідного фону в місцях з різнобарвною рослинністю, підкреслення красивих ландшафтів, декорування некрасивих місць.

В залежності від місцевих умов насадженням необхідно надавати універсальне призначення.

Снігозахисні насадження. Для захисту автомобільних доріг від снігових заносів використовують переважно живопліт і вузькі лісові смуги. Живопліт створюють з двох рядів чагарників або листяних і хвойних порід. Для живоплоту з листяних дерев використовують низькорослі дерева або чагарники, ядобре переносять підстригання (глід, акація жовта, бузок, ліщина тощо). Систематичним підстриганням підтримують певну висоту і щільність живоплоту.

Снігозахисні лісові смуги створюють з чотирьох–восьми рядів дерева і чагарників. Перший ряд снігозахисних смуг створюють з низькорослих чагарників (до 2 м), другий – з високих (до 4 м). Для середніх деревних рядів використовують висококронні дерева (до 25 м), для крайніх – з низькою кроною (до 15 м). У цілому поперечний профіль снігозахисної лісової смуги має бути обтічним із поступовим підйомом з польового боку і крутим спуском до дороги.

Для створення привабливого виду в перший від дороги ряд снігозахисної посадки рекомендують включати декоративні поодинокі й групові посадки.

Параметри снігозахисних смуг призначають залежно від об'єму снігоперенесення W (табл. 9.3).

Таблиця 9.3 – Параметри снігозахисних смуг

Об'єм снігоперенесення, м ³ /м	Тип насаджень за схемою	Відстань від брівки земляного полотна до насаджень, м	Ширина розриву між насадженнями в двосмуговій системі, м	Ширина насаджень, м, не менше	Кількість лісових смуг	Кількість рядів у смузі
25	<i>a</i>	20	–	2,5	1	2
50	<i>б</i>	30	–	7,5...12,5	1	4...6
100	<i>в</i>	50	–	12,5	1	6...8
150	<i>г</i>	65	–	12,5	1	6...8
250	<i>д</i>	50	50	12,5	2	6...8

Декоративне озеленення. Декоративні насадження органічно поєднують дорогу з ландшафтом примикаючої місцевості і покращують його Крім того, вони виконують певну регульовальну роль в русі транспортних засобів. За розташуванням і виконуваних ролі декоративні насадження діляться на основні вздовж доріг, насадження біля перехресть і примикань, біля штучних споруд, автобусних станцій, майданчиків для стоянки і відпочинку, на розділювальних смугах тощо.

Використовуються три типи декоративного озеленення: групові насадження дерев і чагарників; лінійні (алеїні чи рядкові) насадження дерев, а також дерев з узліссям із чагарника і живих загород; комплексні насадження в виїмках, біля перехресть, автобусних зупинок, біля входу дороги в ліс тощо.

Групові насадження формують із двох – чотирьох дерев з узліссям із чагарника або без нього. Призначення групових насаджень – запобігання монотонності в оформленні дороги.

Алейні насадження допускаються на коротких прямих ділянках. Вони доцільні біля підосви високих насипів, при прокладанні дороги по долинах рік і на затоплюваних ділянках (як показчик напрямку дороги), в районах штучного зрошування, на ділянках доріг, що ведуть до пам'ятних місць та населених пунктів.

Насадження, призначені для зорової орієнтації можуть бути направляючими, бар'єрними і декоративними. Направляючі насадження використовуються для зазначення зміни напрямку дороги, тобто на кривих в плані. Як правило такі насадження є лінійними.

Бар'єрні насадження показують, що продовжувати рух в тому ж напрямку неможливо. Такі насадження необхідно влаштовувати навпроти кожного примикання. Бар'єрні насадження можуть бути лінійними і груповими.

Декоративні насадження дозволяють привернути увагу до найбільш важливих місць розв'язки, позначити границі розв'язки, комплексів обслуговування і посилити елементи рельєфу.

У разі озеленення невеликих за довжиною ділянок дороги декоративні насадження розміщують на відстані від земляного полотна не ближче ніж 20 м. характер декоративних насаджень слід періодично змінювати – не частіше ніж через 3...4 км і не рідше ніж через 10 км.

Для захисту дороги від **рухомих пісків** останні закріплюють травами, чагарниками і деревами.

Придорожні насадження використовують також для **захисту** придорожнього простору в населених пунктах **від транспортного шуму**. Для цього смуга зелених насаджень має бути 20...30 м завширшки, причому вищі дерева розміщують у центрі смуги. Штамбовий простір потрібно засаджувати чагарником. Правильно запроектована смуга зелених насаджень дає змогу знизити рівень шуму на 10 дБА і більше. Окремий щільний ряд дерев із підліском і чагарником може знизити рівень шуму на 2 дБА. Пониження шуму до рівня санітарних норм потребує влаштування смуги зелених насаджень 50 м завширшки.

Запитання для контролю та самоконтролю знань

1. Комплекс мір з обслуговування руху в проектах автомобільних доріг.
2. Засоби інформації водіїв про умови руху.
3. Направляючі обладнання і огорожа.
4. Освітлення автомобільних доріг.
5. Призначення озеленення автомобільних доріг.

10 ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

При проектуванні автомобільних доріг варіанти дороги, які розглядаються, порівнюються за експлуатаційно-технічними та економічними показниками, пропускною здатністю, безпекою руху тощо. Найкращим буде варіант, який забезпечує кращі дорожні умови для роботи транспортних засобів та буде більш економічним.

10.1 Порівняння варіантів дороги за експлуатаційно–технічними показниками

Експлуатаційно – технічні показники (табл. 10.1) впливають на швидкість та продуктивність автомобілів. Високі показники запроектованої дороги дозволяють зробити роботу автотранспорту більш економічною. Найдоцільнішим буде той варіант, в якого більше переваг по показниках за таблицею 10.1.

Таблиця 10.1 – Експлуатаційно-технічні показники

№ п/п	Показники	Варіант		Переваги варіанту	
		I	II	I	II
1	Довжина траси ,км				
2	Коефіцієнт подовження				
3	Кількість кутів повороту				
4	Середня величина кута поворота				
5	Мінімальний радіус повороту				
6	Забезпечення видимості ,м				
7	Найбільший поздовжній похил, ‰				
8	Довжина ділянки з найбільшим похилом, ‰				
9	Мінімальний радіус вертикальних кривих, м: випуклих увігнутих				
10	Кількість пересічень в одному рівні, шт				
11	Довжина ділянок, що проходять по болоту, км				
12	Довжина ділянок, що проходять у лісі, км				
13	Довжина ділянок на сільськогосподарських землях, км				
14	Кількість труб, шт./м: $d_1=$ $d_2=$				
15	Кількість мостів, шт./м				
16	Об'єми земляних робіт, м ³ насипи виймки				

10.2 Економічне порівняння варіантів дороги

Порівняння варіантів проводиться на основі зіставлення сумарних зведених витрат. Період порівняння варіантів t_c беруть рівним терміну служби дороги—20 рокам. Зведені витрати за період порівняння варіантів визначають за формулою:

$$P_{i\partial} = \frac{\dot{A}_i}{\dot{A}_{i\partial}} \cdot \hat{E}_{i\partial} + \sum_{t=1}^t \frac{C_t}{(1 + E_{i\partial})^t}, \quad (10.1)$$

де E_n - нормативний коефіцієнт ефективності для дорожнього будівництва $E_n = 0,14$;

E_{nn} - нормативний коефіцієнт ефективності для приведення різноманітних витрат до базового періоду $E_{nn} = 0,08$;

K_{np} - зведені одноразові витрати для кожного варіанту, знаходять за формулою 10.2;

$\sum_{t=1}^t \frac{C_t}{(1 + E_{i\partial})^t}$ - поточні щорічні витрати, які визначають за формулою 10.3.

Зведені до одного базового часу одноразові витрати визначають за формулою

$$\hat{E}_{i\partial} = \hat{E} + \sum_{n=1}^n \frac{\hat{E}_{e\partial}}{(1 + \dot{A}_{i\partial})^{t_{e\partial}}}, \quad (10.2)$$

де K – капітальні вкладення в будівництво дороги, тис.грив. (табл. 10.4);

$K_{кр}$ – витрати на капітальний ремонт (табл. 10.3);

n – кількість капітальних ремонтів за строк порівняння ;

$t_{кр}$ – строк між капітальними ремонтами (табл. 10.2).

Поточні щорічні витрати визначають за формулою:

$$\sum_{t=1}^t \frac{C_t}{(1 + E_{i\partial})^t} = \sum_{t=1}^m \frac{C_{\tilde{n}\partial\partial\partial}}{(1 + E_{i\partial})^t} + \sum_{t=1}^{t_c} \frac{\tilde{N}_{i\partial}}{(1 + \dot{A}_{i\partial})^t} + \sum_{t=1}^t \frac{T_p (1+b)^t}{1000(1 + E_{i\partial})^t}, \quad (10.3)$$

де $C_{сер.p}$ – витрати на середній ремонт (табл 10.3);

C_{np} – витрати на поточний ремонт (табл 10.3);

m - кількість середніх ремонтів за строк порівняння ;

b - відсоток щорічного приросту інтенсивності руху;

S - середня собівартість перевезень (табл.2.1);

T_p - транспортна робота у вихідному році.

$$\dot{O}_{\partial} = D N_i \tilde{A}_{\tilde{n}\partial\partial} \beta \gamma L, \quad (10.4)$$

де D - кількість робочих днів у році;

N_o - інтенсивність вантажного руху;

$\Gamma_{сер}$ - середня вантажопідйомність автомобіля, кН;

β - коефіцієнт використання вантажопідйомності, що приймається 0.9-0.95;

γ - коефіцієнт використання пробігу, що приймається 0,6-0,7;

L - довжина варіанту дороги;

Постійні величини $C_{сер.p.}$, $C_{пр.}$, $\frac{\partial \delta}{1000}$ у формулі (10.3) можуть бути винесені за знак суми і тоді формула 10.3 набуває вигляду

$$\sum_{t=1}^t \frac{C_t}{(1+E_{\hat{r}})^t} = C_{\tilde{n}\tilde{a}\tilde{\delta}} \sum_{t=1}^m \frac{1}{(1+E_{\hat{r}})^{t\tilde{n}\tilde{a}\tilde{\delta}}} + \tilde{N}_{i\tilde{\delta}} \sum_{t=1}^{t_o} \frac{1}{(1+E_{\hat{r}})^t} + \frac{T_p \cdot S}{1000} \cdot \sum_{t=1}^{t_{\tilde{n}}} \frac{(1+b)^t}{(1+E_{\hat{r}})^t}. \quad (10.5)$$

Значення коефіцієнтів приведення $\frac{1}{(1+E_{\hat{r}})^{t_{сер}}}$, $\sum_{t=1}^{t_o} \frac{1}{(1+E_{\hat{r}})^t}$ наведені в табл. 4.20,

а $\sum_{t=1}^{t_{\tilde{n}}} \frac{(1+b)^t}{(1+E_{\hat{r}})^t}$ в табл. 10.2.

Таблиця 10.2 - Коефіцієнти приведення при $E_{um} = 0,08$

$b \backslash$ Рік	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02
2	1,81	1,84	1,87	1,90	1,92	1,95	1,97	2,00	2,03	2,06
3	2,63	2,68	2,75	2,79	2,84	2,90	2,95	3,00	3,06	3,11
4	3,39	3,47	3,58	3,65	3,74	3,82	3,91	4,00	4,09	4,21
5	4,11	4,23	4,37	4,48	4,61	4,73	4,86	5,00	5,14	5,30
6	4,78	4,94	5,12	5,27	5,45	5,63	5,81	6,00	6,20	6,42
7	5,40	5,61	5,84	6,04	6,27	6,51	6,75	7,00	7,26	7,56
8	5,99	6,24	6,52	6,78	7,07	7,37	7,67	8,00	8,34	8,72
9	6,63	6,84	7,17	7,49	7,85	8,21	8,59	9,00	9,43	9,90
10	7,05	7,40	7,80	8,18	8,60	9,04	9,51	10,00	10,52	11,10
11	7,52	7,93	8,39	8,84	9,33	9,86	10,41	11,00	11,63	12,32
12	7,97	8,44	8,96	9,48	10,05	10,65	11,30	12,00	12,75	13,57
13	8,39	8,91	9,50	10,09	10,74	11,44	12,19	13,00	13,87	14,84
14	8,78	9,36	10,01	10,68	11,42	12,21	13,07	14,00	15,01	16,13
15	9,15	9,79	10,50	11,24	12,07	12,96	13,94	15,00	16,16	17,45
16	9,49	10,19	10,97	11,79	12,71	13,71	14,80	16,00	17,32	18,79
17	9,81	10,57	10,42	12,32	13,33	14,43	15,65	17,00	18,49	20,15
18	10,11	10,92	11,84	12,82	13,93	15,15	16,50	18,00	19,67	21,54
19	10,39	11,26	12,25	13,31	14,51	15,85	17,34	19,00	20,86	22,96
20	10,65	11,58	12,64	13,78	15,08	16,54	18,17	20,00	22,06	24,41

Витрати на капітальний $K_{кр}$, середній $C_{сер.p.}$, поточний ремонт та утримання $C_{пр}$ визначають, як частку від капітальних вкладень в будівництво дороги K . Норми витрат на один ремонт та собівартість автомобільних перевезень в залежності від типу покриття приведені у таблиці 10.3.

Капітальні вкладення в будівництво дороги *K* у курсовому та дипломному проекті допускається визначати за зведеним кошторисним розрахунком вартості, використовуючи укрупнені показники вартості (табл.10.4).

Таблиця 10.3 – Розрахункові показники витрат на капітальний, середній та поточний ремонт, утримання дороги та собівартість перевезень

Покриття	Норма витрат на один ремонт, % до вартості будівництва.			Собівартість перевезень
	капітальний	середній	поточний та утримання	
1	2	3	4	5
Цементобетонне	3,42	4,1	0,316	0,15-0,25
Асфальтобетонне	42,0	5,1	0,550	
Щебенево, оброблене бітумом	48,7	7,9	0,978	0,25-0,30
Гравійне, оброблене бітумом	49,6	8,4	1,915	0,30-0,35
Грунтове, оброблене органічним в'язучим	50,6	9,0	1,625	0,40
Грунтове покращене	48,5	7,5	1,245	0,45

Таблиця 10.4 – Зведений кошторисний розрахунок вартості

№ п/п	Найменування робіт та витрат	Одиниці виміру	Кількість одиниць виміру	Орієнтовна вартість (грн.)	Загальна кошторисна вартість (грн.)
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Підготовчі роботи					
1.	Відновлення та закріплення траси	км	1	500	
2.	Рекультивация земель, узятих у тимчасове використання	га	1	600	
3.	Валяння дерев твердих порід діаметром до 16 см	100 шт.	1	250	
4.	Корчування вкритих у верх-ніх шарах торфозалежів пнів та залишків деревини корчувачами роторними на тракторі потужністю 59 кВт (80 л.с.) в торф'яних ґрунтах	га	1	275	
5.	Зрізка середнього чагарника та мілколісся в ґрунтах природного залягання кушторізами на тракторі потужністю 79 кВт (108 л.с.)	га	1	260	
6.	Корчування пнів в ґрунтах природного залягання корчувачами-збирачами на тракторі потужністю 79 кВт (108 к.с.) з переміщенням пнів до 5 м, діаметр пнів до 24 см	100 пнів	1	350	
7.	Трельовка деревини на відстань до 300 м тракторами потужністю 79 кВт (108 к.с.), діаметр стовбурів до 20 см	100 шт.	1	1500	
	Разом по розділу I				

Продовження таблиці 10.4

1	2	3	4	5	6
Розділ II. Земляне полотно					
а) земляні роботи					
1.	Розробка ґрунту у відвал екскаваторами „драглайн” або „зворотна лопата” об'ємом ковша 0,65 (0,5-1,0) м ³ , I група ґрунтів	1000 м ³	1	1960	
2.	Розробка ґрунту у відвал екскаваторами „драглайн” або „зворотна лопата” об'ємом ковша 0,65 (0,5-1,0) м ³ , II група ґрунтів	1000 м ³	1	2470	
3.	Транспортування ґрунту до 5 км	1000 м ³	1	13390	
4.	Транспортування ґрунту до 10 км	1000 м ³	1	23160	
5.	Транспортування ґрунту до 15 км	1000 м ³	1	29380	
6.	Розробка ґрунту бульдозерами потужністю 79 кВт (108 к.с.) при переміщенні ґрунту до 20 м, група ґрунтів I	1000 м ³	1	1100	
7.	Розробка ґрунту бульдозерами потужністю 79 кВт (108 к.с.) при переміщенні ґрунту до 30 м, група ґрунтів I	1000 м ³	1	1600	
8.	Ущільнення ґрунту причіпними котками на пневмоколісному ході масою 25 т за 6 проходів при товщині шару 30 см	1000 м ³	1	2190	
9.	Поливка водою при ущільненні ґрунту насипів	1000 м ³	1	1840	
10.	Планування укосів та полотна насипу механізованим способом, група ґрунтів 1	1000 м ²	1	610	
б) укріпні роботи					
11.	Укріплення обочин гравійною сумішшю товщиною 12 см	1000м ²	1	12530	
12.	Укріплення укосів земляних споруд посівом багаторічних трав механізованим способом з поливкою	100м ²	10	15780	
13.	Укріплення укосів земляного полотна збірними бетонними плитами товщиною від 8 до 16 см	100м ²	1	131590	
	Разом по розділу II				
Розділ III. Штучні споруди					
1.	Труби круглі залізобетонні діаметром d, м				
	d=1,0	п.м.	1	4340	
	d=1,25	п.м.	1	5840	
	d=1,50	п.м.	1	8050	
	d=2,0	п.м.	1	11960	
2.	Труби прямокутні зі збірного бетону отвором bхh, м				
	1,5х2,0	п.м.	1	16910	
	2,0х2,0	п.м.	1	18720	
	2,0х3,0	п.м.	1	23600	
	3,0х2,0	п.м.	1	26600	
3.	Малі мости	п.м.	1	38750	
4.	Середні мости	п.м.	1	84970	
5.	Великі мости	п.м.	1	116510	
	Разом по розділу III				

Продовження таблиці 10.4

1	2	3	4	5	6
Розділ IV. Дорожній одяг.					
	Конструктивні шари (див. розділ 5)				
	Разом по розділу IV				
Разом по розділу I- IV					
Розділ V. Будівлі та споруди дорожньої та автотранспортної служб					
Прийняти 3% від підсумку по розділах I-IV					
Розділ VI. Пересічення та примикання					
Прийняти 2,5% від підсумку по розділах I- IV					
Розділ VII. Обстановка та приладдя дороги					
Прийняти 3% від підсумку по розділах I-IV					
Разом по розділу I-VII					
Розділ VIII. Тимчасові будівлі та споруди					
Прийняти 4,17% від підсумку по розділах I-VII					
Разом по розділу I-VIII					
Розділ IX. Інші роботи та витрати					
Прийняти 3% від підсумку по розділах I-VIII					
Разом по розділу I-IX					
Розділ X. Утримання служби замовника (включаючи витрати на технічний нагляд)					
Прийняти 2,5% від підсумку по розділах I-IX					
Розділ XI. Підготовка експлуатаційних кадрів – не передбачено					
Розділ XII. Проектно-вишукувальні роботи					
Прийняти 4% від підсумку по розділах I-IX					
Разом по розділу I-XII					
Резерв коштів на непередбачені роботи та витрати					
Прийняти 6% від підсумку по розділах I-XII (К).					
Кошти на покриття ризиків усіх учасників будівництва					
Прийняти 2% від підсумку по розділах I-XII (Р)					
Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами (І)					
Прийняти 2% від підсумку по розділах I-XII					
Усього (гл. I-XII+К+Р+І)					
Податок на додаткову вартість 20% від усього					
Разом з ПДВ					

10.3 Оцінка варіантів автомобільних доріг за пропускнуою здатністю та рівнями завантаженості

Навіть при проектуванні нових доріг не вдається забезпечити постійність пропускнуої здатності на всій їхній довжині, так як швидкості руху різні в зв'язку з різницею розмірів елементів плану і поздовжнього профілю на окремих ділянках.

Для оцінки пропускнуої здатності дороги і виявлення ділянок, на яких в першу чергу можливе виникнення заторів, будують лінійні графіки пропускнуої здатності (рис. 10.1).

Для побудови графіка пропускнуої здатності використовується запропонований проф.. В. В. Сільяновим [10. 11] спосіб, оснований на використанні отриманих за даними спостережень коефіцієнтів, що відображають вплив

дорожніх умов на зміну пропускної здатності в порівнянні з еталонною горизонтальною прямою ділянкою.

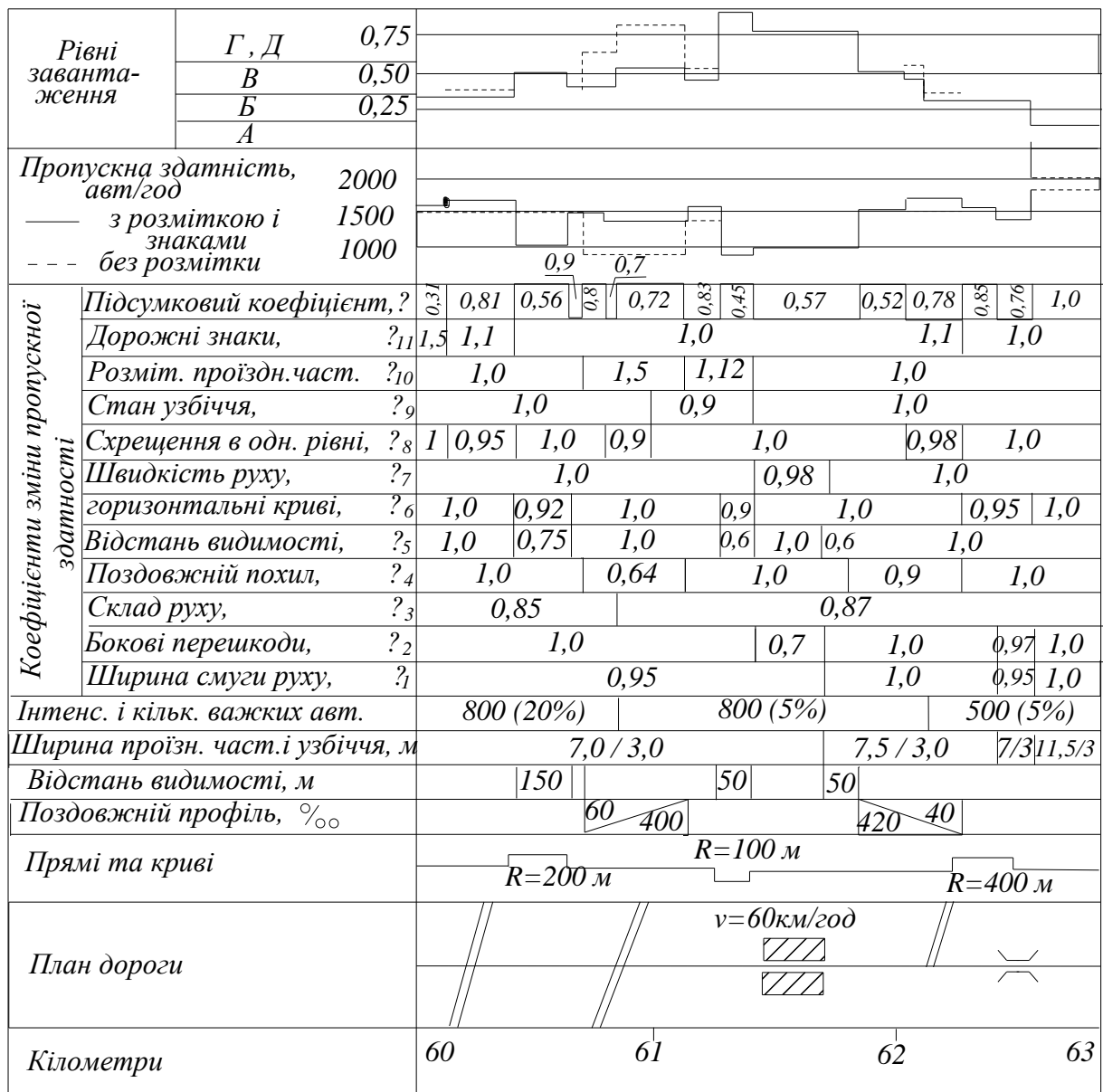


Рисунок 10.1 – Графік пропускної здатності дороги і коефіцієнта завантаження рухом

Практичну пропускну здатність – максимальну кількість автомобілів, яку може пропустити ділянка з конкретними дорожніми умовами за одиницю часу визначають за формулою

$$D = \frac{D_{\max} \beta_{\text{вд}}}{\sum_{i=1}^n \hat{E}_{i\text{д}} \cdot \psi_i}, \quad (10.6)$$

де P_{\max} – максимальна практична пропускна здатність еталонної ділянки: горизонтальної, прямолінійної в плані, з проїзною частиною, яка має на менше двох смуг руху шириною по 3,75 м, з сухих шорстким покриттям, з відстанню

видимості не менше 800 м, для транспортного потоку, щр складається тільки із легкових автомобілів;

n – кількість типів автомобілів в складі транспортного потоку;

$K_{np.i}$ – коефіцієнт приведення автомобіля i -го типу до легкового автомобіля (див. табл. 1.1)

Ψ_i – доля автомобілів i -го типу в складі транспортного потоку;

$\beta_{n\dot{d}c}$ – підсумковий коефіцієнт зниження пропускної здатності, рівний добутку часткових коефіцієнтів, які визначаються за табл. 10.5 – 10.18 в залежності від характеристик дорожніх умов і складу транспортного потоку:

$$\beta_{i\ddot{a}\ddot{n}} = \prod_{\dot{z}=1}^{15} \beta_{\dot{z}}. \quad (10.7)$$

Практичну пропускну здатність P_{max} приймають: для двосмугових доріг – 2000 авт/год, для три смугових доріг – 4000 авт/год. Для багато смугових автомобільних доріг, у яких рух за смугами розподіляється нерівномірно, P_{max} визначають як суму пропускних здатностей окремих смуг:

$$D_{max} = 2 \sum_{j=1}^m P_j, \quad (10.8)$$

де m – кількість смуг руху в кожному напрямку;

P_j – пропускна здатність j -ї смуги руху:

$$P_j = \frac{\beta_{\hat{e}} \beta_{\dot{i}} (1700 + 66,6b - 9,54\psi_{\dot{o}j} - 6,84I)}{\sum_{i=1}^n \hat{E}_{i\ddot{o}} \cdot \psi_{ij}}, \quad (10.9)$$

де β_k – коефіцієнт, що враховує вплив радіусів кривих в плані, який рекомендується приймати рівним 0,85 при радіусах менше 1000 м і 1,0 – при більших значеннях радіусів (вводиться в формулу тільки при визначенні P_j лівої смуги руху на кривій);

β_n – коефіцієнт, що враховує вплив схрещення доріг в різних рівнях і визначається за табл. 10.19;

b – ширина смуги руху, м;

$\psi_{\tau j}$ – доля важких вантажних автомобілів і автобусів, %;

I – поздовжній похил, ‰;

Ψ_{ij} – доля автомобілів i -го типу в складі потоку по j -й смузі руху, долі од.

Дані про розподіл інтенсивностей і складу руху за окремими смугами можуть бути в першому наближенні взяті із табл. 10.20.

Коефіцієнт завантаження дороги рухом визначається за формулою

$$z = N_{\ddot{a}\ddot{a}} / D, \quad (10.10)$$

де N_{zod} – розрахункова годинна інтенсивність руху, авт./год:

$$N_{\ddot{a}\ddot{a}} = 0,076 N; \quad (10.11)$$

N – середньорічна добова інтенсивність руху, авт./год.

При розробленні проектів автомобільних доріг доцільно, щоб значення коефіцієнта завантаження знаходились в межах 0,3 – 0,65 при новому будівництві і 0,5 – 0,75 при реконструкції існуючих доріг.

Внаслідок зміни дорожніх умов за довжиною дороги відбувається також зміна пропускної здатності дороги. Для її характеристики доцільно будувати лінійний графік зміни пропускної здатності дороги і коефіцієнта завантаження рухом (рис. 10.1).

Таблиця 10.5 – Коефіцієнт β_1

Ширина смуги руху, м	Значення коефіцієнта β_1 для проїзної частини	
	багатосмугової	двохсмугової
<3	0.9	0.85
3.5	0.96	0.9
$\geq 3,75$	1,0	1,0

Таблиця 10.6 – Коефіцієнт β_2

Ширина узбіччя, м	3,75	3,0	2,5	2,0	1,5
Значення коефіцієнта β_2	1,0	0,97	0,92	0,8	0,7

Таблиця 10.7 – Коефіцієнт β_3

Відстань від крайки проїзної частини до бокової перешкоди в межах узбіччя, м	Бокові перешкоди з однієї сторони			Бокові перешкоди з обох сторін		
	Значення коефіцієнта β_3 при ширині смуги руху, м					
	3,75	3,5	3,0	3,75	3,5	3,0
2,5	1,00	1,00	0,98	1,00	0,98	0,96
2,0	0,99	0,99	0,95	0,98	0,97	0,93
1,5	0,97	0,95	0,94	0,96	0,93	0,91
1,0	0,95	0,90	0,87	0,91	0,88	0,85
0,5	0,92	0,83	0,80	0,88	0,78	0,75
0	0,85	0,78	0,75	0,82	0,73	0,70

Таблиця 10.8 – Коефіцієнт β_4

Кількість ав-топоїздів в потоці, %	Значення коефіцієнта β_4 при долі легких і середніх вантажних автомобілів, %				
	10	20	50	60	70
1	0,99	0,98	0,94	0,90	0,86
5	0,97	0,96	0,94	0,88	0,84
10	0,95	0,93	0,88	0,85	0,81
15	0,92	0,90	0,85	0,82	0,78
20	0,90	0,87	0,82	0,79	0,76
25	0,87	0,84	0,79	0,76	0,73
30	0,84	0,81	0,76	0,72	0,70

Таблиця 10.9 – Коефіцієнт β_5

Поздовжній похил, ‰	Довжина підйому, м	Значення коефіцієнта β_5 при долі автомобільних поїздів в потоці, %			
		2	5	10	15
20	200	0,98	0,97	0,94	0,89
	500	0,97	0,94	0,92	0,87
	800	0,96	0,92	0,90	0,84
30	200	0,96	0,95	0,93	0,86
	500	0,95	0,93	0,91	0,83
	800	0,93	0,90	0,88	0,80
40	200	0,93	0,90	0,86	0,80
	500	0,91	0,88	0,83	0,76
	800	0,88	0,85	0,80	0,72
50	200	0,90	0,85	0,80	0,74
	500	0,86	0,80	0,75	0,70
	800	0,82	0,76	0,71	0,64
60	200	0,83	0,77	0,70	0,63
	500	0,77	0,71	0,64	0,55
	800	0,70	0,63	0,53	0,47
70	200	0,75	0,68	0,60	0,55
	300	0,63	0,55	0,48	0,41

Таблиця 10.10 – Коефіцієнт β_6

Відстань видимості, м	<50	50–100	100–150	150–250	250–350	>350
Значення коефіцієнта β_6	0,69	0,73	0,84	0,90	0,98	1,0

Таблиця 10.11 – Коефіцієнт β_7

Радіус кривої в плані, м	<100	100–250	250–450	450–600	>600
Значення коефіцієнта β_7	0,85	0,90	0,96	0,99	1,0

Таблиця 10.12 – Коефіцієнт β_8

Обмеження швидкості руху, км/год	10	20	30	40	50	60
Значення коефіцієнта β_8	0,44	0,76	0,88	0,96	0,98	1,0

Таблиця 10.13 – Коефіцієнт β_9

Доля авто- мобілів, ви- конуючих лівий пово- рот, %	Примикання			Схрещення		
	Значення β_9 при ширині проїзної частини основної дороги, м					
	7,0	7,5	10,5	7,0	7,5	10,5
1	2	3	4	5	6	7
Необладнані						
0	0,97	0,98	1,0	0,94	0,95	0,98
20	0,85	0,87	0,92	0,82	0,83	0,91
40	0,73	0,75	0,83	0,70	0,71	0,82
60	0,60	0,62	0,75	0,57	0,58	0,73
80	0,45	0,47	0,72	0,41	0,41	0,70

Продовження табл. 10.13

1	2	3	4	5	6	7
Частково каналізовані з острівцями безпеки без перехідно-швидкісних смуг						
0	1,0	1,0	1,0	0,98	0,99	1,0
20	0,97	0,98	1,0	0,98	0,97	0,99
40	0,93	0,94	0,97	0,91	0,92	0,97
60	0,87	0,88	0,93	0,84	0,85	0,93
80	0,87	0,88	0,92	0,84	0,85	0,92
Повністю каналізовані						
0 – 60	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	0,97	0,98	0,99	0,95	0,97	0,98

Таблиця 10.14 – Коефіцієнт β_{10}

Тип укріплення і стан узбіччя	Значення коефіцієнта β_{10}
Удосконалене покриття	1,0
Укріплення щебенем	0,99
Дернови газон	0,95
Сухі неукріплені	0,90
Мокрі грязні	0,45

Таблиця 10.15 – Коефіцієнт β_{11}

Тип покриття	Значення коефіцієнта β_{11}
Шорстке асфальтобетонне, чорне щебеневе	1,0
Гладке асфальтобетонне	0,91
Збірне бетонне	0,86
Бруківка	0,42
Грунтова дорога в хорошому стані	0,90
Грунтова дорога розмокла	0,1 – 0,3

Таблиця 10.16 – Коефіцієнт β_{12}

Спосіб відділення майданчиків відпочинку, АЗС, майданчиків для стоянки від основної проїзної частини дороги	Значення коефіцієнта β_{12}
Повне відділення, спеціальна смуга для виїзду	1,0
Повне відділення, є відгін ширини	0,98
Повне відділення, без смуг і відгону	0,80
Без відділення	0,64

Таблиця 10.17 – Коефіцієнт β_{13}

Засоби організації руху	Значення коефіцієнта β_{13}
Осьова розмітка	1,02
Осьова і крайова розмітка	1,05
Двійна осьова розмітка	1,12
Знак обмеження максимальної швидкості	$\beta_{14} = \beta_8$
Показники смуг руху	$\beta_{14} = \beta_8$

Таблиця 10.18 – Коефіцієнт β_{15}

Доля автобусів в потоці, %	Значення коефіцієнта β_{15} при долі легкових автомобілів в потоці, %					
	70	50	40	30	20	10
1	0,82	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68
5	0,80	0,75	0,72	0,71	0,69	0,66
10	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
15	0,75	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64
20	0,73	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62
30	0,70	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60

Таблиця 10.19 – Коефіцієнт β_p

Тип перехідно-швидкісних смуг	Інтенсивність руху на з'їзді, % від інтенсивності на автомагістралі	Значення коефіцієнта β_p для смуги	
		правої	лівої
Відділення розділювальною смугою від основної проїзної частини звичайного типу	10 – 25	0,95	1,00
	25 – 40	0,90	0,95
	10 – 25	0,88	0,95
	25 – 40	0,83	0,90
Без перехідно-швидкісних смуг	10 – 25	0,80	0,90
	25 – 40	0,75	0,80

Таблиця 10.20 – Склад потоку за окремими смугами

Доля легкових автомобілів в потоці, %	Доля автомобілів на правій смузі, %		Доля автомобілів на лівій смузі, %	
	легкових	вантажних	легкових	вантажних
20	7 – 10	90 – 93	30 – 35	65 – 70
40	24 – 30	70 – 76	50 – 55	45 – 50
60	38 – 45	55 – 62	65 – 70	30 – 35
80	74 – 84	16 – 26	80 – 85	15 – 20

При цьому рекомендується наступний порядок:

виділяють окремі елементи дороги з урахуванням зони їх впливу, довжину якої приймають за табл. 10.21;

виписують значення часткових коефіцієнтів зниження пропускної здатності $\beta_1 \dots \beta_{15}$ (див табл. 10.5 – 10.18) чи β_k, β_p ;

розбивають всю довжину дороги на однорідні ділянки, в межах яких зберігаються постійними значення усіх часткових коефіцієнтів зниження пропускної здатності;

для кожної із однорідних ділянок за формулою (10.6) чи (10.7) розраховують пропускну здатність і за формулою (10.10) – коефіцієнт завантаження рухом;

будують графік зміни пропускної здатності і коефіцієнта завантаження вздовж дороги;

на графіку виділяють ділянки, де коефіцієнт завантаження перевищує допустимі значення;

для вирішення питань доцільного корегування проектного рішення на ділянках з недостатньою пропускну здатністю рекомендується аналізувати гра-

фік зміни пропускної здатності разом з графіками коефіцієнтів аварійності і безпеки.

Таблиця 10.21 – Вплив елементів дороги і навколишньої обстановки на пропускну здатність

Елементи, що впливають	Довжина зони впливу, м
Населені пункти	300
Ділянки підйомів довжиною до 200 м	350
Те саме довжиною більше 200 м	650
Криві в плані радіусом більше 600 м	100
Те саме менше 600 м	250
Ділянки з видимістю менше 100 м	150
Те саме 100 – 350 м	100
Те саме 350 – 600 м	50
Схрещення в одному рівні	600

10.4 Оцінка варіантів автомобільних доріг за мірою небезпеки руху

Міру небезпеки окремих ділянок дороги характеризують підсумковим коефіцієнтом аварійності, який представляє собою добуток часткових коефіцієнтів, враховуючих вплив окремих елементів плану і профілю:

$$\hat{E} = \prod_{z=1}^{18} \hat{E}_z, \quad (10.12)$$

де $K_1, K_2, K_3, \dots, K_{18}$ – часткові коефіцієнти, які представляють собою кількість пригод при тому чи іншому значенні елемента і профілю в порівнянні з еталонною горизонтальною прямою ділянкою дороги, яка має проїзну частину шириною 7 – 7,5 м і укріплені широкі узбіччя.

Метод коефіцієнтів аварійності ґрунтується на узагальнюванні даних статистики дорожньо-транспортних пригод. Він особливо зручний для аналізу ділянок доріг, що знаходяться в експлуатації і підлягають реконструкції, проте широко використовується і для оцінки відносної небезпеки окремих ділянок доріг при їх проектуванні.

Часткові коефіцієнти аварійності мають значення, наведені в табл. 10.22 – 10.37.

Таблиця 10.22 – Коефіцієнт K_I для дво- і трисмугових доріг

Інтенсивність руху, тис. авт./добу	0,5	1	3	5	7	9	11	13	15	20
K_I (двосмугові дороги)	1,4	1,1	0,75	1,0	1,3	1,7	1,8	1,5	1,0	0,6
K_I (двосмугові дороги з розміткою на три смуги руху)	–	–	0,65	0,75	1,9	0,96	1,25	1,5	1,3	1,0
K_I (те саме з розміткою на дві смуги)	–	–	0,94	1,18	1,28	1,37	1,51	1,63	1,45	1,25

Таблиця 10.23 – Коефіцієнт K_1 для дво- і трисмугових доріг

Інтенсивність руху, тис. авт./добу	11–14	14–17	17–20	20–23	23–26	26–29	29–32
K_1 (чотири смуги руху і більше)	1,0	1,1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,4

Таблиця 10.24 – Коефіцієнт K_2

Ширина прїзної частини, м	4,5	5,5	6,0	7,0	7,5	9,0	14–15	14–15*
K_2 при укріпленому узбіччі	2,2	1,5	1,35	1,05	1,0	0,8	0,6	0,5
K_2 при неукріпленому узбіччі	4,0	2,75	2,5	1,75	1,5	1,0	0,8	0,7

Таблиця 10.25 – Коефіцієнт K_3

Ширина узбіччя, м	0,5	1,5	2,0	3,0	4,0
K_3 (двосмугові дороги)	2,2	1,4	1,2	1,0	0,8
K_3 (трисмугові і чотири-смугові дороги)	1,37	0,73	0,65	0,439	0,35

Таблиця 10.26 – Коефіцієнт K_4

Прздовжній похил, ‰	20	30	50	80	90	100	120
K_4	1,0	1,25	2,5	3,0	3,1	2,9	2,5

Таблиця 10.27 – Коефіцієнт K_5

Радіус кривих в плані, м	20	40	50	100	150	200–300	400–600	1000–2000	>2000
K_5 (рівнинні та передгірські ділянки)	–	–	10	5,4	4,0	2,25	1,6	1,25	1,0
K_5 (гірсько-долинні ділянки)	2,7	2,2	1,9	1,3	1,0				
K_5 (перевальні ділянки)	3,0	2,5	2,1	1,6	1,0				

Таблиця 10.28 – Коефіцієнт K_6

Видимість проїзної частини, м	30	50	100	150	200	250	350	400	500
K_6 (в плані): рівнинні та передгірські ділянки	–	3,6	3,0	2,7	2,5	2,0	1,45	1,2	1,0
гірсько-долинні ділянки	2,0	1,5	1,2	1,0	–	–	–	–	–
перевальні ділянки	2,0	1,5	1,2	1,0	–	–	–	–	–
K_6 (в поздовжньому профілі): рівнинні та передгірські ділянки	–	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0
гірсько-долинні ділянки	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	–	–	–	–
перевальні ділянки	2,0	1,8	1,5	1,3	1,0	–	–	–	–

Таблиця 10.29 – Коефіцієнт K_7

Ширина проїзної частини моста по відношенню до проїзної частини дороги	Менше на 1 м	Рівна	Більше на 1 м	Більше на 2 м	Рівна ширині земляного полотна
K_7	6,0	3,0	2,0	1,5	1,0

Таблиця 10.30 – Коефіцієнт K_8

Довжина прямої ділянки, км	≤ 3	5	10	15	20	≥ 25
K_8	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2,0

Таблиця 10.31 – Коефіцієнт K_9

Кількість смуг руху	2	3 (без розмітки)	3 (з розміткою)	4 (без розділювальної смуги)	4 (з розділювальною смугою)
K_9	1,0	1,5	0,9	0,8	0,65

Таблиця 10.32 – Коефіцієнт K_{10}

Ширина розділювальної смуги, м	1	2	3	5	10	15
K_{10}	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,4

Таблиця 10.33 – Коефіцієнт K_{11}

Тип схрещення	В різних рівнях	Кільцеві	В одному рівні при інтенсивності руху по дорозі, що пересікається, % від сумарної на двох дорогах		
			≤ 10	10 – 20	≥ 20
K_{11}	0,35	0,70	1,5	3,0	4,0

Таблиця 10.34 – Коефіцієнт K_{12}

Схрещення в одному рівні про інтенсивності руху по основній дорозі, тис. авт./добу	$< 1,6$	1,6 – 3,5	3,5 – 5	> 5
K_{12}	1,5	2,0	3,0	4,0

Таблиця 10.35 – Коефіцієнт K_{13}

Видимість схрещення в одному рівні з основної дороги, м	≥ 60	60 – 40	40 – 30	30 – 20	≤ 20
K_{13}	1,0	1,1	1,65	2,5	5,0

Таблиця 10.36 – Коефіцієнт K_{14}

Відстань від крайки проїзної частини до забудови або зелених насаджень, м	≥ 50 (забудова з однієї сторони дороги)	50 – 20 (забудова з однієї сторони, є тротуар)	50 – 20 (забудова з двох сторін, є тротуар і смуга місцевого руху)	20 – 10	≤ 10 (є тротуар)	≤ 10 (є смуга місцевого руху)
K_{14}	1,0	1,25	2,5	5,0	7,5	10

Таблиця 10.37 – Коефіцієнт K_{15}

Довжина малого населеного пункту, через який проходить дорога, км	0,5	1	2	3	5	6
K_{15}	1,0	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0

Таблиця 10.38 – Коефіцієнт K_{16}

Довжина ділянок підходів до населених пунктів, км	$\leq 0,2$	0,2 – 0,6	0,6 – 1,0	> 1
K_{16}	2,0	1,5	1,2	1

Таблиця 10.39 – Коефіцієнт K_{17}

Відстань від крайки проїзної частини до споруди, стовпа чи дерева поблизу дороги, м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	$\geq 5,0$
K_{17}	2,0	1,75	1,4	1,2	1,1	1,0
Те ж саме для яруги глибиною більше 5 м, м						
K_{17}	4,3	3,7	3,2	2,75	2,0	1,0
K_{17}	2,2	2,0	1,85	1,75	1,4	1,0

Таблиця 10.40 – Коефіцієнт K_{18}

Стан покриття	Слизьке гязне	Слизьке	Сухе чисте	Шорстке	Дуже шор- стке
Коефіцієнт зчеплення	0,2 – 0,3	0,4	0,6	0,7	0,75
K_{18}	2,5	2,0	1,3	1,0	0,75

Часткові коефіцієнти аварійності встановлюють на основі плану і профілю дороги, що проектується, чи лінійного графіка ділянки існуючої дороги. При побудові графіків підсумкових коефіцієнтів аварійності (рис. 10.2) будують план і поздовжній профіль дороги з виділенням у них усіх елементів, для яких повинні бути визначені часткові коефіцієнти аварійності (поздовжні похили, вертикальні криві, криві в плані, мости, населені пункти, дороги, які пересікає проектувана дорога, пішохідні стежки тощо). В спеціальній графі відмічають місця з недостатньою видимістю і її фактичні значення. Масштаб плану і профілю приймають в залежності від складності ситуації.

План і профіль дороги аналізують за кожним із показників, виділяючи однорідні ділянки, для кожної із яких визначають коефіцієнт аварійності. Значення коефіцієнтів записують у відповідні графи. Вплив кожного небезпечного місця розповсюджується і на прилеглі ділянки, для яких приймають такі самі значення коефіцієнтів. Розміри зон впливу наведені в табл. 10.41. Якщо на якій небудь ділянці проявляється вплив кількох факторів, приймається значення тільки найбільшого із коефіцієнтів.

Підсумковий коефіцієнт аварійності визначають послідовно, перемножуючи часткові коефіцієнти. Для наглядності в спеціальній графі лінійного графіка будують епюру підсумкових коефіцієнтів, піки яких характеризують ділянки, найбільш небезпечні у відношенні можливості дорожньо-транспортних пригод.

В проектах нових доріг не слід допускати ділянки, для яких підсумковий коефіцієнт аварійності перевищує 10 – 15. Місця з коефіцієнтом аварійності більше 15 слід перепроєктувати, ліквідувавши елементи, що викликають велике значення коефіцієнта аварійності.

В проектах капітального ремонту чи реконструкції доріг в умовах горбистого рельєфу місцевості необхідно перебудову ділянок з коефіцієнтами аварійності більше 20 – 40 в залежності від місцевих умов. Організаціям дорожньо-експлуатаційної служби рекомендується: наносити розмітку проїзної частини, що забороняє обгін з виїздом на смугу зустрічного руху, при коефіцієнті аварійності більше 10 – 20; забороняти обгін і обмежувати швидкість руху при коефіцієнтах аварійності, перевищуючих 20 – 40.

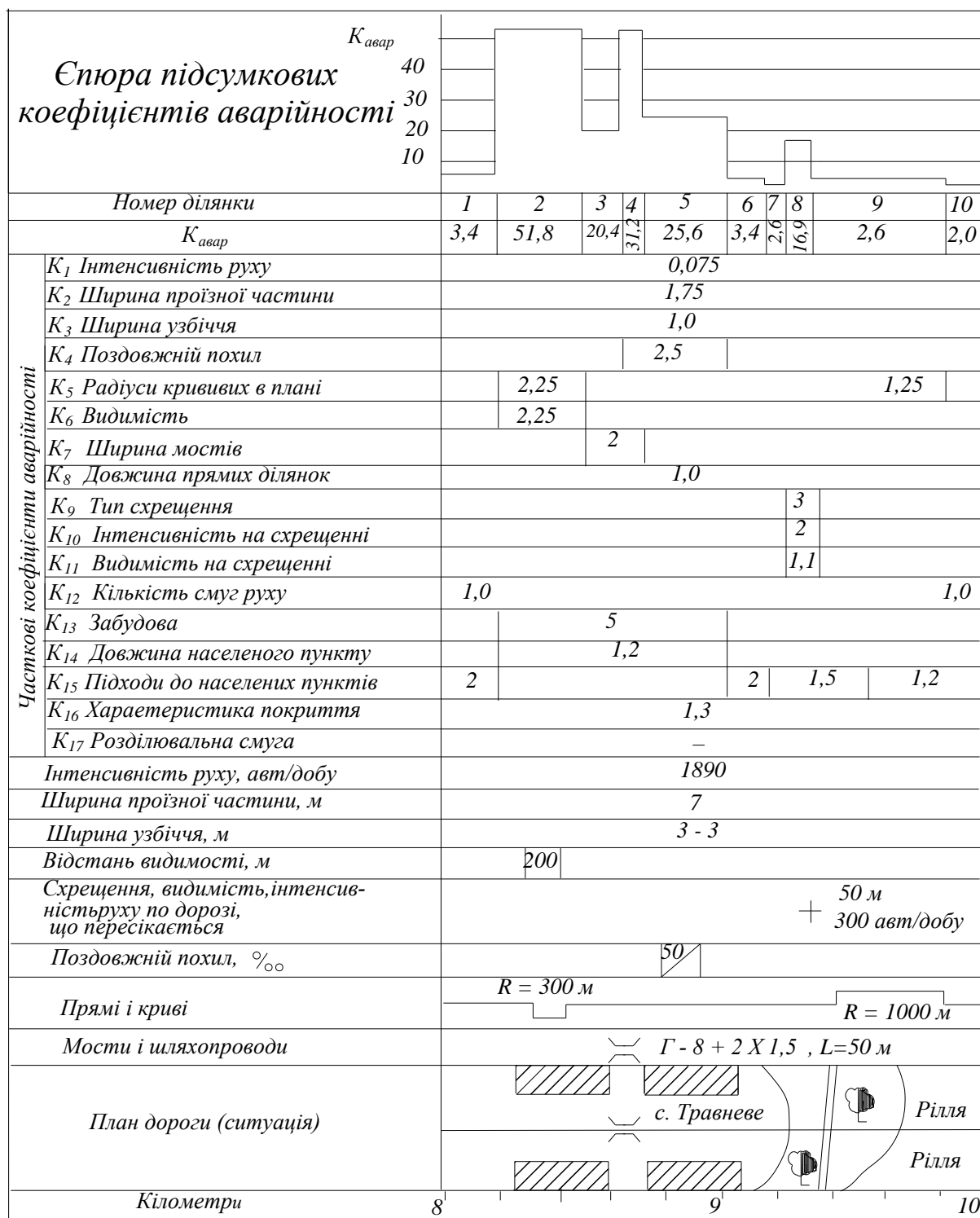


Рисунок 10.2 – Приклад графіка підсумкових коефіцієнтів аварійності

Таблиця 10.41 – Зони впливу небезпечних ділянок

Елементи дороги	Зона впливу, м
Підйоми, спуски	100 від вершини підйому, 150 від підосви спуску
Перехрестя в одному рівні	50
Криві в плані із забезпеченою видимістю, при радіусах більше 50 м	50
Криві в плані із незабезпеченою видимістю, при радіусах менше 50 м	100
Мрсти і шляхопроводи	75
Підходи до тунелів	150
Перешкоди і глибокі обриви поблизу від дороги	75

При проведенні заходів щодо підвищення безпеки руху важливо провести в першу чергу реконструкцію найбільш небезпечних ділянок дороги. При цьому для ділянок з рівними значеннями коефіцієнтів аварійності необхідно додатково врахувати важкість дорожньо-транспортних пригод на них.

Для цього будують графік коефіцієнтів аварійності з введенням додаткових коефіцієнтів важкості пригод [10]. Це дає можливість виявити найбільш небезпечні ділянки і відкорегувати заходи щодо підвищення безпеки руху на них.

10.5 Виявлення небезпечних місць методом коефіцієнтів безпеки

Коефіцієнтом безпеки називають відношення швидкості руху, що забезпечується тою чи іншою ділянкою дороги, до максимальної швидкості, яка може бути розвинута на попередній ділянці:

$$\hat{E}_{\text{ддс}} = \frac{v_{\text{д}}}{v_{\text{ма}}}, \quad (10.13)$$

де $v_{\text{д}}$ – швидкість руху, що забезпечується на даній ділянці дороги;

$v_{\text{ма}}$ – максимальна швидкість, яка може бути розвинута на попередній ділянці дороги.

Швидкості, що забезпечуються тою чи іншою ділянкою дороги в поздовжньому профілі, визначають для легкового автомобіля, який прийнято за розрахунковий, за формулою нерівномірного руху автомобіля [11]. Розрахунок ведуть на ЕОМ за спеціальними програмами або з використанням допоміжних таблиць. Швидкості на кривих в плані і поздовжньому профілі розраховують за звичайними формулами для визначення радіусів.

Для кожної ділянки дороги будують графіки для обох напрямків руху. Якщо умоаи руху по дорозі в різних напрямках сильно відрізняються, графік можна будувати тільки для того напрямку, на якому може бути розвинута найбільша швидкість.

При розрахунках швидкості не приймають до уваги місцеві обмеження, які накладаються вимогами правил дорожнього руху (обмеження швидкості в населених пунктах, на залізничних переїздах, на схрещеннях з іншими дорога-

ми, на кривих малих радіусів, в зонах дії дорожніх знаків тощо). В кінці кожної ділянки визначають максимальну швидкість, яка може бути розвинута на ній, без урахування можливості руху з нею на нступних ділянках.

На основі отриманих даних будують графік зміни за довжиною дороги коефіцієнтів безпеки (рис. 10.3).

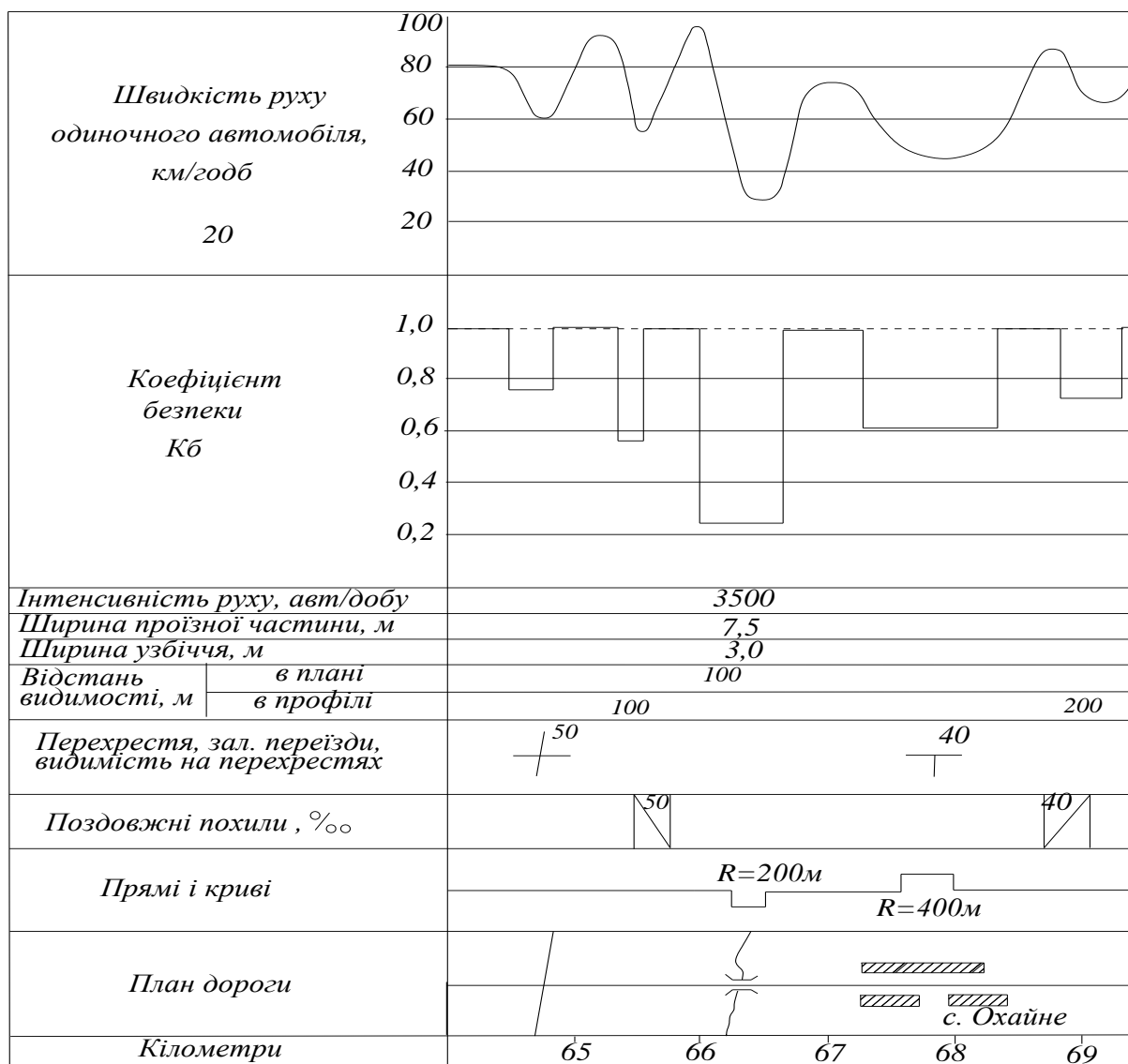


Рисунок 10.3 – Лінійний графік коефіцієнтів безпеки

За мірою безпеки ділянки дороги оцінюють виходячи із значення коефіцієнтів безпеки (табл.. 10.42).

Таблиця 10.42 – Характеристика умов руху

Коефіцієнт безпеки	≤0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	≥0,8
Характеристика умов руху на ділянці	Дуже небезпечні	Небезпечні	Малонебезпечні	Практично безпечні

В проектах нових доріг не допускаються ділянки зі значенням коефіцієнта безпеки менше 0,8. при реконструкції і капітальному ремонті існуючих ділянок автомобільних доріг слід перепроєктовувати ділянки зі значенням коефіцієнтів безпеки менше 0,6.

11 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ПРОЕКТУВАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

11.1 Загальні положення

Охорона навколишнього середовища є однією із найважливіших і актуальних проблем. Вона набула загальнодержавного значення. Усі рішення уряду з охорони навколишнього середовища повинні знаходити своє утілення і в проектах автомобільних доріг.

За площею земельних угідь, які вони займають, дороги виділяються із інших інженерних споруд. Тільки на будівництво 1 км сучасної автомобільної магістралі потрібно до 10 га площі. Додаткова територія потрібна для розміщення глибоких виїмок і високих насипів, транспортних розв'язок, споруд обслуговування руху і будівель дорожньої і автотранспортної служби, снігозахисних споруд, струмененапрямних дамб і траверс, нагірних каналів, зрізок ґрунту і вирубки лісу для забезпечення видимості, автобусних зупинок з павільйонами.

На період будівництва відводяться землі, необхідні для розміщення тимчасових споруд, відвалів рослинного ґрунту і прїзду транспортних засобів. Багато місця вимагають бокові резерви, які не допускається влаштовувати на цінних сільськогосподарських землях, на земельних ділянках з багаторічними плодовими насадженнями і виноградниками. Вилучення із сільськогосподарського використання земельної площі – найбільш важливий фактор впливу доріг на навколишнє середовище [19]. Лишнього відведення земель слід запобігати і тому, що вони служать росадником бур'янів. Між власне земляним полотном дороги і сільськогосподарськими угіддями чи лісом не повинно бути запущеної перехідної зони.

Збереження при будівництві дороги сільськогосподарських угідь і заповідних місць досягається в першу чергу старанним трасуванням і обходом їх границь. Зменшити розміри площі відведення можна шляхом вибору раціональних рішень – скороченням довжини і висоти насипів, глибини виїмок, збільшенням крутизни укосів, зменшення кількості транспортних розв'язок.

Землі, що відводяться на період будівельних робіт під резерви, тимчасові споруди, під'їзні шляхи, належать поверненню землекористувачам тільки після їх рекультивації.

Будівництво дороги завжди змінює екологічну рівновагу місцевості. Особливо грубі порушення навколишнього середовища відбуваються, якщо проектні рішення не враховують місцеві кліматичні умови району. Так, наприклад, в заболочених районах будівництво доріг часто порушує поверхневий стік і фільтрацію води в товщі торфу. З нагірної сторони можливі застої води, які підсилюють процеси заболочення. В районах, що висушуються, система дорожнього водовідведення на болотах повинна включатись в єдину меліоративну систему і враховувати оптимальний водний режим, що встановлюється на заболоченому масиві.

В лісостепових і степових районах негативний вплив доріг на навколишнє середовище проявляється в основному в порушенні принципів ландшафтної

композиції дороги, тобто розміщення траси між лісними масивами, цінність яких для ландшафту тим вище, чим рідше вони зустрічаються. Прорізання дорогою невеликих дібров або розчистка лісу на його краю, порушує мікроклімат, що склався в них, і може привести до висихання дерев, які межують з дорогою.

В степових і лісостепових районах дороги можуть стати причиною розвитку процесів ерозії – змиву рослинного шару і утворення ярів біля місць зосередженого скидання води з дороги. Забруднення води мулом внаслідок ерозії ґрунтів так замулює воду, що водна рослинність і планктон гинуть в результаті їх нездатності в таких умовах до фотосинтезу органічної поживи, а це, в свою чергу, знижує рівень кисню у воді і приводить до масової загибелі промислової риби і інших організмів, які служать їм їжею. Там, де в смузі прокладання дороги є ставки, їх слід зберігати. Для цього траса поєднується з існуючою греблею або ставком перетинається естакадою, щоб не поміняти побутові умови. При перетині дорогою водотоку чи суходолу вище ставка чи водосховища в проекті водопропускної споруди передбачаються заходи проти замулювання ставка. У верхньому б'єфі споруди влаштовуються решітки і наносоуловлювачі у вигляді прямиків перед входом в трубу.

Дороги слід включати в комплексну з сільським господарством систему протиерозійних заходів з улаштуванням придорожніх водосховищ, що зберігають ландшафт і використовуються для відпочинку і сільськогосподарських цілей.

В засушливих піщаних пустинях будівництво автомобільної дороги часто викликає переміщення пісків, слабо закріплених бідною рослинністю, яка знищується на придорожній смузі при будівництві. Продумані проектні рішення можуть сприяти закріпленню піщаного рельєфу.

В гірських районах схили звично складаються із скальних порід, прикритих продуктами вивітрювання, які часто знаходяться в стані граничної рівноваги. При будівництві дороги змінюється навантаження на ці схили, відбувається їх підрізання, що активізує зсувні явища. Тому в проектах передбачаються заходи з підвищення стійкості схилів: улаштування роздільного полотна автомагістралей і ступінчастого розташування проїзних частин; заміна високих насипів естакадами; осушування зсувних масивів; улаштування підпірних стінок; закріплення зсувних масивів спаями тощо.

Для дорожнього будівництва охорона навколишнього середовища особливо актуальна тому, що після здачі дороги в експлуатацію місця, які раніше приваблювали до себе тільки небагато чисельних жителів населених пунктів, що прилягають до дороги, становляться доступними великій кількості людей. Це вимагає відображення в проектах принципів технічної естетики – створення прийнятих умов сприйняття дороги і придорожньої обстановки водіями і пасажирами, а також заходів з захисту придорожньої смуги від усіх порушень, які можливі при скупченні на ній великої кількості людей.

Важливою задачею охорони навколишнього середовища є відведення і очищення води, що стікає з проїзної частини. Зливовий, талий і поливально-мийний стік забруднений речовинами неорганічного і органічного походження: нафтопродуктами, твердими частинками із відпрацьованих газів, протижелед-

ними солями, пилом, мастилами, частинками ґрунту, що приносяться автомобілями з навколишньої території. Усе це наносить істотну шкоду водоймищам та землям, що оточують дорогу, в які стічні води усмоктовуються. Для очищення води, що стікає з майданчиків і стоянок автомобілів через зливову каналізацію в систему водостоків, влаштовують грязеві уловлювачі і відстійники. Їх проєктують в водоохоронних зонах поблизу АЗС, СТО, стоянок автомобілів, місць миття і в інших місцях, де є стік з підвищеним вмістом шкідливих домішок.

Побудова дороги відображається і на умовах життя тваринного світу. Дорога, пересікаючи ліс, порушує привичні шляхи переміщення тварин до місць харчування та водопою. В результаті складається небезпека важких пригод при наїздах на тварин, що несподівано вибігають на дорогу, а при перетині заповідників, крім того, порушуються необхідні для розведення тварин природних умов їх проживання. Тому для збереження єдності масива передбачаються оголодження дороги, заміна труб мостами і влаштовуються переходи під насипами.

Таким чином, до комплексу проблем захисту навколишнього середовища відноситься охорона ландшафту, рослинного і тваринного світу, пам'ятників історії і культури народів; боротьба з шумом, забрудненням повітря, ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод; попередження ерозії, зниження потреби в ґрунті для зведення насипів; повноти обслуговування руху з наменшою в той же час шкодою для навколишнього середовища, а також облаштування придорожньої смуги. Одним із основних способів охорони навколишнього середовища і в той же час підвищення якості доріг становиться архітектурно-ландшафтне проєктування, яке призване упорядкувати взаємозв'язок елементів дороги один з одним і з елементами ландшафту. Його основний напрямок – просторове клотодне трасування, уписування дороги в ландшафт і зорове орієнтування. Питання охорони навколишнього середовища необхідно розглядати на усіх етапах розробки проєкту дороги: від трасування до проєктування окремих конструктивних елементів.

11.2 Визначення степені забруднення придорожньої смуги сполуками свинцю

Одним із компонентів, що забруднюють придорожню смугу в наслідок дії вихлопних газів автомобільних двигунів, які працюють на етилованому бензині, є сполуки свинцю, що відносяться до речовин підвищеної токсичності. Діючі санітарні норми допускають збільшення концентрації свинцю в ґрунті в порівнянні з природним фоновим вмістом не більше ніж на 20 мг/кг.

До основних факторів, що визначають степінь забруднення придорожньої смуги свинцем, відносяться: кількість автомобілів, що проїхали по дорозі за період її експлуатації, склад транспортного потоку, режими руху автомобілів, питомі витрати палива автомобілями, робочі відмітки земляного полотна, наявність придорожньої рослинності, кліматичні особливості, перш за все напрямки і швидкість домінуючих вітрів по відношенню до напрямку траси дороги на ділянці, що розглядається.

Для розрахунки ширини розташованої поряд з дорогою смуги (зони), в межах якої за період експлуатації дороги T років концентрація свинцю в ґрунті становиться вище допустимого значення, може бути використана формула, запропонована Р. Х. Ізмайловим [10]:

$$\hat{A} = \hat{A}_i \hat{E}_a \hat{E}_o \hat{E}_i \hat{E}_a, \quad (11.1)$$

де B_o – ширина смуги забруднення в еталонних умовах, які характеризуються наступними параметрами: кількість автомобілів, що проїхали по дорозі, 41 млн. одиниць, швидкість вітру рівна 0, висота насипу 1 м, середні витрати бензину одним автомобілем 25,27 кг/100 км ($B_o = 6,72$ м);

K_a – коефіцієнт, який враховує кількість автомобілів із карбюраторними двигунами, що проїхали по дорозі за розрахунковий період T років, який визначається за табл. 11.1 в залежності від відношення кількості автомобілів, що проїхали, N до еталонної кількості N_{em} (41 млн.);

K_m – коефіцієнт, який призначається за табл. 11.2 в залежності від відношення питомих витрат бензину в розрахункових q і еталонних q_{em} умовах;

K_n – коефіцієнт, який враховує вплив висоти земляного полотна на розподіл свинцю в ґрунтах придорожньої смуги (табл. 11.3);

Таблиця 11.1 – Коефіцієнт K_a

N/N_{em}	K_a	N/N_{em}	K_a	N/N_{em}	K_a
0,25	0,12	1,0	1,0	1,75	2,36
0,5	0,34	1,25	1,41	2,0	2,9
0,75	0,64	1,5	1,86	3,0	5,42

Таблиця 11.2 – Коефіцієнт K_m

q/q_{em}	K_m	q/q_{em}	K_m	q/q_{em}	K_m
0,25	0,12	1,0	1,0	1,75	2,36
0,5	0,34	1,25	1,41	2,0	2,9
0,75	0,64	1,5	1,86	3,0	5,42

Таблиця 11.3 – Коефіцієнт K_n

Висота насипу, м	K_n	Висота насипу, м	K_n	Висота насипу, м	K_n
1	1,0	4	1,30	7	1,37
2	1,16	5	1,33	8 – 10	1,38
3	1,24	6	1,35		

K_e – коефіцієнт, який враховує вплив швидкості і напрямку вітру на степінь забруднення придорожньої смуги і визначається за табл. 11.4 в залежності від показника W , який враховує швидкість і повторність вітрів різних напрямків, а також напрямок траси дороги.

Значення показника W слід визначати для вітрів, які дують з лівої і з правої сторони дороги:

$$W = \sum_{i=1}^4 v_i p_i \sin \varphi_i, \quad (11.2)$$

де v_i – середня швидкість вітрів для i -го румба, м/с;

p_i – повторюваність вітрів i -го румба, %;

φ_i – кут між i -м румбом і напрямком траси дороги.

Для розрахунку забруднення з кожної сторони дороги вибирають по чотири румби. Наприклад, якщо траса має південно-східний напрямок 30° , то при розрахунку забруднення зліва від дороги необхідно врахувати швидкість і повторюваність вітрів, що дують з півдня, південного заходу, заходу і північного заходу, при розрахунку справа від дороги – вітрів протилежних напрямків.

Концентрація свинцю (мг/кг) в ґрунті придорожньої смуги визначається за формулою

$$\delta = 10 + \hat{a} l^{-0,65}, \quad (11.3)$$

Де l – відстань від брівки земляного полотна, м;

a – коефіцієнт, який враховує ширину зони забруднення і визначається за формулою

$$\hat{a} = \hat{A}^{0,65}; \quad (11.4)$$

B – ширина смуги забруднення за формулою (11.1).

Наведені вище залежності відносяться до ділянок доріг, вздовж яких відсутні густі придорожні насадження, які впливають на швидкість вітру і змінюють розподіл свинцю на придорожній смузі. При наявності таких насаджень основна частина сполук свинцю затримується в зоні між дорогою і зеленою смугою а також в межах смуги. В зв'язку з цим вздовж дороги рекомендується влаштовувати зелені смуги з числом рядів дерев не менше 3 з віддаленням від брівки земляного полотна на відстань до 25 м. Ширину зони забруднення в цьому випадку можна прийняти рівною відстані від брівки земляного полотна до границі зеленої смуги.

Таблиця 11.4 – Коефіцієнт K_n

W	K_B	W	K_B	W	K_B
800	1,38	1400	2,16	2000	3,36
1000	1,59	1600	1,51	2200	3,78
1200	1,85	1800	2,91		

Запитання для контролю та самоконтролю знань до розділів 10 і 11

1. Експлуатаційно-технічні показники.
2. Сумарні приведені витрати.
3. Пропускна здатність дороги.
4. Рівні завантаженості дороги.
5. Що таке частковий коефіцієнт аварійності?
6. Як визначається підсумковий коефіцієнт аварійності?
7. Що таке коефіцієнт безпеки?
8. Задачі з охорони навколишнього середовища при проектуванні доріг.
9. Фактори, що визначають степінь забруднення придорожньої смуги свинцем.
10. Як визначається ширина смуги забруднення?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Проектування. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва. ДБН А.2.2-3:2004. [Чинні від 2004-07-01]. – К.: Мінбуд України, 2004. – 35 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Строительная климатология и геофизика: СНИП 2.01.01-82. – [Действующие от 1982-06-01]. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с. – (Строительные нормы и правила СССР).
3. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007. [Чинні від 2008-03-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Ганьшин В Н. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых / Ганьшин В Н., Хренов Л С. – К.: Будівельник, 1974 – 430 с.
5. Ксенодочов В И. Таблицы для проектирования и разбивки клотонидной трассы автомобильных дорог/ Ксенодочов В И. – М: Транспорт, 1969 - 296 с.
6. Система проектної документації для будівництва. Автомобільні дороги. Земляне полотно і дорожній одяг. Робочі креслення: ДСТУ Б А.2.4-29:2008. [Чинні від 2010-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 30 с. – (Національний стандарт України).
7. Определение расчетных гидрологических характеристик: СНИП 2.01.14-83. – [Действующий от 1983-01-01]. – М: Стройиздат, 1985. – 36 с. – (Строительные нормы и правила СССР).
8. Відомчі будівельні норми України. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. ВБН В.2.3-218-186-2004. – [Чинні від 2005-01-01]. – К.: Укравтодор, 2004. – 176 с.
9. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації. ДСТУ Б А.2.4-4-2009. [Чинні від 2009-01-24]. – К.: Мінрегіонбуд, 2009. – 68 с.
10. Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника/ [Федотов Г.А., Григоьев Г.А., Федоров В.И. и др.]; под ред. Г.А. Федотова. – М: Транспорт, 1989, – 438с.
11. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог. Ч.1: учебн. для студ. высш. учеб. завед. / В.Ф.Бабков, О.В. Андреев – М.: Транспорт, 1987. – 368с.
12. Білятинський О.А. Проектування автомобільних доріг. Ч.1: [Підруч. для вищих навч. закл.] / Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старавойда В.П., Хом'як Я.В. – К.:Вища школа, 1997. – 518 с.
13. Красильщиков И.М. Проектирование автомобильных дорог: учебн. пособие для техникумов / И.М. Красильщиков, Л.В. Елизаров – М.: Транспорт, 1986. – 216с.

14. Автомобильные дороги. Примеры проектирования: [уч. пос. для студ. автом.– дор. спец. вузов]/ [Андреев О.В., Бабков В.Ф., Дивочкин О.А. и др.]; под ред. В.С. Порожнякова. – М.: Транспорт, 1983- 303 с.
15. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах (описание и таблицы)/ [Антонов Н.М., Боровков Н.А., Бычков Н.Н., Фриц Ю.Н.]. – М.: Транспорт, 1968.- 200 с.
16. Хомяк Я.В. Принципы проектирования продольного профиля автомобильных дорог/ Хомяк Я.В., Чвак В С , Дзюба П П.,- Киев : КАДИ, 1984. – 69 с.
17. Споруди транспорту. Норми відведення земельних ділянок для будівництва (реконструкції) автомобільних доріг: ДБН В.2.3-16-2007. [Чинні від 2007-03-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с. – (Державні будівельні норми України).???
18. Митин Н А. Таблицы для подсчета объемов земляного полотна автомобильных дорог/ Митин Н А. – М.: Транспорт, 1997. – 554 с.
19. Орнатский Н. П. Автомобильные дороги и охрана природы/ Орнатский Н. П. – Транспорт, 1982. – 176 с.

Додаток А

Основні норми проектування автомобільних доріг

Таблиця А.1 – Технічна класифікація автомобільних доріг

у авт/добу

Категорія дороги	Розрахункова перспективна інтенсивність руху,	
	у транспортних одиницях	у приведених до легкового автомобіля
I-а	понад 10000	понад 14000
I-б	понад 10000	понад 14000
II	від 3000 до 10000	від 5000 до 14000
III	від 1000 до 3000	від 2500 до 5000
IV	від 150 до 1000	Від 300 до 2500
V	до 150	до 300

Примітка 1. I-а – автомагістраль.

Примітка 2. Категорію дороги можна визначати за розрахунковою інтенсивністю руху у транспортних одиницях, якщо кількість легкових автомобілів становить менше 30 відсотків від загального транспортного потоку.

Таблиця А.2 – Розрахункова швидкість руху

у км/год

Ч.ч.	Категорія дороги	Розрахункова швидкість		
		Основна рівнинна місцевість	Допустимі на місцевості	
			горбистій	гірській
1	I-а	150	120	100
2	I-б	140	110	80
3	II	120	100	60
4	III	100	80	50
5	IV	90	60	30
6	V	90	40	30

Примітка 1. До горбистої місцевості належить рельєф, часто порізаний глибокими долинами з різницею позначок дна долин і вододілів понад 50 м на відстані не більше 0,5 км, з бічними глибокими ярами і нестійкими схилами, долинами передгірських рік з бічними притоками.

Примітка 2. До гірської місцевості належать ділянки перевалів (плюс один кілометр в кожний бік від перевалу) через гірські хребти і ділянки гірських ущелин із складними, сильно порізаними або нестійкими схилами, ділянки розповсюдження пластичних зсувів ґрунтів та осипів, долини рік з бічними притоками

Таблиця А.3 – Параметри поперечного профілю автомобільних доріг

Показник	Категорія доріг					
	I-а	I-б	II	III	IV	V
Кількість смуг руху, шт..	4, 6, 8	4, 6, 8	2	2	2	1
Ширина смуги руху, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,0	4,5
Ширина проїзної частини, м	2x7,5 2x11,25 2x15,00	2x7,5 2x11,85 2x15,00	7,5	7,0	6,0	4,5
Ширина узбіччя, м в тому числі:	3,75	3,75	3,75	2,5	2,0	1,75
- ширина зупинкової смуги руху разом з укріпленою смугою узбіччя, м	2,5	2,5	2,5			
- ширина укріпленої смуги узбіччя, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	
Найменша ширина укріпленої смуги між різними напрямками руху, м	6	6	-	-	-	-
Найменша ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі, м	1	1	-	-	-	-
Ширина земляного полотна, м	28,5 ; 36; 43,5	28,5; 36; 43,5	15	12	10	8
<p>Примітка 1. При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні параметри автомобільних доріг можна збільшувати.</p> <p>Примітка 2. При реконструкції автомобільних доріг I-б категорії (збільшення кількості смуг руху) з шириною розділювальної смуги 5,0 м ширину розділювальної смуги допускається залишати 5,0 м.</p> <p>Примітка 3. На дорогах V категорії з автобусним рухом ширину укріплених узбічч необхідно прийняти по 0,75 м.</p>						

Таблиця А.4 – Кількість смуг руху залежно від інтенсивності руху

Рельєф місцевості	Інтенсивність руху, привед. од/добу	Кількість смуг руху
Рівнинний та горбистий	понад 14000 до 40000	4
	понад 40000 до 80000	6
	понад 80000	8
Гірський	понад 10000 до 34000	4
	понад 34000 до 70000	6
	понад 70000	8

Таблиця А.5 – Параметри елементів плану і поздовжнього профілю, що залежать від розрахункової швидкості

Найменування елементів	Параметри залежно від розрахункових швидкостей швидкостейх										
	150	140	120	110	100	90	80	60	50	40	
Найбільший поздовжній похил, ‰	30	35	40	45	50	55	60	70	80	100	
Найменший радіус кривої у плані, м	1200	1100	800	700	600	450	300	150	100	30	
Найменший радіус кривої у поздовжньому профілі, м:											
– опуклої;	30000	25000	15000	12500	10000	7500	5000	2500	1500	600	
– увігнутої	8000	7000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1200	600	
Найменша відстань видимості, м:											
– для зупинки автомобіля;	300	300	250	225	200	175	150	85	75	45	
– зустрічного автомобіля	–	–	450	400	350	300	250	170	130	90	

Таблиця А.6 – Найменші довжини перехідних кривих

Радіус колової кривої, м	30	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600- 1000	1000- 2000
Довжина перехідної кривої, м	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	100

Таблиця А.7 – Поперечні похили проїзної частини на віражах

Радіуси кривих у плані, м	Поперечний похил проїзної частини на віражах, ‰
Від 3000 до 1000 для доріг I-ї категорії	від 25 до 35
Від 2000 до 1000 для доріг II, III категорій	від 25 до 35
Від 1000 до 800 для доріг IV, V категорій	від 25 до 45
Від 800 до 700	45
Від 700 до 650	від 45 до 50
Від 650 до 600	від 50 до 60
Від 600 до 400 і менше	60

Примітка. Менші значення поперечних похилів відповідають більшим радіусам кривих, а більші меншим

Таблиця А.8 – Розширення однієї смуги проїзної частини доріг на горизонтальних кривих

Радіус кривої у плані	1000	850	650	575	425	325	225	140	95
Величина розши- рення	0,30	0,35	0,40	0,50	0,65	0,80	1,10	1,50	1,75

Примітка. У випадку коли радіус кривої у плані відрізняється від величин, наведених у таблиці, величину розширення однієї смуги проїзної частини необхідно визначати інтерполяцією.

Таблиця А.9 – Найменші підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем води

Грунт верхньої частини земляного полотна (робочого шару)	Дорожньо-кліматична зона			у метрах
	У-I	У-II	У-III	
Пісок	$\frac{1,1}{0,9}$	$\frac{0,9}{0,7}$	$\frac{0,75}{0,55}$	
Пісок пилюватий, супісок піщанистий	$\frac{1,5}{1,2}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,1}{0,8}$	
Суглинок піщанистий, глина	$\frac{2,2}{1,6}$	$\frac{1,8}{1,4}$	$\frac{1,5}{1,1}$	
Супісок пилюватий, суглинок пилюватий	$\frac{2,4}{1,8}$	$\frac{2,1}{1,5}$	$\frac{1,8}{1,3}$	

Примітка 1. Над ризикою подані значення підвищення поверхні покриття над рівнем ґрунтових вод або тривалого затоплення (понад 30 діб) поверхневими водами, під ризикою – те саме над поверхнею землі на ділянках із незабезпеченим поверхневим водовідведенням або над рівнем короткотривалого (менше 30 діб) затоплення поверхневими водами.

Примітка 2. за розрахунковий рівень слід приймати найбільший можливий сезонний рівень ґрунтових вод з імовірністю перевищення 3% – для цементобетонного покриття, 5% – для асфальтобетонного покриття і 10% – для перехідного типу покриття.

Примітка 3. Підвищення поверхні покриття дорожнього одягу над рівнем ґрунтових або поверхневих вод при слабо– і середньо засолених ґрунтах слід збільшувати на 20% (для суглинків і глин на 30%), а при сильно засолених ґрунтах – від 40% до 60%.

Примітка 4. В районах штучного зрошення підвищення поверхні покриття над зимово-весняним рівнем стояння вод у зоні У-III слід збільшувати на 0,4 м, а в зоні У-II – на 0,2 м.

Примітка 5. В умовах зони У-IV найменші підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем води призначають для Карпат за нормами зони У-I, для гірського Криму – за нормами зони У-II з урахуванням досвіду експлуатації доріг у цих районах.

Примітка 6. За наявності у верхній частині земляного полотна різних ґрунтів підвищення слід призначати по ґрунту, для якого потрібне підвищення має найбільше значення.

Таблиця А.10 – Найбільша крутизна укосів насипів

Грунт насипу	Висота укосу. м		
	від 3 до 6	від 6 до 12	
		в нижній частині від 0 до 6	у верхній частині від 6 до 12
Брили із слабовивітрюваних порід	від 1:1 до 1:1,3	від 1:1,3 до 1:1,5	від 1:1,3 до 1:1,5
Великоуламковий і піщаний (крім дрібного та пилюватого піску)	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Піщаний дрібний та пилюватий, глинистий та лесовий	$\frac{1:1,5}{1:1,75}$	$\frac{1:1,75}{1:2}$	$\frac{1:1,5}{1:1,75}$
<p>Примітка 1. Під рискою подані значення для пилюватих різновидів ґрунтів у дорожньо-кліматичних зонах У-I – У-III і для однорозмірних пісків.</p> <p>Примітка 2. Висота укосу визначається як різниця між відміткою брівки насипу і відміткою підосви насипу. За наявності крутосхил ості висота низового укосу визначається як найбільша різниця між відміткою брівки і відміткою підосви насипу (низової відмітки укосу)</p>			

Таблиця А.11 – Крутизна укосів виїмок

Ч. ч.	Різнovid ґрунтів	Висота укосу. м	Найбільша крутизна укосу
1	Скельні: - слабовивітрювані - легковивітрювані, що не розм'якшуються - легковивітрювані, що розм'якшуються	до 16 до 16 до 6	1:0,5 1:1 – 1:1,5 1:1 – 1:2
2	Великоуламкові	до 12	від 1:1 до 1:1,5
3	Піщані (крупні та середні)	до 12	1:1,5
4	Глинисті однорідні (твердої, напівтвердої консистенції)	до 12	1:1,5
5	Піщані (дрібні, пилюваті)	до 12	1:2
6	Глинисті однорідні туго пластичної консистенції	до 12	1:2
7	Лес	до 12	від 1:1 до 1:1,5
<p>Примітка 1. У скельних слабовивітрюваних ґрунтах допускається влаштовувати вертикальні укоси.</p> <p>Примітка 2. Висота укосу виїмки визначається як різниця між відміткою брівки укосу і відміткою підосви укосу.</p>			

Додаток Б

Елементи кривих

Таблиця Б.1 – Елементи колових кривих при $R = 1000$ м

Кут повороту, град	Тангенс Т	Крива К	Домір $D = 2T - K$	Бісектриса Б
1	2	3	4	5
0	0	0	0	0
1	8,727	17,454	0	0,038
2	17,455	34,907	0,003	0,152
3	26,186	52,360	0,012	0,343
4	34,921	69,813	0,029	0,610
5	43,661	87,226	0,056	0,953
6	52,408	104,720	0,096	1,372
7	61,163	122,173	0,153	1,869
8	69,927	139,626	0,228	2,442
9	78,702	157,080	0,324	3,092
10	87,489	174,533	0,445	3,820
11	96,829	191,986	0,592	4,625
12	105,104	209,440	0,768	5,508
13	113,936	226,893	0,979	6,470
14	122,785	244,346	1,224	7,510
15	131,653	261,799	1,505	8,629
16	140,541	279,253	1,828	9,828
17	149,451	296,706	2,196	11,106
18	158,384	314,159	2,609	12,465
19	167,343	331,613	3,073	13,905
20	176,326	349,066	3,588	15,427
21	185,339	366,519	4,159	17,030
22	194,380	383,972	4,788	18,717
23	203,452	401,426	5,478	20,487
24	212,557	418,879	6,235	22,341
25	221,695	436,332	7,058	24,280
26	230,868	453,786	7,950	26,304
26	240,079	471,239	8,919	28,415
28	249,328	488,692	9,964	30,614
29	258,618	506,145	11,091	32,900
30	267,949	523,599	12,299	35,276
31	277,325	541,052	13,598	37,742
32	286,754	558,505	14,985	40,400
33	296,213	575,959	16,469	42,949
34	305,731	593,412	18,050	45,692
35	315,299	610,865	19,733	48,529
36	324,920	628,319	21,521	51,462
37	334,595	645,772	23,418	54,492
38	344,327	663,225	25,429	57,621

Продовження таблиці Б.1

Кут повороту, град	Тангенс Т	Крива К	Домір Д = 2Т – К	Бісектриса Б
1	2	3	4	5
39	354,119	680,678	27,560	60,849
40	363,970	698,132	29,808	64,178
41	373,885	715,585	32,185	60,609
42	383,864	733,038	34,690	71,145
43	393,910	750,492	37,328	74,186
44	404,026	767,945	40,107	78,535
45	414,214	785,398	43,030	82,392
46	424,475	802,851	46,097	68,360
47	434,812	820,305	49,319	90,441
48	445,229	837,758	51,700	94,636
49	455,726	855,211	56,241	98,948
50	466,308	872,665	59,951	103,378
51	476,975	890,118	63,832	107,929
52	487,733	907,571	67,895	112,602
53	498,582	925,025	72,139	117,400
54	509,525	942,478	76,572	122,326
55	520,567	959,931	81,203	127,382
56	531,710	977,384	86,036	132,570
57	542,956	994,838	91,074	137,893
58	554,309	1012,291	96,327	143,354
59	565,773	1029,744	101,802	148,956
60	577,350	1047,198	107,502	154,700
61	589,045	1064,651	113,439	160,592
62	600,861	1082,104	119,618	166,633
63	612,801	1099,557	126,045	172,827
64	624,869	1117,011	132,727	179,178
65	637,070	1134,464	139,676	185,689
66	649,408	1151,917	146,899	192,363
67	661,886	1169,371	154,401	199,204
68	674,508	1186,824	162,192	206,217
69	687,281	1204,277	170,285	213,406
70	700,208	1221,731	178,685	220,774
71	713,293	1239,184	187,402	228,326
72	726,543	1256,637	196,449	236,068
73	739,961	1274,090	205,832	255,002
74	753,554	1291,544	215,564	252,136
75	767,327	1308,997	225,657	260,472
76	781,286	1326,450	236,122	269,018
77	795,436	1343,904	246,968	277,778
78	809,784	1361,357	258,211	286,759
79	824,336	1378,810	269,862	295,967

Закінчення таблиці Б.1

Кут повороту, град	Тангенс Т	Крива К	Домір $D = 2T - K$	Бісектриса Б
1	2	3	4	5
80	839,100	1396,263	281,937	305,407
81	854,081	1413,717	294,445	315,087
82	869,287	1431,170	370,404	325,013
83	884,725	1448,623	320,827	335,192
84	900,404	1446,077	334,731	345,632
85	916,331	1483,530	349,132	356,341
86	932,515	1500,983	364,047	367,327
87	948,969	1518,437	379,493	378,598
88	965,689	1535,890	395,488	390,163
89	982,697	1553,343	412,051	402,032
90	1000,00	1570,796	428,204	414,214
91	1017,61	1588,25	446,97	426,72
92	1035,53	1605,70	465,36	439,56
93	1053,78	1623,16	484,40	452,74
94	1072,37	1640,61	504,13	466,28
95	1091,31	1658,06	524,56	480,19
96	1110,61	1675,52	545,70	494,48
97	1130,29	1692,97	567,61	509,16
98	1150,37	1710,42	590,32	524,25
99	1170,85	1727,88	613,82	539,78
100	1191,75	1745,33	638,17	555,72

Таблиця Б.2 – Елементи перехідних кривих

Радіус ко- лової кри- вої R , м	Довжина перехідної кривої L , м	Кут перехідної кривої β	Додатковий тангенс t , м	Зсунення колової кривої p , м
1	2	3	4	5
30	30	28°38'52"	14,88	1,23
30	40	38°11'51"	19,71	2,19
40	40	28°38'52"	19,84	1,64
40	50	35°48'28"	24,68	2,57
50	35	20°03'35"	17,43	1,02
50	50	28°38'52"	24,75	2,07
50	60	34°22'28"	29,63	2,96
60	40	19°06'13"	19,91	1,10
60	50	23°52'27"	24,86	1,73
60	60	28°38'52"	29,75	2,48
80	45	16°06'52"	22,44	1,05
80	60	21°29'05"	29,86	1,86
80	80	28°38'52"	39,67	3,30

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
100	50	14°19'26"	24,95	1,04
100	60	17°11'19"	29,91	1,49
100	80	22°55'00"	39,77	2,65
150	50	9°32'58"	24,98	0,69
150	60	11°27'33"	29,96	1,00
150	80	15°16'44"	39,91	1,77
200	70	10°01'36"	34,96	1,02
200	80	11°27'33"	39,95	1,33
200	100	14°19'26"	49,90	2,08
250	80	9°10'02"	39,97	1,07
250	100	11°27'33"	49,93	1,66
250	120	13°45'00"	59,88	2,39
300	80	7°38'22"	39,98	0,89
300	100	9°32'58"	49,95	1,39
300	120	11°27'33"	59,92	2,00
400	80	5°43'46"	39,99	0,67
400	100	7°09'43"	49,97	1,04
400	120	8°35'40"	59,96	1,50
500	100	5°43'47"	49,98	0,83
500	120	6°52'32"	59,97	1,20
600	120	5°43'47"	59,98	1,00
600	140	6°41'04"	69,97	1,36
700	120	4°54'40"	59,99	0,56
700	140	5°43'47"	69,98	1,67
800	120	4°17'50"	59,99	0,75
800	140	5°00'48"	69,98	1,02
900	120	3°49'11"	59,99	0,67
900	140	4°27'23"	69,99	0,91
1000	120	3°26'16"	59,99	0,60
1000	140	4°00'39"	69,99	0,82
1200	100	2°23'14"	50,00	0,35
1200	120	2°51'53"	60,00	0,50
1400	100	2°02'47"	50,00	0,30
1400	120	2°27'20"	60,00	0,43
1500	100	1°54'36"	50,00	0,28
1500	120	2°17'31"	60,00	0,40
1600	100	1°47'26"	50,00	0,26
1600	120	2°08'55"	60,00	0,38
1800	100	1°35'30"	50,00	0,30
1800	120	1°54'36"	60,00	0,33
2000	100	1°25'57"	50,00	0,21
2000	120	1°43'08"	60,00	0,30

Таблиця Б.3 – Зведена таблиця координат вертикальних кривих

i	R=3000 м		R=4000 м		R=5000 м		R=8000 м		R= 10000 м		R=15000 м		i
‰	l ,м	h,м	l ,м	h,м	l,м	h,м	l ,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	‰
0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
1	3	0,00	4	0,00	5	0,00	8	0,00	10	0,01	15	0,01	1
2	6	0,01	8	0,01	10	0,01	16	0,02	20	0,02	30	0,03	2
3	9	0,01	12	0,02	15	0,02	24	0,04	30	0,05	45	0,07	3
4	12	0,02	16	0,03	20	0,04	32	0,06	40	0,08	60	0,12	4
5	15	0,04	20	0,05	25	0,06	40	0,10	50	0,13	75	0,19	5
6	18	0,05	24	0,07	30	0,09	48	0,14	60	0,18	90	0,27	6
7	21	0,07	28	0,10	35	0,12	56	0,20	70	0,25	105	0,37	7
8	24	0,10	32	0,13	40	0,16	64	0,26	80	0,32	120	0,48	8
9	27	0,12	36	0,16	45	0,20	72	0,32	90	0,41	135	0,61	9
10	30	0,15	40	0,20	50	0,25	80	0,40	100	0,50	150	0,75	10
11	33	0,18	44	0,24	55	0,30	88	0,48	110	0,61	165	0,91	11
12	36	0,22	48	0,29	60	0,36	96	0,58	120	0,72	180	1,08	12
13	39	0,25	52	0,34	65	0,42	104	0,68	130	0,85	195	1,27	13
14	42	0,29	56	0,39	70	0,49	112	0,78	140	0,98	210	1,47	14
15	45	0,34	60	0,45	75	0,56	120	0,90	150	1,13	225	1,69	15
16	48	0,38	64	0,51	80	0,64	128	1,02	160	1,28	240	1,92	16
17	51	0,43	68	0,58	85	0,72	136	1,16	170	1,45	255	2,17	17
18	54	0,49	72	0,65	90	0,81	144	1,30	180	1,62	270	2,43	18
19	57	0,54	76	0,72	95	0,90	152	1,44	190	1,81	285	2,71	19
20	60	0,60	80	0,80	100	1,00	160	1,60	200	2,00	300	3,00	20
21	63	0,66	84	0,88	105	1,10	168	1,76	210	2,21	315	3,31	21
22	66	0,73	88	0,97	110	1,21	176	1,94	220	2,42	330	3,63	22
23	69	0,79	92	1,06	115	1,32	184	2,12	230	2,65	345	3,97	23
24	72	0,86	96	1,15	120	1,44	192	2,30	240	2,88	360	4,32	24
25	75	0,94	100	1,25	125	1,56	200	2,50	250	3,13	375	4,69	25
26	78	1,01	104	1,35	130	1,69	208	2,70	260	3,38	390	5,07	26
27	81	1,09	108	1,46	135	1,82	216	2,92	270	3,65	405	5,47	27
28	84	1,18	112	1,57	140	1,96	224	3,14	280	3,92	420	5,88	28
29	87	1,26	116	1,68	145	2,10	232	3,36	290	4,21	435	6,31	29
30	90	1,35	120	1,80	150	2,25	240	3,60	300	4,50	450	6,75	30
31	93	1,44	124	1,92	155	2,40	248	3,84	310	4,81	465	7,21	31
32	96	1,54	128	2,05	160	2,56	256	4,10	320	5,12	480	7,68	32
33	99	1,63	132	2,18	165	2,72	264	4,36	330	5,44	495	8,17	33
34	102	1,73	136	2,31	170	2,89	272	4,62	340	5,78	510	8,67	34
35	105	1,84	140	2,45	175	3,06	280	4,90	350	6,13	525	9,19	35
36	108	1,94	144	2,59	180	3,24	288	5,18	360	6,48	540	9,72	36
37	111	2,05	148	2,74	185	3,42	296	5,48	370	6,85	555	10,27	37
38	114	2,17	152	2,89	190	3,61	304	5,78	380	7,22	570	10,83	38
39	117	2,28	156	3,04	195	3,80	312	6,08	390	7,61	585	11,41	39
40	120	2,40	160	3,20	200	4,00	320	6,40	400	8,00	600	12,00	40
41	123	2,52	164	3,36	205	4,20	328	6,72	410	8,41	615	12,61	41

Продовження таблиці Б.3

i	R = 3000		R = 4000		R = 5000		R = 8000		R = 10000		R = 15000		i
‰	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	‰
42	126	2,65	168	3,53	210	4,41	336	7,06	420	8,82	630	13,23	42
43	129	2,77	172	3,70	215	4,62	344	7,40	430	9,25	645	13,87	43
44	132	2,90	176	3,87	220	4,84	352	7,74	440	9,68	660	14,52	44
45	135	3,04	180	4,05	225	5,06	360	8,10	450	10,13	675	15,19	45
46	138	3,17	184	4,23	230	5,29	368	8,46	460	10,58	690	15,87	46
47	141	3,31	188	4,42	235	5,52	376	8,84	470	11,05	705	16,57	47
48	144	3,46	192	4,61	240	5,76	384	9,22	480	11,52	720	17,28	48
49	147	3,60	196	4,80	245	6,00	392	9,60	490	12,01	735	18,01	49
50	150	3,75	200	5,00	250	6,25	400	10,00	500	12,50	750	18,75	50
51	153	3,90	204	5,20	255	6,50	408	10,40	510	13,01	765	19,51	51
52	156	4,06	208	5,41	260	6,76	416	10,82	520	13,52	780	20,28	52
53	159	4,21	212	5,62	265	7,02	424	11,24	530	14,05	795	21,07	53
54	162	4,37	216	5,83	270	7,29	432	11,66	540	14,58	810	21,87	54
55	165	4,54	220	6,05	275	7,56	440	12,10	550	15,13	825	22,69	55
56	168	4,70	224	6,27	280	7,84	448	12,54	560	15,68	840	23,52	56
57	171	4,87	228	6,50	285	8,12	456	13,00	570	16,25	855	24,37	57
58	174	5,05	232	6,73	290	8,41	464	13,46	580	16,82	870	25,23	58
59	177	5,22	236	6,96	295	8,70	472	13,92	590	17,41	885	26,11	59
60	180	5,40	240	7,20	300	9,00	480	14,40	600	18,00	900	27,00	60

i	R=20000 м		R=25000 м		R=30000 м		R=40000м		R=50000м		I
‰	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	‰
0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
1	20	0,01	25	0,01	30	0,02	40	0,02	50	0,03	1
2	40	0,04	50	0,05	60	0,06	80	0,08	100	0,10	2
3	60	0,09	75	0,11	90	0,14	120	0,18	150	0,23	3
4	80	0,16	100	0,20	120	0,24	160	0,32	200	0,40	4
5	100	0,25	125	0,31	150	0,38	200	0,50	250	0,63	5
6	120	0,36	150	0,45	180	0,54	240	0,72	300	0,90	6
7	140	0,49	175	0,61	210	0,74	280	0,98	350	1,23	7
8	160	0,64	200	0,80	240	0,96	320	1,28	400	1,60	8
9	180	0,81	225	1,01	270	1,22	360	1,62	450	2,03	9
10	200	1,00	250	1,25	300	1,50	400	2,00	500	2,50	10
11	220	1,21	275	1,51	330	1,82	440	2,42	550	3,03	11
12	240	1,44	300	1,80	360	2,16	480	2,88	600*	3,60	12
13	260	1,69	325	2,11	390	2,54	520	3,38	650	4,23	13
14	280	1,96	350	2,45	420	2,94	560	3,92	700	4,90	14
15	300	2,25	375	2,81	450	3,38	600	4,50	750	5,63	15
16	320	2,56	400	3,20	480	3,84	640	5,12	800	6,40	16
17	340	2,89	425	3,61	510	4,34	680	5,78	850	7,23	17
18	360	3,24	450	4,05	540	4,86	720	6,48	900	8,10	18
19	380	3,61	475	4,51	570	5,42	760	7,22	950	9,03	19

Закінчення таблиці Б.3

i	R = 20000		R = 25000		R = 30000		R = 40000		R = 50000		i
‰	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	l,м	h,м	‰
20	400	4,00	500	5,00	600	6,00	800	8,00	1000	10,00	20
21	420	4,41	525	5,51	630	6,62	840	8,82	1050	11,03	21
22	440	4,84	550	6,05	660	7,26	880	9,68	1100	12,10	22
23	460	5,29	575	6,61	690	7,94	920	10,58	1150	13,23	23
24	480	5,76	600	7,20	720	8,64	960	11,52	1200	14,40	24
25	500	6,25	625	7,81	750	9,38	1000	12,50	1250	15,63	25
26	520	6,76	650	8,45	780	10,14	1040	13,52	1300	16,90	26
27	540	7,29	675	9,11	810	10,94	1080	14,58	1350	18,23	27
28	560	7,84	700	9,80	840	11,76	1120	15,68	1400	19,60	28
29	580	8,41	725	10,51	870	12,62	1160	16,82	1450	21,03	29
30	600	9,00	750	11,25	900	13,50	1200	18,00	1500	22,50	30
31	620	9,61	775	12,01	930	14,42	1240	19,22	1550	24,03	31
32	640	10,24	800	12,80	960	15,36	1280	20,48	1600	25,60	32
33	660	10,89	825	13,61	990	16,33	1320	21,78	1650	27,23	33
34	680	11,56	850	14,45	1020	17,34	1360	23,12	1700	28,90	34
35	700	12,25	875	15,31	1050	18,38	1400	24,50	1750	30,63	35
36	720	12,96	900	16,20	1080	19,44	1440	25,92	1800	32,40	36
37	740	13,69	925	17,11	1110	20,54	1480	27,38	1850	34,22	37
38	760	14,44	950	18,05	1140	21,66	1520	28,88	1900	36,10	38
39	780	15,21	975	19,01	1170	22,82	1560	30,42	1950	38,03	39
40	800	16,00	1000	20,00	1200	24,00	1600	32,00	2000	40,00	40
41	820	16,81	1025	21,01	1230	25,22	1640	33,62	2050	42,03	41
42	840	17,64	1050	22,05	1260	26,46	1680	35,28	2100	44,10	42
43	860	18,49	1075	23,11	1290	27,74	1720	36,98	2150	46,23	43
44	880	19,36	1100	24,20	1320	29,04	1760	38,72	2200	48,40	44
45	900	20,25	1125	25,31	1350	30,38	1800	40,50	2250	50,63	45
46	920	21,16	1150	26,45	1380	31,74	1840	42,32	2300	52,90	46
47	940	22,09	1175	27,61	1410	33,14	1880	44,18	2350	55,23	47
48	960	23,04	1200	28,80	1440	34,56	1920	46,08	2400	57,60	48
49	980	24,01	1225	30,01	1470	36,02	1960	48,02	2450	60,03	49
50	1000	25,00	1250	31,25	1500	37,50	2000	50,00	2500	62,50	50
51	1020	26,01	1275	32,51	1530	39,02	2040	52,02	2550	65,03	51
52	1040	27,04	1300	33,80	1560	40,56	2080	54,08	2600	67,60	52
53	1060	28,09	1325	35,11	1590	42,14	2120	56,18	2650	70,23	53
54	1080	29,16	1350	36,45	1620	43,74	2160	58,32	2700	72,90	54
55	1100	30,25	1375	37,81	1650	45,38	2200	60,50	2750	75,63	55
56	1120	31,36	1400	39,20	1680	47,04	2240	62,72	2800	78,40	56
57	1140	32,49	1425	40,61	1710	48,74	2280	64,98	2850	81,23	57
58	1160	33,64	1450	42,05	1740	50,46	2320	67,28	2900	84,10	58
59	1180	34,81	1475	43,51	1770	52,22	2360	69,62	2950	87,03	59
60	1200	36,00	1500	45,00	1800	54,00	2400	72,00	3000	90,00	60

Додаток В

Довідкова інформація для розрахунку дорожнього одягу

Таблиця В.1 - Значення коефіцієнтів приведення до розрахункових навантажень

№ п/п	Автотранспортний засіб	Повна ма- са авто- транс- портного засобу, т	Коефіцієнт приведення до роз- рахункового навантаження, кН		
			60	100	115
1	2	3	4	5	6
	Легкі				
1	ГАЗ 2705 “ГАЗель”	3,5	0,02313	0,00244	0,00132
2	УАЗ 3741	2,8	0,00270	0,00040	0,00021
3	ГАЗ 2752 “Соболь”	2,66	0,00351	0,00037	0,00020
4	VOLKSVAGEN LT3125D	3,11	0,01463	0,00155	0,00084
5	FIAT Ducato FT 1502.5D	3,25	0,01686	0,00178	0,00096
6	FORD Transit FT 1502.5D	3,2	0,01630	0,00172	0,00093
7	IVECO Daily 35 S 12 V	3,5	0,02313	0,00244	0,00123
8	MERSEDES-BENZ Sprinter	3,5	0,02313	0,00244	0,00123
9	MERSEDES-BENZ Sprinter	4,6	0,06870	0,00726	0,00392
10	Peugot Boxer 350M 2.5D	3,5	0,02313	0,00244	0,00123
	Середні				
11	ГАЗ 3307	7,85	0,98778	0,10436	0,05642
12	ЗИЛ 130	9,525	1,93346	0,20427	0,11044
13	ЗИЛ 5301 “Бичок”	6,95	0,45874	0,04846	0,02620
14	КАМАЗ 4326	11,6	1,73818	0,18364	0,09929
15	МАЗ 437040-022(-062)	20,1	1,48693	0,15709	0,08493
16	MERSEDES-BENZ VARIO	5	0,09102	0,00962	0,00520
17	-“-	7,5	0,42934	0,04536	0,02452
18	IVECO Daily 50C 13V	5,2	0,12553	0,01326	0,00717
19	IVECO Daily 65C 15V	6,5	0,25486	0,02693	0,01456
20	IVECO EuroCardo ML	8,6	1,13836	0,12027	0,06502
21	RENAULT Midliner S	7,5	0,59650	0,06302	0,03407
22	DAF LF FA 45. 130-06	6,2	0,21590	0,02281	0,01233
	Важкі				
23	ЗИЛ 433360	11,0	3,59330	0,37963	0,20525
24	ЗИЛ 133 ГЯ	17,84	4,53390	0,53216	0,28772
25	КАМАЗ 5320	15,31	1,87618	0,21586	0,11671
26	КАМАЗ 53212	19	6,72356	0,80490	0,43518
27	КАМАЗ 55111	22,2	13,63445	1,65300	0,89372
28	КрАЗ 6510	24,88	25,94092	3,16353	1,71041
29	МАЗ 53362	16,38	10,77553	1,13842	0,61551
30	МАЗ 555102-2120	18,92890	18,92890	1,99982	1,08124
31	МАЗ 630300-2121	28,95383	28,95	3,48749	1,88557

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
32	УРАЛ 377Н	14,95	1,86259	0,21626	0,11693
33	DAF LFF A 45. 150-10	10	0,21590	0,02281	0,01233
34	DAF CF FA 65.210	18,6	29,60979	3,39647	1,83636
35	IVECO EuroCargo ML	13,5	7,46483	0,78865	0,4264
36	IVECO EuroCargo ML	18	22,53430	2,38073	1,28718
37	MAN L2000 8.163	8	0,77898	0,08230	0,04450
38	MAN M2000 12.163	12	3,73722	0,39483	0,21347
39	MAN M2000 18.224	18	20,17607	2,13158	1,15248
40	MAN M2000 26.310	26	28,90325	3,34241	1,80071
41	MERSEDES-BENZ Atego	10,5	2,33612	0,24681	0,13344
42	MERSEDES-BENZ Atego	13,5	6,81391	0,71988	0,38922
Автомобілі з причепами					
43	ЗИЛ 130 + ГKB 8328-01	17,53	2,26947	0,23980	0,12965
44	ЗИЛ433360+ГKB8350	19	3,92931	0,41517	0,22447
45	КАМАЗ 5320+ ГKB 8350	26,81	3,53464	0,39108	0,21144
46	МАЗ 533702-2120 +МАЗ 8926-02	28	12,46710	1,31767	0,71242
47	КАМАЗ 53212+СПАЗ 83571	33	10,66470	1,22139	0,666037
Автомобілі з напівпричепами					
48	КАМАЗ 5410+СЗАП 9370-01	25,75	3,25912	0,37358	0,20198
49	КАМАЗ 54112+СЗАП 9905	33,02	11,55628	1,35961	0,73509
50	МАЗ 504В + МАЗ 5205А	32,35	24,12038	2,71383	1,46728
51	МАЗ 54323-028+МАЗ 9397	33,85	24,04488	2,69780	1,45861
52	МАЗ 64226 + МАЗ 93802	28,15	13,17452	1,42111	0,76834
Автобуси					
53	БОГДАН А091	8,1	0,77898	0,08230	0,4450
54	ГАЗ 32213 "ГАЗель"	3,5	0,02313	0,00244	0,00132
55	ЛАЗ 695	11,61	2,89295	0,30564	0,16525
56	ЛАЗ 699	13	4,80682	0,50784	0,27457
57	ЛАЗ 4207	15	8,23490	0,87001	0,47038
58	IKARUS 256	14,86	7,59322	0,80222	0,43373
59	IVECO Daily 50S 13B	5	0,12553	0,01326	0,00717
60	IVECO NurboDaily 3512	3,5	0,02313	0,00244	0,00132
61	MERSEDES-BENZ VARIO 500-700	5	0,09102	0,00962	0,00520
62	VOLKSWAGEN Transporter	2,6	0,00250	0,00026	0,00014

Примітка. Повний перелік типів автотранспортних засобів наведений в таблиці Ж.2 [8].

Розрахункові характеристики ґрунту робочого шару земляного полотна

Таблиця В.2

№ дорожнього району	Шифр дорожнього району	Типовий ґрунт у районі	Середня районна розрахункова відносна вологість ґрунтів полотна для категорій, W_p	
			I-II	III-IV
1	2	3	4	5
1	II.P.1	Супісок, пісок	0,72	0,69
2	II.P.2	Суглинок	0,74	0,71
3	II.P.3	Суглинок	0,70	0,67
4	III.P.4	Суглинок	0,69	0,66
5	III.P.5	Суглинок	0,71	0,68
6	III.P.6	Важкий суглинок, глина	0,61	0,59
7	III.Г.7	Суглинок	0,83	0,80
8	III.Г.8	Важкий суглинок	0,72	0,69
9	IV.P.9	Важкий суглинок, глина	0,61	0,59
10	IV.P.10	Важкий суглинок,	0,63	0,60
11	IV.P.11	Важкий суглинок	0,72	0,69
12	IV.P.12	Важкий суглинок	0,69	0,66
13	IV.P.13	Важкий суглинок,	0,58	0,55
14	IV.P.14	Важкий суглинок	0,56	0,54
15	IV.P.15	Суглинок	0,58	0,56
16	IV.P.16	Суглинок	0,57	0,56

Таблиця В.3

№ дорожнього району	Шифр дорожнього району	Типовий ґрунт у районі	Середня районна розрахункова відносна вологість ґрунтів полотна для категорій, W_p	
			I-II	III-IV
1	2	3	4	5
1	II.P.1	Супісок, пісок	0,74	0,70
2	II.P.2	Суглинок	0,76	0,73
3	II.P.3	Суглинок	0,71	0,69
4	III.P.4	Суглинок	0,70	0,68
5	III.P.5	Суглинок	0,72	0,70
6	III.P.6	Важкий суглинок, глина	0,63	0,60
7	III.Г.7	Суглинок	0,85	0,82
8	III.Г.8	Важкий суглинок	0,74	0,70
9	IV.P.9	Важкий суглинок, глина	0,63	0,60
10	IV.P.10	Важкий суглинок, глина	0,64	0,62
11	IV.P.11	Важкий суглинок	0,74	0,70
12	IV.P.12	Важкий суглинок	0,70	0,68
13	IV.P.13	Важкий суглинок, глина	0,59	0,56
14	IV.P.14	Важкий суглинок	0,57	0,55
15	IV.P.15	Суглинок	0,60	0,57
16	IV.P.16	Суглинок	0,58	0,57

Таблиця В.4

№ дорожнього району	Шифр дорожнього району	Типовий ґрунт у районі	Середня районна розрахункова відносна вологість ґрунтів полотна для категорій, W_p	
			I-II	III-IV
1	2	3	4	5
1	II.P.1	Супісок, пісок	0,75	0,72
2	II.P.2	Суглинок	0,78	0,74
3	II.P.3	Суглинок	0,74	0,70
4	III.P.4	Суглинок	0,72	0,69
5	III.P.5	Суглинок	0,74	0,71
6	III.P.6	Важкий суглинок, глина	0,64	0,61
7	III.G.7	Суглинок	0,87	0,83
8	III.G.8	Важкий суглинок	0,75	0,72
9	IV.P.9	Важкий суглинок, глина	0,64	0,61
10	IV.P.10	Важкий суглинок, глина	0,66	0,63
11	IV.P.11	Важкий суглинок	0,75	0,72
12	IV.P.12	Важкий суглинок	0,72	0,69
13	IV.P.13	Важкий суглинок, глина	0,61	0,58
14	IV.P.14	Важкий суглинок	0,59	0,56
15	IV.P.15	Суглинок	0,61	0,58
16	IV.P.16	Суглинок	0,60	0,57

Таблиця В.5

№ дорожнього району	Шифр дорожнього району	Типовий ґрунт у районі	Середня районна розрахункова відносна вологість ґрунтів полотна для категорій, W_p	
			I-II	III-IV
1	2	3	4	5
1	II.P.1	Супісок, пісок	0,65	0,69
2	II.P.2	Суглинок	0,67	0,71
3	II.P.3	Суглинок	0,63	0,67
4	III.P.4	Суглинок	0,62	0,66
5	III.P.5	Суглинок	0,64	0,68
6	III.P.6	Важкий суглинок, глина	0,55	0,59
7	III.G.7	Суглинок	0,75	0,80
8	III.G.8	Важкий суглинок	0,65	0,69
9	IV.P.9	Важкий суглинок, глина	0,55	0,59
10	IV.P.10	Важкий суглинок, глина	0,57	0,60
11	IV.P.11	Важкий суглинок	0,65	0,69
12	IV.P.12	Важкий суглинок	0,62	0,66

13	IV.P.13	Важкий суглинок глина	0,52	0,55
14	IV.P.14	Важкий суглинок	0,51	0,54
15	IV.P.15	Суглинок	0,53	0,56
16	IV.P.16	Суглинок	0,52	0,56

Таблиця В.6

№ дорожнього району	Шифр дорожнього району	Типовий ґрунт у районі	Середня районна розрахункова відносна вологість ґрунтів полотна для категорій, W_p	
			I-II	III-IV
1	2	3	4	5
1	II.P.1	Супісок, пісок	0,66	0,63
2	II.P.2	Суглинок	0,68	0,66
3	II.P.3	Суглинок	0,64	0,62
4	III.P.4	Суглинок	0,63	0,61
5	III.P.5	Суглинок	0,65	0,63
6	III.P.6	Важкий суглинок, глина	0,56	0,54
7	III.Г.7	Суглинок	0,76	0,73
8	III.Г.8	Важкий суглинок	0,66	0,63
9	IV.P.9	Важкий суглинок, глина	0,56	0,54
10	IV.P.10	Важкий суглинок, глина	0,58	0,55
11	IV.P.11	Важкий суглинок	0,66	0,63
12	IV.P.12	Важкий суглинок	0,63	0,61
13	IV.P.13	Важкий суглинок, глина	0,53	0,51
14	IV.P.14	Важкий суглинок	0,52	0,50
15	IV.P.15	Суглинок	0,54	0,51
16	IV.P.16	Суглинок	0,52	0,51

Таблиця В.7

Грунт	Коефіцієнт варіації			
	Модуля пружності, C_{Epr}		Кута внутрішнього тертя, C_ϕ	Зчеплення, C_c
	(0,5-0,75) W_T	(0,76-0,9) W_T	(0,5-0,9) W_T	(0,5-0,9) W_T
Пісок				
крупний	0,37	0,37	0,05	0,40
середньої крупності	0,37	0,37	0,07	0,40
мілкий	0,36	0,36	0,10	0,40
однорідний	0,34	0,34	0,12	0,40
пилуватий	0,35	0,31	0,14	0,40
Супісок				
легкий пилуватий, важкий	0,32	0,30	0,16	0,30
пилуватий легкий	0,33	0,27	0,18	0,34
крупний	0,33	0,33	0,20	0,38
Суглинок				
легкий, важкий, легкий пилуватий	0,32	0,27	0,20	0,38
Глина	0,32	0,27	0,22	0,42

Примітки:

1. Приведені значення $C_{\tilde{A}\tilde{\alpha}\tilde{\delta}\tilde{E}\tilde{\alpha}\tilde{\alpha}}$ характеризують розкид міцнісних характеристик ґрунту в середньому, враховуючи також вплив похибок, які вносяться відбором, транспортуванням, зберіганням зразків, похибок приладів та інших факторів, характерних для лабораторних випробувань.
2. Коефіцієнт варіації модуля пружності ґрунту земляного полотна визначається за формулою:

$$C_{\tilde{A}\tilde{\alpha}\tilde{\delta}\tilde{E}\tilde{\alpha}\tilde{\alpha}} = 0,0565 + 0,065 \cdot \ln(E_{\tilde{\alpha}\tilde{\delta}}), \quad (\text{В.1})$$

де $E_{\tilde{\alpha}\tilde{\delta}}$ – модуль пружності ґрунту земляного полотна або матеріалу незв'язних шарів.

3. Між коефіцієнтом варіації кута внутрішнього тертя \tilde{N}_ϕ та зчеплення $\tilde{N}_{\tilde{n}}$ для супісків, суглинків та глин є така залежність

$$\tilde{N}_{\tilde{n}} = 2 \cdot \tilde{N}_\phi - 0,02. \quad (\text{В.2})$$

4. Розрахункові значення коефіцієнта варіації розраховують за формулою:

$$\tilde{N}_{\tilde{A}\tilde{\alpha}\tilde{\delta}} = C_{\tilde{A}\tilde{\alpha}\tilde{\delta}\tilde{E}\tilde{\alpha}\tilde{\alpha}} \cdot \hat{E}_d = C_{\tilde{A}\tilde{\alpha}\tilde{\delta}\tilde{E}\tilde{\alpha}\tilde{\alpha}} (1/1 + 2h/D). \quad (\text{В.3})$$

Продовження таблиці В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Однорід- ний			Е _у , МПа	75								
			φ, град	31								
			С, МПа	0,003								
Пилува- тий			Е _у , МПа	96	90	84	78	72	60	60	54	48
			φ, град	38	38	37	37	36	35	34	33	32
			С, МПа	0,026	0,024	0,018	0,018	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009
Супісок:												
Піщанис- тий	від 1 до 7	більше 50	Е _у , МПа	108	108	100	100	79	69	62	54	50
			φ, град	32	30	29	28	27	26	25	23	22
			С, МПа	0,022	0,016	0,014	0,013	0,011	0,010	0,007	0,005	-
Пилува- тий	від 1 до 7	менше 50	Е _у , МПа	108	108	100	100	79	69	62	54	50
			φ, град	32	30	29	28	27	26	25	23	22
			С, МПа	0,022	0,02	0,014	0,013	0,011	0,010	0,007	0,005	-

Продовження таблиці В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Суглинок:												
легкий піщастий	від 7 до 12	більше 40	Е _y , МПа	108	100	77	64	52	42	34	27	23
			φ, град	25	25	23	21	19	18	16	13	11
			С, МПа	0,035	0,026	0,024	0,018	0,014	0,011	0,009	0,006	0,004
легкий пилуватий	від 7 до 12	менше 40	Е _y , МПа	108	100	77	64	52	42	34	27	23
			φ, град	28	25	24	22	20	18	16	14	11
			С, МПа	0,04	0,03	0,03	0,019	0,015	0,012	0,009	0,007	0,005
важкий піщастий	від 12 до 17	більше 40	Е _y , МПа	100	80	62	49	38	29	21	13	10
			φ, град	25	22	20	18	15	13	10	7	-
			С, МПа	0,05	0,035	0,03	0,022	0,016	0,013	0,010	0,008	0,007
важкий пилуватий	від 12 до 17	менше 40	Е _y , МПа	100	80	62	49	38	29	21	13	10
			φ, град	25	22	20	18	15	13	10	7	-
			С, МПа	0,05	0,035	0,03	0,022	0,016	0,013	0,010	0,008	0,007

Закінчення таблиці В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Глина:												
легка пісцианіста	від 17 до 27	більше 40	Е, МПа	82	62	51	34	24	17	10	5	-
			φ, град	23	20	17	15	12	8	3	-	-
			С, МПа	0,06	0,04	0,032	0,024	0,02	0,02	0,010	0,008	0,01
легка пілувата	від 17 до 27	менше 40	Е _y , МПа	82	62	51	34	24	17	10	5	-
			φ, град	23	20	17	15	12	8	3	-	-
			С, МПа	0,06	0,04	0,032	0,024	0,02	0,02	0,010	0,008	0,01
важка	більше 27	не нормується	Е _y , МПа	70	48	54	24	16	10	5	4	-
			φ, град	22	19	16	13	10	5	-	-	-
			С, МПа	0,06	0,044	0,034	0,025	0,02	0,015	0,010	0,006	-

Таблиця В.9 – Коефіцієнти перерахунку величини зчеплення в залежності від розрахункової кількості прикладення навантажень

Розрахункова відносна	Значення k_{N_c} в залежності від сумарної кількості прикладення навантажень (ΣN_p)					Значення $k_{N\phi}$ в залежності від сумарної кількості прикладення навантажень (ΣN_p)				
	1	10^3	10^4	10^5	10^6	1	10^3	10^4	10^5	10^6
Супіски										
0,50	1,0	1,0	0,63	0,48	0,38	1,0	1,0	0,52	0,39	0,35
0,55	1,0	1,0	0,62	0,47	0,37	1,0	1,0	0,50	0,39	0,33
0,60	1,0	1,0	0,62	0,46	0,36	1,0	1,0	0,50	0,38	0,34
0,65	1,0	1,0	0,57	0,43	0,33	1,0	1,0	0,49	0,38	0,33
0,70	1,0	1,0	0,50	0,42	0,33	1,0	1,0	0,48	0,41	0,33
0,75	1,0	1,0	0,45	0,36	0,27	1,0	1,0	0,48	0,41	0,33
0,80	1,0	1,0	0,45	0,36	0,27	1,0	1,0	0,47	0,41	0,32
0,85	1,0	1,0	0,45	0,36	0,27	1,0	1,0	0,44	0,35	0,29
0,90	1,0	1,0	0,44	0,35	0,25	1,0	1,0	0,37	0,30	0,24
Суглинки і глини										
0,50	1,0	1,0	0,60	0,48	0,45	1,0	1,0			
0,55	1,0	1,0	0,57	0,47	0,43	1,0	1,0	0,60	0,48	0,41
0,60	1,0	1,0	0,53	0,46	0,41	1,0	1,0	0,58	0,45	0,37
0,65	1,0	1,0	0,52	0,45	0,38	1,0	1,0	0,52	0,38	0,33
0,70	1,0	1,0	0,48	0,37	0,32	1,0	1,0	0,47	0,36	0,30
0,75	1,0	1,0	0,45	0,33	0,27	1,0	1,0	0,50	0,33	0,27
0,80	1,0	1,0	0,44	0,28	0,20	1,0	1,0	0,38	0,23	0,19
0,85	1,0	1,0	0,43	0,25	0,15	1,0	1,0	0,38	0,23	0,19
0,90	1,0	1,0	0,42	0,20	0,13	1,0	1,0	0,30	0,19	0,17
Примітка. Значення зсувних характеристик при $\Sigma N_p = 1$ використовуються при розрахунку на статичну дію навантаження. При $\Sigma N_p = 10^6$ розрахункові значення ϕ і c потрібно приймати за стовпчиком « 10^6 ».										

ДОДАТОК Г

(довідковий)

Міцнісні, деформаційні та теплоізоляційні характеристики матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу

Таблиця Г.1 – Характеристики асфальтобетонів для розрахунку на згин

Матеріал	Марка в'язучого	Характеристики для розрахунку на згин					
		Модуль пружності E , МПа	Коефіцієнт варіації SE	$R_{\text{лаб}}$, МПа	Коефіцієнт варіації CR	Показник втоми m	$k_{\text{пр}}$
							I, II, III ДКЗ
1	2	3	4	5	6	7	8
Щільний полімер-асфальто-бетон	(термопласти)	7000	0,09	14,0	0,10	7,0	3,1
	(термоеласто-пласти)	5500	0,09	12,0	0,10	6,5	2,9
Щільний асфальто-бетон I-II марки	БНД-40/60	6000	0,09	10,0	0,10	6,0	3,7
	БНД-60/90	4500	0,10	9,8	0,10	5,5	4,0
	БНД-90/130	3600	0,10	9,5	0,10	5,0	4,5
	БНД-130/200	2600	0,11	9,3	0,12	4,5	5,1
	БНД-200/300	2000		9,1			5,8
	СГ-130/200	1500	0,13	9,0	0,14	4,3	6,8
Пористий асфальто-бетон	БНД-40/60	3600	0,10	8,3	0,12	4,5	7,2
	БНД-60/90	2800	0,11	8,0	0,12	4,3	8,2
	БНД-90/130	2200	0,12	7,8	0,14	4,0	8,6
	БНД-130/200	1800	0,12	7,6	0,15	3,75	9,0
	БНД-200/300	1400		7,0			9,6
Високо-пористий щебеневий асфальто-бетон	БНД-40/60	3000	0,11	6,0	0,15	4,3	8,8
	БНД-60/90	2000	0,12	5,8	0,15	4,0	9,3
	БНД-90/130	1700	0,12	5,5	0,15	3,75	9,8

Таблиця Г.2 – Характеристики асфальтобетонів для розрахунку за пружним прогином і зсувом в ґрунті та проміжних шарах одягу

Матеріал	Марка бітуму	Розрахункові значення короткочасного модуля пружності Е, МПа, при температурі покриття, °С			
		+10	+20	+30	+40
Полімерасфальто-бетон Щільний асфальтобетон	Термопласти	6000	4000	2700	1200
	Термоеластопласти	5000	3800	2500	1000
	БНД-40/60	4400	2600	1300	690
	БНД-60/90	3200	1800	900	550
	БНД-90/130	2400	1200	660	440
	БНД-130/200	1500	800	560	380
	СГ-130/200	900	400	350	300
	СГ-70/130	800	350	300	250
	МГ-70/130	800	350	300	250
Пористий і високопористий асфальтобетон	БНД-40/60	2800	1700	900	540
	БНД-60/90	2000	1200	700	460
	БНД-90/130	1400	800	510	380
	БНД-130/200	1100	590	410	340

Примітка 1. Якщо даних безпосередніх регіональних спостережень за температурою покриття немає, можна застосовувати як розрахункову температуру асфальтобетону в дорожньо-кліматичних зонах У-І та У-ІІ – 20°С, у зоні У-ІІІ – 30°С, в У-ІУ – 40°С.

Примітка 2. Модулі пружності щільного асфальтобетону подані в таблиці стосовно до сумішей типу Б. При температурах від 30 до 40°С модулі пружності для сумішей типу А слід збільшити, а типів В, Г, Д – зменшити на 20%.

Примітка 3. Модулі пружності пористого і високопористого асфальтобетону подані в таблиці стосовно до піщаних сумішей. При температурі від 30°С до 50°С модулі пружності для дрібнозернистих сумішей слід збільшити на 10%, а для крупнозернистих сумішей -на 20%.

Примітка 4. Розрахункові значення короткочасного модуля пружності Е приведені для використання в розрахунках конструкцій за пружним прогином і зсувом в ґрунті та проміжних шарах одягу.

Таблиця Г.3 – Характеристики асфальтобетонів для розрахунку дорожнього одягу на статичну дію навантаження

Вид асфальтобетону	Вид суміші	Розрахунковий модуль пружності Е при статичній дії навантаження, МПа, при розрахунковій температурі, °С		
		+20	+30	+40
Щільні суміші, тип Б	Крупнозерниста	400	350	300
Щільні суміші, типи Г, Д	Дрібнозерниста	300	270	220
	Піщана	200	180	160
	Крупнозерниста	360	320	280
Пористі і високопористі суміші	Дрібнозерниста	290	250	220
	Піщана	250	225	200
Примітка. Модулі пружності асфальтобетону типу А збільшують на 20%, а типу В зменшують на 20%.				

Таблиця Г.4 – Характеристики матеріалів і ґрунтів, укріплених в'язучими речовинами

№№ п/п	Матеріал	Розрахункові характеристики матеріалів і ґрунтів, кріплених в'язучими		
		Модуль пружності Е, МПа	Коефіцієнт варіації, С _Е	Міцність на розтяг при згині, R, МПа
1	2	3	4	5
1	Щебінь і гравій, оброблені цементом марок: 75 60 40	1000 900 700	0,15 0,15 0,16	0,7 0,6 0,5
2	Крупноуламкові ґрунти і гравійно-піщані суміші оптимального чи близьких до оптимального складів, укріплені комплексними в'язучими: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	900-750 650-500 450-300	0,15 0,17 0,19	0,55-0,45 0,42-0,35 0,32-0,25

Продовження таблиці Г.4

1	2	3	4	5
3	Те саме, укріплене цементом: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	800-550 530-350 320-280	0,16 0,18 0,20	0,46-0,34 0,42-0,25 0,22-0,20
4	Те саме, укріплене активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та іншими композиційними в'язучими з добавками чи без добавок ПАР, дьогтем і тощо: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	700-530 500-330 300-250	0,17 0,18 0,20	0,40-0,32 0,31-0,22 0,20-0,18
5	Крупноуламкові ґрунти і гравійно-піщані суміші оптимального чи близьких до оптимального складу, укріплені в'язким бітумом або емульсією на в'язкому бітумі	350-250	0,20	0,35-0,30
6	Крупноуламкові ґрунти і гравійно-піщані суміші неоптимального складу, піски (крім дрібних, пилуватих і однорозмірних), супісок легкий, крупний, щебінь маломіцних порід і відходи каменедроблення, укріплені комплексними в'язучими: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	800-650 600-450 420-280	0,16 0,17 0,19	0,50-0,42 0,40-0,32 0,31-0,24
7	Те саме, укріплене цементом: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	700-500 480-330 300-250	0,17 0,18 0,20	0,40-0,30 0,28-0,22 0,19-0,18
8	Те саме, укріплене в'язучими, зазначеними в порядковому номері 4: II клас міцності III клас міцності	450-300 300-200	0,19 0,21	0,25-0,17 0,16-0,12

Продовження таблиці Г.4

1	2	3	4	5
9	Те саме, укріплене в'язким бітумом або емульсією на в'язкому бітумі	300-200	0,21	0,30-0,25
10	Піски дрібні і пилюваті, супісок легкий і пилюватий, укріплені комплексними в'язучими:			
	І клас міцності	750-600	0,16	0,47-0,40
	II клас міцності	550-400	0,18	0,37-0,30
	III клас міцності	380-250	0,20	0,28-0,22
11	Те саме, укріплене цементом:			
	І клас міцності	650-480	0,17	0,35-0,26
	II клас міцності	450-300	0,19	0,25-0,18
	III клас міцності	260-220	0,21	0,16-0,13
12	Те саме, укріплене в'язучими, що зазначені у поз. 4 цієї таблиці:			
	II клас міцності	430-280	0,19	0,22-0,11
	III клас міцності	230-180	0,22	0,08-0,07
13	Те саме, укріплене в'язким бітумом або емульсією на в'язкому бітумі	300-220	0,21	0,25-0,20
14	Побічні продукти промисловості (кам'яні матеріали і крупноуламко ві ґрунти, які відповідають рудним копалинам, золошлакові суміші, формувальні суміші, фосфоритні "Хвости" і тощо), укріплені комплексними в'язучими:			
	І клас міцності	700-550	0,16	0,45-0,37
	II клас міцності	530-350	0,18	0,36-0,28
	III клас міцності	320-200	0,21	0,26-0,12
15	Те саме, укріплені цементом:			
	І клас міцності	600-420	0,17	0,30-0,22
	II клас міцності	400-250	0,20	0,25-0,18
	III клас міцності	220-180	0,22	0,16-0,13
16	Те саме, укріплене в'язучими, зазначеними у поз.4 цієї таблиці:			
	II клас міцності	350-220	0,20	0,15-0,09
	III клас міцності	200-130	0,23	0,08-0,06
17	Те саме, укріплене в'язкими бітумами або емульсіями на в'язких бітумах	250-180	0,22	0,20-0,15

Закінчення таблиці Г.4

1	2	3	4	5
18	Супіски важкі і пілуваті, суглинки легкі, укріплені комплексними в'язучими: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	600-500 450-300 280-150	0,17 0,19 0,22	0,40-0,35 0,32-0,25 0,24-0,10
19	Те саме, укріплене мінеральними в'язучими – цементом, золою виносу, гранульованим шлаком: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	500-350 350-230 200-120	0,18 0,20 0,24	0,22-0,16 0,16-0,12 0,09-0,07
20	Те саме, укріплене в'язучими, що зазначені у поз. 4 цієї таблиці: II клас міцності III клас міцності	300-200 180-100	0,21 0,24	0,12-0,08 0,06-0,05
21	Те саме, укріплене емульсією на в'язких бітумах	250-180	0,22	0,17-0,10
22	Суглинки важкі і пілуваті, глини піщаністі и пілуваті, укріплені мінеральними і комплексними в'язучими: II клас міцності III клас міцності	330-200 180-80	0,21 0,25	0,12-0,08 0,06-0,05

Примітка 1. Під комплексними в'язучими розуміють цемент + в'язкий бітум або емульсії на в'язкому бітумі; цемент + полімерне в'язуче, цемент (вапно) + активні золи-виносу або гранульовані шлаки і тощо.

Примітка 2. Більші значення розрахункових характеристик приймають при:

а) використанні більш якісних мінеральних матеріалів або активних в'язучих;

б) укріпленні матеріалів і ґрунтів неорганічними в'язучими в дорожньо-кліматичних зонах У-III та У-IV;

в) укріпленні в'язким бітумом і бітумною емульсією на в'язкому бітумі в дорожньо-кліматичних зонах У-I та У-II;

Таблиця Г.5 – Характеристики щебеню та других зернистих матеріалів
Розрахункові
характеристики

Матеріал (грунт)	Модуль пружності E , МПа	Кут внутрішнього тертя φ , °	Зчеплення c_m , МПа	Примітка
1	2	3	4	5
Чорний щебінь, влаштований за способом за- клинки за ВСН 123-77	600-900	-	-	Більші зна- чення для покриття, менші – для основ
Шар із щебеню марок 1000-1400, влаштований за способом просочення в'язким бітумом за ВСН 123-77	400-600	-	-	Те саме
Щебінь фракційний ма- рок 800-1400, влаштова- ний за ДСТУ Б В.2.7-30:				
- з міцних осадових та метаморфічних порід	350-450	-	-	
- з магматичних порід	250-350	-	-	
Фракційний щебінь, укріплений цементно- піщаною сумішшю за способом просочення за ВБН В.2.3-218-002	500	-	-	
Шлак з підібраним гра- нулометричним складом за ГОСТ 3344:				Більші зна- чення при стійкій структурі шлаку
активний	350-450	-	-	
слабоактивний	200-300	-	-	
Рядовий шлаковий щебінь	150-200	-	-	-
Кам'яна бруківка, паке- ляж	400-500	-	-	-

Продовження таблиці Г.5

1	2	3	4	5
Грунт, укріплений рідким бітумом за ВСН 123-77: супісок піщанистий	150- 200	25-35 15-25	0,02- 0,035	Більші зна- чення – при змішуванні в установці і застосуванні
суглинок, супісок пи- луватий	80-150		0,02- 0,035	бітумної емульсії
Піщано-гравійні суміші за ДСТУ Б В.2.7-30	180	45	0,03	
Пісок, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-32:				Показники c_m і E прийняті при
дуже крупний,	130	42	0,007	залишковій
підвищеної крупності				пористості
та крупний	120	40	0,006	піску,
середній	100	38	0,005	ущільненого
дрібний				до
				максимальної
				щільності
				26% < n <
				32%, при n <
				26%
				збільшуються
				на 20%, а при
				$n > 32\%$ -
				зменшуються
				на 20%

Таблиця Г.6 – Характеристики теплоізоляційних матеріалів

Теплоізоляційний матеріал	Розрахункові характери- стики	
	Модуль пружності	Межа міцності

1	Е, МПа	при згині R, МПа
2	3	
Стіропорбетон	500,0-800,0	0,3-0,4
Аглопоритовий щебінь, оброблений в'язким бітумом	400,0	0,4
Керамзитовий гравій, оброблений в'язким бітумом	500,0	0,4
Гравій (щебінь) з легкими заповнювачами, оброблені в'язким бітумом	500,0	0,8
Цементогрунт із перлітом	130,0	0,2
Те ж саме, з полістиролом, складу: гранули полістиролу 3-2% пісок 97-98% (від маси) цемент 7-6%	300,0	0,2
Те ж саме, з керамзитом, складу: пісок 75% керамзит 2,5% цемент 6%	300,0	0,3
Бітумоцементогрунт із перлітом, складу: перлітовий щебінь 25-20% пісок 75-80%, цемент 4-6% бітум 12-10% від (маси піску, перліту і цементу)	200,0-300,0	0,2-0,3
Цементогрунт з аглопоритом, складу: супісок або пісок 70-80% аглопорит 30-20% цемент 6%	250,0-350,0	0,25-0,35
Золошлакові суміші, укріплені цементом	150,0	0,4
Грунт, укріплений золою-виносу	200,0	0,4
Цементогрунт, оброблений бітумною емульсією	-	0,6

Таблиця Г.7 – Характеристики матеріалів і ґрунтів, розповсюджених в Україні

Матеріал конструктивного шару	R, МПа	Розрахунковий модуль пружності Е,
-------------------------------	--------	-----------------------------------

		МПа
Щебінь і гравій, укріплені портландцементом	0,25-0,50	400-800
Місцеві кам'яні матеріали, укріплені цементом:		
а) вапняки півдня України	0,16-0,36	300-550
б) піщаники Харківської і Хмельницької областей	0,15-0,25	280-500
в) піщаники, відходи каменедроблення міцних піщаників Вінницької, Хмельницької, Луганської і Львівської областей	0,16-0,23	400-520
г) гравійно-піщані суміші чи жорства вивержених гірських порід, укріплених цементом	0,15-0,40	480-500
Ґрунти, укріплені цементом:	0,08-0,35	150-450
а) суглинки, супіски пилюваті	0,10-0,40	200-800
б) легкі супіски, піски мілкі пилюваті		
в) піски гравелисті, крупні і середньозернисті	0,15-0,50	180-600
Побічні продукти промисловості, укріплені цементом:		
а) відходи каменедроблення гірських порід	0,15-0,40	200-550
б) відвальна золошлакова суміш теплових електростанцій України	0,35-0,60	500-700
в) те саме, укріплене вапном	0,35-0,60	350-600
Щебінь із металургійних шлаків заводів Придніпров'я і Криворіжжя:		
активний	-	300-450
малоактивний	-	150-300
Горілі породи відвалів вугільних шахт:		
а) з середнім ступенем випалювання, щільні	-	120-140
	-	100-120
б) сильно- і слабо випалені, щільні	-	50-60
в) те саме, але не захищені від дії води	-	100-175
Ґрунтощебінь з вмістом щебеню до 60%		

Таблиця Г.8 – Теплофізичні характеристики матеріалів і ґрунтів

№ № п/п	Матеріал	Коефіцієнт теплопровід ності λ Вт/(м.к.)	Еквівалент за гранітним щебенем $\varepsilon_1 = \sqrt{\lambda_{щ} / \lambda_1}$
1	Асфальтобетон щільний	2,4	1,15
2	Те саме, пористий	2,25	1,22
3	Те саме, високопористий	2,2-1,9	1,30-1,36
4	Литий асфальтобетон	2,45	1,1
5	Цементобетон	2,4	1,88
6	Чорний щебінь	1,02	1,35
7	Щебінь з просочуванням в'язким бітумом	1,15	1,27
8	Шлаковий щебінь	1,6	1,76
9	Щебінь і гравій, оброблені цемен- том	2	1,96
10	Піски, укріплені комплексними в'язучими	1,86	1
11	Піски, укріплені цементом	1,75	1,03
12	Крупноуламкові піски і ГПС, укріплені в'язучими	1,9	0,99
13	Малоцінні вапняки, укріплені вапном	1,16	1,27
14	Суглинки, укріплені мінеральними і комплексними в'язучими	1,45	1,13
15	Супіски, укріплені мінеральними і комплексними в'язучими	1,51	1,11
16	Щебінь гранітний	1,80	1
17	Щебінь вапняковий	1,39	1,15
18	Гравій	1,80	1
19	Пісок крупний	2,32	0,88
20	Пісок середньої крупності	2,44	0,87
21	Пісок дрібний	2,32	0,9
22	Піщано-гравійна суміш	1,9	1,00

Примітка 2. Розрахунковими характеристиками теплофізичних характеристик різних дорожньо-будівельних матеріалів, що наведені в таблиці Г.8, слід користуватися лише за відсутності приладів та обладнання для експериментального визначення цих характеристик.

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 – Орієнтовна вартість основних конструктивних шарів
дорожнього одягу (товщиною 1 см.)

№ п/п	Найменування шару	Одиниця виміру	Кіль- кість	Орієнтовна вартість, грн.
1	2	3	4	5
1. Матеріали шарів покриття				
1	Гарячий асфальтобетон, щільний: Щебенево-мастичний асфальтобетон ЩМА-15	1 м ²	1	12
2	Дрібнозерниста суміш	1 м ²	1	11
3	Крупнозерниста суміш	1 м ²	1	9,5
4	Піщана суміш	1 м ²	1	10,5
5	Гарячий асфальтобетон, пористий: Крупнозерниста суміш	1 м ²	1	8,75
6	Дрібнозерниста суміш	1 м ²	1	9,75
7	Гарячий асфальтобетон, високопористий: Крупнозерниста суміш	1 м ²	1	8,5
8	Дрібнозерниста суміш	1 м ²	1	8,75
9	Холодний асфальтобетон	1 м ²	1	7,0
10	Теплий асфальтобетон	1 м ²	1	7,5
2. Матеріали шарів основи				
А. Щебені, шлаки, суміші:				
	Суглинок, укріплений бітумом (Е-150, 180)	1 м ²	1	1,5-2,0
	Супісок, укріплений бітумом (Е-150, 200)	1 м ²	1	1,7-2,2
	Кам'яна бруківка (Е-400, 500)	1 м ²	1	10,0
	Піщано-гравійна суміш (Е-180)	1 м ²	1	2,2
	Чорний щебінь (Е-600, 900)	1 м ²	1	7,0
	Шлак активний (Е-350, 400)	1 м ²	1	2,5
	Шлак малоактивний (Е-200, 300)	1 м ²	1	2,0
	Рядовий шлак (Е-200)	1 м ²	1	1,5
	Щебінь М 100-1400 (Е-400, 600) Щебінь М 800-1400 (Е-250, 350, 450) Щебенево-цементно-піщана суміш (Е-500)	1 м ²	1	2,7-3,0
Б. Маломіцні кам'яні матеріали				
	Гравійна суміш	1 м ²	1	2,2-2,7

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4	5
В. Крупно-уламочні ґрунти та гравійно-піщані суміші, укріплені в'язучим				
22.	КУГ та ГПС, оптимізовані цементом (Е-300-900)	1 м ²	1	4,0-5,0
	КУГ та ГПС, оброблені в'язким бітумом (Е-250)	1 м ²	1	5,0
23.	КУГ та ГПС, укріплені цементом (Е-280-550)	1 м ²	1	3,7-4,2
24.	КУГ та ГПС, укріплені комплексним в'язучим (Е-300-700)	1 м ²	1	3,5-4,0
25.	КУГ та ГПС, оптимізовані бітумом (емульсія) (Е-250-350)	1 м ²	1	2,7-3,2
26.	КУГ та ГПС, не оптимізовані комплексним в'язучим (Е-280-800)	1 м ²	1	3,0-3,75
27.	КУГ та ГПС, не оптимізовані цементом (Е-250-700)	1 м ²	1	2,75-3,5
28.	КУГ та ГПС, не оптимізовані композ. (Е-300-450)	1 м ²	1	2,5-3,0
29.	КУГ та ГПС, не оптимізовані бітумом (емульсія) (Е-200-300)	1 м ²	1	2,5-3,0
30.	Пісок, супісок, укріплені комплексним в'язучим (380-750)	1 м ²	1	3,0-3,75
31.	Пісок, укріплений цементом (Е-260-650)	1 м ²	1	3,0-4,0
32.	Пісок, супісок, укріплені композ. в'язучим	1 м ²	1	1,5-2,0
33.	Пісок, супісок, укріплені бітумом (емульсією) (220-300)	1 м ²	1	2,0-2,5
34.	Побічні продукти, укріплені комплексним в'язучим (Е-320-700)	1 м ²	1	2,5-4,0
35.	Побічні продукти, укріплені цементом (Е-320-700)	1 м ²	1	2,75-4,5
36.	Побічні продукти, укріплені композ. в'язучим (Е-200-350)	1 м ²	1	2,5-3,0
37.	Побічні продукти, укріплені комплексним в'язучим (Е-180-250)	1 м ²	1	2,5-2,75
38.	Супісок, суглинок, укріплені комплексним в'язучим (Е-150-600)	1 м ²	1	1,5-2,5
39.	Супісок, суглинок, укріплені мінеральним в'язучим (Е-120-500)	1 м ²	1	2,0-2,5

Закінчення таблиці Д.1

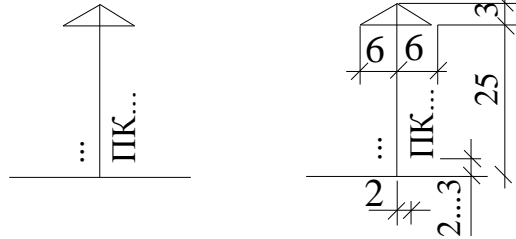
1	2	3	4	5
40.	Супісок, суглинок, укріплені композ. в'язучим (Е-100-300)	1 м ²	1	1,5-2,0
41.	Супісок, суглинок, укріплені емульсією (Е-180-250)	1 м ²	1	1,5-2,0
42.	Супісок, глини, укріплені мінеральним в'язучим (Е-180-330)	1 м ²	1	1,75-2,25
Г. Піски (по ВБН)				
	А. Піски крупні Б. Піски середні В. Піски мілкі	1 м ²	1	1,2-1,5

Е.1 – Умовні позначення на плані траси

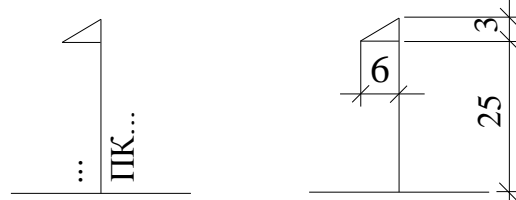
Назва зображення	Умовне графічне зображення	Розміри, мм
Пікет		
Точка (вершина) кута повороту кривої		
Знак тангенса колової кривої		
Знак тангенса перехідної кривої		
Показчик кілометрів		
Труба з оголовком а) портального типу		
б) розтрубного типу		
Міст		
Шляхопровід		

Е.2 – Умовні позначення на пздовжньому профілі:

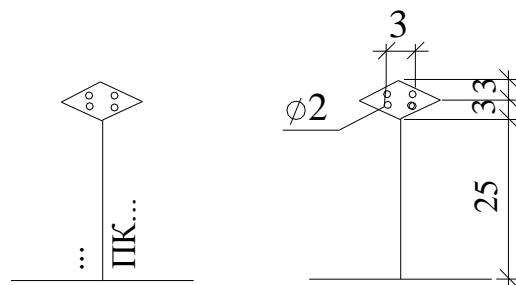
- 1) Схрещення автомобільних доріг
Ліворуч від ніжки показують тип схрещення



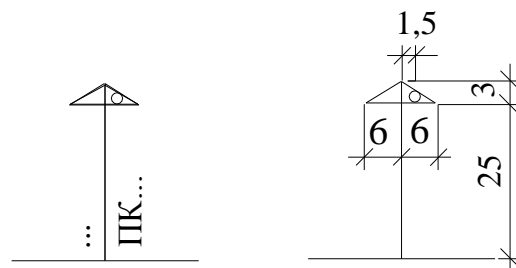
- 2) З'їзд або примикання до автомобільної дороги



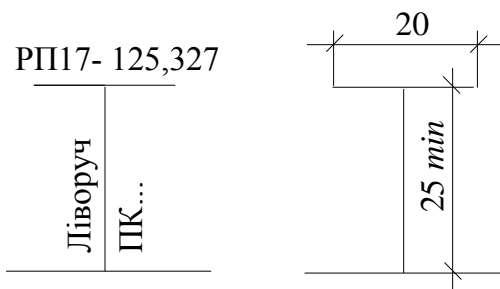
- 3) Розв'язка автомобільних доріг в різних рівнях
а) на схрещеннях



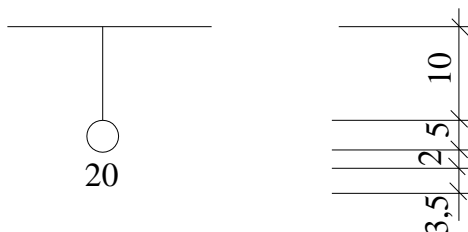
- б) на примиканнях



- 4) Репер або марка

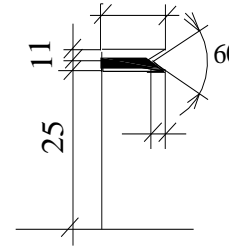
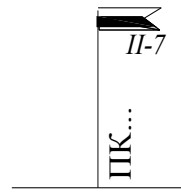


- 5) Показчик кілометрів

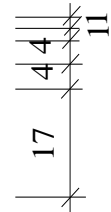
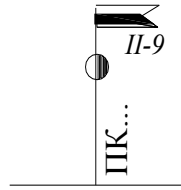


6. Переїзд при схрещенні
залізничної колії і
автомобільної дороги:

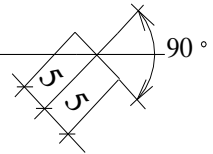
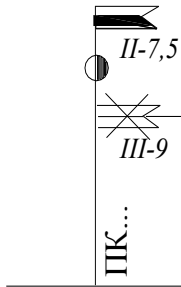
а) не охороняємий



б) охороняємий

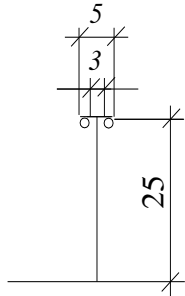
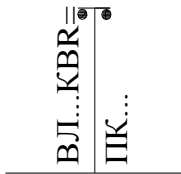


в) перебудовуваний

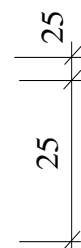
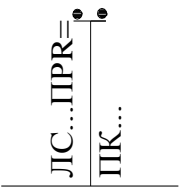


7. Перетин інженерних
надземних мереж
на високих опорах:

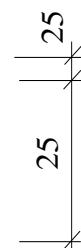
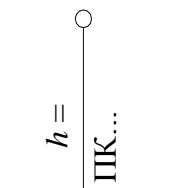
а) ВО



б) зв'язку і сигналізації



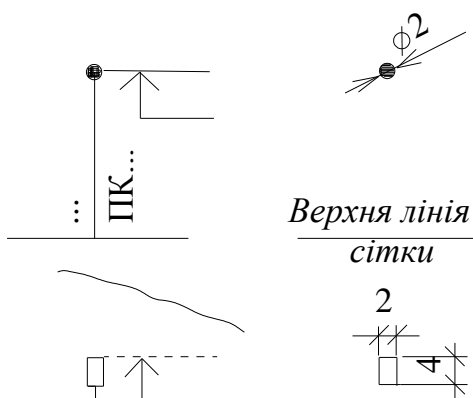
*в) трубопроводів різного
призначення*



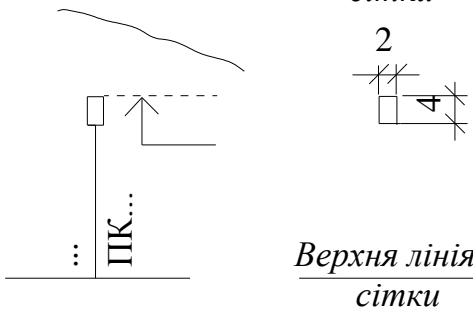
8. Перетин інженерних
підземних мереж:

а) трубопроводів
різного призначення

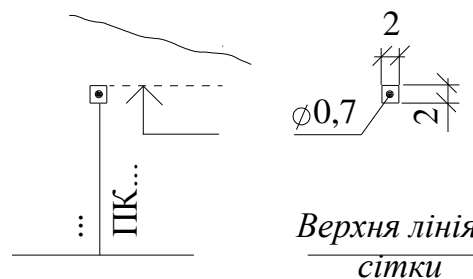
Ліворуч від ніжки показують
назву або індекс інженерної
мережі



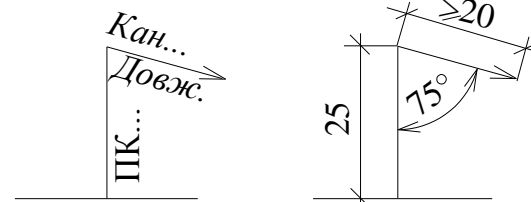
б) каналів різного
призначення



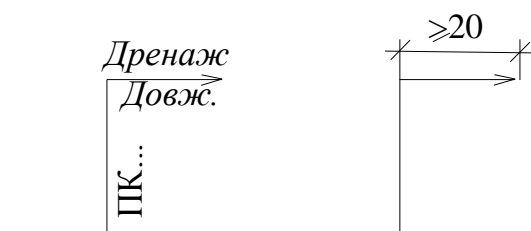
в) кабелів



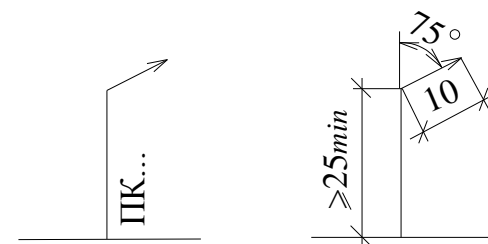
9. Нагірна канава або
водовідвідна



10. Дренаж

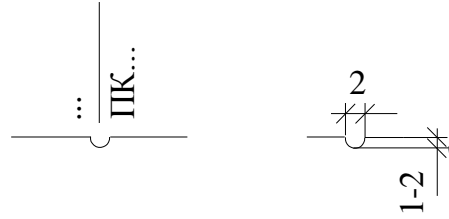


11. Водоскид



12. Лоток:

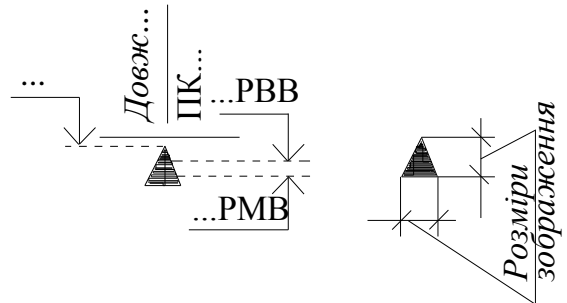
а) відкритий



б) закритий

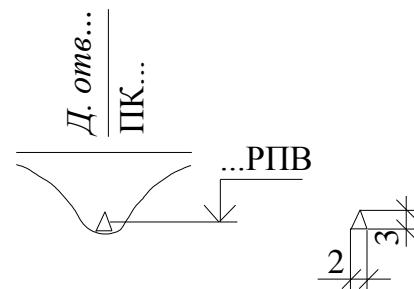


13. Дамба

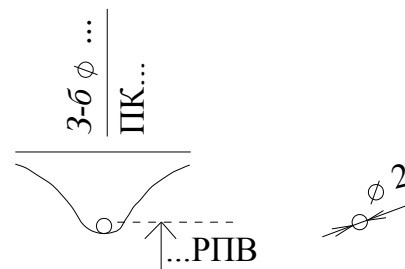


14. Труба:

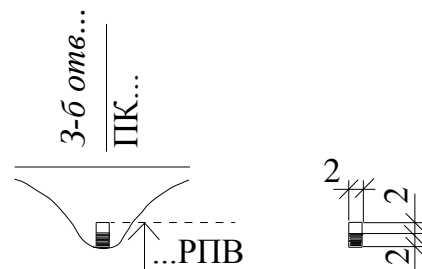
а) дерев'яна трикутна або прямокутна



б) залізобетонна або бетонна кругла

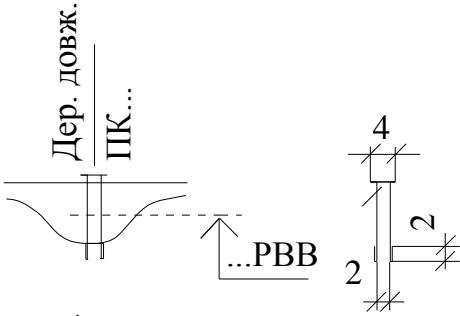


в) залізобетонна або бетонна прямокутна

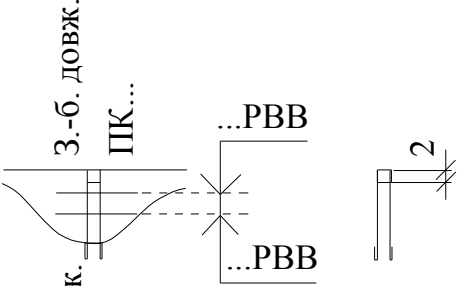


15. Міст:

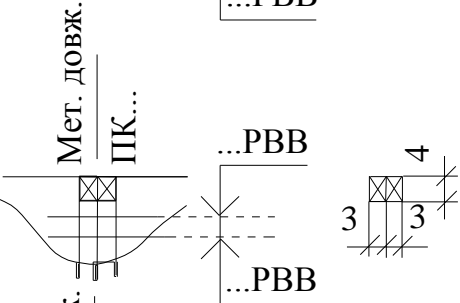
а) дерев'яний



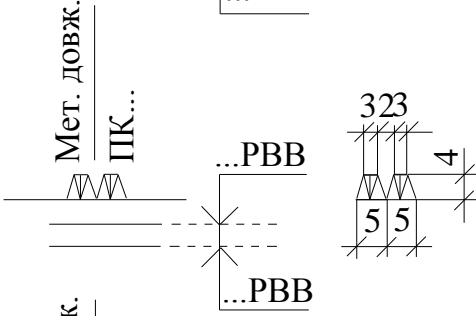
б) залізобетонний



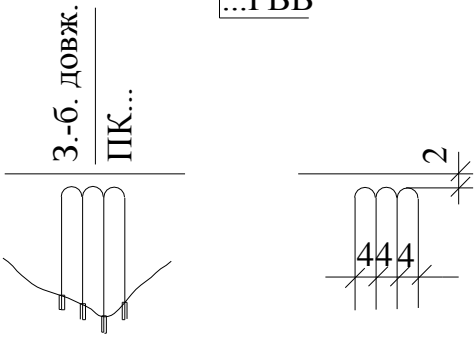
в) металічний з їздою
зверху



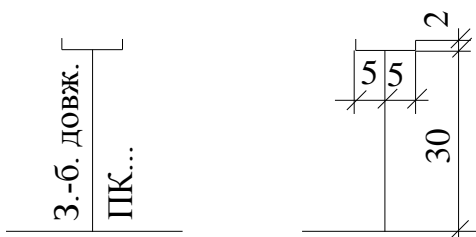
г) металічний з їздою
низом



16. Віадук

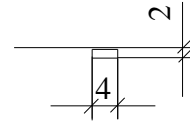
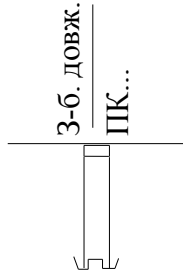


17. Міст пішохідний

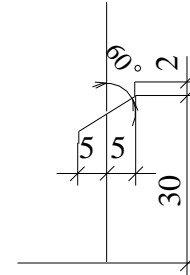
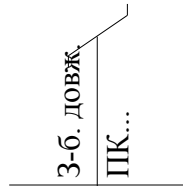


18. Шляхопровід:

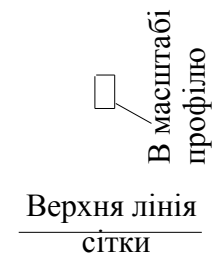
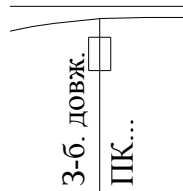
а) під проектованою дорогою



а) над проектованою дорогою

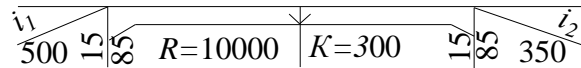


19. Тунель пішохідний

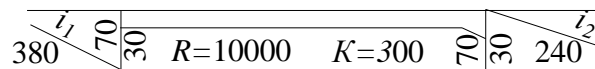


20. Вертикаольні криві:

а) опукла крива з висхідною та низхідною вітками
15 відстань до найближчого пікету



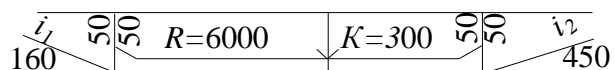
б) опукла крива з низхідною віткою



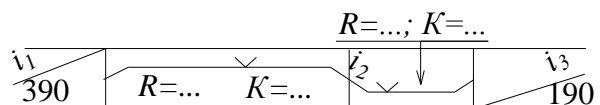
в) угнута крива з висхідною віткою



г) угнута крива з низхідною та висхідною вітками



д) перехід на ПК від опуклої кривої до угнутої на похилі i_2



Е.3 – Умовні позначення ґрунтів і гірських порід на поздовжніх профілях автомобільних доріг

	Супісок легкий		Пісок дрібний		Галька
	Супісок пиловатий		Пливун		Валуни
	Супісок важкий		Пісок пиловатий		Граніт
	Суглинок		Суглинок важ- кий валунний		Діабаз
	Суглинок лег- кий пиловатий		Торф		Сланець глинистий
	Суглинок важкий		Торф розріджений		Вапняк
	Суглинок важ- кий пиловатий		Сапропель		Мергель
	Глина піскувата		Мул, мулу- ватий ґрунт		Вапняк черепашник
	Глина пиловата		Насипний ґрунт		Піщаник кв.-кварцевий гл.-глинистий вап.-вапняковий
	Глина цегельна		Гравій		Тріщинуватість порід