

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ ІНСТИТУТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Директор АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»  
М.М. Чальцев  
18.07.2011 р.

Кафедра «Проектування доріг і штучних споруд»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ НА ТЕМУ  
«ПРОЕКТУВАННЯ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ТА ПІДХОДІВ  
ДО НЬОГО» З ДИСЦИПЛІНИ «ПРОЕКТУВАННЯ  
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ» (ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ  
ПІДГОТОВКИ 6.060101 «БУДІВНИЦТВО»)**

**08/09-2011-06**

«Рекомендовано»

Навчально-методична комісія  
факультету «Автомобільні  
дороги»

Протокол № 9  
від 18.05.2011р.

«Рекомендовано»

Кафедра  
«Проектування доріг і  
штучних споруд»

Протокол №22  
від 18.05.2011р.

УДК 625.72 (07)

Методичні вказівки до виконання курсової роботи на тему «Проектування мостового переходу та підходів до нього» з дисципліни «Проектування автомобільних доріг» (для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво») [Електронний ресурс] / укладачі: Б.І.Піндус, В.М.Бушева, Г.М.Плужник. – Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2014. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM): 12 см. – Системні вимоги: Pentium; 32 Mb RAM; WINDOWS 98/2000/NT/XP; MS Word 97-2000. – Назва з титульного екрану.

Викладається методика гідрологічних та гідравлічних розрахунків при проектуванні мостових переходів через великі водотоки, а також методика конструювання і розрахунків нежорсткого дорожнього одягу. У методичних вказівках наведено основні розрахункові залежності, довідкові і нормативні матеріали для розв'язання конкретних задач, також наведено вихідні дані, теоретичні пояснення і порядок виконання курсової роботи, приклади розрахунку. Методичні вказівки можуть бути використані під час проведення практичних занять з дисципліни.

Укладачі:

Піндус Б.І., к.т.н., доц.  
Бушева В.М.  
Плужник Г.М.

Відповідальний за випуск:

Морозова Л.М., к.т.н., доц.  
каф. «Проектування доріг і  
штучних споруд»

Рецензент:

Шилін І.В., к.т.н., доц.  
каф. «Будівництво та експлуатація  
автомобільних доріг»

© Державний вищий навчальний заклад  
«Донецький національний технічний університет»  
Автомобільно-дорожній інститут, 2014.

## ЗМІСТ

СКЛАД РОБОТИ.....	5
ВСТУП .....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ПРОКЛАДЕННЯ ТРАСИ.....	7
1.1 Клімат .....	7
1.2 Рельєф .....	7
1.3 Рослинність і ґрунти.....	7
1.4 Інженерно-геологічні умови .....	7
1.5 Гідрологічні умови .....	7
1.6 Транспортно-економічна характеристика району проектування .....	10
2 ПЛАН ТРАСИ .....	11
2.1 Встановлення категорії дороги і основних норм проектування .....	11
2.2 План траси.....	11
2.3 Відведення земель. Знос будівель і насаджень .....	11
2.4 Перевлаштування комунікацій .....	11
3 РОЗРАХУНОК ОТВОРУ ВЕЛИКОГО МОСТА .....	12
3.1 Визначення розрахункового рівня за методом статистичної обробки даних водомірного поста .....	12
3.2 Морфометричний розрахунок.....	14
3.3 Розрахунок отвору моста.....	17
3.3.1 Розрахунок отвору моста зі зрізкою .....	20
3.3.2 Розрахунок отвору моста без зрізки .....	20
3.4 Проектування підходів до моста .....	21
3.4.1 Визначення розрахункового судоплавного рівня і висоти моста.....	21
3.4.2 Визначення мінімальної відмітки насипу на заплавах.....	23
4 ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ .....	25
4.1 Початкові дані для проектування .....	25
4.2 Визначення розрахункової інтенсивності руху та необхідного модуля пружності .....	26
4.3 Визначення розрахункових параметрів деформативності і міцності ґрунтів земляного полотна .....	33
4.4 Задачі та принципи конструювання .....	35
4.5 Конструювання покриттів і основ капітальних дорожніх одягів .....	37
4.6 Конструювання покриттів і основ полегшених і перехідних дорожніх одягів.....	39
4.7 Розрахунок дорожнього одягу за допустимим пружним прогином .....	46

4.8 Розрахунок дорожнього одягу за умов зсувостійкості земляного полотна та шарів із малозв'язних матеріалів.....	49
4.9 Розрахунок монолітних шарів на розтяг при згині .....	54
4.10 Розрахунок дорожнього одягу на морозостійкість .....	59
4.11 Порівняння варіантів дорожнього одягу.....	65
5 ЗЕМЛЯНЕ ПОЛОТНО .....	66
5.1 Поздовжній профіль .....	66
5.2 Поперечні профілі.....	66
5.3 Водовідвід.....	66
5.4 Укріплення земляного полотна .....	66
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	68
ДОДАТОК А .....	69
ДОДАТОК Б.....	74
ДОДАТОК В .....	76
ДОДАТОК Г.....	88
ДОДАТОК Д .....	99
ДОДАТОК Е.....	102

## СКЛАД РОБОТИ

### 1 ВСТУПНА ЧАСТИНА

- 1.1 Обкладинка
- 1.2 Титульний лист
- 1.3 Завдання на проектування
- 1.4 Реферат
- 1.5 Зміст

### 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА РОБОТИ

- 2.1 Вступ
- 2.2 Основні розділи пояснювальної записки
- 2.3 Висновок (висновки)
- 2.4 Перелік посилань

### 3 ДОДАТКИ (КРЕСЛЕННЯ, ВІДОМОСТІ)

- 3.1 Топографічна карта масштабу 1:25000
- 3.2 Відомість кутів повороту, кривих та прямих
- 3.3 Поздовжній профіль дороги
- 3.4 Варіанти конструкції дорожнього одягу
- 3.5 Поперечні профілі земляного полотна

## ВСТУП

У вступі необхідно вказати, ким і коли видано і затверджено завдання на проектування даної ділянки дороги, адміністративний район проложення траси. Коротке обґрунтування необхідності будівництва мостового переходу. Роль автомобільної дороги у вирішенні загальних потреб району в автомобільних перевезеннях.

Дати перелік основних нормативних документів, на основі яких розроблено проект.

# **1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ПРОКЛАДЕННЯ ТРАСИ**

## **1.1 Клімат**

Наводиться аналіз кліматичних умов району проектування з точки зору проектування, будівництва і отримання майбутнього мостового переходу, дорожньо-кліматична зона (рис.1.1). Опади. Коливання температури. Сила і напрямок вітру. Глибина промерзання ґрунту. Висота снігового покриву.

## **1.2 Рельєф**

Наводиться характеристика труднощів рельєфу в цілому по області і в районі будівництва дороги згідно з топографічною картою місцевості з точки зору влаштування підходів до мосту.

## **1.3 Рослинність і ґрунти**

Наводиться характеристика рослинного покриву і аналіз ґрунтів щодо можливості їх використання для будівництва автомобільної дороги.

Рекомендації щодо усування дерну, моху, рослинного ґрунту з смуги, відведеної під дорогу.

Рекомендації щодо використання стійких видів деревинно-чагарникової рослинності для снігозахисного та декоративного озеленення.

## **1.4 Інженерно-геологічні умови**

Наводиться коротка характеристика геологічної будови району прокладення траси дороги (вздовж траси та в руслі ріки). Характеристика і глибина залягання корінних порід. Характер району за сейсмічністю.

## **1.5 Гідрологічні умови**

Наявність в районі проектування постійних і періодичних водотоків. Умови поверхневого стоку. Характеристика водозбірних басейнів. Зливовий район (рис.1.2).

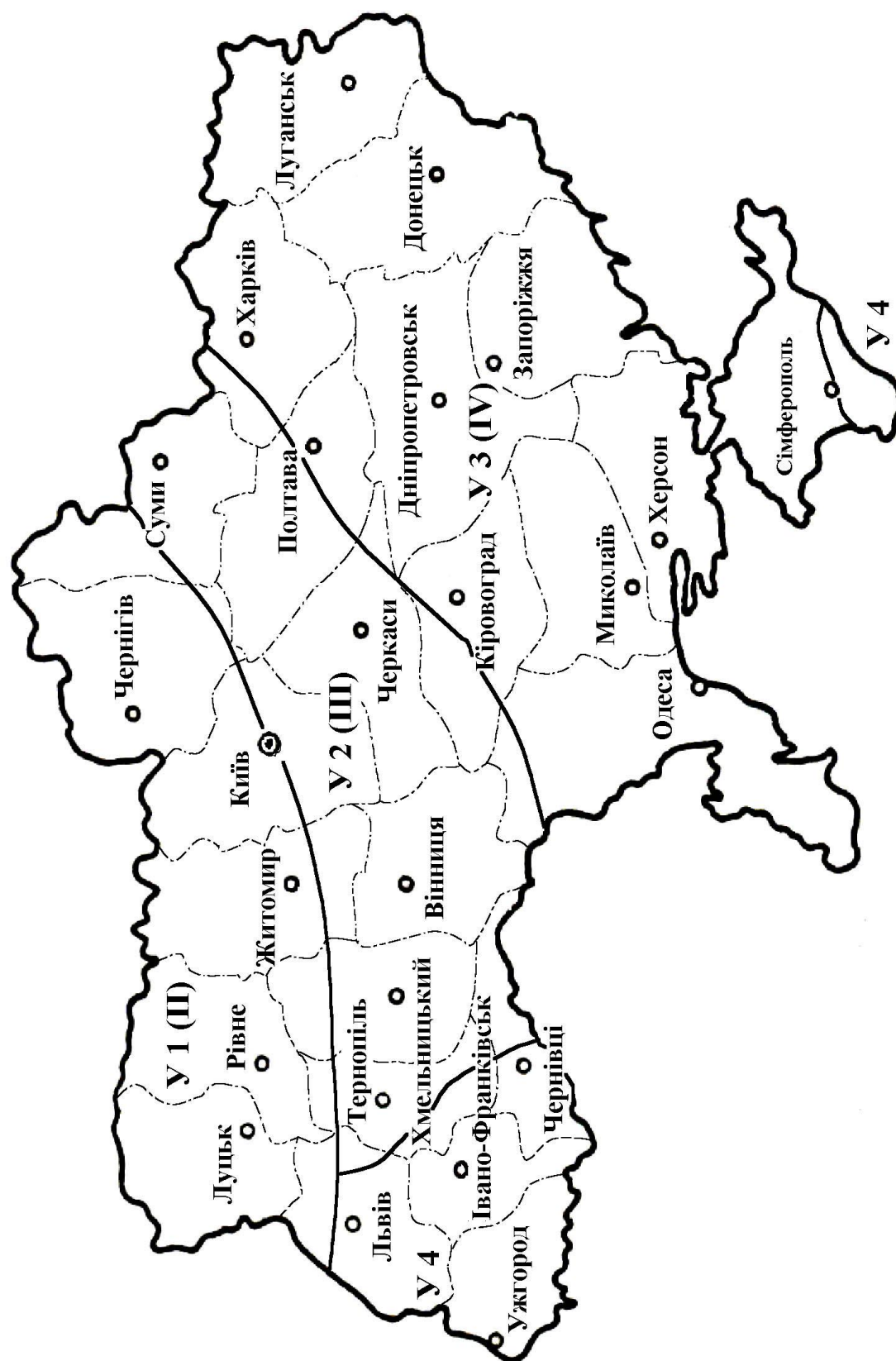


Рисунок 1.1 – Дорожно-кліматичне районування території України



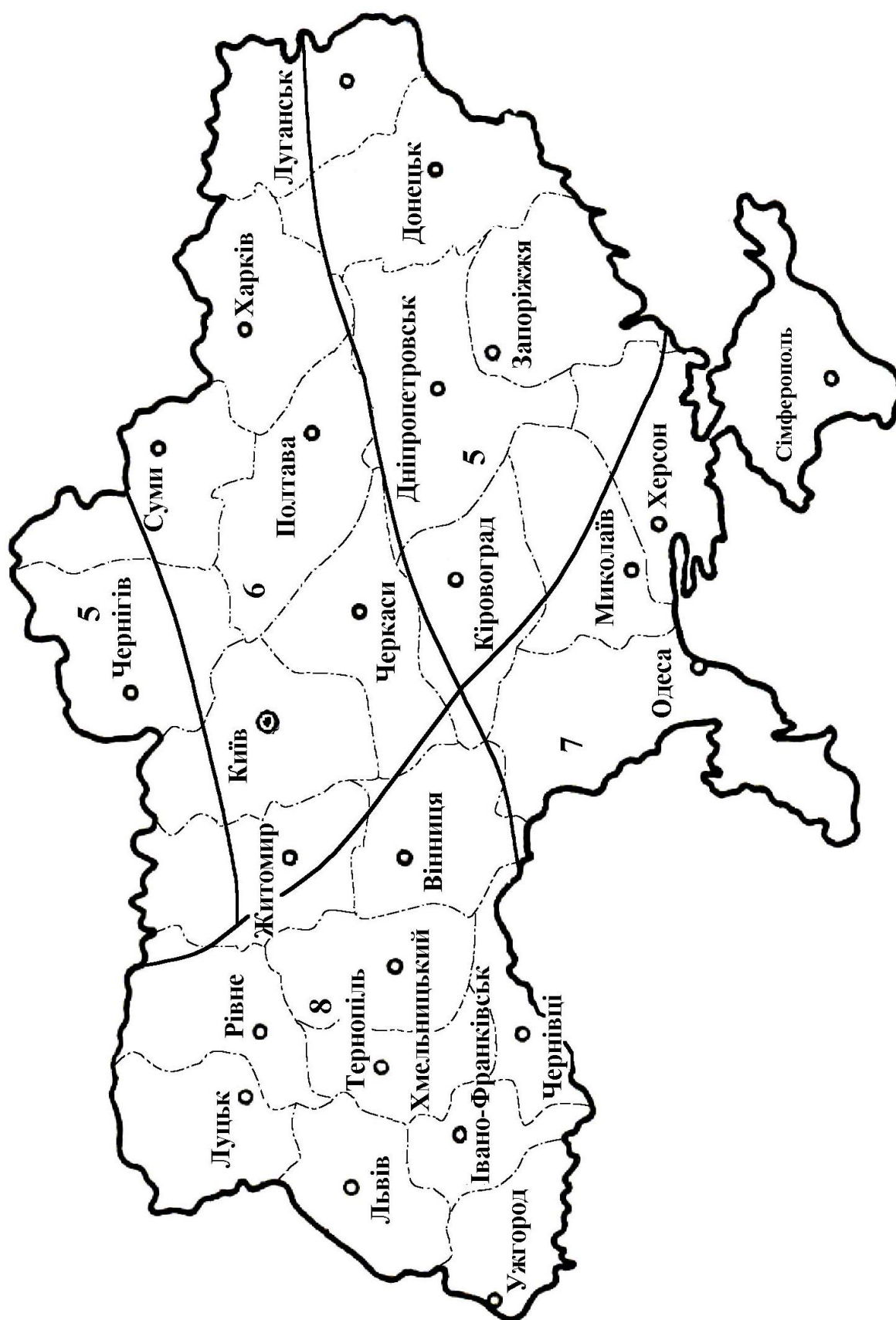


Рисунок 1.2 – Зливі райони України

## **1.6 Транспортно-економічна характеристика району проектування**

Дати характеристику економіки району за окремими галузями виробництва, а також характеристики транспортної мережі. Привести відомості про перспективну інтенсивність руху і склад транспортного потоку, щорічний приріст інтенсивності (згідно з завданням).

Навести короткі відомості про наявність місцевих матеріалів і необхідність в привізних, користуючись енциклопедіями, довідниками, а також даними виданої топографічної карти. Категорія дороги, відповідна їй розрахункова швидкість і основні норми проектування встановлюються згідно з перспективною інтенсивністю руху, що вказана в завданні на курсову роботу, за ДБН В.2.3-4:2007 [3].

## **2 ПЛАН ТРАСИ**

### **2.1 Встановлення категорії дороги і основних норм проектування**

Категорія дороги, відповідна їй розрахункова швидкість і основні норми проектування встановлюються згідно з перспективною інтенсивністю руху, що вказана в завданні на курсову роботу, за ДБН В.2.3-4:2007 [3].

### **2.2 План траси**

Початок і кінець траси. Довжина повітряної прямої. Короткий опис варіанта прокладення траси з урахуванням умов пересікання великого водотоку. Основні технічні показники плану траси (кількість кутів повороту, радіуси заокруглень, перехідні криві, віражі, загальна довжина прямих, кривих).

### **2.3 Відведення земель. Знос будівель і насаджень**

Ширина полоси відведення. Перелік землекористувачів, по землям яких прокладена траса дороги.

Обґрунтування необхідності збільшення існуючої полоси відведення, площі повернених земель.

Дати характеристику будівель, що підлягають знесенню.

### **2.4 Перевлаштування комунікацій**

Дати перелік і характеристику комунікацій, що пересікаються трасою дороги. Основні проектні рішення по їх перевлаштуванню.

Трасу автомобільної дороги між заданими населеними пунктами наносять на карту у відповідності з вимогами ДБН В.2.3-4:2007, топографічними та гідрологічними умовами місцевості. Траса повинна бути розбита на пікети і кілометри і складена відомість кутів повороту, прямих і кривих. План траси креслять в одному варіанті. Початок і кінець траси приєднується до заданих пунктів під будь-яким кутом, якщо їх напрямок не показаний стрілками.

### 3 РОЗРАХУНОК ОТВОРУ ВЕЛИКОГО МОСТА

Однією із основних частин курсової роботи є розрахунок отвору великого моста. Вихідними даними для розрахунку є: поперечний переріз русла ріки, підвищення рівнів високих вод над горизонтами меженних вод, уклон ріки і інші (додаток А). Розрахунок рекомендується вести в послідовності, наведеній нижче.

#### 3.1 Визначення розрахункового рівня за методом статистичної обробки даних водомірного поста

Для визначення розрахункового рівня необхідно обчислити:

– середньоарифметичне значення рівнів:

$$H_{\bar{n}\delta} = \frac{\sum H_i}{n}; \quad (3.1)$$

– модульні коефіцієнти:

$$K_i = \frac{H_i}{n_{\bar{n}\delta}}; \quad (3.2)$$

– коефіцієнти варіації:

$$C_v = \sqrt{\frac{(K_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (3.3)$$

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

$n$  – число членів ряду (років спостереження).

Розрахунковий рівень заданої імовірності перевищення визначають за залежністю

$$H_{p\%} = K_p \cdot H_{cp}, \quad (3.4)$$

де  $K_p$  – ордината теоретичної кривої розподілу, яка визначається за табл.3.1 залежно 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  $C_s/C_v = 3...4$ , ( $C_s = 3...4C_v$ ).

Таблиця 3.1 – Ординати теоретичної кривої розподілу

Відношення $C_s/C$	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

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

Розрахунки за статистичною обробкою ряду спостережень рекомендується виконувати у формі табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Дані статистичної обробки ряду спостережень

№ п/п	Рік	Рівень $H$ , км	$K_i = \frac{H_i}{n_{\bar{h}}}$	$K - 1$	$(K - 1)^2$	$P_e = \frac{H_{n/n}}{n + 1}$
1						
2						
.						
.						
.n						
		$\Sigma H_i$		$\Sigma(K - 1)$	$\Sigma(K - 1)^2$	

Рівні води у таблиці 3.2 розташовують в порядку зменшення (проводять ранжировку ряду). За даними ранжированого ряду спостережень за рівнем води (розташованого в порядку зменшення) будують клітинку імовірностей (див.п.3.4.1) та гістограму рівнів (рис. 3.1), основою для якої служить рівень меженних вод (РМВ). На гістограму рівнів наносять середню відмітку заплавин  $H_{з.ср}$ , яка обчислюється за формулою

$$H_{з.ср} = \bar{I} - h_{з.ср}, \quad (3.5)$$

де  $\bar{I}$  – відмітка рівня високих вод, що визначається за форму-

$$\dot{I}_{\text{ДДА}} = \dot{I}_{\text{ДА}} + \dot{I}_{\text{Д\%}}, \quad (3.6)$$

де  $h_{\zeta.\tilde{n}\delta}$  – середня глибина заплавини, порядок визначення якої наведений нижче (формула 3.9);

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

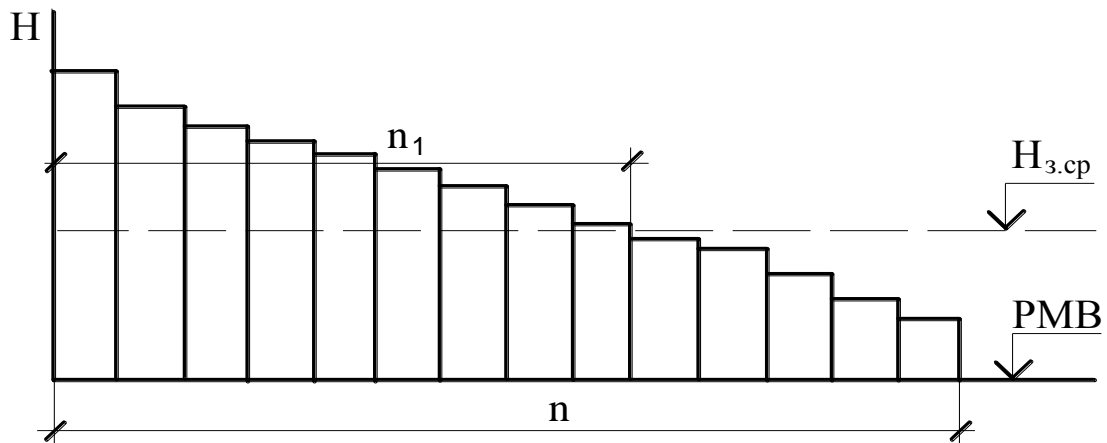


Рисунок 3.1 – Гістограма рівнів

### 3.2 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

$$Q = \omega_p C_p \sqrt{h_{p.c.p}} I + \sum \omega_{\zeta} C_{\zeta} \sqrt{h_{\zeta.\tilde{n}\delta}} I, \quad (3.7)$$

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

$h_{p.c.p}, h_{\zeta.\tilde{n}\delta}$  – середні глибини русла і заплавин;

$I$  – уклон ріки (за завданням);

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

$$C = m \cdot h^{1/6}, \quad (3.8)$$

де  $m$  – коефіцієнт гладкості русла і заплавин, який приймається за таблицею 3.3.

Розрахунки по визначенню площі живого перерізу русла і заплавин

рекомендується вести в формі таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 - Значення коефіцієнта гладкості  $m$

Морфометричні ознаки русла і заплавин	Значення
Русла земляні рівні; русла напівгірських рік; незарослі запла- вини	30
Русла земляні, звивисті; гальково-валунні; суходоли рівні; за- плавини, 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

Таблиця 3.4 – Геометричні елементи русла і заплавин

ПК +	Відмітка дна, м	Глибина води, м	Середня глибина, м	Довжина, м	Площа, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
Ліва (права) заплавина					
8+15					
9+00					
10+00					
ΣВ =                      Σω =					
Русло					
10+00					
10+20					
10+40					
10+60					
10+80					
11+00					
ΣВ =                      Σω =					

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6
Права (ліва) заплавина					
11+00					
12+00					
13+00					
14+00					
15+00					
16+75					
				$\sum B =$	$\sum \omega =$

Середня глибина заплавин і русла визначається за формулами

$$h_p = \frac{\omega_p}{B_p}, \quad h_s = \frac{\omega_s}{B_s}; \quad (3.9)$$

де  $\omega_p, \omega_s$  – площа русла і заплавин;

$B_p, B_s$  – ширина русла і заплавин.

У пояснювальній записці необхідно навести поперечний переріз потоку ріки при розрахунковому рівні (рис.3.2), для побудови якого слід використати масштаби:

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

Середні швидкості в руслі і на заплавах визначаються за формулами:

$$V_{\partial.\ddot{e}} = \frac{Q_{p.\ddot{i}}}{\omega_p}; \quad V_{\zeta.\ddot{e}} = \frac{Q_{\zeta.\ddot{i}}}{\omega_{\zeta}}; \quad (3.10)$$

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

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

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

$$Q_{i.\ddot{i}} = Q_{\ddot{e}.\zeta.\ddot{i}} + Q_{i.\zeta.\ddot{i}}. \quad (3.11)$$





$$P_{max} = \frac{h_{\delta.i} .max}{h_{\delta.i} .max} = \frac{1}{(1-\lambda)^{2/3}} \left( \frac{Q}{Q_{\delta.i}} \right)^{8/9}. \quad (3.13)$$

Максимальний коефіцієнт розмиву ( $P_{max}$ ) не повинен перебільшувати допустимої величини коефіцієнта розмиву  $P_{\hat{a}\hat{i}\hat{i}}$ , 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  $P_{don}$  слід приймати не більше 1,75. При визначенні витрат на основі гідрометричних спостережень  $P_{\hat{a}\hat{i}\hat{i}}$  слід приймати не більше 2,0.

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

1) якщо глибина закладення підошви фундаменту визначається за глибиною залягання міцних порід, що використовуються в якості основи (рисунок 3.3 а), то допустимий коефіцієнт розмиву визначається за формулою

$$P_{\hat{a}\hat{i}\hat{i}} = \frac{h_{\hat{a}\hat{a}\hat{i}\hat{e}} - \hat{O}}{h_{\delta.i} .max (1 + \delta)}, \quad (3.14)$$

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

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

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

$\Phi$  – обов'язкове закладання фундаменту в ґрунт, яке визначається статичним розрахунком. У курсовій роботі може бути прийнято 2-2,5 м;

2) якщо фундамент опори мілкового закладення споруджується в відкритому котловані (рис.3.3,б), глибина якого обмежена за водовідливом, довжиною шпунта та інше, то допустимий коефіцієнт розмиву визначається за формулою

$$P_{\hat{a}\hat{i}\hat{i}} = \frac{h_{\hat{e}\hat{i}\hat{o}} + \hat{A}_i - \hat{O}}{h_{\delta.i} .max (1 + \delta)}, \quad (3.15)$$

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;

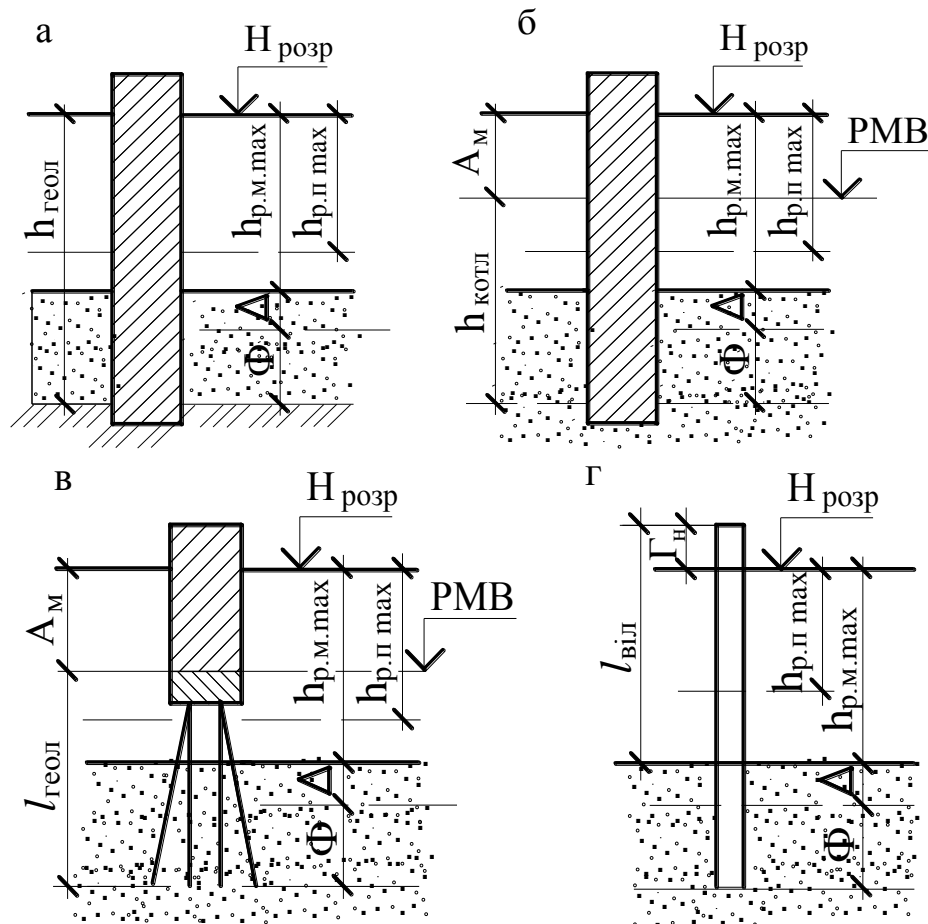


Рисунок 3.3 – Схеми до визначення допустимих коефіцієнтів розмиву по конструкції основ і фундаментів опор

3) для опор на високих пальових ростверках (рис. 3.3 в) допустимий коефіцієнт розмиву визначається з урахуванням повної довжини паль і необхідного закладення їх у ґрунт

$$D_{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{i}} = \frac{l_{\tilde{i}\tilde{e}} + \tilde{A}_{\tilde{i}} - \hat{O}}{h_{\delta.\tilde{i}. \max} (1 + \delta)}, \quad (3.16)$$

де  $l_{\tilde{i}\tilde{e}}$  – довжина палі,  $l_{\tilde{i}\tilde{e}} = 1 \dots 15$  м;

4) для мостів на типових пальових опорах (рис. 3.3 г), у яких нормується вільна довжина палі вище точки закладання  $l_{\hat{a}^3\tilde{e}}$ , допустимий коефіцієнт розмиву визначається за

$$P_{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{i}} = \frac{l_{\hat{a}^3\tilde{e}} - \tilde{A}_{\tilde{i}}}{h_{\delta.\tilde{i}. \max} (1 + \delta)}, \quad (3.17)$$

де  $\tilde{A}_{\tilde{i}}$  – надводний габарит. Може бути прийнятий від 0,75 м для не-судноплавних 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  $P_{max} > P_{\ddot{a}\ddot{u}\ddot{i}}$ , то отвір моста необхідно збільшувати, використовуючи для нього і частину заплавин. Існує два методи визначення отвору моста в цьому випадку: з розширеним руслом (зі зрізкою заплавин) і зі 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.

### 3.3.1 Розрахунок отвору моста зі зрізкою

У цьому випадку величина отвору моста визначається за формулою

$$L = \frac{B_{\delta.\ddot{i}}}{1-\lambda} \left( \frac{Q}{Q_{\delta.\ddot{i}}} \right)^{4/3} \frac{l}{(P_{\ddot{a}\ddot{u}\ddot{i}})^{3/2}}, \quad (3.18)$$

де  $B_{\delta.\ddot{i}}$  – ширина русла в побутових умовах;

$P_{\ddot{a}\ddot{u}\ddot{i}}$  – допустима величина розмиву залежно від конструкції основ і фундаментів опор, яка визначається за формулами (3.14), (3.17) або за умовою допустимого приросту площі поперечного перетину потоку (приймається менше значення).

### 3.3.2 Розрахунок отвору моста без зрізки

Знаючи, що коефіцієнти збільшення витрат в руслі  $\beta_p$ , на заплавинах  $\beta_z$  і загальний коефіцієнт стиснення  $\beta$  приблизно рівні між собою, задаються бажаним коефіцієнтом розмива  $P_{don}$  і визначають допустимий коефіцієнт стиснення

$$\beta = \beta_p = \beta_z = (1-\lambda)^{3/4} P_{\ddot{a}\ddot{u}\ddot{i}}^{9/8}. \quad (3.19)$$

За відомим загальним коефіцієнтом стиснення водотоку  $\beta$  знаходять величину побутових витрат на заплавної частині під мостом

$$Q_{\zeta.\dot{i}.\ddot{i}} = \frac{Q}{\beta} - Q_{\delta.\ddot{e}}. \quad (3.20)$$

Довжина заплавної частини отвору моста

$$\Delta l = \frac{Q_{\zeta.\dot{i}.\ddot{i}} B_{\zeta}}{Q_{\zeta.\ddot{i}}}, \quad (3.21)$$

де  $B_{\zeta}$  – довжина заплавної частини ріки;

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

Отвір моста відповідно складе

$$L = B_{\delta.\ddot{i}} + \Delta l. \quad (3.22)$$

### 3.4 Проектування підходів до моста

#### 3.4.1 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. 3.5 залежно від класу водних шляхів.

Таблиця 3.5 – Основні параметри для розрахунку судноплавного рівня

Клас водних шляхів	1	2	3	4	5	6	7
Імовірність перевищення паводку $a$ , %	2	3	4	5	5	4	4
Допустима перерва судноплавства $K$ , %	5	6	6	5	3	2	2
Підмостовий габарит $\Gamma$ , 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  $a$  визначається за клітинкою імовірностей (бланк завдання), куди заносяться рівні паводків, що спостерігались, за їх імперичною імовірністю, визначеній для ранжи-

рованого ряду (див.табл.3.2) максимальних рівней за формулою

$$P_e = \frac{N_{\text{дв}}}{n+1}, \quad (3.23)$$

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

Розрахунковий судноплавний рівень рекомендується визначати графічним способом (рис.3.4), для чого складається графік водомірного поста для максимального річного рівня заданої імовірності і визначається допустима тривалість стояння рівней води вищих за РСР за формулою

$$t = \frac{K \hat{O}_i}{100}, \quad (3.24)$$

де  $K$  – допустима перерва в навігації за час паводка (%), який приймається за табл.3.5;

$\hat{O}_i$  – тривалість навігації (за завданням).

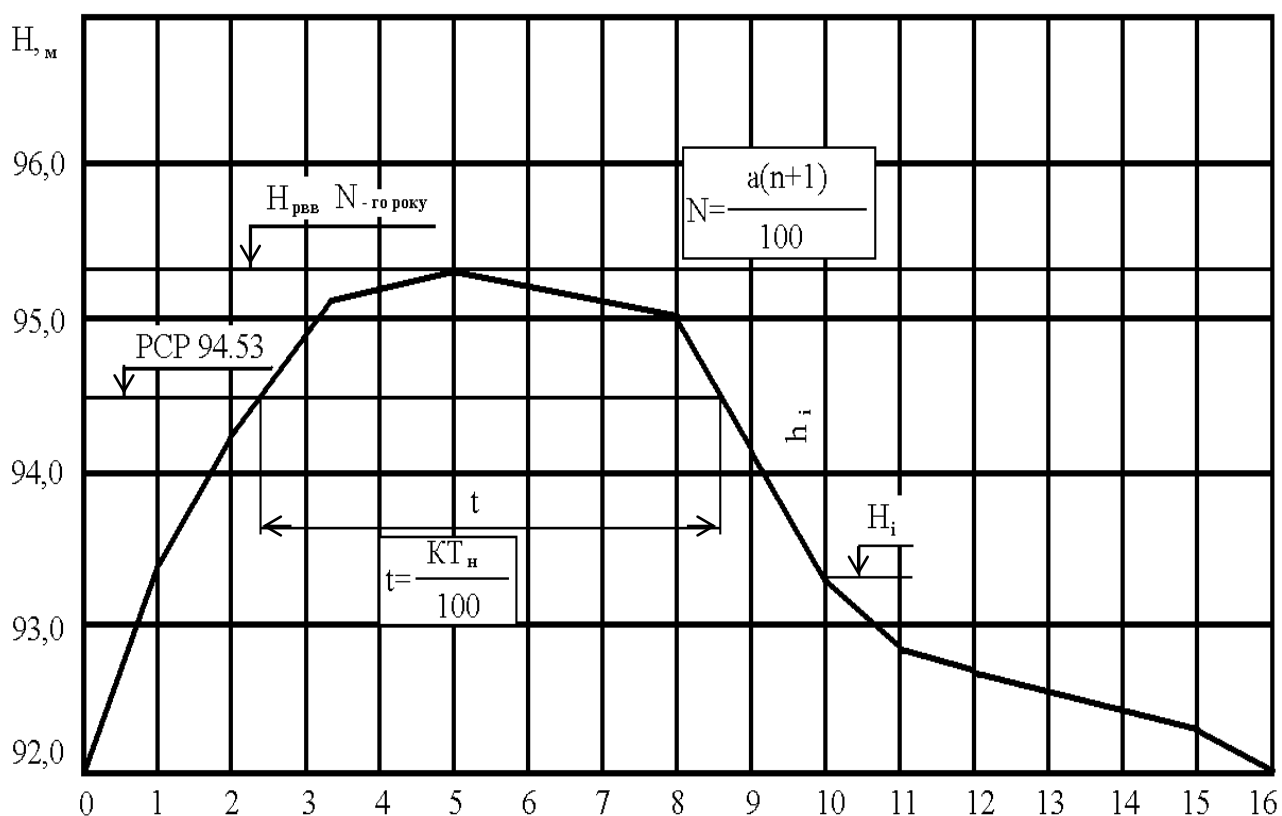


Рисунок 3.4 – Схема до визначення розрахункового судноплавного рівня

Водомірний графік складається за значеннями відміток рівнів  $H$ , які в курсовій роботі визначаються як різниця між відміткою максимального річного рівня  $H_{РВВ}$  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

$$I_{\text{мін}} = \Gamma + \tilde{A} + h_{\text{е}}, \quad (3.25)$$

де  $\Gamma$  – підмостовий габарит, що відраховується від РСР і визначається за табл. 3.5;

$h_{\text{е}}$  – 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.

### 3.4.2 Визначення мінімальної відмітки насипу на заплавах

Найменшу відмітку бровки земляного полотна на заплавах обчислюють за формулою

$$I_{\text{б.в.}} = H_{\text{РРВВ}} + \Delta h + h_{\text{хв}} + h_{\text{з}}, \quad (3.26)$$

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

$\Delta h$  – підпір біля насипу з верхового боку;

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

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

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

$$h_{\text{наб}} = \frac{4,3 K_m h_{\text{хв}}}{m}, \quad (3.27)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт шорсткості укусу;

$h_{\text{хв}}$  – висота хвилі;

$m$  – коефіцієнт закладання укусу.

Коефіцієнт шорсткості укусу 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 каменя	0,60...0,65
- те саме з рваного каменя	0,55
- те саме з тетраподів	0,50

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

$$h_{\text{хв}} = 0,2 h_{\text{с}}, \quad (3.28)$$

де  $h_{\zeta}$  – глибина на заплавах за формулою (3.9).

Підпір води біля насипу  $\Delta h$  визначається за формулою

$$\Delta H = \frac{3(B_o - L)}{2\theta} (\beta^2 - 1) I_n (1 + \chi), \quad (3.29)$$

де  $B_o$  – ширина розливу ріки, м;

$L$  – отвір моста, м;

$\theta$  – кількість заплавин (одна чи дві);

$\beta$  – коефіцієнт стиснення потоку;

$I_n$  – побутовий уклон (похил) ріки (за завданням);

$\chi$  – величина, що враховує вплив струмененапрямної греблі на підпір і визначається за формулою

$$\chi = \frac{l_{\hat{a}}(1 + \hat{A}_{\hat{i}} / \hat{A}_{\hat{a}})}{\hat{A}_{\hat{i}} - L}, \quad (3.30)$$

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

$\hat{A}_{\hat{i}}$  – ширина малої заплавини;

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

Таблиця 3.6 – Відносна довжина верхової греблі

$\beta$	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

$$\beta = \frac{Q}{Q_{p.\ddot{i}}}, \quad (3.31)$$

- для моста без зрізки

$$\beta = \frac{Q}{Q_{p.\ddot{i}} + Q_{\zeta.\ddot{i}}}. \quad (3.32)$$

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

$$Q_{\zeta.\ddot{i}} = \frac{L - \hat{A}_{\ddot{i}}}{\hat{A}_{\zeta.\ddot{i}}} Q_{\zeta.\ddot{i}}. \quad (3.33)$$



## 4 ПРОЕКТУВАННЯ 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 (рис. 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.

Залежно 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 галузь їх використання згідно з ДБН В.2.3 – 4:2007 наведено 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 добавками. Кам'яні матеріали розклинені.

При проектуванні дорожніх одягів за розрахункові приймаються нормативні навантаження:

група  $A_1$  – для доріг Ia, Ib і II категорій;

група  $A_2$  – для доріг III-IV категорій;

група Б – для доріг V категорії.

Розрахункові параметри навантаження наведено 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 залежно 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).

Таблиця 4.3 – Норми строків служби дорожніх одягів між капітальними ремонтами

Категорія автомобільної дороги	Інтенсивність руху, транс. одиниць/добу	Тип дорожнього одягу	Матеріал покриття	Строк експлуатації дорожнього одягу до ремонту, років	
				капітального	середнього
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	цементогрунт, маломіцні кам'яні матеріали, укріплені в'язучими матеріалами	6	3
V	менше 150	перехідний	фракційовані кам'яні матеріали, укріплені в'язучими	5	3

Таблиця 4.4 – Значення коефіцієнта *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

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

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

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

$n$  – кількість марок транспортних засобів у складі транспортного потоку;

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

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

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 проекрованої дороги більша, ніж три.

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

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

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

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

$\hat{O}_{\delta\ddot{a}\delta}$  – 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

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

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

$q$  – показник зміни інтенсивності руху, що визначається за формулою

$$q = 1 + 0,01p, \quad (3.5)$$

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  $q > 1$  наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Значення коефіцієнта  $K_c$ 

Показник зміни інтенсивності руху $q$	Значення коефіцієнта $K_c$ при терміні служби дорожнього одягу $T_{cl}$ , 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	29,36						
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						

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

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

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

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

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

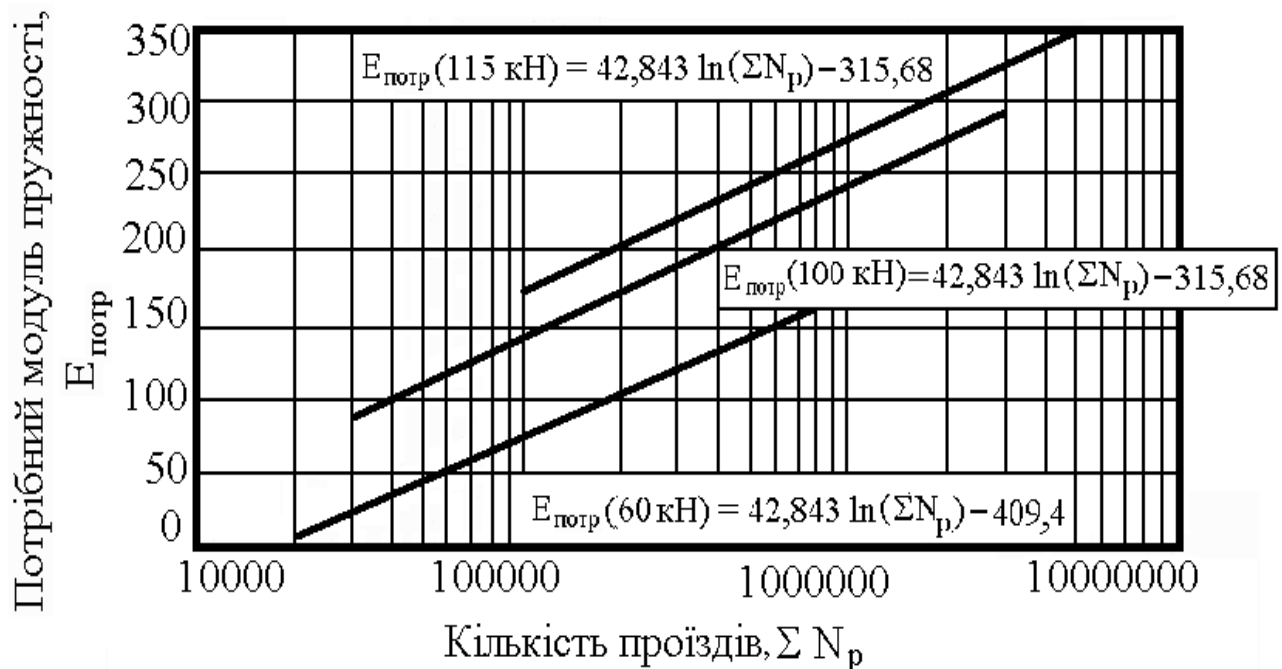


Рисунок 4.1 – Потрібні модулі пружності  $E_{\text{птр}}$  для навантажень груп  $A_1$ ,  $A_2$  та Б

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



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

Категорія дороги	$\Sigma N_p$	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 підстиляючого ґрунту земляного полотна в розрахунковому стані.

Розрахунковими параметрами деформативності й міцності ґрунтів земляного полотна є модуль пружності  $E_{\text{гр}}$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi$  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 (рис. 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 такій 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 наведено значення розрахункової вологості ґрунтів при глибокому заляганні ґрунтових вод, хорошому поверхневому водовідводі та наявності пористих граничних шарів у одязі.

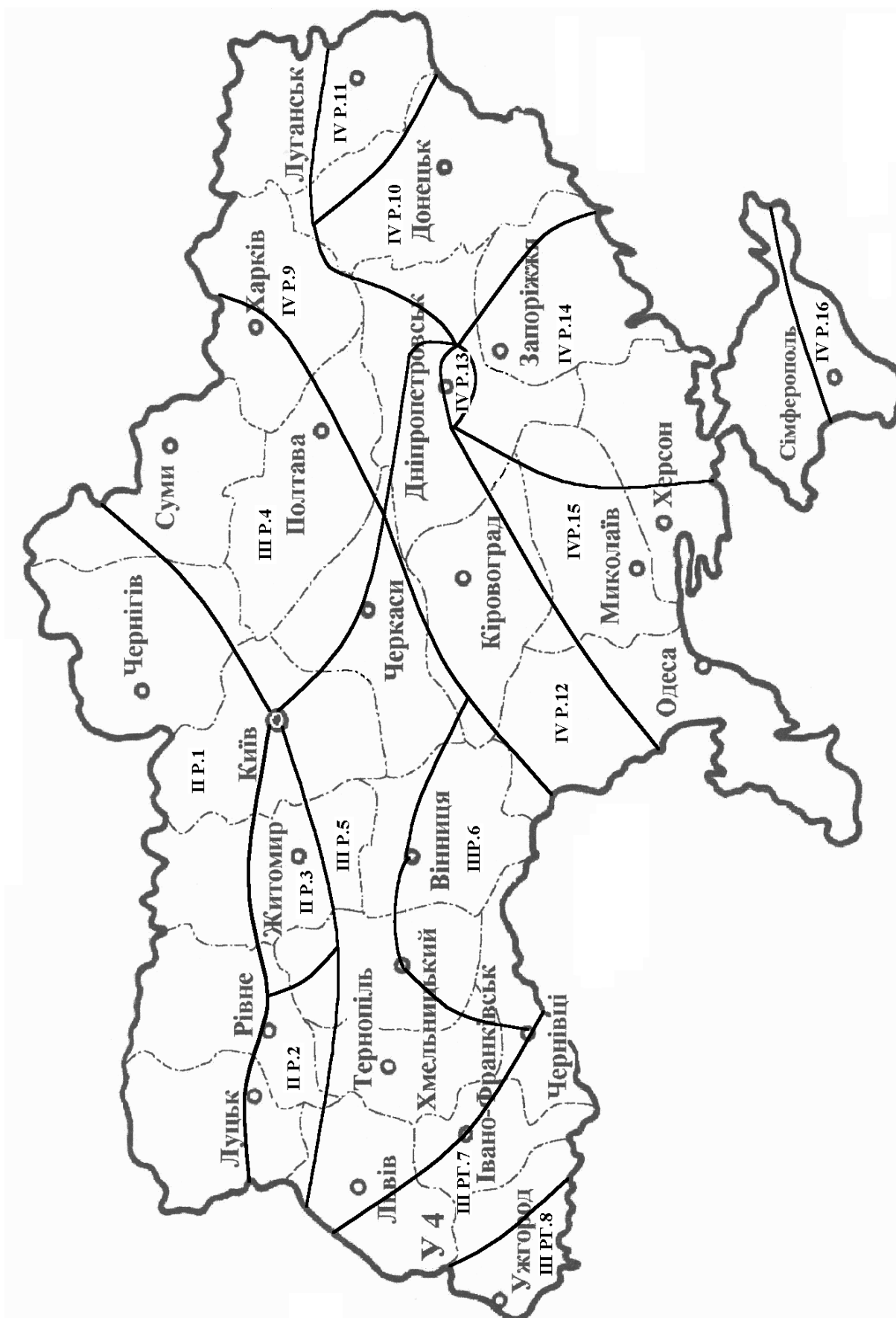


Рисунок 4.2 – Доржне районування України за ґрунтово-геологічними умовами

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, застої 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 матеріалоємної 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 – знизу.

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 1 м 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 залежно 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, щебеневих 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.

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

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

Таблиця 4.11 – Товщина верхніх шарів залежно 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

Приклади конструкції капітальних одягів наведено на рис. 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 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.

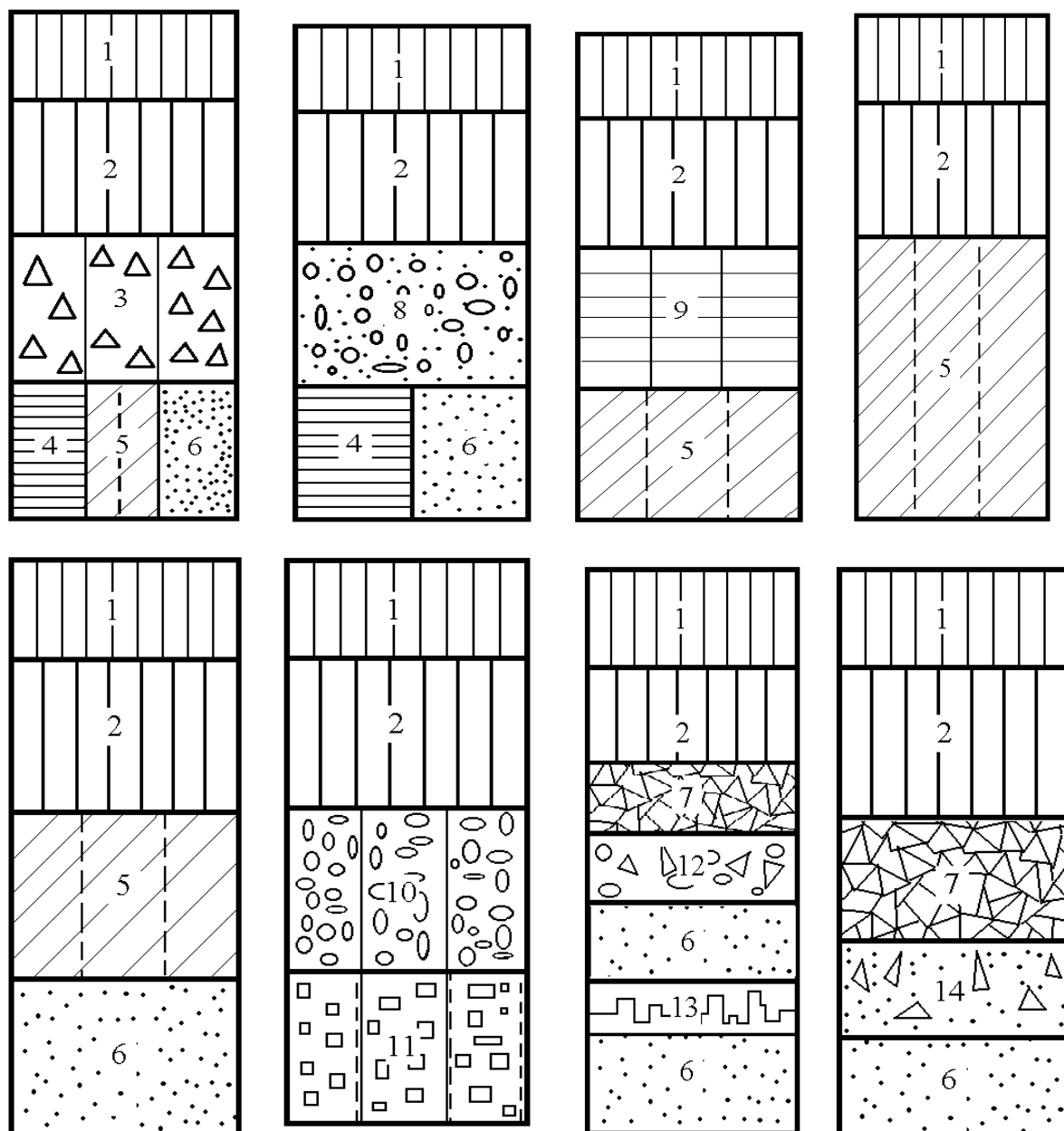
Попередньо товщину покриття з асфальтобетону для полегшених дорожніх одягів слід призначати від 4 до 6 см, а при використанні інших, вищеперелічених, матеріалів – від 6 до 8 см.

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.

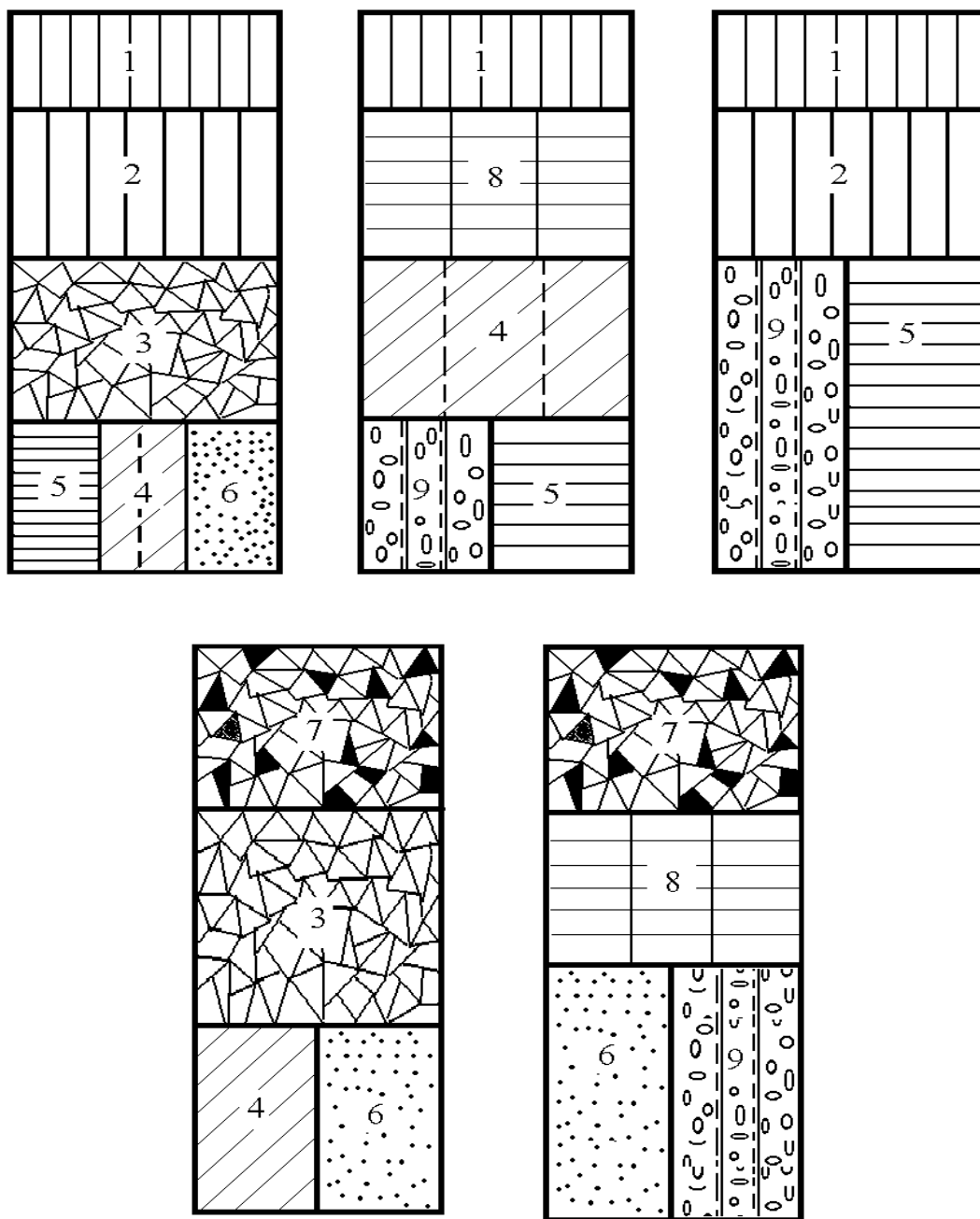


1 – середньо- або дрібнозернистий асфальтобетон 1 марки; 2 – крупнозернистий пористий асфальтобетон або дьогтебетон; 3 – щебінь, укріплений цементом, бітумом або комплексним в'язучим; 4 – ґрунт підвищеної щільності; 5 – ґрунт, зміцнений неорганічним в'язучим; 6 – пісок, гравій, шлак (додатковий шар основи); 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 категорій

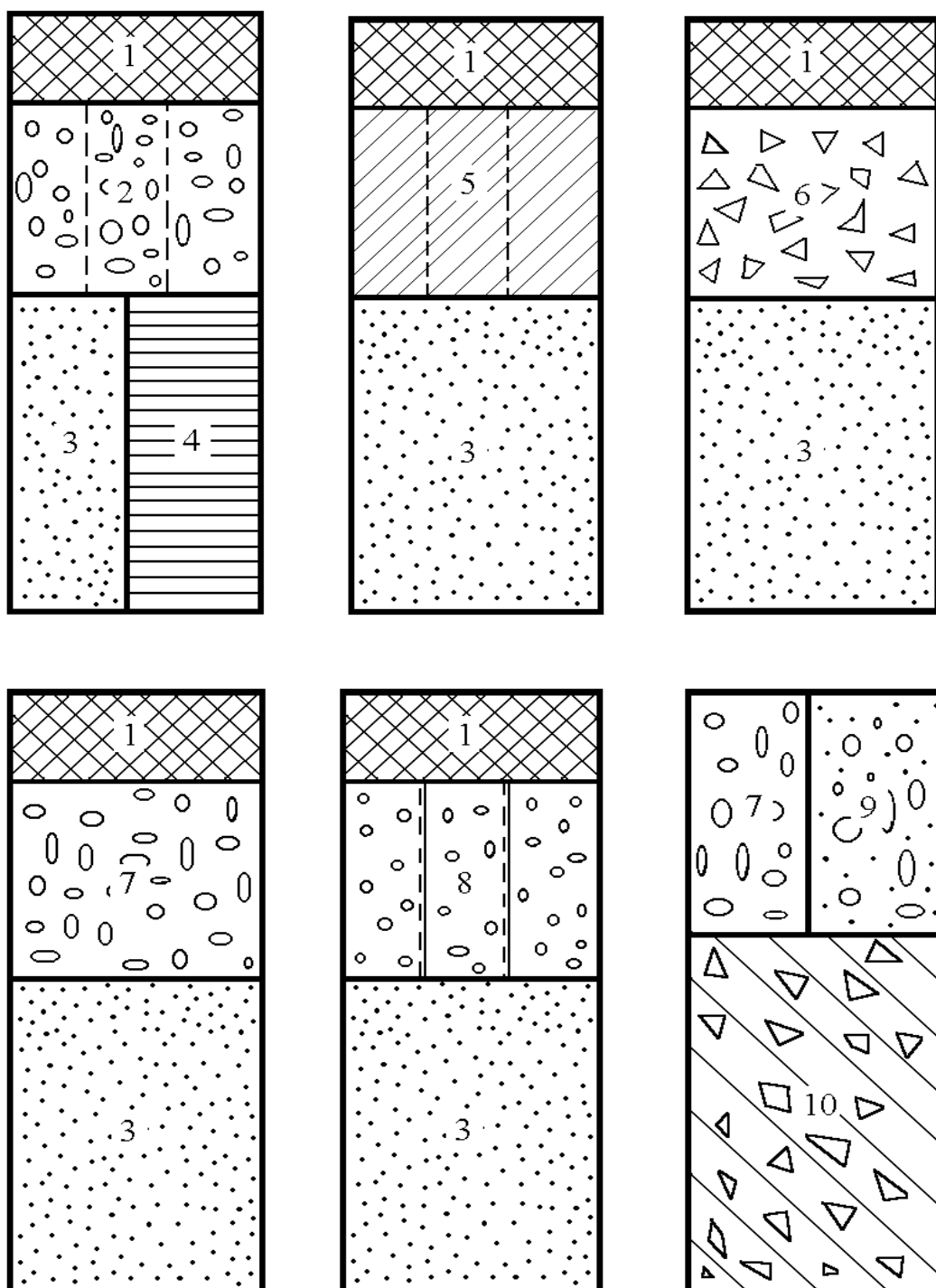


Приклади конструкцій з полегшених одягів доріг III-IV категорій наведені на рис. 4.4, а з перехідними типами покриття доріг IV-V категорій – на рисунку 4.5.



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

Таблиця 4.12 – Раціональні типи і марки асфальтобетону для різних регіонів України та категорій доріг

Позначення району	Марка бітуму	Категорія дороги							
		I		II		III		IV	
		Тип асфальто-бетону	Марка асфальто-бетону	Тип асфальто-бетону	Марка асфальто-бетону	Тип асфальто-бетону	Марка асфальто-бетону	Тип асфальто-бетону	Марка асфальто-бетону
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А – 1	БНД 60/90	А*, Б, Г	І	А*, Б, Г, (В)	І (II)	Б, Г, (В, Д)	II	Б, Г, Д (Д)	III
	БНД 90/130								
	БНД 90/130								
А – 2	БНД 60/90	А*, Б, Г	І	А*, Б, Г, (В)	І (II)	Б*, Г, (В, Д)	II	Б, В, Г, (Д)	III
	БНД 90/130								
А – 3	БНД 60/90	А*, Б, Г	І	Б, В, Г, Д	І (II)	Б, В, Г, Д	II	Б, В, Г, (Д)	III
	БНД 90/130								
А – 4	БНД 60/90	А*, Б, Г	І	А*, Б, Г, (В)	І	Б, В, Г, (Г, Д)	II	Б, В, Г, (Д)	III
	БНД 90/130								
А – 5	БНД 40/60	А*, Б, Г	І	А*, Б, Г, (В)	І	А*, Б, Г, (В, Д)	II	Б, В, Г, (Д)	III
	БНД 60/90								

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)	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)	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 рекомендується 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 непереривчастого складу марки I	Грубозерниста гаряча щільна асфальтобетонна суміш типу А і Б непереривчастого складу марки I Грубозерниста гаряча щільна асфальтобетонна непереривчастого складу марки I	Грубозерниста гаряча щільна асфальтобетонна суміш типу А і Б непереривчастого складу марки II та пориста асфальтобетонна суміш марки II	Грубозерниста гаряча щільна асфальтобетонна суміш типу А і Б непереривчастого складу марки II та пориста асфальтобетонна суміш марки II Кам'яний матеріал, оброблений органічним в'язучим
Основа	Гаряча пориста асфальтобетонна суміш марки II Гаряча пориста дьогтебетонна суміш марки I	Гаряча пориста асфальтобетонна суміш марки II Гаряча пориста дьогтебетонна суміш марки I	Гаряча пориста асфальтобетонна суміш марки II Гаряча пориста дьогтебетонна суміш марки I	Гаряча пориста дьогтебетонна суміш марки I Кам'яний матеріал, оброблений органічним в'язучим

#### 4.7 Розрахунок дорожнього одягу за допустимим пружним прогином

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

$$\hat{E}_{\dot{\imath}\ddot{o}} \leq \frac{\hat{A}_{\zeta\grave{a}\tilde{a}}}{\hat{A}_{\dot{\imath}\ddot{o}\delta}}, \quad (4.9)$$

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

$\hat{A}_{\zeta\grave{a}\tilde{a}}$  – загальний модуль пружності конструкції, МПа;

$\hat{A}_{\dot{\imath}\ddot{o}\delta}$  – потрібний модуль пружності (за формулами (4.6)...(4.8) чи таблиці 4.9).

Таблиця 4.14 – Значення коефіцієнтів надійності і міцності

Категорія дороги	Тип дорожнього покриття	Коеф. надійності, $K_n$	Характеристика надійності, $\beta$	Коефіцієнт міцності, $K_{MC}$ , 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 вверх – 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 (дивіться 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  $E_{zag}$  (розрахунок знизу вверх) 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  $E_{zag}/E_1$ . Знаючи величину  $E_1$ , обчислюють  $E_{zag}$ .

При розрахунку «зверху вниз» граничне значення  $E_{zag}$  знаходять з формули (4.9)

$$\hat{A}_{\zeta\alpha\tilde{\alpha}} = \hat{E}_{\tilde{\alpha}} \cdot \hat{A}_{\tilde{\alpha}\delta\delta} . \quad (4.10)$$

На першому кроці розрахунку при відомих  $E_{номр}$ ,  $E_1$  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 горизонтальній осі, що відповідає значенню  $h/D$ , до кривої, що відповідає відношенню  $E_{zag}/E_1$ . 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 ( $E_{zag}/E_1$ ), 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 вверх» 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.



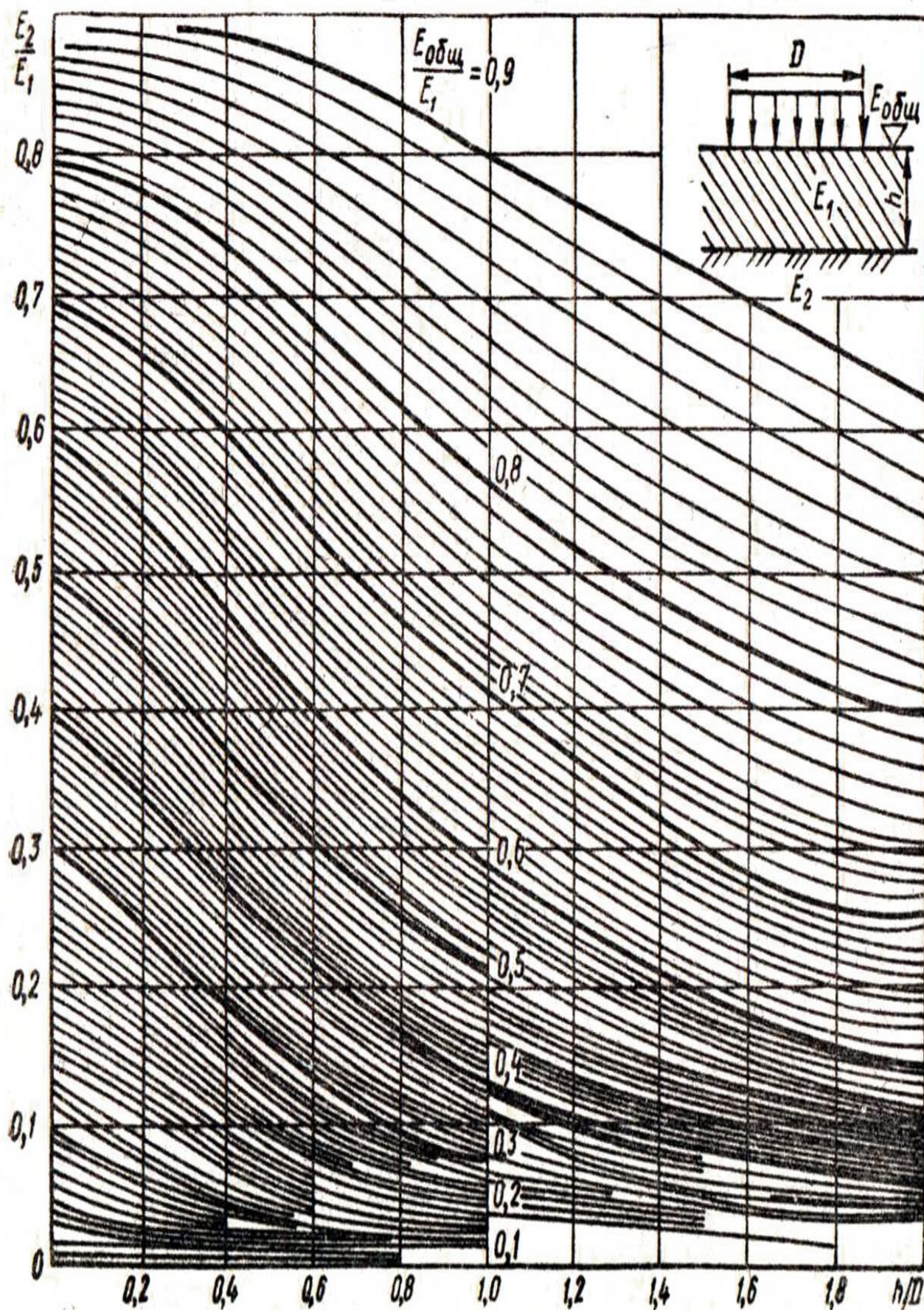


Рисунок 4.3 – Номограма для розрахунку дорожнього одягу за допустимим пружним прогином



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

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

$$\hat{E}_{i\delta} \leq \frac{\dot{O}_{\tilde{a}\delta}}{\dot{O}_{\tilde{a}}}, \quad (4.11)$$

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

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

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

Активні напруження зсуву ( $\dot{O}_{\tilde{a}}$ ), що діють в ґрунті чи піщаному шарі, визначають за формулою

$$\dot{O}_{\tilde{a}} = \bar{\tau}_i \cdot \delta, \quad (4.12)$$

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

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

При практичних розрахунках багат шарову 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 ( $h_n = \sum h_i$ ).

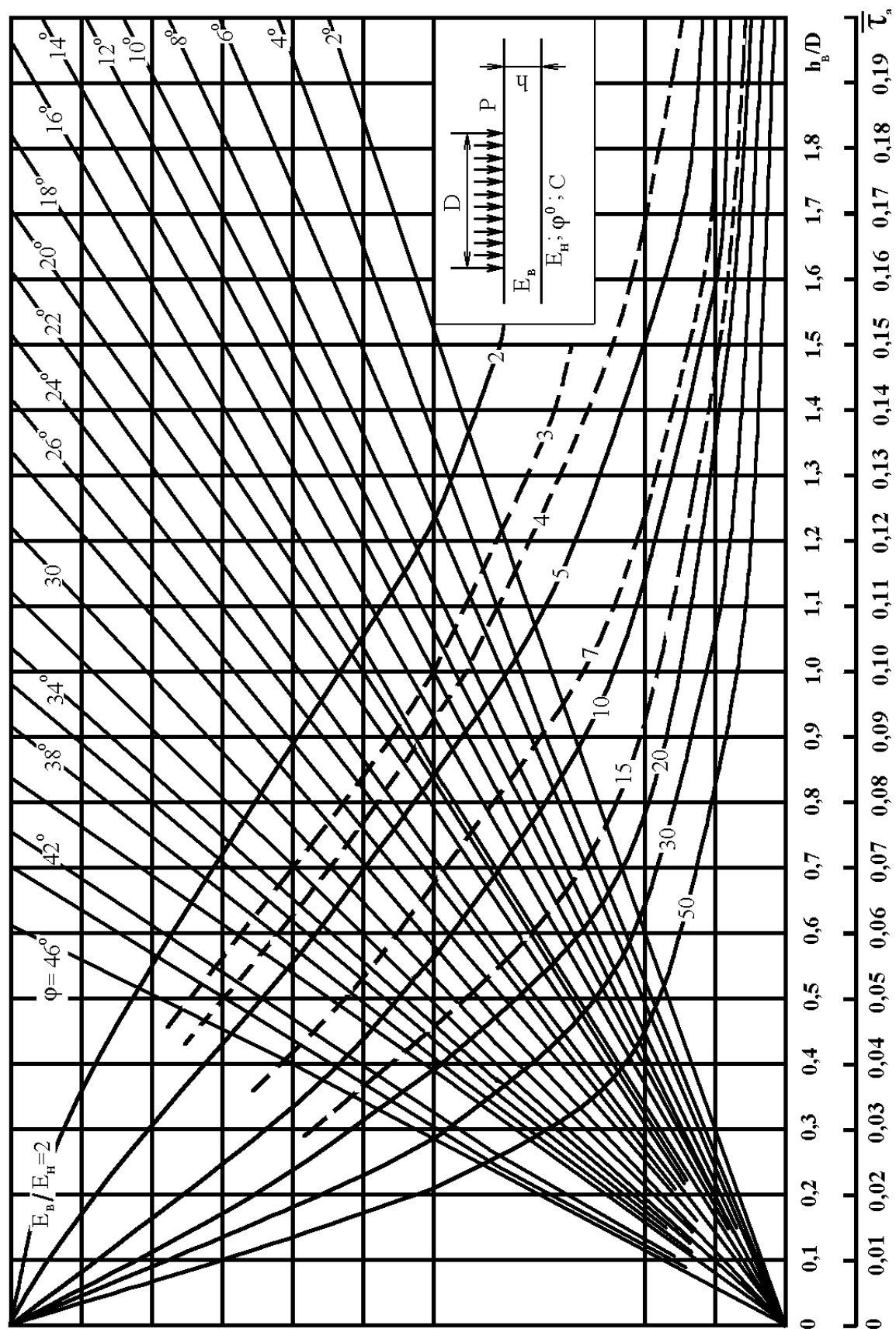


Рисунок 4.7 – Номограма до визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двошарової системи (при  $h_n/D = 0 \div 2,0$ )

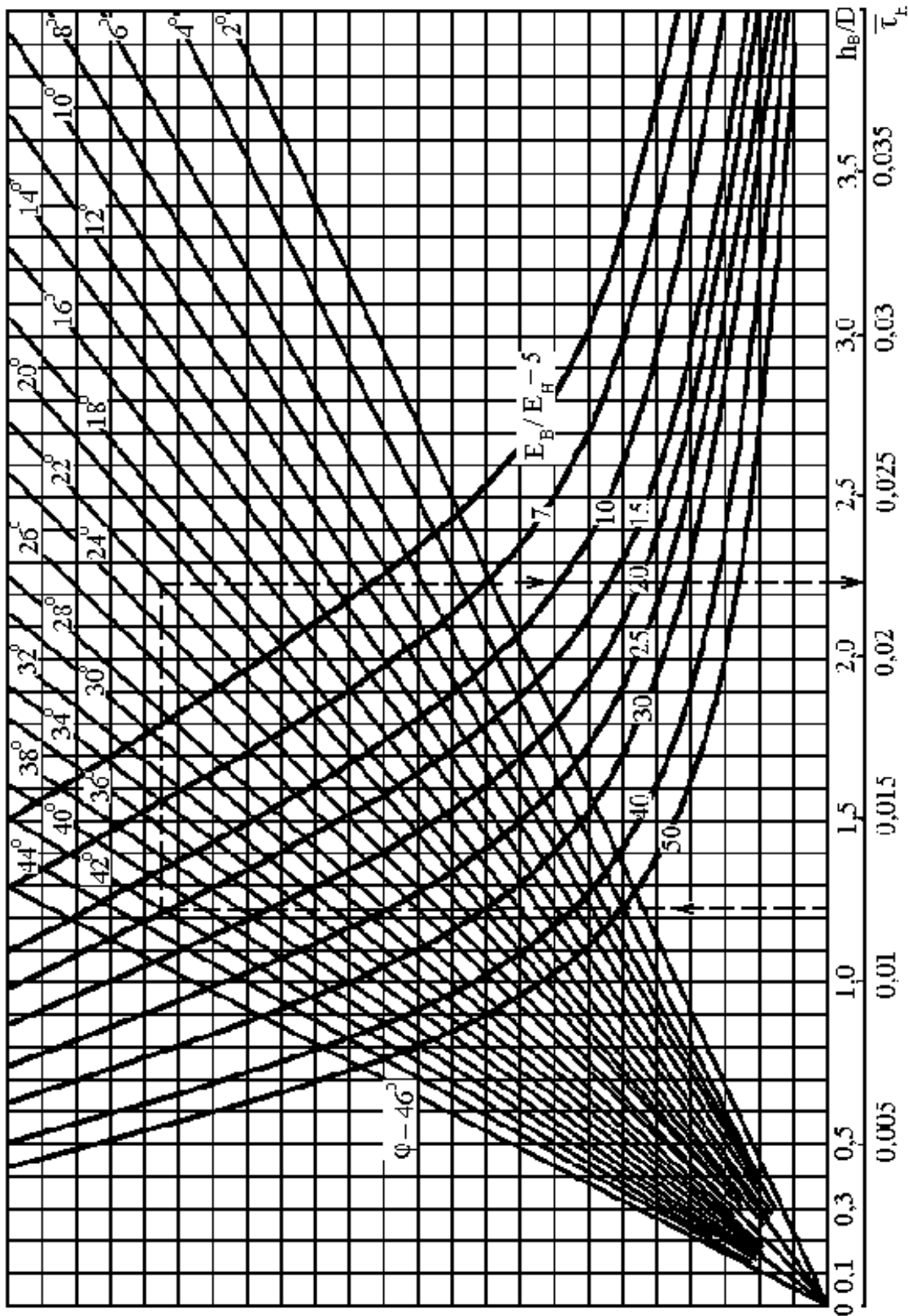


Рисунок 3.5 – Номограма для визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двошарової системи (при  $h_B/D = 0 \div 4,0$ )

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 ( $\varphi_n, C_n$ ), а модуль пружності приймають рівним загальному модулю на його поверхні (розрахунком «знизу вверху»).

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  $T_{cp}$  в ґрунті робочого шару (чи в піщаному матеріалі проміжного шару) визначають за формулою

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

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;

Таблиця 4.14 – Розрахункові значення кута внутрішнього тертя і зчеплення піщаних ґрунтів і пісків конструктивних шарів залежно від розрахункової кількості прикладень навантажень ( $\Sigma N_p$ )

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

$\gamma_{сер}$  – середньозважена питома вага конструктивних шарів, розміщених вище за нестійкий шар,  $\text{кг/см}^3$ . Допускається прийняти  $\gamma_{сер} = 0,002 \text{ кг/см}^3$ ;

$\varphi$  – розрахункова величина кута внутрішнього тертя матеріалу шару, що визначається для піщаних ґрунтів за таблицею 4.14 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 4.14 при відповідному значенні  $\Sigma N_p$ . 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  $\Sigma N_p$  приймається за таблицею В.8 додатка В.

В формулі (4.15)  $k_{NC}$  – коефіцієнт перерахунку зчеплення в ґрунт (чи в піщаному матеріалі проміжного шару) в залежності від  $\Sigma N_p$ , 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  $E_\sigma/E_n$  (на кривих), кут внутрішнього тертя  $\varphi$  ( $\varphi_n$ ) (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  $E_\sigma/E_n$  проводять горизонталь до перетину з променем, що відповідає куту внутрішнього тертя  $\varphi$  ( $\varphi_n$ ). З точки перетину на промені опускають вертикаль на нижню шкалу горизонтальної осі, де і знаходять невідоме  $\bar{\tau}_l$ .

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 тощо – напруження, що виникають

при прогині одягу під дією повторних короточасних 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 4.13);

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

$\sigma_r$  – найбільше напруження розтягу у розглянутому шарі, що встановлюється розрахунком за формулою

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

де  $p$  – розрахунковий тиск на покриття, МПа (таблиця 3.1);

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

$\bar{\sigma}_r$  – 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

$$R_{\zeta\tilde{a}} = R_{\grave{e}\grave{a}\acute{a}} \cdot k_m \cdot k_{kn} \cdot k_{\ddot{o}}, \quad (4.19)$$

де  $R_{\grave{e}\grave{a}\acute{a}}$  – 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 4.15);

$k_{\ddot{o}}$  – коефіцієнт, що враховує короточасність та повторність навантажень на дорозі;

$k_{kn}$  – коефіцієнт, що враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температурно-усадкових впливів (табл. 4.16):

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

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);

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

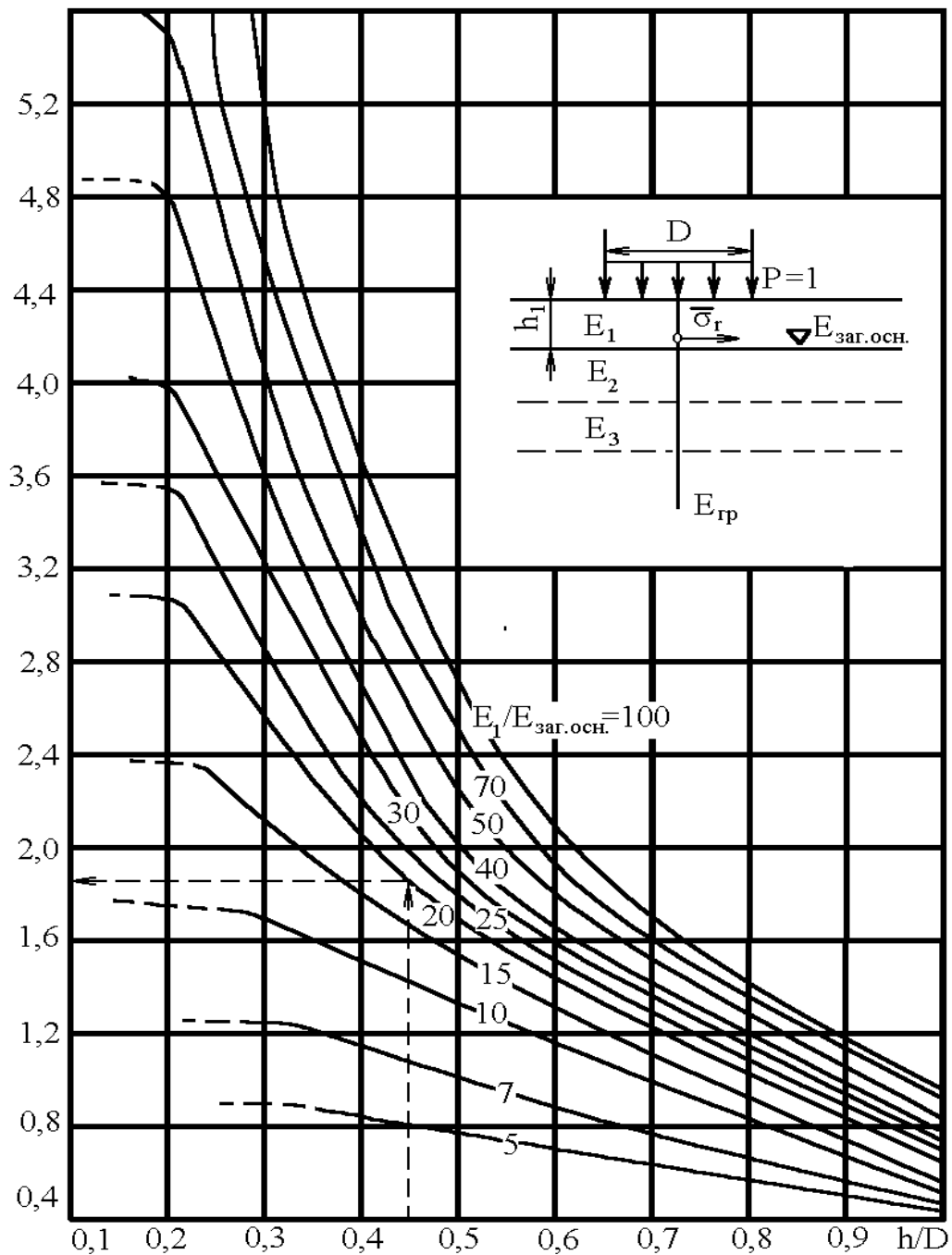


Рисунок 4.9 – Номограма для визначення розтягуючого напруження  $\bar{\sigma}_r$  у верхньому монолітному шарі дорожнього одягу



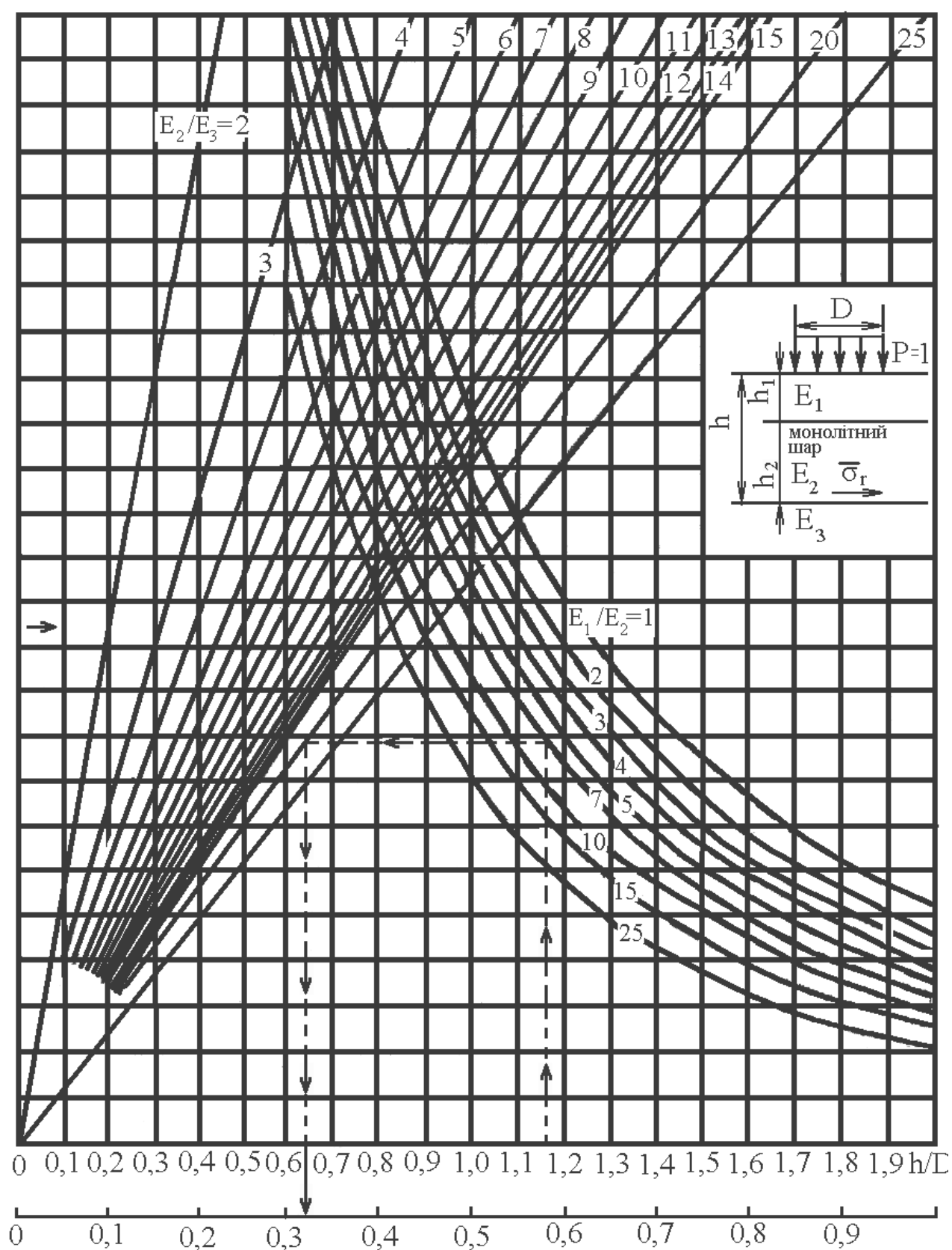


Рисунок 4.10 – Номограма для визначення розтягуючого напруження  $\bar{\sigma}_r$  при згині від одиночного навантаження у проміжному монолітному шарі дорожнього одягу

Таблиця 4.11 – Значення коефіцієнта  $k_m$ 

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

Таблиця 4.12 – Значення коефіцієнта  $k_t$ 

№ п/п	Матеріал шару, що розраховується	$k_t$
1	Полімерасфальтобетон	0,90
2	Асфальтобетон:	
	- I марки	0,85
	- II марки	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  $\bar{\sigma}_r$  (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 ( $R_{\text{лаб.}}$  у формулі (4.19) приймається для нижнього шару).

Проміжні монолітні шари одягу можна розраховувати за номограмою (рис.4.10). При цьому багатошарову 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  $\bar{\sigma}_r$  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  $E_2/E_{\text{екв.осн}}$  (промені на номограмі). Повне значення розтягуючих напружень  $\sigma_r$  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  $E_1/E_{\text{заг.осн}}$ , 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  $E_1/E_{\text{заг.осн}}$ , звідки опускають перпендикуляр на нижню горизонтальну вісь, 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 сту-

пенем здимання I та II групи за таблицею 4.17.

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 4.17);
- в) у випадках, коли необхідна за умовами міцності товщина дорожнього одягу перевищує 2/3 глибини промерзання;

Таблиця 4.17 – Класифікація ґрунтів за ступенем здимальності при замерзанні

Вид ґрунту	Ступінь здимальності	Група за здимальністю	Середнє значення відносної здимальності при промерзанні до 1,5 м, % $\bar{l}_{\text{зд}}^i$
1	2	3	4
Пісок гравелистий, грубо і середньозернистий з вмістом часточок <0,05 мм до 2%	нездимальний	I	<u>1</u> 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	<u>1-2</u> 2-4
Суглинок непиловатий і глина	здимальний	III	<u>4-6</u> 6-8
Пісок пиловатий; супісок піщанистий; суглинок важкий пиловатий	дуже здимальний	IV	<u>6-8</u> 8-10
Супісок пиловатий; суглинок легкий пиловатий	надмірно здимальний	V	<u>6-8</u> 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. Примітка 2. Таблиця 2. Надана відповідно до таблиці 4.6 ДБН В.2.3-4.			

- г) на ділянках з 1-им типом місцевості за зволоженням, за винятком

ділянок з капітальним дорожнім одягом при пилюватих суглинках, супіщаних ґрунтах земляного полотна, якщо не передбачено заходів щодо зменшення проникання води в дорожню конструкцію.

Зимове здимання 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 здимання;

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

Розрахунок дорожнього одягу на морозостійкість виконують за допомогою номограми (рисунок 4.1), яка пов'язує між собою відношення:  $Z_1/Z_p$  (горизонтальна вісь),  $Z_p/H$  (криві) і  $l_{3\delta}\alpha_o/BZ_p$  (вертикальна вісь).

Величину здимання 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  $\left| \frac{l_{\zeta\ddot{a}}\alpha_{\hat{t}}}{\hat{A}Z_p} \right|$  – відношення, одержане за номограмою (рисунок 4.17);

$\alpha_o$  – 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;

$\Delta$  – поправка, яку вводять в залежності від  $Z_H$ :

$Z_H$ , см	70	80	90	100	110	120
$\Delta$ , см	10	15	20	30	40	45

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

$$\hat{A} = \frac{l_{\zeta\ddot{\alpha}\hat{\epsilon}\hat{\iota}}^{\hat{\iota}}}{2}, \quad (4.24)$$

де  $\frac{l_{\zeta\ddot{\alpha}\hat{\epsilon}\hat{\iota}}^{\hat{\iota}}}{2}$  – середнє значення відносного здимання (табл. 4.17).

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

Кліматичний показник  $\alpha_o$  (см<sup>2</sup>/добу) визначають за картою ізоліній (рисунок 4.12) або використовуючи залежність

$$\alpha_{\hat{1}} = \frac{Z_{\hat{\iota}}}{1,8}. \quad (4.24)$$

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

$$Z_1 = h_1 \cdot \epsilon_1 + h_2 \cdot \epsilon_2 + h_3 \cdot \epsilon_3 + \dots + h_n \cdot \epsilon_n, \quad (4.25)$$

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

$\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$  – 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  $l_{\text{зо}}$  знаходять за формулою (4.22) у наступній послідовності:

а) знаходять еквівалентну товщину дорожнього одягу за формулою (4.25) і відношення  $Z_1/Z_p$ ;

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

в) користуючись номограмою (рис. 4.11), знаходять відношення

$\left| \frac{l_{\zeta\ddot{\alpha}\hat{\epsilon}\hat{\iota}}^{\hat{\iota}}}{\hat{A}Z\delta} \right|$ , 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  $\left| \frac{l_{\zeta\ddot{\alpha}\hat{\epsilon}\hat{\iota}}^{\hat{\iota}}}{\hat{A}Z\delta} \right|$ .

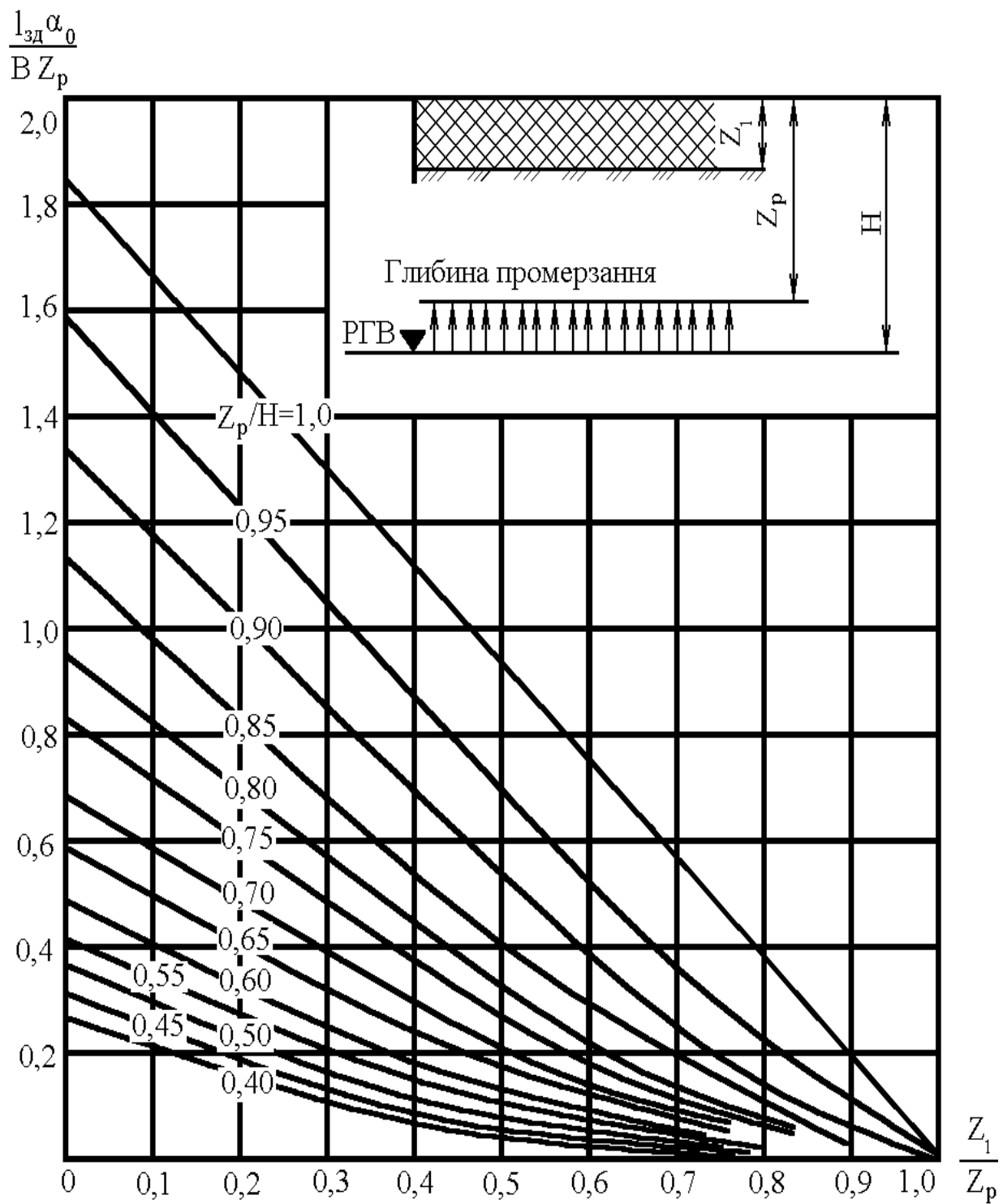
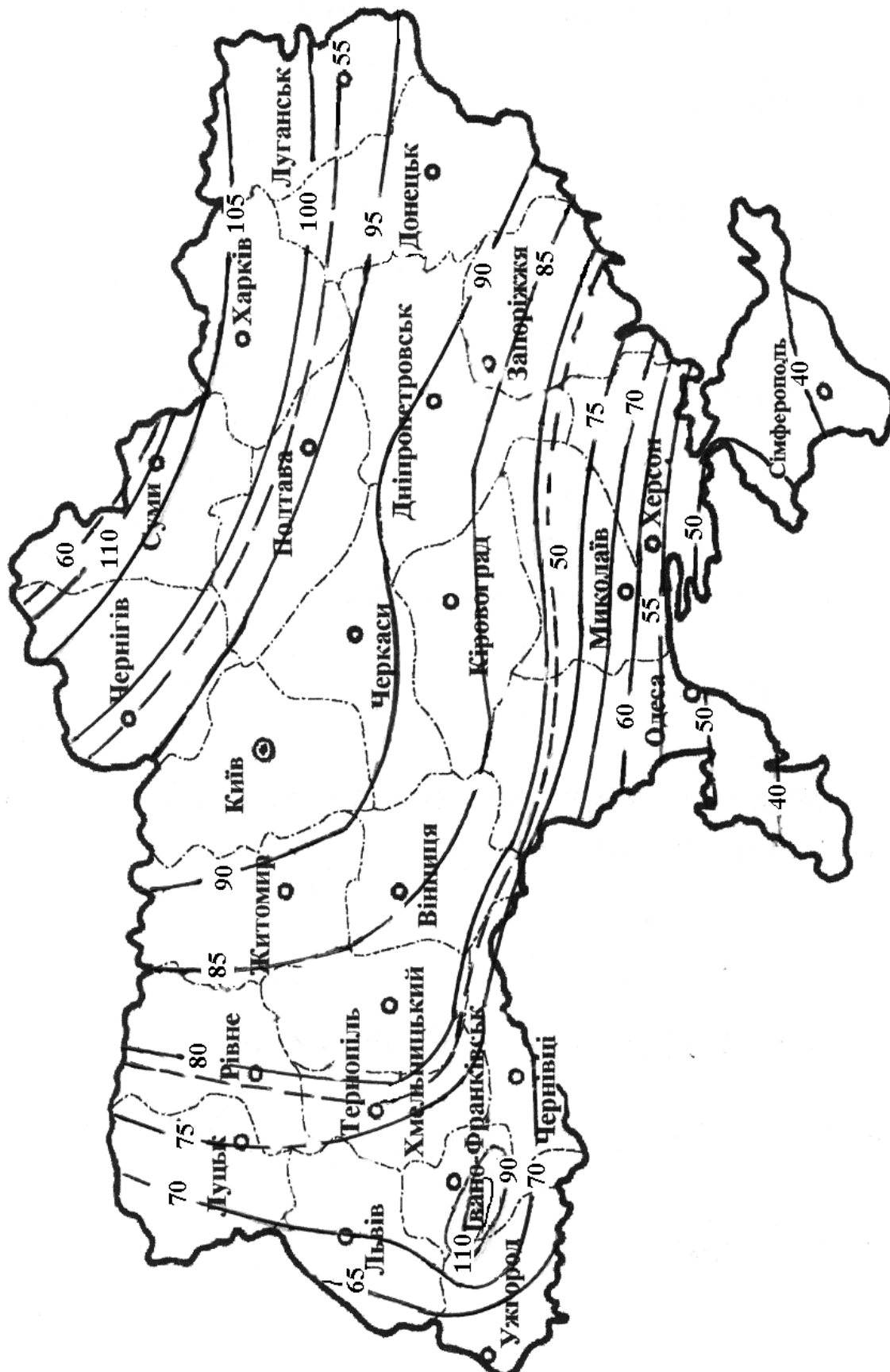


Рисунок 4.11 – Номограма для розрахунку конструкції на морозостійкість



----- — кліматичний коефіцієнт  $\alpha_0$

Рисунок 4.12 – Нормативні глибини промерзання  $Z$  глинистих та суглиннистих ґрунтів

Для знаходження загальної товщини шарів із стабільних матеріалів



$Z_1$  необхідно розрахувати відношення  $\left| \frac{l_{\zeta \ddot{a}} \alpha_i}{\hat{A} Z \delta} \right|$  при  $l_{\zeta \ddot{a}} = l_{\ddot{a} \ddot{u}}$ , 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  $90^\circ$  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 4.17);

б) забезпечити необхідне підвищення покриття над рівнем ґрунтової води;

в) влаштувати 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) влаштувати капіляронериваючі і гідроізолюючі прошарки з синтетичних матеріалів (геотекстилю);

е) збільшити товщину дорожнього одягу або застосувати 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 за вартістю будівництва  $1\text{ м}^2$ , яке визначається за формулою

$$K_0 = \sum_{i=1}^n C_i \cdot h_i, \quad (4.26)$$

де  $C_i$  – вартість  $i$ -го шару, товщиною 1 см (додаток Е);

$h_i$  – товщина  $i$ -го шару.

## **5 ЗЕМЛЯНЕ ПОЛОТНО**

### **5.1 Поздовжній профіль**

Характеристика поздовжнього профілю (максимальний поздовжній уклон, мінімальні радіуси вертикальних кривих).

Проектні рішення (уклони, радіуси).

Керівна відмітка. Підвищення земляного полотна автомобільної дороги над поверхнею землі чи над рівнем ґрунтових і поверхневих вод. Те ж за умов незаметання дороги снігом; обґрунтування допущених відступів від нормативних вимог.

### **5.2 Поперечні профілі**

Характеристика земляного полотна (ширина земляного полотна, крутизна укосів, поперечні уклони).

Закладання укосів насипів і виїмок в ув'язуванні з місцевими ґрунтовими і гідрологічними умовами і безпекою руху.

Конструктивні особливості земляного полотна в межах заплавин, населених пунктів.

Додаткові смуги на підйом.

Характеристика складних ділянок, їх довжина (заболоченість, здимання, косогірність тощо).

Індивідуальні рішення по земляному полотну (високі насипи, глибокі виїмки, низові і верхові підпорні стінки та інше).

### **5.3 Водовідвід**

Рішення по водовідводу з урахуванням діючих нормативів. Пікетажне положення складних ділянок, інженерно-геологічні особливості. Прийняті рішення відносно поздовжнього і поперечного водовідводу.

### **5.4 Укріплення земляного полотна**

Укріплення укосів, кюветів, нагірних каналів тощо. Типи укріплень. Обґрунтування проектних рішень по укріпленню. Обсяги укріплювальних робіт. Заходи щодо збереження земель від ерозії.

Основним документом, що характеризує конструкцію земляного полотна «Проектування автомобільних доріг»

лотна є поздовжній профіль автомобільної дороги, що виконується в масштабах: 1:5000 – горизонтальний і 1:500 – вертикальний. Перш як наносити проектну лінію, визначають керівну робочу відмітку, якої необхідно, по можливості дотримуватись по всій довжині дороги. Керівна робоча відмітка залежить, в основному, від природних і кліматичних умов району: в першу чергу від товщини снігу 5-ти % імовірності з рівнем залягання ґрунтових або тривалих поверхневих вод.

Наступний етап – визначення відміток в контрольних точках (розрахункові рівні води на мостовому переході, в місцях улаштування водопропускних труб, головки рельсів залізниць на переїздах, покриття автомобільних доріг на схрещенні і примиканні тощо).

Важливим етапом проектування поздовжнього профілю є водовідвід, до системи якого входять: водовідвідні канали, штучні споруди, випарювальні басейни, нагірні канали та ін.

У курсовій роботі гідравлічні розрахунки водовідвідних каналів не виконують. Їх розміри визначають за типовими проектами земляного полотна. Водовідвід на поздовжньому профілі проектують з нагірної сторони; на ділянках з великою кількістю безсточних місць – з обох сторін насипу. Проектні дані заносять у відповідні графи поздовжнього профілю. При проектуванні водовідводу необхідно пам'ятати, що випуск води із нагірних каналів в бокові канали виємом не допускається.

Студент повинен запроектувати і накреслити поперечні профілі земляного полотна, які прив'язуються до місцевості і на яких показується тип укріплення і огорожа, якщо вони потрібні.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Украинская Советская Энциклопедия. – Киев: Гл. ред. Укр. Сов. Энциклопедия. – 1978-1985.
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.2.3-3:2007. [Чинні від 2007-03-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Система проектной документации для строительства. Автомобильные дороги. Земляное полотно и дорожная одежда. Рабочие чертежи: ГОСТ 21.511-83. – [Действующие от 1985-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 26 с. – (Госстандарт СССР).
5. Определение расчетных гидрологических характеристик: СНиП 2.01.14-83. – [Действующие от 1983-01-01]. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с. – (Строительные нормы и правила СССР).
6. Державні стандарти України. Споруди транспорту. Габарити підмостових судноплавних прогонів мостів на внутрішніх водних шляхах. Норми і технічні вимоги: ДСТУ Б В.2.3.-1-95 (ГОСТ 26775-97) – [Чинний від 01.07.1997]. – К.: Держ.ком.буд.архіт. і житл.політ.України, 1997. – 19 с.
7. Піндус Б.І. Проектування дорожнього одягу нежорсткого типу : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Б.І.Піндус, Г.Г.Маркарова. – Горлівка: АДІ ДонНТУ, 2006. – 81с.
8. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186-2004. – [Чинні від 2005-01-01]. – К.: Укравтодор, 2004. – 176 с. – (Відомчі будівельні норми України).
9. Романський І.Г. Проектування нежорстких дорожніх одягів: навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / І.Г.Романський. – К.: НОК ВО, 1992. – 100 с.
10. Проектування автомобільних доріг. Ч.1: [підруч. для вищих навч. закл.] / О.А.Білятинський, В.Й.Заворицький, В.П.Старавойда, Я.В.Хом'як. – К.:Вища школа, 1997. – 518 с.
11. Проектування автомобільних доріг. Ч.2: [підруч. для вищих навч. закл.] / О.А.Білятинський, В.Й.Заворицький, В.П.Старавойда, Я.В. Хом'як– К.:Вища школа, 1997. – 518 с.

## ДОДАТОК А

### ШРИФТИ ВИХІДНИХ ДАНИХ ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

А.1 Район прокладання траси дороги (адміністративні області України)

01. Вінницька	09. Київська	17. Сумська
02. Волинська	10. Кіровоградська	18. Тернопільська
03. Дніпропетровська	11. Луганська	19. Харківська
04. Донецька	12. Львівська	20. Хмельницька
05. Житомирська	13. Миколаївська	21. Черкаська
06. Закарпатська	14. Одеська	22. Чернігівська
07. Запорізька	15. Полтавська	23. Чернівецька
08. Івано-Франківська	16. Рівненська	24. Республіка Крим

А.2 Розрахункова інтенсивність руху, авт./добу

01. 600	06. 1200	11. 2300	16. 3370	21. 4050	26. 4695	31. 5050
02. 700	07. 1300	12. 2400	17. 3450	22. 4200	27. 4805	32. 5130
03. 800	08. 1400	13. 2900	18. 3150	23. 4350	28. 4900	33. 5200
04. 900	09. 1500	14. 3100	19. 3810	24. 4515	29. 4950	34. 5500
05. 1000	10. 2000	15. 3250	20. 3450	25. 4670	30. 4985	35. 4530

А.3 Середньорічний приріст інтенсивності руху

01. 0,01	04. 0,04	07. 0,07	10. 0,10
02. 0,02	05. 0,05	08. 0,08	11. 0,11
03. 0,03	06. 0,06	09. 0,09	12. 0,12

А.4 Переважаючі вздовж траси ґрунти

01. Пісок дрібний	06. Суглинок легкий
02. Пісок середній	07. Суглинок легкий пілуватий
03. Пісок пілуватий	08. Суглинок важкий пілуватий
04. Супісок пілуватий	09. Суглинок тяжкий
05. Супісок тяжкий пілуватий	10. Глина

Таблиця А.1 – Склад руху

№	Марка автомобіля	Кількість автомобілів, %									
		Ш и ф р и									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Різні Легкові	40	42	45	48	42	45	48	50	46	47
	Вантажні – легкі										
2	ГАЗ 2705 «Газель»	4	4	5	2	3	3	2	2	3	3
3	УАЗ 3741	12	10	-	10	12	8	-	-	2	2
4	ГАЗ 2752 «Соболь»	6	8	10	5	4	4	15	12	14	10
5	FIAT Ducato 142.8D	-	-	5	-	3	2	-	-	5	3
6	FORD Transit FT 1502.5D	-	2	2	3	-	-	2	5	2	-
	Вантажні – середні										
7	ГАЗ-3307	3	5	5	6	4	5	4	3	4	5
8	ЗІЛ-130	5	10	5	4	5	4	5	4	3	5
9	ЗІЛ-5301 «Бичок»	10	6	-	3	2	6	4	5	3	2
10	КАМАЗ-4326	2	2	4	2	-	3	2	-	5	-
11	MERSEDES – BENZ Vario	3	-	-	2	2	-	-	3	2	3
12	IVECO Daily 50C 13 V	3	-	3	-	2	-	3	3	1	2
	Вантажні – важкі										
13	ЗІЛ 433360	2	2	3	2	5	4	3	2	-	3
14	КАМАЗ 5320	-	3	3	2	3	3	3	1	2	3
	Автобуси										
15	Богдан АО91	2	2	2	3	2	4	3	2	2	2
16	ГАЗ 32213 «Газель»	2	-	2	3	5	3	-	2	2	2
17	ЛАЗ-695	2	2	-	-	1	2	3	-	2	2
18	ЛАЗ-699Н	-	-	2	2	-	-	3	2	-	2
19	ЛАЗ-4207	4	-	2	2	2	2	-	2	-	2
20	VOLKSWAGEN Transporter	-	2	2	1	3	2	-	2	2	2

## А.5 Уклон ріки

01.	0,00025	04.	0,00040	07.	0,00055	10.	0,00070
02.	0,00035	05.	0,00045	08.	0,00060	11.	0,00075
03.	0,00035	06.	0,00050	09.	0,00065	12.	0,00080

Таблиця А.2 – Профіль русла по осі переходу (Глибини меженного русла)

Відстань, м	Ш и ф р и											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
0 (лівий уріз)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,55	0,85	1,70	0,50	0,60	0,90	0,20	0,25	0,40	0,50	0,60	0,65
40	1,85	1,95	3,05	1,15	1,25	1,75	1,30	1,50	1,85	1,60	1,95	2,00
60	2,40	2,85	3,90	1,95	2,30	2,95	2,50	2,35	2,45	2,80	2,70	2,85
80	2,35	2,65	3,40	2,05	2,90	3,20	1,80	1,70	1,85	1,70	2,05	2,50
100	1,95	2,40	2,95	1,90	2,05	3,00	1,40	1,50	1,45	1,45	1,50	1,90
120	0,75	1,05	1,45	0,80	0,70	1,05	1,05	1,35	0,75	0,80	0,90	1,20
(правий уріз)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## А.6 Клас водного шляху

01. IV      02. V      03. VI      04. VII      05. VIII      06. II      07. I

## А.7 Ґрунт підмостового русла

01. Пісок дрібний      04. Ґравій дрібний      07. Ґалька дрібна  
 02. Пісок середній      05. Ґравій середній      08. Ґалька середня  
 03. Пісок крупний      06. Ґравій крупний      09. Ґалька крупна

Таблиця А.3 – Водомірний графік паводків

Доба	Ш и ф р и					
	01	02	03	04	05	06
0	2,60	2,50	2,40	2,30	2,20	2,10
1	2,10	2,05	2,05	2,01	1,75	1,80
2	1,75	1,78	1,70	1,85	1,40	1,52
3	1,49	1,15	1,19	1,40	0,94	1,28
4	1,10	0,85	0,95	1,15	0,61	0,90
5	0,87	0,55	0,64	0,96	0,30	0,60
6	0,53	0,21	0,42	0,45	0,18	0,30
7	0,25	0,08	0,28	0,15	0,08	0,08
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,12	0,10	0,00	0,14	0,12	0,15
10	0,45	0,37	0,05	0,30	0,33	0,37
11	0,82	0,60	0,12	0,61	0,47	0,62
12	1,40	1,18	0,32	0,95	0,75	0,89
13	1,85	1,44	0,62	1,48	1,05	1,22
14	2,02	2,00	1,20	1,76	1,35	1,63
15	2,32	2,31	1,85	2,02	1,83	1,90
16	2,60	2,50	2,40	2,30	2,20	2,10

Перевищення максимального РВВ імовірності перевищення  $a$  над відмітками рівня, зафіксованого водомірним графіком (див.рис.3.4).

## А.8 Тривалість навігації, діб

01. 235      03. 239      05. 243      07. 247      09. 251  
 02. 237      04. 241      06. 245      08. 249      10. 253



Таблиця А.4 – Максимальні рівні (перевищення максимальних рівнів над горизонтом середньої меж)

Роки	Ш и ф р и						
	01	02	03	04	05	06	07
1956	0,80						
1957	1,28	1,40	2,07				
1958	1,25	1,59	1,01				
1959	2,05	1,70	2,25	1,11	0,87		
1960	1,78	2,75	2,48	1,48	0,97		
1961	1,33	1,80	1,07	1,01	1,39	1,69	1,51
1962	1,92	0,90	1,92	1,71	1,79	0,95	2,10
1963	1,70	1,50	1,83	0,98	2,11	1,69	1,90
1964	1,31	1,79	2,02	1,50	1,45	0,71	2,54
1965	0,57	1,99	1,90	2,35	1,68	1,55	2,09
1966	1,04	1,70	1,97	2,17	2,20	1,75	1,39
1967	1,93	1,05	1,78	0,80	0,83	1,17	2,40
1968	2,69	1,80	1,60	2,46	1,33	0,99	1,27
1969	1,07	2,45	0,79	0,95	1,60	2,02	1,91
1970	2,41	2,27	2,35	1,18	1,78	1,41	2,69
1971	1,33	1,59	2,81	2,98	2,42	0,99	1,19
1972	0,99	1,17	2,23	1,29	2,65	0,81	2,73
1973	0,75	1,11	2,34	1,39	1,55	1,56	1,45
1974	1,11	1,81	1,20	1,59	1,54	2,75	1,85
1975	1,81	3,39	1,88	2,24	1,85	2,45	0,80
1976	1,50	3,45	0,95	0,70	0,80	2,39	1,02
1977	1,42	1,07	1,40	1,42	1,29	1,89	1,72
1978	1,83	1,87	2,59	1,50	1,45	2,32	2,21
1979	1,70	2,50	0,70	1,42	2,37	2,07	1,63
1980	0,92	2,81	1,68	1,71	0,79	2,23	1,65

## ДОДАТОК Б

## ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ

Таблиця Б.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
	Середні				
7	ГАЗ 3307	7,85	0,98778	0,10436	0,05642
8	ЗИЛ 130	9,525	1,93346	0,20427	0,11044
9	ЗИЛ 5301 “Бичок”	6,95	0,45874	0,04846	0,02620
10	КАМАЗ 4326	11,6	1,73818	0,18364	0,09929
11	МАЗ 437040-022(-062)	20,1	1,48693	0,15709	0,08493
12	MERSEDES-BENZ VARIO	5	0,09102	0,00962	0,00520
13	-“-	7,5	0,42934	0,04536	0,02452
14	IVECO Daily 50C 13V	5,2	0,12553	0,01326	0,00717
15	IVECO Daily 65C 15V	6,5	0,25486	0,02693	0,01456
	Важкі				
16	ЗИЛ 433360	11,0	3,59330	0,37963	0,20525
17	ЗИЛ 133 ГЯ	17,84	4,53390	0,53216	0,28772
18	КАМАЗ 5320	15,31	1,87618	0,21586	0,11671
19	КАМАЗ 53212	19	6,72356	0,80490	0,43518
20	КАМАЗ 55111	22,2	13,63445	1,65300	0,89372
21	КрАЗ 6510	24,88	25,94092	3,16353	1,71041
22	МАЗ 53362	16,38	10,77553	1,13842	0,61551
23	МАЗ 555102-2120	18,92890	18,92890	1,99982	1,08124
24	МАЗ 630300-2121	28,95383	28,95383	3,48749	1,88557
25	УРАЛ 377Н	14,95	1,86259	0,21626	0,11693
	Автомобілі з причепами				
26	ЗИЛ 130 + ГКБ 8328-01	17,53	2,26947	0,23980	0,12965
27	КАМАЗ 5320+ ГКБ 8350	26,81	3,53464	0,39108	0,21144
28	МАЗ 533702-2120 +	28	12,46710	1,31767	0,71242

## Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6
	МАЗ 93802				
26	Автомобілі з причепами	17,53	2,26947	0,23980	0,12965
27	ЗИЛ 130 + ГКБ 8328-01	26,81	3,53464	0,39108	0,21144
28	КАМАЗ 5320+ ГКБ 8350	28	12,46710	1,31767	0,71242
	МАЗ 533702-2120 + МАЗ 8962-02				
29	Автомобілі з напівпричепами	25,75	3,25912	0,37358	0,20198
30	КАМАЗ 5410+СЗАП 9370-01	33,02	11,55628	1,35961	0,73509
31	КАМАЗ 54112+СЗАП 9905	32,35	24,12038	2,71383	1,46728
32	МАЗ 504В + МАЗ 5205А	33,85	24,04488	2,69780	1,45861
33	МАЗ 54323-028+МАЗ 9397	28,15	13,17452	1,42111	0,76834
	МАЗ 64226 + МАЗ 93802				
34	Автобуси	8,1	0,77898	0,08230	0,4450
35	БОГДАН А091	3,5	0,02313	0,00244	0,00132
36	ГАЗ 32213 “ГАЗель”	11,61	2,89295	0,30564	0,16525
37	ЛАЗ 695	13	4,80682	0,50784	0,27457
38	ЛАЗ 699	15	8,23490	0,87001	0,47038
39	ЛАЗ 4207	14,86	7,59322	0,80222	0,43373
40	IKARUS 256	5	0,12553	0,01326	0,00717
41	IVECO Daily 50S 13B	5	0,09102	0,00962	0,00520
	MERSEDES-BENZ VA-RIO 500-700				
42	VOLKSWAGEN Transporter	2,6	0,00250	0,00026	0,00014

Примітка. Повний перелік типів автотранспортних засобів наведено в таблиці Ж.2 [2].

## ДОДАТОК В

РОЗРАХУНКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ҐРУНТУ РОБОЧОГО ШАРУ  
ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Таблиця В.1

№ дорож- нього рай- ону	Шифр до- рожного району	Типовий ґрунт у районі	Середня районна розра- хункова відносна вологість ґрунтів полот- на 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	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	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.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	0,74	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.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	0,75	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.Г.7	Суглинок	0,87	0,83
8	III.Г.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.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	0,65	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.Г.7	Суглинок	0,75	0,80
8	III.Г.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.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	0,66	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.6

Грунт	Коефіцієнт варіації			
	Модуля пружності, $C_{Egr}$		Кута внутрішнього тертя, $C_\phi$	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) $W_T$
<b>Пісок</b>				
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
<b>Супісок</b>				
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
<b>Суглинок</b>				
легкий, важкий, легкий пилуватий	0,32	0,27	0,20	0,38
<b>Глина</b>	0,32	0,27	0,22	0,42

Примітки:

1. Приведені значення  $C_{\tilde{a}\tilde{\delta}\tilde{E}\tilde{\alpha}}$  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:

$$C_{\tilde{a}\tilde{\delta}\tilde{E}\tilde{\alpha}} = 0,0565 + 0,065 \cdot \ln(E_{\tilde{\alpha}\tilde{\delta}}), \quad (\text{В.1})$$

де  $E_{\tilde{a}\tilde{d}}$  – модуль пружності ґрунту земляного полотна або матеріалу незв’язних шарів.

3. Між коефіцієнтом варіації кута внутрішнього тертя  $\tilde{N}_{\phi}$  та зчеплення  $\tilde{N}_{\tilde{n}}$  для супісків, суглинків та глин є така залежність

$$\tilde{N}_{\tilde{n}} = 2 \cdot \tilde{N}_{\phi} - 0,02. \quad (\text{B.2})$$

4. Розрахункові значення коефіцієнта варіації розраховують за формулою

$$\tilde{N}_{\tilde{A}\tilde{a}\tilde{d}} = C_{\tilde{A}\tilde{a}\tilde{d}\tilde{E}\tilde{a}\tilde{a}} \cdot \hat{E}_d = C_{\tilde{A}\tilde{a}\tilde{d}\tilde{E}\tilde{a}\tilde{a}} (1/1 + 2h/D). \quad (\text{B.3})$$

Таблиця В.7 – Розрахункові значення характеристик ґрунтів

Різно-вид глинистих ґрунтів	Число пластичності, J <sub>p</sub>	Вміст піщаних часток (2 0.5мм), %	Показники	Розрахункові значення характеристик за вологістю ґрунту, частки від W <sub>L</sub>									
				0,5	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Пісок:													
крупний			E <sub>y</sub> , МПа	130									
			φ, град	35									
			C, МПа	0,004									
середньої крупності			E <sub>y</sub> , МПа	120									
			φ, град	32									
			C,МПа	0,004									
дрібний			E <sub>y</sub> , МПа	100									
			φ, град	31									
			C, МПа	0,003									

Продовження таблиці В.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Однорід- ний			Е <sub>y</sub> , МПа	75								
			φ, град	31								
			С, МПа	0,003								
Пилува- тий			Е <sub>y</sub> , 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:												
Піща- нис-тий	від 1 до 7	більше 50	Е <sub>y</sub> , 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 <sub>y</sub> , 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.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Суглинок:</b>												
легкий піщастий	від 7 до 12	більше 40	Е <sub>y</sub> , 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	0,02	0,018	0,014	0,011	0,009	0,006	0,004
легкий пилуватий	від 7 до 12	менше 40	Е <sub>y</sub> , 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 <sub>y</sub> , 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 <sub>y</sub> , 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.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Глина:</b>												
легка пісчаниста	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 <sub>y</sub> , 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 <sub>y</sub> , 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.8 – Коефіцієнти перерахунку величини зчеплення в залежності від розрахункової кількості прикладення навантажень

Розрахункова відносна	Значення $k_{N_c}$ в залежності від сумарної кількості прикладення навантажень ( $\Sigma N_p$ )					Значення $k_{N\phi}$ в залежності від сумарної кількості прикладення навантажень ( $\Sigma N_p$ )				
	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 $\phi$ і $c$ потрібно приймати за стовпчиком « $10^6$ ».										

## ДОДАТОК Г

## 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 $CE$	$R_{lab}$ , МПа	Коефіцієнт варіації $CR$	Показник втоми $m$	$k_{np}$
							I, II, III ДКЗ
1	2	3	4	5	6	7	8
Щільний полімер-асфальтобетон	(термопласти)	7000	0,09	14,0	0,10	7,0	3,1
	(термоеластопласти)	5500	0,09	12,0	0,10	6,5	2,9
Щільний асфальтобетон 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 асфальтобетон	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
Високопористий щебеневий асфальтобетон	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 $E$ , МПа, при температурі покриття, °С			
		+10	+20	+30	+40
Полімерасфальтобетон Щільний асфальтобетон	Термопласти	6000	4000	2700	1200
	Термоеластоласти	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

Примітки:

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.
2. Модулі пружності щільного асфальтобетону подано в таблиці відповідно 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%.
3. Модулі пружності пористого і високопористого асфальтобетону подано в таблиці відповідно 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%.
4. Розрахункові значення короткочасного модуля пружності  $E$  приведено 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 $E$ при статичній дії навантаження, МПа, при розрахунковій температурі, °C		
		+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 $E$ , МПа	Коефіцієнт варіації, $C_E$	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: І клас міцності ІІ клас міцності ІІІ 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 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, пилюватих 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
9	Те саме, укріплене в'язким бітумом або емульсією на в'язкому бітумі	300-200	0,21	0,30-0,25

Продовження таблиці Г.4

1	2	3	4	5
10	Піски дрібні і пилюваті, супісок легкий і пилюватий, укріплені комплексними в'язучими: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	750-600 550-400 380-250	0,16 0,18 0,20	0,47-0,40 0,37-0,30 0,28-0,22
11	Те саме, укріплене цементом: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	650-480 450-300 260-220	0,17 0,19 0,21	0,35-0,26 0,25-0,18 0,16-0,13
12	Те саме, укріплене в'язучими, що зазначені у поз. 4 цієї таблиці: II клас міцності III клас міцності	430-280 230-180	0,19 0,22	0,22-0,11 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 крупноуламкові ґрунти, які відповідають рудним копалинам, золошлакові суміші, формувальні суміші, фосфоритні «Хвости» тощо), укріплені комплексними в'язучими: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	700-550 530-350 320-200	0,16 0,18 0,21	0,45-0,37 0,36-0,28 0,26-0,12
15	Те саме, укріплені цементом: I клас міцності II клас міцності III клас міцності	600-420 400-250 220-180	0,17 0,20 0,22	0,30-0,22 0,25-0,18 0,16-0,13
16	Те саме, укріплене в'язучими, зазначеними у поз.4 цієї таблиці: II клас міцності III клас міцності	350-220 200-130	0,20 0,23	0,15-0,09 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 пилюваті, 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 пилюваті, глини піщаністі и пилюваті, 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
<p>Примітки:</p> <p>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 тощо.</p> <p>2. Більші значення розрахункових характеристик приймають при:</p> <p>а) використанні більш якісних мінеральних матеріалів або активних в'язучих;</p> <p>б) укріпленні матеріалів і ґрунтів неорганічними в'язучими в дорожньо-кліматичних зонах У-III та У-IV;</p> <p>в) укріпленні в'язким бітумом і бітумною емульсією на в'язкому бітумі в дорожньо-кліматичних зонах У-I та У-II;</p>				

Таблиця Г.5 – Характеристики щебеню та інших зернистих матеріалів

Матеріал (грунт)	Розрахункові характеристики			Примітка
	Модуль пружності $E$ , МПа	Кут внутрішнього тертя $\varphi$ , град	Зчеплення $c_m$ , МПа	
1	2	3	4	5
Чорний щебінь, влаштований за способом заклинки за ВСН 123-77	600-900	-	-	Більші значення 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 марок 800-1400, влаштований за ДСТУ Б В.2.7-30: - з міцних осадових та метаморфічних порід - з магматичних порід	350-450	-	-	
	250-350	-	-	
Фракційний щебінь, укріплений цементно-піщаною сумішшю за способом просочення за ВБН В.2.3-218-002	500	-	-	
Шлак з підібраним гранулометричним складом за ГОСТ 3344: - активний - слабоактивний	350-450	-	-	Більші значення при стійкій структурі шлаку
	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 суглинок, супісок пилуватий	150-200 80-150	25-35 15-25	0,02-0,035 0,02-0,035	Більші значення – при змішуванні в установці і застосуванні 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: дуже крупний, підвищеної крупності та крупний, середній, дрібний	130 120 100	42 40 38	0,007 0,006 0,005	Показники $s_m$ і $E$ прийняті при залишковій пористості піску, ущільненого 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 характеристики	
	Модуль пружності $E$ , МПа	Межа міцності при згині $R$ , МПа
1	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

Продовження таблиці Г.6

1	2	3
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 E, МПа
1	2	3
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		



Продовження таблиці Г.6

1	2	3
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:		
а) суглинки, супіски пилюваті	0,08-0,35	150-450
б) легкі супіски, піски мілкі пилюваті	0,10-0,40	200-800
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
б) сильно- і слабовипалені, щільні	-	100-120
в) те саме, але не захищені від дії води	-	50-60
Ґрунтощебінь з вмістом щебеню до 60%	-	100-175

Таблиця Г.8 – Теплофізичні характеристики матеріалів і ґрунтів

№ п/п	Матеріал	Коефіцієнт теплопровід- ності $\lambda$ Вт/(м.к.)	Еквівалент за гранітним ще- бенем $\varepsilon_1 = \sqrt{\lambda_{щ} / \lambda_1}$
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'язкими	1,86	1
11	Піски, укріплені цементом	1,75	1,03
12	Крупноуламкові піски і ГПС, укріплені в'язкими	1,9	0,99
13	Малоцінні вапняки, укріплені вапном	1,16	1,27
14	Суглинки, укріплені мінеральними і комплексними в'язкими	1,45	1,13
15	Супіски, укріплені мінеральними і комплексними в'язкими	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: Розрахунковими характеристиками теплофізичних характери- стик різних дорожньо-будівельних матеріалів, що наведені в таблиці Г.8, слід користуватися лише за відсутності приладів та обладнання для експе- риментального визначення цих характеристик.			

## ДОДАТОК Д

## ВАРТІСТЬ КОНСТРУКТИВНИХ ШАРІВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Таблиця Д.1 – Орієнтовна вартість основних конструктивних шарів дорожнього одягу

№ п/п	Найменування шару	Одиниця виміру	Кількість	Орієнтовна вартість, грн
1	2	3	4	5
1. Матеріали шарів покриття				
1	Гарячий асфальтобетон, щільний:			
	Щебенево-мастичний асфальтобетон ЦМА-15	1 м <sup>2</sup>	1	12
2	Дрібнозерниста суміш	1 м <sup>2</sup>	1	11
3	Крупнозерниста суміш	1 м <sup>2</sup>	1	9,5
4	Піщана суміш	1 м <sup>2</sup>	1	10,5
5	Гарячий асфальтобетон, пористий:			
	Крупнозерниста суміш	1 м <sup>2</sup>	1	8,75
6	Дрібнозерниста суміш	1 м <sup>2</sup>	1	9,75
	Гарячий асфальтобетон, високопористий:			
7	Крупнозерниста суміш	1 м <sup>2</sup>	1	8,5
8	Дрібнозерниста суміш	1 м <sup>2</sup>	1	8,75
9	Холодний асфальтобетон	1 м <sup>2</sup>	1	7,0
10	Теплий асфальтобетон	1 м <sup>2</sup>	1	7,5
2. Матеріали шарів основи				
А. Щебені, шлаки, суміші:				
11	Суглинок, укріплений бітумом (Е-150, 180)	1 м <sup>2</sup>	1	1,5-2,0
12	Супісок, укріплений бітумом (Е-150, 200)	1 м <sup>2</sup>	1	1,7-2,2
13	Кам'яна бруківка (Е-400, 500)	1 м <sup>2</sup>	1	10,0
14	Піщано-гравійна суміш (Е-180)	1 м <sup>2</sup>	1	2,2
15	Чорний щебінь (Е-600, 900)	1 м <sup>2</sup>	1	7,0
16	Шлак активний (Е-350, 400)	1 м <sup>2</sup>	1	2,5
17	Шлак малоактивний (Е-200, 300)	1 м <sup>2</sup>	1	2,0
18	Рядовий шлак (Е-200)	1 м <sup>2</sup>	1	1,5
19	Щебінь М 100-1400 (Е-400, 600)	1 м <sup>2</sup>	1	2,7-3,0
	Щебінь М 800-1400 (Е-250, 350, 450)			
20	Щебенево-цементно-піщана суміш (Е-500)			

## Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4	5
Б. Маломіцні кам'яні матеріали				
21	Гравійна суміш	1 м <sup>2</sup>	1	2,2-2,7
В. Крупноуламочні ґрунти та гравійно-піщані суміші, укріплені в'язучим				
22	КУГ та ГПС, оптимізовані цементом (Е-300-900)	1 м <sup>2</sup>	1	4,0-5,0
	КУГ та ГПС, оброблені в'язким бітумом (Е-250)	1 м <sup>2</sup>	1	5,0
23	КУГ та ГПС, укріплені цементом (Е-280-550)	1 м <sup>2</sup>	1	3,7-4,2
24	КУГ та ГПС, укріплені комплексним в'язучим (Е-300-700)	1 м <sup>2</sup>	1	3,5-4,0
25	КУГ та ГПС, оптимізовані бітумом (емульсія) (Е-250-350)	1 м <sup>2</sup>	1	2,7-3,2
26	КУГ та ГПС, не оптимізовані комплексним в'язучим (Е-280-800)	1 м <sup>2</sup>	1	3,0-3,75
27	КУГ та ГПС, не оптимізовані цементом (Е-250-700)	1 м <sup>2</sup>	1	2,75-3,5
28	КУГ та ГПС, не оптимізовані (Е-300-450)	1 м <sup>2</sup>	1	2,5-3,0
29	КУГ та ГПС, не оптимізовані бітумом (емульсія) (Е-200-300)	1 м <sup>2</sup>	1	2,5-3,0
30	Пісок, супісок, укріплені комплексним в'язучим (380-750)	1 м <sup>2</sup>	1	3,0-3,75
31	Пісок, укріплений цементом (Е-260-650)	1 м <sup>2</sup>	1	3,0-4,0
32	Пісок, супісок, укріплені композитним в'язучим	1 м <sup>2</sup>	1	1,5-2,0
33	Пісок, супісок, укріплені бітумом (емульсією) (220-300)	1 м <sup>2</sup>	1	2,0-2,5
34	Побічні продукти, укріплені комплексним в'язучим (Е-320-700)	1 м <sup>2</sup>	1	2,5-4,0
35	Побічні продукти, укріплені цементом (Е-320-700)	1 м <sup>2</sup>	1	2,75-4,5
36	Побічні продукти, укріплені композитним в'язучим (Е-200-350)	1 м <sup>2</sup>	1	2,5-3,0
37	Побічні продукти, укріплені комплексним в'язучим (Е-180-250)	1 м <sup>2</sup>	1	2,5-2,75
38	Супісок, суглинок, укріплені комплексним в'язучим (Е-150-600)	1 м <sup>2</sup>	1	1,5-2,5
39	Супісок, суглинок, укріплені мінеральним в'язучим (Е-120-500)	1 м <sup>2</sup>	1	2,0-2,5

## Закінчення таблиці Д.1

1	2	3	4	5
40	Супісок, суглинок, укріплені композитним в'язучим (Е-100-300)	1 м <sup>2</sup>	1	1,5-2,0
41	Супісок, суглинок, укріплені емульсією (Е-180-250)	1 м <sup>2</sup>	1	1,5-2,0
42	Супісок, глини, укріплені мінеральним в'язучим (Е-180-330)	1 м <sup>2</sup>	1	1,75-2,25
Г. Піски (по ВБН)				
43	А. Піски крупні Б. Піски середні В. Піски дрібні	1 м <sup>2</sup>	1	1,2-1,5

## ДОДАТОК Е

## ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ

**Приклад Е.1.** Визначити тип дорожнього одягу у матеріалі покриття і інтенсивність руху на розрахунковий рік при відомій інтенсивності  $N_{20} = 3500$  авт/добу і щорічному прирості 5%.

Згідно з таблицею 1.1 [1] проектувана дорога – II категорії. За таблицею 3.2 призначаємо тип дорожнього одягу – капітальний, матеріал покриття – асфальтобетон; строк експлуатації 12 років.

За таблицею 3.3 при щорічному прирості інтенсивності 5% знаходимо  $m_{20} = 2,65$  і  $m_{12} = 1,80$ . За формулою (3.1) знаходимо

$$N_{12} = \frac{N_{20}}{m_{20}} \cdot m_{12} = \frac{3500}{2,65} \cdot 1,80 = 2378 \text{ авт/добу}.$$

**Приклад Е.2.** Визначити розрахункову інтенсивність руху і необхідний модуль пружності для дороги II категорії у Черкаській області.

Вихідні дані: інтенсивність руху (див. приклад Г.1); склад транспортного потоку: легкові – 40%; вантажні: ГАЗ 3307 – 10%; ЗИЛ-130 – 15%; КАМАЗ-5320 – 3%; MERCEDES-BENZ VARIO – 5%; ГАЗ 2752 “Соболь” – 5%; FORD TRANZIT – 5%; автобуси: БОГДАН А091 – 4%; ГАЗ 32213 “Газель” – 5%; ЛАЗ-695 – 4%; ЛАЗ 4207 – 4%.

Для розрахунку користуємось формулою (3.2), в якій  $f_{ci} = 0,55$  (таблиця 3.4);  $N_i = N_{15} \cdot p_i$ , де  $p_i$  – частка  $i$ -го типу автомобілів у складі потоку. Легкові автомобілі не враховуються.

За розрахункове прийнято навантаження групи  $A_1$  (табл. 3.1) з параметрами: тиск на покриття  $p = 0,8$  МПа, розрахунковий діаметр сліду колеса  $D = 34,5$  см.

Коефіцієнт приведення  $S_i$  (за табл. А.1, додаток А) в порядку, наведеному вище, складає: 0,05642; 0,11044; 0,11671; 0,0052; 0,0002; 0,00093; 0,445; 0,00132; 0,16525; 0,47038.

Розрахункова інтенсивність складе

$$N_p = 0,55 \cdot 2378 (0,1 \cdot 0,05642 + 0,15 \cdot 0,11044 + 0,03 \cdot 0,11671 + 0,05 \cdot 0,0052 + 0,05 \cdot 0,0002 + 0,05 \cdot 0,00093 + 0,04 \cdot 0,445 + 0,05 \cdot 0,00132 + 0,04 \cdot 0,16525 + 0,04 \cdot 0,47038) = 0,55 \cdot 2378 \cdot 0,229517 = 300,185 \text{ авт/добу}.$$

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження визначається за формулою (3.3), де  $K_c$  за табл. 3.7 складає 15,92,  $T_{рдр}$  за таблицею 3.5 – 135;  $K_n$  за таблицею 3.6 – 1,49;  $q = 1 + 0,01 \cdot 5 = 1,05$ .

$$\Sigma N_p = 0,7 \cdot 300,185 \cdot \frac{15,92}{1,05^{(12-1)}} \cdot 135 \cdot 1,49 = 393436 \text{ Н}.$$

За формулою (3.6) визначаємо потрібний модуль пружності.

$$E_{\text{нотр}}(A1) = 42,843 \cdot \ln 393436 - 315,68 = 236,25 \text{ МПа}.$$

Мінімальний потрібний модуль пружності для доріг II категорії з капітальним типом покриття за таблицею 3.8 складає 235 МПа.

**Приклад Е.3.** Визначити розрахункові характеристики ґрунтової основи дорожнього одягу.

Вихідні дані: дорога II категорії; район будівництва – Черкаська обл.; залягання ґрунтових вод глибоке; поверхневий водовідвід забезпечений.

За рис. 3.2 знаходимо, що Черкаська обл. з ґрунтово-геологічними умовами відноситься до 5-го дорожнього району. Типовий ґрунт, характерний для району – суглинок.

Намічаємо в конструкції одягу пористий граничний шар I за таблицею Б.4 додатку Б знаходимо розрахункову вологість  $W_p = 0,64$ . За табл. Б.7 для легкого пілуватого суглинку знаходимо:  $E_y = 66,6 \text{ МПа}$ ;  $\varphi = 22,2^\circ$ ;  $C = 0,0212 \text{ МПа}$ .

**Приклад Е.4.** Знайти товщину нижнього шару дорожнього одягу (розрахунок за граничним пружним прогином) за вихідними даними, наведеними в прикладах Г.2 і Г.3.

За табл. 2.1 знаходимо, що за умовами роботи асфальтобетонних покриттів Черкаська обл. належить до району А-3. За таблицею 2.2 установлюємо: рекомендовану марку бітуму – БНД 60/90; тип асфальтобетону – Б; марку асфальтобетону – І.

За відомим потрібним модулем пружності установлюємо, що товщина шарів з органічним в'язучим повинна складати до 20 см.

Намічаємо попередню конструкцію дорожнього одягу та за таблицями додатків Б і В призначаємо значення розрахункових параметрів, які зводимо у таблицю Г.1.

Розрахунок ведеться за допомогою номограми (див. рисунок 3.3) методом «зверху-вниз». На першому кроці розрахунку знаходимо відношення  $E_{\text{заг}}/E_1$  і  $h_1/D$ , прийнявши  $E_{\text{заг}} = 236,25 \cdot 1,43 = 337,84 \text{ МПа}$  і  $D = 34,5 \text{ см}$  (табл. 3.1).

$$\frac{E_{\text{заг}}}{E_1} = \frac{337,84}{3200} = 0,106, \quad \frac{h_1}{D} = \frac{6}{34,5} = 0,174.$$

Таблиця Е.1 – Значення розрахункових параметрів до прикладу Е.4

№ шару	Матеріал шару	Товщина шару, см	Розрахунок за				
			Пружним прогином $E$ , МПа	Опором зсуву $E$ , МПа	Опором розтягу при згині		
					$E$ , МПа	$R_{\text{лаб}}$ , МПа	$m$
1	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90	7	3200	1800	4500	9,8	5,5
2	Пористий асфальтобетон на бітумі БНД 60/90	9	2000	1200	2800	8,0	4,3
3	Щебінь і гравій, оброблені цементом марки 60	8	900	900	900	–	–
4	Щебінь із міцних осадкових порід	14	450	450	450	–	–
5	Пісок середньої крупності	?	120	120	120	–	–
6	Суглинок легкий пілуватий	–	66,6	66,6	66,6	–	–



Відклавши на горизонтальній осі  $h_1/D = 0,174$ , проводимо перпендикуляр до перетину з кривою значенням  $E_{3a2}/E_1 = 0,106$  і повертаємо на  $90^\circ$ . На вертикальній осі знаходимо відношення  $E_{2\text{ екв}}/E_1 = 0,075$ . Звідки  $E_{2\text{ екв}} = E_1 \cdot 0,075 = 3200 \cdot 0,075 = 240$  МПа.

$E_{2\text{ екв}}$  – еквівалентний модуль пружності на поверхні другого шару.

2-й крок:

$$\frac{E_{2\text{ а}}}{\text{А}_2} = \frac{240}{2000} = 0,120; \quad \frac{h_2}{\text{А}} = \frac{8}{34,5} = 0,232.$$

За номограмою

$$\frac{E_{3\text{ а}}}{\text{А}_2} = 0,075; \quad E_{3\text{ екв}} = E_2 \cdot 0,075 = 2000 \cdot 0,075 = 150 \text{ МПа.}$$

3-й крок:

$$\frac{E_{3\text{ а}}}{\text{А}_3} = \frac{150}{400} = 0,375; \quad \frac{h_3}{\text{А}} = \frac{8}{34,5} = 0,232.$$

За номограмою

$$\frac{E_{4\text{ а}}}{\text{А}_3} = 0,31; \quad E_{4\text{ екв}} = 400 \cdot 0,31 = 124 \text{ МПа.}$$

4-й крок:

$$\frac{E_{4\text{ а}}}{\text{А}_4} = \frac{124}{250} = 0,426; \quad \frac{h_4}{\text{А}} = \frac{14}{34,5} = 0,406.$$

За номограмою

$$\frac{E_{5\text{ а}}}{\text{А}_4} = 0,31; \quad E_{5\text{ екв}} = 250 \cdot 0,36 = 90 \text{ МПа.}$$

5-й крок:

$$\frac{E_{\text{а}}}{\text{А}_5} = \frac{66,6}{120} = 0,555;$$

За номограмою

$$\frac{E_{5\text{ а}}}{\text{А}_5} = \frac{90}{120} = 0,75; \quad \frac{h_5}{\text{А}} = 0,71;$$

$$h_5 = 34,5 \cdot 0,71 = 24,53 \text{ см.}$$

Приймаємо  $h_5 \approx 25$  см.

**Приклад Е.5.** Конструкцію, наведену в таблиці Г.1, розрахувати на зсув в ґрунті земляного полотна.

Згідно з приміткою 1 таблиці В.2 модулі пружності шарів із

асфальтобетону прийнято при температурі 20°C (ДКЗ-УП):  $E_1 = 1800$  МПа;  $E_2 = 1200$  МПа.

Визначаємо середній модуль пружності за формулою (3.13).

$$E_6 = (1800 \cdot 6 + 1200 \cdot 8 + 400 \cdot 8 + 250 \cdot 14 + 120 \cdot 25) / (6 + 8 + 8 + 14 + 25) = 493,44 \text{ МПа.}$$

Знаходимо:

$$\frac{E_{\hat{a}}}{\hat{A}_{\hat{t}}} = \frac{493,44}{60,6} = 7,41; \quad \frac{\Sigma h_z}{\ddot{A}} = \frac{61}{34,5} = 1,71.$$

За формулою (3.16) знаходимо  $\varphi_N$ . Для цього за таблицею Б.8 знаходимо  $k_{N\varphi} = 0,362$ ,  $\varphi_N = 22,2^\circ \cdot 0,362 = 8,03^\circ$ .

За номограмою (рисунок 3.5)  $\bar{\tau}_H = 0,0240$  МПа.

Активне напруження зсуву за формулою (3.12) складе

$$T_a = 0,0240 \cdot 0,8 = 0,0192 \text{ МПа.}$$

Граничне активне напруження зсуву  $T_{гр}$  визначається за формулою (3.14), а коефіцієнти  $k_{Nc}$  і  $k_{N\varphi}$  у формулах (3.15) і (3.16) приймаються за таблицею Б.8, додаток Б в залежності від розрахункової вологості  $W_p$  і сумарної кількості проїздів  $\Sigma N_p$ . При  $W_p = 0,64$  і  $\Sigma N_p = 393436$  один. для легкого пилюватого суглинку  $k_{Nc} = 0,405$ ,  $k_{N\varphi} = 0,362$ .

Тоді  $C_N = 0,0212 \cdot 0,405 = 0,00859$  МПа.

Прийнявши  $\gamma_{сер} = 0,002$  г/см<sup>3</sup>,  $Z_{on} = \Sigma h_i = 61$  см та  $k_g = 1$ , одержимо

$$T_{zp} = 0,00859 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 61 \cdot \text{tg } 22,2^\circ = 0,0138 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт міцності на зсув за таблицею 3.9 складає  $K_m = 1,48$ . Умова міцності не виконується, оскільки

$$K_m = 1,48 > \frac{\dot{O}_{\tilde{a}\delta}}{\dot{O}_{\tilde{a}}} = \frac{0,0138}{0,0198} = 0,72.$$

Для підвищення міцності на зсув заміняємо шари основи на більш міцні та збільшуємо товщини усіх шарів.

Третій шар приймаємо з щебеню і гравію, обробленого цементом марки 60 з модулем пружності  $E_3 = 900$  МПа і  $R = 0,6$  МПа. Четвертий шар приймаємо із щебеню з міцних осадових порід з  $E_4 = 450$  МПа.

Розрахункові дані зміненої конструкції наведемо в табл. Е.2.

Тоді модуль верхнього шару моделі

$$E_6 = (1800 \cdot 7 + 1200 \cdot 9 + 900 \cdot 16 + 450 \cdot 25 + 120 \cdot 30) / (7 + 9 + 16 + 25 + 30) = 605,85 \text{ МПа.}$$

$$\text{Для відношень } \frac{E_{\hat{a}}}{\hat{A}_{\hat{t}}} = \frac{605,85}{66,6} = 9,08 \text{ і } \frac{\Sigma h_z}{\ddot{A}} = \frac{87}{34,5} = 2,55 \text{ при } \varphi_H = 8,06^\circ$$

за допомогою номограми (рис. 3.5)  $\bar{\tau}_H = 0,0125$  МПа.

Таблиця Е.2 – Значення розрахункових параметрів до прикладу Е.5

№ шару	Матеріал шару	Товщина шару, см	Розрахунок за					
			Пружним прогином $E$ , МПа	Опором зсуву $E$ , МПа	Опором розтягу при згині			
					$E$ , МПа	$R_{\text{лаб}}$ , МПа	$m$	$K_{np}$
1	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90	6	3200	1800	4500	9,8	5.5	4,0
2	Пористий асфальтобетон на бітумі БНД 60/90	8	2000	1200	2800	8,0	8.0	8,2
3	Щебінь, влаштований за способом просочення в'язким бітумом	8	400	400	400	–	–	–
4	Щебінь із міцних магматичних порід	14	250	250	250	–	–	–
5	Пісок середньої крупності	?	120	120	120	–	–	–
6	Суглинок легкий пілуватий	–	66,6	66,6	66,6	–	–	–

Таким чином,

$$T_a = 0,0125 \cdot 0,8 = 0,01 \text{ МПа.}$$

$$T_{zp} = 0,00859 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 87 \cdot 0,4084 = 0,0156 \text{ МПа.}$$

$$K_m = 1,48 < \frac{\dot{O}_{\tilde{a}\tilde{d}}}{\dot{O}_{\tilde{a}}} = \frac{0,0156}{0,01} = 1,56.$$

Умова міцності виконується.

**Приклад Е.6.** Виправлену в прикладі Г.5 конструкцію розрахувати на зсув у піщаному шарі.

Знаходимо еквівалентний модуль пружності на поверхні піщаного шару. Для цього знаходимо відношення:

$$\frac{h_5}{\ddot{A}} = \frac{30}{34,5} = 0,87; \quad \frac{E_{\tilde{a}\tilde{d}}}{\ddot{A}_5} = \frac{66,6}{120} = 0,555.$$

За номограмою (рис. 3.3):

$$\frac{E_{5\tilde{a}\tilde{d}}}{\ddot{A}_5} = 0,775, \text{ звідки } E_{5\text{екв}} = 120 \cdot 0,775 = 93 \text{ МПа.}$$

Знаходимо модуль пружності верхнього шару моделі

$$E_6 = (1800 \cdot 7 + 1200 \cdot 9 + 900 \cdot 16 + 450 \cdot 25) : (7 + 9 + 16 + 25) = 860,5 \text{ МПа.}$$

За таблицею 3.10 при  $\Sigma N_p = 393436$  один. для середньозернистого піску  $\varphi_N = 27,6^\circ$  і  $C_N = 0,0026$  МПа.

$$\text{Для відношень } \frac{E_{\tilde{a}}}{\ddot{A}_{\tilde{a}}} = \frac{860,5}{93} = 9,25 \text{ і } \frac{\Sigma h_5}{\ddot{A}} = \frac{57}{34,5} = 1,65 \text{ при } \varphi_N = 27,6^\circ \text{ за}$$

допомогою номограми (рис. 3.4) знаходимо  $\bar{\tau}_n = 0,0134$  МПа.

$$\text{Таким чином, } T_a = 0,0134 \cdot 0,8 = 0,0107 \text{ МПа.}$$

Граничне активне напруження зсуву  $T_{zp}$  у піщаному шарі визначаємо за формулою (3.14), де  $C_N = 0,0026$  МПа і  $k_g = 4,0$ .

$$Z_{on} = \Sigma h_i = 7 + 9 + 16 + 25 = 57 \text{ см.}$$

$$\varphi_{cm} = 32^\circ \text{ (табл. Б.7); } \gamma_{сер} = 0,002 \text{ кг/см}^3.$$

$$T_{zp} = 0,0026 \cdot 4 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 57 \cdot 0,6249 = 0,0175 \text{ МПа.}$$

$$K_{мц}^{нотр} = 1,48 < \frac{\dot{O}_{\tilde{a}\tilde{d}}}{\dot{O}_{\tilde{a}}} = \frac{0,0175}{0,0107} = 1,64.$$

Умова міцності виконується.

**Приклад Е.7.** Виправлену в прикладі Г.5 конструкцію розрахувати на зсув в піщаному шарі.

Знаходимо еквівалентний модуль пружності на поверхні піщаного

шару. Для цього знаходимо відношення:

$$\frac{h_5}{\ddot{A}} = \frac{30}{34,5} = 0,87; \quad \frac{E_{\tilde{a}\tilde{d}}}{\dot{A}_5} = \frac{66,6}{120} = 0,555.$$

За номограмою (рис. 3.3)

$$\frac{E_{5\hat{a}\hat{d}}}{\dot{A}_5} = 0,775, \text{ звідки } E_{5екв} = 120 \cdot 0,775 = 93 \text{ МПа.}$$

Знаходимо модуль пружності верхнього шару моделі

$$E_8 = (1800 \cdot 7 + 1200 \cdot 9 + 900 \cdot 16 + 450 \cdot 25) : (7 + 9 + 16 + 25) = 860,5 \text{ МПа.}$$

За таблицею 3.10 при  $\Sigma N_p = 393436$  один. для середньозернистого піску  $\varphi_N = 27,6^\circ$  і  $C_N = 0,0026$  МПа.

$$\text{Для відношень } \frac{E_{\hat{a}}}{\dot{A}_{\hat{t}}} = \frac{860,5}{93} = 9,25 \text{ і } \frac{\Sigma h_5}{\ddot{A}} = \frac{57}{34,5} = 1,65 \text{ при } \varphi_N = 27,6^\circ \text{ за}$$

допомогою номограми (рис. 3.4) знаходимо  $\bar{\tau}_n = 0,0134$  МПа.

$$\text{Таким чином, } T_a = 0,0134 \cdot 0,8 = 0,0107 \text{ МПа.}$$

Граничне активне напруження зсуву  $T_{cp}$  у піщному шарі визначаємо за формулою (3.14), де  $C_N = 0,0026$  МПа і  $k_g = 4,0$ .

$$Z_{on} = \Sigma h_i = 7 + 9 + 16 + 25 = 57 \text{ см.}$$

$$\varphi_{cm} = 32^\circ \text{ (таблиця Б.7); } \gamma_{сер} = 0,002 \text{ кг/см}^3.$$

$$T_{cp} = 0,0026 \cdot 4 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 57 \cdot 0,6249 = 0,0175 \text{ МПа.}$$

$$K_{мц}^{нотр} = 1,48 < \frac{\dot{O}_{\tilde{a}\tilde{d}}}{\dot{O}_{\hat{a}}} = \frac{0,0175}{0,0107} = 1,64.$$

Умова міцності виконується.

**Приклад Е.8.** Виправлену в прикладі Г.5 конструкцію розрахувати на розтяг при згині.

За таблицею В.1 знаходимо модулі пружності шарів із асфальтобетону:

$$E_1 = 4500 \text{ МПа; } E_2 = 2800 \text{ МПа.}$$

Методом «Знизу вверху» знаходимо еквівалентний модуль пружності на поверхні третього шару:

$$\text{а) } \frac{h_5}{\ddot{A}} = \frac{30}{34,5} = 0,87; \quad \frac{E_{\tilde{a}\tilde{d}}}{\dot{A}_5} = \frac{66,6}{120} = 0,555.$$

За номограмою

$$\frac{E_{5\hat{a}\hat{d}}}{\dot{A}_5} = 0,775; \quad E_{5екв} = E_5 \cdot 0,775 = 120 \cdot 0,775 = 93 \text{ МПа.}$$

$$\text{б) } \frac{h_4}{\ddot{A}} = \frac{25}{34,5} = 0,725; \quad \frac{\ddot{A}_{5\hat{a}\hat{a}}}{\ddot{A}_4} = \frac{93}{450} = 0,207.$$

За номограмою

$$\frac{E_{4\hat{a}\hat{a}}}{\ddot{A}_4} = 0,43; \quad E_{4\text{ екв}} = E_4 \cdot 0,43 = 450 \cdot 0,43 = 193,5 \text{ МПа.}$$

$$\text{в) } \frac{h_3}{\ddot{A}} = \frac{16}{34,5} = 0,46; \quad \frac{E_{4\hat{a}\hat{a}}}{\ddot{A}_3} = \frac{193,5}{900} = 0,215.$$

За номограмою

$$\frac{E_{3\hat{a}\hat{a}}}{\ddot{A}_3} = 0,36; \quad E_{3\text{ екв}} = E_3 \cdot 0,36 = 900 \cdot 0,36 = 324 \text{ МПа.}$$

Модуль верхнього шару вираховуємо за формулою (3.13)

$$\ddot{A}_{\hat{a}} = \frac{\ddot{A}_1 \cdot h_1 + \ddot{A}_1 \cdot h_1}{h_1 + h_1} = \frac{4500 \cdot 7 + 2800 \cdot 9}{7 + 9} = 3543,75 \text{ МПа.}$$

Для відношень

$$\frac{\Sigma h}{\ddot{A}} = \frac{16}{34,5} = 0,464 \text{ і } \frac{E_{\hat{a}}}{\ddot{A}_{3\hat{a}\hat{a}}} = \frac{3543,75}{324} = 10,94.$$

За номограмою (рис. 3.6) знаходимо  $\bar{\sigma}_r = 1,35 \text{ МПа.}$

Розрахункове розтягуюче напруження визначають за формулою (4.18)

$$\sigma_r = 1,35 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,918 \text{ МПа.}$$

Допустиме розтягуюче напруження при згині визначаємо за формулою (4.19)

$$R_{\zeta\tilde{a}} = R_{\ddot{a}\hat{a}} \cdot k_m \cdot k_{kn} \cdot k_{\partial},$$

де  $R_{\ddot{a}\hat{a}} = 8,0 \text{ МПа}$  (таблиці Г.1, Г.2);

$k_m = 0,75$  (таблиця 3.11);  $k_{\partial} = 0,8$  (таблиця 3.12);

Коефіцієнт, що враховує короткочасність та повторність навантажень на дорозі  $k_{\kappa\pi}$  визначаємо за формулою (3.20)

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

де  $k_{i\partial} = 8,2$ ;  $m = 4,3$  (таблиці В.1, Г.1 та Г.2).

$$k_{\hat{e}n} = 8,2 \cdot 393436^{-1/4,3} = 0,41.$$

$$R_{32} = 8 \cdot 0,75 \cdot 0,41 \cdot 0,8 = 1,97 \text{ МПа.}$$

За табл. 3.9  $K_{міц} = 1,35 < \frac{R_{\delta}}{\sigma_r} = \frac{1,97}{0,918} = 2,14$ .

Умова міцності виконується.

**Приклад Е.9.** Одержану в прикладі Г.5 конструкцію розрахувати на морозостійкість.

Для Черкаської обл. розрахункова глибина промерзання складає

$$Z_p = 90 + 20 = 110 \text{ см.}$$

Глибину залягання ґрунтових вод приймаємо  $H = 180$  см.

Визначаємо всі параметри необхідні для розрахунку:

а) комплексна характеристика ґрунта

$$\hat{A} = \frac{l_{\text{сд}}^{\hat{}}}{2} = \frac{9}{2} = 4,5;$$

де  $\frac{l_{\text{сд}}^{\hat{}}}{2}$  – за табл. 4.1;

б) кліматичний показник

$$\alpha_{\hat{t}} = \frac{90}{1,8} = 50 \text{ см}^2/\text{д};$$

в) еквівалентна товщина дорожнього одягу

$$Z_1 = 7 \cdot 1,15 + 9 \cdot 1,22 + 16 \cdot 1,96 + 25 \cdot 1 + 30 \cdot 0,87 = 101,49 \text{ см.}$$

За відношенням

$$\frac{Z_1}{Z_{\delta}} = \frac{101,49}{110} = 0,923; \quad \frac{Z_{\delta}}{H} = \frac{110}{180} = 0,61.$$

За номограмою (рисунок 4.1) знаходимо

$$\left| \frac{l_{\text{сд}}^{\hat{}} \alpha_{\hat{t}}}{\hat{A} Z_{\delta}} \right| = 0, \text{ тобто } l_{\text{зод}} = 0.$$

Оскільки загальна товщина дорожнього одягу складає  $\Sigma h_i = 87$  см, що більше  $2/3 \cdot Z_p = 73,3$ , розрахунок на морозостійкість можна було не виконувати.

ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

**Піндус Богдан Іванович**  
**Бушева Валентина Михайлівна**  
**Плужник Галина Миколаївна**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ НА ТЕМУ:  
«ПРОЕКТУВАННЯ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ТА ПІДХОДІВ  
ДО НЬОГО» З ДИСЦИПЛІНИ: «ПРОЕКТУВАННЯ  
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ» (ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ  
ПІДГОТОВКИ 6.060101 «БУДІВНИЦТВО»)**

Підписано до випуску 18.07.2011 р. Гарнітура Times New.  
Умов. друк. арк. 6.9. Зам. № 202.

Державний вищий навчальний заклад  
«Донецький національний технічний університет»  
Автомобільно-дорожній інститут  
84646, м. Горлівка, вул. Кірова, 51  
E-mail: druknf@rambler.ru

Редакційно-видавничий відділ

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів  
видавничої продукції ДК № 2982 від 21.09.2007р.