



ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ
ДОРОЖНІЙ ОДЯГ ЖОРСТКИЙ
Проектування

ГБН В.2.3-37641918-557:2016

Видання офіційне

КИЇВ
МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
2016

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ) Міністерства освіти і науки України
- РОЗРОБНИКИ: **В. Жданюк**, д.т.н., (науковий керівник); **Д. Костін**; **А. Лапченко**, к.т.н.; **Ю. Масюк**; **В. Ряпухін**, к.т.н.; **В. Титар**, к.т.н.; **С. Толмачов**, д.т.н.; **С. Чугуєнко**, к.т.н.
- За участю: Національний технічний університет (НТУ) Міністерства освіти і науки України (**І. Гамеляк**, д.т.н.; **В. Мозговий**, д.т.н.; **О. Островерхий**, к.т.н.); Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ») (**С. Головко**, к.т.н.); ТОВ «Аерорембуд» (**В. Мороз**)
- 2 ВНЕСЕНО: Державне агентство автомобільних доріг України
- 3 ПОГОДЖЕНО: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, лист від 08.06.2016 № 7/16-6776
Державна служба України з питань праці, лист від 13.01.2016 № 183/1/5.2-ДП-16
Державне агентство автомобільних доріг України, лист від 28.12.2015 № 5479/2/13-8-1585/10
- 4 ЗАТВЕРДЖЕНО: Міністерство інфраструктури України, нака від 22.12.2016 № 460
- НАБРАННЯ ЧИННОСТІ: з «01» квітня 2017 року
- 5 НА ЗАМІНУ: ВБН В 2.3-218-008-97 у частині проектування

Право власності на цей документ належить державі. Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований і розповсюджений як офіційне видання без дозволу Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор)

ЗМІСТ		С.
1	Сфера застосування.....	1
2	Нормативні посилання.....	1
3	Терміни та визначення понять, позначки та скорочення.....	2
	3.1 Терміни та визначення понять.....	2
	3.2 Позначки та скорочення.....	4
4	Загальні положення.....	4
5	Конструювання дорожнього одягу.....	5
	5.1 Загальні принципи конструювання.....	5
	5.2 Особливості конструювання шарів основи.....	6
	5.3 Конструкція монолітного цементобетонного покриття.....	10
	5.4 Конструювання дорожнього одягу з жорстким прошарком.....	18
6	Розрахунок дорожнього одягу.....	21
	6.1 Розрахунок жорсткого дорожнього одягу з покриттям із цементобетону.....	21
	6.1.1 Загальні положення розрахунку.....	21
	6.1.2 Визначення параметрів розрахункового навантаження.....	22
	6.1.3 Розрахунок монолітного цементобетонного покриття.....	27
	6.1.4 Розрахунок основи.....	32
	6.1.5 Розрахунок дренажного шару основи.....	36
	6.1.6 Розрахунок морозостійкості дорожнього одягу та земляного полотна.....	37
	6.2 Розрахунок жорсткого дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям.....	37
ДОДАТОК А		
	Нормативні і розрахункові характеристики цементобетону.....	48
ДОДАТОК Б		
	Горизонтальні нормальні напруження в дорожньому одязі з жорстким прошарком.....	51
ДОДАТОК В		
	Бібліографія.....	69

ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування

Автомобильные дороги. Дорожная одежда жесткая. Проектирование

Motor Roads. Rigid Pavement. Designing

Чинні від 2017-04-01**1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1 Ці галузеві будівельні норми (далі – норми) встановлюють технічні вимоги до проектування жорсткого дорожнього одягу (далі – дорожній одяг) на автомобільних дорогах загального користування в усіх дорожньо-кліматичних зонах України згідно з ДБН В.2.3-4.

Ці норми застосовуються в розвиток і на додаток до розділу 8.3 ДБН В.2.3-4.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих нормах є посилання на такі документи:

ДБН В.2.3-4:2015	Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво
ДБН В.2.6-98:2009	Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення
ДСТУ Б А.1.1-100:2013	Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять
ГБН В.2.3-37641918-554:2013	Автомобільні дороги. Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплених цементом. Проектування

та будівництво

ВБН В.2.3-218-186-2004	Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу
ВБН В.2.3-218-537:2008	Влаштування шарів дорожнього одягу методом ресайклінгу з використанням гранульованих доменних шлаків
ВБН В.2.3-218-539:2007	Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування із холодних сумішей, що містять фрезерований асфальтобетон

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

3.1 Терміни та визначення понять

У цих нормах використано терміни, установлені згідно з Законом України “Про автомобільні дороги” [1]: автомобільна дорога загального користування; ДБН В.2.3-4: смуги укріплені; ДСТУ Б А.1.1-100: асфальтобетон, одяг дорожній жорсткий, покриття дорожнє, основа дорожня, шар основи додатковий, герметизація швів, інтенсивність руху розрахункова, деформація дорожнього одягу, дорожнього одягу здимання, шар дренальний, шар морозозахисний, щебінь чорний.

Нижче подані терміни, додатково використані у цих нормах та визначення позначених ними понять:

3.1.1 дорожній одяг з жорстким прошарком

Багатошарова конструкція проїзної частини автомобільної дороги, монолітний шар основи якої має модуль пружності більший ніж у 4 рази модуля пружності шару покриття, але не менше ніж 30000 МПа

3.1.2 деформаційні шви

Шви, які влаштовують у цементобетонних шарах для зменшення напружень, що виникають при сезонних і добових змінах температури повітря та усадці при твердінні

3.1.3 контрольні шви

Поперечні шви стискання, які забезпечують температурно-усадочну тріщиностійкість в ранньому віці. Влаштовують через кожні (2-3) плити при наборі цементобетоном міцності (8-10) МПа

3.1.4 шви стискання

Поперечні шви, які забезпечують температурно-усадочну тріщиностійкість. Влаштовуються між контрольними швами поплитно при наборі цементобетоном міцності не менше ніж (8-10) МПа з кроком плити по довжині до 25h

3.1.5 поздовжні шви

Шви, які влаштовують за технологією швів стискання по осі дороги при наборі цементобетоном міцності не менше ніж (8-10) МПа, та ширині покриття більшій ніж 23h

3.1.6 робочі шви

Шви по типу швів стискання, які влаштовують при вимушених перервах або в кінці робочої зміни бетонування

3.1.7 шви розширення

Шви що забезпечують переміщення покриття при добових та сезонних коливаннях температури та в місцях примикання до інженерних споруд і будівель

3.1.8 штирове з'єднання плит

Армування штирями поперечних і поздовжніх швів для часткової передачі навантаження з плити на плиту і ліквідації уступів та клявішного ефекту у швах при проїзді транспортних засобів

3.1.9 вторинні продукти виробництва

Відходи виробництва, отримані в результаті механічних, термічних і інших перетворень матеріалів природного і антропогенного походження.

3.2 Познаки та скорочення

ПГС – піщано-гравійна суміш;

ЩПС – щебенево-піщана суміш;

B_{tb} – клас цементобетону за міцністю;

D – діаметр відбитку колеса розрахункового автомобіля.

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1 Проектування дорожнього одягу представляє собою єдиний процес його конструювання і розрахунку:

- дорожнього одягу за двома граничними станами (за несучою здатністю та допустимими деформаціями);
- дренавальних шарів основи;
- дорожнього одягу та земляного полотна за морозостійкістю;
- техніко-економічне порівняння розрахованих рівномісних варіантів конструкцій та вибір конструкції для будівництва.

4.2 Конструювання дорожнього одягу полягає у виборі матеріалів для шарів основи і призначення їх мінімальної товщини, призначенні мінімально необхідної товщини цементобетонного покриття, граничної відстані між швами стискання і розширення та їх конструкції.

4.3 Розрахунками встановлюють розрахункове і нормативне навантаження, розміри основних конструктивних елементів (товщина і довжина плит, товщина шарів основи, армування швів, відстань між швами).

5 КОНСТРУЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

5.1 Загальні принципи конструювання

5.1.1 Конструювання дорожнього одягу полягає у розробці декількох варіантів конструкцій для подальшого визначення товщин шарів та вибору оптимального.

Мета конструювання полягає у тому, щоб найкращим чином використати механічні і теплофізичні властивості матеріалів і забезпечити міцність, технологічність і економічність конструкції дорожнього одягу.

При конструюванні дорожньо-будівельні матеріали повинні бути раціонально розташовані по товщині дорожнього одягу, по ширині проїзної частини (у тому числі і на укріплених смугах) і по довжині (з урахуванням інтенсивності та складу руху на різних ділянках).

5.1.2 Задачі конструювання дорожнього одягу:

- призначення матеріалу покриття залежно від типу жорсткого дорожнього одягу для даної категорії дороги;
- вибір матеріалів для шарів основи, установлення числа шарів і їх орієнтованих товщин з врахуванням навантаження від технологічного будівельного транспорту під час раннього набору міцності;
- вибір заходів по забезпеченню морозостійкості та осушення дорожнього одягу, корозійної стійкості покриття і шарів основи.

5.1.3 При конструюванні і розрахунку дорожнього одягу слід враховувати кліматичні та ґрунтово-гідрологічні особливості різних регіонів дорожньо-кліматичних зон згідно з ДБН В.2.3-4. Ці особливості беруть до

уваги при виборі класу цементобетону, при призначенні розрахункових характеристик ґрунту земляного полотна залежно від його вологості і розрахункових характеристик асфальтобетону залежно від його температури, а також при проектуванні заходів по забезпеченню морозостійкості і осушення основи дорожнього одягу.

5.1.4 Слід передбачати широке використання місцевих матеріалів, а також нових сучасних дорожньо-будівельних матеріалів, вторинних продуктів і технологій.

5.1.5 Для визначення приведеної вартості при варіантному проектуванні керуються строками експлуатації дорожнього одягу, виходячи з довговічності матеріалу верхнього шару покриття, які визначають згідно з додатком Е ДБН В.2.3-4.

Збільшення довговічності дорожнього одягу може бути забезпечено за рахунок влаштування верхнього шару з високоміцних цементобетонів проектного класу за міцністю не менше ніж В40, збільшення товщини цементобетонного шару до (28 – 30) см і вище, а також збільшення загальної товщини конструкції дорожнього одягу до границі глибини промерзання.

5.2 Особливості конструювання шарів основи

5.2.1 Залежно від категорії дороги, стійкості верхньої частини земляного полотна і здатності його накопичувати пластичні або нерівномірні деформації, шари основи влаштовують з цементобетону низьких марок за міцністю ($B_{tb} 1,0 - B_{tb} 1,2$) [2]; з асфальтобетону; з кам'яних матеріалів, вторинних продуктів виробництва та ґрунтів, укріплених цементом, згідно з ГБН В.2.3-37641918-554, органічними та комбінованими в'язучими; з щебеню, шлаку або піску. При цьому шар основи з піску необхідно відділяти від покриття тонким гідроізолюючим прошарком, який у розрахунок не приймається. Товщину шарів основи визначають розрахунком.

Мінімальна товщина шару основи з бетону низьких марок за міцністю ($B_{tb} 1,0 - B_{tb} 1,2$) – 14 см; з кам'яних матеріалів, вторинних продуктів виробництва та ґрунтів, укріплених цементом, встановлюють згідно з ГБН В.2.3-37641918-554; зі щебеню, шлаку або гравію – 15 см.

Можливо передбачити варіант шару основи з щебеню, укріпленого шаром цементопіщаного розчину, цементними пастами або суспензіями, які одночасно виконують і роль вирівнюючого шару.

Ширина укріпленого шару основи згідно з 8.1.4 ДБН В.2.3-4 повинна бути ширшою за покриття на 1,0 м з кожного боку, а при бетонуванні покриття гусеничними бетоноукладачами з ковзною опалубкою на (0,80 – 1,05) м з кожного боку (рисунок 5.1).

При влаштуванні основи укріпленої неорганічним вяжучим або з низькомарочних та пісних бетонів передбачають шви стискання, які можуть бути сумісними або несумісними з швами у верхньому шарі. Сумісними швами вважаються шви, які в плані співпадають з положенням шва у верхньому шарі, або зміщені на відстань не більше ніж $2h$ товщини верхнього шару. В інших випадках шви вважаються несумісними, що потребує влаштування тріщиноперериваючого прошарку з бітумізованого паперу, полімерних плівок товщиною 300 мкм, або геотекстилю щільністю не менше ніж $(300 - 500) \text{ г/м}^2$. При влаштуванні тріщиноперериваючого прошарку з бітумізованого паперу рух технологічного транспорту по ньому забороняється та передбачається бокова подача цементобетонної суміші. При влаштуванні тріщиноперериваючого прошарку в нижніх шарах дозволяється не влаштовувати шви стискання.

5.2.2 При наявності нерівностей на поверхні шару основи більше ніж 1 см влаштовують вирівнюючий шар, який також повинен забезпечувати можливість переміщення плит цементобетонного покриття при зміні температури. Вирівнюючий шар під цементобетонне покриття може бути влаштований із укріпленого в'язучим піску. Якщо цей шар вбирає воду з

укладеної цементобетонної суміші, то його закривають гідроізолюючим прошарком.

Якщо нерівності поверхні шару основи не перевищують 1 см, то вирівнюючий шар не влаштовують, а укладають гідроізолюючий прошарок, що запобігає зчепленню цементобетонних плит з основою і висиханню бетону у ранньому віці та появі усадочних тріщин.

5.2.3 Додатковий шар основи влаштовують з дренуючих, не здатних до здимання матеріалів (пісок, шлак, відсів, черепашник, ПГС, ЩПС тощо).

Додатковий шар основи повинен мати водовідвід – суцільні або переривчасті виходи дренуючого матеріалу на укоси земляного полотна з поперечним похилом. На дорогах I-II категорій дренуючий прошарок робиться на всю ширину земляного полотна з виведенням на укоси. Для поліпшення водовідводу можна застосовувати геотекстиль у вигляді суцільного або переривчастого шару. Для зменшення підтоку води знизу можна передбачати перериваючі прошарки з синтетичних плівок. Додатковий шар, що виконує морозозахисну функцію, може бути влаштований з ґрунту, обробленого (у змішувачі) гідрофобізуючими матеріалами, або інших ґрунтів та матеріалів, що не змінюють свого об'єму при промерзанні у зволоженому стані.

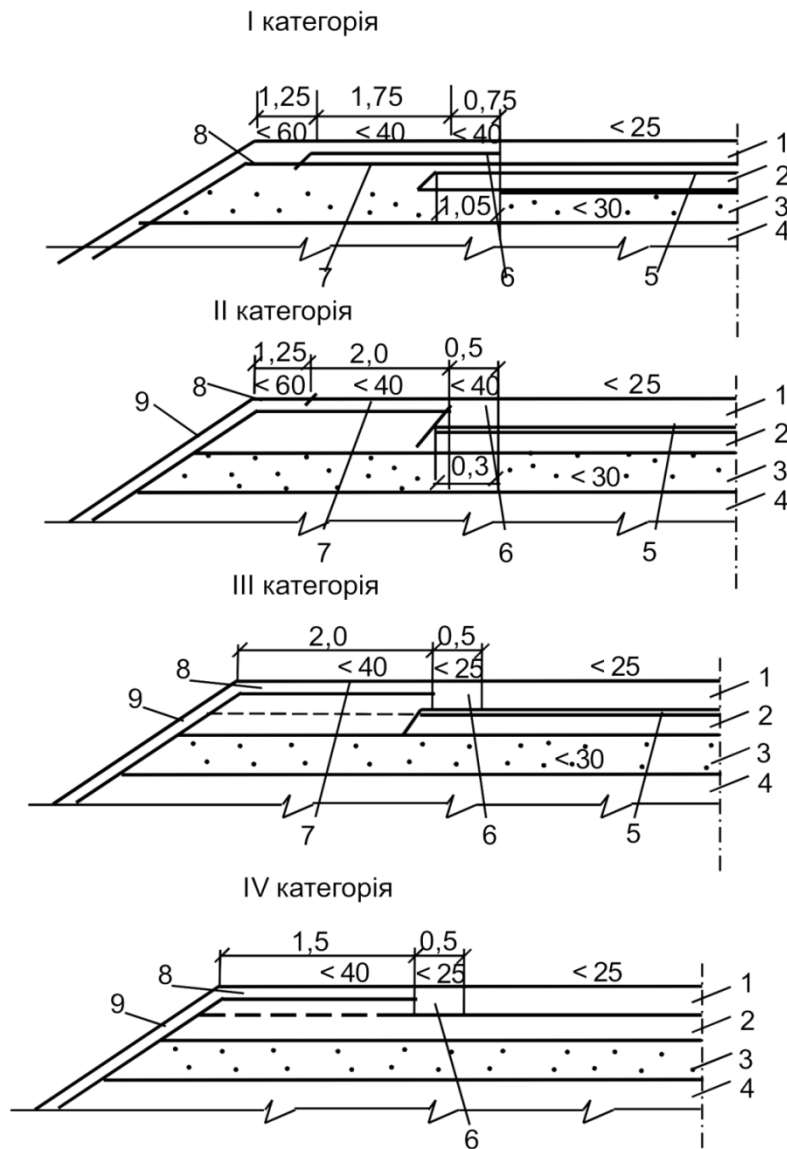
При інтенсивності руху менше ніж 1000 од/добу додаткові шари основи можуть одночасно виконувати роль шару основи і вирівнюючого шару. Товщину додаткового шару основи визначають розрахунком.

5.2.4 При конструюванні дорожнього одягу, окрім конструктивних шарів, передбачають укріплені смуги. Типові поперечні профілі наведені на рисунку 5.1.

Укріплені смуги влаштовують з цементобетонних або асфальтобетонних сумішей на бетонній основі згідно з 8.3.5 ДБН В 2.3-4.

Цементобетонні укріплені смуги розділяють поперечними швами, які є продовженням швів у покритті. При влаштуванні цементобетонних покриттів

з шпунтами на бокових гранях і при відсутності штирів у поперечних швах бетонних покриттів у швах укріплених смуг встановлюють (1 – 2) штирі довжиною 50 см і діаметром (16 – 18) мм за типом штирів у швах стискання і розширення в покритті (з обмазуванням і з ковпачками у швах розширення).



1 – покриття; 2 – основа; 3 – додатковий шар основи; 4 – ґрунт земляного полотна; 5 – вирівнюючий шар; 6 – крайова укріплена смуга; 7 – укріплена частина узбіччя; 8 – неукріплена частина узбіччя; 9 – укіс земляного полотна

Рисунок 5.1 – Типові поперечні профілі для доріг I-IV категорії

Цементобетонні укріплені смуги не відділяються швами від покриття. При влаштуванні смуг розширення шириною більше ніж 3 м останні відділяються від бетонного покриття швами з заповненням їх за типом шва стискання. Поперечні шви смуг розширення за конструкцією і за місцем розташування повинні збігатись з поперечними швами покриття.

5.3 Конструкція монолітного цементобетонного покриття

5.3.1 Цементобетонне покриття може бути одношаровим, або за наявності відповідного технологічного устаткування - двошаровим, що улаштовується методом зрощування шарів з одночасним ущільненням верхнього і нижнього шарів за один прохід бетоноукладача, з товщиною верхнього шару не менше ніж 6 см. Для доріг I категорії, при автоматичному зануренні штирів, застосовується технологія влаштування двошарового покриття. При влаштуванні одношарового покриття на дорогах I категорії автоматичне занурення штирів не застосовується, штирі деформаційних швів встановлюються на каркас-корзинах та забезпечується бокова подача цементобетонної суміші.

Товщина цементобетонного покриття повинна бути однаковою по всій ширині проїзної частини. Товщину цементобетонного покриття (h) визначають розрахунком, але вона повинна бути не менше мінімально допустимих значень згідно з таблицею Ж ДБН В.2.3-4.

5.3.2 У покритті влаштовують поздовжні і поперечні шви (стискання і розширення), що ділять покриття на плити визначеної довжини і ширини. Поперечні шви стискання влаштовуються між швами розширення.

Для запобігання тріщиноутворення та забезпечення температурно-усадочної тріщиностійкості при твердінні, в ранньому віці в затверділому бетоні частину поперечних швів стискання влаштовують першочергово як контрольні, через кожні (2 – 3) плити. Шви стискання влаштовуються між

контрольними швами поплитно. Глибина нарізання поперечних швів становить $1/4$ товщини плити, поздовжніх $1/3$ товщини плити. Ширина шва (3 – 4) мм. У швах передбачають штирьові з'єднання різного профілю:

- поперечні шви – арматура гладкого профілю класу A240K [4] довжиною 500 мм, оброблена нанесенням полімерних матеріалів, фарб тощо;
- поздовжні шви - арматура поперечного профілю класу A400K [4] довжиною 800 мм.

Можливо застосовувати в штирьових з'єднаннях арматуру з композитної арматури [3].

У швах влаштовується камера для герметизації на глибину до 40 мм та шириною:

- поперечні шви – 8 мм;
- поздовжні шви – (10 – 12) мм.

Камери для герметизації нарізають після набору цементобетоном міцності більше ніж 10 МПа.

Глибина заповнення камери герметиком регулюється термостійким шнуром-канатом (пеньковим, поліпропіленовим) та становить (20 – 30) мм. Для уникнення потрапляння герметика на поверхню проїзної частини влаштовують кутову фаску (3 – 5) мм, кут 45° .

Влаштування поздовжнього шва між суміжними плитами, які бетонуються окремо, виконують після набору цементобетоном міцності більше ніж 10 МПа та появи тріщини, шляхом нарізання камери для герметизації на глибину до 40 мм та шириною (10 – 12) мм. Перед бетонуванням суміжних плит на бокову поверхню плити раніше влаштованої смуги наносять гідроізолюючий прошарок, не доходячи до верхньої крайки покриття на 50 мм, використовуючи бітумну емульсію або інший гідроізолюючий матеріал.

5.3.3 Довжину плит $L_{ст}$ призначають згідно з 8.3.7 ДБН В.2.3-4.

Співвідношення довжини плити і ширини не повинно перевищувати 1:1.15.

5.3.4 Поздовжні шви влаштовують згідно з 8.3.8 ДБН В.2.3-4.

5.3.5 При влаштуванні швів розширення використовують дані згідно таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні параметри для визначення відстані між швами розширення

Очікувана температура нагріву покриття в літній час, °C	Товщина покриття, см	Відстань між швами розширення, кількість плит, при температурі повітря під час бетонування, °C				
		менше 5	5-10	10-15	15-20	більше 20
Менше 40	20-26	9	9	9	-	-
	менше 20	9	9	9	9	-
Більше 40	20-26	9	9	9	9	-
	менше 20	9	9	9	9	-

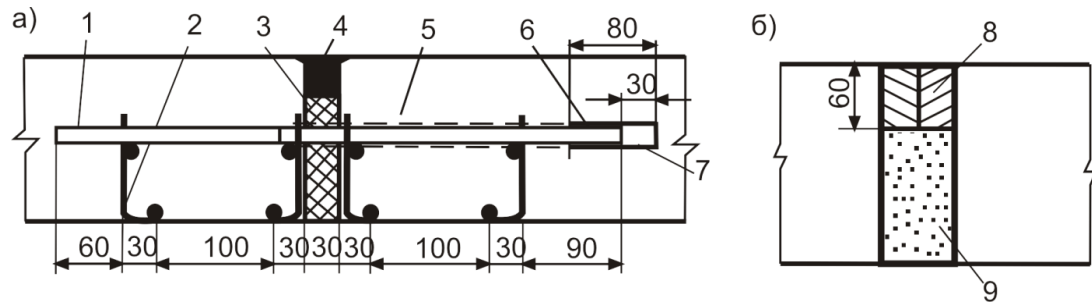
Примітка. При влаштуванні контрольних швів через дві плити шви розширення влаштовують через 10 плит.

5.3.6 Конструкції швів розширення і стискання приймають згідно з рисунками 5.2 – 5.7. Штирі у поздовжніх і поперечних швах розташовують згідно з рисунком 5.8.

Допускається у поперечних швах штирі не застосовувати при влаштуванні монолітних покриттів на основі з матеріалів, укріплених в'язучим, товщиною не менше ніж 18 см. Товщину покриття у цьому випадку слід збільшити на 2 см.

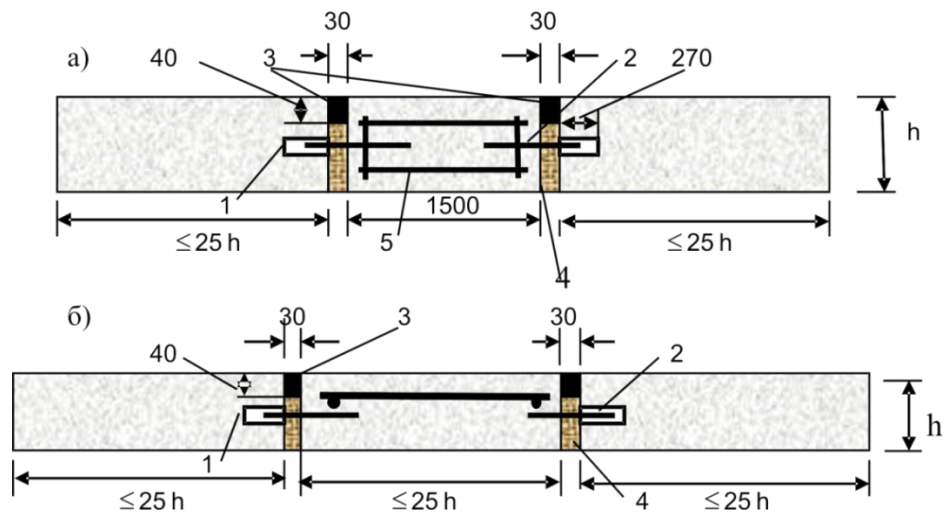
5.3.7 При влаштуванні швів стискання і розширення не допускаються відхилення перекосів і нахилів штирів і прокладок від проектного положення більше ніж на 1 см. На поверхню штирів для поперечних швів стискання і розширення наносять полімерне покриття або фарбу товщиною не більше ніж 0,3 мм. Температурні ковпачки, які одягаються на штирі швів розширення, повинні забезпечувати вільне пересування штиря у бетоні не менше ніж на 2 см.

Штирі у поздовжніх швах встановлюють без нанесеної фарби або полімерного покриття, з допущенням перекосів не більше ніж на 1 см.



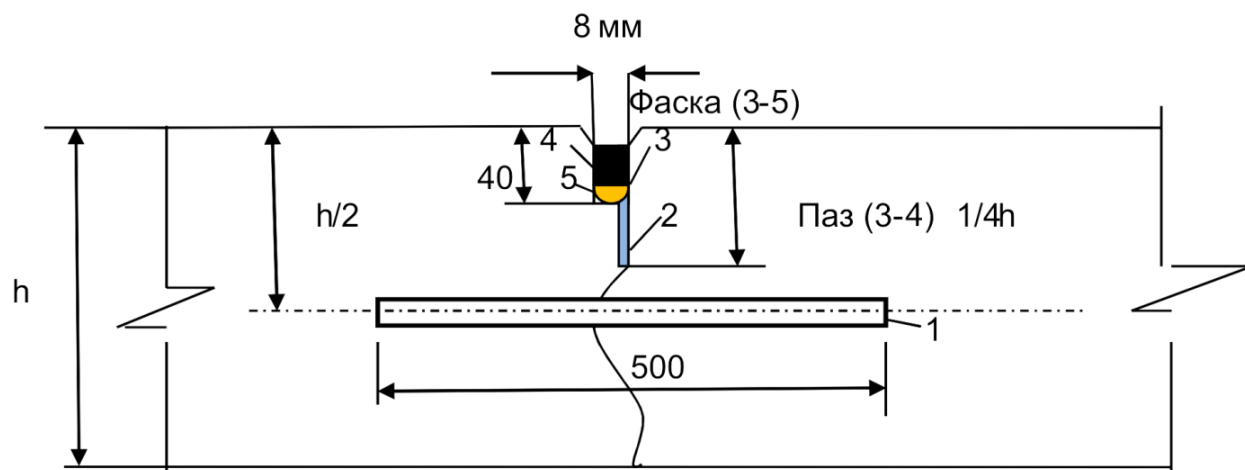
1 – штир; 2 – каркас-корзина для фіксації прокладки та штирів, що заварені у кондукторі; 3 – дерев'яна дошка-прокладка; 4 – герметизуючий матеріал; 5 – частина штиря в полімерній обмазці; 6 – ковпачок; 7 – повітряний зазор в ковпачку; 8 – герметизуючий матеріал; 9 – пористий легко стисливий матеріал (розміри показані в мм).

Рисунок 5.2 – Схема конструкції швів розширення: а) у покритті; б) перед мостами



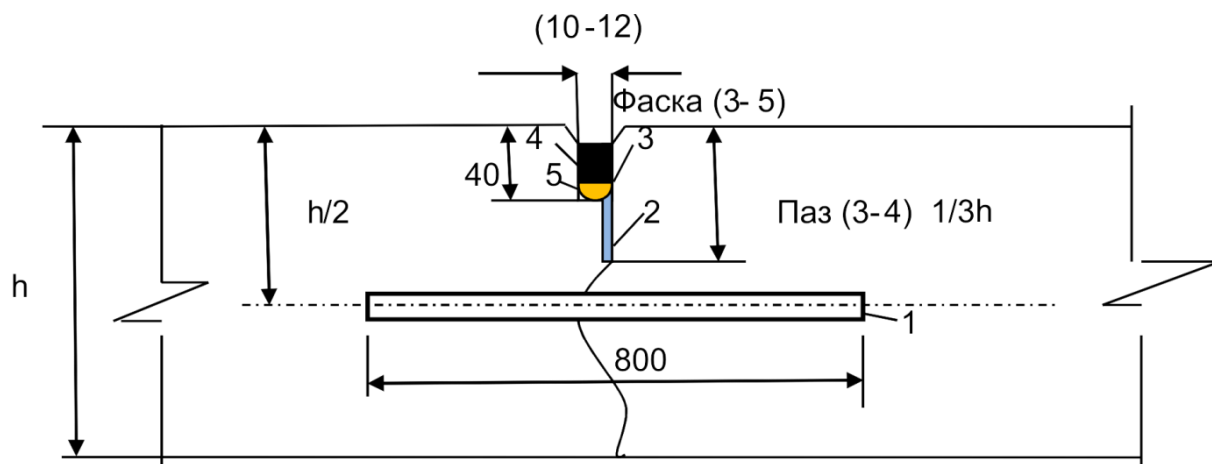
1 – ковпачок із зазором; 2 – металевий штир гладкого профілю класу А240К діаметром (22 – 25) мм та довжиною 500 мм; 3 – герметизуючий матеріал; 4 – дерев'яна дошка-прокладка просмолена; 5 – металевий каркас; 6 – металева сітка.

Рисунок 5.3 – Схема конструкції швів розширення в технологічних розривах: а) з використанням арматурного каркасу; б) сітки на всю ширину



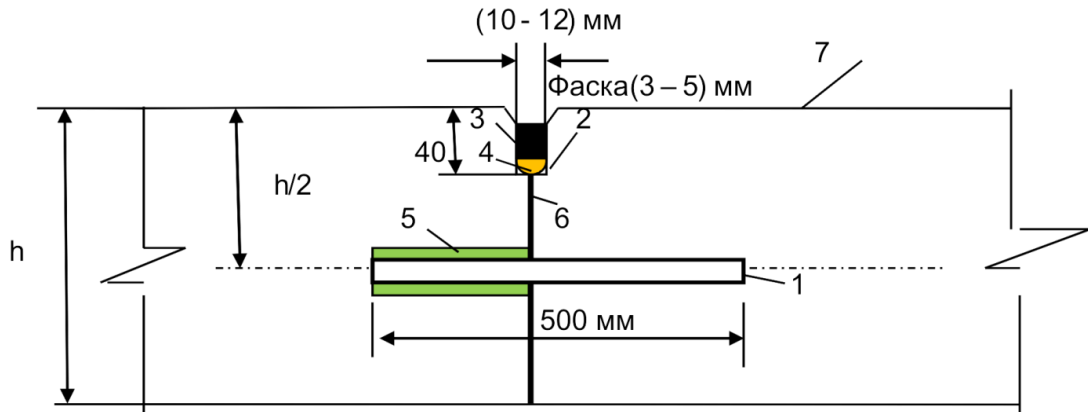
1 – металевий штир гладкого профілю класу А240К діаметром (22 – 25) мм; 2 – нарізаний паз на глибину $1/4h$; 3 – камера для герметизації; 4 – герметизуючий матеріал; 5 – термостійкий шнур

Рисунок 5.4 – Схема конструкції поперечного шва стискання, влаштованого за технологією занурення штиря в цементобетонну суміш на глибину $h/2$



1 – металевий штир періодичного профілю класу А400К діаметром (16 – 18) мм; 2 – нарізаний паз на глибину $1/3h$; 3 – камера для герметизації; 4 – герметизуючий матеріал; 5 – термостійкий шнур

Рисунок 5.5 – Схема конструкції поздовжнього шва стискання, влаштованого за технологією занурення штиря в цементобетонну суміш на глибину $h/2$



1 – металевий штир періодичного профілю класу А400К діаметром (16 – 18) мм; 2 - камера для герметизації; 3 – герметизуючий матеріал; 4 – термостійкий шнур; 5 – сверлений отвір; 6 – бокова поверхня раніше забетонованої смуги, оброблена бітумною емульсією; 7 – поверхня суміжної смуги.

Рисунок 5.6 – Схема конструкції поздовжнього суміжного шва стискання

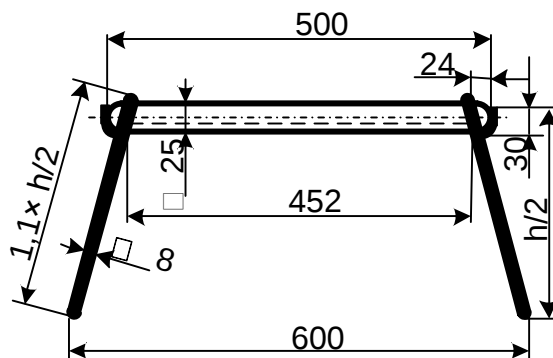
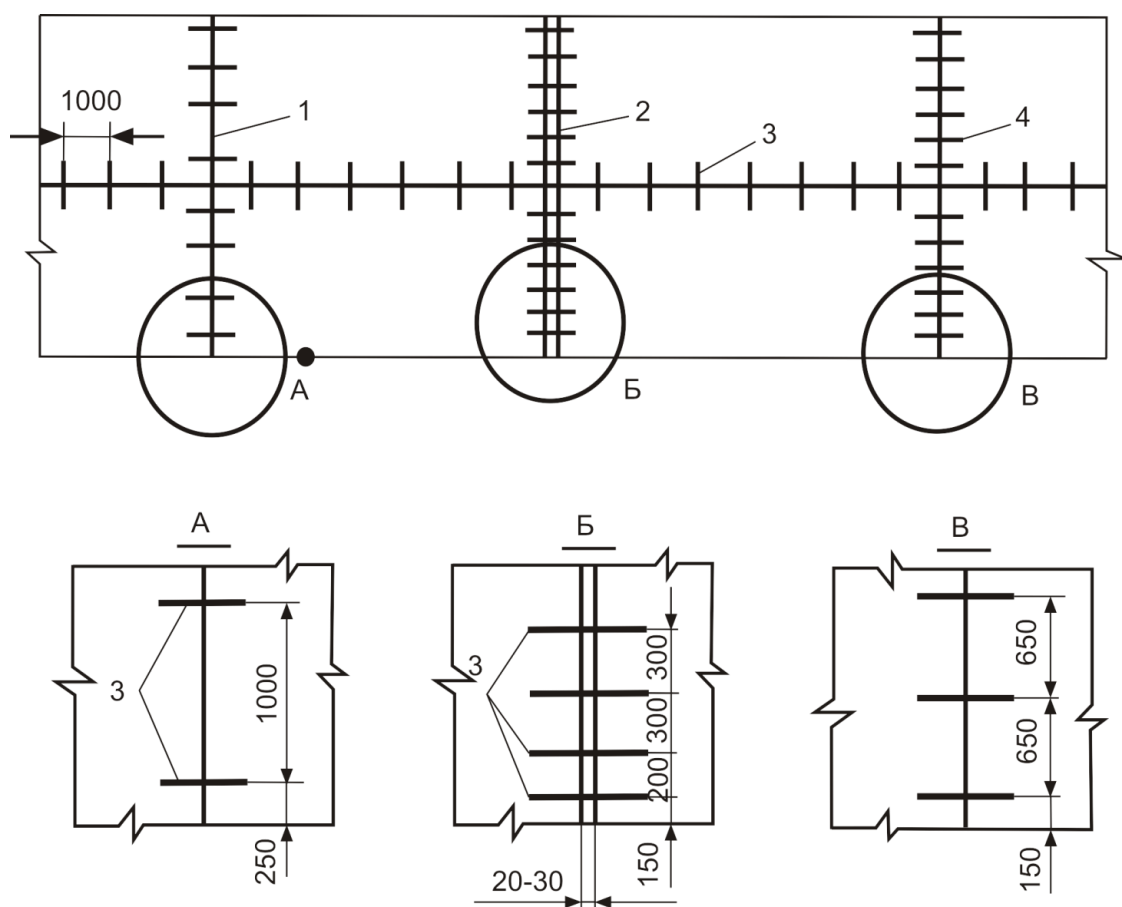


Рисунок 5.7 – Загальний вигляд та схема перерізу закладного елементу шва стискання, влаштованого за технологією розстановки закладних елементів (розміри показані в мм)

5.3.8 Наприкінці робочої зміни або при тривалих перервах у бетонуванні (більше ніж (2 – 3) годин) влаштовують робочі шви за типом

швів стискання (рисунок 5.9) або, при необхідності, шви розширення з використанням опалубки та шаблонів. Більш прогресивною технологією є обрізування затверділого бетону на всю глибину з наступним сверлінням горизонтальних отворів та встановлення в отвори штирів і ковпачків на них в швах стискання та розширення. За даною технологією шви розширення можливо влаштовувати пізніше в літній період при температурах вищих (20 – 25) °С, коли шар цементобетонного покриття є максимально розширеним.



1– шов стискання на цементогрунтовій основі; 2 – шов розширення;
3 – поздовжній шов; 4- шов стискання на щебеневій або піщаній основі
(відстань між штирями може змінюватись у залежності від прийнятого технологічного обладнання)

Рисунок 5.8 – Розташування штирів у швах покриття

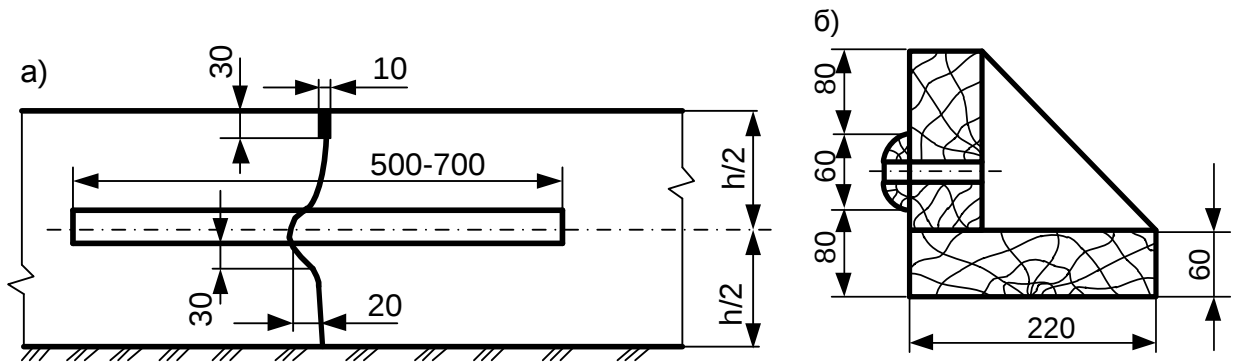


Рисунок 5.9 – Конструкція робочого шва (а) та шаблона-кутника для плити товщиною 220 мм

5.3.9 Ширина пазу над швом розширення приймається рівною 30 мм, глибина до верху дошки-прокладки – 40 мм.

Відстань між верхньою частиною дошки шва розширення, яку знімають після бетонування, і поверхнею покриття повинна бути не менше ніж 10 мм.

Якщо покриття проектується без швів розширення за методом швидкісного будівництва бетоноукладачами з ковзною опалубкою, то перед мостами влаштовують не менше трьох швів розширення шириною 6 см через (15 – 30) м, заповнених легкостисливим матеріалом. Одночасно з цим повинні бути дотримані наступні умови:

а) основа має бути влаштована з матеріалів, укріплених неорганічними в'язучими, або з низькомарочних та пісних бетонів;

б) узбіччя має бути влаштоване з цементобетону або інших монолітних матеріалів.

5.3.10 Армування плит необхідно виконувати при влаштуванні дорожнього одягу на слабких ґрунтах. Для армування слід застосовувати арматуру періодичного профілю діаметром (8 – 16) мм класу А400К [4] у вигляді окремих поздовжніх штирів, довжина яких менше довжини плити на (100 – 200) см, або у вигляді плоских сіток тієї ж довжини з поздовжньою арматурою, з середньою витратою її (2,3 – 3,4) кг на 1 м² покриття.

При армуванні країв покриття у нижній зоні (на висоті 40 мм від нижньої площини) двома арматурними штирями (діаметром (10 – 12) мм, клас А400К) або високоміцним дротом (2 прутки 5 мм, Вр-11 або 3 прутки 4 мм, Вр-11) арматурні штирі повинні бути коротші за довжину плит на 100 см, прутки дроту можуть проходити наскрізь через шви стискання.

5.3.11 На дорогах I-III категорій з насипами висотою більше ніж 3 м зі скельних ґрунтів, насипами на болотах, які збудовані при частковому виторфовуванні, насипом вище ніж 5 м з будь-яких ґрунтів, біля шляхопроводів у межах до 200 м при рівній висоті насипу, а також на ділянках доріг індивідуального проектування (де очікується нерівномірне осідання земляного полотна) покриття слід влаштовувати з плит довжиною (5 – 7) м, армованих сталевими плоскими сітками (витрати поздовжньої арматури наведені у таблиці 5.2).

5.3.12 На окремих ділянках доріг I і II категорій (на підходах до великих міст) з інтенсивністю руху понад 10000 транспортних одиниць на добу для влаштування покриття дозволяється влаштовувати, як неармовані плити, так і армовані довжиною (10 – 20) м з витратою поздовжньої арматури на 1 м² покриття згідно з таблицею 5.2.

Таблиця 5.2 – Витрата поздовжньої арматури при армуванні плит

Товщина плити, см	Витрата поздовжньої арматури на 1 м ² покриття, кг, при довжині плити, м				
	5	8	10	15	20
24-26	2,3	2,3	2,8	4,1	-
20-22	1,8	2,0	2,5	3,7	4,5
18	1,2	1,4	1,7	2,7	3,4

5.4 Конструювання дорожнього одягу з жорстким прошарком

5.4.1 Конструкція дорожнього одягу з жорстким прошарком складається з таких шарів:

– асфальтобетонне покриття;

- додатковий шар (за необхідності);
- жорсткий прошарок;
- шари основи.

Додатковий шар основи (дренувальний або морозозахисний) передбачається у разі необхідності.

Для зменшення проникнення води в шари основи дорожнього одягу жорсткий прошарок улаштовується ширше проїзної частини опуклого поперечного профілю з відводом води на укоси.

Жорстким прошарком може бути як спеціально улаштований шар, так і покриття існуючого дорожнього одягу при підсиленні.

5.4.2 Найбільший ефект дає влаштування жорсткого прошарку у нижньому шарі конструкції на глибині (20 – 35) см (до 1,0 D). У цьому випадку підвищується не тільки опір дорожнього одягу деформуванню, але й підвищуються його показники міцності на розтяг при згині.

Конструкція, яка розташована нижче жорсткого прошарку, розглядається як пружний еквівалентний напівпростір, що характеризується модулем пружності $E_{\text{екв}}$.

5.4.3 Жорсткий прошарок, що розташований під шарами покриття дорожнього одягу, сприймає напруження на розтяг і повинен улаштовуватися як монолітний шар. Перевага віддається використанню цементобетонів. Дозволяється використання пісного укочуваного цементобетону. Мінімальна товщина шару з кам'яних матеріалів, укріплених цементом, приймається згідно з ГБН В.2.3-37641918-554.

Жорсткий прошарок укладається на основу з кам'яних матеріалів, у тому числі і маломіцних матеріалів, вторинних продуктів виробництва. Для влаштування шару основи можливе використання піску або ґрунту, укріплених цементом або комплексним вяжучим.

5.4.4 У жорсткому прошарку із цементобетону поперечні шви влаштовують як контрольні, без армування, через 15 м. Перед мостами

влаштовують не менше трьох швів розширення через (10 – 20) м, так як і при спорудженні монолітних цементобетонних покриттів.

Поздовжні шви в жорсткому прошарку влаштовують при ширині покриття більше ніж 9 м і на ділянках з очікуваним нерівномірним осіданням земляного полотна. Поздовжні шви армують.

5.4.5 Сумарну товщину шарів асфальтобетону на жорсткому прошарку визначають розрахунком, але вона не повинна бути меншою значень, згідно таблиці 5.3. Ці товщини забезпечують зменшення небезпеки утворення тріщин в асфальтобетонному покритті.

Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів на жорсткому прошарку може бути забезпечено за рахунок влаштування додаткових тонких шарів з еластичних, зернистих або геосинтетичних матеріалів.

Таблиця 5.3 - Мінімально-допустима сумарна товщина асфальтобетонних шарів на жорсткому прошарку

Клас бетону в жорсткому прошарку	Товщина жорсткого прошарку, см	Кліматичний район України	Мінімально-допустима сумарна товщина асфальтобетонних шарів, см на жорсткому прошарку при загальній кількості прикладань розрахункового навантаження, одиниць на смугу		
			більше 2×10^7	$10^6 - 2 \times 10^7$	менше 10^6
Менше В15 включ.	Менше 15 включно	A-1; A-3; A-6 A-2; A-4 A-5; A-7	16/18 14/16 12/14	12/14 10/12 8/10	10/12 8/9 6/7
	Більше 15	A-1; A-3; A-6 A-2; A-4 A-5; A-7	18/21 16/19 13/15	14/16 11/13 9/11	11/13 9/11 7/8
Більше В15	Менше 15 включно	A-1; A-3; A-6 A-2; A-4 A-5; A-7	19/22 17/20 14/16	15/17 12/14 10/12	12/14 10/12 8/9
	Більше 15	A-1; A-3; A-6 A-2; A-4 A-7; A-5	22/25 20/23 18/20	20/22 17/20 15/17	16/18 14/16 12/14
Примітка. У чисельнику товщини відповідають розрахунковому навантаженню на колесо 50,0 кН, у знаменнику – 57,5 кН.					

6 РОЗРАХУНОК ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

6.1 Розрахунок жорсткого дорожнього одягу з покриттям із цементобетону

6.1.1 Загальні положення розрахунку

6.1.1.1 Дорожній одяг розраховують з урахуванням складу транспортного потоку, перспективної інтенсивності руху до наступного капітального ремонту, ґрунтових і природо-кліматичних умов.

Розрахунок виконують по граничних станах, що визначають втрату працездатності конструкції, на основі розрахункових схем, використовуючи нормовані розрахункові характеристики.

6.1.1.2 Розрахунок ведеться шляхом перевірок заздалегідь призначеної конструкції дорожнього одягу:

- за міцністю верхніх шарів дорожнього одягу;
- за стійкістю незв'язних матеріалів в шарах основи і ґрунту земляного полотна на зсув та за накопиченням уступів у поперечних швах цементобетонного покриття;
- за стійкістю дорожнього одягу до впливу морозного здимання;
- за здатністю дренажного шару основи відводити вологу.

6.1.1.3 Жорсткий дорожній одяг розраховують з урахуванням надійності. Припустимий (необхідний) коефіцієнт надійності K_n , що визначає мінімальне значення коефіцієнта міцності $K_{ми}$, який дорожній одяг повинний мати до кінця строку служби між капітальними ремонтами, нормований у залежності від категорії дороги з врахуванням капітальності одягу (таблиця 6.1) та врахуванням досягнутого рівня якості.

Таблиця 6.1 - Припустимий коефіцієнт надійності та мінімальне значення коефіцієнта міцності

Категорія дороги	Тип дорожнього одягу	Коефіцієнт надійності, K_n	Характеристика надійності, β	Коефіцієнт міцності, K_{mc} , за критерієм граничного стану	
				згин монолітних шарів	зсув у незв'язних шарах
I-а	Капітальний	0,97	1,8750	1,43	1,44
I-б - II	Капітальний	0,95	1,6449	1,39	1,42
III	Капітальний	0,90	1,2800	1,33	1,35
IV	Полегшений	0,85	1,0350	1,30	1,31
V	Перехідний	0,75	0,6800	1,23	1,24
Примітка. Коефіцієнт міцності K_{mc} конструкції дорожнього одягу для даної категорії може бути збільшений або зменшений при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні для заданого строку служби покриття.					

6.1.1.4 Розрахунком визначається товщина покриття і шарів основи, відстань між швами розширення та діаметр штирів у швах.

6.1.1.5 Вихідні дані для розрахунку дорожнього одягу включають:

- параметри транспортного навантаження (розрахункова інтенсивність, розрахункове навантаження);
- параметри дороги (категорія, ширина проїзної частини, строк служби дорожнього одягу до капітального ремонту);
- параметри земляного полотна і умови його роботи (тип місцевості за зволоженням, різновиди ґрунтів, рівень ґрунтових вод);
- дорожньо-кліматичний район.

6.1.2 Визначення параметрів розрахункового навантаження

6.1.2.1 При проектуванні дорожнього одягу за розрахункові приймають нормовані навантаження згідно з таблицею Б ДБН В.2.3-4, що відповідають граничним навантаженням на вісь автомобілів згідно з ВБН В.2.3-218-186.

6.1.2.2 При проектуванні доріг з жорстким дорожнім одягом як розрахункові можуть бути прийняті навантаження від конкретних транспортних засобів, систематичний проїзд яких передбачається на даному об'єкті навесні і восени.

6.1.2.3 При проектуванні доріг, по яких передбачається проїзд багатоосьових багатоколісних транспортних засобів спеціалізованих автомобільних поїздів, у склад яких входить великовантажний причіп, або самохідних великовагових платформ, а також для перевірки на міцність дорожніх одягів при разових проїздах таких транспортних засобів слід проводити розрахунок на дію найбільшого еквівалентного колісного навантаження, що замінює вплив групи поряд розташованих коліс еквівалентним впливом одиночного колеса.

6.1.2.4 Дорожній одяг всіх смуг дороги з багатосмуговою проїзною частиною проектують на те ж розрахункове навантаження, що і дорожній одяг крайньої правої смуги.

На випадок спеціалізованого руху у різних напрямках потрібно приймати до уваги, що осьові навантаження під час руху до вантажоутворюючої точки і від неї різні, коли в одному напрямку рухаються завантажені, а у іншому порожні автомобілі і автопоїзди. У цьому випадку можуть бути прийняті різні розрахункові навантаження і, відповідно, запроектовані дорожні одяги неоднакової товщини для прямих і зворотних напрямків.

На випадок спеціалізованого руху на різних смугах проїзної частини можуть бути прийняті у межах різних смуг (наприклад, виділених для автобусного або тролейбусного руху) різні розрахункові навантаження. У цьому випадку дорожній одяг доцільно проектувати зі змінною товщиною по ширині проїзної частини.

6.1.2.5 Жорсткий дорожній одяг розраховують на багаторазову дію рухомих навантажень. При цьому тривалість напружено-деформованого

стану від короткочасного навантаження приймається рівною 0,1 с. Згідно з цим у розрахунок вводять значення механічних характеристик матеріалів і ґрунту земляного полотна при навантаженні тривалістю 0,1 с згідно з ВБН В.2.3-218-186.

Окрім того, дорожній одяг на зупинках автобусів і тролейбусів, автостоянках, у зоні перехрещень, на підходах до перехрещень з залізничними і трамвайними коліями слід розраховувати на статичне навантаження тривалістю 600 с. При цьому статична тривалість напружено-деформованого стану враховується відповідними значеннями розрахункових характеристик матеріалів згідно з ВБН В.2.3-218-186 і коефіцієнтів при визначенні допустимого напруження зсуву в ґрунті.

6.1.2.6 Очікувану інтенсивність руху транспортних засобів різних марок слід приводити до рівноцінної інтенсивності впливу розрахункового навантаження на одну смугу проїзної частини за добу.

Середньодобова, приведена до розрахункового навантаження Q_p кількість проїздів всіх коліс, розташованих по одному борту автотransпортних засобів, у межах однієї смуги проїзної частини з приведеною розрахунковою інтенсивністю N_p (одиниць/добу) впливу навантаження, визначається за формулою:

$$N_p = f_1 \times f_2 \times N \times \sum \delta_n \times S_n, \quad (6.1)$$

де N – очікувана інтенсивність руху в обох напрямках різних вантажних і пасажирських транспортних засобів, авт/добу;

f_1 – коефіцієнт, що враховує число смуг і розподілення проїздів по них, який приймається для найбільш напруженої смуги за таблицею 6.2;

f_2 – коефіцієнт, що враховує ширину смуги руху та дорівнює: 1,0 – при ширині смуги 3,75 м і більше; 1,1 – при ширині смуги від 3,25 м до 3,75 м; 1,4 – при ширині смуги від 2,75 м до 3,25 м; 1,8 – при ширині смуги від 2,50 м до 2,75 м; 2,0 – при ширині смуги менше ніж 2,50 м;

δ_n – частка n-го транспортного засобу у складі руху вантажного і пасажирського транспорту (у долях одиниці);

S_n – сумарний коефіцієнт для приведення за руйнівною дією на дорожній одяг n-го транспортного засобу до розрахункового навантаження;

n – загальна кількість різних марок вантажних і пасажирських транспортних засобів у складі вантажного транспортного потоку.

Таблиця 6.2 – Значення коефіцієнта f_1 , що враховує число смуг і розподілення проїздів по них

Загальна кількість смуг руху в обох напрямках	Значення f_1 для смуги, рахуючись справа за напрямом руху		
	1-й	2-й	3-й
1	1,00	-	-
2	0,55	-	-
3	0,50	0,50	-
4	0,35	0,20	-
5	0,30	0,20	0,01
бокові укріплені смуги	0,01	-	-

6.1.2.7 Сумарний коефіцієнт приведення за руйнівною дією на дорожній одяг n-го транспортного засобу, що рухається, визначається за формулою:

$$S_n = \sum \left(\frac{Q^e}{Q_p} \right)^{4,4}, \quad (6.2)$$

де Q^e – найбільше еквівалентне колісне навантаження для 1-ої осі;

Q_p – розрахункове навантаження.

Якщо розрахунковим є нормативне статичне осьове навантаження $G_{p1} = 115$ кН ($Q_{p1} = 57,5$ кН на спарене колесо) або $G_{p2} = 100$ кН ($Q_{p2} = 50$ кН на колесо), то значення S_n знаходяться за довідковими даними. Коефіцієнти S_n визначають для еквівалентних навантажень менше розрахункової або перевищуючих її не більше ніж на 15 %.

Очікувану добову інтенсивність руху N в обох напрямках різних вантажних і пасажирських транспортних засобів визначають до кінця

перспективного проектного строку служби T і знаходять за даними обліку руху

$$N = N_o \times q^T, \quad (6.3)$$

де N_o – добова інтенсивність вантажного руху у вихідному році;

q^T – показник приросту інтенсивності руху або при відсутності таких даних встановлюють за техніко-економічними розробками або розраховують, виходячи з пропускної здатності дороги, за формулою:

$$N = 2 \times (0,41 - 0,38a) \times a_1 \times a_2 \times a_3 \times a_4 \times a_5 \times a_6, \quad (6.4)$$

де a – доля вантажних і пасажирських транспортних засобів загалом у транспортному потоці, що приймається від 0,2 до 0,8 залежно від складу руху;

$(0,41 - 0,38a)$ – секундна пропускна здатність;

a_1 – коефіцієнт переведення пропускної здатності у інтенсивність руху дорівнює 0,8;

a_2 – коефіцієнт врахування впливу дорожніх умов на величину потоку насичення, що дорівнює: 1,20 – для доріг I категорії; 1,00 – для доріг II і III категорій; 0,85 – для доріг IV категорії;

a_3 – коефіцієнт переведення секундної інтенсивності у годинну дорівнює 3600;

a_4 – коефіцієнт переведення годинної інтенсивності у добову дорівнює: 15 – для доріг I категорії; 12 – для доріг II і III категорій; 10 – для доріг IV категорії;

a_5 – коефіцієнт, що враховує вплив перехрестя на інтенсивність руху, дорівнює: 1,0 – для доріг I категорії; 0,7 – для доріг II категорії; 0,5 – для доріг III категорії; 0,3 – для доріг IV категорії;

a_6 – коефіцієнт, що враховує число смуг і склад руху, дорівнює: 2,30; 2,10 і 1,90 – для доріг I категорії при легкому, середньому і важкому русі відповідно; 1,70; 1,60 і 1,50 – для доріг II і III категорій при легкому, середньому і важкому русі відповідно; 1,00 – для доріг IV категорії.

Примітка. Легкий рух: легкові автомобілі і легкі вантажні автомобілі з вантажопід'ємністю до 2 т загалом у складі транспортного потоку складають понад 60 %.

Середній рух: легкові автомобілі і легкі вантажні автомобілі, вантажні автомобілі і громадський пасажирський безрейковий транспорт – (40 – 60) %.

Важкий рух: легкові і легкі вантажні автомобілі – менше ніж 40 %, вантажні автомобілі і громадський пасажирський транспорт – більше ніж 60 %.

6.1.2.8 Для доріг з добовою інтенсивністю руху розрахункового навантаження 500 одиниць/добу і менше величина Q_p приймається на основі очікуваного складу транспортного потоку, але не менше навантаження на колесо від впливу будівельного транспорту і дорожньо-будівельних машин (кранів, трейлерів та ін.).

6.1.2.9 Всі смуги проїзної частини проектують на одне і те ж навантаження.

6.1.2.10 Розрахункова сумарна повторність N_{pt} розрахункових навантажень при добовій інтенсивності N_p визначають за формулою:

$$N_{pt} = N_p \times n_c \times \frac{(q^t - 1)}{(q - 1)}, \quad (6.5)$$

де n_c – кількість днів року з позитивною температурою повітря (приймається за довідковими даними);

q – знаменник, що описує щорічний приріст інтенсивності руху;

t – строк служби дорожнього одягу до капітального ремонту.

6.1.3 Розрахунок монолітного цементобетонного покриття

6.1.3.1 Розрахунки проводять шляхом перевірки міцності покриття за формулою:

$$K_{mc} < \frac{K_p \cdot R_i^p}{\sigma_{pt}}, \quad (6.6)$$

де K_{mc} – коефіцієнт запасу міцності, що визначається залежно від категорії дороги за таблицею 6.1;

R_i^p – розрахункова міцність бетону на розтяг при згині, що визначається згідно з додатком А;

K_p – комплексний коефіцієнт, рівний $K_p = 1,65$ для доріг Ia – і категорії, $K_p = 1,60$ – Ib – II, $K_p = 1,55$ – III та $K_p = 1,50$ для доріг IV - V категорії;

σ_{pt} – напруження розтягу при згині, що виникають у бетонному покритті від дії навантаження, з урахуванням перепаду температури по товщині плити.

6.1.3.2 Напруження розтягу при згині визначають для розрахунку товщини покриття при умові гарантованого повного контакту плит з основою за рахунок стійкості земляного полотна і відсутності нерівномірних осідань або здимання (що повинне забезпечуватись дотриманням проекту виконання робіт і правильністю виконання розрахунків на міцність земляного полотна, дренаж і морозостійкість дорожнього одягу, які наведено нижче). Розрахункове місце прикладення навантаження до дорожнього покриття – поздовжній зовнішній край у центрі по довжині плити.

Напруження σ_{pt} (МПа) визначається за такою залежністю:

$$\sigma_{pt} = \frac{Q_p \times K_m \times 60 \times K_{умв} \times K_{шт} \times \left(0,0592 - 0,09284 \times \ln \left(\frac{R}{l_{пр}} \right) \right)}{h^2 \times K_t}, \quad (6.7)$$

де Q_p – розрахункове навантаження, кН, приймається згідно з таблицею Б ДБН В.2.3-4;

K_m – коефіцієнт, що враховує вплив місця розташування навантаження: для неармованих покриттів $K_m = 1,5$; для покриттів з крайовим армуванням або майданчиків з розташуванням смуг накату не ближче ніж 0,8 м зовнішнього поздовжнього краю покриття – $K_m = 1,0$ для поздовжнього напрямку і $K_m = 1,5$ для поперечного;

$K_{умв}$ – коефіцієнт, що враховує умови роботи, рівний 0,66;

$K_{шт}$ – коефіцієнт, що враховує вплив штирових з'єднань на умови контакту плит з основою: при наявності у поперечних швах штирів $K_{шт} = 1$, при відсутності штирів $K_{шт} = 1,05$;

h – товщина плити, м;

K_t – коефіцієнт, що враховує вплив температурного короблення плит і визначається за таблицею 6.3;

R – радіус відбитка колеса, см:

$$R = \sqrt{\frac{Q_p}{0,1 \times \pi \times q_m}}, \quad (6.8)$$

де q_m – тиск у шинах, що приймається згідно з таблицею Б ДБН В.2.3-4.

Таблиця 6.3 – Значення коефіцієнта що враховує вплив температурного короблення плит

Дорожньо-кліматичний район України	Значення K_t , при товщині плити, см										
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
A-1; A-3; A-6	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85	0,83	0,80	0,77	0,73	0,70	0,67
A-2; A-4	0,95	0,93	0,90	0,87	0,84	0,82	0,79	0,78	0,72	0,69	0,68
A-5; A-7	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65

$l_{пр}$ – пружна характеристика плити, см:

$$l_{пр} = h^3 \sqrt{\frac{E(1-\mu_o^2)}{6E_o^e(1-\mu^2)}}, \quad (6.9)$$

де E і μ – модуль пружності і коефіцієнт Пуассона бетону, що визначаються згідно з додатком А;

μ_o – коефіцієнт Пуассона матеріалу основи;

E_o^e – еквівалентний модуль пружності основи $E_o^e = E_{заг.осн}$ визначається згідно з ВБН В.2.3-218-186.

6.1.3.3 Необхідність влаштування швів розширення визначається, виходячи з допустимих температурних напружень стиску $\sigma_t^{доп}$ (МПа):

$$\sigma_t^{доп} = 0,031\sqrt{E} \times \gamma \times h, \quad (6.10)$$

де γ – щільність матеріалу плити, т/м³;

h – товщина плити, м.

З умови збереження міцності бетону $\sigma_t^{\text{ДОП}}$ в зоні швів не повинні перевищувати $2B_{\text{б}}$. $B_{\text{б}}$ – мінімальний проектний клас бетону [2].

6.1.3.4 З умови збереження міцності шви розширення влаштовують, якщо допустимі напруження $\sigma_t^{\text{ДОП}}$ будуть не менше σ_t^{Φ} (МПа), які визначаються за формулою:

$$\sigma_t^{\Phi} = \alpha \times E \times (T_{\text{макс}} - T_{\text{вих}}), \quad (6.11)$$

де α – коефіцієнт лінійної температурної деформації бетону; $\alpha = 1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

E – модуль пружності бетону, МПа;

$T_{\text{макс}}$ – максимальна температура бетону у середині по товщині плити (приймається за довідковими даними, як максимальна річна);

$T_{\text{вих}}$ – вихідна температура бетону у середині по товщині плити в період будівництва (приймається за довідковими даними, як середньомісячна), $^\circ\text{C}$.

6.1.3.5 Відстань $L_{\text{розш}}$ (м) між швами розширення визначається за формулою:

$$L_{\text{розш}} = \frac{E \times \delta_{\text{пр}}}{\sigma_t^{\Phi} - \frac{\sigma_{\text{пр}} \times h_{\text{пр}}}{h}}, \quad (6.12)$$

де $\delta_{\text{пр}}$ – деформація стиску прокладки шва розширення, м;

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{B_{\text{пр}} \times \sigma_{\text{пр}}}{E_{\text{пр}}}, \quad (6.13)$$

$B_{\text{пр}}$ – ширина прокладки, м;

$E_{\text{пр}}$ – модуль пружності прокладки, МПа; для дерев'яних прокладок $E_{\text{пр}} = 8 \text{ МПа}$;

$\sigma_{\text{пр}}$ – обтиснення шва розширення (напруження при стиску) МПа; для дерев'яних прокладок м'яких порід $\sigma_{\text{пр}} = 2 \text{ МПа}$;

$h_{\text{пр}}$ – висота прокладки, м

$$h_{\text{пр}} = h - 0,004, \quad (6.14)$$

6.1.3.6 Діаметр $d_{\text{шт}}$ (см) штирів у швах розраховують за формулою:

$$d_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{10 \times P_{\text{шт}}}{A_d \times R_c \times n \times K_d}}, \quad (6.15)$$

де $P_{\text{шт}}$ – частина розрахункового навантаження на колесо, яке сприймається штирьовим з'єднанням:

$$P_{\text{шт}} = 0,9 \times Q_p \times \left(\frac{1 - \omega_{\text{шт}}}{\omega_{\text{пл}}} \right), \quad (6.16)$$

Q_p – розрахункова величина навантаження, що передається колесом на покриття, кН;

$\omega_{\text{шт}}$ – піддатливість штирів при навантаженні, мм; для швів стискання $\omega_{\text{шт}} = 1,5$ мм, для швів розширення – $\omega_{\text{шт}} = 2,0$ мм;

$\omega_{\text{пл}}$ – розрахункове прогинання краю плити від дії навантаження, мм; для піщаної та щебеневої основи $\omega_{\text{пл}} = 5,0$ мм, для цементогрунтової основи $\omega_{\text{пл}} = 3,0$ мм;

A_d – коефіцієнт довжини зони обтиснення бетону у місці входу у нього штиря; для швів стискання $A_d = 3$, для швів розширення $A_d = 1,5$;

R_c – середня міцність бетону при стиску, МПа; допускається приймати $R_c \sim 8 B_{\text{btb}}$;

B_{btb} – клас бетону за міцністю на розтяг при згині.

n – кількість штирів на смузі накату;

K_d – коефіцієнт запасу, що дорівнює 0,75.

6.1.3.7 Довжина штирів складає $20d$ плюс допуск, рівний 5 см, плюс прибавка на установлення температурного ковпачка (5 см) і на ширину шва (3 см для швів розширення).

Діаметр штирів у поздовжніх швах визначається з умов потрібної площі поперечного перетину F_a (см²/м) арматури:

$$F_a = \frac{0,2 \times B \times h \times \gamma \times (f + i)}{R_s}, \quad (6.17)$$

де f – коефіцієнт тертя зчеплення плити з основою, приймається $f = 1,5$;

i – поперечний похил, долі одиниці; $i = 0,05$;

R_s – розрахунковий опір арматури згідно з ДБН В.2.6-98, кгс/см²;

B – ширина та h – товщина плити покриття, см;

γ – щільність матеріалу плити, т/м³.

Довжина гладких штирів у поздовжніх швах дорівнює $40d_{шт} + 5$ см.

6.1.4 Розрахунок основи

6.1.4.1 Критеріями стійкості основи є стійкість незв'язних матеріалів в шарах основи і ґрунту земляного полотна зсуву; стійкість до недопустимих деформацій під торцями плит і недопустимих уступів між плитами. Для доріг I-III категорій величину гранично допустимих деформацій або висоту уступів між плитами у поперечних швах встановлюють не більше ніж 0,3 см.

6.1.4.2 При розрахунку за критерієм недопустимих уступів між плитами (висотою не більше ніж 0,3 см) стійкість вважають забезпеченою при умові:

$$q_{розр} \leq q_{доп} \quad (6.18)$$

6.1.4.3 Розрахунковий тиск $q_{розр}$ (МПа) на основу при навантаженні обох кутів плит біля поперечного шва (довжина плити більше ніж $15h$) визначають за формулою:

$$q_{розр} = \frac{27,4 \times Q_p \times m_{ст}}{(L^T)^2}, \quad (6.19)$$

де $m_{ст}$ – коефіцієнт, що враховує вплив стикового з'єднання. Якщо стик працює $m_{ст} = 0,7$, якщо ні $m_{ст} = 1,0$.

$$L^T = 2,5h^3 \sqrt{\frac{E(1-\mu_o^2)}{6E_o^e(1-\mu^2)}}, \quad (6.20)$$

Значення L^T не повинно перевищувати ширини плити B . Якщо під плитою основа товщиною h_0 укріплена, то перевірку на зсув проводять на глибині h_0 , а L^T збільшують на $3h_0$, щоб виконувалась умова:

$$L^T \leq 2B + 4h_o, \quad (6.2.1)$$

де B – половина ширини плити, см.

На підшві шару піску товщиною $h_{\text{п}}$ значення L^T збільшують на $0,7 h_o$.
При застосуванні підшовних підкладок:

$$L^T \leq 2A + 0,5l_{\text{п}}, \quad (6.2.2)$$

де $l_{\text{п}}$ – розмір підшовної підкладки вздовж покриття для поперечних швів і поперек покриття для поздовжніх швів та країв;

A – половина довжини плити, см.

Розрахунковий тиск $q_{\text{розр}}$ (МПа) на основу складає:

– для плит довжиною $(8 - 15)h$

$$q_{\text{розр}} = 10 \left(\frac{Q_p + Q}{4AB} + \frac{3Q_p(A + a)}{4A^2B} + \frac{3Q_p(B - b)}{4AB^2} \right), \quad (6.23)$$

– для плит довжиною менше ніж $8h$

$$q_{\text{розр}} = \frac{10(Q_p + Q)}{3B(Q_p + QA)}, \quad (6.24)$$

де Q – вага плити, кН;

a і b – половини довжини і ширини відбитку колеса відносно нейтральної ліній плити, см.

6.1.4.4 Допустимий тиск $q_{\text{доп}}$ (МПа) на основу:

$$q_{\text{доп}} = \frac{m}{100K_{\text{н}}} [n_j A_1 L^T \gamma_{\text{гр}} + n_q A_2 (h + h_o + h_{\text{в.о.}}) \gamma_{\text{гр}} + n_o A_3 C], \quad (6.25)$$

де m – коефіцієнт, що враховує умови роботи; $m = 1,3$;

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт надійності; $K_{\text{н}} = 1,1$;

A_1, A_2, A_3 – безрозмірні коефіцієнти, які залежать від кута внутрішнього тертя ґрунту і приймаються за таблицею 6.4;

$\gamma_{\text{гр}}$ – питома вага ґрунту, тс/м²;

h_o – проектна, тобто заздалегідь призначена товщина шару укріпленої основи, м;

$h_{\text{в.о.}}$ – товщина вирівнюючого шару, м;

C – питоме зчеплення ґрунту основи, МПа;

n_j , n_q і n_0 – коефіцієнти, що враховують розміри площадки навантаження:

$$n_j = 0,75; n_q = 2,5; n_0 = 1,3;$$

Підшовні підкладки, що застосовуються для зміцнення піщаних основ, повинні витримувати на піщаній основі на згин (при додатковому навантаженні через смугу шириною 10 см, розміщені у центра підкладки) навантаження, рівне $0,5 Q_p$.

Таблиця 6.4 – Значення коефіцієнтів A_1 , A_2 та A_3

Кут внутрішнього тертя ґрунту, φ , град.	Безрозмірні коефіцієнти		
	A_1	A_2	A_3
4	0,06	1,25	3,51
8	0,10	1,39	3,71
10	0,18	1,73	4,17
24	0,72	3,87	6,45
26	0,81	4,37	6,90
28	0,98	4,93	7,40
30	1,15	5,59	7,95
32	1,34	6,35	8,55
34	1,55	7,21	9,21
36	1,81	8,25	9,98
38	2,11	9,44	10,80
40	2,46	10,84	11,74

6.1.4.5 Висоту уступів, що накопичуються ($\omega_{уст}$, см) між плитами обчислюють за формулою:

$$\omega_{уст} = \frac{8,5 \times P \times K_d \times m_{ст}}{E_o \times L_y^T} (1 + K_q \times \lg N_{pt}), \quad (6.26)$$

де P – розрахункове навантаження, кН;

L_y^T – величина епюри опору основи за віссю ординат, см;

E_o – модуль пружності основи, МПа;

K_d – коефіцієнт, що враховує вплив віброповзучості при динамічному навантаженні рухомим колісним навантаженням та визначається за формулою:

$$K_D = K_D^o + \frac{(K_{no}^o - K_D^o)(h_o^o - h_o)}{h_o^o}, \quad (6.27)$$

де K_D^o – коефіцієнт, що враховує вплив віброповзучості для основи товщиною h_o^o за таблицею 6.5;

h_o – проектна (попередньо призначена) товщина шару укріпленої основи, см;

K_q – коефіцієнт, що враховує вплив деформацій зсуву в основі та визначається за формулою:

$$K_q = \frac{q_{розр} - 0,15 \times q_{дон}}{q_{дон}}, \quad (6.28)$$

Таблиця 6.5 – Значення коефіцієнта K_D^o

Матеріал шару основи	Товщина основи, h_o^o , см	Матеріал, що використовується для вирівнювання основи	Значення K_D^o	
			коли стики не працюють	коли стики працюють
Пісок	20	Пісок	5,7*); ***)	1,6*); ***)
	20	Синтетичний нетканий матеріал	2,5*)	1,3*)
	20	Підкладки під шви**)	2,5	1,4
Піщано-щебенева суміш, піщано-гравійна суміш	20	Пісок	2,0*)	1,2*)
	20	Цементопіщана суміш	1,2	1,0
Цементогрунт	16	Пісок	1,5*)	1,1*)
	16	Цементопіщана суміш	1,1	1,0
*) Значення коефіцієнту, що враховує вплив віброповзучості на стан піщаних основ (K_{no}^o). **) Підкладки під шви, що використовуються на основі з піску повинні витримувати навантаження на розтяг при згині 0,5 Р, при завантаженні в центрі підкладки, ширина якої становить 10 см. ***) Значення K_D^o для піщаних основ з одномірного піску при відсутності стиків збільшують у 1,3 рази, а при наявності стиків - збільшують у 2 рази.				

Значення потрібного модуля пружності основи (E^{mp}_o , МПа) визначається за формулою:

$$E^{mp}_o = \frac{8,5 \times P \times K_D \times m_{CT}}{\omega_{don} \times L_V^T} (1 + K_q \times \lg N_{pt}), \quad (6.29)$$

6.1.4.6 При розрахунку на роботу конструкції у пружній стадії при заданому рівні надійності стійкість основи вважається забезпеченою при умові:

$$K_{пр} < \frac{T_{доп}}{T_{акт}}, \quad (6.30)$$

де $T_{акт}$ і $T_{доп}$ – активні і допустимі напруження зсуву, що визначаються згідно з ВБН В.2.3-218-186 з урахуванням того, що у зоні швів покриття розрахунковий модуль пружності $E_{розр}$ бетонного покриття призначають за таблицею 6.6.

Таблиця 6.6 – Значення розрахункового модуля пружності бетонного покриття у зоні швів

Клас бетону	B _{tb} 4,4	B _{tb} 4,0	B _{tb} 3,6	B _{tb} 3,2	B _{tb} 2,8	B _{tb} 2,4	B _{tb} 1,6	B _{tb} 1,2
$E_{розр}$, МПа	1770	1600	1600	1520	1420	1310	930	780

6.1.5 Розрахунок дренавального шару основи

6.1.5.1 Товщину дренавального шару h_ϕ (м) визначають за формулою

$$h_\phi = 0,1 \times \left(1 + \frac{L_\phi}{K_\phi} \right), \quad (6.31)$$

де L_ϕ – довжина ділянки фільтрації, яка дорівнює половині ширини насипу, м;

K_ϕ – коефіцієнт фільтрації дренавального матеріалу, м/доб.

6.1.5.2 При застосуванні у основі нетканих синтетичних матеріалів (геотекстилю) з $K_\phi > 50$ м/доб товщину дренавального шару з піску зменшують на (10 – 15) см, з ПГС та ЩПС на (7 – 10) см.

Менші значення зменшення товщини дренажного шару приймають при використанні середньо і крупнозернистих пісків і при вмісті гравію у складі ПГС більше ніж 50 %.

6.1.6 Розрахунок морозостійкості дорожнього одягу та земляного полотна

6.1.6.1 Метою розрахунку дорожнього одягу на морозостійкість є недопущення появи деформацій від морозного здирання, що перевищують допустимі.

6.1.6.2 Розрахунок і забезпечення морозостійкості конструкцій дорожнього одягу виконують згідно з ВБН В.2.3-218-186.

6.2 Розрахунок жорсткого дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям

6.2.1 Жорсткий дорожній одяг з асфальтобетонним покриттям розраховують за критеріями міцності:

- опір розтягу при згині монолітних шарів;
- опір зсуву в ґрунтах і шарах з малозв'язних матеріалів.

6.2.2 При забезпеченому надійному зчепленні покриття і жорсткого прошарку на весь період служби дорожнього одягу розрахунок виконується за розрахунковою схемою, що наведена на рисунку 6.1.

Дорожнє покриття і жорсткий прошарок в цьому випадку працюють як суцільна пружна плита. Шари покриття знаходяться під дією стискаючих напружень і розрахунок дорожнього одягу з жорстким прошарком в цьому випадку виконується за двома критеріями міцності:

- опір розтягу при згині в жорсткому прошарку;
- опір зсуву в ґрунтах і шарах з малозв'язних матеріалів.

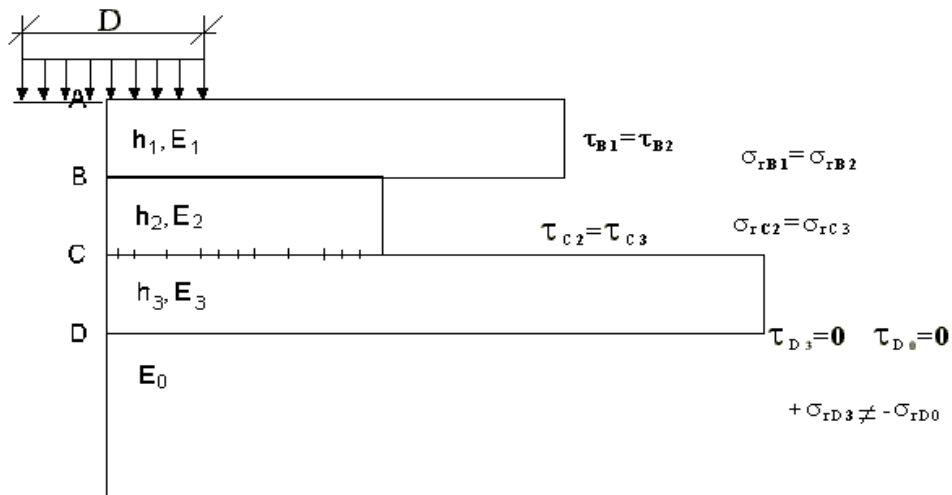


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема дорожнього одягу з жорстким прошарком (E_3). Конструкція має зчеплення покриття і жорсткого прошарку (поверхня C) та вільний контакт жорсткого прошарку і основи

6.2.3 Якщо між покриттям і жорстким прошарком відсутнє зчеплення, розрахунок виконується за розрахунковою схемою, що наведена на рисунку 6.2.

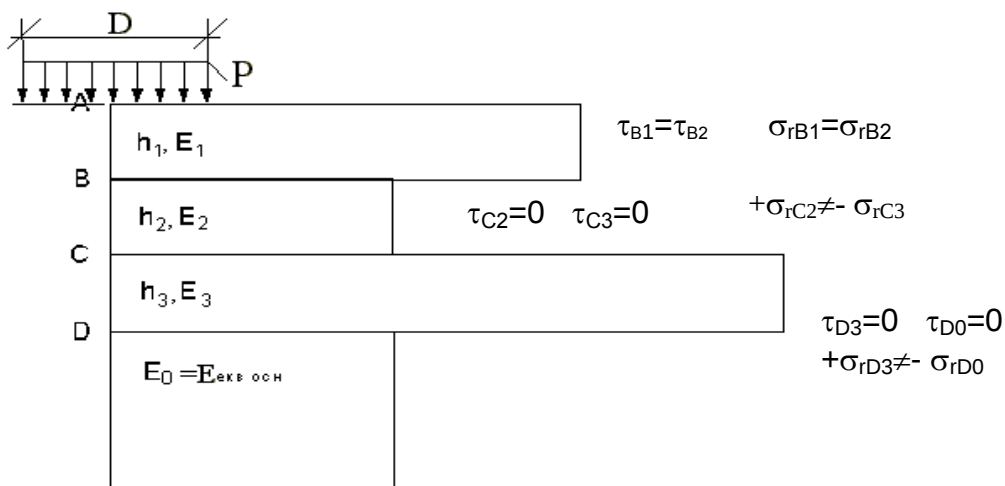


Рисунок 6.2 – Розрахункова схема дорожнього одягу з жорстким прошарком (E_3). Конструкція має вільний контакт покриття і жорсткого прошарку (поверхня C), і жорсткого прошарку з основою (поверхня D)

У цьому випадку розглядаються дві пружні системи: покриття (шар 1 та шар 2) і жорсткий прошарок (шар 3), для кожної з яких перевіряють міцність на розтяг при згині; а шари з малозв'язних матеріалів і ґрунти основи розраховують на опір зсуву.

6.2.4 Розрахунок шарів з малозв'язних матеріалів і ґрунтів основи на опір напруженням зсуву виконують згідно з ВБН В.2.3-218-186.

6.2.5 Розрахунок шарів з монолітних матеріалів виконують за критерієм:

$$\frac{R_p}{\sigma_p} \geq K_{мц}, \quad (6.32)$$

де $K_{мц}$ – коефіцієнт міцності, що визначається залежно від категорії дороги за таблицею 6.1;

R_p – розрахункова міцність бетону на розтяг при згині, що визначається з додатку А;

σ_p – напруження розтягу при згині, що виникають у покритті від дії навантаження, з урахуванням перепаду температури по товщині.

6.2.6 Розрахункове напруження на розтяг при згині у покритті і жорсткому прошарку визначають згідно з додатком Б.

Величину показника K_1 визначають за формулою:

$$K_1 = \frac{E_{прош}}{E_6} = \frac{E_3}{E_2}, \quad (6.33)$$

де $E_{прош}$ – еквівалентний модуль пружності основи жорсткого прошарку, МПа;

E_6 – модуль пружності шару або пакету шарів, що розташований над жорстким прошарком, МПа.

Величину показника K_2 визначають за формулою:

$$K_2 = \frac{h_1 + h_2}{D}, \quad (6.34)$$

де h_1 – товщина шару 1 (за розрахунковою схемою, рисунок 6.2), см;

h_2 – товщина шару 2, см.

Еквівалентний модуль пружності основи ($E_{екв*ос}$) під жорстким прошарком визначають з урахуванням розподільчої здатності жорсткого прошарку. Для цього за формулою (6.35) розраховується пружна характеристика (L) жорсткого прошарку:

$$L = h_3 \sqrt[3]{\frac{E_3(1-\mu_{zp}^2)}{6E_{zp}(1-\mu_2^2)}}, \quad (6.35)$$

де h_3 – товщина жорсткого прошарку (шару 3 за розрахунковою схемою, рисунок 6.2);

E_3 – модуль пружності жорсткого прошарку;

E_{zp} – модуль пружності ґрунту земляного полотна;

$\mu_{zp}; \mu_2$ – коефіцієнти Пуассона для ґрунту і матеріалу жорсткого прошарку (таблиця 6.7).

Таблиця 6.7 – Значення коефіцієнта Пуассона

Ч.ч	Вид матеріалу	Значення коефіцієнта Пуассона, м
1	Піски	0,25
2	Піски пилюваті, супіски і суглинки пилюваті	0,30
3	Ґрунти пилюваті, супіски і суглинки пилюваті	0,35
4	Суглинки важкі, глини легкі і важкі	0,40
5	Цементобетон	0,15
6	Асфальтобетон $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,28
	$T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,22
	$T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,15
	$T = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,10

Діаметр площі передачі навантаження від колеса розрахункового автомобіля на основу (D), з урахуванням розподільної здатності жорсткого прошарку, визначають за формулою:

$$D = 2,6L \quad (6.36)$$

На основі співвідношень E_{oc} / E_{zp} і h_{oc} / D за графіками (рис. 6.3, рис. 6.4) знаходять значення $K_{гр}$ та K_0 .

Розрахунок $E_{екв*ос}$ виконують за формулою:

$$E_{екв*ос} = E_{cp} \times K_{cp} \times K_0 \quad (6.37)$$

Якщо жорсткий прошарок улаштовується з матеріалів, оброблених органічним в'язучим, для визначення еквівалентного модуля пружності основи застосовують метод еквівалентного шару згідно з ВБН В.2.3-218-186.

6.2.7 Для визначення напруження на розтяг у нижній площині покриття (σ_{rc}) та напруження на розтяг у нижній площині жорсткого прошарку (σ_{rd}) необхідно знайти середньозважений модуль пружності верхніх шарів базової конструкції (додаток Б) і конструкції, що проектується:

$$E_{cp} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2}{h_1 + h_2} \quad (6.38)$$

та коефіцієнт пропорційності (K):

$$K = \frac{E_{cp}^{\sigma}}{E_{cp}^{np}}, \quad (6.39)$$

де E_{cp}^{σ} – середній модуль пружності базової конструкції (таблиця Б.4);

E_{cp}^{np} – середній модуль пружності конструкції, що проектується.

Діючі розтягуючі напруження при згині визначають за формулою:

$$\sigma_r = \frac{\sigma_r^{таб}}{K_r}, \quad (6.40)$$

де $\sigma_r^{таб}$ – табличні значення розтягуючих напружень при згині (визначають згідно з рисунком Б2 – Б.7);

K_r – поправочний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$K_r = \sqrt[m]{\frac{E_{cp}^{\sigma}}{E_{cp}^{np}}} = \sqrt[m]{K}, \quad (6.41)$$

де m – коефіцієнт, величину якого, при розрахунку жорсткого прошарку, визначають за таблицею 6.8, а при розрахунку покриття коефіцієнт m приймають рівним 4,5.

Таблиця 6.8 - Значення коефіцієнта m

K_1	Товщина прошарку h_3 , см			
	14	18	24	28
4	3,75	4	4,75	4,85
10	3,5	4,75	5,6	5,65
15	4,7	5	5,7	5,75

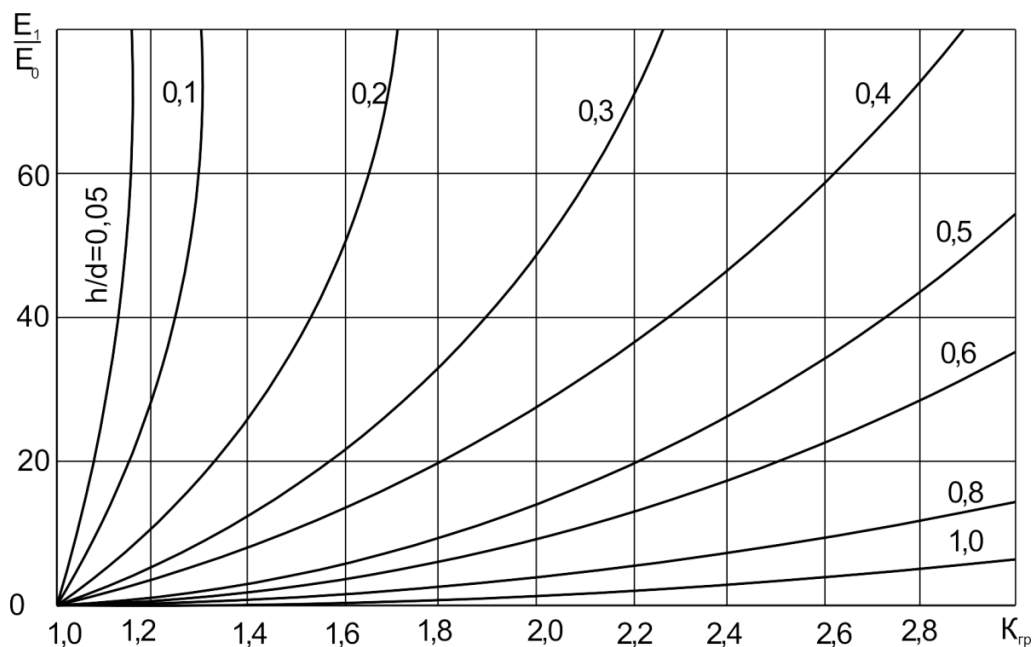
6.2.8 У асфальтобетонних шарах на жорсткій основі напруження, що виникають при їх прогині під дією повторних короткочасних навантажень не повинні викликати порушення структури матеріалу й призводити до утворення тріщин, тобто повинна бути забезпечена умова:

$$K_{мц} \geq R_{зг} / \sigma_r, \quad (6.42)$$

де $K_{мц}$ – необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням заданого рівня надійності (таблиця 6.1);

$R_{зг}$ – гранично допустиме напруження розтягу матеріалу, шару з урахуванням втоми;

σ_r – найбільше напруження розтягу у розглянутому шарі.

**Рисунок 6.3** – Графіки визначення $K_{гр}$

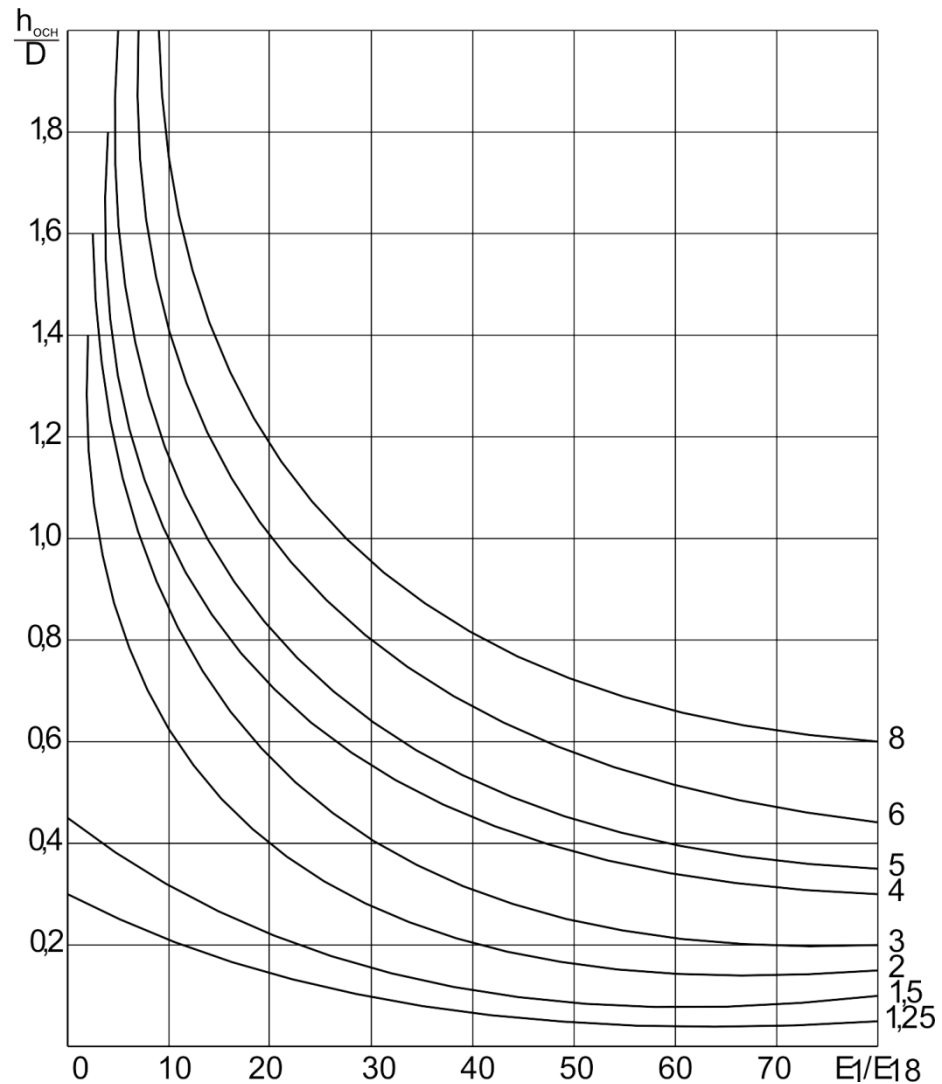


Рисунок 6.4 – Графіки визначення K_0

6.2.9 Найбільше напруження розтягу σ_r при згині в асфальтобетонному покритті, при застосуванні тріщиноперериваючих шарів на жорсткій основі, можна обчислювати за допомогою номограм (рисунок Б.2 – Б.7), в інших випадках слід використовувати номограми (рисунок Б.8 – Б.9).

6.2.10 Покриття з асфальтобетону можна розраховувати на розтяг при згині за допомогою номограми (рисунок Б.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 $\bar{\sigma}_r$ при згині в матеріалі покриття від місцевого навантаження рівного 1 МПа (вертикальна вісь).

$E_{заг.осн}$ за розрахунковою схемою (рисунок Б.8) встановлюється з використанням номограм рисунку 3.3 ВБН В.2.3-218-186. При цьому, модуль пружності цементобетону $E_2 = E_{розр.}$ призначається згідно таблиці 6.6. Номограма складена для найбільш небезпечного випадку, коли не забезпечене достатнє зчеплення покриття з основою.

6.2.11 Проміжні асфальтобетонні шари можна розраховувати за номограмою (рисунок Б.9). При цьому багатошарову конструкцію попередньо слід привести до тришарової, де середнім буде монолітний шар, що розраховується (див. шар 3 рисунок Б.9). Номограма пов'язує відносну товщину двох верхніх шарів тришарової системи $(h_1 + h_2)/D$ і розтягуючі напруження $\bar{\sigma}_r$ від разового навантаження в нижній точці шару, що розраховується, під центром навантаженої площі (де напруження досягають найбільшого значення) при різних співвідношеннях модулів пружності шарів E_1/E_2 (криві на номограмі) і E_2/E_3 (промені на номограмі). Значення модуля пружності E_3 за розрахунковою схемою додатка Б.9 встановлюється як $E_3 = E_{заг.осн}$ з використанням номограм рисунку 3.3 ВБН В.2.3-218-186. При цьому, модуль пружності цементобетону $E_2 = E_{розр.}$ призначається за таблицею 6.6. Повне значення розтягуючих напружень σ_r обчислюється за формулою:

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \times p \times K_\delta, \quad (6.43)$$

де p – розрахунковий тиск на покриття, МПа;

K_δ – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану покриття під колесом автомобіля зі спареними балонами.

Як правило, $K_\delta = 0,85$, але при розрахунку покриття на особливі навантаження (колесо з одним балоном) $K_\delta = 1,0$.

6.2.12 Для визначення розтягуючих напружень у монолітних шарах, крім номограм (рисунок Д.8 – Д.9), може бути використане спеціалізоване програмне забезпечення, сертифіковане в установленому порядку. Таке програмне забезпечення повинне давати можливість виконувати розрахунки з необхідною точністю та узгоджуватися з результатами розрахунків за

номограмами (рисунок Б.8 – Б.9).

6.2.13 Покриття чи еквівалентний монолітний шар розраховують на згин у такій послідовності:

а) обчислюють h/D при одношаровому покритті або $\sum h_{i,a}/D$ (асфальтобетонне покриття на основі з асфальтобетонних шарів), а потім знаходять середній модуль пружності пакета шарів з асфальтобетону;

б) загальний модуль пружності $E_{заг.осн}$ на поверхні основи, що підстилає асфальтобетон, визначають за допомогою номограми шляхом послідовного приведення шарів;

в) за відношенням $E_1/E_{заг.осн}$ та h_1/D або за допомогою номограми (рисунок Б.8) визначають розтягуючі напруження $\bar{\sigma}_r$, у шарі, що розраховується, від разового навантаження, та розраховують за формулою (6.40) повне розрахункове розтягуюче напруження σ_r .

г) обчислюють допустимі розтягуючі напруження за формулою:

$$R_{здон} = R_p, \quad (6.44)$$

де R_p – розрахунковий опір розтягу при згині з урахуванням повторної дії навантажень знаходять за формулою:

$$R_p = R_{лаб} \times k_m \times k_{кп} \times k_T, \quad (6.45)$$

де $R_{лаб}$ – лабораторне значення границі міцності на розтяг при згині за одноразового прикладання навантаження;

k_m – коефіцієнт, що враховує зниження міцності в часі від дії погодно-кліматичних умов;

k_T – коефіцієнт, що враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температуро-усадкових впливів;

$k_{кп}$ – коефіцієнт, що враховує повторність навантажень на дорозі знаходять за формулою:

$$k_{кп} = k_{np} \times \sum N^{-\left(\frac{1}{m}\right)}, \quad (6.46)$$

де k_{np} – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у не розрахунковий період;

m – показник втоми;

$\sum N$ – сумарна інтенсивність руху.

Значення k_m ; k_{np} ; k_t ; m встановлюють згідно з таблицями 3.10, 3.11 та Е1 ВБН В.2.3-218-186.

У пакеті асфальтобетонних шарів за розрахункове допустиме розтягуюче напруження R_{don} приймають значення, характерне для матеріалу нижнього шару. Потім обчислюють відношення R_{don}/σ_r ; якщо $R_{don}/\sigma_r \geq K_{мц}$, де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам критерію граничного стану за міцністю на розтяг при згині асфальтобетонних шарів. В іншому випадку потрібно коригувати товщини шарів.

6.2.14 Проміжні монолітні шари доцільно розраховувати в такій послідовності. Спочатку обчислюють середній модуль пружності конструктивних шарів, що розташовані вище розрахункового монолітного шару (шар h_2 рисунок Б.9). Розрахункові модулі пружності шарів з матеріалів, що містять органічне в'язуче, слід приймати при температурі 0 °С. Шари, що підстиляють монолітний шар, треба привести до еквівалентного за жорсткістю однорідного півпростору з модулем пружності E_3 , який можна одержати шляхом послідовного обчислення загальних модулів кожної пари суміжних шарів за номограмою. Потім за номограмою (рисунок Б.9) треба знайти розтягуючі напруження $\bar{\sigma}_r$ у розрахунковому шарі від разового навантаження, що діє на поверхні покриття. Для цього з точки на верхній горизонтальній осі, що відповідає відношенню $\sum h_i/D$, слід провести вертикаль до кривої з відомим відношенням E_1/E_2 , а з точки перетину провести горизонтальну пряму до променя, що відповідає відношенню E_2/E_3 , звідки опустити вертикаль на нижню горизонтальну вісь,

де знайти значення $\bar{\sigma}_r$. Розрахункове значення σ_r розраховують за формулою (6.40) при $K_\delta = 1,0$. Далі послідовність розрахунку цілком збігається з послідовністю п. 6.2.13.

6.2.15 Розрахунок дренавальних шарів дорожнього одягу з жорстким прошарком виконують згідно з п.6.1.5, а морозостійкість дорожнього одягу та земляного полотна згідно з ВБН В.2.3-218-186.

ДОДАТОК А
(довідковий)

**НОРМАТИВНІ І РОЗРАХУНКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЦЕМЕНТОБЕТОНУ**

А.1 Нормативні значення міцностей і модулів пружності матеріалів для бетону покриття і основи відображають умови роботи конструктивних шарів і особливості технології їх будівництва.

Розрахункові значення характеристик відображають особливості розрахункових схем (вплив дії повторних, рухомих і динамічних навантажень, особливості спільної дії зовнішніх факторів навантаження і перепад температур) або спільного прояву відхилень за декількома конструктивними параметрами (товщина шару і міцність, модулі пружності покриття і основи).

А.2 Нормативна міцність бетону, що вказується у проектах приймається залежно від призначення конструктивного шару.

Для влаштування жорсткого дорожнього одягу застосовують мінімальний проектний клас бетону для покриттів та основ згідно з таблицею Е ДБН В.2.3-4. Бетон для покриттів і основ повинен відповідати вимогам [2], [5].

А.3 Морозостійкість бетону покриття повинна бути не менше значень, наведених у таблиці А.1. В умовах сольової та кислотної агресії бетон повинен бути стійким до дії цього агресивного середовища.

Морозостійкість матеріалу основи під цементобетоном або асфальтобетоном повинна бути також не нижче вказаної у таблиці А.1.

Розрахункові характеристики бетону приймають за таблицею А.2.

Розрахунковий коефіцієнт лінійної температурної деформації для бетону приймається рівним $1 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,02$.

Таблиця А.1 - Морозостійкість матеріалу основи

Середньомісячна температура повітря найбільш холодного місяця, °С	Марка за морозостійкістю	
	бетону у покритті при відтаюванні у 5 % розчині NaCl	матеріалу основи у воді
Від плюс 5 до мінус 5	F 100	F 25
Від мінус 5 до мінус 10	F 150	F 50

Таблиця А.2 - Значення розрахункових характеристик бетону

Клас бетону за міцністю на розтяг при згині B_{btb}	Розрахунковий опір розтягуванню при згині, МПа (кгс/см ²), при розрахунку		Розрахунковий модуль пружності бетону E_b , МПа (кгс/см ²)	
	по міцності R_{btb}	за утворенням тріщин $R_{btb, ser}$	важкого	дрібнозернистого (піщаного)
2,8/35	2,26 (23)	-	$2,60 \cdot 10^4$ (2,65.10 ⁵)	$2,16 \cdot 10^4$ (2,20.10 ⁵)
3,2/40	2,75(28)	-	$2,84 \cdot 10^4$ (2,90.10 ⁵)	$2,31 \cdot 10^4$ (2,35.10 ⁵)
3,6/45	3,04(31)	3,60 (37,5) 4,00(41,5)	$3,04 \cdot 10^4$ (3,10.10 ⁵)	$2,45 \cdot 10^4$ (2,50.10 ⁵)
4,0/50	3,43 (35)	4,00 (41,5)	$3,24 \cdot 10^4$ (3,30.10 ⁵)	$2,60 \cdot 10^4$ (2,65.10 ⁵)
4,4/55	3,73 (38)	4,40 (45,0)	$3,53 \cdot 10^4$ (3,60.10 ⁵)	-
4,8/60	4,10(42)	4,80(50,0)	$3,53 \cdot 10^4$ (3,60.10 ⁵)	-
5,2/65	4,40 (45)	5,20 (54,0)	$3,73 \cdot 10^4$ (3,80.10 ⁵)	-
5,6/70	4,80 (49)	5,60 (58,0)	$3,73 \cdot 10^4$ (3,80.10 ⁵)	-
6,0/75	5,10(52)	6,00 (62,0)	$3,82 \cdot 10^4$ (3,90.10 ⁵)	-
6,4/80	5,50 (56)	6,40 (66,0)	$3,82 \cdot 10^4$ (3,90.10 ⁵)	-

Примітка 1. У чисельнику вказано клас бетону за міцністю на розтягування при згині B_{btb} , у знаменнику – відповідна йому при коефіцієнті варіації міцності 0,135 марка бетону по міцності на розтягування при згині.

Примітка 2. Класи бетону відповідають гарантованій міцності бетону на розтягування при згині із забезпеченістю 0,95.

Примітка 3. Модуль пружності дрібнозернистого бетону приведений для бетону природного твердіння, приготованого з пісків з модулем крупності понад 2,0; для бетону природного твердіння, приготованого з пісків з модулем крупності менше ніж 2,0, табличні значення необхідно помножати на 0,9.

А.4 Розрахункову міцність бетону на розтяг при згині можна також визначити за формулою:

$$R_i^p = B_{tb} \times K_m \times K_y, \quad (A.1)$$

де K_y – коефіцієнт утомленості бетону при повторному навантаженні, який визначають за формулою:

$$K_y = 1,08 N_p^{0,063}, \quad (\text{A.2})$$

де K_m – коефіцієнт набору міцності: для бетону природного твердіння при температурі повітря понад 10 °C $K_m = 1,2$; для бетону природного твердіння при температурі повітря нижче ніж 10 °C і при зимовому бетонуванні $K_m = 1$.

ДОДАТОК Б
(довідковий)

ГОРИЗОНТАЛЬНІ НОРМАЛЬНІ НАПРУЖЕННЯ В ДОРОЖНЬОМУ ОДЯЗІ
З ЖОРСТКИМ ПРОШАРКОМ

Таблиця Б.1 - Базові величини горизонтальних нормальних напружень у конструкції з жорстким прошарком.
Модуль пружності основи $E_{ос} = 80 \text{ МПа}$

Товщина жорсткого прошарку, (h _з), см	Величина показника K ₁	Горизонтальні нормальні напруження	Величина показника K ₂									
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	
h _з = 14 см	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		σ _{гс}	0,745	0,766	0,729	0,679	0,612	0,548	0,488	0,434	0,387	
		σ _{гд}	2,64	2,286	1,849	1,566	1,282	1,064	0,883	0,738	0,621	
		σ _{гс}	0,572	0,613	0,609	0,581	0,537	0,49	0,443	0,4	0,36	
	6	σ _{гд}	3,066	2,73	2,283	1,976	1,655	1,399	1,179	0,998	0,848	
		σ _{гс}	0,467	0,515	0,527	0,512	0,482	0,446	0,409	0,372	0,338	
		σ _{гд}	3,362	3,042	2,6	2,288	1,948	1,669	1,423	1,217	1,044	
		σ _{гс}	0,396	0,447	0,467	0,461	0,439	0,412	0,381	0,35	0,32	
	10	σ _{гд}	3,586	3,282	2,851	2,536	2,187	1,894	1,631	1,406	1,215	
		σ _{гс}	0,344	0,396	0,422	0,42	0,405	0,383	0,357	0,33	0,304	
		σ _{гд}	3,765	3,474	3,054	2,741	2,388	2,086	1,812	1,573	1,368	
		σ _{гс}	0,288	0,341	0,37	0,374	0,365	0,349	0,328	0,306	0,284	
	15	σ _{гд}	3,979	3,705	3,3	2,993	2,639	2,33	2,044	1,791	1,569	

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$h_3 = 18 \text{ cm}$	K1=4	σ_{re}	0,494	0,537	0,542	0,523	0,489	0,451	0,412	0,374	0,34
		σ_{rd}	2,043	1,848	1,581	1,393	1,188	1,02	0,872	0,747	0,642
	K1=6	σ_{re}	0,363	0,412	0,433	0,428	0,41	0,386	0,359	0,332	0,305
		σ_{rd}	2,295	2,117	1,863	1,675	1,462	1,28	1,114	0,969	0,844
	K1=8	σ_{re}	0,288	0,338	0,365	0,366	0,357	0,341	0,321	0,3	0,279
		σ_{rd}	2,466	2,301	2,06	1,875	1,662	1,475	1,3	1,145	1,007
	K1=10	σ_{re}	0,239	0,288	0,318	0,323	0,318	0,307	0,292	0,275	0,258
		σ_{rd}	2,595	2,44	2,208	2,029	1,819	1,63	1,451	1,289	1,144
	K1=12	σ_{re}	0,205	0,253	0,283	0,291	0,289	0,281	0,269	0,255	0,241
		σ_{rd}	2,697	2,55	2,327	2,153	1,946	1,758	1,578	1,412	1,261
	K1=15	σ_{re}	0,168	0,215	0,246	0,255	0,256	0,251	0,242	0,232	0,22
		σ_{rd}	2,82	2,681	2,469	2,301	2,1	1,914	1,734	1,565	1,41
$h_3 = 24 \text{ cm}$	K1=4	σ_{re}	0,308	0,351	0,37	0,368	0,355	0,337	0,317	0,295	0,274
		σ_{rd}	1,415	1,325	1,193	1,092	0,975	0,871	0,773	0,685	0,607
	K1=6	σ_{re}	0,217	0,261	0,286	0,29	0,285	0,276	0,263	0,249	0,234
		σ_{rd}	1,549	1,469	1,348	1,253	1,14	1,036	0,936	0,843	0,757
	K1=8	σ_{re}	0,168	0,21	0,237	0,243	0,242	0,237	0,228	0,218	0,207
		σ_{rd}	1,64	1,566	1,453	1,363	1,254	1,152	1,052	0,958	0,87
	K1=10	σ_{re}	0,136	0,178	0,205	0,212	0,213	0,21	0,203	0,196	0,187
		σ_{rd}	1,709	1,639	1,531	1,445	1,339	1,241	1,142	1,048	0,96
	K1=12	σ_{re}	0,114	0,155	0,182	0,19	0,192	0,19	0,185	0,179	0,172
		σ_{rd}	1,764	1,696	1,593	1,51	1,408	1,311	1,215	1,122	1,033
	K1=15	σ_{re}	0,092	0,131	0,158	0,166	0,169	0,168	0,164	0,159	0,154
		σ_{rd}	1,829	1,765	1,666	1,587	1,489	1,396	1,301	1,21	1,122

Кінець таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Б = 26 см	K1=4	σ_{rc}	0,272	0,314	0,333	0,333	0,323	0,308	0,291	0,273	0,255
		σ_{re}	1,263	1,191	1,085	1,002	0,905	0,817	0,732	0,655	0,585
		σ_{rc}	0,19	0,232	0,256	0,26	0,257	0,249	0,239	0,227	0,215
	K1=6	σ_{re}	1,376	1,312	1,215	1,138	1,045	0,959	0,874	0,794	0,72
		σ_{rc}	0,146	0,186	0,211	0,218	0,218	0,213	0,206	0,198	0,189
		σ_{re}	1,453	1,393	1,302	1,23	1,141	1,057	0,974	0,894	0,819
	K1=10	σ_{rc}	0,118	0,157	0,183	0,19	0,191	0,188	0,183	0,177	0,17
		σ_{re}	1,51	1,454	1,368	1,298	1,212	1,131	1,05	0,971	0,896
		σ_{rc}	0,098	0,137	0,162	0,17	0,172	0,17	0,166	0,161	0,155
	K1=12	σ_{re}	1,556	1,502	1,419	1,352	1,269	1,19	1,11	1,033	0,959
		σ_{rc}	0,078	0,116	0,141	0,149	0,151	0,15	0,147	0,143	0,138
		σ_{re}	1,612	1,56	1,481	1,416	1,336	1,26	1,183	1,108	1,034

Таблиця Б.2 - Базові величини горизонтальних нормальних напружень у конструкції з жорстким прошарком
Модуль пружності основи $E_{os} = 100 \text{ МПа}$

Товщина жорсткого прошарку, (h _з), см	Величина показника K ₁	Горизонтальні нормальні напруження	Величина показника K ₂									
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	
h _з = 14 см	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	K1=4	σ _{re}	0,71	0,73	0,696	0,648	0,584	0,524	0,467	0,416	0,371	
		σ _{rd}	2,511	2,177	1,763	1,495	1,226	1,02	0,848	0,709	0,598	
	K1=6	σ _{re}	0,546	0,586	0,582	0,556	0,513	0,469	0,424	0,382	0,345	
		σ _{rd}	2,927	2,605	2,18	1,89	1,584	1,34	1,131	0,958	0,816	
	K1=8	σ _{re}	0,447	0,493	0,504	0,49	0,461	0,427	0,391	0,356	0,324	
		σ _{rd}	3,216	2,91	2,489	2,189	1,865	1,599	1,366	1,169	1,003	
	K1=10	σ _{re}	0,379	0,429	0,448	0,442	0,421	0,394	0,364	0,335	0,306	
		σ _{rd}	3,436	3,143	2,73	2,929	2,096	1,816	1,565	1,35	1,168	
	K1=12	σ _{re}	0,33	0,38	0,405	0,403	0,388	0,367	0,342	0,316	0,291	
		σ _{rd}	3,612	3,331	2,927	2,628	2,289	2,001	1,739	1,511	1,314	
	K1=15	σ _{re}	0,277	0,328	0,356	0,359	0,35	0,334	0,315	0,294	0,272	
		σ _{rd}	2,823	3,557	3,167	2,871	2,532	2,236	1,962	1,72	1,508	

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h _з = 18 см	K1=4	σ _{re}	0,475	0,516	0,52	0,502	0,469	0,432	0,395	0,359	0,325
		σ _{rd}	1,953	1,766	1,511	1,331	1,136	0,976	0,836	0,717	0,617
		σ _{re}	0,35	0,397	0,416	0,411	0,394	0,371	0,344	0,318	0,292
	K1=6	σ _{rd}	2,201	2,029	1,785	1,604	1,4	1,226	1,068	0,93	0,81
		σ _{re}	0,278	0,326	0,351	0,353	0,343	0,328	0,308	0,288	0,267
	K1=8	σ _{rd}	2,37	2,21	1,976	1,799	1,594	1,415	1,248	1,099	0,967
		σ _{re}	0,231	0,279	0,307	0,312	0,307	0,296	0,281	0,264	0,247
	K1=10	σ _{rd}	2,497	2,346	2,122	1,949	1,746	1,565	1,393	1,238	1,099
		σ _{re}	0,198	0,245	0,274	0,281	0,279	0,271	0,259	0,245	0,231
	K1=12	σ _{rd}	2,599	2,455	2,238	2,07	1,869	1,689	1,515	1,356	1,212
		σ _{re}	0,162	0,208	0,238	0,247	0,247	0,242	0,233	0,223	0,211
	K1=15	σ _{rd}	2,721	2,584	2,377	2,215	2,019	1,84	1,666	1,504	1,355
		σ _{re}	0,299	0,341	0,359	0,356	0,343	0,325	0,305	0,284	0,263
	K1=4	σ _{rd}	1,359	1,272	1,144	1,047	0,934	0,835	0,741	0,657	0,582
		σ _{re}	0,211	0,254	0,277	0,281	0,276	0,266	0,254	0,24	0,226
h _з = 24 см	K1=6	σ _{rd}	1,493	1,414	1,296	1,204	1,095	0,995	0,898	0,809	0,727
		σ _{re}	0,163	0,205	0,23	0,236	0,235	0,229	0,22	0,21	0,2
	K1=8	σ _{rd}	1,583	1,51	1,4	1,312	1,206	1,108	1,011	0,92	0,836
		σ _{re}	0,132	0,173	0,199	0,206	0,207	0,203	0,197	0,189	0,181
	K1=10	σ _{rd}	1,652	1,582	1,477	1,393	1,29	1,194	1,099	1,008	0,922
		σ _{re}	0,111	0,151	0,177	0,185	0,187	0,184	0,179	0,173	0,166
	K1=12	σ _{rd}	1,706	1,64	1,538	1,457	1,357	1,263	1,169	1,079	0,994
		σ _{re}	0,089	0,128	0,154	0,162	0,164	0,163	0,159	0,154	0,149
	K1=15	σ _{rd}	1,772	1,708	1,611	1,533	1,436	1,346	1,254	1,165	1,08

Кінець таблиці Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h ₃ = 26 см	K1=4	σ _{rec}	0,265	0,305	0,324	0,322	0,312	0,298	0,281	0,263	0,245
		σ _{rd}	1,215	1,145	1,042	0,962	0,868	0,783	0,702	0,628	0,561
	K1=6	σ _{rec}	0,185	0,226	0,249	0,253	0,249	0,242	0,231	0,219	0,207
		σ _{rd}	1,327	1,265	1,17	1,095	1,004	0,921	0,839	0,762	0,691
	K1=8	σ _{rec}	0,142	0,182	0,206	0,212	0,212	0,207	0,2	0,191	0,182
		σ _{rd}	1,404	1,345	1,256	1,185	1,098	1,017	0,936	0,859	0,787
	K1=10	σ _{rec}	0,115	0,154	0,178	0,185	0,186	0,183	0,178	0,171	0,164
		σ _{rd}	1,461	1,406	1,321	1,252	1,169	1,09	1,01	0,934	0,862
	K1=12	σ _{rec}	0,114	0,155	0,182	0,19	0,192	0,19	0,185	0,179	0,172
		σ _{rd}	1,764	1,696	1,593	1,51	1,408	1,311	1,215	1,122	1,033
	K1=15	σ _{rec}	0,092	0,131	0,158	0,166	0,169	0,168	0,164	0,159	0,154
		σ _{rd}	1,829	1,765	1,666	1,587	1,489	1,396	1,301	1,21	1,122

Таблиця Б.3 - Базові величини горизонтальних нормальних напружень у конструкції з жорстким прошарком

Модуль пружності основи $E_{ос} = 120$ МПа

Товщина жорсткого прошарку, (h _з), см	Величина показника K ₁	Горизонтальні нормальні напруження	Величина показника K ₂									
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	
h _з = 14 см	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		σ _{тс}	0,681	0,701	0,668	0,623	0,562	0,504	0,449	0,4	0,357	
	K1=4	σ _{рд}	2,406	2,088	1,693	1,437	1,18	0,983	0,818	0,685	0,578	
		K1=6	σ _{тс}	0,525	0,563	0,56	0,535	0,494	0,451	0,408	0,368	0,332
	σ _{рд}		2,813	2,504	2,097	1,818	1,526	1,292	1,092	0,926	0,789	
	K1=8	σ _{тс}	0,43	0,475	0,486	0,473	0,444	0,411	0,377	0,343	0,312	
		σ _{рд}	3,097	2,802	2,396	2,109	1,798	1,543	1,318	1,129	0,97	
	K1=10	σ _{тс}	0,365	0,414	0,432	0,426	0,405	0,38	0,351	0,322	0,295	
		σ _{рд}	3,314	3,03	2,632	2,342	2,021	1,752	1,511	1,305	1,129	
	K1=12	σ _{тс}	0,318	0,368	0,391	0,389	0,375	0,354	0,33	0,305	0,281	
		σ _{рд}	3,487	3,215	2,824	2,534	2,209	1,931	1,679	1,459	1,271	
	K1=15	σ _{тс}	0,267	0,317	0,345	0,347	0,338	0,323	0,304	0,283	0,263	
		σ _{рд}	3,696	3,437	3,058	2,772	2,444	2,159	1,895	1,662	1,458	

Продовження таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h ₃ = 18 см	K1=4	σ _{rc}	0,459	0,498	0,502	0,484	0,452	0,417	0,381	0,346	0,314
		σ _{rd}	1,879	1,698	1,454	1,281	1,094	0,941	0,806	0,691	0,595
		σ _{rc}	0,339	0,384	0,403	0,398	0,38	0,358	0,332	0,307	0,282
	K1=6	σ _{rd}	2,124	1,957	1,721	1,546	1,35	1,183	1,03	0,897	0,783
		σ _{rd}	0,269	0,316	0,341	0,342	0,332	0,317	0,298	0,278	0,258
	K1=8	σ _{rd}	2,291	2,135	1,908	1,736	1,539	1,365	1,204	1,061	0,935
		σ _{rd}	0,224	0,271	0,298	0,302	0,297	0,286	0,271	0,255	0,239
	K1=10	σ _{rd}	2,418	2,27	2,051	1,883	1,686	1,511	1,345	1,196	1,062
		σ _{rd}	0,192	0,238	0,266	0,273	0,27	0,262	0,251	0,237	0,223
	K1=12	σ _{rd}	2,519	2,377	2,166	2,001	1,807	1,632	1,464	1,31	1,171
		σ _{rd}	0,158	0,203	0,232	0,24	0,24	0,235	0,226	0,216	0,205
	K1=15	σ _{rd}	2,64	2,505	2,303	2,144	1,953	1,779	1,61	1,454	1,31
		σ _{rc}	0,291	0,332	0,349	0,346	0,333	0,315	0,295	0,274	0,254
	K1=4	σ _{rd}	1,314	1,228	1,104	1,01	0,901	0,805	0,714	0,633	0,561
		σ _{rc}	0,206	0,248	0,271	0,274	0,269	0,259	0,246	0,232	0,218
h ₃ = 24 см	K1=6	σ _{rd}	1,447	1,369	1,254	1,164	1,058	0,961	0,867	0,781	0,702
		σ _{rc}	0,159	0,2	0,225	0,231	0,229	0,223	0,214	0,204	0,194
	K1=8	σ _{rd}	1,537	1,465	1,356	1,27	1,167	1,071	0,978	0,89	0,808
		σ _{rc}	0,129	0,17	0,195	0,202	0,202	0,198	0,192	0,184	0,175
	K1=10	σ _{rd}	1,605	1,537	1,433	1,35	1,249	1,156	1,063	0,975	0,892
		σ _{rc}	0,109	0,148	0,174	0,181	0,182	0,18	0,174	0,168	0,161
	K1=12	σ _{rd}	1,659	1,594	1,493	1,413	1,315	1,224	1,132	1,044	0,961
		σ _{rc}	0,087	0,126	0,151	0,159	0,161	0,159	0,155	0,15	0,145
	K1=15	σ _{rd}	1,725	1,662	1,566	1,489	1,394	1,305	1,215	1,128	1,046

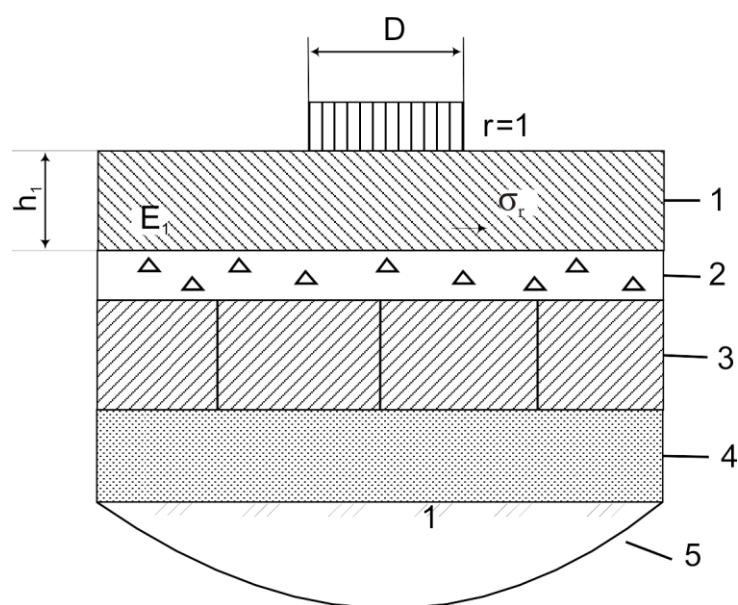
Кінець таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h ₃ = 26 см	K1=4	σ _{rc}	0,259	0,298	0,316	0,314	0,304	0,289	0,272	0,255	0,237
		σ _{rd}	1,176	1,107	1,006	0,928	0,837	0,755	0,677	0,606	0,541
	K1=6	σ _{rc}	0,181	0,221	0,244	0,247	0,243	0,235	0,225	0,213	0,201
		σ _{rd}	1,287	1,226	1,133	1,059	0,971	0,89	0,811	0,736	0,668
	K1=8	σ _{rc}	0,139	0,178	0,202	0,208	0,207	0,202	0,194	0,186	0,177
		σ _{rd}	1,363	1,306	1,218	1,148	1,063	0,984	0,906	0,831	0,761
	K1=10	σ _{rc}	0,112	0,151	0,175	0,181	0,182	0,179	0,173	0,166	0,159
		σ _{rd}	1,421	1,366	1,282	1,215	1,133	1,056	0,978	0,904	0,834
	K1=12	σ _{rc}	0,094	0,132	0,156	0,163	0,164	0,162	0,157	0,152	0,146
		σ _{rd}	1,467	1,414	1,333	1,268	1,188	1,113	1,037	0,936	0,893
	K1=15	σ _{rc}	0,074	0,112	0,136	0,143	0,145	0,143	0,14	0,136	0,131
		σ _{rd}	1,522	1,472	1,394	1,331	1,254	1,181	1,106	1,034	0,965

Таблиця Б.4 – Конструкція дорожнього одягу з жорстким прошарком, яка є базовою

Номер	Назва шару	Модуль пружності, МПа	Товщина, см
1	Покриття	4500	h_1
2	Другий шар покриття	2800	h_2
3	Жорсткий прошарок		14 см; 18 см; 24 см; 28 см.
4	Основа	80; 100, 120	-

Примітка. Модуль пружності жорсткого прошарку визначається в залежності від типу матеріалу.



1 – асфальтобетонне покриття; 2 – тріщиноперериваючий шар; 3 – блочна основа; 4 – нижні шари основи; 5 – ґрунт земляного полотна

Рисунок Б.1 – Розрахункова схема для визначення опору розтягуванню в асфальтобетонному покритті, що розташоване на блочній основі з застосуванням тріщиноперериваючих шарів

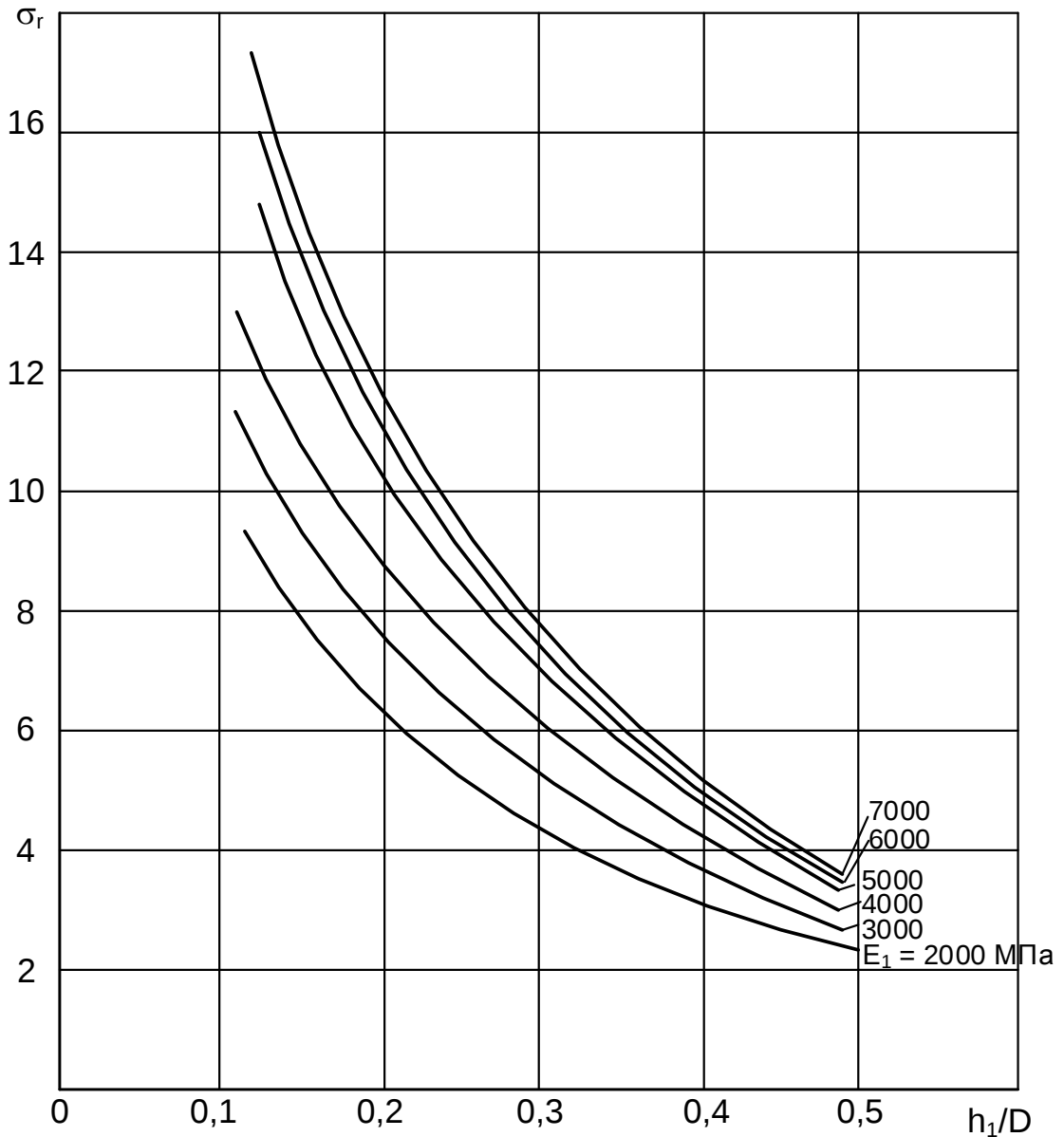


Рисунок Б.2 – Номограма для визначення розтягуючого напруження при згині в асфальтобетонному покритті, що розташовано на основі з залізобетону, бетону чи матеріалів, що укріплені неорганічними в'язучими, з міцністю на стиск більше ніж 15 МПа, при застосуванні тріщиноперериваючого шару з геосітки з підґрунтовкою чи еластичного полімерно-бітумного в'язучого

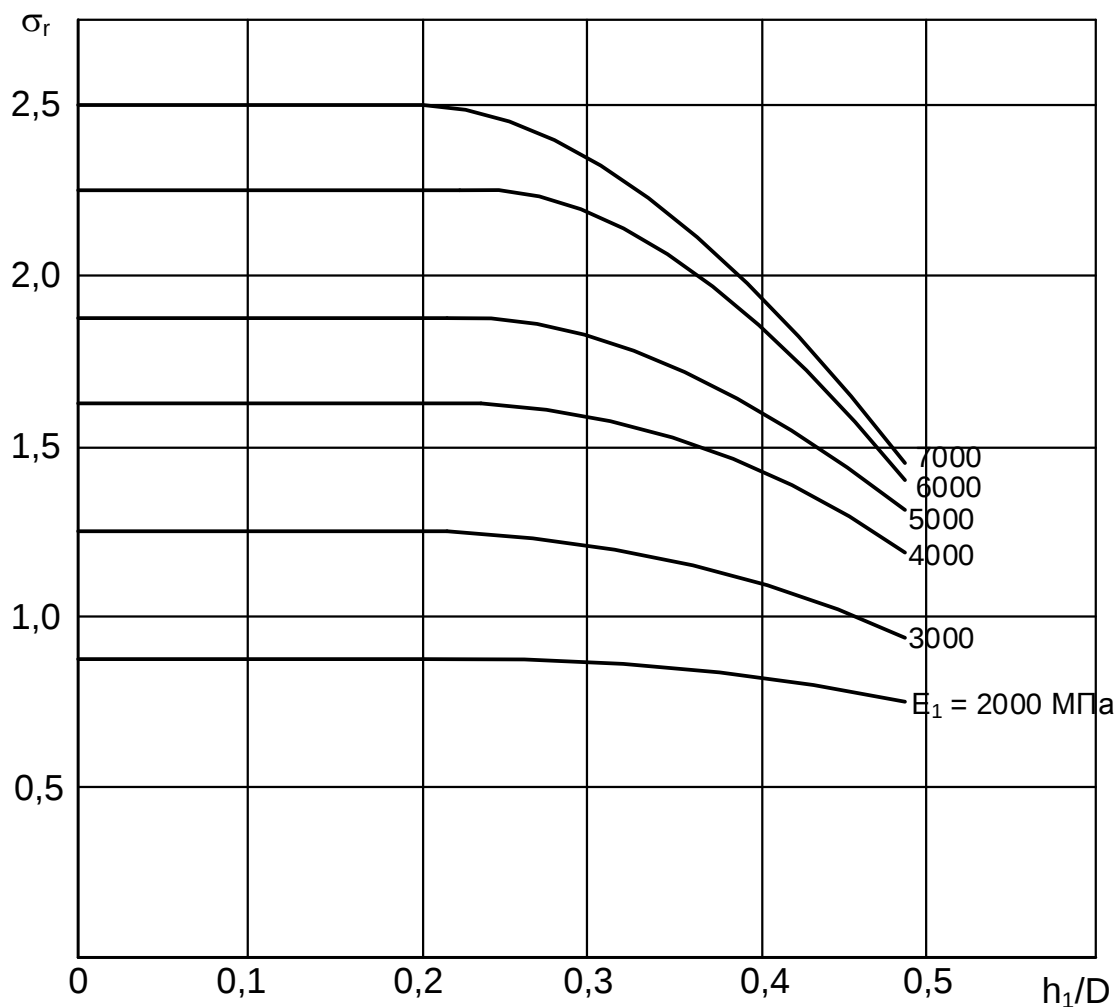


Рисунок Б.3 – Номограма для визначення розтягуючого напруження при згині в асфальтобетонному покритті, що розташовано на основі з залізобетону, бетону чи матеріалів, що укріплені неорганічними в'язучими, з міцністю на стиск більше ніж 15 МПа, при застосуванні тріщиноперериваючого шару з піщаного асфальтобетону

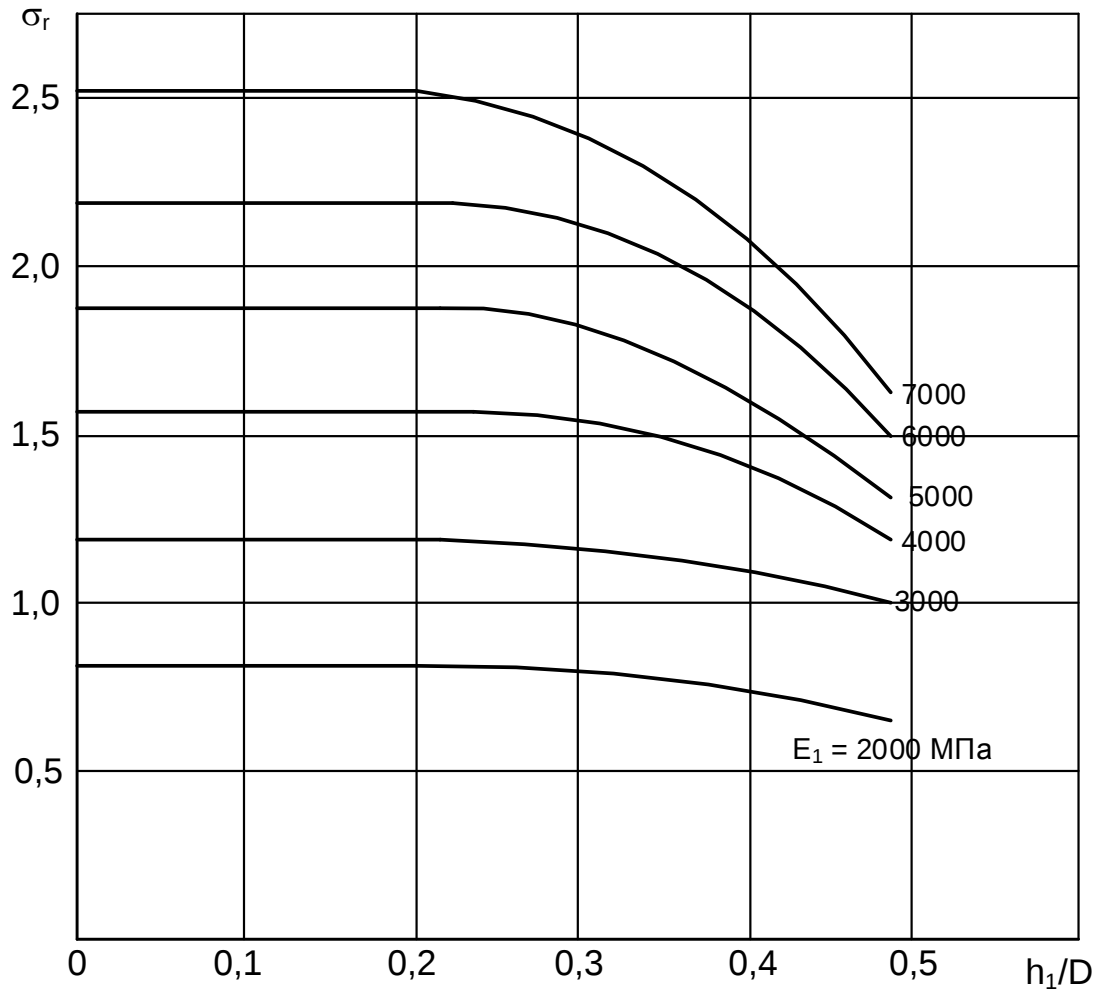


Рисунок Б.4 – Номограма для визначення розтягуючого напруження при згині в асфальтобетонному покритті, що розташовано на основі з залізобетону, бетону чи матеріалів, що укріплені неорганічними в'язучими, з міцністю на стиск більше ніж 15 МПа, при застосуванні тріщиноперериваючого шару з напівпросочуванням чи щільної щебенево-піщаної суміші

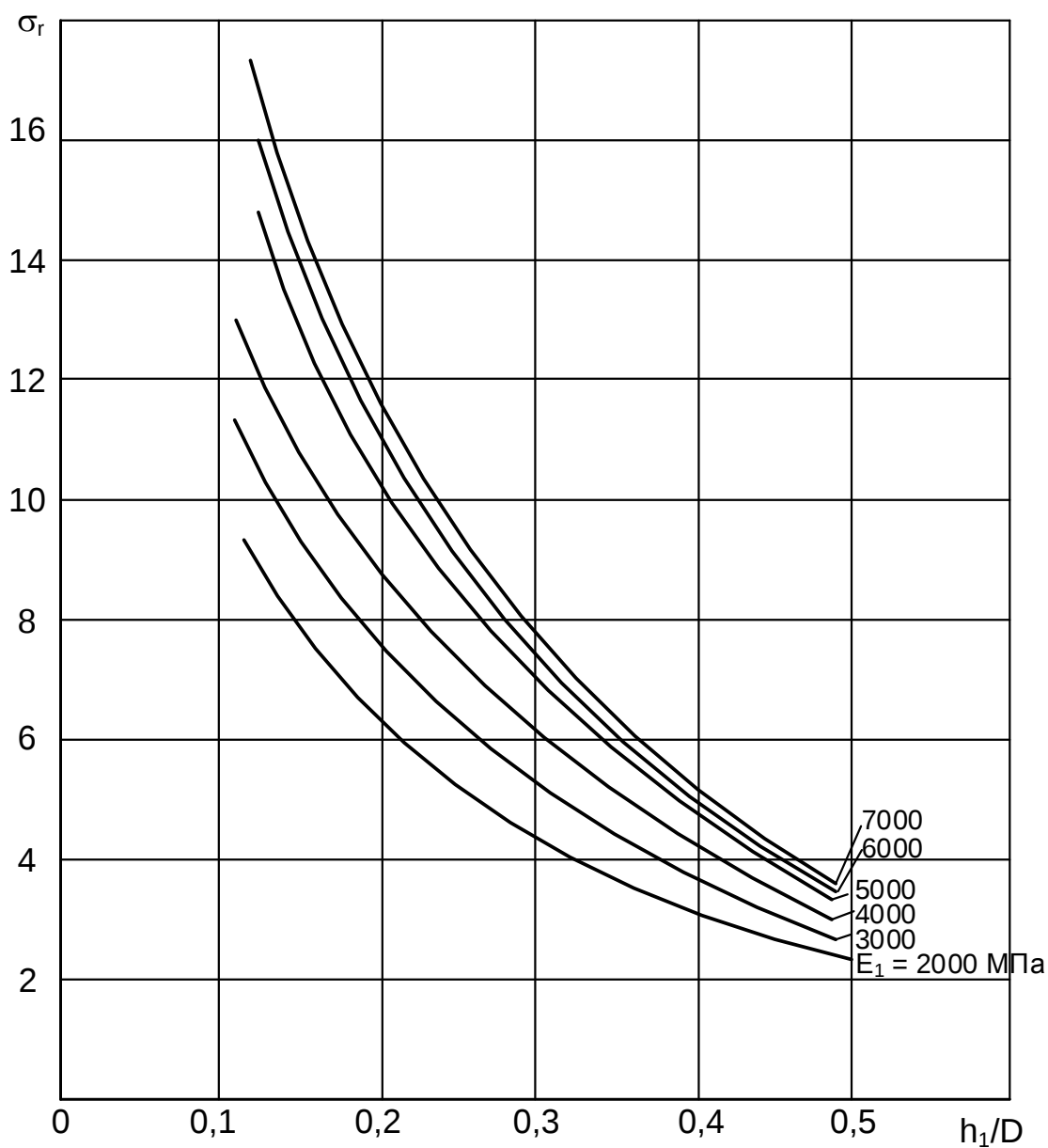


Рисунок Б.5 – Номограма для визначення розтягуючого напруження при згині в асфальтобетонному покритті, що розташовано на основі з асфальтобетону чи матеріалів, укріплених неорганічними в'язучими, з міцністю на стиск більше ніж 15 МПа, при застосуванні тріщиноперериваючого шару з геосітки з підґрунтовкою чи еластичного полімерно-бітумного в'язучого

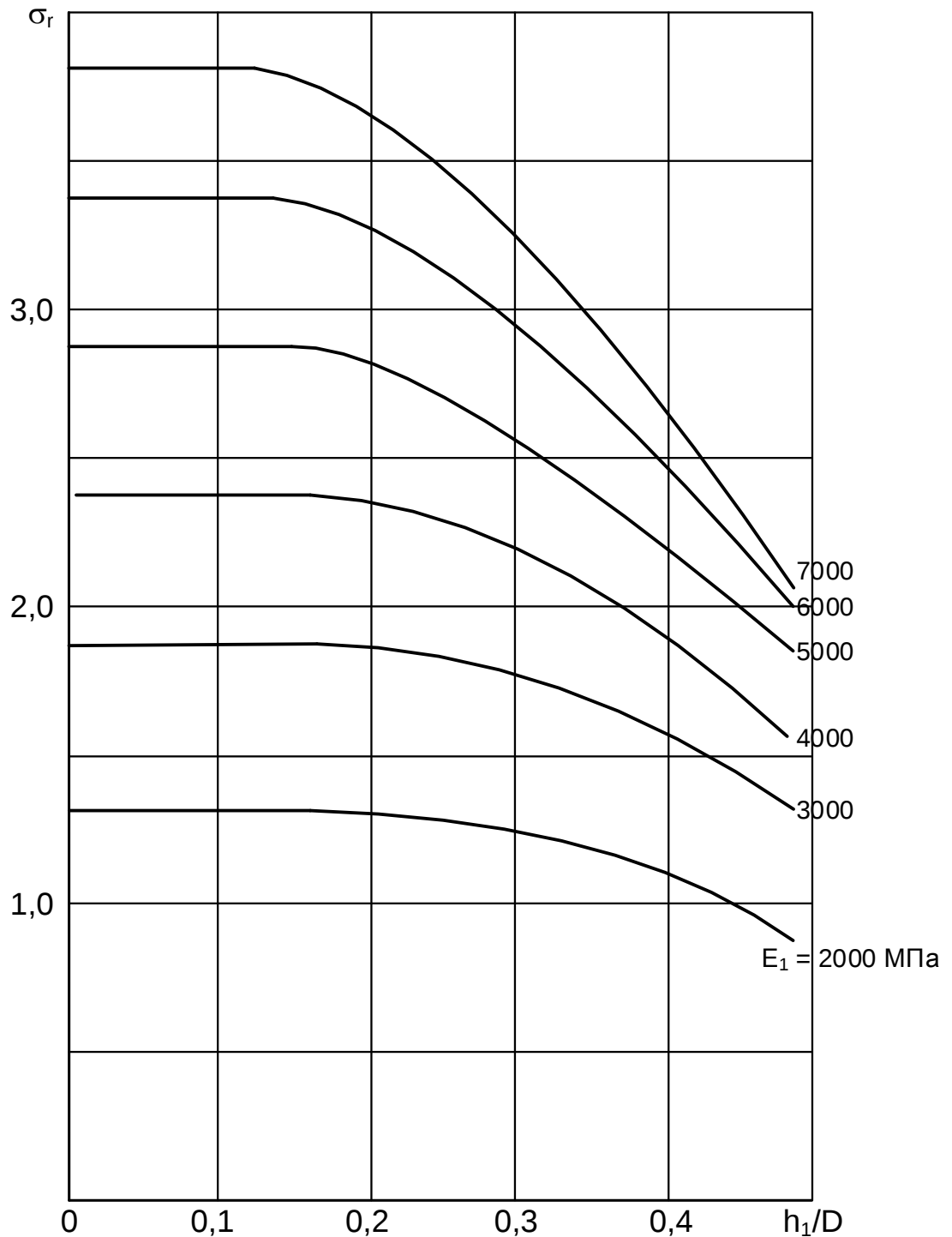


Рисунок Б.6 – Номограма для визначення розтягуючого напруження при згині в асфальтобетонному покритті, що розташовано на основі з асфальтобетону чи матеріалів, укріплених неорганічними в'язучими, з міцністю на стиск більше ніж 15 МПа, при застосуванні тріщиноперериваючого шару з піщаного асфальтобетону

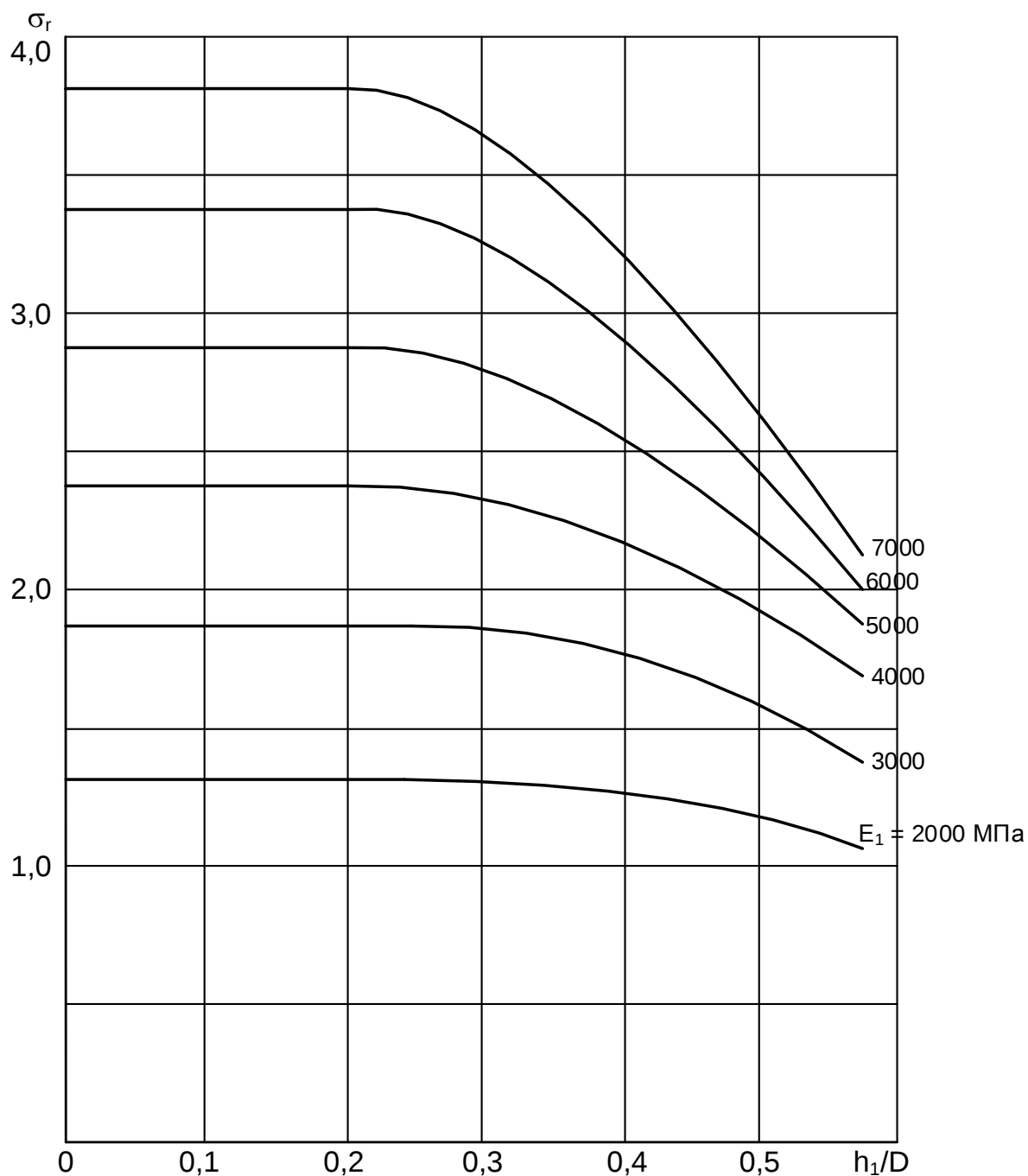


Рисунок Б.7 – Номограма для визначення розтягуючого напруження при згині в асфальтобетонному покритті, що розташовано на основі з асфальтобетону чи матеріалів, укріплених неорганічними в'язучими, з міцністю на стиск більше ніж 15 МПа, при застосуванні тріщиноперериваючого шару з щебеню напівпросочуванням чи з щільної щебенево-піщаної суміші

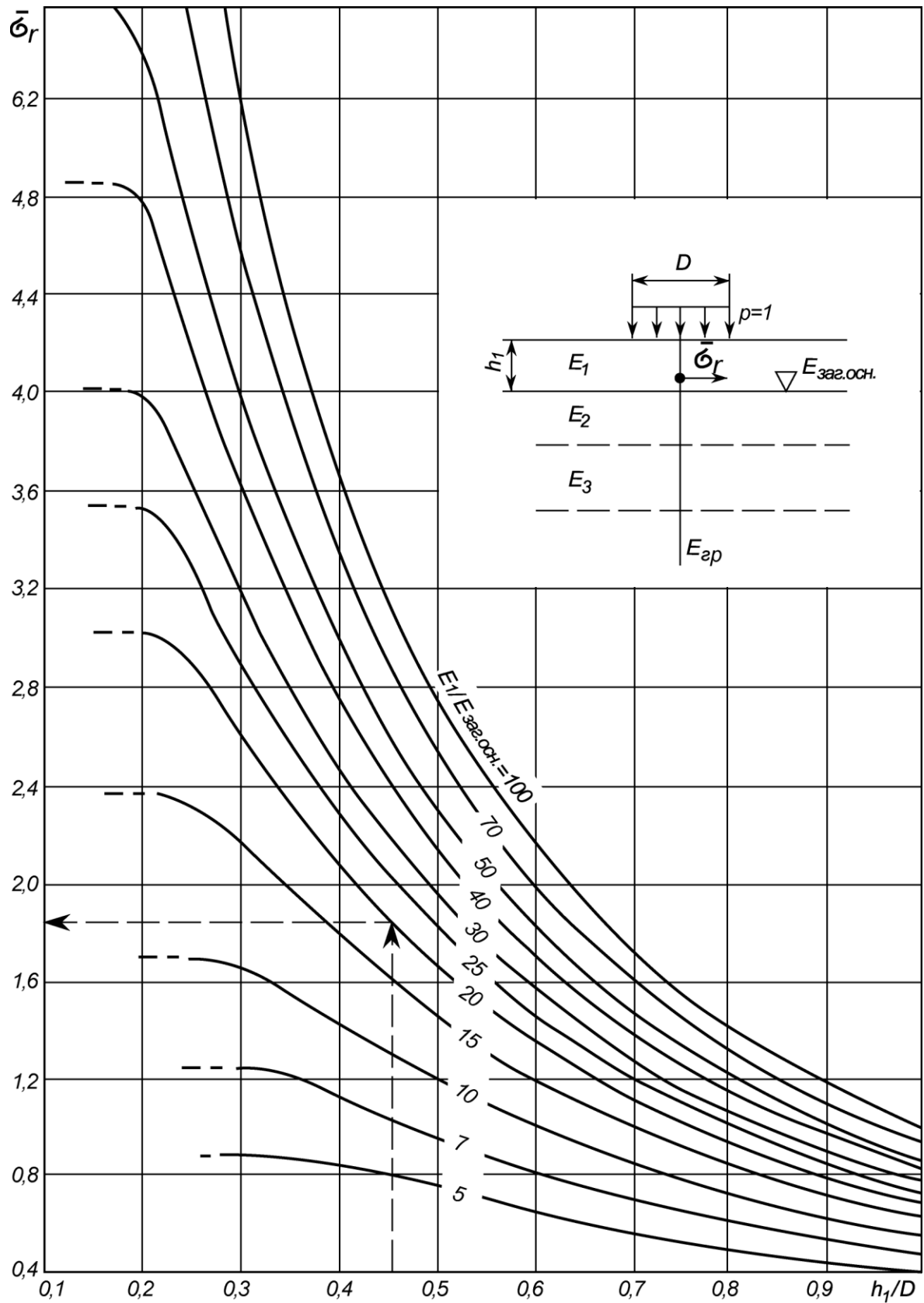


Рисунок Б.8 – Номограма для визначення розтягуючого напруження $\bar{\sigma}_r$ при згині від одиничного навантаження у верхньому монолітному шарі дорожнього одягу

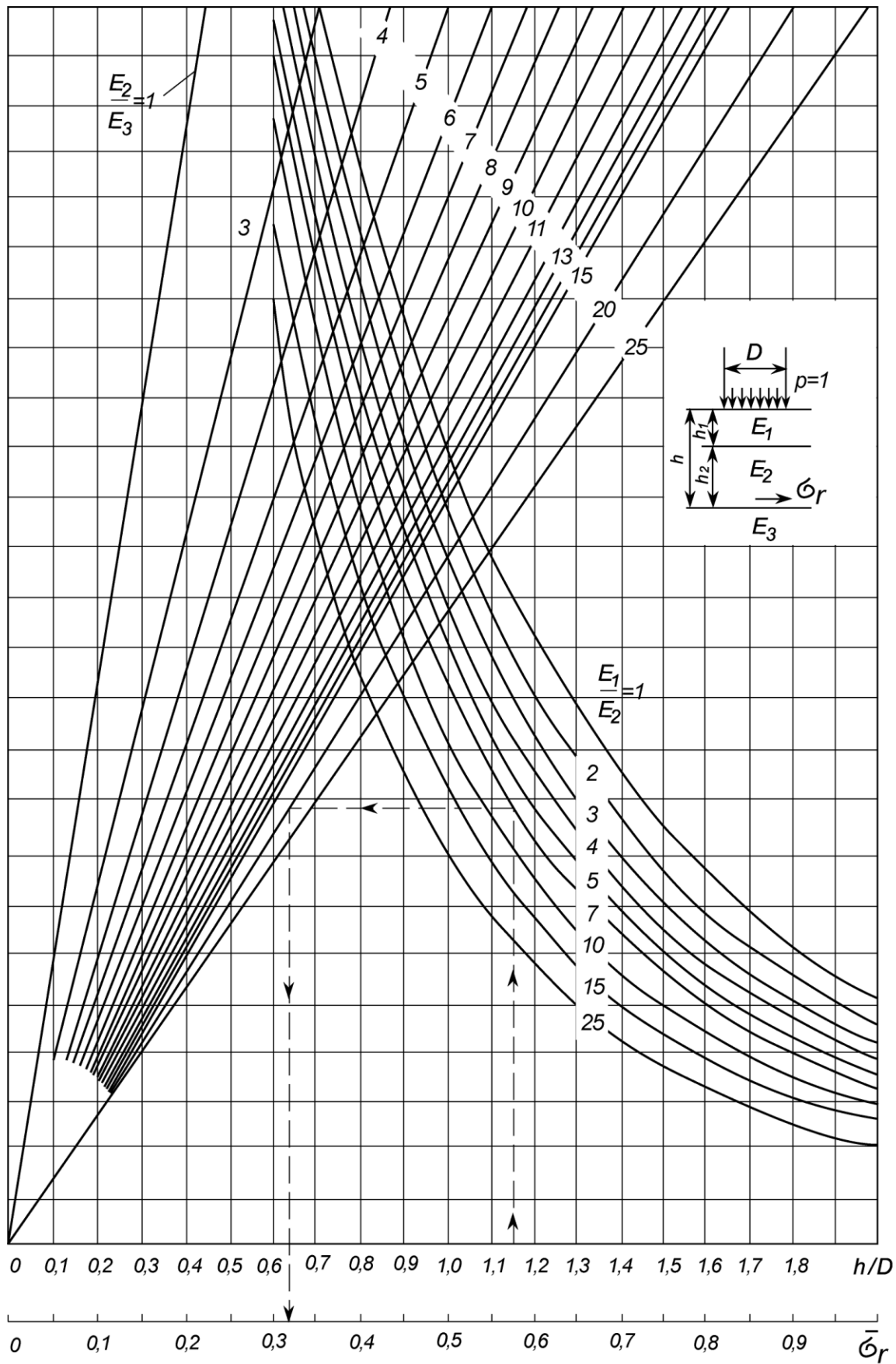


Рисунок Б.9 – Номограма для визначення розтягуючого напруження $\bar{\sigma}_r$ у проміжному монолітному шарі дорожнього одягу

ДОДАТОК В (довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 Закон України від 08.09.2005 № 2862-IV «Про автомобільні дороги»
- 2 ДСТУ Б В.2.7-43-96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови
- 3 ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012 Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу
- 4 ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови
- 5 ДСТУ Б В.2.6-2:2009 Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови
- 6 ДСТУ Б В.2.7-32-95 Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови
- 7 ДСТУ Б В.2.7-34-2001 Щебінь для будівельних робіт із скельних гірських порід та відходів сухого магнітного збагачення залістистих кварцитів гірнично-збагачувальних комбінатів і шахт України. Технічні умови
- 8 ДСТУ Б В.2.7-43-96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови
- 9 ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови
- 10 ДСТУ Б.В.2.7-47-96 Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги
- 11 ДСТУ Б.В.2.7-49-96 Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні
- 12 ДСТУ Б В.2.7-75-98 Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови
- 13 ДСТУ Б В.2.7-89-99 Будівельні матеріали. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань
- 14 ДСТУ Б В.2.7-96-2000 (ГОСТ 7473-94) Суміші бетонні. Технічні умови (EN 934-2:2008, NEQ)
- 15 ДСТУ Б В.2.7-119-2011 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови
- 16 ДСТУ Б В.2.7-127:2016 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови
- 17 ДСТУ Б В.2.7-136:2016 Матеріали для герметизації швів і тріщин в покриттях дорожніх одягів автомобільних доріг. Загальні технічні вимоги
- 18 ДСТУ Б В.2.7-176:2008 Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови (EN 206-1:2000, NEQ)
- 19 ДСТУ Б В.2.7-210:2010 Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови
- 20 ДСТУ Б В.2.7-215:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу
- 21 ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій
- 22 ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови
- 23 СОУ 45.2-00018112-057:2010 Будівельні матеріали. Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон на основі модифікованих полімерами бітумів

- 24 Р.В.2.3-218-02070915-797:2011 Рекомендації з підвищення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на бетонних та залізобетонних основах.
- 25 Р.В.2.3-218-21476215-734:2008 Рекомендації з застосування армуючих синтетичних матеріалів різного типу для армування асфальтобетонних шарів при проектуванні конструкцій підсилення дорожнього одягу

Код УКНД 93.080.10

Ключові слова: жорсткий дорожній одяг, жорсткий прошарок, конструювання, проектування, розрахунок, шви стискання, шви розтягу, штирі.

Проректор з наукової роботи ХНАДУ,
д-р техн. наук, професор

В.О. Богомолів

Керівник розробки, завідувач кафедри
будівництва і експлуатації
автомобільних доріг ХНАДУ,
д-р техн. наук, професор

В.К. Жданюк

Відповідальний виконавець, доцент
кафедри будівництва і експлуатації
автомобільних доріг ХНАДУ,
канд. техн. наук, доцент

А.С. Лапченко