



ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

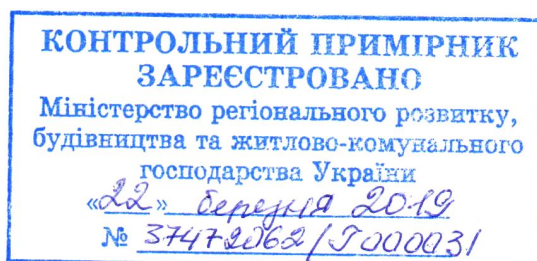
Автомобільні дороги

ДОРОЖНІЙ ОДЯГ НЕЖОРСТКИЙ

Проектування

ГБН В.2.3-37641918-559:2019

Видання офіційне



Київ

Міністерство інфраструктури України

2019

ПЕРЕДМОВА

РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), Національний технічний університет (НТУ) Міністерства освіти і науки України, Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ) Міністерства освіти і науки України

РОЗРОБНИКИ: **А. Безуглий**, канд. екон. наук; **В. Вирожемський** канд. техн. наук (керівник розробки); **С. Головко**, канд. техн. наук; **К. Краюшкіна**, канд. техн. наук; **В. Нагайчук**, канд. техн. наук; **Т. Терещенко**, канд. хім. наук (ДП «ДерждорНДІ»); **І. Гамеляк**, докт. техн. наук; **В. Мозговий**, докт. техн. наук; **Д. Павлюк**, докт. техн. наук, (НТУ); **А. Батракова**, докт. техн. наук; **В. Жданюк**, докт. техн. наук; **Золотарьов**, докт. техн. наук; **В. Ряпухін**, канд. техн. наук (ХНАДУ)

ВНЕСЕНО: Державне агентство автомобільних доріг України

ПОГОДЖЕНО: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлового комунального господарства України, лист від 20.12.2018 №7/16.3/15095-18

ЗАТВЕРДЖЕНО: Міністерство інфраструктури України, наказ від 22.02.2019 №120

НАБРАННЯ ЧИННОСТІ: з «01» червня 2019 р.

НА ЗАМІНУ ВБН В.2.3-218-186-2004

ЗМІСТ

	С.
Вступ	1
1 Сфера застосування	2
2 Нормативні посилання	2
3 Терміни та визначення понять	3
4 Загальні положення	4
5 Конструювання нежорсткого дорожнього одягу	5
6 Розрахунок на міцність	13
6.1 Загальні положення	13
6.2 Розрахункові навантаження та інтенсивність руху	16
6.3 Розрахунок дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.....	23
6.4 Розрахунок за умовою зсувостійкості ґрунтової основи та шарів із незв'язних матеріалів	28
6.5 Розрахунок монолітних шарів на розтяг при згині	33
7 Розрахунок на морозостійкість	40
8 Розрахунок на дренавання	45
8.1 Загальні положення	45
8.2 Розрахунок дренавального шару, що працює за принципом поглинання	50
8.3 Розрахунок дренавального шару, що працює за принципом осушення	52
8.4 Гідроізолювальні і капілярпереривальні прошарки	56
Додаток А (довідковий) Бібліографія	57

ВСТУП

ГБН В.2.3-37641918-559 застосовують у розвиток до ДБН В.2.3-4 і призначені для проєктувальників при розробленні проєктної документації та експертів при проведенні експертизи проєктів. Проєктування нежорсткого дорожнього одягу зазначається у завданні на проєктування.

Об'єкт нормування ГБН В.2.3-37641918-559 — вимоги до конструювання та розрахунку нежорсткого дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування.

ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ. ДОРОЖНІЙ ОДЯГ НЕЖОРСТКИЙ. ПРОЕКТУВАННЯ

Чинні від **2019-06-01**

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Ці галузеві будівельні норми (далі – норми) встановлюють вимоги до проектування нежорсткого дорожнього одягу і використовуються при проектуванні нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг загального користування (далі – автомобільні дороги).

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих нормах є посилання на такі документи:

ДБН В.1.2-5:2007 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів

ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво

ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення

ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги

ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Жорсткий дорожній одяг. Проектування

ДСТУ Б А.1.1-100:2013 Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

3.1 У цих нормах вжито терміни, встановлені у:

- Закон України “Про автомобільні дороги” [1]: автомобільна дорога, проїзна частина;
- ДБН В.2.3-4: надійність дорожньої конструкції; вирівнюючий шар;
- ДБН В.2.6-98: стан граничний;
- ГБН В.2.3-37641918-544: геосинтетичний матеріал;
- ДСТУ Б А.1.1-100: асфальтобетон; додатковий шар основи; дорожнє покриття; дорожній одяг; дорожня основа; дренальний шар; морозозахисний шар; модуль пружності дорожнього одягу; нежорсткий дорожній одяг; розрахункова інтенсивність руху; здимання дорожнього одягу; зсувостійкість дорожнього одягу;

Нижче подано терміни, вжиті в цих нормах, та визначення позначених ними понять

3.1.1 міцність дорожнього одягу

Здатність дорожнього одягу сприймати вплив заданої кількості навантажень від проходів автомобілів у розрахункових умовах зволоження з заданим обмеженням інтенсивності накопичення залишкової деформації

3.1.2 робочий шар земляного полотна

Верхня частина земляного полотна, яка розташована під дорожнім одягом у межах глибини активної зони, але не менше ніж 1,5 м від поверхні покриття проїзної частини

3.1.3 монолітний шар

Шар дорожнього одягу влаштований з матеріалу, який характеризується опором розтягу при згині під дією повторних навантажень

3.1.4 шар з незв'язних та малозв'язних матеріалів

Шар дорожнього одягу з матеріалу, не характеризується опором розтягу при згині під дією повторних навантажень.

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1 Проектування дорожнього одягу складається із взаємопов'язаних етапів:

– конструювання (розроблення альтернативних варіантів конструкцій дорожнього одягу);

– розрахунок альтернативних варіантів конструкцій дорожнього одягу на міцність з врахуванням характеристик ґрунту земляного полотна, за двома групами граничних станів, а також на морозостійкість та осушення.

4.2 Дорожній одяг проектують з урахуванням надійності згідно з ДБН В.2.3-4.

4.3 Загальна товщина конструкції нежорсткого дорожнього одягу, товщини окремих шарів повинні забезпечувати міцність і морозостійкість всієї конструкції. Матеріали і спосіб їх застосування призначаються згідно з ДБН В.2.3-4.

4.4 Розрахунок дорожнього одягу здійснюють за двома групами граничних станів:

а) за першою групою — несною здатністю:

1) для шарів з монолітних матеріалів — за критерієм опору розтягу при згині;

2) для ґрунтів і шарів з незв'язних та малозв'язних матеріалів — за критерієм опору зсуву;

б) за другою групою — граничними деформаціями: за опором пружному прогину всієї конструкції.

Також дорожній одяг розраховують на морозостійкість та дренажування.

5 КОНСТРУЮВАННЯ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

5.1 Проектування дорожнього одягу це єдиний процес конструювання і розрахунку дорожньої конструкції.

При конструюванні нежорсткого дорожнього одягу визначають:

- тип дорожнього одягу і матеріал дорожнього покриття;
- кількість конструктивних шарів, матеріали, розміщення шарів у конструкції, а також попередньо призначають їх товщини;
- необхідність влаштування додаткового морозозахисного шару з урахуванням дорожньо-кліматичної зони, виду ґрунту та схеми зволоження робочого шару земляного полотна;
- необхідність призначення заходів з осушення конструкції дорожнього одягу;
- необхідність призначення заходів з підвищення тріщиностійкості конструкції;
- доцільність укріплення верхньої частини робочого шару земляного полотна;
- альтернативні варіанти з урахуванням місцевих умов влаштування та експлуатації дорожнього одягу.

5.2 Варіанти конструкцій дорожнього одягу приймають типовими або розробляють індивідуально для кожної ділянки або ряду ділянок автомобільної дороги, що характеризуються тотожними показниками інтенсивності та складу руху і призначені для експлуатації за подібними природними умовами. Перевагу надають перевіреним на практиці конструкції дорожнього одягу.

5.3 Під час конструювання дорожнього одягу для нового будівництва враховують:

- категорію автомобільної дороги;
- інтенсивність руху та склад транспортного потоку;
- дорожньо-кліматичну зону та регіон проектування;
- властивості ґрунтів, які передбачається використовувати в робочому шарі земляного полотна;
- підвищення поверхні дорожнього покриття над рівнем ґрунтових або поверхневих вод;
- тип місцевості за умовами зволоження земляного полотна.

5.4 При конструюванні дорожнього одягу для реконструкції або капітального ремонту додатково враховують:

- транспортно-експлуатаційний стан існуючої автомобільної дороги;
- інформацію про будівництво та ремонтні заходи щодо об'єкта;
- загальний модуль пружності дорожнього одягу згідно з [2] у розрахунковий період.

У випадках значної неоднорідності величин фактичного загального модуля пружності (понад 25 % від середнього значення), потрібно визначити товщини шарів і пошарово модуль пружності дорожнього одягу та на поверхні земляного полотна згідно з [2].

Якщо інформація відсутня щодо значень фактичного модуля пружності існуючого одягу, допускається проектувати дорожній одяг на основі даних обстежень:

- товщин конструктивних шарів дорожнього одягу;
- характеристик матеріалу конструктивних шарів;
- властивостей ґрунту земляного полотна, його вологості та умов зволоження.

5.5 Під час призначення матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу необхідно керуватися основними положеннями:

а) конструктивні шари повинні забезпечувати здатність дорожнього одягу витримувати розрахункове навантаження, бути водостійкими та морозостійкими;

б) для забезпечення підвищеного опору зсуву конструкції дорожнього одягу, запроектованого під розрахункове навантаження згідно з ДБН В.2.3-4 груп А1, А2 та А3 (на ділянках зміни швидкості руху, а саме: гальмування або розгону) потрібно влаштовувати:

1) дорожнє покриття з зсувостійких асфальтобетонів (асфальтобетони типу А [3]); щебенево-мастикові асфальтобетони [4]; асфальтобетони на основі нафтових дорожніх бітумів, модифікованих полімерами [5];

2) верхній шар дорожньої основи з крупнозернистих асфальтобетонів (з вмістом щебеню не менше ніж 50 % від маси заповнювача) або асфальтобетони (з вмістом щебеню не менше ніж 40 % від маси заповнювача) виготовлені на бітумі нафтовому дорожньому, модифікованому полімером.

в) для забезпечення надійності дорожнього одягу згідно з ДБН В.2.3-4, запроектованого під розрахункове навантаження груп А₁, А₂, потрібно передбачати влаштування шарів основи з щебенево-піщаних сумішей, укріплених неорганічним чи комплексним в'язучим, згідно з [6-8].

5.6 Загальну товщину дорожнього одягу та товщину окремих конструктивних шарів визначають за розрахунком на міцність, морозостійкість й осушення. Якщо загальна товщина дорожнього одягу, що отримана з розрахунку на міцність, менша за товщину, встановлену за морозостійкістю, потрібно передбачити додаткові

морозозахисні чи теплоізоляційні шари. У цьому випадку конструкцію дорожньої основи призначають одночасно з проектуванням морозозахисних і дренажних шарів.

5.7 Мінімально допустиму товщину конструктивних шарів дорожнього одягу потрібно призначати згідно з ДБН Б В.2.3-4.

5.8 Якщо при конструюванні дорожнього одягу передбачено влаштування вирівнюючого шару, то його товщина не враховується під час розрахунку конструкції на міцність. Мінімальна товщина вирівнюючого шару має становити не менше двох з половиною максимальних зерен щебеню в асфальтобетоні.

5.9 При конструюванні дорожнього одягу шляхом раціонального підбору матеріалів для монолітних шарів та підґрунтовки необхідно забезпечити зчеплення шарів відповідно до [9].

5.10 Для обмеження появи відображених тріщин товщину шарів з матеріалів, що містять органічне в'язуче та укладаються на шар дорожньої основи із матеріалів, оброблених неорганічним в'язучим, потрібно приймати не меншою за товщину шару такої основи, якщо марка матеріалу шару згідно з [7] становить М 40 і нижче.

При застосуванні у шарах дорожньої основи матеріалів, що містять неорганічні в'язучі та марка яких згідно з [7] є вищою ніж М 40, потрібно передбачати нарізання поперечних деформаційних швів стискання через кожні 15 м або влаштування тріщинопереривального прошарку одного із типів: з армуючих синтетичних матеріалів згідно з ГБН В.2.3-37641918-544; еластичних матеріалів, влаштованих за мембранною технологією згідно з [10]; з щебенево-піщаних сумішей щільного зернового складу згідно з [11] при рекомендованій товщині прошарку від 0,10 м до 0,14 м.

Необхідність нарізання в шарі матеріалу марки М 60 згідно з [7] і вище деформаційних швів стискання та розширення і їх параметри

визначають розрахунком згідно з ГБН В.2.3-37641918-557.

При проектуванні шару дорожньої основи з матеріалу, обробленого комплексним бітумомінеральним в'язучим згідно з [8,12], товщина розташованих вище шарів із матеріалів, що оброблені органічним в'язучим, може бути знижена на 30 %.

5.11 Для забезпечення стабільної роботи конструкції дорожнього одягу при сезонному коливанні погодно-кліматичних факторів, необхідно забезпечити стабільність фізико-механічних властивостей робочого шару земляного полотна. Проектні рішення повинні бути спрямовані на регулювання водно-теплогового режиму та збільшення міцності робочого шару земляного полотна в розрахунковий період, зокрема, повинно передбачатися:

- влаштування робочого шару земляного полотна з ненабухаючих або слабонабухаючих ґрунтів згідно з [13], із забезпеченням необхідних коефіцієнтів ущільнення згідно з ДБН В.2.3-4;

- влаштування спеціальних прошарків (дренувального, капілярореривального, гідроізолювального) для регулювання водно-теплогового режиму земляного полотна;

- обробка робочого шару земляного полотна мінеральним в'язучим, у тому числі з застосуванням добавок.

5.12 Підсилення робочого шару земляного полотна необхідно передбачати при розрахунковому модулі пружності менше ніж 40 МПа. Для цього необхідно застосовувати мінеральні в'язучі (цемент, вапно) та добавки згідно з [14] або геосинтетичні матеріали згідно з ГБН В.2.3-37641918-544.

5.13 Загальний модуль пружності на поверхні шару ґрунту, укріпленого мінеральним в'язучим та добавками згідно з [14], повинен становити не менше ніж 50 МПа. Незалежно від результатів

розрахунку товщина шару укріпленого ґрунту повинна бути не менше ніж наведена у ДБН В.2.3-4.

При виконанні розрахунків на міцність укріплену верхню частину робочого шару земляного полотна потрібно розглядати як конструктивний шар дорожнього одягу.

5.14 Для зменшення просочення поверхневих вод у дорожню основу і зниження вологості ґрунту земляного полотна при конструюванні дорожнього одягу необхідно передбачати:

- забезпечення поперечного похилу узбіч згідно з ДБН В.2.3-4;

- влаштування системи поверхневого водовідведення;

- підвищення поверхні дорожнього покриття над рівнем поверхневих вод згідно з ДБН В.2.3-4.

5.15 Дренувальні шари потрібно проектувати на ділянках з робочим шаром земляного полотна, влаштованим із середньоздимальних або сильноздимальних ґрунтів згідно з [13].

Для дренувальних шарів, які розраховують відповідно до 8.2, потрібно використовувати матеріал з коефіцієнтом фільтрації не менше ніж 1 м/доб. Для дренувальних шарів, які розраховують згідно з 8.3, потрібно використовувати матеріал з коефіцієнтом фільтрації не менше ніж 2 м/доб.

5.16 У зазначених нижче випадках необхідно також влаштовувати дренувальний шар:

- у I і IV дорожньо-кліматичних зонах при всіх типах місцевості за зволоженням;

- у II дорожньо-кліматичній зоні при 2-му та 3-му типах місцевості за зволоженням;

- у III дорожньо-кліматичній зоні при 3-му типі місцевості за зволоженням.

Якщо нижній шар дорожньої снови передбачається влаштувати з матеріалу, який укріплений в'яжучим, необхідність влаштування додаткового шару, що дренує вологу, визначають розрахунком на осушення дорожнього одягу і земляного полотна.

5.17 Якщо дренувальний шар влаштовується на спуску з поздовжнім похилом більшим за поперечний похил, то в цьому шарі необхідно влаштувати перехоплюючий дренаж в інтервалі від 75 м до 100 м у вигляді трубчастих перфорованих дрен та з крупноуламкових матеріалів з відведенням води за межі укосів земляного полотна.

5.18 Під час нового будівництва або реконструкції (при можливості) автомобільних доріг дренувальні шари потрібно проектувати на всю ширину земляного полотна; під час реконструкції та капітального ремонту – від існуючої конструкції дорожнього одягу з виходом на укріплені від розмиву укоси насипу або з укладанням трубчастих дрен чи інших водовідвідних пристроїв.

5.19 У районах, де можлива міграція вологи в шарах дорожнього одягу у вигляді пари, у додаткових шарах основи потрібно застосовувати пароізолювальні прошарки.

5.20 Для додаткових морозозахисних шарів потрібно застосовувати стабільні зернисті матеріали (які не змінюють свого об'єму при промерзанні у зволоженому стані); ґрунти, укріплені органічними чи неорганічними в'яжучими; неткані синтетичні матеріали, а також ґрунти з низькою відносною деформацією здимання (0,01 - 0,035) згідно з [13].

При влаштуванні додаткового морозозахисного шару з зернистих матеріалів з коефіцієнтом фільтрації понад 1 м/доб він може виконувати функцію дренувального шару.

5.21 Додатковий шар основи в місцях зміни конструкції, у зв'язку зі зміною матеріалів, ґрунтово-гідрологічних та інших умов, повинен забезпечувати рівень здимання не вищий ніж рівень на суміжних ділянках. Це досягається заміною матеріалу морозозахисного шару дорожньої основи або регулюванням товщини цього шару.

5.22 Капіляронеривальні прошарки потрібно проектувати при близькому заляганні ґрунтової води, коли її рівень розташований вище ніж глибина промерзання, або при тривалому підтопленні (понад 30 діб) поверхневими водами, при недостатньому підвищенні поверхні покриття над розрахунковим рівнем води згідно з ДБН В.2.3-4.

Під час нового будівництва автомобільних доріг або реконструкції (за можливості) капіляронеривальні прошарки потрібно влаштовувати товщиною від 0,10 м до 0,15 м на всю ширину земляного полотна, під час реконструкції та капітального ремонту – від існуючої конструкції дорожнього одягу. Для влаштування капіляронеривального прошарку застосовують пісок, щебінь або гравій обгорнуті у геосинтетичний матеріал згідно з ГБН В.2.3-37641918-544.

5.23 Для запобігання взаємопроникненню матеріалів суміжних шарів на контакті шарів із крупнозернистих дисперсних матеріалів з піщаними шарами дорожньої основи чи з ґрунтом земляного полотна потрібно передбачати застосування геосинтетичних матеріалів або влаштування додаткового шару основи з піщано-гравійних сумішей чи місцевих кам'яних матеріалів.

5.24 У разі потреби розширення існуючого дорожнього одягу при реконструкції або капітальному ремонті, проектування дорожнього одягу на розширенні виконується відповідно до вимог цих норм як для проектування конструкції дорожнього одягу для нового будівництва.

При розширенні проїзної частини необхідно передбачати надійну ув'язку існуючого дорожнього одягу з частиною, яка розширюється, забезпечуючи рівномірну міцність та технологічність влаштування.

Для ув'язки дорожнього одягу при розширенні, з різницею в міцності до 10 %, необхідно влаштовувати в існуючому дорожньому одязі (тільки в бітумовміщуючих матеріалах) уступи шириною 0,5 м та глибиною рівною товщині конструктивного шару, для якого цей уступ влаштовано.

У випадку різниці в міцності існуючого дорожнього одягу та конструкцією розширення (10 - 20) % доцільно використовувати геосинтетичні матеріали для запобігання появи відображених тріщин.

5.25 Проектування дорожнього одягу з використанням геосинтетичних матеріалів виконують згідно з ГБН В.2.3-37641918-544 та відповідних національних стандартів.

6 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ

6.1 Загальні положення

6.1.1 Розрахунок нежорсткого дорожнього одягу виконують за критеріями:

- опір пружному прогину всієї конструкції (за мінімальним допустимим загальним модулем пружності);
- опір зсуву в ґрунті та шарах з незв'язних або малозв'язних матеріалів (за максимальним допустимим напруженням зсуву);
- опір шарів з монолітних матеріалів розтягу при згині (за максимальним допустимим напруженням на розтяг при згині).

6.1.2 При розрахунках дорожнього одягу враховується тривалість і повторність дії навантажень від транспортних засобів.

Дорожній одяг на перегінних ділянках доріг розраховують на короткочасну багаторазову дію рухомих навантажень. Тривалість дії навантаження від рухомого автотранспорту приймають рівним 0,1 с.

Дорожній одяг на зупинках громадського транспорту, перехрещеннях доріг, на підходах до пересічень із залізничними і трамвайними коліями, розраховують на багаторазову короткочасну дію рухомого навантаження, а також на тривале статичне навантаження, час дії якого приймають рівним 600 с.

Дорожній одяг на стоянках автотранспортних засобів розраховують на тривале статичне навантаження.

6.1.3 Для розрахунку конструкції дорожнього одягу значення коефіцієнтів запасу міцності для відповідних критеріїв призначається у залежності від категорії дороги за таблицею 6.1.

Таблиця 6.1 — Значення коефіцієнтів надійності та запасу міцності конструкції дорожнього одягу

Категорія дороги	Характеристика надійності, β	Коефіцієнт запасу міцності, $K_{мц}$, за критерієм граничного стану		
		Згин монолітних шарів	Пружний прогин	Зсув у незв'язних шарах
I-а, I-б	1,875	1,39	1,50	1,51
II	1,645	1,35	1,43	1,48
III	1,280	1,29	1,33	1,40
IV	1,035	1,27	1,29	1,38
V	0,68	1,19	1,23	1,25

6.1.4 Розрахункові характеристики матеріалів конструктивних шарів і ґрунтів земляного полотна можуть визначатися за довідниковими даними або експериментально згідно з [15 - 17].

Розрахункове значення опору розтягу при згині R_p , у МПа, визначають за формулою (6.1):

$$R_p = \bar{R}_{\text{лаб}} \cdot (1 - t \cdot v_M), \quad (6.1)$$

де $\bar{R}_{\text{лаб}}$ – середнє значення границі міцності на розтяг при згині, МПа - визначають згідно з [15 - 17];

t – коефіцієнт нормованого відхилення від $\bar{R}_{\text{лаб}}$ приймають за таблицею 6.2 в залежності від допустимого рівня надійності згідно з ДБН В.2.3-4;

v_M – коефіцієнт варіації опору розтягу при згині.

Таблиця 6.2 – Значення коефіцієнтів нормованого відхилення

K_H	0,75	0,85	0,90	0,95	0,97
t	0,86	1,06	1,32	1,71	1,97

Розрахункове значення вологості ґрунту W_p , у частках одиниці від W_t , визначають за формулою (6.2):

$$W_p = \bar{W} \cdot (1 + t \cdot v_w), \quad (6.2)$$

де \bar{W} – середнє значення вологості ґрунту, у частках одиниці від W_t ;

t – коефіцієнт нормованого відхилення від \bar{W} при потрібному рівні надійності, приймають за таблицею 6.2;

v_w – коефіцієнт варіації вологості (приймається 0,1).

6.1.5 При розрахунку на міцність приймають, що конструкція дорожнього одягу забезпечує міцність протягом розрахункового періоду, якщо відповідні критерії граничного стану більші ніж чи дорівнюють своєму нормативному значенню (таблиця 6.1),

отриманому з урахуванням необхідного рівня надійності дорожнього одягу, що проектується.

6.1.6 Розрахунок конструкції дорожнього одягу при будівництві із черговістю виконують з урахуванням необхідного строку служби для першої черги та з розрахунком підсилення існуючої конструкції для другої черги.

6.2 Розрахункові навантаження та інтенсивність руху

6.2.1 Під час проектування дорожнього одягу автомобільної дороги за розрахункове навантаження потрібно приймати найбільше навантаження на вісь автотранспортних засобів, систематичний рух яких очікується в найбільш несприятливий для роботи дорожнього одягу період року (погодно-кліматичні фактори, що призводять до зменшення модулів пружності асфальтобетону, зменшення опору зсуву ґрунтів земляного полотна та незв'язних шарів дорожньої основи). При цьому, якщо передбачається рух транспортних засобів з навантаженням на вісь, що перевищує нормоване осьове навантаження, розрахункові параметри навантаження встановлюють згідно вимог цих норм.

Розрахунок дорожнього одягу здійснюють за групами нормативних навантажень у залежності від категорії автомобільної дороги згідно з ДБН В.2.3-4:

- група A_1 – нормативне статичне навантаження на вісь 130 кН;
- група A_2 – нормативне статичне навантаження на вісь 115 кН;
- група A_3 – нормативне статичне навантаження на вісь 100 кН;
- група В – нормативне статичне навантаження на вісь 60 кН.

6.2.2 Розрахункове навантаження групи A_1 приймають до розрахунку дорожнього одягу на автомобільних дорогах I-а, I-б, якщо у розрахунковий період передбачається рух транспортних

засобів засобів з навантаженням на вісь понад 120 кН у кількості більше ніж 500 авт/добу, а для II категорії – понад 150 авт/добу.

Розрахункове навантаження групи В приймають до розрахунку дорожнього одягу на автомобільних дорогах V категорії, якщо у розрахунковий період передбачається рух транспортних засобів засобів з навантаженням на вісь понад 60 кН у кількості менше ніж 10 авт/добу.

6.2.3 За розрахункову схему навантаження дорожнього одягу колесом автомобіля приймають гнучкий круговий штамп діаметром D , що передає рівномірно розподілене навантаження величиною p .

За параметри, що характеризують величину та повторність дії навантаження транспортних засобів на дорожній одяг, потрібно приймати:

– при проектуванні дорожнього одягу на нерухоме (статичне) навантаження – середній розрахунковий тиск p колеса на дорожнє покриття та розрахунковий діаметр D_n зведеного до круга відбитка колеса нерухомого автомобіля;

– при проектуванні дорожнього одягу на дію рухомого транспортного засобу – тиск p , розрахунковий діаметр D_d відбитка колеса рухомого автомобіля та розрахункову інтенсивність руху N_p , що приведена до розрахункового навантаження.

Значення D_n , D_d та p для розрахункових навантажень приймають згідно з ДБН В.2.3-4.

6.2.4 Урахування характеру навантаження, що діє на дорожній одяг (короткочасне багаторазове навантаження, статичне навантаження), потрібно виконувати через прийняття відповідних значень розрахункових характеристик матеріалів, а також через введення коефіцієнта динамічності при виборі величини навантаження.

6.2.5 Дорожній одяг автомобільних доріг необхідно розраховувати з урахуванням складу та перспективної інтенсивності руху, що очікується на рік служби перед капітальним ремонтом. Строк служби до капітального ремонту потрібно приймати відповідно до ДБН В.2.3-4.

Середньодобова кількість проїздів у першій рік усіх коліс, що розміщені по один бік транспортного засобу в межах однієї смуги проїзної частини, приведена до розрахункового навантаження, є приведеною розрахунковою перспективною інтенсивністю у першій рік після прийняття в експлуатацію N_{1p} (в одиницях на добу), та обчислюється за формулою (6.3):

$$N_{1p} = f_{смуги} \sum_{m=1}^n N_{1m} \cdot S_{m сум} , \quad (6.3)$$

- де $f_{смуги}$ – коефіцієнт, що враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них, визначається за таблицею 6.3;
- n – загальна кількість марок транспортних засобів у складі транспортного потоку;
- N_{1m} – середньодобова інтенсивність руху в обох напрямках автомобілів i -ї марки в перший рік служби в одиницях за добу;
- $S_{m сум}$ – сумарний коефіцієнт приведення дії на дорожній одяг транспортного засобу i -ої марки до розрахункового динамічного навантаження ($Q_{розд}$).

Таблиця 6.3 – Значення коефіцієнта $f_{\text{смуги}}$

Кількість смуг руху	Значення коефіцієнта $f_{\text{смуги}}$ для смуги за номером			
	1	2	3	4
1	1,00	–	–	–
2	0,55	–	–	–
3	0,35	0,20	–	–
4	0,35	0,20	–	–
6	0,30	0,20	0,05	–
8	0,25	0,15	0,10	0,05

Примітка 1. Номер смуги рахується від узбіччя за напрямком руху.
Примітка 2. На примиканнях і підходах до них (у місцях зміни напрямку руху автомобілів для здійснення лівих поворотів) при розрахунках дорожнього одягу в межах всіх смуг руху потрібно приймати, $f_{\text{смуги}} = 0,50$ (якщо загальна кількість смуг проїзної частини дороги більша ніж три).

6.2.6 Значення сумарного коефіцієнта приведення $S_{m \text{ сум}}$ розраховують за формулою (6.4):

$$S_{m \text{ сум}} = \sum_{i=1}^k S_i, \quad (6.4)$$

де k – кількість осей транспортного засобу, для приведення якого до розрахункового динамічного навантаження визначають коефіцієнт $S_{m \text{ сум}}$;

S_i – коефіцієнт приведення номінального динамічного навантаження від колеса з кожної із k осей транспортного засобу до розрахункового динамічного навантаження.

6.2.7 Коефіцієнт приведення навантажень S_i визначають за формулою (6.5):

$$S_i = \left(\frac{Q_{\text{дн}}}{Q_{\text{розд}}} \right)^{\beta}, \quad (6.5)$$

де $Q_{\text{дн}}$ – номінальне динамічне навантаження від колеса на покриття, кН;

S_i – розрахункове динамічне навантаження від колеса на покриття, кН;

β – показник інтенсивності руйнування, який дорівнює 4,4.

6.2.8 Значення $Q_{\partial H}$ визначається за паспортними даними на транспортні засоби з урахуванням розподілення статичних навантажень на кожну вісь:

$$Q_{\partial H} = K_{\partial H} \cdot Q_i \quad (6.6)$$

де $K_{\partial H}$ – коефіцієнт динамічності, приймається рівним 1,3;

Q_i – номінальне статичне навантаження на колесо i -ої осі, кН. Номінальне динамічне навантаження для багатовісних транспортних засобів необхідно визначати з урахуванням впливу коліс сусідніх осей, розташованих на відстані меншій ніж 2,5 м один від одного, за формулами (6.7) та (6.8):

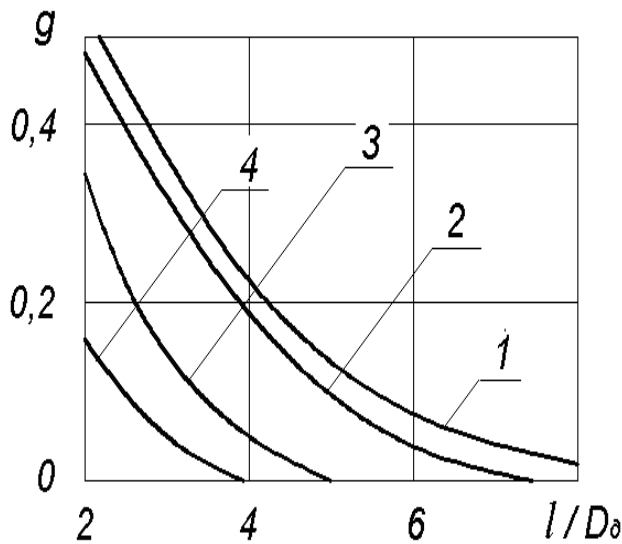
$$Q_{\partial H} = Q_{ij} (g_{i-1} + 1 + g_{i+1}) \cdot K_q \cdot K_{\partial H}, \quad (6.6)$$

$$K_q = g_{j-1} + 1 + g_{j+1}, \quad (6.7)$$

де Q_{ij} – номінальне статичне навантаження на j -е колесо (з одиночними чи спареними шинами) i -ої осі, кН;

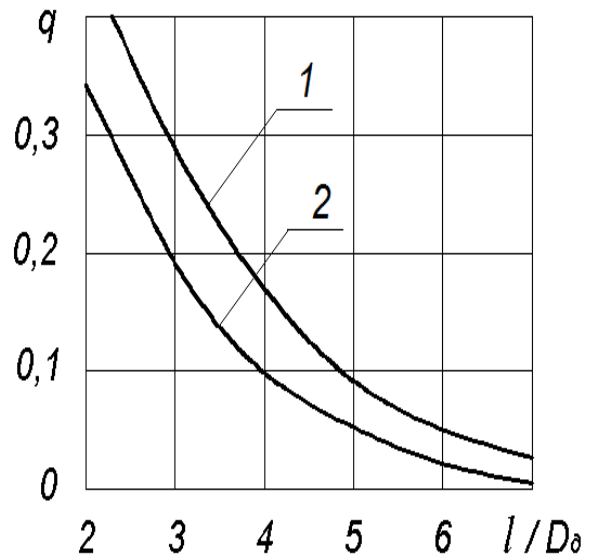
g_{i-1}, g_{i+1} – коефіцієнти, що характеризують відповідно вплив попереду і позаду коліс, що рухаються, на напружено-деформований стан дорожнього одягу під даним колесом i -ої осі та визначаються за графіком (рис. 6.1) у залежності від відношення відстані між осями l до діаметра D_{∂} відбитка заданого колеса;

g_{j-1}, g_{j+1} – коефіцієнти, що характеризують додатковий вплив інших коліс i -ої осі і визначаються за графіком (рис. 6.2); при $1 < l/D_{\partial} < 2$ приймають $q(l) = 1$.



1, 2 – значення g_{i-1} для дорожніх одягів, що відповідають вимогам руху автомобілів груп А і В (попереду); 3, 4 – те саме, g_{i+1} (позаду)

Рисунок 6.1 — Значення коефіцієнта g , який урахує вплив коліс інших осей транспортного засобу в залежності від відношення відстані l між осями до діаметра D_{δ} відбитка заданого колеса



1 – значення q для дорожніх одягів, що відповідають вимогам руху автомобілів груп А; 2 – те саме, для автомобілів групи В

Рисунок 6.2 — Значення коефіцієнта q , що враховує вплив інших коліс даної осі транспортного засобу в залежності від відношення відстані l між центрами відбитків розглянутого колеса та інших коліс (у поперечному напрямку) до діаметра D_{δ} сліду колеса

6.2.9 Послідовність визначення сумарного коефіцієнта приведення:

– згідно з ДБН В.2.3-4 призначають розрахункове навантаження $Q_{розр}$ та визначають його параметри ρ , D_c , D_{δ} ;

– для кожної марки автомобілів у складі перспективного руху за паспортними даними встановлюють величину номінального статичного навантаження на колесо для всіх осей Q_i ;

– перемноживши отримані значення Q_i і розрахункове навантаження $Q_{розр}$ на коефіцієнт динамічності, знаходять величини

номінальних динамічних навантажень $Q_{дн}$ від колеса для кожної осі і величину розрахункового динамічного навантаження $Q_{розд}$;

– за формулою (6.5) визначають коефіцієнт приведення номінального навантаження від колеса кожної із осей до розрахункового навантаження;

– за формулою (6.4) визначають сумарний коефіцієнт приведення навантаження для даного автомобіля до розрахункового навантаження.

Величину p приймають такою, що дорівнює тиску повітря в шині колеса. Діаметр розрахункового відбитку колеса D , у метрах, обчислюють за формулою (6.9):

$$D = 0,01 \cdot \sqrt{\frac{40 \cdot Q_{розр}}{\pi \cdot p}}, \quad (6.9)$$

де $Q_{розр}$ – розрахункове навантаження, що передається колесом на поверхню дорожнього покриття, кН;

p – питомий тиск, МПа.

6.2.10 Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за строк експлуатації дорожнього одягу $\sum N_p$ визначається за формулою (6.10):

$$\sum N_p = 0,7 \cdot T_{рдр} \cdot K_n \cdot K_c \cdot N_{1p}, \quad (6.10)$$

де $T_{рдр}$ – кількість розрахункових діб на рік приймають за таблицею 6.4;

K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується, приймають за таблицею 6.5;

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою (6.11):

$$K_c = \frac{\theta^{T_{сл}} - 1}{\theta - 1}, \quad (6.11)$$

- де θ – показник зміни інтенсивності руху даного типу автотранспортних засобів за роками (змінюється у діапазоні від 0,80 до 1,10); при $\theta = 1$, $K_c = T_{сл}$;
- $T_{сл}$ – розрахунковий строк служби (експлуатації) дорожнього одягу приймають відповідно до ДБН В.2.3-4.

Таблиця 6.4 – Кількість розрахункових діб на рік

Дорожньо-кліматична зона	I	II	III	IV	
				Захід	Південь
Кількість розрахункових діб на рік ($T_{рдр}$)	145	135	130	140	120

Таблиця 6.5 – Значення коефіцієнта K_n для різних категорій доріг

Тип дорожнього одягу	Значення коефіцієнта K_n для різних категорій доріг				
	I	II	III	IV	V
Капітальний	1,49	1,49	1,38	1,31	–
Удосконалений полегшений	–	–	1,32	1,26	–
Перехідний	–	–	–	1,16	1,04

6.2.11 На дорогах з кількістю смуг понад чотири, дозволяється проектувати дорожній одяг змінної товщини за шириною проїзної частини, розрахувавши дорожній одяг у межах різних смуг відповідно до значення $\sum N_p$.

6.3 Розрахунок дорожнього одягу за допустимим пружним прогином

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

умова (6.12):

$$K_{\text{мц}} \leq \frac{E_{\text{заг}}}{E_{\text{потр}}}, \quad (6.12)$$

де $K_{\text{мц}}$ – коефіцієнт запасу міцності дорожнього одягу, отриманий з таблиці 6.1 у залежності від допустимого рівня надійності;

$E_{\text{заг}}$ – загальний модуль пружності конструкції, МПа;

$E_{\text{потр}}$ – потрібний модуль пружності конструкції, МПа, який визначають з урахуванням капітальності дорожнього одягу та інтенсивності дії навантаження.

6.3.2 При розрахунку дорожнього одягу на розрахункове навантаження A_2 , A_3 , B значення $E_{\text{потр}}$ визначають за формулою:

$$E_{\text{потр}} = 42,843 \cdot \ln\left(\sum N_p\right) - b, \quad (6.13)$$

де b – коефіцієнт, величина якого приймається залежно від групи навантаження відповідно до ДБН В.2.3-4; для групи A_2 $b = 315,68$; для групи A_3 $b = 350,21$; для групи B $b = 409,40$;

$\sum N_p$ – визначають за формулою (6.10).

Для розрахункового навантаження A_1 розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим загальним модулем пружності не виконують.

6.3.3 Незалежно від результатів розрахунку згідно з 6.3.2, потрібні модулі пружності для дорожнього одягу та потрібний модуль пружності під шарами асфальтобетону не повинні бути меншими ніж зазначені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Значення мінімального потрібного модуля пружності

Категорія дороги	Мінімальний потрібний модуль пружності на поверхні дорожнього покриття, МПа, у залежності від типу дорожнього одягу			Мінімальний потрібний модуль пружності під шарами асфальтобетону, МПа
	капітальний	удосконалений полегшений	перехідний	
I-a	260	–	–	150
I-b	250	–	–	150
II	235	–	–	120
III	225	190	–	100
IV	190	150	–	80
V	–	100	50	–

6.3.4 Пошаровий розрахунок дорожнього одягу проводять за допомогою номограми (рисунок 6.3). Ця номограма зв'язує відношення E_2/E_1 модулів пружності нижнього і верхнього шарів, відношення h/D для верхнього шару двошарової системи і відношення $E_{заг}/E_1$ загального модуля пружності на поверхні двошарової системи до модуля пружності верхнього шару. Для визначення $E_{заг}$ на номограмі проводиться вертикаль із точки на горизонтальній осі, що відповідає значенню h/D , і горизонтальна пряма з точки на вертикальній осі, що відповідає відношенню E_2/E_1 . Точка перетину цих прямих дає потрібне значення $E_{заг}/E_1$. Знаючи величину E_1 , обчислюють $E_{заг}$.

Пошаровий розрахунок багатошарової конструкції можна вести знизу ввверх, починаючи з ґрунту земляного полотна, коли треба визначити загальний модуль пружності конструкції, чи зверху вниз, коли задані потрібний модуль $E_{потр}$ і коефіцієнт міцності $K_{ми}$ дорожнього одягу.

Пошаровий розрахунок багатошарової конструкції можна

виконувати за формулами (6.14) та (6.15):

$$E_{заг}^{(i)} = \frac{\left[1,05 - 0,1 \frac{h_i}{D} \left(1 - \sqrt[3]{E_{заг}^{(i+1)} / E_i} \right) \right] E_i}{0,71 \sqrt[3]{\frac{E_{заг}^{(i+1)}}{E_i}} \arctg \left(\frac{1,35 h_{екв}}{D} \right) + \frac{E_i}{E_{заг}^{(i+1)}} \cdot \frac{2}{\pi} \arctg \frac{D}{h_{екв}}}, \quad (6.14)$$

$$\frac{h_{екв}}{D} = \frac{2h_i}{D} \sqrt[3]{\frac{E_i}{6E_{заг}^{(i+1)}}}, \quad (6.15)$$

де i – номер розглянутого шару дорожнього одягу, рахуючи зверху вниз ($i = 1, 2, 3, \dots$);

h_i – товщина i -го шару, м;

D – діаметр навантаженої площі, м;

$E_{заг}^{(i+1)}$ – загальний модуль пружності напівпростору, який розташований під i -м шаром, МПа;

E_i – модуль пружності матеріалу i -го шару, МПа.

Розрахункові значення модуля пружності ґрунтів і матеріалів, що містять органічне в'язуче, необхідно приймати у всіх дорожньо-кліматичних зонах за температури 10 °С. Їх встановлюють експериментально згідно з [15 - 17].

6.3.5 Загальна товщина верхніх шарів дорожнього одягу з матеріалів, що містять органічне або комплексне в'язуче, орієнтовно призначається у залежності від потрібного модуля пружності відповідно до таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 — Орієнтовна загальна товщина верхніх шарів дорожнього одягу, що містять органічне або комплексне в'язуче

Потрібний модуль пружності, МПа	до 125	125 – 180	180 – 220	220 – 250	250 – 300	Понад 300
Товщина шару, м	0,04	0,07	0,12	0,16	0,20	0,25

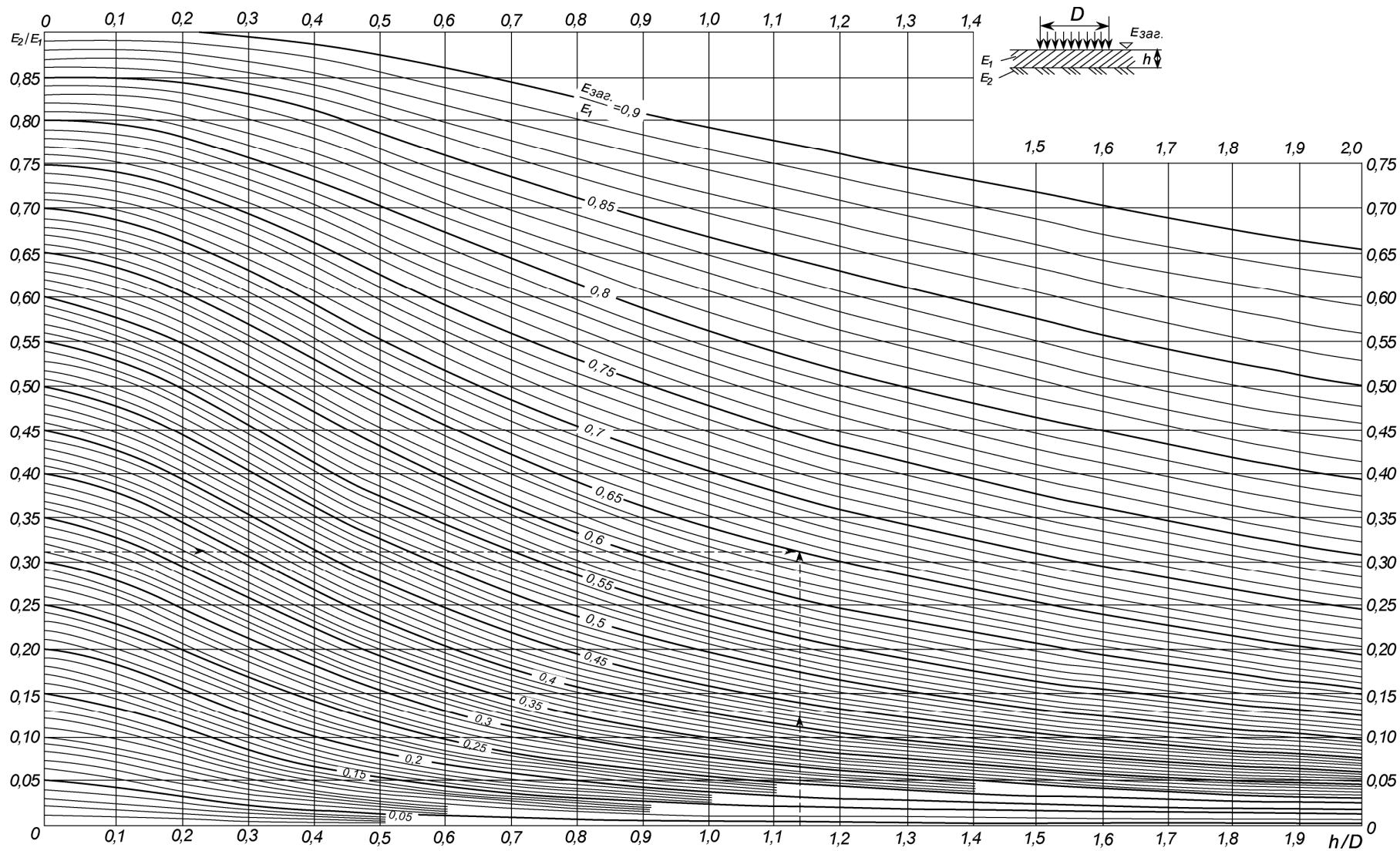


Рисунок 6.3 — Номограма для визначення загального модуля пружності $E_{заг}$ двошарової системи

6.4 Розрахунок за умовою зсувостійкості робочого шару земляного полотната шарів із незв'язних матеріалів

6.4.1 Дорожній одяг проектується із розрахунку, щоб під дією короткочасного динамічного або статичного навантаження в робочому шарі земляного полотната у незв'язних шарах за строк служби не виникали неприпустимі залишкові деформації. Деформації зсуву в конструкції не будуть накопичуватись, якщо забезпечена умова (6.16):

$$K_{мц} \leq \frac{T_{ер}}{T}, \quad (6.16)$$

- де $K_{мц}$ – необхідне мінімальне значення коефіцієнта запасу міцності, що визначається з урахуванням заданого коефіцієнта надійності (див. таблицю 6.1);
- T – розрахункове активне напруження зсуву (частина зсувного напруження, непогашена внутрішнім тертям) в розрахунковій (найбільш небезпечній) точці конструкції від діючого навантаження, МПа;
- $T_{ер}$ – гранична величина активного напруження зсуву (в тій самій частині), перевищення якої викликає порушення міцності на зсув, МПа.

6.4.2 Значення T визначають за формулою (6.17):

$$T = \tau_H + \tau_в, \quad (6.17)$$

- де τ_H – активне напруження зсуву від тимчасового навантаження, МПа, визначають за формулою (6.18):

$$\tau_H = \tau_a \cdot \rho, \quad (6.18)$$

- де τ_a – визначається відповідно до 6.4.4;
- $\tau_в$ – активне напруження зсуву від власної ваги дорожнього одягу, МПа.

Активне напруження зсуву в ґрунті від тимчасового навантаження визначають за формулою (6.19):

$$\tau_H = [(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi] / (2 \cos \varphi), \quad (6.19)$$

- де φ – кут внутрішнього тертя ґрунту, град.;
- σ_1 – максимальне головне напруження, МПа;
- σ_3 – мінімальне головне напруження, МПа (враховуючи, що $\sigma_1 \geq \sigma_3 = \sigma_2$).

Головні напруження σ_1 і σ_3 необхідно розраховувати за теорією пружності для багат шарових середовищ. Беручи до уваги, що застосування теорії пружності для багат шарових середовищ потребує значного обсягу складних розрахунків, реальну багат шарову конструкцію дорожнього одягу допускається приводити до двох шарової розрахункової моделі, у якій нижнім шаром служить ґрунт, а верхній шар має товщину, яка дорівнює сумі товщин шарів дорожнього одягу, і середньозважений модуль пружності всього дорожнього одягу (рис. 6.4, рис. 6.5).

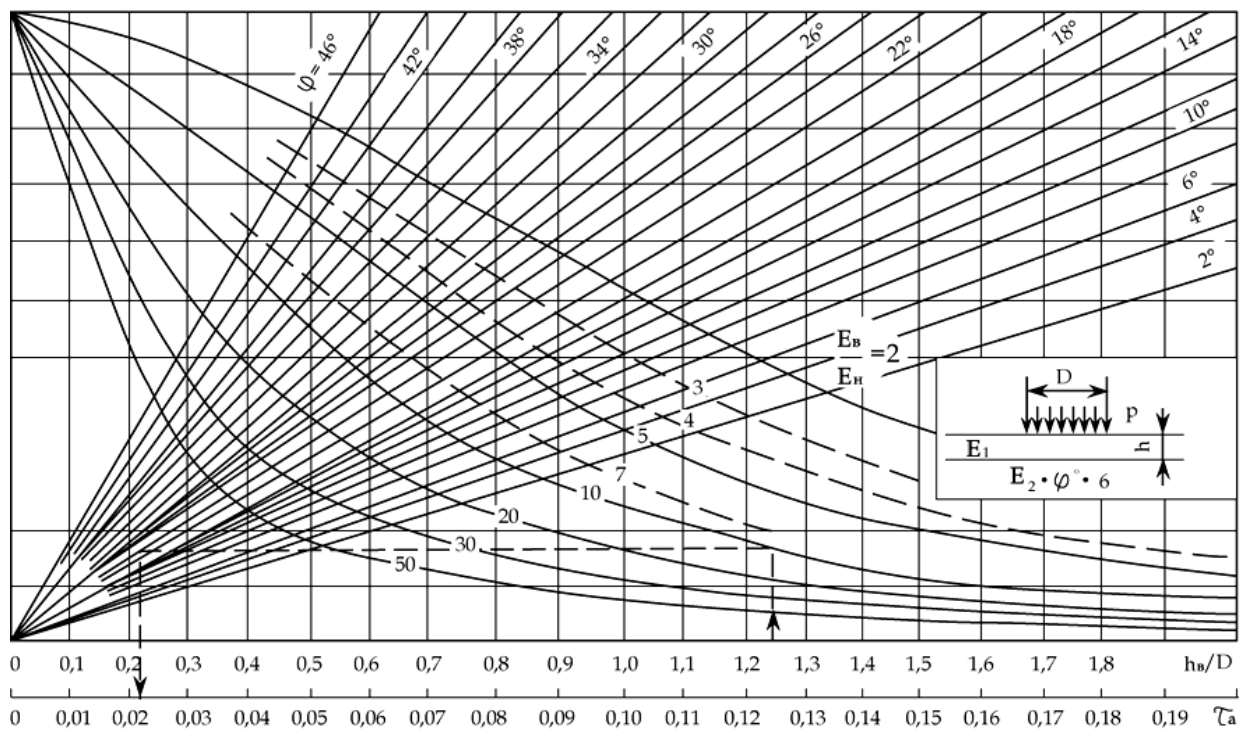


Рисунок 6.4 – Номограма для визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двох шарової системи (при $h_n/D = 0 \div 2,0$)

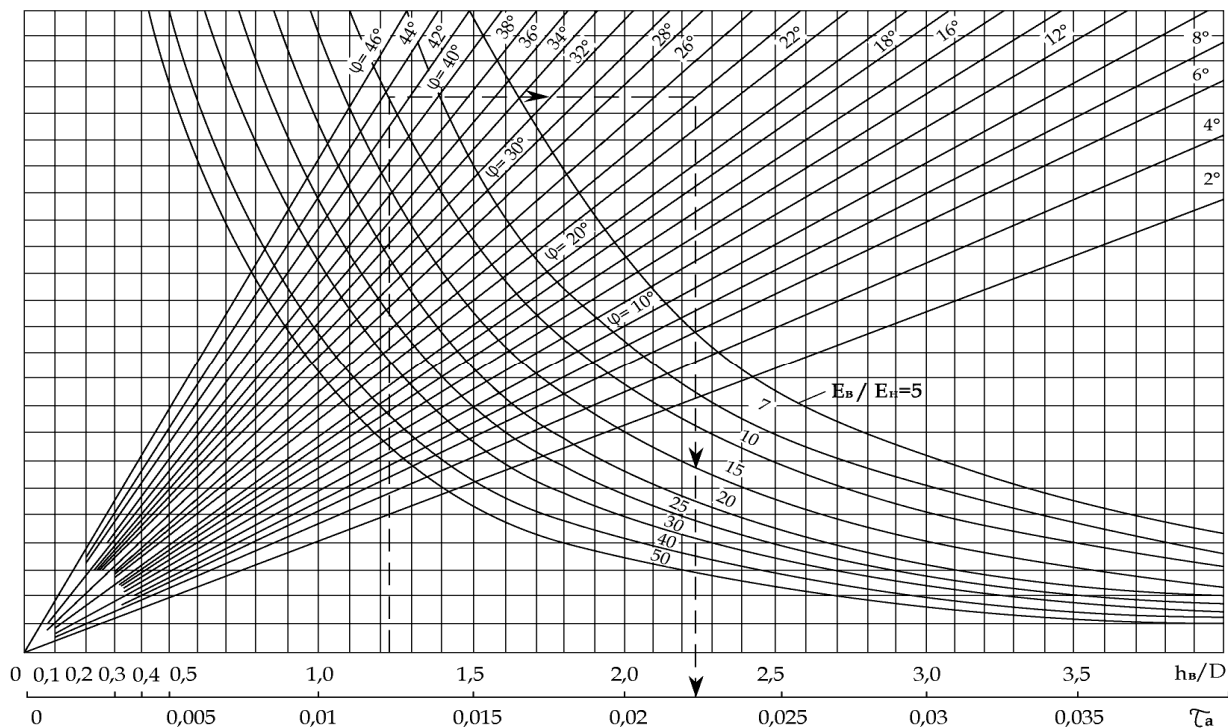


Рисунок 6.5 – Номограма для визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двошарової системи (при $h_n/D = 0 \div 4,0$)

6.4.3 При розрахунку дорожнього одягу на зсувостійкість у малозв'язних шарах, багатошарову дорожню конструкцію приводять до двошарової розрахункової моделі, де за нижній приймають шар малозв'язного матеріалу (з його характеристиками); модуль пружності приймають рівним загальному модулю пружності на поверхні цього шару. За верхній шар приймають всі вище розташовані шари. Товщину верхнього шару h_v приймають рівною сумі товщини шарів, що розташовані над малозв'язним шаром дорожнього одягу $\left(\sum_{i=1}^n h_i\right)$.

Модуль пружності верхнього шару моделі розраховують за формулою:

$$E_s = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \tag{6.20}$$

де n – кількість шарів дорожнього одягу;

E_i – модуль пружності і-го шару, МПа;

h_i – товщина і-го шару, м.

При розрахунку за умовою зсувостійкості значення модулів пружності матеріалів, що містять органічне в'язуче, визначають за температури, що вказана в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Значення розрахункових температур для матеріалів на основі органічних в'язучих

Дорожньо-кліматична зона	I	II	III	IV	
				Захід	Південь
Розрахункова температура, °С	20	25	30	25	35

Якщо розрахунок виконують на вплив короточасних навантажень, то в формулу (6.20) підставляють модулі пружності, що відповідають тривалості дії навантаження 0,1 с. При розрахунку на тривалу дію навантаження підставляють модулі пружності матеріалів, які відповідають тривалості дії навантаження не менше ніж 600 с.

6.4.4 Після приведення багат шарової реальної конструкції до двошарової моделі за номограмами на рис. 6.4, рис. 6.5 знаходять значення питомого активного напруження зсуву τ_a для значень $p = 1$. Номограма пов'язує відносну товщину дорожнього одягу (верхня горизонтальна шкала), відношення модулів пружності верхнього і нижнього шарів $E_{cp}/E_{gp} = E_1/E_2$ (криві на номограмі), кут внутрішнього тертя ґрунту φ , який встановлюють експериментально або за довідниковими даними (промені на номограмі), і питомого активного напруження зсуву τ_a у нижньому шарі (нижня горизонтальна шкала). Номограма побудована для випадку сумісної роботи шарів на контактi. Для матеріалу дорожнього одягу прийнятий коефіцієнт Пуасона $m_1 = 0,25$, а для ґрунту – $m_2 = 0,35$. Ці значення m_i характерні для

розповсюджених конструкцій дорожнього одягу, які працюють у стадії зворотніх деформацій.

6.4.5 Напруження зсуву τ_{ϵ} у ґрунті від власної ваги дорожнього одягу знаходиться за формулою (6.21):

$$\tau_{\epsilon} = 10^{-5} \cdot (5 - 0,3 \cdot \varphi) \cdot \sum_{i=1}^n h_i, \quad (6.21)$$

- де φ – кут внутрішнього тертя ґрунту;
 h_i – товщина i -го шару, см;
 n – кількість шарів дорожнього одягу.

6.4.6 Граничне напруження зсуву в ґрунті $T_{\epsilon p}$, у мегапаскалях, визначають за формулою (6.22):

$$T_{\epsilon p} = c_{\epsilon p} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (6.22)$$

- де $c_{\epsilon p}$ – зчеплення в ґрунті активної зони земляного полотна в розрахунковий період, МПа, встановлюють експериментально або за довідниковими даними;
 k_1 – коефіцієнт, який враховує вплив навантажень на опір зсуву ґрунту; при розрахунку на вплив динамічного навантаження $k_1 = 1,0$, при статичній дії навантаження або навантаження з малою повторністю $k_1 = 1,5$;
 k_2 – коефіцієнт запасу на неоднорідність умов роботи конструкції, пов'язаний з можливим впливом несприятливих природних особливостей, технологічних та інших чинників; при розрахунку на тривалу дію навантаження $k_2 = 1,23$; при розрахунку на динамічну дію навантаження коефіцієнт k_2 визначається за формулою (6.23):

$$k_2 = 1,816 - 0,15 \cdot \ln \left(\sum N_p / (T_{pdp} \cdot T_{cl}) \right), \quad (6.23)$$

k_3 – коефіцієнт, який ураховує особливості роботи ґрунту в конструкції, пов'язані із збільшенням фактичного зчеплення в ґрунті за рахунок защемлення і явища дилатансії; із введенням коефіцієнта k_3 враховується також відмінність реальних умов взаємодії матеріалу шарів на контакті від прийнятих при побудові номограми (рис. 6.6). Значення k_3 :

піски крупні – 7,0;
 піски середньої крупності – 6,0;
 піски дрібні – 5,0;
 піски пилюваті, супіски крупні – 3,0;
 глинисті ґрунти (глини, суглинки, супіски, крім крупних) – 1,5.

6.5 Розрахунок монолітних шарів на розтяг при згині

6.5.1 У монолітних шарах дорожнього одягу напруження, що виникають при прогині під дією повторних навантажень, не повинні викликати порушення структури матеріалу і приводити до утворення тріщин, тобто повинна бути забезпечена умова (6.24):

$$K_{мц} \leq \frac{R_{зе}}{\sigma_r}, \quad (6.24)$$

де $R_{зе}$ – гранично допустиме напруження розтягу матеріалу шару з урахуванням втоми, МПа, яке визначають за температури 0 °С та тривалості дії навантаження 0,1;

σ_r – найбільше напруження розтягу у розглянутому шарі, що встановлюється розрахунком, МПа.

6.5.2 Найбільше напруження розтягу σ_r при згині в монолітному шарі визначають за допомогою номограм, побудованих на основі

вирішення задачі теорії пружності про шаруватий напівпростір (рис. 6.7, 6.8). У конструюванні дорожнього одягу зустрічаються два характерних випадки:

а) монолітний шар або кілька суміжних шарів з однотипних монолітних матеріалів знаходяться у верхній частині дорожнього одягу – це асфальтобетонні і подібні їм дорожні покриття, асфальтобетонні основи під асфальтобетонним дорожнім покриттям;

б) монолітний шар, розташований у товщі дорожнього одягу – різного роду монолітні дорожні основи.

6.5.3 Монолітний шар або кілька суміжних шарів з однотипних монолітних матеріалів, які знаходяться у верхній частині дорожнього одягу, розраховують на розтяг при згині за допомогою номограми (рисунок 6.6).

Номограма зв'язує відносну товщину монолітного шару або кількох суміжних шарів h_1/D (горизонтальна вісь) і відношення модуля пружності цих шарів (або шару) до загального модуля на поверхні основи $E_1/E_{заг.осн}$ (криві на номограмі) з максимальним напруженням розтягу σ_r при згині в матеріалі дорожнього покриття від місцевого навантаження рівного 1 МПа (вертикальна вісь). Значення діаметра D круга, рівновеликого площі контакту колеса з дорожнім покриттям, приймається згідно з ДБН В.2.3-4.

6.5.4 При розрахунку на згин монолітних шарів дорожньої основи, потрібно увесь пакет шарів з асфальтобетону приймати за один еквівалентний шар. У цьому випадку модуль пружності еквівалентного шару товщиною, що дорівнює загальній товщині пакета, необхідно визначати за формулою (6.20), а розраховувати на виконання нерівності (6.23) у нижньому шарі.

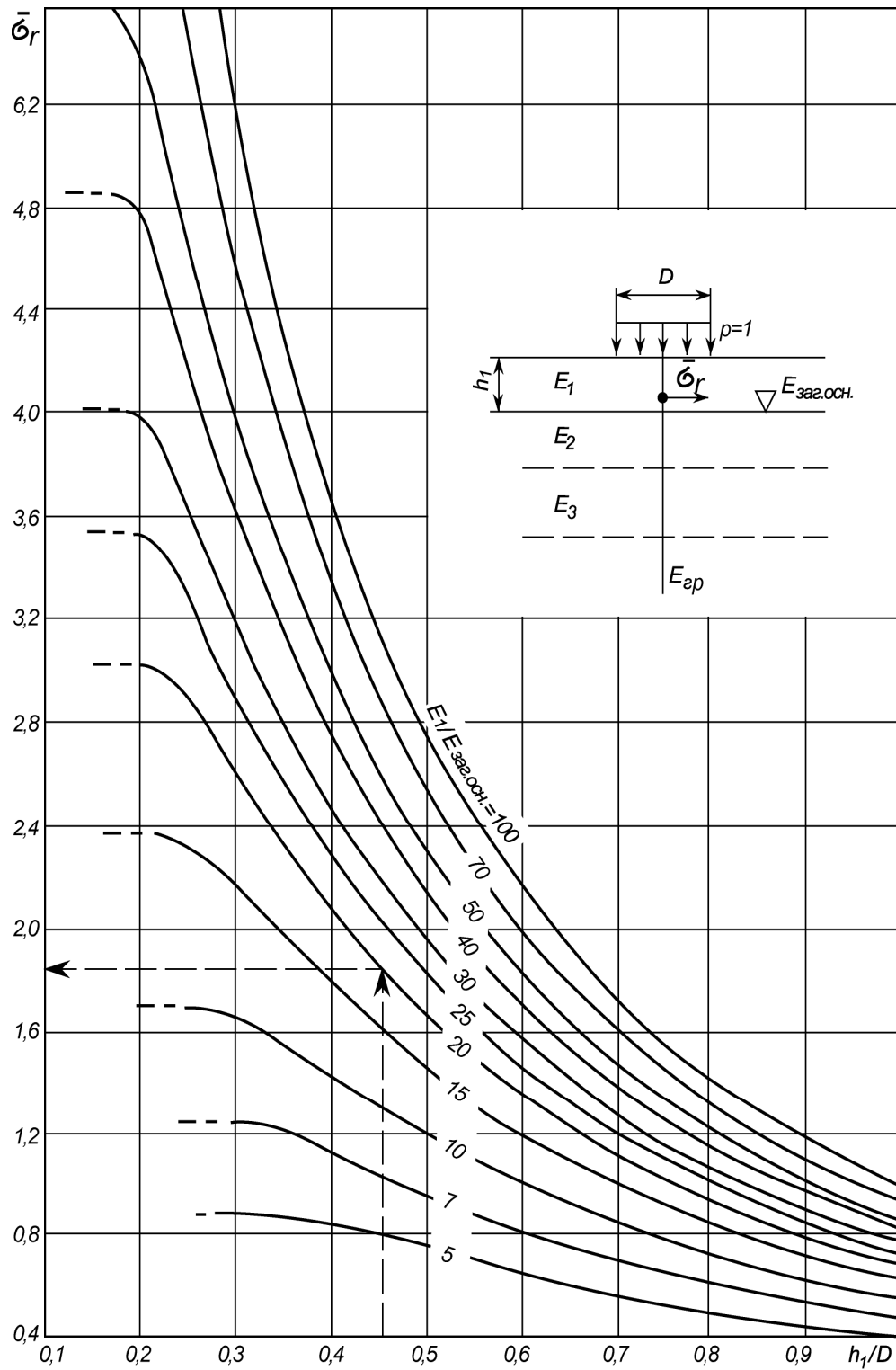


Рисунок 6.6 — Номограма для визначення напружень розтягу $\bar{\sigma}_r$, при згині від разового навантаження у верхньому монолітному шарі дорожнього одягу згідно з 6.5.2, а)

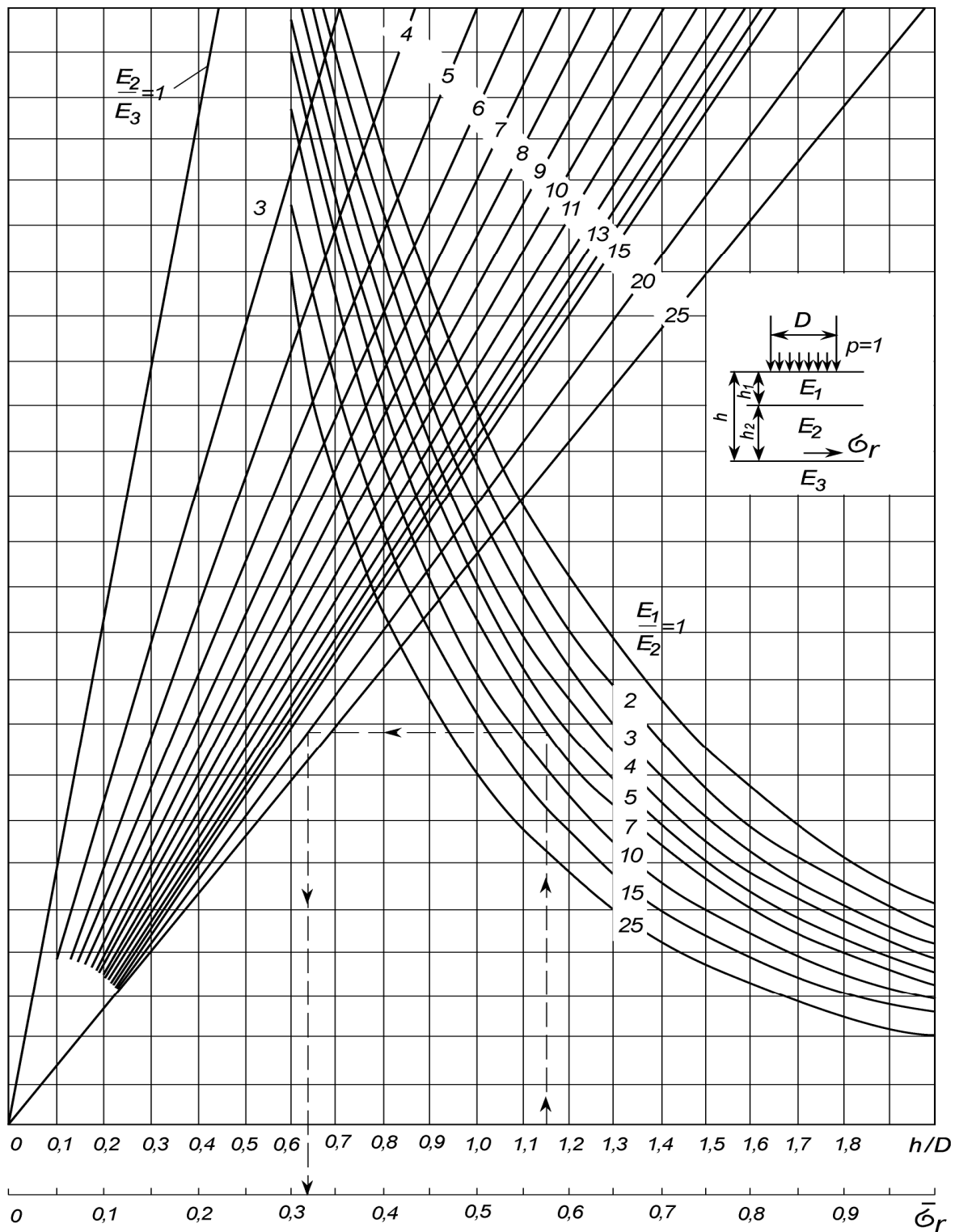


Рисунок 6.7 — Номограма для визначення напруження розтягу $\bar{\sigma}_r$ у проміжному монолітному шарі дорожнього одягу згідно з 6.5.2, б)

6.5.5 Проміжні монолітні шари дорожнього одягу можна розраховувати за номограмою (рис. 6.7). При цьому багатошарову конструкцію попередньо потрібно привести до тришарової, де середнім буде монолітний шар, що розраховується (див. шар 3 на рис. 6.7).

Номограма на рис. 6.7 пов'язує відносну товщину двох верхніх шарів тришарової системи $(h_1+h_2)/D$ і напружень розтягу σ_r від разового навантаження в нижній точці шару, що розраховується, під центром навантаженої площі (де ці напруження досягають найбільшого значення) при різних співвідношеннях модулів пружності шарів E_1/E_2 (криві на номограмі) і E_2/E_3 (промені на номограмі).

6.5.6 Монолітний шар або кілька суміжних монолітних шарів згідно з 6.5.2, а) розраховують на згин у такій послідовності:

– обчислюють h_1/D при одношаровому покритті або $\sum h_{i,a}/D$ (асфальтобетонне дорожнє покриття на основі з асфальтобетонних шарів), а потім за формулою (6.20) знаходять середньозважений модуль пружності пакета шарів з асфальтобетону;

– загальний модуль пружності $E_{заг.осн}$ на поверхні дорожньої основи, визначають за допомогою номограми шляхом послідовного приведення шарів відповідно до 6.3.4;

– за відношенням $E_1/E_{заг.осн}$ та h_1/D або за допомогою номограми (рисунок 6.6) визначають напруження розтягу $\bar{\sigma}_r$, у шарі, що розраховується, від разового навантаження; значення σ_r визначають за формулою (6.25):

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot \rho \cdot k_b, \quad (6.25)$$

де k_b – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану дорожнього покриття під колесом автомобіля ($k_b = 0,85$ для колес зі спареними балонами; $k_b = 1,0$ при розрахунку дорожнього покриття на навантаження – колесо з одним балоном);

– визначають допустимі напруження розтягу $R_{доп}$, у МПа; у пакеті монолітних шарів за розрахункове допустиме розтягуюче напруження, $R_{доп}$ приймають значення, характерне для матеріалу нижнього шару.

Потім обчислюють відношення $R_{доп}/\sigma_r$. Якщо $R_{доп}/\sigma_r \geq K_{ми}$, де $K_{ми}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт надійності та коефіцієнт запасу міцності (таблиця 6.1), то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщини шарів.

6.5.8 Проміжний монолітний шар чи еквівалентний монолітний шар розраховують у такій послідовності. Спочатку за формулою (6.20) обчислюють середньозважений модуль пружності конструктивних шарів, що розташовані вище ніж розрахунковий монолітний шар (шар h_2 на рис. 6.7). Розрахункові модулі пружності шарів з матеріалів, що містять органічне в'язуче, потрібно приймати за температури 0 °С. Шари, що підстилають монолітний шар, треба привести до еквівалентного однорідного напівпростору з модулем пружності E_3 , який можна одержати шляхом послідовного обчислення загальних модулів кожної пари суміжних шарів за номограмою (рис. 6.3). Потім за номограмою на рис. 6.7 треба знайти напруження розтягу $\overline{\sigma}_r$ у розрахунковому шарі від разового навантаження, що діє на поверхні дорожнього покриття. Для цього, з точки на верхній горизонтальній осі, що відповідає відношенню $\sum h_i/D$, треба 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 $\overline{\sigma}_r$. Розрахункове значення σ_r знаходять за формулою (6.24) при $K_b = 1,0$. Далі послідовність розрахунку така, як у 6.5.7.

6.5.9 Міцність матеріалу монолітного шару при багаторазовому розтягу при згині $R_{зе}$, у МПа, визначають за формулою (6.26):

$$R_{ze} = R_p \cdot k_m \cdot k_T \cdot k_{kp}, \quad (6.26)$$

де R_p – розрахункове значення опору розтягу при згині за умов одноразового прикладання навантаження, МПа;

k_m – коефіцієнт, що враховує зниження міцності під час дії погодно-кліматичних факторів (таблиця 6.9);

k_T – коефіцієнт, що враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температуро-усадкових впливів (таблиця 6.9);

k_{kp} – коефіцієнт, що враховує короткочасність та повторюваність навантажень на дорозі:

$$k_{kp} = k_{пр} \cdot \sum N_p^{-\left(\frac{1}{m}\right)}, \quad (6.27)$$

де $k_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у нерозрахунковий період;

m – показник втоми (встановлюють експериментально згідно з [18]);

$\sum N_p$ – обчислюють за формулою (6.10).

Таблиця 6.9 – Значення коефіцієнтів k_m та k_T

Ч.ч.	Матеріал шару, що розраховується	k_m	k_T	$k_{пр}$
1	Асфальтобетон на бітумі модифікованому полімером	1,00	0,90	3,0
2	Асфальтобетон щільний: I марки II марки	0,95	0,85	4,0
		0,90	0,80	4,5
3	Асфальтобетон щебенево-мастиковий	0,85	0,85	7,0
4	Асфальтобетон пористий	0,75	0,80	8,0
5	Асфальтобетон високопористий	0,70	0,75	9,0

7 РОЗРАХУНОК НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ

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

7.2 Спеціальні заходи з забезпечення морозостійкості конструкції дорожнього одягу не проектують:

- у районах з глибиною промерзання менше ніж 0,7 м;
- при земляному полотні, яке влаштоване на всю глибину промерзання з нездимальних або слабоздимальних ґрунтів;
- у випадках, коли необхідна за умовами міцності товщина дорожнього одягу перевищує 2/3 глибини промерзання;
- на ділянках з першим типом місцевості за зволоженням (за винятком ділянок з капітальним дорожнім одягом при пилуватих суглинистих і супіщаних ґрунтах земляного полотна), які не потребують регулювання водно-теплогового режиму роботи конструкції.

7.3 Зимове здимання суттєво не впливає на рівність дорожнього покриття і довговічність дорожнього одягу, якщо загальне нерівномірне підняття проїзної частини у процесі промерзання конструкції не перевищує допустимих значень $l_{доп}$ (у метрах), залежно від типу дорожнього одягу:

- а) капітальний – 0,04;
- б) удосконалений полегшений – 0,06;
- в) перехідний – 0,10.

Для обчислення значення $l_{доп}$ автомобільних доріг з асфальтобетонним покриттям при загальній товщині асфальтобетонних

шарів $\sum_{i=1}^n h_i$, у метрах, з урахуванням ґрунтово-гідрологічних умов роботи конструкції знаходять значення граничного підняття проїзної

частини в процесі промерзання конструкції I_{ep} , у метрах, за формулою (7.1):

$$I_{ep} = \frac{0,0010}{2 \cdot \sum_{i=1}^n h_i} \cdot \left(\frac{L}{m} \right)^2, \quad (7.1)$$

де L – ширина проїзної частини, м;

m – коефіцієнт, який ураховує ґрунтово-гідрологічні умови;

$m = 2$ – при неускладнених ґрунтово-гідрологічних умовах;

$m = 1,5$ – на ділянках доріг з високим рівнем підняття ґрунтових вод та на горбистій місцевості.

Значення $I_{доп}$ встановлюється у межах від $(0,2 I_{ep})$ до $(0,6 I_{ep})$.

7.4 Перевірку конструкції дорожнього одягу на морозостійкість проводять з використанням номограми (рис. 7.1) так, як викладено нижче.

7.5 З урахуванням теплотехнічних властивостей матеріалів знаходять еквівалентну (по відношенню до щебеню з гранітних порід) товщину дорожнього одягу $h_{заг}$, у сантиметрах:

$$h_{заг} = h_1 \cdot \varepsilon_1 + h_2 \cdot \varepsilon_2 + h_3 \cdot \varepsilon_3 + \dots + h_n \cdot \varepsilon_n, \quad (7.2)$$

де $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ – товщини шарів дорожнього одягу, см;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n$ – еквіваленти теплотехнічних властивостей матеріалів по відношенню до ущільненого щебеню.

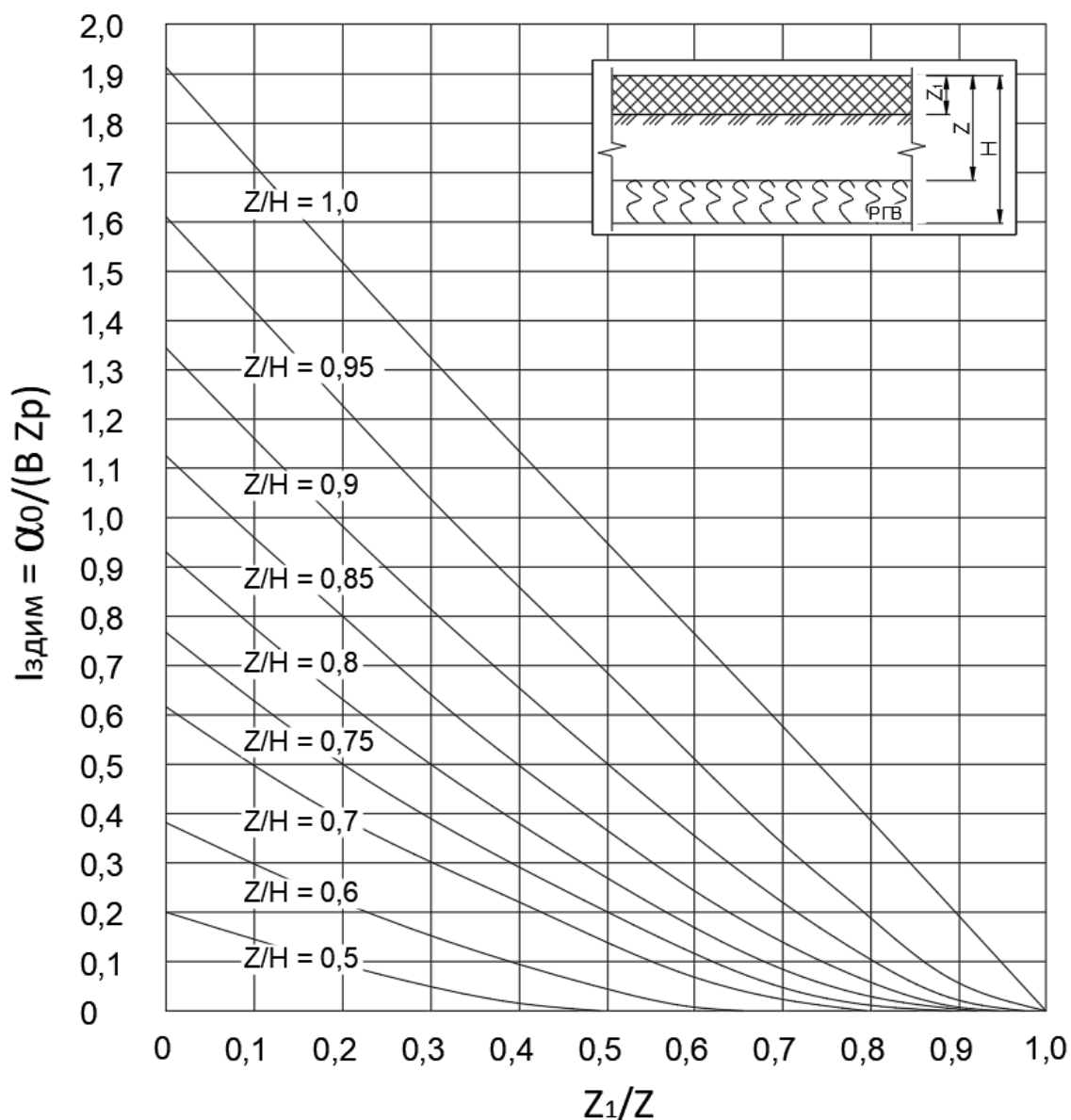


Рисунок 7.1 — Номограма для розрахунку конструкцій дорожнього одягу на морозостійкість

7.6 За рис. 7.2 знаходять найбільшу за зиму нормативну глибину промерзання Z_{max}^H глинистих і суглинистих ґрунтів, визначену для ймовірності перевищення 5 %; для супісків, дрібних та пилюватих пісків отримані за картою значення Z_{max}^H потрібно збільшити на 20 %.

При визначенні нормативної глибини промерзання багат шарового дорожнього одягу Z_H , до отриманого значення нормативної глибини промерзання ґрунту Z_{max}^H вводиться поправка (таблиця 7.1).

Таблиця 7.1 – Значення поправки Δ до Z_{max}^H

Z_{max}^H , см	70	80	90	100	110	120
Δ , см	10	15	20	30	40	45

7.7 Для даного виду ґрунту знаходять комплексну характеристику ґрунту В (таблиця 7.2).

Таблиця 7.2 – Залежність значення комплексної характеристики ґрунту В від виду ґрунту

Вид ґрунту	В, см ² /доб
Піски (непилуваті) з вмістом частинок менше ніж 0,05 мм у межах від 2 % до 15 %; супіски непилуваті крупні	1,5 – 2,0
Глини, суглинки легкі та важкі непилуваті, супіски легкі	3,0 – 3,5
Супіски пилуваті, суглинки важкі пилуваті, піски пилуваті	4,0 – 4,5
Супіски важкі пилуваті, суглинки легкі пилуваті	5,0

7.8 Кліматичний показник α_0 , у сантиметрах квадратних на добу, за наявності експериментальних даних визначають за формулою:

$$\alpha_0 = \frac{(Z - Z_0)^2}{2 \cdot T_3}, \quad (7.3)$$

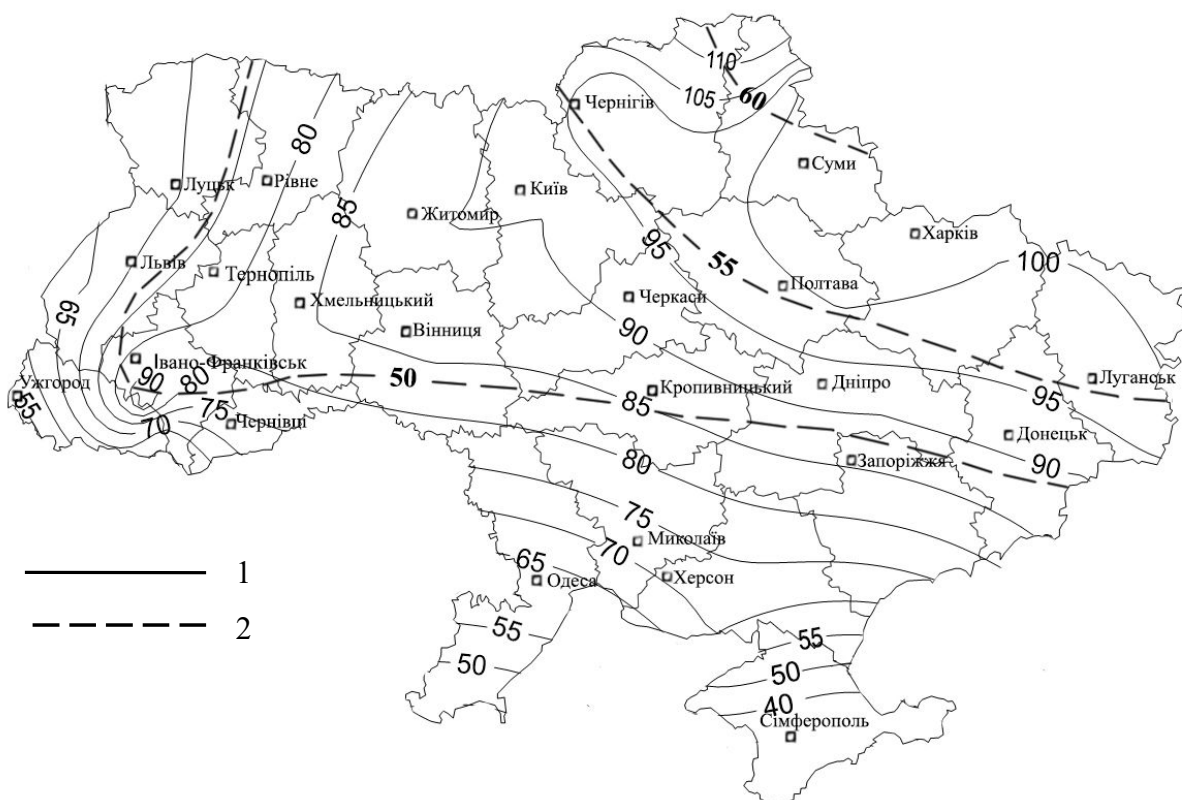
де Z – середня багаторічна глибина промерзання ґрунту, см;

Z_0 – товщина дорожнього одягу на об'єкті вимірювань, см;

T_3 – середня тривалість промерзання ґрунту та земляного полотна, кількість діб.

За відсутності даних спостережень та вимірювання числове значення кліматичного показника α_0 встановлюють за відповідними ізолініями (рис. 7.2).

7.9 Для знаходження загальної товщини шарів із стабільних матеріалів Z_1 необхідно врахувати відношення $I_{здим} \cdot \alpha_0 / (B \cdot Z_p)$ при $I_{здим} = I_{доп}$, знайти його значення на вертикальній осі номограми, провести горизонтальну пряму до перетину з кривою, яка відповідає відношенню розрахункової глибини промерзання Z_p , до розрахункової глибини залягання рівня підземної води H , тобто Z_p/H , i , відмітивши цю точку на горизонтальній осі, отримати значення Z_1/Z_p , та, знаючи Z_p , визначити Z_1 .



1 – ізолінії глибини промерзання ґрунтів (Z_{max}^H); 2 – ізолінії значень кліматичного коефіцієнта (α_0)

Рисунок 7.2 – Карта ізоліній глибини промерзання ґрунтів та ізоліній значень кліматичного коефіцієнта на території України

7.10 Морозостійкість дорожнього одягу перевіряють шляхом порівняння отриманого необхідного значення загальної товщини шарів Z_1 з фактичною еквівалентною товщиною $h_{заг}$ за умовою:

$$\frac{h_{заг}}{Z_1} \geq 1. \tag{7.4}$$

7.11 Можливе підняття поверхні дорожнього покриття $I_{здум}$, тобто деформацію морозного здимання, знаходять за номограмою (рис. 7.1) у зворотній послідовності, беручи замість відношення Z_1/Z_p на осі абсцис відношення h_3/Z_1 ; за відношенням Z_p/H визначають $I_{здум} \cdot \alpha_0/(B \cdot Z_p)$, та знаходять $I_{здум}$. Отримане значення морозного здимання не повинно перевищувати допустимого для даного типу дорожнього одягу, тобто:

$$I_{здум} \leq I_{доп} \quad (7.5)$$

7.12 Якщо для забезпечення потрібної морозостійкості необхідна загальна товщина дорожнього одягу перевищує товщину, отриману розрахунком на міцність, то конструкцію потрібно відкоригувати і знову розрахувати за критеріями граничного стану.

7.13 Якщо морозозахисний шар з фільтруючих матеріалів одночасно служить і елементом дренажної конструкції, він повинен бути розрахований на своєчасне відведення води, що надходить до конструкції.

7.14 Під час реконструкції та капітального ремонту ділянок, які піддаються здиманню, необхідно забезпечити належне поверхнєве водовідведення із прилеглої місцевості з необхідним поздовжнім (не менше ніж 5 ‰) і поперечним похилом споруд водовідведення.

8 РОЗРАХУНОК НА ДРЕНУВАННЯ

8.1 Загальні положення

8.1.1 Метою розрахунку дренажної системи є забезпечення водовідведення (розрахунок на осушення) або розміщення в додатковому шарі основи (розрахунок на поглинання) всієї води, яка надходить до дорожньої основи проїзної частини в розрахунковий період (протягом весняного розмерзання дорожньої конструкції), а також забезпечення максимального захисту земляного полотна від перезволоження поверхневою водою.

8.1.2 Розрахунок конструкції дорожнього одягу на дренавання виконують перед розрахунком конструкції на міцність для визначення мінімальної товщини додаткового шару основи.

8.1.3 Дренувальні шари, що працюють за принципом осушення, необхідно влаштовувати з матеріалів, які задовольняють вимогам таблиці 8.1, та укласти їх під дорожній одяг на всю ширину для збирання та швидкого відведення води за межі земляного полотна.

Коефіцієнт неоднорідності $K_{\frac{60}{10}}$ визначають за формулою (8.1):

$$K_{\frac{60}{10}} = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (8.1)$$

де d_{60} і d_{10} – діаметр частинок, мм, дрібніше яких міститься відповідно 60 % і 10 % за масою.

Необхідно забезпечувати вихід дренавального шару на укоси земляного полотна або скидання води в зливову каналізацію. Також потрібно влаштовувати захист дренажів від замулювання.

Таблиця 8.1 – Вимоги до дренажних ґрунтів

Коефіцієнт фільтрації еталонний, $K_{фе}$	Коефіцієнт неоднорідності, $K_{60/10}$	Вміст частинок розміром менше ніж 0,1 мм, у відсотках, не більше ніж при проектуванні двоххилого поперечного профілю при кількості смуг руху	
		дві	чотири
40	< 3	$\frac{10,0}{7,5}$	$\frac{7,0}{5,5}$
20	3 – 5	$\frac{7,0}{6,5}$	$\frac{5,5}{4,5}$
10	5 – 10	$\frac{4,0}{3,0}$	$\frac{3,0}{2,0}$
5	> 10	$\frac{2,0}{1,5}$	$\frac{1,2}{1,0}$

Примітка. У чисельнику наведено дані для конструкцій з відведенням води трубчастими дренами, у знаменнику – для конструкцій з відведенням води через фільтруючий шар під узбіччями.

8.1.4 При попередньому оцінюванні придатності матеріалу для влаштування дренавального шару коефіцієнт фільтрації K_{ϕ} для даної групи ґрунту визначають за ступенем неоднорідності за формулою(8.2):

$$K_{\phi} = K_{\phi e} \cdot K_{0,1}, \quad (8.2)$$

де $K_{0,1}$ – коефіцієнт, що залежить від вмісту частинок, розміром менших ніж 0,1 мм, у відсотках за масою (визначається за рисунком 8.1);

$K_{\phi e}$ – коефіцієнт фільтрації піску (еталонний) визначається за таблицею 8.1.

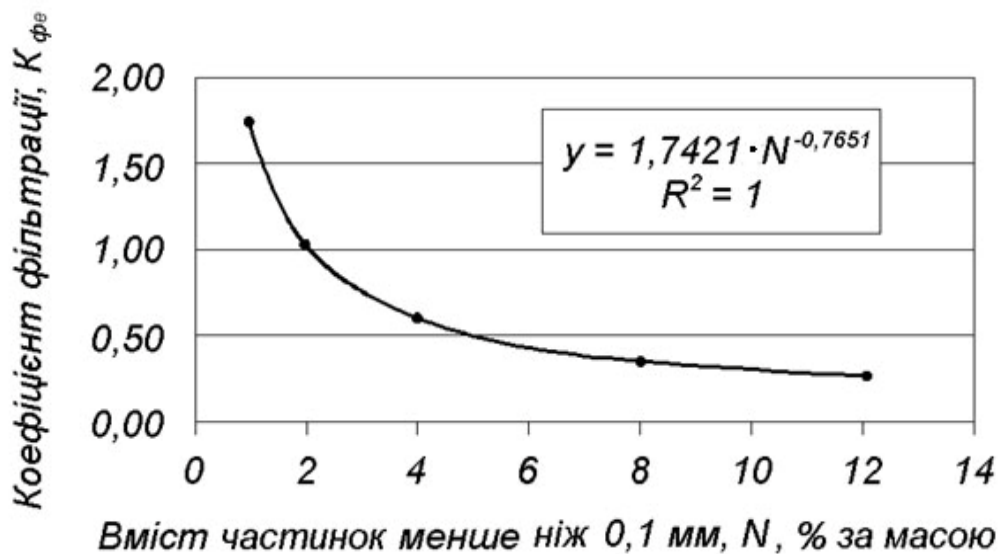


Рисунок 8.1 – Зміна коефіцієнта фільтрації залежно від вмісту частинок розміром менше ніж 0,1 мм

8.1.5 Проектування поздовжніх та поперечних дренажів виконують згідно з [19].

8.1.6 З урахуванням неусталеного режиму припливу води та гідрологічного запасу приплив води в дренавальний шар q_p (у метрах кубічних на 1 м²) за добу обчислюють за формулою (8.3):

$$q_p = \frac{q \cdot K_{\pi} \cdot K_{\Gamma}}{1000}, \quad (8.3)$$

де q – питоме (віднесене до 1 м² проїзної частини) значення припливу води в дорожню основу протягом однієї доби, у метрах кубічних на 1 м² (таблиця 8.2);

K_{Γ} – коефіцієнт, що враховує неусталений режим надходження води через нерівномірне розтавання та випадання атмосферних опадів (таблиця 8.3);

K_{Γ} – коефіцієнт гідрологічного запасу, що враховує пониження фільтруючої спроможності дренавального шару в процесі експлуатації дороги (таблиця 8.3).

Таблиця 8.2 – Надходження води в дорожню основу, що припадає на 1 м² проїзної частини за добу (q), та протягом розрахункового весняного періоду (Q)

Дорожньо-кліматична зона України	Тип місцевості за характером зволоження	Орієнтовна кількість води, що надходить до дорожньої основи, у залежності від ґрунту [22]			
		Супісок піщанистий, пісок пилюватий	Суглинок піщанистий, глина	Суглинок пилюватий	Супісок пилюватий
I	1	0,015/0,0025	0,020/0,0020	0,035/0,0030	0,080/0,0035
	2	0,026/0,0030	0,050/0,0030	0,080/0,0040	0,130/0,0045
	3	0,060/0,0035	0,090/0,0040	0,130/0,0045	0,180/0,0050
II, IV	1	0,010/0,0015	0,010/0,0015	0,015/0,0020	0,030/0,0030
	2	0,015/0,0020	0,025/0,0020	0,030/0,0025	0,040/0,0035
	3	0,025/0,0025	0,040/0,0025	0,050/0,0035	0,060/0,0040
III	3	0,020/0,0020	0,020/0,0020	0,030/0,0025	0,040/0,0030

Примітка 1. У чисельнику наведено об'єм води Q , у метрах кубічних на 1 м², який надходить до дорожньої основи за весь розрахунковий (весняний) період, а в знаменнику – питомий об'єм води q , у метрах кубічних на 1 м², що надходить до дорожньої основи за добу.

Примітка 2. Для насипів, влаштованих із непилюватих ґрунтів, висотою більшою ніж 2 м, в I, IV дорожньо-кліматичній зоні приймають $q = 0,0015 \text{ м}^3/1 \text{ м}^2$, у II та III дорожньо-кліматичних зонах $q = 0,0010 \text{ м}^3/1 \text{ м}^2$.

Примітка 3. За наявності розділової смуги для ділянок, які проходять у нульових відмітках, та насипів висотою менше ніж 2 м, у I дорожньо-кліматичній зоні розрахункові значення Q та q підвищують на 20 %.

Таблиця 8.3 — Значення коефіцієнтів K_{Π} та K_{Γ}

Дорожньо-кліматична зона України	Тип місцевості за характером зволоження	K_{Π} для непиловатих ґрунтів	Пиловаті ґрунти	
			K_{Π}	K_{Γ}
I	1	1,5	1,5	1,0/1,0
	2	1,5	1,6	1,1/1,2
	3	1,6	1,7	1,3/1,2
II	2	1,4	1,5	1,1/1,0
	3	1,5	1,6	1,2/1,0
III	3	1,0	1,3	1,1/1,0
IV	1	1,4	1,5	1,0/1,0
	2	1,5	1,5	1,1/1,2
	3	1,5	1,7	1,3/1,2

Примітка 1. Для непиловатих ґрунтів $K_{\Gamma} = 1,0$.

Примітка 2. У чисельнику наведено значення K_{Γ} при інтенсивності руху понад 1000 авт/добу на смугу, а в знаменнику – при інтенсивності не більше ніж 1000 авт/добу.

8.1.7 На ділянках, де поздовжній похил зменшується, вода накопичується за рахунок різних швидкостей її припливу та відпливу.

Кількість води, що надходить за добу в дорожню основу $q_{\text{виг}}$, у кубічних метрах на 1 м^2 , обчислюється за формулою (8.4):

$$q_{\text{виг}} = q_p \cdot K_{\text{виг}}, \quad (8.4)$$

де $K_{\text{виг}}$ — коефіцієнт, що характеризує накопичення води в місцях зміни поздовжнього похилу.

Кількість води, що надходить в дорожню основу за весь термін запізнення розмерзання водовідвідних пристроїв $Q_{\text{виг}}$, у метрах кубічних на 1 м^2 , обчислюється за формулою (8.5):

$$Q_{\text{виг}} = q_{\text{виг}} \cdot T_{\text{зап}}, \quad (8.5)$$

де $T_{\text{зап}}$ — середня тривалість запізнення початку роботи водовідвідних пристроїв; у I та IV дорожньо-кліматичних зонах $T_{\text{зап}}$ становить від 4 діб до 6 діб, у II та III дорожньо-кліматичних зонах $T_{\text{зап}}$

становить від 3 діб до 4 діб; більші значення приймаються для дрібних пісків.

Якщо похили мають у переломі профілю однакові напрямки, коефіцієнт K_{eiz} визначають за номограмою (рис. 8.2) в залежності від:

$$\frac{i_1 - i_2}{i_2} \text{ та } K_\phi \cdot \frac{i_2}{n},$$

де i_1, i_2 – поздовжні похили, вище та нижче за перелом профілю;

n – пористість матеріалу дренавального шару, у частках одиниці;

K_ϕ – коефіцієнт фільтрації матеріалу дренавального шару, м/доб.

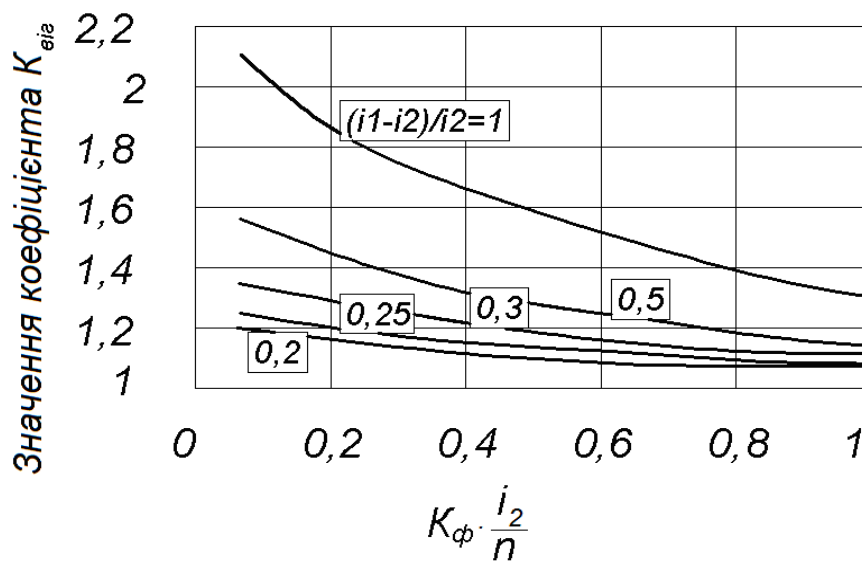


Рисунок 8.2 – Номограма для визначення коефіцієнта K_{eiz}

При зустрічних похилах поздовжнього профілю K_{eiz} визначають за формулою (8.6):

$$K_{eiz} = 1 + \frac{\alpha_\theta \cdot (r_{\text{max}} + 1)}{(2 \cdot n)} \cdot (i_1 + i_2). \quad (8.6)$$

8.2 Розрахунок дренавального шару, що працює за принципом поглинання

8.2.1 Дренавальний шар, що працює за принципом поглинання, проектується, виходячи з умов розміщення в порах дренавального матеріалу всього об'єму води Q , яка надходить у дорожню основу, і

своєчасного її відведення після розмерзання споруд дорожнього водовідведення.

На ділянках доріг з проїзною частиною, що має більше ніж дві смуги руху, де неможливо забезпечити довжину фільтрації менше ніж 10 м, дренавальний шар повинен бути розрахований за принципом поглинання.

8.2.2 Розрахунок товщини дренавального шару (h_n) проводять за номограмою на рис. 8.3. Кількість води, що може розміститися у вільних порах Q , у метрах кубічних на 1 м^2 , визначають за формулою (8.7):

$$Q = q_p \cdot t, \quad (8.7)$$

де q_p – приплив води в дренавальний шар (у метрах кубічних на 1 м^2) за добу обчислюють за формулою (8.3);

t – повна кількість днів надходження води в дорожню основу.

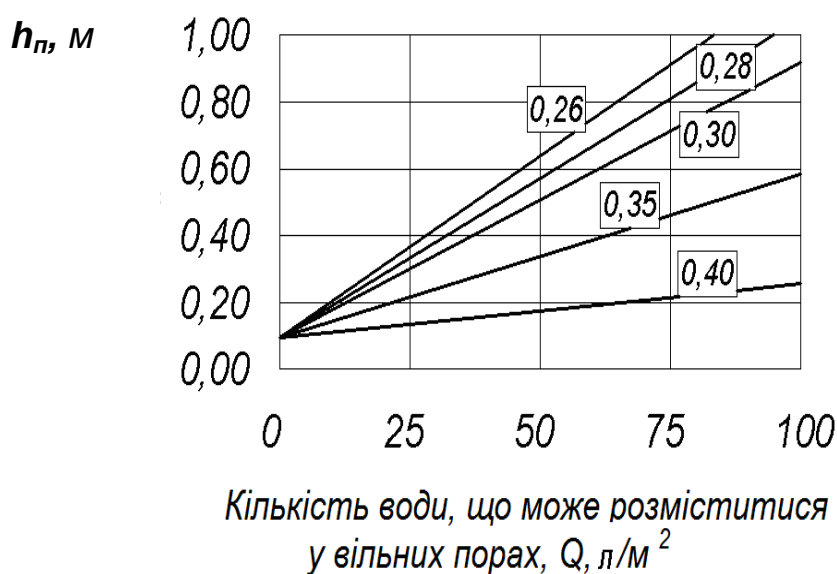


Рисунок 8.3 – Номограма¹⁾ для розрахунку товщини h_n дренавального шару, який працює за принципом поглинання, де числа на прямих – величина пористості піску

¹⁾ Номограма побудована для Північної та Гірської зон. Для Центральної та Південної зон товщина дренавального шару визначається за формулою $h_{nЦ} = 0,7 \cdot h_n$.

Знаючи значення Q для вибраного виду ґрунту дренавального шару, знаходять його повну товщину.

При цьому, в III дорожньо-кліматичній зоні при розрахунку Q потрібно враховувати випаровування вологи за розрахунковий період. Якщо тривалість розрахункового періоду невідома, значення Q можна визначати за таблицею 8.2.

8.2.3 За номограмою (рис. 8.3) також, за необхідності, виконують перевірку умов достатності товщини дренавального шару, який розраховують за методом осушення, для тимчасового розміщення кількості води Q розрахованої за формулою (8.7).

8.3 Розрахунок дренавального шару, що працює за принципом осушення

8.3.1 Дренавальний шар, що працює за принципом осушення, проектується, виходячи з умов, що сумарний добовий об'єм води, яка надходить до дорожньої основи, повністю відводиться за той самий період часу. При цьому необхідно передбачати можливість нетривалого (протягом (3 – 6) діб) розміщення води у вільних порах дренавального матеріалу внаслідок різних строків розмірзання різних частин дренажної системи.

Дренажна конструкція повинна бути розрахована так, щоб на першому етапі було забезпечено тимчасове розміщення води, що прибуває у дренавальний шар до початку роботи споруд дорожнього водовідведення, а на другому етапі – своєчасне та повне відведення води з дорожньої основи.

8.3.2 Для запобігання небезпечній гідравлічній дії на матеріал і забезпечення його стійкості у дренавальному шарі під дією короткочасних повторних навантажень від автомобілів, що рухаються, повну товщину дренавального шару h_p , у метрах, який працює за принципом осушення, визначають за формулою (8.8):

$$h_p = h_{нас} + h_{зан}, \quad (8.8)$$

де $h_{нас}$ – товщина шару, повністю насиченого водою, м;

$h_{зан}$ – додаткова товщина шару, що залежить від капілярних властивостей матеріалу і становить для пісків: крупних від 0,10 м до 0,12 м; середньої крупності від 0,14 м до 0,15 м і дрібних від 0,18 м до 0,20 м.

В усіх випадках, товщина дренавального шару повинна становити не менше ніж мінімальна допустима товщина шару з матеріалу згідно з ДБН Б В.2.3-4.

8.3.3 При проектуванні дренавального шару із крупних пісків та інших матеріалів із коефіцієнтом фільтрації більше ніж 10 м/доб, розрахунок його товщини з урахуванням необхідності своєчасного відведення води ведуть за номограмою (рис. 8.4).

За значенням q_p (у метрах кубічних за добу на 1 м²) і K_ϕ (у метрах за добу) на осі абсцис номограми знаходять відношення q_p/K_ϕ і для значення поперечного похилу ґрунтової основи знаходять на осі ординат $h_{нас}$, у метрах, при довжині шляху фільтрації L , у метрах; якщо значення $L > 3,5$, значення $h_{нас}$ множать на відношення $L/3,5$.

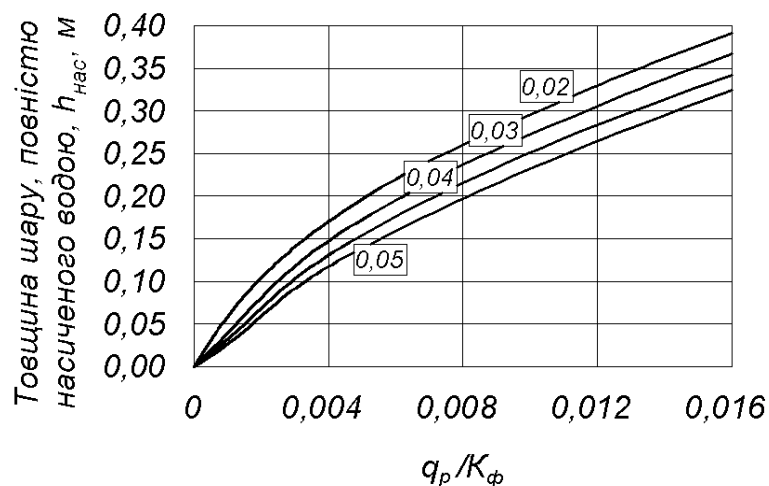


Рисунок 8.4 – Номограма для розрахунку товщини дренавального шару із крупних пісків з коефіцієнтом фільтрації більше ніж 10 м/доб (числа на кривих – поперечний похил поверхні нижче розташованого шару)

Повну товщину дренавального шару h_p розраховують за формулою (8.8). За номограмою (рис. 8.4) знаходять необхідний коефіцієнт фільтрації крупного піску за визначеними значеннями q_p , h , i , $h_{нас}$, L .

8.3.4 Дренавальний шар, що проектується із дрібних пісків і пісків середньої крупності, а також з крупних пісків та матеріалів з коефіцієнтом фільтрації менше ніж 10 м/доб, розраховують таким чином.

Розраховують відношення q^r/K_ϕ , де q^r – приплив води за добу у метрах кубічних на 1 м пог. дороги, K_ϕ – коефіцієнт фільтрації дренавального матеріалу.

Значення q^r знаходять із урахуванням значення q_p при двосхилому та односхилому профілях проїзної частини за формулами (8.9) та (8.10) відповідно:

$$q^r = q_p \cdot \frac{B}{2}, \quad (8.9)$$

$$q^r = q_p \cdot B, \quad (8.10)$$

де B – ширина проїзної частини, м.

Потім за номограмою (рис. 8.5) для визначеного q^r/K_ϕ і поперечного похилу ґрунтової основи знаходять величину $h_{нас}$; за формулою (8.8) визначають повну товщину дренавального шару.

Для повздожнього дренажу згідно з [19], розрахунок дренавального шару здійснюють відповідно до номограм на рис. 8.6.

За номограмами на рисунках 8.5 та 8.6 також можна знайти необхідний коефіцієнт фільтрації матеріалу при заданій товщині дренавального шару.

8.3.5 Загальна товщина дренавального шару може бути зменшена шляхом:

– збільшення поперечного похилу поверхні розташованого нижче шару;

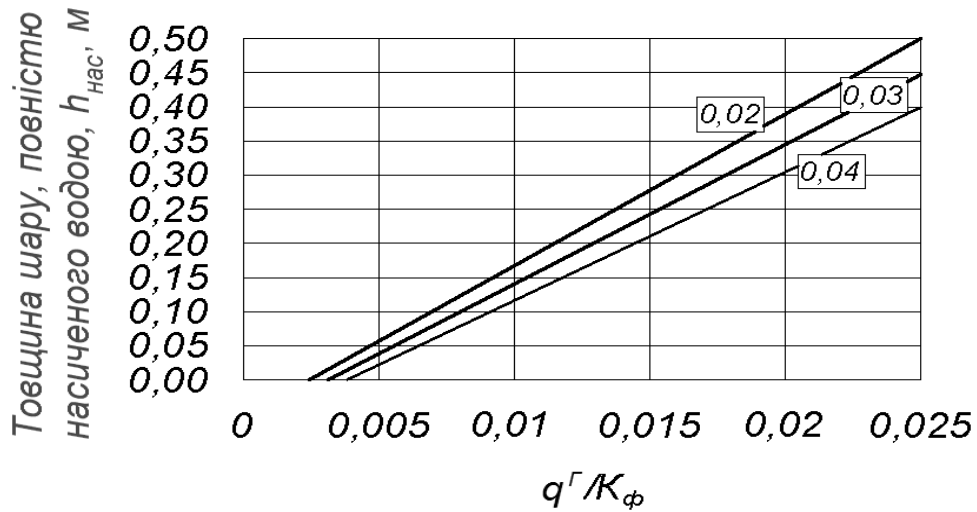


Рисунок 8.5 – Номограма для розрахунку товщини $h_{нас}$ дренавального шару із дрібних пісків і пісків середньої крупності, а також крупних пісків та матеріалів з коефіцієнтом фільтрації менше ніж 10 м/доб (числа на кривих – поперечний похил поверхні розташованого нижче шару)

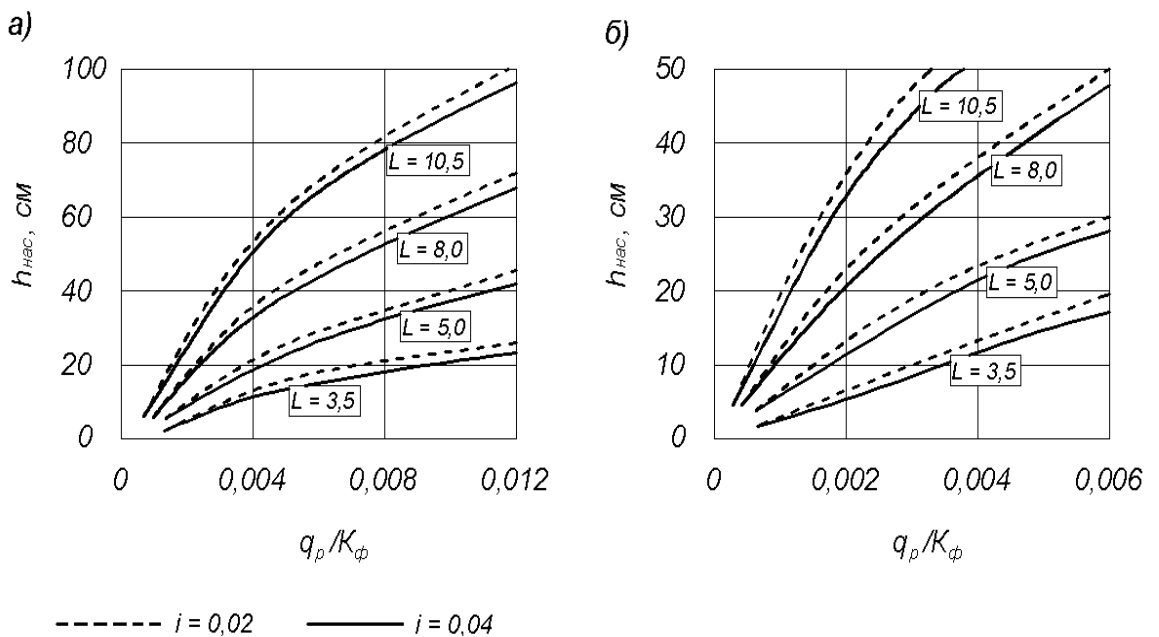


Рисунок 8.6 – Номограма для розрахунку товщини дренавального шару в конструкції із поглибленими поздовжніми рівчачками з піску: а) дрібного; б) середньої крупності

- використання для влаштування дренавального шару матеріалів із більшим коефіцієнтом фільтрації;
- заміни виду ґрунту верхньої частини земляного полотна на інший, із меншим притоком води в розрахунковий період;
- зменшенням припливу води за допомогою спеціальних заходів;
- зменшенням зволоження місцевості шляхом пониження рівня ґрунтової води.

При питомому притоці води q_p понад $0,005 \text{ м}^3/1 \text{ м}^2$ вздовж країв проїзної частини влаштовують поздовжні трубчасті дрени.

8.4 Гідроізолювальні і капіляронеривальні прошарки

8.4.1 Застосування гідроізолювальних і капіляронеривальних прошарків визначається виходячи з умови зволоження земляного полотна.

8.4.2 Гідроізолювальні прошарки можуть влаштовуватися:

- в один шар, в тому числі із застосуванням геосинтетичних матеріалів згідно з ГБН В.2.3-37641918-544 (глиномат, полімерна геомембрана, тощо);
- у вигляді "ґрунту в обоймі".

Другий тип, крім функції усунення впливу ґрунтових вод, виконує також функції несного шару дорожнього одягу.

Капіляронеривальні прошарки можуть влаштовуватися:

- з щебенево-піщаних сумішей згідно з [11] (приймаються як суміші для влаштування вирівнюючих або дренавальних шарів) або піщано-гравійних сумішей згідно з [21];
- із щебеню та гравію із щільних гірських порід згідно з [11, 22 - 23].

ДОДАТОК А
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 Закон України «Про автомобільні дороги» від 08.09.2005 № 2862-IV
- 2 ДСТУ Б В.2.3-42:2016 Автомобільні дороги. Методи визначення деформаційних характеристик земляного полотна та дорожнього одягу
- 3 ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови
- 4 ДСТУ Б В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови
- 5 СОУ 45.2-00018112-057:2010 Будівельні матеріали. Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон на основі модифікованих полімерами бітумів
- 6 ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу з кам'яних матеріалів
- 7 ДСТУ Б В.2.7-207:2009 Будівельні матеріали. Матеріали щебеневи, гравійні та піщані, оброблені неорганічними в'язучими. Технічні умови
- 8 Р В.2.7-37641918-880:2017 Рекомендації з підбору складу та застосування щебенево-піщаних сумішей, оброблених комплексним бітумомінеральним в'язучим
- 9 СОУ 45.2-00018112-046:2009 Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві
- 10 Р В.3.2-218-03450778-477:2005 Рекомендації по ремонту тріщинуватих дорожніх покриттів з використанням мембранної технології
- 11 ДСТУ Б В.2.7-30:2013 Матеріали нерудні для щебених і гравійних основ та покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні умови

12 ДСТУ XXXX:201X* Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу

13 ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Грунти. Класифікація

14 ДСТУ 8801:2018 Автомобільні дороги. Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу з укріплених ґрунтів

15 ДСТУ Б В.2.7-306:2015 Суміші бітумомінеральні дорожні. Методи випробувань

16 ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань

17 СОУ 45.2-00018112-076:2012 Асфальтобетонні шари з армуючими прошарками. Метод визначення розрахункових характеристик

18 ДСТУ EN 12697-24:2018 (EN 12697-24:2012, IDT) Бітумомінеральні суміші. Методи випробування гарячих асфальтобетонних сумішей. Частина 24. Опір втоми

19 ДСТУ-Н Б В.2.3-41:2016 Настанова з проектування дренажних конструкцій мілкового закладання на автомобільних дорогах

20 ДСТУ Б В.2.7-203:2009 Будівельні матеріали. Суміші піщано-гравійні для будівельних робіт. Технічні умови.

21 ДСТУ Б В.2.7-71-98 Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт

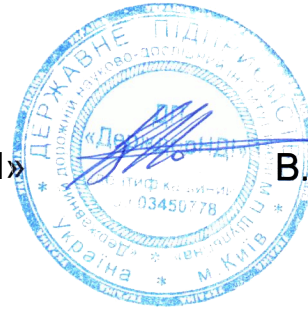
22 ДСТУ Б В.2.7-74-98 Будівельні матеріали. Крупні заповнювачі природні, з відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Класифікація

23 ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови.

* На розгляді

Ключові слова: асфальтобетон, дорожня основа, дорожнє покриття, додатковий шар основи, інтенсивність руху, модуль пружності, нежорсткий дорожній одяг.

Науковий керівник,
Перший заступник директора
з наукової роботи ДП «ДерждорНДІ»



В. Вирожемський

Відповідальний виконавець,
провідний науковий співробітник
ДП «ДерждорНДІ»

С. Головко