



ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

ДОРОЖНІЙ ОДЯГ НЕЖОРСТКИЙ

ПРОЕКТУВАННЯ

ГБН В.2.3-37641918-559:201X

(Проект, друга редакція)

Київ
Міністерство інфраструктури України
201X

ПЕРЕДМОВА

- 1 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: **В. Вирожемський**, к-т техн. наук (керівник розробки); **С. Головка**, к-т техн. наук, **К.Краюшкіна**, к-т техн. наук, **В. Нагайчук**, к-т техн. наук; **Т. Терещенко**, к-т хім. наук (ДП «ДерждорНДІ»); **І. Гамеляк**, д-р техн. наук; **В. Мозговий**, д-р техн. наук, **Д. Павлюк**, д-р техн. наук, (НТУ); **В. Жданюк**, д-р техн. наук, **А. Батракова**, д-р техн. наук, **В. Золотарьов**, д-р техн. наук, **В. Ряпухін**, к-т техн. наук (ХНАДУ)

- 2 ВНЕСЕНО: Департамент розвитку мережі доріг Державного агентства автомобільних доріг України

- 3 ПОГОДЖЕНО: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлового комунального господарства України, лист від _____ 201X № _____

- 4 ЗАТВЕРДЖЕНО: Міністерство інфраструктури України, наказ від _____ № _____

НАБРАННЯ ЧИННОСТІ: з « _____ » _____ 201X р.

НА ЗАМІНУ ВБН В.2.3-218-186-2004

Право власності на цей документ належить державі. Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований і розповсюджений як офіційне видання без дозволу Укравтодору

ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	1
3 Терміни та визначення понять	2
4 Загальні положення	2
5 Конструювання нежорсткого дорожнього одягу	4
6 Розрахунок на міцність	16
6.1 Загальні положення	16
6.2 Розрахункові навантаження та інтенсивність руху	19
6.3 Розрахунок дорожнього одягу за допустимим пружним прогином	26
6.4 Розрахунок за умовою зсувостійкості земляного полотна та шарів із незв'язних матеріалів	31
6.5 Розрахунок монолітних шарів на розтяг при згині	37
7 Розрахунок на морозостійкість	43
8 Розрахунок на дренажування	48
8.1 Загальні положення	48
8.2 Розрахунок дренавального шару, що працює за принципом поглинання	53
8.3 Розрахунок дренавального шару, що працює за принципом осушення	54
8.4 Гідроізолювальні і капіляронеривальні прошарки	60
Додаток А Бібліографія (довідковий).....	62

ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ ДОРОЖНІЙ ОДЯГ НЕЖОРСТКИЙ ПРОЕКТУВАННЯ

Чинні від 201X-XX-XX

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Ці галузеві будівельні норми (далі - норми) встановлюють технічні вимоги до проектування нежорсткого дорожнього одягу і використовуються при проектуванні нових та реконструкції або капітальному ремонті існуючих автомобільних доріг загального користування.

1.2 Ці норми застосовуються в розвиток і на додаток до підрозділу 8.2 ДБН В.2.3-4.

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

ВБН В.2.3-218-541:2010 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами

ВБН В.2.3-218-545:2009 Споруди транспорту. Укріплення та стабілізація шарів дорожнього одягу за методом холодного ресайклінгу.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

3.1 У цих нормах використано терміни, встановлені:

- у Законі України “Про автомобільні дороги” [1]: автомобільна дорога, проїзна частина;
- у ДБН В.2.3-4: надійність дорожньої конструкції; вирівнюючий шар;
- у ДБН В.2.6-98: стан граничний;
- у стандарті [2]: асфальтобетон; ґрунтова основа; додатковий шар основи; дорожнє покриття; дорожній одяг; дорожня основа; дренавальний шар; морозозахисний шар; нежорсткий дорожній одяг; розрахункова інтенсивність руху; тонкошарове покриття; здимання дорожнього одягу.

Нижче подано термін, вжитий в цих нормах, та визначення позначеного ним поняття.

3.1.1 міцність дорожнього одягу

Здатність дорожнього одягу опиратися напруженням та деформаціям, що виникають від дії навантажень транспортних засобів та погодно-кліматичних умов.

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1 Проектування дорожнього одягу складається із взаємопов'язаних етапів:

- встановлення вихідних даних;
- 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 дренавання (за необхідності);
- техніко-економічне порівняння варіантів та вибір рекомендованої конструкції дорожнього одягу.

4.2 Дорожній одяг проектується з урахуванням надійності, яка встановлюється 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.

У залежності від типу дорожнього одягу, матеріали і спосіб їх застосування призначаються згідно з ДБН В.2.3-4 та згідно з вимогами інших нормативних документів, або на основі обґрунтування при виконанні науково-технічного супроводу згідно з ДБН В.1.2-5.

Вихідні дані для проектування дорожнього одягу отримують виходячи з вимог чинних нормативних документів, на основі завдання на проектування, результатів інженерних вишукувань.

4.4 Вибір і раціональне розміщення матеріалів у шарах дорожнього одягу необхідно здійснювати таким чином, щоб якнайкраще використовувати механічні і теплофізичні властивості матеріалів і забезпечити міцність, морозостійкість, технологічність та економічність конструкції.

4.5 Розрахунок альтернативних варіантів дорожнього одягу на міцність здійснюють за двома групами граничних станів:

а) по першій групі за несною здатністю:

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

2) для ґрунтів і шарів з незв'язних (щебеневих, гравійних) та малозв'язних (піщаних, оброблених органічним в'язучим) матеріалів – за критерієм опору зсуву;

б) по другій групі за граничними деформаціями – за критерієм допустимого пружного прогину всієї конструкції (за допустимим загальним модулем пружності).

За необхідності дорожній одяг розраховують на морозостійкість та дренажування.

На основі розрахованих альтернативних варіантів здійснюють техніко-економічне обґрунтування вибору рекомендованої конструкції дорожнього одягу згідно з чинними нормативними документами або за науково-технічним супроводом.

5 КОНСТРУЮВАННЯ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

5.1 При конструюванні нежорсткого дорожнього одягу визначають:

- тип дорожнього одягу і матеріал покриття;
- кількість конструктивних шарів, матеріали, з яких вони будуть влаштовуватися, розташування шарів у конструкції, а також попередньо призначають їх товщини;
- необхідність влаштування додаткового морозозахистного 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 ґрунтів у робочому шарі земляного полотна;
- альтернативні варіанти з урахуванням місцевих умов влаштування та експлуатації дорожнього одягу.

5.2 Варіанти конструкцій нежорсткого дорожнього одягу розробляють для кожної ділянки або ряду ділянок автомобільної дороги, що характеризуються тотожними показниками інтенсивності та складу руху, і призначені для експлуатації за подібними природними умовами на основі альбомів типових рішень (див. [3, 4]) або розробляють індивідуально. При виборі перевагу надають перевіреним на практиці

типовій конструкції дорожнього одягу. При виборі типових конструкцій для автомобільних доріг I-III категорій необхідно здійснювати розрахунки на міцність, а також на морозостійкість та дренажування (за необхідності).

5.3 При конструюванні дорожнього одягу необхідно дотримуватись вимог чинних нормативних документів у залежності від виду дорожньо-будівельних робіт (нове будівництво, реконструкція чи капітальний ремонт).

Для нового будівництва необхідно встановити такі вихідні дані:

- категорія автомобільної дороги;
- інтенсивність та склад руху;
- дорожньо-кліматична зона та регіон проектування;
- параметри земляного полотна та характеристики ґрунтів;
- тип місцевості за умовами зволоження земляного полотна;
- наявність будівельних матеріалів, у тому числі місцевих та побічних продуктів промисловості.

Для реконструкції або капітального ремонту додатково необхідно встановити такі вихідні дані:

- транспортно-експлуатаційний стан автомобільної дороги;
- інформацію про будівництво та ремонтні заходи щодо об'єкта.

5.4 Для одержання вихідних даних при вирішенні задач реконструкції або ремонтів дорожнього одягу необхідно встановити згідно чинних нормативних документів його фактичний модуль пружності у розрахунковий період.

Якщо відсутні достовірні дані про фактичний модуль пружності існуючого одягу, допускається проектувати дорожній одяг на основі матеріалів вишукувань, що містять результати:

- виміру товщини усіх конструктивних шарів дорожнього одягу;
- характеристики стану конструктивних шарів;
- відомості про вид ґрунту земляного полотна та умови його зволоження.

5.5 Вибір матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу здійснюють відповідно до вимог будівельних норм та стандартів, посібників, альбомів типових конструкцій, методичних вказівок, рекомендацій, а також з урахуванням науково-практичного досвіду застосування будівельних матеріалів.

При виборі 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 на ділянках зміни швидкості руху (гальмування або розгону) слід влаштовувати:

1) покриття з зсувостійких асфальтобетонів (щебенево-мастикові асфальтобетони; асфальтобетони на основі нафтових дорожніх бітумів, модифікованих полімерами; асфальтобетони типу А згідно з [5, 6]);

2) верхній шар основи з крупнозернистих асфальтобетонів (з вмістом щебеню не менше ніж 50 % від маси заповнювача) або асфальтобетонів на основі нафтових дорожніх бітумів, модифікованих полімерами; з щебенево-піщаних сумішей, укріплених неорганічним чи комплексним в'язучим, згідно з [7-9];

в) верхній шар основи дорожнього одягу, запроектованого під навантаження груп A_1 та A_2 , влаштовують тільки з асфальтобетону та (або) матеріалів, укріплених цементом чи комплексним бітумомінеральним в'язучим;

г) для автомобільних доріг I – III категорії в конструктивних шарах дорожнього одягу не допускається застосування неукріплених

фракціонованих матеріалів (щебеневих шарів, влаштованих способом розклинювання).

д) передбачити застосування місцевих матеріалів та відходів виробництва.

5.6 В нижніх шарах основи дорожнього одягу при проектуванні дренажувального шару з зернистого матеріалу його влаштовують на всю ширину земляного полотна. У конструкції дорожнього одягу на контакт шарів із крупнозернистих дисперсних матеріалів з піщаними шарами основи чи з ґрунтом земляного полотна слід передбачати застосування геосинтетичних матеріалів для запобігання взаємопроникненню матеріалів суміжних шарів.

5.7 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, слід передбачити додаткові морозозахисні чи теплоізоляційні шари. У цьому випадку конструкцію основи призначають одночасно з проектуванням морозозахисних і дренажувальних шарів.

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

Якщо при конструюванні дорожнього одягу передбачено влаштовування вирівнюючого шару, то його товщина не враховується при розрахунку конструкції на міцність.

5.8 При конструюванні дорожнього одягу шляхом раціонального підбору матеріалу шарів і підґрунтовки необхідно забезпечити міжшарове зчеплення шарів відповідно до [10].

5.9 Для обмеження появи відображених тріщин товщину шарів з матеріалів, що містять органічне в'язуче та укладаються на шари основи із матеріалів, оброблених неорганічним в'язучим, потрібно приймати не

меншою за товщину шарів такої основи, якщо марка матеріалу шару основи становить М40 і вище.

У випадку проектування шару основи із оброблених неорганічним в'яжучим матеріалів, які мають марку менше ніж М40, товщина розташованого вище шару із матеріалів, що містять органічні в'яжучі, може бути знижена на 20 %.

При проектуванні шару основи, обробленого комплексом неорганічного та органічного в'яжучого, якщо марка матеріалу становить М40 і нижче, товщина розташованого вище шару із матеріалів, що містять органічні в'яжучі, може бути знижена на 30 %.

При застосуванні у шарах основи матеріалів, що містять неорганічні в'яжучі та марка яких є вищою, ніж М60, необхідно передбачати тріщиноперериваючі прошарки одного із типів: з армуючих синтетичних матеріалів згідно з ГБН В.2.3-37641918-544; еластичних матеріалів, влаштованих за мембранною технологією; щебеневих або щебеневопопільних сумішей щільного зернового складу згідно з [11] при рекомендованій товщині прошарку не менше ніж 6 см (приймаються як суміші для влаштування вирівнюючих або дренажних шарів).

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

- влаштування робочого шару земляного полотна з практично нездимальних або слабоздимальних ґрунтів із забезпеченням необхідних коефіцієнтів ущільнення згідно з ДБН В.2.3-4;

- влаштування спеціальних прошарків (дренувального,

капіляропереривального, гідроізолювального) для регулювання водно-теплого режиму верхньої частини земляного полотна згідно з ДБН В.2.3-4;

– обробка ґрунтів робочого шару земляного полотна мінеральним в'язучим, у тому числі із додаванням спеціальних добавок (за необхідності).

5.11 Підсилення верхньої частини робочого шару земляного полотна геограткою згідно з ВБН В.2.3-218-544, мінеральним в'язучим (цементом, вапном, тощо) та спеціальними добавками (за необхідності) згідно з ВБН В.2.3-218-541 необхідно передбачати при розрахунковому модулі пружності ґрунту робочого шару земляного полотна менше ніж 40 МПа.

5.12 Загальний модуль пружності на поверхні шару укріпленого ґрунту мінеральним в'язучим та спеціальними добавками (за необхідності) повинен становити не менше ніж 50 МПа. Незалежно від результатів розрахунку товщина укріпленого шару ґрунту не може бути меншою ніж 12 см.

При виконанні розрахунків на міцність укріплений шар ґрунту земляного полотна слід розглядати як конструктивний шар дорожнього одягу.

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

- укріплення узбіч і забезпечення їх поперечного похилу і водонепроникності згідно з ДБН В.2.3-4;
- влаштування системи поверхневого водовідводу (водоприймальних колодязів, лотків тощо);
- підвищення верху покриття над рівнем поверхневих вод згідно з ДБН В.2.3-4.

5.14 Дренувальні шари проектують на ділянках з робочим шаром земляного полотна із слабофільтруючих (переважно глинистих) ґрунтів. Дренувальні шари проектують з піску, гравійних матеріалів та інших фільтруючих матеріалів.

Для дренувальних шарів, які розраховують згідно з 8.2, слід використовувати матеріал з коефіцієнтом фільтрації не менше ніж 1 м/д. Для дренувальних шарів, які розраховують згідно з 8.3, слід використовувати матеріал з коефіцієнтом фільтрації не менше ніж 2 м/д.

5.15 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;
- при влаштуванні розділювальної смуги з ґрунту, без влаштування водовідводу.

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

5.16 Якщо дренувальний шар влаштовується на зтяжному поздовжньому похилі, який більший за поперечний, то в цьому шарі необхідно влаштовувати 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.

5.17 Дренувальні шари слід влаштовувати на всю ширину земляного полотна з виходом на укріплені від розмиву укоси насипу або з укладанням трубчастих дрен чи інших водовідвідних пристроїв.

5.18 У районах, де можливе утворення пари в шарах дорожнього одягу, у додаткових шарах основи слід застосовувати пароізолюючі синтетичні матеріали або влаштовувати прошарки з ґрунтів, оброблених в'язучим, згідно з ГБН В.2.3-37641918-544 та ВБН В.2.3-218-541.

5.19 Для додаткових морозозахисних шарів застосовують стабільні зернисті матеріали (які не змінюють свого об'єму при промерзанні у зволоженому стані), ґрунти, укріплені органічними чи неорганічними в'язучими, неткані синтетичні матеріали, а також ґрунти з низьким ступенем здимання (I та II групи за здиманням) згідно з ДБН В.2.3-4, [11-13], ГБН В.2.3-37641918-544, ВБН В.2.3-218-541.

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

5.20 Додатковий шар основи в місцях зміни конструкції дорожнього одягу, у зв'язку зі зміною матеріалів, ґрунтово-гідрологічних та інших умов, повинен забезпечувати рівень здимання, не вищий за рівень на суміжних ділянках. Цього слід досягати заміною матеріалу морозозахисного шару основи або регулюванням товщини цього шару.

5.21 У додаткових шарах основи, потрібно застосовувати протизамулювальні матеріали з укріплених матеріалів, нетканих синтетичних матеріалів та плівкоутворюючих матеріалів згідно з п.5.11.

5.22 Капілярнопереривальні прошарки використовують при близькому заляганні ґрунтової води, коли її рівень розташований вище глибини промерзання, та при тривалому підтопленні (понад 30 діб) поверхневими водами.

Капілярнопереривальні прошарки влаштовують товщиною від 0,10 м до 0,15 м на всю ширину земляного полотна. Для влаштування капілярнопереривального прошарку застосовують пісок, щебінь, гравій або ґрунт в «обоймі» з геотекстильних матеріалів.

5.23 Якщо зернистий неукріплений матеріал основи укладається

безпосередньо на ґрунт земляного полотна, для запобігання взаємному проникненню матеріалів суміжних шарів слід передбачати застосування геосинтетичних матеріалів або влаштування додаткового шару основи з піщано-гравійних сумішей чи місцевих кам'яних матеріалів.

5.24 При конструюванні нежорстких дорожніх одягів з використанням геосинтетичних матеріалів ураховують наступні положення.

Армуючі синтетичні матеріали використовують при будівництві, реконструкції або ремонті нежорстких дорожніх одягів з асфальтобетонним покриттям для влаштування тріщиноперериваючих прошарків згідно вимог ГБН В.2.3-37641918-544.

Тріщиноперериваючий прошарок влаштовують:

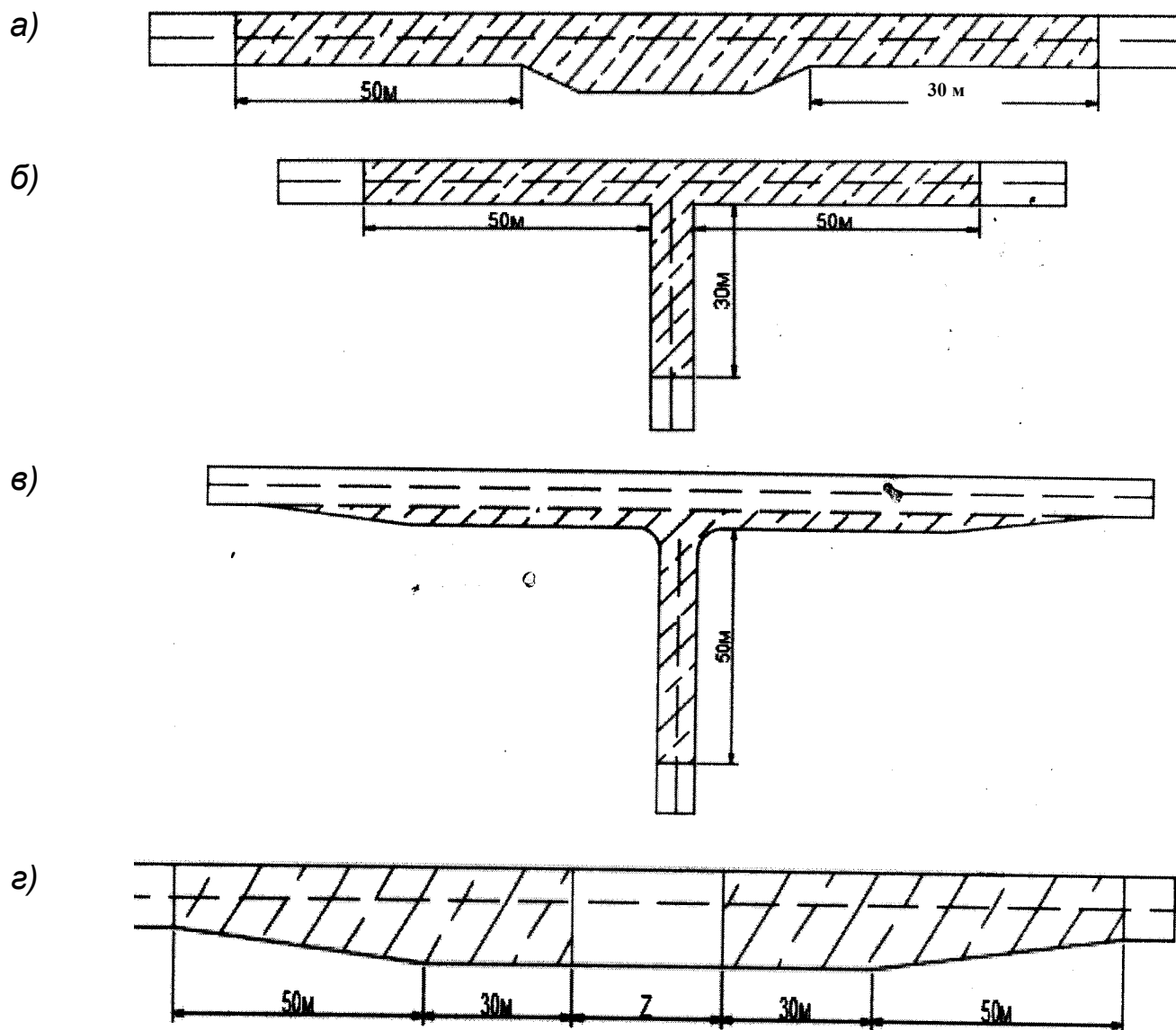
- а) над тріщинами в асфальтобетонному або швами у цементобетонному шарі дорожнього одягу, що ремонтується;
- б) над зонами, у яких передбачається поява тріщини, у тому числі:
 - 1) над робочими швами в шарах основи із цементобетону;
 - 2) у зоні сполучення старої й нової конструкцій дорожнього одягу при поширенні автомобільної дороги.

Ширина армуючого синтетичного матеріалу при поширенні має бути не меншою ніж 5,0 м і заходити на одну із смуг руху не менше ніж на 1,5 м.

Асфальтобетонне покриття, що має тріщини від 10% до 35 % від загальної площі, потрібно армувати металевими, полімерними або базальто- чи склопластиковими ґратками, які розташовують під шаром асфальтобетону товщиною не менше за мінімальну в залежності від дорожньо-кліматичної зони будівництва згідно з ГБН В.2.3-37641918-544, або між середнім та нижнім шаром.

При посиленні дорожнього одягу, асфальтобетонне покриття якого має значну мережу тріщин (понад 35 %), передбачають армування ґратками шару посилення: в місцях зміни режиму руху транспортних

засобів (на підйомах, спусках до 30 ‰, при повздожньому профілі понад 30 ‰ необхідно передбачати спеціальні заходи для забезпечення зсувостійкості розроблені на основі науково-технічного супроводу); на ділянках примикання смуг руху та з'їздах, перехідно-швидкісних смугах тощо; на під'їздах до перехресть та за ними з довжиною армованої ділянки 30 м; по всій ширині місць на зупинках за 50 м до і 30 м після ділянки; по всій ширині стоянки транспортних засобів уздовж лінії розміщення коліс задньої осі, включаючи зони гальмування і розгону (рисунки 1); у даних зонах необхідно використовувати асфальтобетони на основі нафтових дорожніх бітумів, модифікованих полімерами.



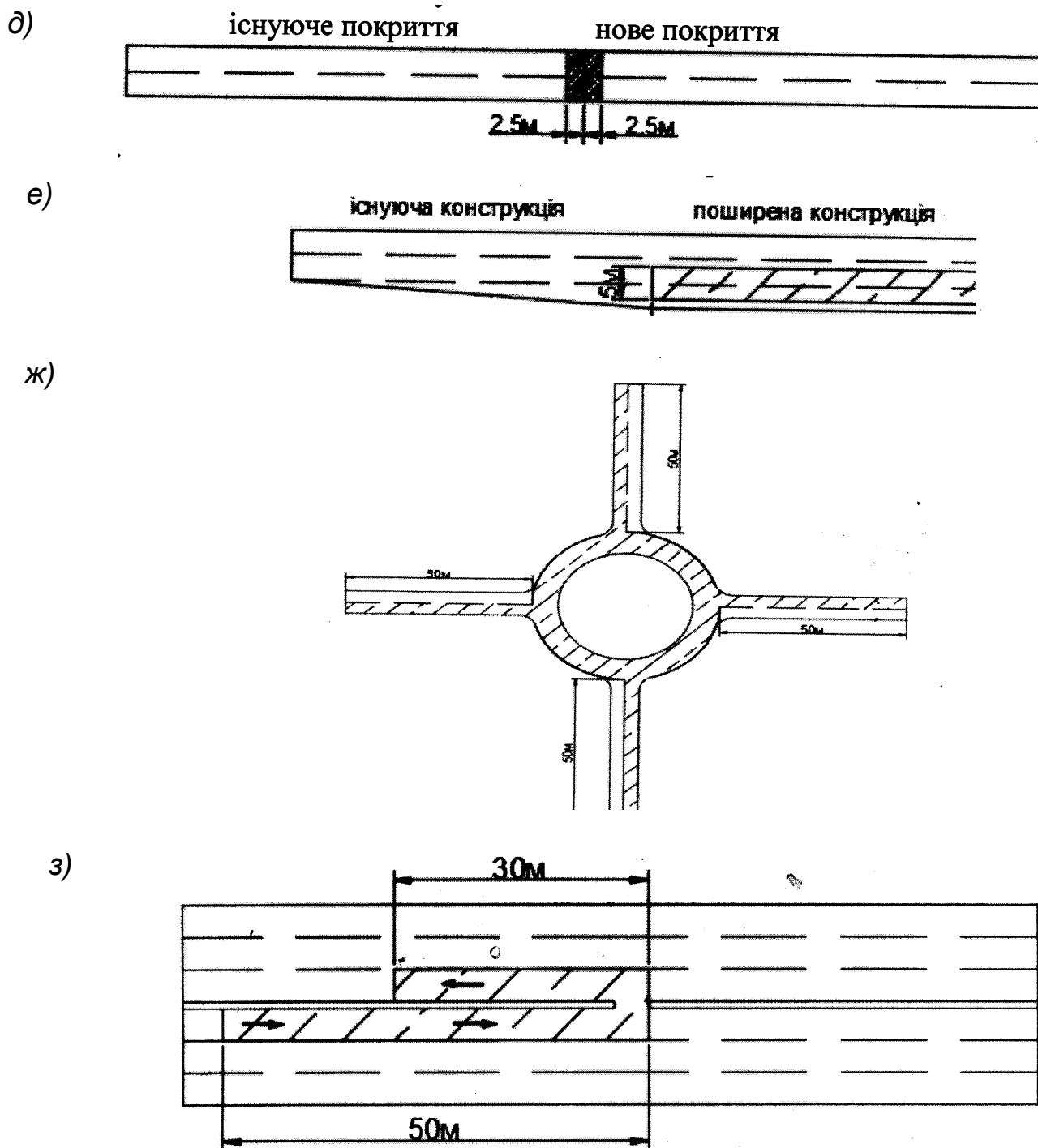


Рисунок 1 – Схеми конструктивного армування автомобільних доріг в місцях зміни режимів руху транспортних засобів та стикування старого та нового покриттів на ділянках: а) зупинка транспорту загального користування; б) т-подібне перехрестя; в) примикання доріг з високою інтенсивністю руху; г) перехідно-швидкісна смуга; д) ділянка стикування старого та нового покриття; е) ділянка поширення існуючого покриття; ж) транспортна розв’язка; з) віднесений лівий поворот

У місцях зміни режимів руху транспортних засобів та стикування старого та нового покриттів необхідно передбачати армування зернистих матеріалів геосинтетичними ґратками для сприйняття додаткових зсувних зусиль та динамічних навантажень від коліс транспортних засобів.

5.25 Під час конструювання при реконструкції або капітальному ремонті існуючого дорожнього одягу необхідно керуватися такими принципами:

- тип покриття та конструкція дорожнього одягу повинні задовольняти транспортно-експлуатаційні вимоги;
- при призначенні конструкції і матеріалів для шарів підсилення необхідно враховувати попередній досвід служби дорожнього одягу за період експлуатації дороги;
- причини виникнення руйнувань на ділянках існуючого дорожнього одягу мають бути усунені;
- має бути обґрунтована доцільність використання існуючої конструкції дорожнього одягу чи окремих конструктивних шарів, а також доцільність використання матеріалів конструктивних шарів після їхньої переробки;
- має бути розглянута необхідність підвищення морозостійкості існуючої конструкції, забезпечення чи поліпшення дренажних властивостей існуючої конструкції, а також необхідність розширення конструкції дорожнього одягу.

5.26 Конструювання дорожніх одягів при реконструкції або капітальному ремонті повинно передбачати заходи для забезпечення осушення й морозостійкості дорожнього одягу, особливо на ділянках, що піддані характерним деформаціям і руйнуванням, пов'язаним з перезволоженням ґрунту земляного полотна згідно чинних нормативних документів.

5.27 У разі потреби розширення існуючого дорожнього одягу, при реконструкції ділянок автомобільної дороги, конструювання дорожнього одягу на розширенні виконується відповідно до методики і вимог даних Норм як для проектування конструкції дорожнього одягу для нового будівництва.

6 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ

6.1 Загальні положення

6.1.1 Розрахунок нежорсткого дорожнього одягу виконують за критеріями:

- опір пружному прогину всієї конструкції (за допустимим загальним модулем пружності);
- опір зсуву в ґрунті та шарах з незв'язних або малозв'язних матеріалів (за допустимим напруженням зсуву);
- опір шарів з монолітних матеріалів розтягу при згині (за 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 короточасну багаторазову дію рухомих навантажень. Тривалість дії навантаження від рухомого автотранспорту приймають рівною 0,1 с.

Дорожній одяг на зупинках громадського транспорту, перехрещеннях доріг, на підходах до пересічень із залізничними і трамвайними шляхами тощо, розраховують на багаторазову короточасну дію рухомого навантаження, а також на тривале статичне навантаження (600 с).

Дорожній одяг на узбіччях доріг та на стоянках автотранспортних засобів розраховують на тривале статичне навантаження (600 с).

Дорожній одяг з шарами із асфальтобетону та (або) матеріалів,

оброблених органічними в'язучими, можуть розраховуватись на багаторазову дію рухомих (з різною тривалістю дії навантаження) та статичних навантажень згідно чинних нормативних документів.

6.1.3 При розрахунках дорожнього одягу можуть бути використані атестовані комп'ютерні програми. Такі програми повинні давати можливість виконувати розрахунки з необхідною точністю та узгоджуватися з результатами розрахунків за номограмами.

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

При необхідності виконання розрахунків дорожнього одягу при інших значеннях коефіцієнтів надійності (з урахуванням категорії дороги, складу та інтенсивності руху, типу дорожнього одягу тощо), коефіцієнт запасу міцності визначається згідно з чинними нормативними документами або на основі науково-технічного супроводу.

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

Категорія дороги	Коефіцієнт надійності, K_H	Характеристика надійності, β	Коефіцієнт запасу міцності, $K_{мц}$, за критерієм граничного стану		
			опір шарів з монолітних матеріалів розтягу при згині	опір пружному прогину всієї конструкції	опір зсуву в ґрунті та шарах з незв'язних або малозв'язних матеріалів
I-а	0,97	1,875	1,39	1,50	1,51
I-б, II	0,95	1,645	1,35	1,43	1,48
III	0,90	1,280	1,29	1,33	1,40
IV	0,85	1,035	1,27	1,29	1,38
V	0,75	0,68	1,19	1,23	1,25

6.1.5 Розрахункові характеристики матеріалів конструктивних шарів і ґрунтів земляного полотна призначають згідно довідникових даних, затверджених у встановленому порядку [14], або визначають

експериментально [15-18].

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

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

де $\bar{R}_{\text{лаб}}$ - середнє значення границі міцності на розтяг при згині, встановлюють згідно з [15] або [18], МПа;

t - коефіцієнт нормованого відхилення від $\bar{R}_{\text{лаб}}$ при відповідному коефіцієнті надійності - встановлюється за таблицею 6.2;

ν_m - коефіцієнт варіації опору розтягу при згині (приймається згідно з [14] або встановлюється за результатами науково-технічного супроводу).

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):

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

де $\bar{W}$ - середнє значення вологості ґрунту, у частках одиниці від W_t , встановлюють згідно з [14];

t - коефіцієнт нормованого відхилення від $\bar{W}$ при відповідному коефіцієнті надійності, встановлюється за таблицею 6.2;

ν_w - коефіцієнт варіації вологості (приймається 0,1 або

встановлюється за результатами науково-технічного супроводу).

6.1.6 Приймається, що конструкція дорожнього одягу забезпечує міцність та жорсткість протягом розрахункового періоду, якщо відповідні критерії граничного стану більші чи дорівнюють своєму нормативному значенню (таблиця 6.1), отриманому з урахуванням необхідного рівня надійності дорожнього одягу, що проектується.

6.1.7 Розрахунок конструкції дорожнього одягу при стадійному будівництві необхідно виконувати з урахуванням фактичних товщин побудованих шарів та розрахункових характеристик їх матеріалів. Визначення товщини шарів, що будуть влаштовуватись на наступній стадії будівництва, виконується виходячи з фактично визначених величин розрахункових характеристик матеріалів шарів, побудованих на попередній стадії (модуль пружності, міцність на розтяг при згині і показник втоми монолітних матеріалів, питоме зчеплення та кут внутрішнього тертя ґрунту та незв'язних або малозв'язних матеріалів при розрахункових станах з урахуванням температури, вологості, часу дії навантаження), з врахуванням фактичного загального модуля пружності конструкції.

6.2 Розрахункові навантаження та інтенсивність руху

6.2.1 При проектуванні дорожнього одягу автомобільної дороги за розрахункове необхідно приймати найбільше навантаження від автотранспортних засобів, систематичний рух яких очікується в найбільш несприятливий для роботи дорожнього одягу період року (погоднокліматичні умови, що призводять до зменшення модулів пружності асфальтобетону, зменшення опору зсуву ґрунтів земляного полотна та незв'язних шарів основи). При цьому, якщо передбачається рух транспортних засобів з навантаженням на вісь, що перевищує нормоване осьове навантаження не більше ніж на 20 %, а кількість таких

транспортних засобів не перевищує 5 % від сумарної інтенсивності руху вантажного транспорту, то за розрахункове слід приймати нормативне навантаження. У такому разі розрахунок дорожнього одягу здійснюють за групами нормативних навантажень в 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 для розрахунку дорожнього одягу на автомобільних дорогах I-а, I-б, II категорій за результатами техніко-економічного обґрунтування, якщо у складі транспортного потоку понад 5 % транспортних засобів з навантаженням на вісь понад 120 кН.

Розрахункове навантаження групи В приймають для розрахунку дорожнього одягу на автомобільних дорогах V категорії, якщо у розрахунковий період не передбачається рух транспортних засобів з навантаженням на вісь понад 60 кН.

6.2.3 За розрахункову схему навантаження дорожнього одягу колесом автомобіля приймається 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, слід приймати:

- при проектуванні дорожнього одягу на нерухоме (статичне) навантаження – середній розрахунковий тиск p колеса на 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_o відбитка колеса рухомого автомобіля та розрахункову інтенсивність руху N_p , що

приведена до розрахункового навантаження.

Значення D_n , D_θ 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 динамічного коефіцієнту 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 необхідно приймати відповідно до ДБН В.2.3-4.

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

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

де $f_{\text{смуги}}$ - 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;

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

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	0,30	—	—
4	0,35	0,20	—	—
6	0,35	0,20	0,05	—
8	0,30	0,20	0,05	0,01

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

Примітка 2. Для розрахунку узбіч приймають $f_{\text{смуги}} = 0,01$.

Примітка 3. На перехрещеннях і підходах до них (у місцях зміни напрямку руху автомобілів для здійснення лівих поворотів тощо) 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 дві).

6.2.6 Значення сумарного коефіцієнта приведення $S_{\text{т сум}}$ визначають із довідникових даних [14], або розраховують за формулою (6.4):

$$S_{\text{т сум}} = \sum_1^k S_n, \quad (6.4)$$

де n - число осей транспортного засобу, для приведення якого до розрахункового навантаження визначають коефіцієнт $S_{\text{іс сум}}$;
 S_n - коефіцієнт приведення номінального динамічного навантаження від колеса з кожної із n осей транспортного засобу до розрахункового динамічного навантаження.

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

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

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

$Q_{розд}$ - розрахункове динамічне навантаження від колеса на покриття;

β - показник степеню, що приймається рівним 4,4.

6.2.8 Номінальне динамічне навантаження $Q_{дн}$ визначається за паспортними даними на транспортні засоби з урахуванням розподілення статичних навантажень на кожну вісь:

$$Q_{дн} = K_{дин} \cdot Q_k, \quad (6.6)$$

де $K_{дин}$ - динамічний коефіцієнт, приймається рівним 1,3;

Q_k - номінальне статичне навантаження на колесо даної осі, кН.

При визначенні номінального динамічного навантаження для багатовісних транспортних засобів необхідно визначити величину навантаження за формулою (6.6) з урахуванням впливу коліс сусідніх осей, розташованих на відстані, меншій ніж 2,5 м один від одного за формулою:

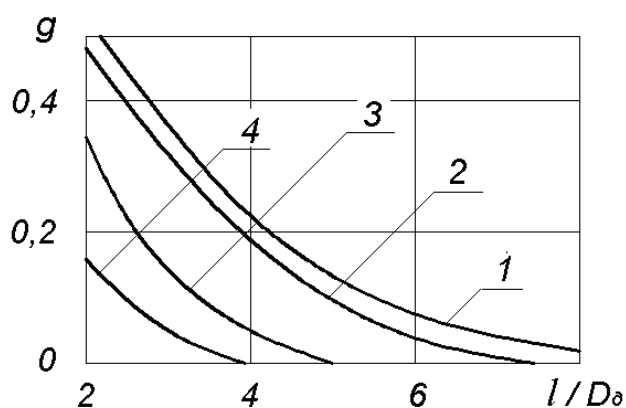
$$Q_{дн} = Q_{kj} (g_{i-1} + 1 + g_{i+1}) \cdot K_q \cdot K_{дин}, \quad (6.7)$$

$$K_q = q_{j-1} + 1 + q_{j+1}, \quad (6.8)$$

де Q_{kj} - номінальне статичне навантаження на j -е колесо (з одиночними чи спареними шинами) k -ї осі;

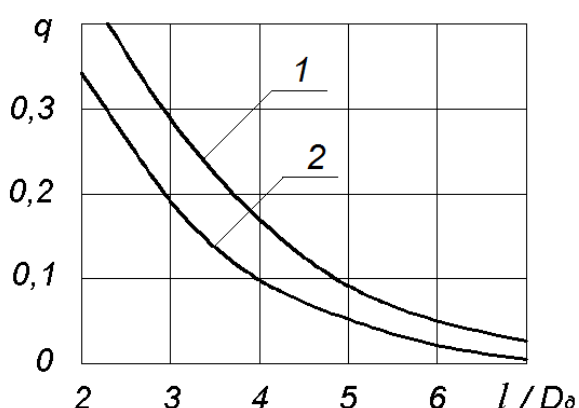
g_{k-1}, g_{k+1} - коефіцієнти, що характеризують відповідно вплив попереду і позаду коліс осі, що рухаються, на напружено-деформований стан дорожнього одягу під даним колесом k -ї осі та визначається за графіком (рис. 6.1) в залежності від відношення відстані між осями до діаметра D_δ сліду даного колеса;

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



1 – значення g_{k-1} для автомобільних доріг I-III категорій; 2 – значення g_{k-1} для автомобільних доріг IV-V категорій; 3, 4 – те саме, g_{k+1}

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 для автомобільних доріг I-III категорій; 2 – те саме, для автомобільних доріг IV-V категорій

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 Визначення сумарного коефіцієнта приведення:

- призначають розрахункове навантаження $Q_{розр}$ та визначають його параметри p , 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_k ;

- помноживши отримані значення Q_k і розрахункове навантаження $Q_{розр}$ на динамічний коефіцієнт, 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 S_n до розрахункового;

- 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 обчислюють у сантиметрах після визначення за формулою (6.9):

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

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

p - питомий тиск, МПа.

6.2.10 Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за строк служби дорожнього одягу 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, відповідно до стану деформативності конструкції – приймається за таблицею 6.4;

K_n - коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується - приймається 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 автомобіля за роками (встановлюється за результатами техніко-економічних вишукувань або за іншими даними, може змінюватися від 0,80 до 1,10); при $\theta = 1$, $K_c = T_{сл}$.

$T_{сл}$ - розрахунковий строк служби (експлуатації) між капітальними ремонтами, приймається відповідно до

ДБН В.2.3-4 або за результатами науково-технічного супроводу.

Таблиця 6.4 - Кількість розрахункових діб на рік

Дорожньо-кліматична зона	I	II	III	IV	
				Захід	Південь
Кількість розрахункових діб на рік ($T_{pдр}$)	145	135	130	140	120
Примітка. Кількість розрахункових діб на рік може бути уточнена на основі науково-технічного супроводу.					

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 багатосмугових дорогах при відповідному обґрунтуванні дозволяється проектувати дорожній одяг змінної товщини за шириною проїзної частини, розраховувавши 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):

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

де $K_{мц}$ - коефіцієнт запасу міцності дорожнього одягу, отриманий з таблиці 6.1 в залежності від допустимого рівня надійності;

$E_{заг}$ - загальний модуль пружності конструкції, МПа;

$E_{потр}$ - потрібний модуль пружності конструкції, визначається з урахуванням капітальності дорожнього одягу та інтенсивності дії навантаження, МПа.

6.3.2 При розрахунку дорожнього одягу на розрахункове навантаження A_2 , A_3 , B потрібний модуль пружності $E_{пот}$, у мегапаскалях, визначається за формулою:

$$E_{пот} = 42,843 \cdot \ln(\sum N_p) - b, \quad (6.13)$$

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 $b = 409,40$;

$\sum N_p$ - визначається за формулою 6.10.

Для розрахункового навантаження A_1 розрахунок конструкції нежорсткого дорожнього одягу за критерієм загального модуля пружності не виконують.

6.3.3 Незалежно від результатів обчислення згідно з 6.3.2, потрібні модулі пружності для дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування не повинні бути меншими, ніж зазначені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 - Значення мінімального потрібного модуля пружності дорожнього одягу

Категорія дороги	Мінімальний потрібний модуль пружності, МПа, в залежності від типу дорожнього одягу			Потрібний модуль пружності основи, МПа
	капітальний	удосконалений полегшений	перехідний	
I-а	260	—	—	150
I-б	250	—	—	150
II	235	-	—	120
III	225	190	—	100
IV	190	150	100	80
V	-	-	60	40

6.3.4 Дорожній одяг за шарами розраховують за допомогою номограм (рисунк 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 вверху, починаючи з ґрунту земляного полотна, коли треба визначити загальний модуль пружності конструкції, чи зверху вниз, коли задані потрібний модуль $E_{понтр}$ і коефіцієнт міцності $K_{мц}$ дорожнього одягу.

При товщині i -го шару багатошарового дорожнього одягу (рахунок шарів зверху вниз), що перевищує $2D$, загальний модуль пружності на поверхні i -го шару обчислюють за формулами (6.14) та (6.15):

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

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

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, що підстиляє i -й шар, 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 за довідниковими даними [14] або експериментально [15-18].

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

Таблиця 6.7 - Загальна товщина верхніх шарів, що містять органічне або комплексне в'язуче

Модуль пружності, МПа	до 125	125 – 180	180 – 220	220 – 250	250 – 300	Понад 300
Товщина шару, см	4 – 6	7 – 11	12 – 15	16 – 19	20 – 24	Не менше 25
Примітка. При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні товщини шарів можуть бути зменшені.						

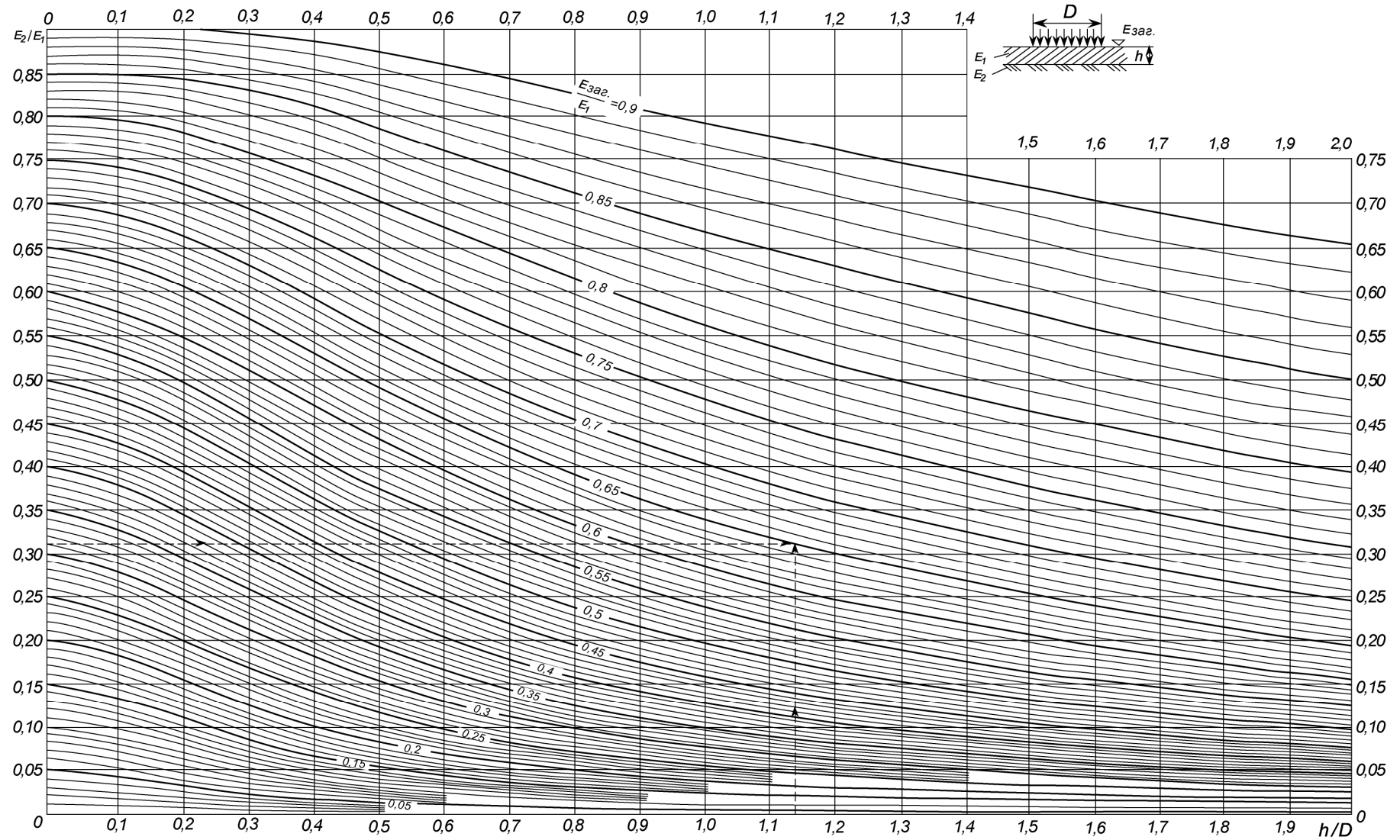


Рисунок 6.3 – Номограма для визначення загального модуля пружності $E_{заг}$ двошарової системи

6.4 Розрахунок за умовою зсувостійкості земляного полотна та 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 полотна та у незв'язних шарах за строк служби не виникали недопустимі залишкові деформації. Деформації зсуву в конструкції не будуть накопичуватись, якщо забезпечена умова (6.16):

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

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_{zp} - гранична величина активного напруження зсуву (в тій самій точці), перевищення якої викликає порушення міцності на зсув, МПа.

6.4.2 Активне напруження зсуву в ґрунті T , у мегапаскалях, визначають за формулою (6.17):

$$T = \tau_a + \tau_g, \quad (6.17)$$

де τ_a - активне напруження зсуву від тимчасового навантаження, МПа;

τ_g - те ж, від власної ваги дорожнього одягу, МПа.

Активне напруження зсуву в ґрунті від тимчасового навантаження визначають за формулою (6.18):

$$\tau_n = [(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3)\sin \varphi] / (2\cos \varphi), \quad (6.18)$$

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 шаруватих 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 двошарової розрахункової моделі, в якій нижнім шаром служить ґрунт, а верхній шар має товщину, яка дорівнює сумі товщин шарів дорожнього одягу, і середньозважений модуль пружності всього дорожнього одягу (рисунки 6.4, 6.5).

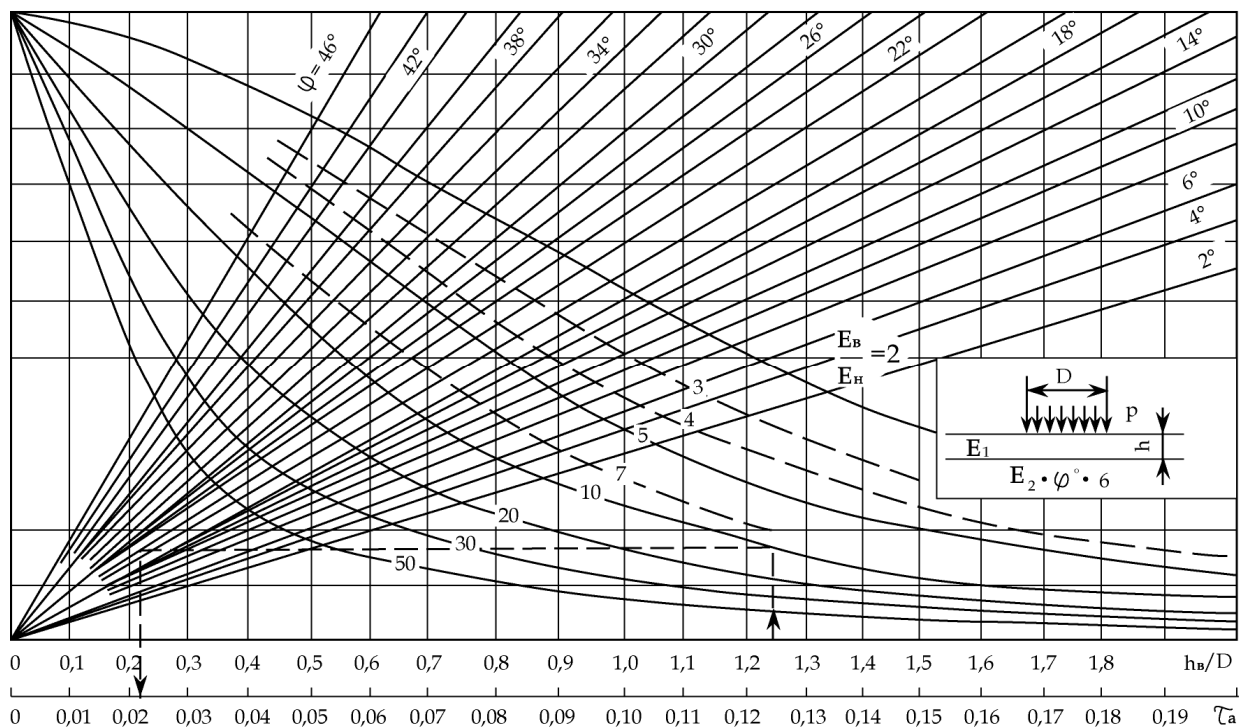


Рисунок 6.4 – Номограма для визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двошарової системи (при $h_n/D = 0 \div 2,0$)

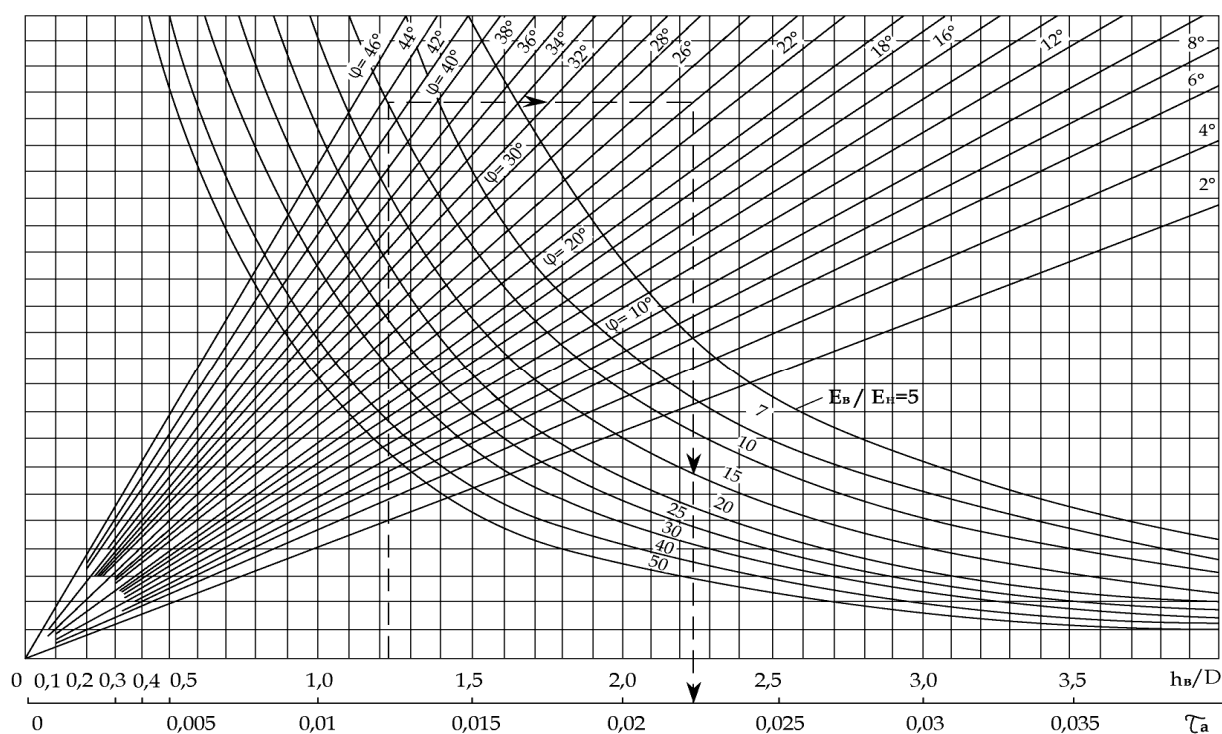


Рисунок 6.5 – Номограма для визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двошарової системи (при $h_n/D = 0 \div 4,0$)

6.4.3 При розрахунку дорожнього одягу на зсувостійкість у малозв'язних шарах, багатошарову дорожню конструкцію приводять до двошарової розрахункової моделі, де за нижній шар приймають ґрунт (з його характеристиками), а за верхній – весь дорожній одяг. Товщину верхнього шару h_b приймають рівною сумі товщини шарів дорожнього одягу $\left(\sum_{i=1}^n h_i\right)$.

Модуль пружності верхнього шару моделі розраховують за формулою:

$$E_6 = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (6.19)$$

де n - кількість шарів дорожнього одягу;

E_i - модуль пружності i -го шару, МПа, встановлюють експериментально або за довідниковими даними;

h_i - товщина i -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, °C	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 10 хв.

6.4.4 Після приведення багатошарової реальної конструкції до двошарової моделі за номограмами на рисунку 6.4, рисунку 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 $E_{\text{ср}}/E_{\text{гр}} = E_1/E_2$ (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 в нижньому шарі (нижня горизонтальна шкала). Номограма побудована для випадку сумісної роботи шарів на контакті. Для матеріалу дорожнього одягу прийнятий коефіцієнт Пуасона $m_1 =$

0,25 і для ґрунту - $m_2 = 0,35$. Ці значення m_i характерні для розповсюджених конструкцій дорожнього одягу, які працюють в стадії зворотніх деформацій.

6.4.5 Напруження зсуву τ_{ϕ} в ґрунті від власної ваги дорожнього одягу знаходиться за формулою (6.20) або номограмою (рисунок 6.6) у залежності від загальної товщини дорожнього одягу (горизонтальна вісь) і кута внутрішнього тертя ґрунту ϕ (промені на номограмі).

$$\tau_{\phi} = 10^{-5} \cdot (5 - 3 \cdot \phi) \cdot \sum_{i=1}^n h_i \quad (6.20)$$

де ϕ - кут внутрішнього тертя ґрунту, град.;

h_i - товщина i -го шару, см;

n - кількість шарів дорожнього одягу.

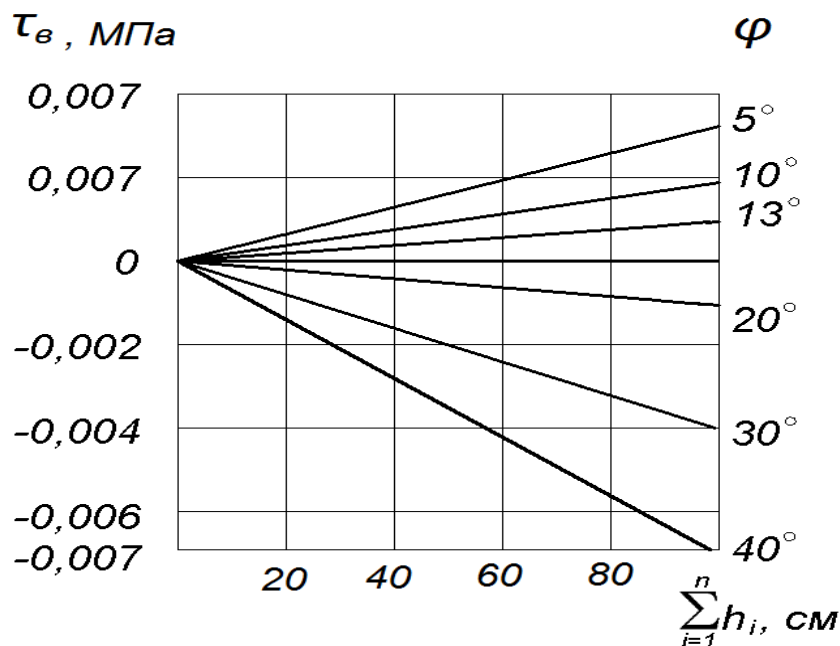


Рисунок 6.6 - Номограма для визначення активного напруження зсуву τ_{ϕ} від власної ваги дорожнього одягу

6.4.6 Активне сумарне напруження зсуву в ґрунті визначають за формулою (6.21):

$$T = \tau_a \cdot p + \tau_{\phi}, \quad (6.21)$$

6.4.7 Граничне напруження зсуву в ґрунті визначають за формулою (6.22):

$$T_{\text{зр}} = c_{\text{зр}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (6.22)$$

де $c_{\text{зр}}$ - зчеплення в ґрунті активної зони земляного полотна в розрахунковий період, МПа, встановлюють експериментально або за довідниковими даними;

k_1 - коефіцієнт, який враховує зниження опору ґрунту зсуву під агресивною дією рухомих навантажень, коливань тощо (при розрахунку на вплив короточасних навантажень приймають $k_1 = 0,6$, при тривалій дії навантажень з малою повторністю $k_1 = 0,9$);

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 (6.24):

$$k_2 = 1,816 - 0,15 \cdot \ln(\sum N_p / (T_{\text{рдр}} \cdot T_{\text{сп}})) \quad (6.23)$$

k_3 - коефіцієнт, який ураховує особливості роботи ґрунту в конструкції, пов'язані із збільшенням фактичного зчеплення в ґрунті за рахунок защемлення, явища дилатансії і зчеплення часток із введенням коефіцієнта k_3 враховується також відмінність реальних умов зчеплення матеріалів шарів на контакті від прийнятих при побудові номограми (рисунок 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;

k_4 - коефіцієнт, який враховує ймовірність впливу чинників на надійність стабільної роботи ґрунту, значення якого приймаються в залежності від категорії дороги: I-a – 1,51; I-b, II, III, IV – 1,57; V – 1,98.

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):

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

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

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 (рисунки 6.7, 6.8). У конструюванні дорожніх одягів 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 покриття, асфальтобетонні основи під асфальтобетонним покриттям;

б) монолітний шар, розташований у товщі дорожнього одягу – різного роду монолітні 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 6.7).

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 σ_r при згині в матеріалі покриття від місцевого навантаження рівного 1 МПа (вертикальна вісь). Значення діаметра D круга, рівновеликого площі контакту колеса з покриттям, приймається згідно з ДБН В.2.3-4.

6.5.4 При розрахунку на згин монолітних шарів, слід 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 (6.19), а розраховувати на виконання нерівності (6.24) у нижньому шарі.

6.5.5 Проміжні монолітні шари дорожнього одягу можна розраховувати за номограмою (рисунок 6.8). При цьому багат шарову конструкцію попередньо слід привести до тришарової, де середнім буде еквівалентний монолітний шар, що розраховується (див. шар 3 на рисунку 6.8).

Номограма на рисунку 6.8 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). Модулі пружності шарів E_1, E_2, E_3 визначають експериментально або за довідниковими даними.

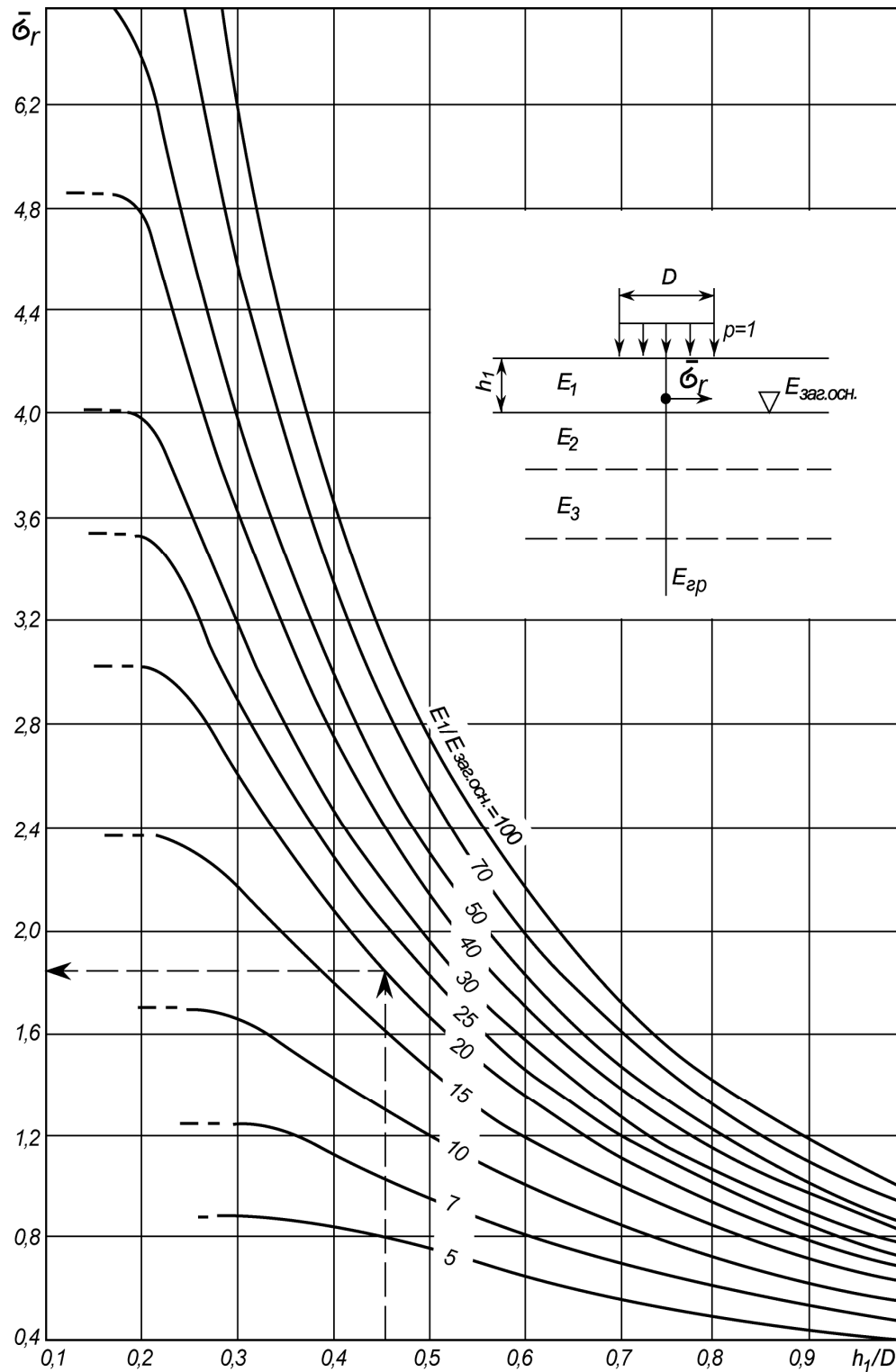


Рисунок 6.7 – Номограма для визначення напружень розтягу $\bar{\sigma}_r$ при згині від разового навантаження у еквівалентному монолітному шарі який знаходяться у верхній частині дорожнього одягу (згідно з 6.5.2 а)

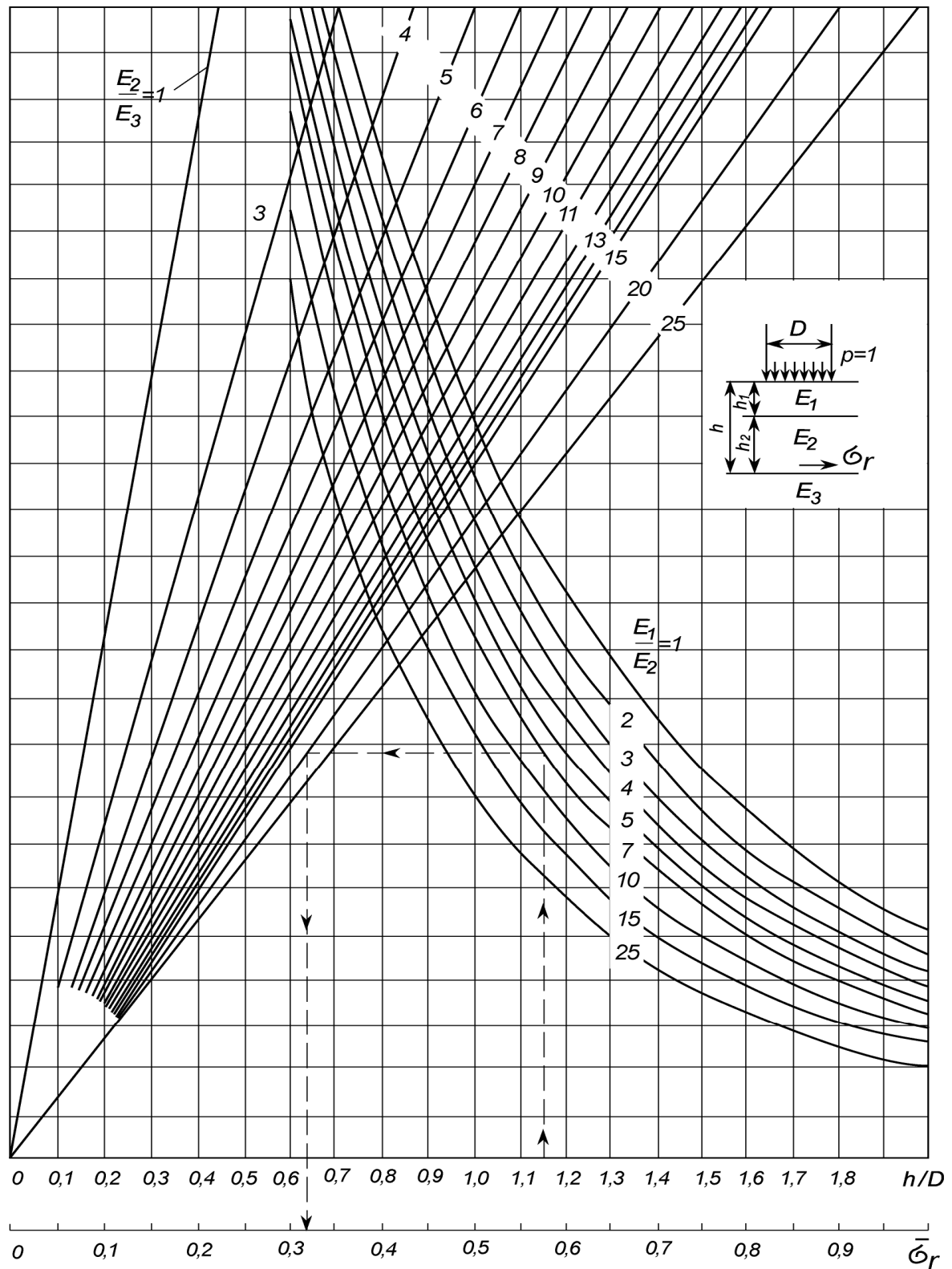


Рисунок 6.8 – Номограма для визначення напруження розтягу $\bar{\sigma}_r$ у еквівалентному монолітному шарі розташованому у товщі дорожнього одягу (згідно з 6.5.2 б)

6.5.6 Покриття із асфальтобетону чи еквівалентний монолітний шар 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 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 основи асфальтобетонного шару, визначають відповідно до 6.3.4;

– за відношенням $E_1/E_{заг.осн}$ та h_1/D або за допомогою номограми (рисунок 6.7) визначають напруження розтягу $\bar{\sigma}_r$, у шарі, що розраховується, від разового навантаження; повне напруження розтягу визначають за формулою (6.25):

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

де p - розрахунковий тиск на покриття, МПа, згідно з ДБН В.2.3-4;

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

– визначають допустимі напруження розтягу $R_{доп}$, у мегапаскалях; у пакеті асфальтобетонних шарів за розрахункове допустиме розтягуюче напруження, $R_{доп}$ приймають значення, характерне для матеріалу нижнього шару. Потім обчислюють відношення $R_{доп}/\sigma_r$. Якщо $R_{доп}/\sigma_r \geq K_{мц}$, де $K_{мц}$ – коефіцієнт запасу міцності, який відповідає потрібному коефіцієнту надійності (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 в такій послідовності. Спочатку за формулою (6.19)

обчислюють середньозважений модуль пружності конструктивних шарів, що розташовані вище розрахункового монолітного шару (шар h_2 на рисунку 6.8). Розрахункові модулі пружності шарів з матеріалів, що містять органічне в'язуче, слід приймати за температури 0 °С. Шари, що підстиляють монолітний шар, треба привести до еквівалентного за жорсткістю однорідного напівпростору з модулем пружності E_3 , який можна одержати шляхом послідовного обчислення загальних модулів кожної пари суміжних шарів за номограмою (рисунок 6.3). Потім за номограмою на рисунку 6.8 треба знайти напруження розтягу $\bar{\sigma}_r$ 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 знаходять за формулою (6.25) 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 $R_{зг}$, у мегапаскалях, визначають за формулою (6.26):

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

де R_p - розрахункове значення опору розтягу при згині за умов одноразового прикладання навантаження (встановлюється експериментально або приймається за довідниковими даними), МПа;

k_m - коефіцієнт, що враховує зниження міцності в часі від дії погодно-кліматичних умов (таблиця 6.9);

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

впливів (таблиця 6.9);

$k_{кп}$ - коефіцієнт, що враховує короткочасність та повторюваність навантажень на дорозі:

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

де k_{np} - коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у нерозрахунковий період, приймається згідно з [14];

m - показник втоми (встановлюється експериментально або приймається згідно з [14]);

$\sum N_p$ - сумарна інтенсивність руху.

Таблиця 6.9 - Значення коефіцієнтів k_m та k_T

Ч.ч.	Матеріал шару, що розраховується	k_m	k_T
1	Асфальтополімербетон	1,00	0,90
2	Асфальтобетон щільний: I марки II марки	0,95 0,90	0,85 0,80
3	Асфальтобетон щебенево-мастиковий	0,85	0,85
4	Асфальтобетон пористий	0,75	0,80
5	Асфальтобетон високопористий	0,70	0,75

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

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

7.3 Перевірку конструкції дорожнього одягу на морозостійкість проводять з використанням номограми на рисунку 7.1 так, як викладено нижче.

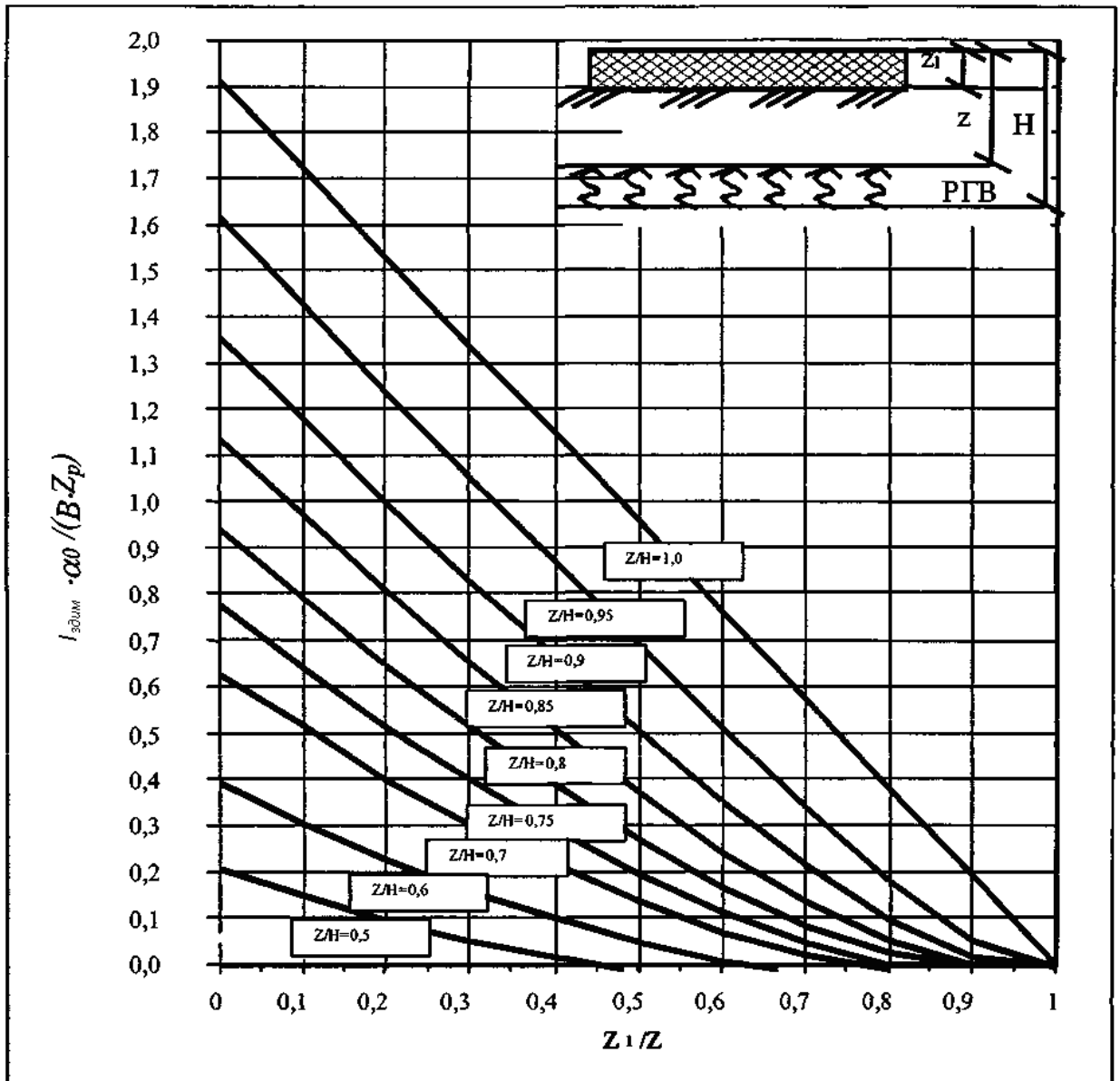


Рисунок 7.1 – Номограма для розрахунку конструкцій дорожнього одягу на морозостійкість

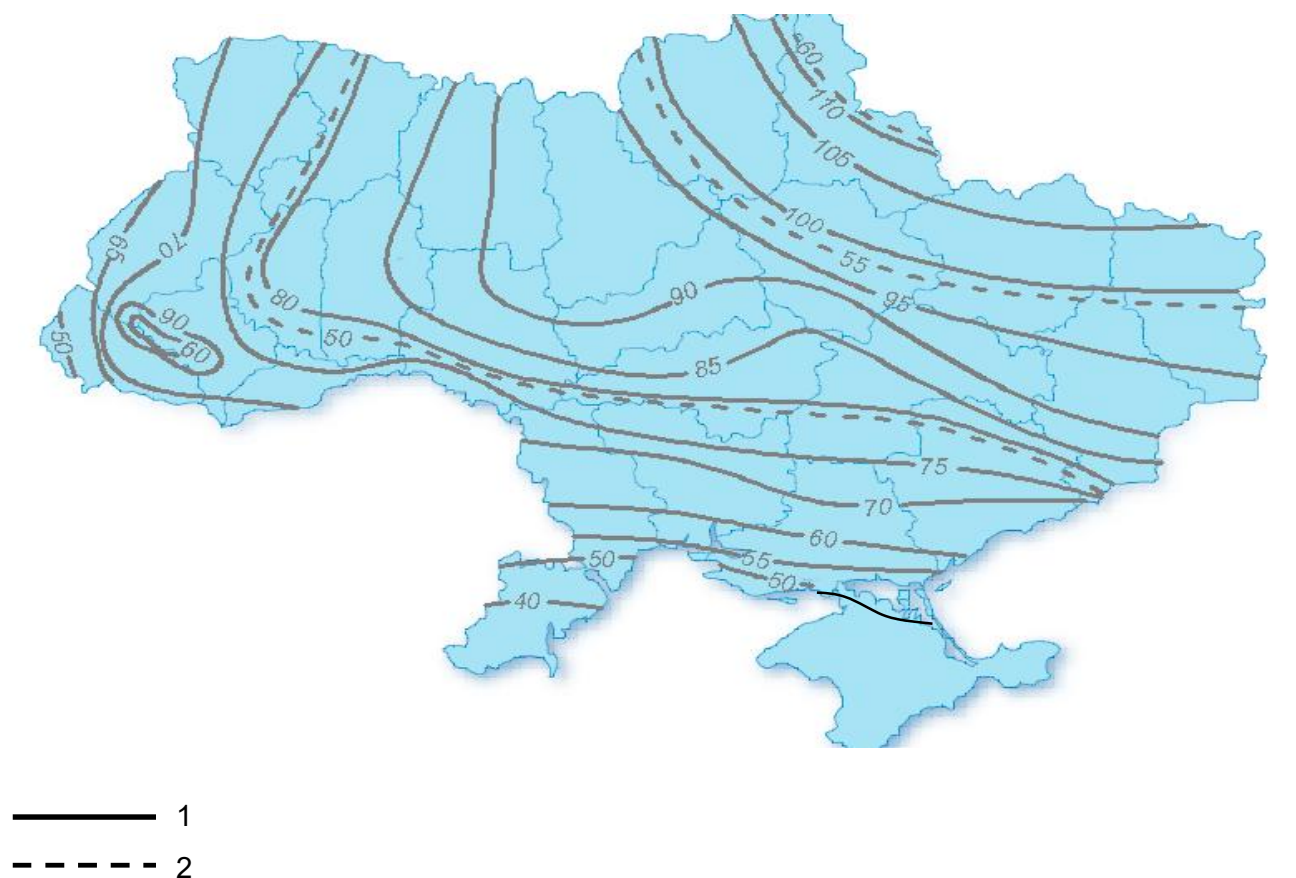
7.4 3 урахуванням теплотехнічних властивостей матеріалів знаходять еквівалентну (по відношенню до щебеню з гранітних порід) товщину дорожнього одягу $h_{заг}$, у сантиметрах:

$$h_{заг} = h_1 \cdot \varepsilon_1 + h_2 \cdot \varepsilon_2 + h_3 \cdot \varepsilon_3 + \dots + h_n \cdot \varepsilon_n, \quad (7.1)$$

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 згідно з [14].

7.5 За рисунком 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 слід збільшити на 20 %.



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

Таблиця 7.1 – Значення поправки Z_{max}^H

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

7.6 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 /д
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

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

$$\alpha_0 = \frac{(Z - Z_0)^2}{2 \cdot T_3}, \quad (7.2)$$

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 (рисунок 7.2).

7.8 Визначивши розрахункову глибину залягання рівня ґрунтової води, за допомогою номограми (рисунок 7.1) можна знайти значення будь-якого з параметрів за іншими відомими значеннями.

Для знаходження загальної товщини шарів із стабільних матеріалів Z_1 необхідно вирахувати відношення $I_{здум} \cdot \alpha_0 / (B \cdot Z_p)$ при $I_{здум} = I_{доп}$, 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 , і, відмітивши цю точку на горизонтальній осі, отримати значення Z_1/Z_p , звідки, знаючи Z_p , визначити Z_1 .

7.9 Морозостійкість дорожнього одягу перевіряється шляхом порівняння отриманого необхідного значення загальної товщини шарів Z_1 із стабільних матеріалів з фактичною еквівалентною товщиною h_p за умовою:

$$\frac{h_{заг}}{Z_1} \geq 1. \quad (7.3)$$

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

$$I_{здум} \leq I_{доп} \quad (7.4)$$

7.11 Якщо для забезпечення потрібної морозостійкості необхідна загальна товщина дорожнього одягу перевищує товщину, отриману

розрахунком на міцність, то конструкцію слід відкоригувати і знову розрахувати за критеріями граничного стану.

7.12 Морозозахистний шар з дренавальних матеріалів, як правило, служить і елементом дренажної конструкції, а тому він повинен бути розрахований також на своєчасне відведення води, що надходить до конструкції.

7.13 Під час реконструкції ділянок, які піддаються здиманню, необхідно забезпечити належний поверхневий водовідвід із прилеглої місцевості з необхідним поздовжнім (не менше ніж 5 ‰) і поперечним похилом водовідвідних споруд.

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 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 дреноування виконують перед розрахунком конструкції на міцність для визначення мінімальної товщини додаткового шару основи.

8.1.3 Дренавальні шари, що працюють за принципом осушення, необхідно влаштовувати з піщаних ґрунтів, які задовольняють вимоги таблиці 8.1, та укласти їх під дорожній одяг на всю ширину з дренажними трубами для збирання та швидкого відведення води за межі земляного полотна.

Коефіцієнт неоднорідності піщаного ґрунту $K_{\frac{60}{10}}$ визначається 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 в піску міститься відповідно 60 % і 10 % за масою.

Таблиця 8.1 – Вимоги до піщаних ґрунтів

Коефіцієнт фільтрації піску еталонний, $K_{\phi\epsilon}$	Коефіцієнт неоднорідності піщаних ґрунтів, $K_{60/10}$	Вміст частинок розміром менше ніж 0,1 мм, у відсотках, не більше ніж, при влаштуванні двосхилової проїзної частини при кількості смуг руху	
		Три та менше	Чотири та більше
40	< 3	$\frac{10}{7,5}$	$\frac{7,0}{5,5}$
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.

Необхідно забезпечувати вихід дренавального шару на укіс або скидання води в зливову каналізацію. Також слід влаштовувати захист дренажів від замулювання, а випуски труб захищати від замерзання в них води.

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):

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

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);

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

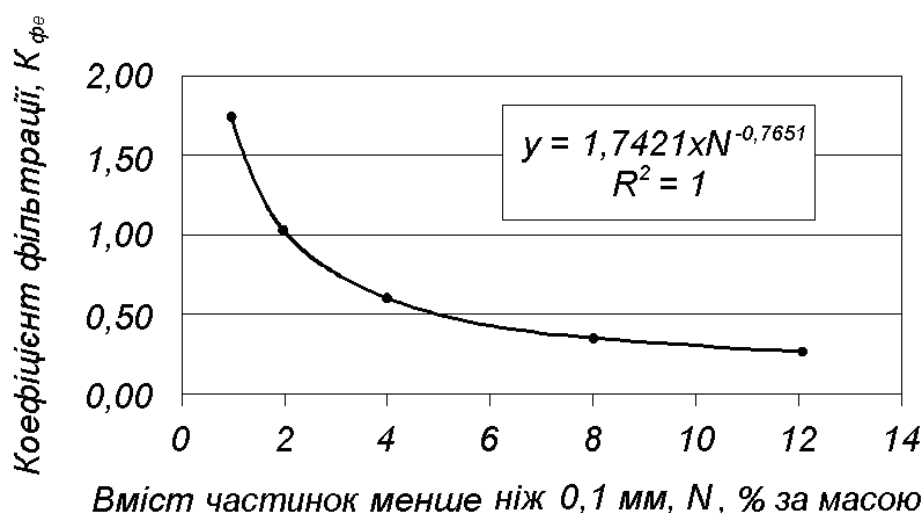


Рисунок 8.1 – Зміна коефіцієнта фільтрації залежно від вмісту N , % за масою, частинок розміром менше ніж 0,1 мм

8.1.5 Проектування поздовжніх та поперечних дрен виконують згідно з [18].

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

$$q_p = \frac{q \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{г}}}{1000}, \quad (8.3)$$

де q – питоме (віднесене до 1 м² проїзної частини) значення припливу води в основу дорожнього одягу протягом однієї доби, м³/м² (таблиця 8.2);

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що враховує неусталений режим припливу води через нерівномірне розтавання та випадання атмосферних опадів (таблиця 8.3);

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

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

Дорожньо-кліматичні зони України згідно з ДБН В.2.3-4	Тип місцевості за характером зволоження	Орієнтовна кількість води, (л/м ²)/(л/(м ² ·д), що надходить до основи, у залежності від виду ґрунту			
		Супіски піщанисті, піски пілуваті	Суглинки піщанисті, глина	Суглинки пілуваті	Супіски пілуваті
I	1	15/2,5	20/2,0	35/3,0	80/3,5
	2	26/3,0	50/3,0	80/4,0	130/4,5
	3	60/3,5	90/4,0	130/4,5	180/5,0
II, IV	1	10/1,5	10/1,5	15/2,0	30/3,0
	2	15/2,0	25/2,0	30/2,5	40/3,5
	3	25/2,5	40/2,5	50/3,5	60/4,0
III	3	20/2,0	20/2,0	30/2,5	40/3,0

Примітка 1. У чисельнику наведено загальний об'єм води Q , що надходить до основи за весь розрахунковий період, а в знаменнику – питомий об'єм води q .

Примітка 2. Для насипів, влаштованих із непиловатих ґрунтів, висотою більшою, ніж встановлюється технічними нормами, в Північній дорожньо-кліматичній зоні приймають $q = 1,5$ л/(м²·д), у Центральній та Південній дорожньо-кліматичних зонах $q = 1,0$ л/м².

Примітка 3. За наявності розподільної смуги для ділянок, які проходять у нульових позначках, та насипів висотою менше, ніж вимагають технічні норми, у Північній зоні розрахункові значення Q підвищують на 20 %.

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 основу проїзної частини $q_{\text{вир}}$, у кубічних метрах на 1 м², обчислюється за формулою (8.4):

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

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

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

Дорожньо-кліматична зона	Тип місцевості за зволоженням	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	1,2/1,2
	3	1,6	1,7	1,3/1,2
II	1	1,4	1,5	1,0/1,0
	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	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.				

Кількість води, що надходить в основу проїзної частини за весь термін запізнення розмерзання водовідвідних пристроїв $Q_{\text{виг}}$, у кубічних метрах на 1 м², 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 дорожньо-кліматичній зоні $T_{\text{зап}}$ становить від 4 діб до 6 діб, у II дорожньо-кліматичній зоні $T_{\text{зап}}$ становить від 3 діб до 4 діб; більші значення приймаються для дрібних пісків.

Якщо похили мають у переломі профілю однакові напрямки, коефіцієнт $K_{\text{виг}}$ визначають за номограмою (рисунок 8.2) в залежності від відношень:

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

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/д.

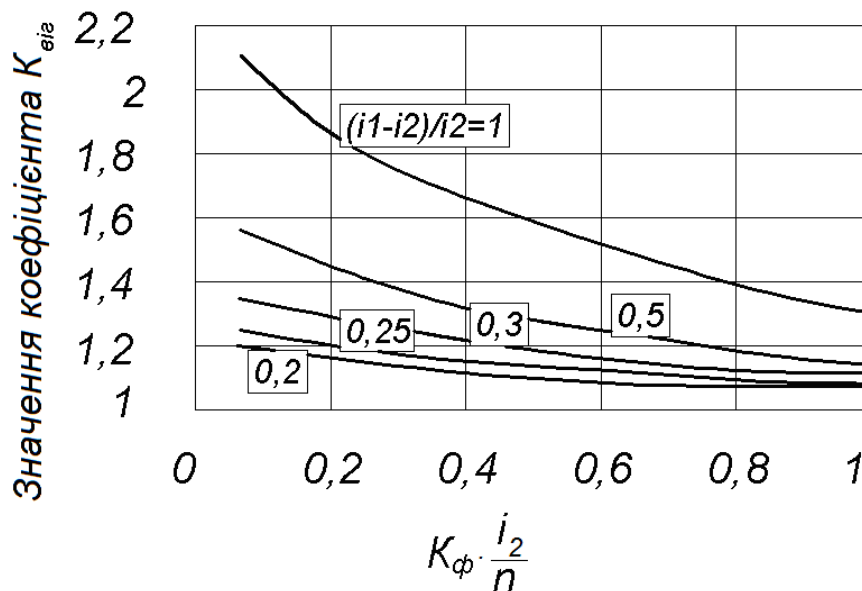


Рисунок 8.2 – Номограма для визначення коефіцієнта $K_{виз}$

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

$$K_{виз} = \frac{1 + K_{\phi} (T_{зап} + 1)}{(2 \cdot n)} (i_1 + i_2). \quad (8.6)$$

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 дренажного матеріалу всього об'єму води Q , яка надходить в основу проїзної частини, і своєчасного її відведення після розмерзання споруд дорожнього водовідведення.

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

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

де t – повна кількість днів надходження води в шар основи.

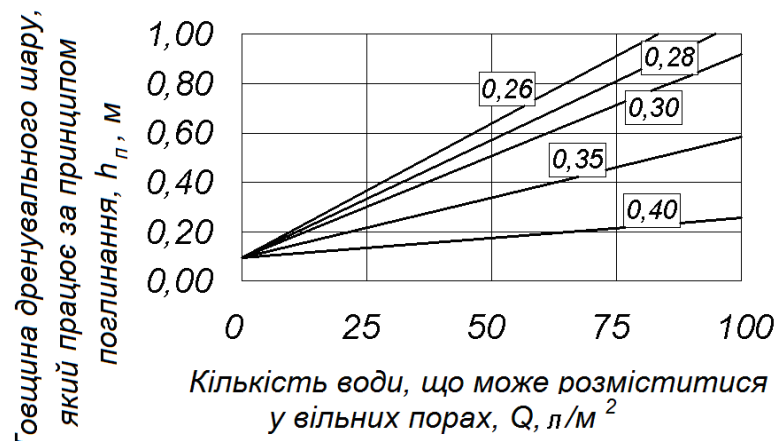


Рисунок 8.3 – Номограма¹⁾ для розрахунку товщини h_n дренажного шару, який працює за принципом поглинання, де числа на прямих – пористість піску

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

При цьому, в Південній зоні при розрахунку Q слід враховувати випаровування вологи за розрахунковий період. Якщо тривалість розрахункового періоду невідома, значення Q можна визначати за таблицею 8.2.

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

8.3 Розрахунок дренажного шару, що працює за принципом осушення

8.3.1 Дренальний шар, що працює за принципом осушення, проектується, виходячи з умов, що сумарний добовий об'єм води, яка надходить до основи проїзної частини, повністю відводиться за той самий період часу. При цьому необхідно передбачати можливість нетривалого (протягом (3 – 6) діб) розміщення води у вільних порах

¹⁾ Номограма побудована для Північної зони. Для Центральної зони товщина дренажного шару визначається за формулою $h_{nc} = 0,7 \cdot h_n$.

дренажного 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 - вода своєчасно та повністю відводилася з основи.

8.3.2 Для запобігання небезпечній гідравлічній дії на матеріал і забезпечення його стійкості у дренавальному шарі під дією короточасних 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 0,13 м до 0,15 м і дрібних - від 0,16 м до 0,20 м.

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

За відомим значенням q_p (у кубічних метрах за добу на 1 м²) і K_ϕ (у метрах за добу) на осі абсцис номограми знаходять відношення q_p/K_ϕ і для відомого 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 $L/3,5$.

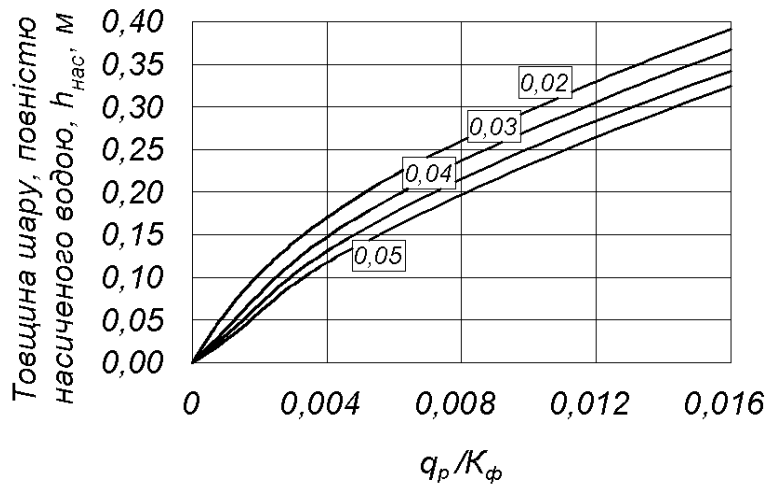


Рисунок 8.4 – Номограма для розрахунку товщини дренажного шару із крупних пісків з коефіцієнтом фільтрації більше ніж 10 м/д, де числа на кривих – поперечний похил поверхні нижче розташованого шару

Повну товщину дренажного шару h_p розраховують за формулою (8.8). За номограмою на рисунку 8.4 можна також знайти потрібний коефіцієнт фільтрації крупного піску при відомих значеннях q_p , h , i , $h_{нас}$, L .

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

Розраховують відношення q^{Γ}/K_{ϕ} (де q^{Γ} – приплив води на 1 м дороги, м³/добу, K_{ϕ} — коефіцієнт фільтрації дренажного матеріалу).

Значення q^{Γ} знаходять із урахуванням розрахункового об'єму припливу води q_p при двосхилому та односхилому профілях проїзної частини за формулами (8.9) та (8.10) відповідно:

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

$$q^{\Gamma} = q_p \cdot B, \quad (8.10)$$

де B – ширина проїзної частини, м.

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

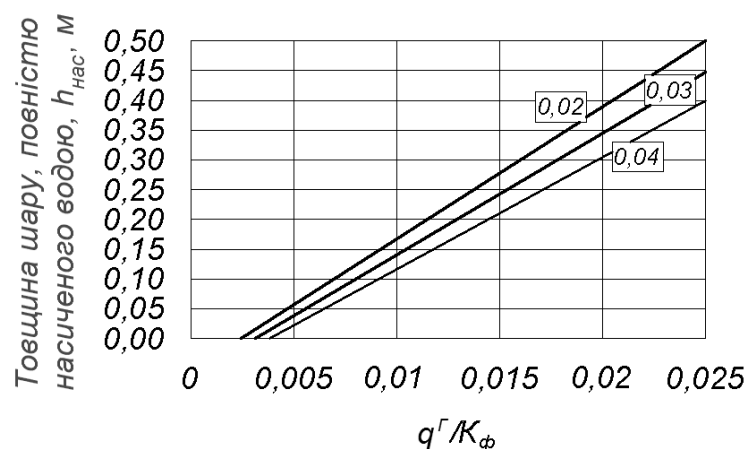


Рисунок 8.5 – Номограма для розрахунку товщини $h_{нас}$ дренавального шару із дрібних пісків і пісків середньої крупності, а також крупних пісків та матеріалів з коефіцієнтом фільтрації менше ніж 10 м/д, де числа на кривих – поперечний похил поверхні розташованого нижче шару

Для конструкцій дорожнього одягу з прикрайковим дренажем з поглибленими поздовжніми рівчакми, які прискорюють процес руху води в шарі дрібних пісків або пісків середньої крупності, розрахунок дренавального шару здійснюють відповідно до номограм на рисунку 8.6.

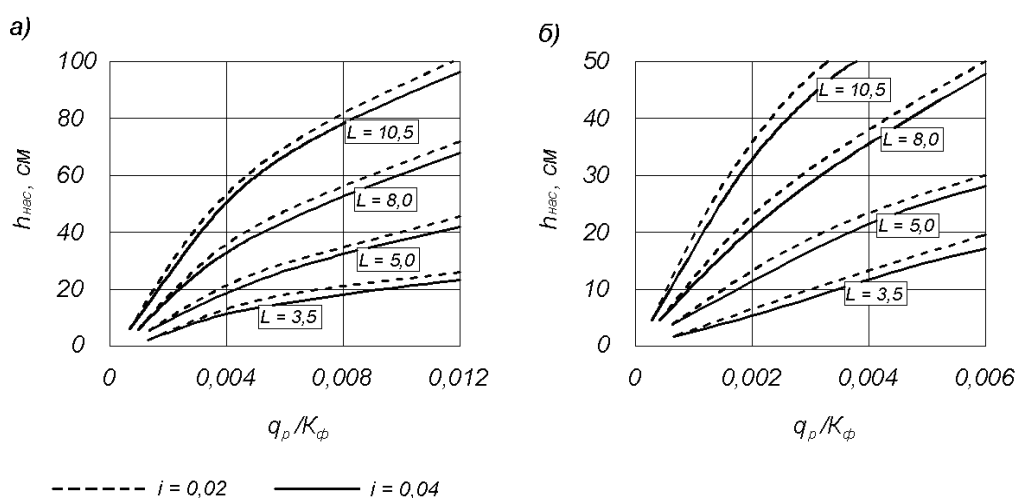


Рисунок 8.6 – Номограма для розрахунку товщини дренавального шару в конструкції із поглибленими поздовжніми рівчакми з піску:
а) - дрібного; б) середньої крупності

За номограмами на рисунках 8.5 та 8.6 також можна знайти потрібний коефіцієнт фільтрації матеріалу при заданій товщині дренавального шару і відомих інших параметрах.

8.3.5 За необхідності загальну товщину дренавального шару може бути зменшено шляхом:

- збільшення поперечного похилу поверхні розташованого нижче шару;
- 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 великих поздовжніх похилах для пониження $K_{вг}$, а значить, і q_p , необхідно влаштувати поперечні прорізи мілкого закладання;
- при питомому притоці води q_p понад $0,005 \text{ м}^3/\text{добу}$ влаштувати вздовж країв проїзної частини поздовжні трубчасті дрени.

8.3.6 Необхідно передбачати заходи по відводі з основи проїзної частини води, яка звільняється при відтаванні мерзлих ґрунтів, а також проникаючої з поверхні автомобільної дороги:

- збільшення відстані від низу дорожнього одягу до рівня ґрунтових вод;
- спорудження земляного полотна із великоуламкових ґрунтів, відходів промислового виробництва, пісків, непиловатих супісків і суглинків;
- влаштування гідроізолювальних прошарків з поліетиленової плівки, тонкого шару ґрунту, який оброблено бітумом, гідроізолю і інших матеріалів, стійких до агресивного впливу ґрунтових вод. Влаштування

гідроізоляційних шарів застосовується для різних гідрогеологічних умов, наприклад, при глибокому заляганні ґрунтових вод. Для поліпшення водно-теплового режиму в активній зоні доцільно нижче її глибини закладати гідроізоляцію, виконувати зміцнення ґрунтів активної зони земляного полотна органічними і мінеральними в'язучими, проводити їх обробку гідрофобізаторами;

– влаштування в тілі земляного полотна капіляронеривальних прошарків з щебеню, щебенево-піщаних або гравійно-піщаних сумішей. Для забезпечення роботи зернистого шару в процесі експлуатації рекомендується його обгортання геотекстильним матеріалом (термоскріпленим дренажним геотекстилем тощо). Регулювання водно-теплового режиму за рахунок раціонального конструювання дорожнього одягу та влаштування капіляронеривальних прошарків особливо ефективно при глибокому заляганні ґрунтових вод, коли переважає пароподібне джерело зволоження. У такому випадку раціонально розташовувати паронепроникні шари в дорожній конструкції;

– влаштування теплоізолюючого шару з пінопласту, піностиролу, газобетону, пінобетону, піноскла та інших теплоізоляційних матеріалів, з морозостійкістю не нижче вимог норм для основ. Влаштування морозостійких, а також теплоізолюючих шарів - ефективний захід при регулюванні водно-теплового режиму в районах з глибоким сезонним промерзанням ґрунтів і їх інтенсивним здиманням з наступним значним осіданням. Зниження температурних градієнтів в активній зоні сприяє також зменшенню інтенсивності міграції вологи. Ефективність цього заходу збільшується для ділянок з переважанням дифузії водяної пари в загальному балансі міграційного процесу;

– дренажні шари в основі дорожнього одягу слід передбачати при земляному полотні з глинистих ґрунтів і пилуватих пісків. Відведення надлишкової води шляхом влаштування дренажного шару (площинний дренаж) - поширений спосіб поліпшення водно-теплового

режиму, який застосовується переважно в зоні надмірного зволоження на ділянках з третім типом місцевості, рідше - з другим, та є малоефективним на ділянках з першим типом місцевості за характером зволоження;

- на морозонебезпечних ділянках, доцільним є влаштування верхньої частини земляного полотна з дренуючого матеріалу, без спеціальних водовідвідних пристроїв, що виконує функції морозозахисного шару;

- при великій кількості води, яка підлягає відведенню (понад $0,005 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ добу})$), а також у виїмках, в місцях з нульовими відмітками і на ділянках невисоких насипів доцільним є влаштування поздовжніх трубчастих дренажів біля крайок проїзної частини з поперечними випусками (розрахунок на осушення);

- при неможливості відведення води, що поступає в понижені місця, слід передбачати надходження води в колодязь і подальше відкачування насосами. У виняткових випадках слід передбачати тривале розміщення води в кориті з пористих піщаних шарів великої товщини (розрахунок на поглинання). Для підвищення розрахункових характеристик ґрунтів (модулів пружності, кута внутрішнього тертя, питомого зчеплення) для гідрогеологічних умов 3-го типу необхідно приведення їх до 2-го типу шляхом осушення, зниження рівня підземних вод та інших інженерних заходів.

Вибір того чи іншого заходу з регулювання водно-теплогового режиму має бути обґрунтований техніко-економічними розрахунками.

8.4 Гідроізолювальні і капіляропереривальні прошарки

Гідроізолювальні прошарки представлені двома типами:

- влаштовуються в один шар гідроізолювальні матеріали типу гідроізол, поліетиленова плівка, плоский геокомпозит тощо;
- влаштовуються у вигляді "обойми в ґрунті".

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

Капіляропереривальні прошарки також представлені двома типами:

- влаштовуються з щебенево-піщаних сумішей згідно з [11] (приймаються як суміші для влаштування вирівнюючих або дренажних шарів) або піщано-гравійних сумішей згідно з [19] з протизамулювальними прошарками;

- влаштовуються з щебеню вивержених порід з протизамулювальними прошарками.

Застосування гідроізолювальних і капіляропереривальних прошарків визначається виходячи з умови зволоження земляного полотна і уточнюється на підставі техніко-економічного порівняння з іншими конструктивними варіантами влаштування земляного полотна.

ДОДАТОК А
(довідковий)
БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 Закон України «Про автомобільні дороги» від 08.09.2005 № 2862-IV
- 2 ДСТУ Б А.1.1-100:2013 Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять
- 3 МР В.2.3-03450778-847:2014 Методичні рекомендації з техніко-економічного порівняння конструкцій дорожнього одягу різних типів
- 4 АД А.2.4-37641918-004:2016 Альбом типових конструкцій нежорстких дорожніх одягів для доріг I-II категорій на навантаження 130 кН
- 5 ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови
- 6 ДСТУ Б В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебеневі-мастикові. Технічні умови
- 7 ДСТУ-Н Б В.2.3-39 Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу з кам'яних матеріалів
- 8 ДСТУ Б В.2.7-207:2009 Будівельні матеріали. Матеріали щебеневі, гравійні та піщані, оброблені неорганічними в'яжучими. Технічні умови.
- 9 Р В.2.7-37641918-880:2017 Рекомендації з підбору складу та застосування щебеневі-піщаних сумішей, оброблених комплексним бітумомінеральним в'яжучим
- 10 СОУ 45.2-00018112-046:2009 Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві

11 ДСТУ Б В.2.7-30:2013 Матеріали нерудні для щебеневих і гравійних основ та покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні умови

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

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

14 Довідник №1 Розрахункових характеристик ґрунтів, матеріалів покриттів і основ дорожніх одягів та навантажень від транспортних засобів

15 СОУ 42.1-37641918-099:2013 Розрахунковий опір розтягу при згині монолітних дорожньо-будівельних матеріалів. Метод визначення

15 СОУ 45.2-00018112-059:2010 Дорожньо-будівельні матеріали. Методи визначення розрахункових модулів пружності

16 СОУ 45.2-00018112-058:2010 Монолітні дорожньо-будівельні матеріали. Методи випробування на втому

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

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

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

УДК 93.080.20

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

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

В. Вирожемський

Відповідальний виконавець,
завідувач відділу конструкцій
дорожнього одягу ДП «ДерждорНДІ»

С. Головка