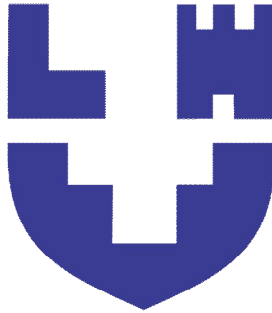


**Міністерство освіти та науки України
Луцький національний технічний університет**



ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА СПОРУД

Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання

ЛУЦЬК 2026

УДК 625.7
П65

До друку

Голова вченої ради факультету архітектури, будівництва та дизайну
ЛНТУ _____ О. АНДРІЙЧУК

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій
ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н. ПОЛІЩУК

Затверджено вченою радою факультету архітектури, будівництва та дизайну
ЛНТУ, протокол № __ від « __ » _____ 2026 р.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри будівництва та цивільної
інженерії ЛНТУ, протокол № __ від « __ » _____ 2026 р.

Завідувач кафедри будівництва та цивільної інженерії _____ О. УЖЕГОВА

Укладач: _____ В. ПРОЦЮК, к.т.н., доцент кафедри БЦІ ЛНТУ

Рецензент: _____ О. ШИМЧУК, к.т.н., доцент кафедри БЦІ ЛНТУ

Відповідальна
за випуск: _____ О.ЖЕГОВА, к.т.н., доцент, завідувач кафедри
будівництва та цивільної інженерії ЛНТУ

Проектування доріг та споруд [текст]: конспект лекцій для здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної
П65 програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19
Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія денної та заочної форм навчання/ В.О. Процюк – Луцьк:
ЛНТУ, 2026. – 208 с.

Методичне видання розроблено відповідно до робочої програми
дисципліни «Проектування доріг та споруд». Видання містить питання для
розгляду та практичні завдання, розв'язання яких сприятиме засвоєнню
теоретичного матеріалу з проектування автомобільних доріг та споруд
транспортної інженерії.

© В.О. Процюк, 2026

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
Лекція 1. Загальні вихідні дані для проектування автомобільної дороги.....	4
Лекція 2. Проектування плану траси автомобільної дороги	15
Лекція 3. Проектування водоперепускних споруд на малих водотоках	42
Лекція 4. Проектування поздовжнього профілю дороги	67
Лекція 5. Проектування земляного полотна за умови поверхневого водовідведення	80
Лекція 6. Конструювання та проектування дорожнього одягу	104
Лекція 7. Облаштування і благоустрій дороги	130
Лекція 8. Засоби заспокоєння руху.....	155
Лекція 9. Напрямні пристрої та зовнішнє освітлення..	161
Лекція 10. Проектування транспортних розв'язок.....	165
Лекція 11. Розрахунок та проектування мостів.....	168
Лекція 12. Особливості проектування тунелей на автомобільних дорогах.....	172
Лекція 13. Загальні вихідні дані для проектування злітно-посадкових смуг.....	176
Лекція 14. Конструювання і розрахунок міцності аеродромного покриття.....	197
Література.....	204

ЛЕКЦІЯ 1

Тема: Загальні вихідні дані для проектування автомобільної дороги

1. Автомобільна дорога в транспортній системі держави.

Проектування доріг – це галузь інженерної діяльності з виконання робіт для розроблення комплексу проектно-кошторисної документації в обсязі, необхідному для будівництва автомобільних доріг.

Автомобільні дороги – це важлива частина інфраструктури будь-якого населеного пункту. Саме вони сполучають між собою міста і країни, тим самим забезпечуючи розвиток торгівлі, сільського господарства, промисловості, і всієї економіки країни в цілому.

Автомобільні дороги загального користування є складовою Єдиної транспортної системи України і задовольняють потреби суспільства в автомобільних пасажирських і вантажних перевезеннях.

Автомобільні дороги поділяються на:

- автомобільні дороги загального користування;
- вулиці і дороги міст та інших населених пунктів;
- відомчі (технологічні) автомобільні дороги;
- автомобільні дороги на приватних територіях.
- автомобільні дороги оборонного значення

Автомобільними дорогами оборонного значення є автомобільні дороги, необхідні для забезпечення оборони і безпеки України, з'єднання військових та інших спеціальних об'єктів, які призначені в умовах воєнного стану для військових перевезень, перевезень, пов'язаних з евакуацією населення, перевезень, пов'язаних з евакуацією вантажів, народногосподарських перевезень.

З метою забезпечення оборони і безпеки України автомобільні дороги незалежно від форми власності та значення можуть бути віднесені до автомобільних доріг оборонного значення.

Віднесення автомобільної дороги до автомобільних доріг оборонного значення не є підставою для обмеження руху транспортних засобів такою автомобільною дорогою, крім випадків її використання в період дії воєнного стану.

Порядок використання автомобільної дороги оборонного значення та її відновлення, проведення заходів щодо її технічного прикриття в період дії воєнного стану, а також перелік автомобільних доріг оборонного значення затверджуються Кабінетом Міністрів України.

Автомобільні дороги загального користування перебувають у державній власності і не підлягають приватизації.

Автомобільні дороги загального користування, які у зв'язку з розширенням меж територій міст стають частиною їх вулично-дорожньої мережі, можуть передаватися безоплатно в комунальну власність за рішенням Кабінету Міністрів України.

Автомобільні дороги загального користування поділяються на автомобільні дороги державного та місцевого значення.

Автомобільні дороги **державного значення** підрозділяються на міжнародні (М), національні (Н), регіональні (Р) та територіальні (Т).

До міжнародних автомобільних доріг належать дороги, що суміщаються з міжнародними транспортними коридорами та/або входять до Європейської мережі основних, проміжних, з'єднувальних автомобільних доріг та відгалужень, мають відповідну міжнародну індексацію і забезпечують міжнародні автомобільні перевезення.

До національних автомобільних доріг належать автомобільні дороги, що суміщені з національними транспортними коридорами і не належать до міжнародних автомобільних доріг, та автомобільні дороги, що з'єднують столицю України - місто Київ, адміністративний центр Автономної Республіки Крим, адміністративні центри

областей, місто Севастополь між собою, великі промислові і культурні центри з міжнародними автомобільними дорогами.

До регіональних автомобільних доріг належать автомобільні дороги, що з'єднують дві або більше областей між собою, автомобільні дороги, що з'єднують основні міжнародні автомобільні пункти пропуску через державний кордон, морські та авіаційні порти міжнародного значення, найважливіші об'єкти національної культурної спадщини, курортні зони з міжнародними та національними автомобільними дорогами.

До територіальних автомобільних доріг належать автомобільні дороги, що з'єднують адміністративні центри Автономної Республіки Крим і областей з адміністративними центрами районів, містами обласного значення, міста обласного значення між собою, адміністративні центри районів між собою, а також автомобільні дороги, що з'єднують з дорогами державного значення основні аеропорти, морські та річкові порти, залізничні вузли, об'єкти національно-культурного надбання та курортного і природно-заповідного фонду, автомобільні пункти пропуску міжнародного та міждержавного значення через державний кордон.

Автомобільні дороги **місцевого значення** поділяються на обласні (О) та районні (С).

До обласних автомобільних доріг належать автомобільні дороги, що з'єднують адміністративні центри Автономної Республіки Крим і областей з іншими населеними пунктами в межах Автономної Республіки Крим чи області та із залізничними станціями, аеропортами, річковими портами, пунктами пропуску через державний кордон, місцями відпочинку і не належать до доріг державного значення.

До районних автомобільних доріг належать автомобільні дороги, що з'єднують адміністративні районні центри з іншими населеними пунктами, інші населені пункти між собою, з підприємствами, об'єктами культурного

значення, іншими дорогами загального користування у межах району.

Мережа автомобільних доріг загального користування України станом на 2026 рік 169,5 тис. км (16,2 тис. мостів), з них автомобільні дороги державного значення становить 47,4 тис. км (28 % загальної протяжності), автомобільні дороги місцевого значення – 122,1 тис. км (72%).

Щільність автомобільних доріг на території України становить 281 км на 1000 км². Структура автомобільних доріг за типом покриття: асфальтобетонні – 35,2%, орґано-мінеральні – 42 %, цементобетонні – 1,3 %, інші – 21,5 %. Структура автомобільних доріг за категоріями наступна: I категорії – 1,6 %, II – 7,7 %, III – 16,3 %, IV – 63,7 %, V – 10,7 %,

2. Автомобільна дорога як комплекс інженерних споруд.

Автомобільна дорога - лінійний комплекс інженерних споруд, призначений для безперервного, безпечного та зручного руху транспортних засобів.

Автомобільна дорога складається з таких конструктивних елементів: земляного полотна, дорожній одяг, штучні споруди, лінійні будинки і споруди, елементи обладнання дороги.

3. Склад проекту на будівництво автомобільної дороги.

Проектна документація – це затверджені текстові та графічні матеріали, якими визначаються містобудівні, об'ємно-планувальні, архітектурні, конструктивні, технічні, технологічні рішення, а також кошториси об'єктів будівництва.

Проектна документація для будівництва має відповідати положенням законодавства, вимогам містобудівної документації, будівельних норм, стандартів та правил.

Не допускається розроблення проектної документації без інженерних вишукувань, що повинні бути виконані відповідно до ДБН А.2.1-1:2008 «Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні

вишукування для будівництва» на нових земельних ділянках, а при реконструкції та капітальному ремонті об'єктів – без уточнення раніше виконаних інженерних вишукувань та інструментального обстеження об'єктів.

Основними складовими вихідних даних є:

- містобудівні умови і обмеження забудови земельної ділянки;

- технічні умови;

- завдання на проектування.

Інші вихідні дані, які надаються замовником, наведені нижче:

- фрагмент чинної містобудівної документації: генерального плану, детального плану або план зонування території (за наявності останнього), схеми планування району (за наявності).

- пропозиції та дані про імпорتنі будівельні конструкції, вироби, обладнання з показниками енергоефективності, якщо це відомо замовнику.

- дані для розроблення рішень з організації будівництва і складання кошторисної документації.

- при реконструкції та капітальному ремонті: 1) звіти з висновками про результати обстеження будівельних конструкцій, обмірювальні креслення, відомості про послідовність перенесення діючих інженерних мереж та комунікацій.

Проектна документація має бути розроблена з урахуванням усіх документів будівельних норм та стандартів, чинних на час її передачі у виробництво.

Проектна документація, затверджена відповідно до чинного законодавства, не підлягає коригуванню у зв'язку з введенням нових будівельних норм, за винятком випадків, коли це коригування обумовлене підвищенням у нових будівельних нормах вимог безпеки, у тому числі щодо забезпечення механічного опору та стійкості (міцності), електро-, вибухо- та пожежобезпечності об'єкта та доступності для маломобільних груп населення, для

забезпечення яких повинні бути виконані необхідні будівельні роботи.

Проектування може виконуватись за чергами будівництва, а також із виділенням пускових комплексів, якщо це передбачено завданням на проектування. У цьому разі проектна документація на першій стадії проектування (Техніко-економічне обґрунтування, Техніко-економічний розрахунок, Ескізний проект, Проект) розробляється у цілому на об'єкт, з виділенням черг будівництва, а також пускових комплексів.

Черги та пускові комплекси будівництва повинні забезпечувати санітарнопобутові умови, пожежну безпеку, охорону праці та охорону навколишнього середовища тощо.

4. Природні умови місцеположення траси. Технічні умови проектування автомобільної дороги. Загальні принципи прокладання траси автомобільної дороги

Вибір положення траси на місцевості є важливою задачею, оскільки від нього залежать не тільки зручність користування дорогою, а й об'єм будівельних робіт та їх вартість, умови утримання дороги в процесі експлуатації.

Загальний напрямок траси а/д приймається по результатам економічних й інженерно-технічних вишукувань на основі розробленої схеми автомобільних доріг.

При нанесенні варіанту траси необхідно дотримуватись таких умов:

1) Враховувати вимоги ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» щодо основних технічних норм і показників для даної технічної категорії;

2) Поєднати задані пункти за найкоротшою відстанню, наближуючи її до повітряної лінії;

3) Враховувати природні умови даної місцевості (топографічні, геологічні, гідрологічні, метеорологічні);

4) Враховувати особливості ситуації району проектування, раціонально використовувати сільськогосподарські угіддя;

5) Забезпечувати безпеку руху;

6) Забезпечувати надійність дорожніх конструкцій;

7) Добиватися зменшення дії автомобільних доріг на навколишнє природне середовище.

Автомобільну дорогу в екологічному аспекті слід розглядати не тільки як інженерну споруду, а як витягнуте в одну лінію підприємство, що виконує транспортну роботу, виробляє продукцію у вигляді перевезень і яке взаємодіє зі своїм оточенням.

Будівництво автомобільної дороги вносить істотні зміни в рівновагу природи і господарське життя району.

Взаємодія проявляється так:

1) Порушується мережа угідь і раціональна система сівозмін;

2) Знижується урожайність на прилеглих полях від запаршеності;

3) Знижується урожайність та якість угідь через зміну рівня і забруднення ґрунтових вод;

4) Забруднюється повітря шкідливими складовими відпрацьованих парів автомобілів;

5) Змінюється мікроклімат у зоні дорожніх насипів;

6) Забруднюється ґрунт вздовж дороги сполуками свинцю, вуглецю та іншими шкідливими речовинами;

7) Забруднюються річки та озера стічними водами проїзної частини, які несуть стертину гуму, важкі метали, пальне, мастила, солі тощо;

8) Знищуються тварини.

Якщо дорога проходить поблизу населених пунктів, вона є джерелом забруднення повітря відпрацьованими

газами, шуму та вібрації, що негативно відбивається на здоров'ї та працездатності населення.

Негативний вплив дороги на прилеглу до неї смугу може бути зведений до:

1) Незручностей, які створюються для населення (шум, забруднення, вібрація);

2) Економічних витрат (землі, вирубки, знесення);

3) Вибір положення траси на місцевості є важливою задачею, оскільки від нього залежить не тільки зручність користування дорогою, а й об'єм будівельних робіт та їхня вартість, умова утримання дороги.

Дорогу слід вести у напрямі прямої лінії пов'язано з необхідністю її положення через контрольні точки. траса автомобільний ландшафт дорога

Перед нанесенням траси слід вивчити рельєф місцевості й ситуацію, встановити методи і способи побудови земляного полотна.

Взагалі при проектуванні автомобільних доріг мають місце два випадки вибору напрямку:

1) Загальний напрямок – призначають із загальнодержавних міркувань;

2) Напрямок під'їзних доріг визначають згідно з вимогами місцевих вантажоперевезень.

При прокладанні траси у рівнинній місцевості особлива увага проєктантів повинна бути спрямована на відведення поверхневої води від земляного полотна, тому необхідно досконало вивчити мікрорельєф і для прокладання траси необхідно вибрати підвищені місця, гриви, обходячи понижені замкнені котловини.

У рівнинній місцевості істотне значення має вибір більш зручного місця перетину водостоків, залізниць, магістральних доріг.

В умовах одноманітної рівнини необхідне покращення загального ландшафту за рахунок озеленення та архітектурного оформлення дороги.

В *Степових районах* не виникає обмеження у прокладанні траси у плані та профілі, але виникають певні проблеми, пов'язані з проектуванням довгих прямих ділянок.

Рекомендують довжину прямих ділянок на дорогах I категорії обмежувати до 5 км.

Ця рекомендація не вимагає штучного викривлення траси, оскільки навіть в степових районах є чимало причин, які спричиняють необхідність зміни напрямку траси. До них можна віднести населені пункти, сільськогосподарські угіддя, яри, цінні природні урочища, окремі групи дерев.

В *Лісостеповій зоні*, ландшафт якої характеризується більш розвиненими формами рельєфу (долини водостоків, яри тощо) доцільно для збереження лісів обходити трасою дороги навіть невеликі гаї. Якщо перетинання лісу неможливо уникнути, краще, щоб дорога входила в нього по кривій.

У разі *Горбкуватого* ландшафту для зменшення об'ємів земляних робіт доцільно трасу прокладати у вигляді плавної лінії, яка вписується у рельєф.

Складності у виборі напрямку траси полягають у тому, що похили поверхні землі на окремих ділянках перевищують допустимі для доріг.

У горбистій місцевості можливі: водороздільні ходи; косогорі ходи; долинні ходи.

При трасуванні у горбистій місцевості інколи виконують розвиток довжини траси.

Траса, як правило, повинна вписуватися у рельєф, огинаючи його великі дороги та пересікаючи маленькі нерівності, забезпечуючи при цьому видимість.

Задача вишукувань при цьому: врахувати особливості зорового сприйняття траси водієм.

Поєднання горизонтальних та вертикальних кривих не повинно створювати негативного враження зламу та провалля на дорозі.

Особливо плавними повинні бути переходи прямих до коротких кривих, тому що у перспективі вони виглядають як різкі злами.

Найбільш доцільно у горбистій місцевості траса, яка огинає крупні форми та пересікає невеликі рівчаки.

Труднощі вибору кращої траси у пересічній місцевості ускладнюються геологічною будовою, нестійкою будовою окремих ділянок похилів, можливістю залягання ґрунтових вод.

Тому у випадку пересічного (горбкуватого) рельєфу особлива увага повинна бути приділена ґрунтово-геологічному та гідрологічному обстеженню.

Для узгодження елементів дороги з ландшафтом потрібно дотримуватися таких рекомендацій:

Криві у плані і поздовжньому профілі, як правило, слід суміщати, при цьому криві в плані мають бути на 100...150 м довші, ніж криві у поздовжньому профілі.

Потрібно уникати поєднання кінців кривих у плані з початком кривих у поздовжньому профілі. Відстань між ними - не менше 150 м.

Слід обмежувати також сумарну довжину прямих поєднати короткою кривою у 3 рази.

Не рекомендуються короткі прямі вставки між двома кривими в плані, спрямованими в одну сторону. Якщо довжина вставки менше 100 м, то слід замінити обидві криві однією більшого радіусу.

Пряма вставка, як самостійний елемент - 700 м для I, II категорії, 300 м - для III, IV категорії.

У поздовжньому профілі не слід допускати довгих ділянок з постійним похилом.

У поєднанні дороги з ландшафтом суттєву роль відіграє поперечний профіль земляного полотна.

Щоб дорога різко не виділялась на оточуючій місцевості, земляному полотну надаються обтічні форми. Це дає змогу підвищити безпеку руху, а також покращити обтікання земляного полотна сніговітровим потоком.

ЛЕКЦІЯ 2

Тема: Проектування плану траси автомобільної дороги

1. Правила трасування автомобільної дороги. Врахування принципів ландшафтного проектування. Клотоїдне трасування.

Вибір положення траси дороги є одним із найвідповідальніших етапів проектування, так як справляє значний вплив на вартість будівництва і експлуатації дороги, зручність і безпеку руху, ступінь впливу дороги на навколишнє середовище. При виборі положення траси необхідно враховувати топографічні, інженерно-геологічні, кліматичні і соціально-економічні умови місцевості. Пряма, що поєднує початковий і кінцевий пункти траси, називається повітряною лінією. Повітряна лінія перетинає ряд планових та висотних перешкод. Трасу, по можливості, слід розташовувати ближче до повітряної лінії, обгинаючи крупні форми рельєфу і перетинати дрібні, обходити населені пункти, цінні, поливні землі, несприятливі за інженерно-геологічними умовами.

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

Великі водотоки, існуючі автомобільні дороги і залізниці бажано перетинати під кутом, близьким до 90° . В районах з частими сніговими або піщаними заносами необхідно враховувати напрямом домінуючих вітрів так, щоб забезпечити незаносимість дороги.

При проектуванні доріг напрямки варіантів траси вибирають за топографічними картами масштабів 1:25000 – 1:10000 (камеральне трасування). Початковий і кінцевий пункти траси поєднують повітряною лінією, виявляють контрольні точки, через які повинна пройти траса при обході чи перетині контурних, висотних перешкод, великих водотоків, автомобільних доріг і залізниць. За допомогою лінійки (шаблонів, лекал) наносять магістральний хід.

Існує два методи нанесення магістрального ходу: традиційний (полігональне трасування) і гнучкої лінійки (клотоїдне трасування).

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

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

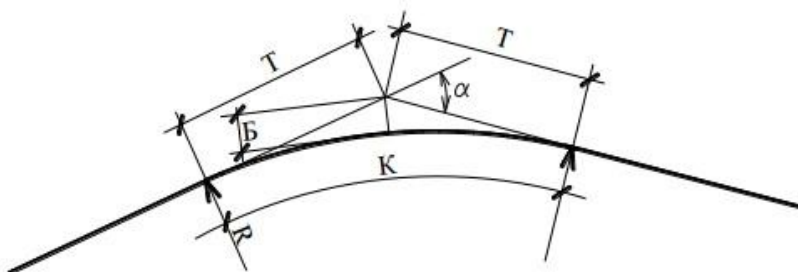


Рисунок 2.1 – Елементи колової кривої

Перехідні криві є кривими змінного радіусу, який змінюється за довжиною кривої від $R = \infty$ на її початку (ППК) до радіусу колової кривої в кінці (КПК). Основними елементами перехідної кривої є: L – довжина перехідної кривої; $\alpha_{min}=2\beta$ – мінімальний кут повороту, що забезпечує вписання перехідних кривих; t – додатковий тангенс; ρ – зсунення колової кривої. Елементи перехідних кривих визначають за таблицями або за наступними формулами:

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

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

$$B = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right), \quad (2.3)$$

$$D = 2T - K, \quad (2.4)$$

Метод гнучкої лінійки полягає в тому, що на карті в рельєф і ситуацію через контрольні точки за допомогою поставленої на ребро гнучкої лінійки (або від руки) вписують плавну лінію, для якої за допомогою шаблонів клотоїдних кривих визначають радіус R і параметри перехідних кривих.

Метод гнучкої лінійки дозволяє наносити найбільш оптимальні варіанти траси, які забезпечують найкраще поєднання з навколишнім ландшафтом, тому його використовують як основний при автоматизованому проектуванні плану автомобільних доріг.

При трасуванні необхідно дотримуватись правил плавного поєднання елементів плану і поздовжнього профілю: недопустимо проектувати трасу в плані,

поздовжньому і поперечному профілях без урахування їх взаємного впливу на умови руху і зорового сприйняття дороги; довжина прямих ділянок не повинна перевищувати 4–6 км; радіуси кривих в плані, що поєднуються або розташовані недалеко одна від другої, не повинні відрізнятися більше ніж в 1,3 рази; найкраща плавність траси досягається, якщо криві в плані суміщені з кривими профілю, причому довжина кривої в плані повинна бути рівною або більшою довжини кривої в поздовжньому профілі, а зміщення вершин кривих – не більше ніж на $\frac{1}{4}$ довжини меншої з кривих; слід уникати поєднань кінців кривих в плані з початком опуклих або угнутих кривих у поздовжньому профілі, розташованих на наступних прямих ділянках плану; довжина сусідніх прямих і кривих ділянок в плані повинна відрізнятися не більше ніж в 2 – 3 рази; слід уникати в плані коротких кривих поміж довгими прямими, коротких прямих вставок менше 300 м між односторонніми кривими і менше 200 м поміж зворотними кривими.

2. Призначення радіусів кривих у плані. Забезпечення безпечного руху на кривих у плані.

Для забезпечення безпеки, зручності та економічності руху з розрахунковими швидкостями слід призначати величини радіусів кривих у плані на автомобільних дорогах, виходячи з найменшого значення коефіцієнта поперечної сили μ .

У складних умовах рельєфу або у густонаселеній місцевості, коли збільшення радіуса веде до різкого зростання обсягу земляних робіт або до необхідності зносу цінних будов, доводиться допускати зміни значення радіусів, які обов'язково забезпечують стійкість автомобіля проти занесення при русі із розрахунковою швидкістю за сприятливого стану дороги, але викликають зниження

зручності та економічності користування дорогою на ділянці кривої. У всіх випадках гранична допустима величина, що чинить на автомобіль при проїзді кривою поперечної сили не повинна перевищувати сили зчеплення його коліс з покриттям. В іншому випадку відбудеться занесення в автомобіль буде скинуто з покриття.

Оскільки для забезпечення безладу руху необхідно, щоб при проїзді автомобіля по кривій був певний запас стійкості, для погашення паперової сили можна використовувати тільки частину повної величини поперечного зчеплення шини з покриттям. Тому розрахована величина коефіцієнта поперечної сили, що призначається виходячи з комплексного обліку вимог стійкості автомобіля, зручності керування, комфортабельності поїздок та економічності перевезень, завжди становить лише деяку частину коефіцієнта поперечного зчеплення. У табл. 2.1 зіставлені допустимі максимальні значення коефіцієнта поперечної сили для різних вимог стійкості та використання автомобіля.

Таблиця 2.1 – Граничні допустимі максимальні значення коефіцієнта поперечної сили

Вимоги	Граничні допустимі значення μ на покритті		
	Сухому $\varphi=0,6$	Мокрому $\varphi=0,4$	Покритому льодом $\varphi=0,2$
Стійкість проти перекидання	0,60	0,60	0,60
Стійкість проти занесення	0,36	0,24	0,12
Забезпечення зручності поїзди для пасажирів	0,15	0,15	0,15
Економічна експлуатація автомобіля	0,1	0,1	0,1

Розрахованим випадком розробки норм на проектування доріг є рух по зволоженому незабрудненому покриттю. Забезпечити рух з високими швидкостями під час ожеледиці або по брудній поверхні покриття неможливо,

тому що при найменшій неточності в регулюванні гальм і внаслідок впливу поперечного похилу дороги занос може виникнути навіть при гальмуванні на прямій ділянці.

За відносно сприятливих умов місцевості для розрахунків найменшої величини радіуса доцільно орієнтуватися на значення $\mu = 0,05 - 0,1$, приймаючи його тим меншим, чим вище розраховані швидкості руху.

У ДБН В.2.3-4 щодо мінімальних радіусів було прийнято $\mu = 0,12$ для розрахункової швидкості 150 км/год і $\mu = 0,18$ для швидкості 20 км/год.

При в'їзді автомобіля на горизонтальну криву на нього починає діяти відцентрова сила. Від величини цієї сили і наявності достатнього зчеплення коліс автомобіля з поверхнею дороги залежить стійкість автомобіля на кривій. Це явище враховується у розрахунках шляхом введення коефіцієнта поперечної сили, який одночасно повинен задовольняти умову комфортабельності руху, коли крива не відчувається або слабо відчувається пасажирами. Радіус горизонтальної кривої при двосхилому поперечному профілі визначають за формулою:

$$R = \frac{V^2}{127(\mu - i)} \text{ м}, \quad (2.5)$$

де V – розрахункова швидкість руху автомобіля, км/год; μ – коефіцієнт поперечної сили; i – поперечний похил проїзної частини, в частках одиниці.

Величина радіуса горизонтальної кривої може бути зменшена за рахунок спорудження віражу, - односхилого поперечного профілю проїзної частини. Радіус горизонтальної кривої у цьому випадку визначають за формулою:

$$R = \frac{V^2}{127(\mu + i_s)} \text{ м}, \quad (2.6)$$

де i_s - похил віражу, в частках одиниці.

Нормативні значення мінімальних радіусів горизонтальних кривих (кривих у плані) наведено в табл. 2.2 .

Вітчизняні норми на проектування автомобільних доріг встановлюють наступні значення допустимих радіусів кривих у плані в залежності від розрахункової швидкості руху по дорозі.

Таблиця 2.2 – Мінімальний радіус кривої

Назва елементів	Параметри залежно від розрахункових швидкостей, км/год										
	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30
Найменший радіус кривої	1000	800	700	600	450	300	225	150	100	65	30

Якщо дорогу будують у відкритій рівнинній місцевості, збільшення радіуса скорочує її довжину і узгоджує будівельні та транспортні витрати. Тому в сприятливих для прокладання траси умовах рекомендується призначати як можливо більші радіуси кривих, не менше 3000 м, умови руху за якими практично не відрізняються від умов на прямих ділянках.

Важливе значення на кривих малих радіусів набуває забезпечення руху автомобіля з розрахунковими швидкостями в нічний час. Ділянка шляху, освітлена фарами автомобіля, значно менша від розрахункової відстані видимості, що часто призводить до аварій, навіть за малої інтенсивності руху.

У розрахунках для визначення радіуса горизонтальної кривої за умови освітленості дороги світлом фар використовують формулу:

$$R \approx \frac{30 S_1}{\alpha} \text{ м}, \quad (2.7)$$

де S_1 – розрахункова видимість дороги, м; α – кут розсіювання світла фар, $\alpha = 2^\circ$ (рис. 2.2).

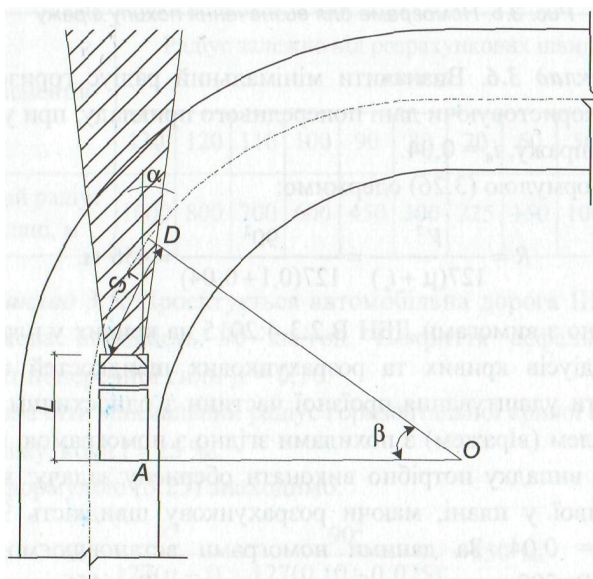


Рисунок 2.2 – Схема для визначення радіуса горизонтальної кривої за умови освітленості дороги світлом фар

Проектування перехідних кривих

В'їзд автомобіля з прямого відрізка на криву негативно впливає як на сам автомобіль, так і на пасажирів за рахунок різкого наростання відцентрової сили. Щоб уникнути цього явища, перед початком колової кривої проектують перехідні криві, які забезпечують поступове плавне наростання відцентрової сили і плавний в'їзд автомобіля на криву з постійним радіусом. Перехідні криві влаштовують, коли радіус горизонтальної кривої 2000 м і менше (табл. 2.3).

Найменші довжини перехідних кривих наведені в табл. 2.3. За технічної можливості, наведені в таблиці 2.3 довжини перехідних кривих доцільно збільшувати в (1,5 – 2) рази.

Таблиця 2.3 – Найменші радіуси перехідних кривих

Радіус колової кривої, м	30	50	60	80	100	150	200
Довжина перехідної кривої, м	30	35	40	45	50	60	70

Продовження таблиці 2.3

Радіус колової кривої, м	250	300	400	500	600-1000	1000-2000
Довжина перехідної кривої, м	80	90	100	110	120	100

Рівняння кривизни перехідної кривої повинно відповідати рівнянню траєкторії руху автомобіля. У практиці проектування доріг найчастіше використовують перехідні криві, які описуються рівнянням радіюди (клотоїди).

Аналітично довжину перехідної кривої визначають за формулою:

$$L = \frac{V^3}{47RJ} = \frac{V^3}{23,5R}, \quad (2.8)$$

де J – зміна відцентрового прискорення ($0,5 \text{ м/с}^3$); V – швидкість руху автомобіля, км/год; R – радіус горизонтальної кривої, м.

3. Проектування віражів

При проїзді кривими автомобілі, що рухаються по зовнішній стороні проїзної частини, похил якої спрямований від центру кривої, мають меншу стійкість, ніж автомобілі, що прямують у зустрічному напрямку, оскільки складова ваги, паралельна похилу проїзної частини, складається з відповідною проекцією відцентрової сили.

Крім того, ускладнюється керування автомобілем у зв'язку з більшою, ніж для смуги зустрічного руху, величиною бокового відведення шин. Тим часом, влаштування кривих великих радіусів не завжди можливо за місцевими умовами.

Тому для підвищення стійкості автомобіля і для більшої впевненості управління на кривих влаштовують одношилий поперечний профіль – віраж і з похилом проїзної частини та узбіччя до центру кривої (рис. 2.3).

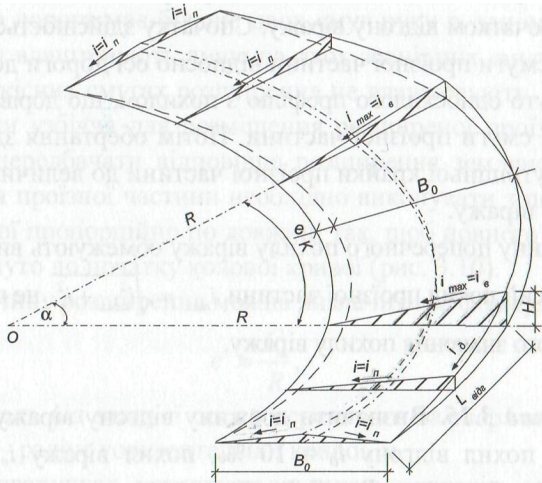


Рисунок 2.3 – Влаштування віражів на горизонтальних кривих: K – колова крива; R – радіус кривої; B_0 – ширина проїзної частини; e – поширення проїзної частини; $L_{відг}$ – довжина відгону віражу; H – перевищення зовнішньої крайки, яке відповідає похилу віражу; i_n – поперечний похил проїзної частини; i_e – похил віражу; i_0 – додатковий похил віражу

Довгий час віражі розглядали лише як додатковий елемент дороги на кривих малого радіусу, необхідний для безпеки руху автомобілів. Однак досвід експлуатації автомобільних магістралей показав, що віражі надають

позитивний психологічний вплив на водіїв, сприяючи впевненому проїзду кривих з тією ж швидкістю, як і на прямих ділянках, що примикають. За відсутності віражів швидкість на кривих знижується.

Тому в даний час в Україні ДБН В.2.3-4:2015 рекомендує віражі влаштовувати не всіх кривих з радіусами, меншими 3000 м на дорогах I категорії та меншими 2000 м – на інших.

Поперечний похил віражу, необхідний для забезпечення швидкості руху, при заданій величині радіуса кривої може бути визначений за формулою (2.9).

$$i_v = \frac{V^2}{127 R} - \mu, \quad (2.9)$$

де V – швидкість автомобіля, км/год; R – радіус горизонтальної кривої, м; μ – коефіцієнт поперечної сили (0,10 – 0,15).

На кривих у плані поперечний похил віражу визначається з номограми (рис. 2.4) в залежності від радіусів кривих та розрахункових швидкостей.

Розрахункові величини поперечного похилу на віражі для високих швидкостей руху при малих радіусах кривих можуть бути значними. Такі віражі роблять, наприклад, на автодромах, призначених для автомобільних перегонів.

На сучасних автомобільних дорогах поперечні похили віражів зазвичай не перевищують 60%. При проектуванні віражів на автомобільних магістралях, розрахованих на високі швидкості руху, виходять із заданого припущення про пропорційне розділення поперечної сили між опором шини зсуву вбік по покриттю і опором підняття автомобіля вгору по віражу.



Рисунок 2.4 – Номограма для визначення поперечного похилу віражу.

У районах з частими туманами та тривалими періодами ожеледиці похили віражів не повинні перевищувати 40%.

Перехід від двосхилого поперечного профілю проїзної частини на прямій ділянці до односхилого профілю на віражі здійснюють плавно в межах ділянки, що називається відгоном віража (рис. 2.5).

При поперечному похилі віражу, що дорівнює похилу проїзної частини на прямому ділянці, для переходу до односхилого профілю поступово повертають зовнішню половину проїзної частини навколо осі дороги. При більш складному і водночас частому випадку розбивки віража з похилом, що перевищує похил проїзної частини дороги, для переходу до односхилого профілю роблять одночасний поворот внутрішньої половини поперечного профілю біля внутрішньої кромки покриття, а зовнішньої - біля осі проїзної частини. При цьому вісь проїзної частини зміщується на половину величини розширення покриття.

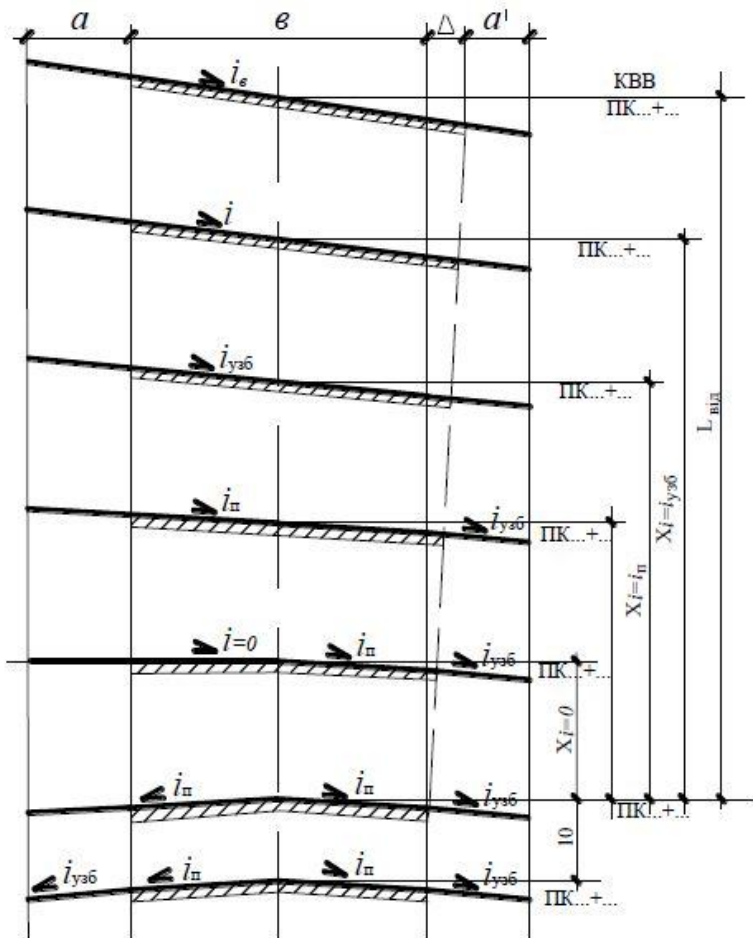


Рисунок 2.5 – Перехід від двосхилого до односхилого профілю

Поперечний похил на віражах приймають рівним похилу проїзної частини дороги. Похил узбіччя змінюють протягом 10 м перед початком віражу. Для безпеки руху необхідно, щоб зовнішня оболонка мала похил у той же бік, що і проїжджа частина. У цьому випадку при випадковому заїзді колеса на у поперечна сила не змінюється. Однак при неукріплених узбіччях на проїжджу частину під час дощів

стікає бруд, що зменшує коефіцієнт поперечного зчеплення. Тому неукріпленим узбіччям часто вимушено надають зворотний похил від центру кривої.

Довжина відгону віражу не повинна бути занадто короткою, так як у цьому випадку при русі автомобіля з більшою швидкістю по мінливому поперечному профілю дороги з'являється неприємне для пасажирів бічне розгойдування автомобіля. Мінімальну необхідну довжину відгону віражу визначають виходячи з додаткового похилу (рис. 2.6), що виникає на зовнішній кромці проїзної частини в результаті її підняття під час влаштування віражів.

Якщо поздовжній похил осі дороги $i_{позд.}$, тоді загальний похил кромки проїзної частини на ділянці відгону віражу рівний:

$$i_{відг.} = i_{позд.} + \frac{B i_n}{L} = i_{позд.} + i_{доод.}, \quad (2.10)$$

де B – ширина проїзної частини, L – довжина відгону віражу, i_n – поперечний похил покриття.

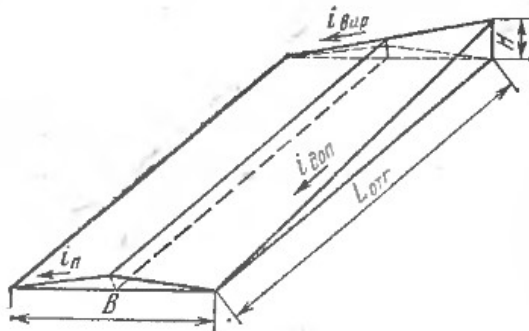


Рисунок 2.6 – Схема для визначення довжини відгону віражу. Мінімальна довжина відгону віражу визначається:

$$L_{\text{від.}} = \frac{B \cdot i_{\epsilon}}{i_{\delta}} \text{ м,} \quad (2.11)$$

де B – ширина проїзної частини; i_{ϵ} – похил віражу; i_{δ} – додатковий похил відгону віражу.

Оскільки при розташуванні кривої на ділянці з великим поздовжнім похилом величина поздовжнього похилу зовнішньої кромки може перевищити похил для даної дороги, необхідно, щоб загальний похил по кромці проїзної частини на ділянках відгону віражу не перевищував допускається на дорозі у виняткових випадках. Додатковий поздовжній похил на відгоні віражу для доріг I та II категорії не повинен перевищувати 5‰, а для інших доріг – 10‰ у рівнинній та пересіченій місцевості та 20‰ – у гірській.

Розширення проїзної частини на горизонтальних кривих

При радіусах горизонтальних кривих 750 м і менших необхідно передбачати розширення проїзної частини за рахунок узбіччя або розширення земляного полотна, при цьому ширина узбіччя повинна бути для доріг Іб – категорії – не менша ніж 1,5 м, а для доріг інших категорій – не менша ніж 1 м. Величину повного розширення однієї смуги руху наведено в табл. 2.4. На дорогах із декількома смугами руху ширину проїзної частини необхідно збільшувати пропорційно до кількості смуг.

Таблиця 2.4 – Розширення однієї смуги руху на горизонтальних кривих

Радіуси кривих, м	551–750	401–550	301–400	201–300	151–200	91–150	30–90
Величина розширення, м	0,2	0,25	0,3	0,35	0,5	0,6	0,7

Якщо дорога має більше двох смуг руху в одному напрямку, розширення влаштовують лише на двох зовнішніх смугах. На перехідно-швидкісних смугах розширення не влаштовують. За недостатньої ширини узбіччя для розміщення розширеної проїзної частини необхідно передбачати відповідне розширення земляного полотна. Розширення проїзної частини необхідно виконувати з початку перехідної кривої пропорційно по довжині так, щоб повного розширення було досягнуто до початку колової кривої (рис. 2.7).

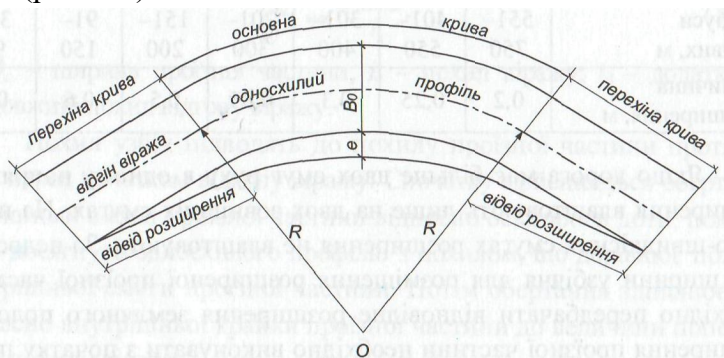


Рисунок 2.7 – Розширення проїзної частини на горизонтальних кривих

Величину розширення можна визначити за формулою:

$$e' = \frac{L_a^2}{R},$$

(2.12)

де L_a – віддаль від задньої осі до переднього бампера автомобіля, м; R – радіус горизонтальної кривої, м.

У розрахунках ураховується також поправка на швидкість руху автомобіля, яка визначається для двосмугової дороги за емпіричною формулою:

$$e'' = \frac{0,1V}{\sqrt{R}}, \quad (2.13)$$

де V – швидкість руху автомобіля, км/год.

Тоді загальне розширення проїзної частини на горизонтальній кривій дорівнюватиме:

$$e = e' + e'' = \frac{L_a^2}{R} + \frac{0,1V}{\sqrt{R}}, \text{ м} \quad (2.14)$$

4. Складання відомості кутів повороту, прямих і кривих.

Під час проектування плану траси для намічених на карті варіантів визначають величини всіх елементів, які заносять у відомість кутів повороту прямих та кривих (табл. 2.5).

Щоб заповнити графи відомості, необхідно: - визначити пікетажне положення вершин кутів поворотів; розрахувати заокруглення, тобто визначити елементи кругових і перехідних кривих і встановити пікетажне положення головних точок заокруглень; визначити довжину прямих ділянок та їх напрямок; визначити відстані між вершинами кутів.

Початок і кінець траси приймають за кути поворотів з величиною кута, що дорівнює нулю. Пікетажне положення вершини першого кута (ВК № 1) визначають, розбиваючи пікетаж від початку траси ПК до ВК №1.

Таблиця 2.5 –Відомість кутів поворот, прями і кривих

Положення вершини ПК+	Кути		Криві						Прями			
	Величина		Елементи кривої						Довжина			
	Праворуч $\theta_{п}$	Ліворуч $\theta_{л}$	R	T	K	B	Д	Початок	Кінець	Пряма вставка	Відстань між верш.	Напр.
ПК 0+00.00										P	S	α
ПК 1+00.00		46°00'	600	254,68	481,71	51,82	27,65	6+45,32	11+27,03	645,32	900	170°00'
ПК 2+00.00			600	351,77	596,90	82,74	54,64	23+66,58	29+63,48	1239,55	1820	124°00'
ПК 3+00.00		57°00'								524,23	850	181°00'
ПК 4+00.00												

$$\theta_{п} = 57^{\circ}00' \quad \theta_{л} = 46^{\circ}00' \quad \sum T = 580,45 \quad \sum K = 1078,61 \quad \sum D = 82,29 \quad \sum P = 2409,10 \quad \sum S = 3570$$

$$\sum \theta_{л} \cdot \sum \theta_{п} = 29^{\circ}00'$$

$$\alpha_1 - \alpha_n = 11^{\circ}00'$$

Контроль: 1. $\sum \theta_{л} \cdot \sum \theta_{п} = \alpha_1 - \alpha_n = 11^{\circ}00' = 11^{\circ}00'$ Склад: _____

2. $2 \sum T - \sum K = \sum D = 82,29 = 82,29$ Перевіряв: _____

3. $\sum P + \sum K = \sum S - \sum D = 3487,71 = 3487,71$ « _____ » 200 _____ р.

Розрахунок закруглення з перехідними кривими та круговою вставкою (рис. 2.8) виконують у наступній послідовності.

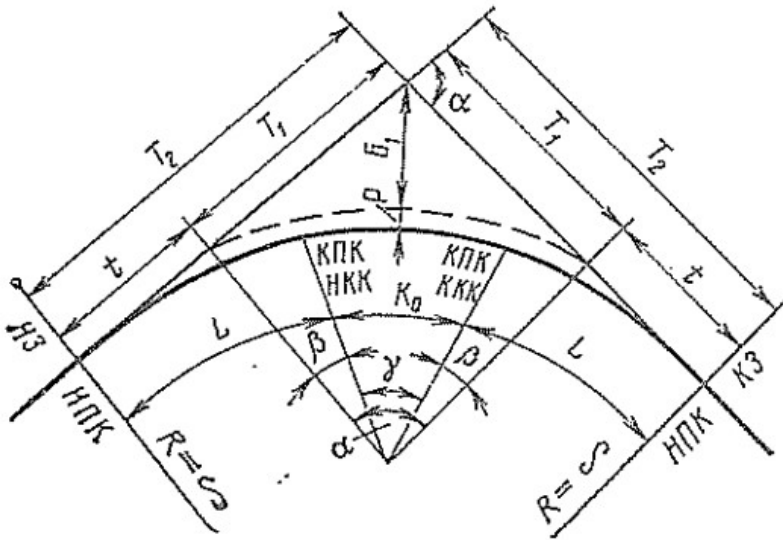


Рисунок 2.8 – Схема закруглення з кротоїдними перехідними кривими

З таблиці елементів кругових кривих (див. табл. 2.5) для величини кута повороту α , беруть значення тангенса T_T , довжини кривої K_T , бісектриси B_T . Якщо радіус закруглення не дорівнює табличному радіусу $R_T = 1000$ м, елементи кругової кривої перераховують за формулами:

$$T_1 = T_T \cdot \frac{R}{R_T}, \quad K_1 = K_T \cdot \frac{R}{R_T}, \quad B_1 = B_T \cdot \frac{R}{R_T}, \quad (2.15)$$

Визначають елементи перехідної кривої: L , $\alpha_{min} = 2\beta$, t , ρ і можливі їх вписання - кут повороту повинен бути не менше α_{min} , тобто $\alpha_{min} \geq 2\beta$. Якщо $\alpha > 2\beta$, приймають нове значення радіуса

$$R_1 = R + \rho \quad (2.16)$$

і визначають відповідні йому елементи кругової кривої за таблицями. Визначають величину центрального кута γ і відповідному йому значення скороченої кругової кривої K_0 (по таблиці або за формулою):

$$\gamma = \alpha - \beta; \quad (2.17)$$

$$K_0 = \frac{\pi R \gamma}{180^\circ}. \quad (2.18)$$

Визначають елементи заокруглення та повну довжину тангенсу T_2 , повну довжину заокруглення K_2 , повну довжину бісектриси B_2 , домір заокруглення D_2 :

$$T_2 = T_1 + t; \quad K_2 = K_0 + 2L; \quad B_2 = B_1 + \rho; \quad D_2 = 2T_2 - K_2. \quad (2.19)$$

Встановлюють пікетажне положення головних точок заокруглення – початок заокруглення $ПЗ = ВК - T_2$; кінець заокруглення $КЗ = ПЗ + K_2$, початок колової кривої $ПКК = ПЗ + L$, кінець колової $ККК = КЗ - L$.

На карті від ВК № 1 відкладають у масштабі карти T_2 (знаходять точки ПЗ та КЗ (див. рис. 2.8) та від ПЗ розбивають пікетаж до ВУ №2. Розбивають пікетаж та на заокругленні методом координат або від НЗ циркулем-вимірником відрізками не більше 50м у масштабі карти.

Після розрахунку заокруглення на ВУ №2 на карті від ВУ №2 відкладають повний тангенс другого заокруглення та розбивають пікетаж далі. І так до кінця траси.

Розрахунок закруглення кругової кривої включає визначення елементів кругової кривої T , K , D , B і пікетажного положення головних точок закруглення ПЗ і КЗ.

Розрахунок клотоїдного закруглення виконують з використанням таблиць для проектування та розбивки клотоїдної траси автомобільних доріг у наступній послідовності:

- встановлюють коефіцієнт для перерахунку табличних значень елементів клотоїди:

$$K_{\Pi} = \frac{R}{R_T} \quad (2.20)$$

- визначають табличні значення параметра клотоїди:

$$A_{T1} = \frac{A_1}{K_{\Pi}} ; \quad A_{T2} = \frac{A_2}{K_{\Pi}} . \quad (2.21)$$

За таблицями для значень A_{T1} і A_{T2} знаходять значення T_{T1} , L_{T1} , T_{H1} , T_{D1} , t_{T1} , β_{T1} і T_{T2} , L_{T2} , T_{H2} , T_{D2} , t_{T2} , β_{T2} , якщо біклотоїда симетрична.

Визначають елементи клотоїдного заокруглення:

$$\begin{aligned} T_1 &= T_{T1} K_{\Pi}; & T_2 &= T_{T2} K_{\Pi}; \\ L_1 &= L_{T1} K_{\Pi}; & L_2 &= L_{T2} K_{\Pi}; \\ t_1 &= t_{T1} K_{\Pi}; & t_2 &= t_{T2} K_{\Pi}; \\ K &= L_1 + L_2; \\ D &= (T_1 + T_2) - K \end{aligned}$$

Довжина першої прямої ділянки плану траси $П_1$, що дорівнює відстані від ПК0 до початку першого закруглення $ПЗ$. Довжина другої прямої ділянки $П_2 = ПЗ_2 - КЗ_1$ і так далі. Довжина останнього прямої ділянки дорівнює різниці між пікетажним положенням кінця траси та кінця останнього закруглення $П_i = КТ - КЗ_i$.

Відстань між вершинами кутів повороту плану траси для першої прямої ділянки дорівнює значенню пікетажного положення ВК №1. Відстань між рештою вершин і між кінцем траси і вершиною останнього кута повороту визначають як різницю між їх пікетажним становищем плюс домір попередньої кривої:

$$S_n = BK_n - BK_{n-1} + D_{n-1}; \quad (2.22)$$

$$S_i = КТ - BK_i + D_i. \quad (2.23)$$

Всі отримані дані для назначених варіантів траси заносять у відомість кутів поворотів, прямих і кривих. Для встановлення правильності розрахунків необхідно виконувати перевірки в кінці таблиці.

5. Смуга відведення.

Смугою відведення називають смугу місцевості в плані, виділену для розміщення на ній дороги і всіх допоміжних дорожніх споруд та облаштування транспортного та дорожнього обслуговування.

Смуга відведення залежить від категорії дороги, човни смуг руху, висоти насипу, глибини виїмки, характеру місцевості, її похилу та встановлена нормами ДСТУ Б В.2.3-33:2016 «Визначення меж смуг відведення». Норми

встановлюють ширину смуги відведення земель, що відводяться в постійне (безстрокове) і тимчасове (па період будівництва) користування, з урахуванням мінімального заняття корисних земель.

Ці норми не враховують площі, необхідні для влаштування: споруд водовідведення, виїмок для забезпечення видимості, посадки декоративних насаджень, пересічень доріг, стоянок для автомобілів і площадок для відпочинку, споруд для обслуговування руху та інших дорожніх споруд.

Норми тимчасового відведення враховують потрібну площу для розміщення видаленого рослинного ґрунту з території, призначеної під насипи, виїмки та резерви, та улаштування тимчасових доріг для його вивезення. Після закінчення будівництва тимчасово відведені землі повинні бути приведені в стан, придатний для сільськогосподарських робіт, і повернуті землекористувачам.

Під час вибору положення траси на місцевості слід враховувати норми відведення земель для автошляхів. Фактична смуга відведення встановлюється у проекті дороги у графіку відведення земель.

6 Опис варіантів траси дороги. Порівняння варіантів траси.

Опис варіантів траси дороги представляє коротку характеристику повітряної лінії та намічених варіантів плану траси. Так, для прикладу, що розглядається (рис. 2.9) опис може бути представлений в наступному вигляді.

Повітряна лінія між точками А та Б перетинає р. Наумку на ділянці значного затоплення паводковими водами, лісовий масив і заболочена ділянка з поверхнею, що довго стоїть,

водою. Прокладання траси по повітряній лінії недоцільне.
 Намічаємо два варіанти траси.

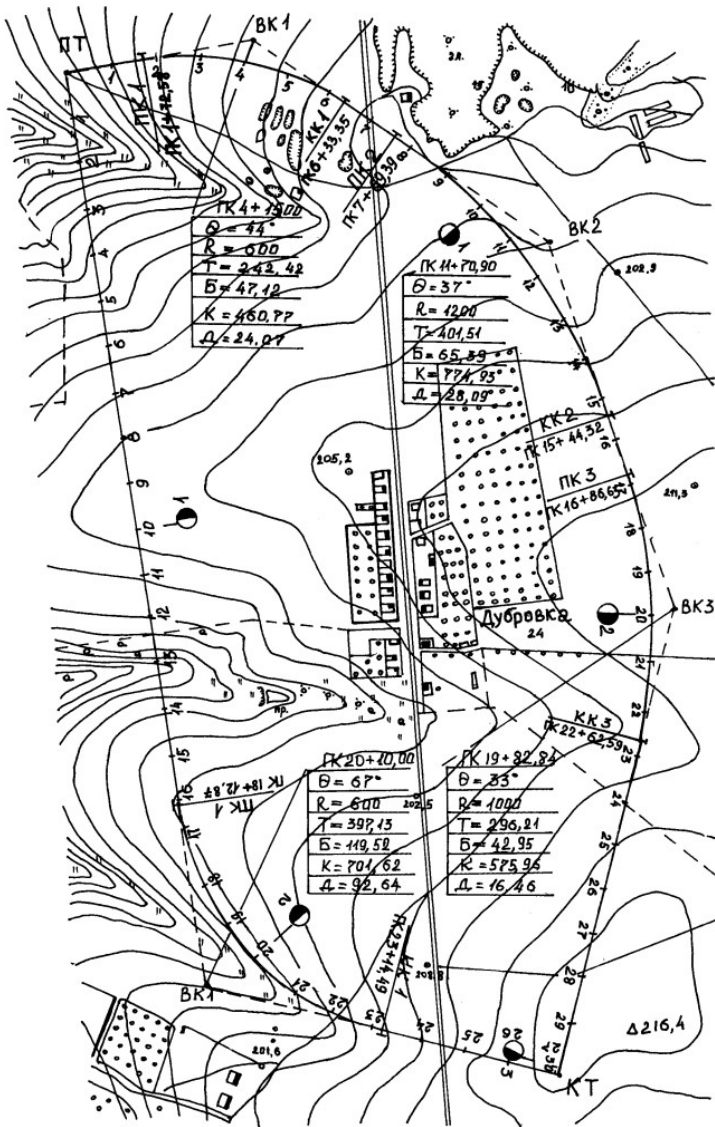


Рисунок 2.9 – Зразок оформлення плану автомобільної дороги

I варіант. Трасу прокладено традиційним методом. Має три кути повороту. Перший кут на ПК14+20 прийнятий з метою перетину р. Наумки під прямим кутом і прокладання траси через лісовий масив існуючою просікою. Наступні два кути повороту прийняті з умови прокладання траси найбільш спокійним рельєфом місцевості. На ПК1+55, ПК8+75, ПК40+60 траса перетинає суходоли. На ділянках ПК1 – ПК6 і ПК9 – ПК17 траса проходить орними землями. Довжина I варіанта 4180 м.

II варіант. Траса прокладена методом клотоїдного трасування. Має три кути повороту, в які вписані за шаблонами симетричні біклотоїди з параметрами. На ПК8, ПК37 і ПК40 траса перетинає суходоли, дільниці ПК0 – ПК7 проходить орними землями. Довжина I варіанта 170 м.

Порівняння варіантів траси виконують по експлуатаційно-технічним показником (табл. 2.6)

Кращим за експлуатаційно-технічними показниками вважається варіант, що має більше переваг. У даному прикладі найкращим є II варіант.

Таблиця 2.6 – Таблиця порівняння експлуатаційно-технічних показників варіантів траси

При виконанні реальних проектів варіанти траси порівнюють за техніко-економічними показниками, куди входить крім технічних показників, обсяги робіт, їх вартість та вартість транспортних витрат, коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

7. Оформлення плану траси.

План траси викреслюють за даними відомості кутів повороту, прямих та кривих на креслярських листах довжиною 841 мм та висотою 297 мм.

Таблиця 2.6 – Таблиця порівняння варіантів траси

№	Показник	I варіант	II варіант	Перевага	
				I варіант	II варіант
1	Довжина траси, км	4,18	4,17	-	+
2	Коефіцієнт видовження	1,1	1,097	-	+
3	Середня величина кута повороту, градус	31°40'	30°51'	-	+
4	Мінімальний радіус повороту, м	1000	700	+	-
5	Забезпечення видимості в плані	Забезпечена		=	=
6	Кількість пересічень в одному рівні	1	1	=	=
7	Кількість водотоків, що пересікаються	4	5	+	-
8	Максимальний поздовжній похил	50	51	+	-
9	Загальна довжина ділянок з максимальним поздовжнім похилом, %	1,2	3,8	+	-
10	Протяжність ділянок на яких не забезпечується стійкість земляного полотна, км	0,33	0,15	-	+
11	Протяжність ділянок, що проходять через ліс, км	0,2	-	-	+
12	Протяжність ділянок, що проходять по сільськогосподарським землям	1,3	0,7	-	+

Розташовувати трасу необхідно так, щоб верх листа за можливістю був спрямований на північ, а при направленні траси на північ – південь – на захід.

Масштаб плану приймають для рівнинної і горбистої місцевості 1:10 000, для гірської місцевості 1:5 000.

Трасу на плані наносять суцільною лінією. Прямі ділянки від кривих відділяють засічками. Тангенси наносять пунктирною лінією. По всій лінії траси наносять пікети і кілометри.

На кутах повороту пишуть їх номери, а величини заокруглень, довжини прямих і їх румби заносять в таблицю, яку розташовують на вільному місці.

Ситуацію на плані траси показують за даними топографічної карти. Ситуаційні знаки і написи виконують паралельно рамці.

Пікети та інші написи, які стосуються траси, пишуть вздовж траси або перпендикулярно до неї. Умовні позначення і знаки повинні відповідати діючим для топографічних карт.

На плані траси, прокладеної в рівнині та горбистій місцевості, горизонталі показують у тих місцях, де вони необхідні для обґрунтування вибору напрямку траси, а в гірській місцевості – на всьому протязі.

При перетині траси із залізницями та автомобільними дорогами на плані вказують кут та піжетажне положення пересікання.

Вище траси вказують найменування землекористувачів. На вільному місці викреслюють схеми закріплення траси та таблицю елементів кутів поворотів, прямих та кривих (табл. 2.5), а в лівому верхньому кутку розташовують стрілку напрямку північ-південь, літню та зимову рози вітрів.

ЛЕКЦІЯ 3

Проектування водоперепускних споруд на малих водотоках

1. Короткі відомості про типові труби і малі мости.

Для захисту земляного полотна від перезволоження поверхневими водами розмивів, а також для забезпечення виконання робіт на час спорудження земляного полотна необхідно передбачати систему поверхневого водовідведення (планування території, влаштування водовідвідних і нагірних каналів, лотків, перепадів, швидкотоків, випарних басейнів, поглинальних колодязів тощо). Рівні ґрунтових і поверхневих вод, що впливають на міцність та стійкість земляного полотна або на умови виконання будівельних робіт, необхідно понижувати, а воду відводити за межі земляного полотна. Поздовжній похил водовідвідних споруд необхідно призначати залежно від виду ґрунту, типу укріплення укосів і дна каналу з урахуванням допустимої швидкості протікання води. У разі неможливості забезпечення допустимих похилів необхідно передбачати швидкотоки, перепади та водобійні колодязі. Дно каналу повинно мати поздовжній похил понад 5 ‰, а у виняткових випадках - не менше ніж 3 ‰.

Основними елементами водоперепускних труб є: фундамент, ланки, які складають основну довжину труби, вхідний і вихідний оголовки.

За формою отвору на автомобільних дорогах застосовують круглі і прямокутні труби.

Отвором труби називається розмір внутрішнього січення труби d або $b \times h$ (рис. 3.1).

Отвором моста називають відстань у світлі між крайніми опорами, тобто без ширини проміжних опор і

конусів. Гідравлічний розрахунок малих мостів зводиться до визначених отворів, відповідних розрахункових витрат, які мають пропустити міст, та умов проїдання води під мостом.

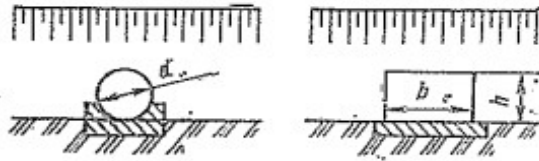


Рисунок 3.1 – Поперечне січення труб

Розрізняють дві схеми протікання води під мостами (рис. 3.2):

вільний потік, коли рівень води за мостом не впливає на умови протікання води під мостом;

невільний потік, коли рівень води за мостом впливає на умови протікання води під мостом.

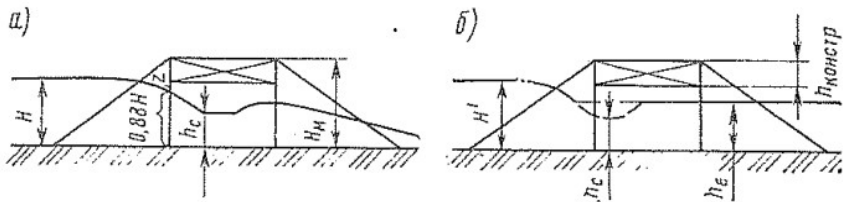


Рисунок 3.2 – Схема протікання води під малими мостами: а) вільний потік; б) невольний потік.

Схема невольного потоку має місце за дуже глибокого потоку води у руслі за мостом, коли $h_b > 0,7H$, У звичайних умовах протікання води під малими мостами відбувається за схемою вільного потоку.

Малі мости передбачають там, де не можна влаштувати труби, або при значній витраті вода. Малі мости, як і труби дозволяється розташовувати за будь-яких поєднань плану і профілю дороги. Але розташування мостів на вертикальних і горизонтальних кривих або великих поздовжніх схилах викликає ускладнення їх конструкцій.

Питання застосування моста чи труби вирішується техніко-економічним порівнянням.

2. Вихідні дані для проектування малих мостів і труб.

Ймовірність перевищення розрахункової повені за проектування водовідвідних каналів і кюветів необхідно призначати для доріг I-II категорій – 2%; III категорії – 3 %; IV-V категорій – 4 %, а при проектуванні водовідвідних споруд з поверхні мостів і доріг для доріг I-II категорій – 1 %; III категорії – 2 %; IV-V категорій – 3 %.

Випарні басейни можна влаштовувати лише в III дорожньо-кліматичній зоні з використанням понижених ділянок місцевості, відпрацьованих кар'єрів та резервів глибиною не більшою ніж 0,4 м. На ділянках, де для влаштування випарного басейну використовують бічні резерви, необхідно передбачати на насипу з боку басейну берму завширшки 4,0 м.

Висоту насипів і огорожувальних дамб біля середніх та великих мостів і на підходах до них, а також насипів на заплавах необхідно призначати з таким розрахунком, щоб брівка земляного полотна підвищувалась не менше ніж на 0,5 м, а брівка незатоплених регуляційних споруд і берм – не менше ніж на 0,25 м над розрахунковим горизонтом води з урахуванням підпору і висоти набігання хвилі на укіс. Брівку земляного полотна на підходах до труб необхідно підвищувати над розрахунковим горизонтом води з урахуванням підпору не менше ніж на 0,5 м за безнапірного режиму роботи споруди і не менше ніж на 1 м за напірного та напівнапірного режимах. Ймовірність перевищення повені при проектуванні насипів на підходах до малих мостів і труб необхідно приймати згідно з вимогами ДБН В.2.3-14. У гірських умовах особливу увагу потрібно приділяти

укріпленню вхідних і вихідних русел біля водопропускних споруд. На схилах, що розмиваються, відвідні русла водопропускних споруд необхідно укріплювати до рівня базису ерозії. Підтоплені укоси насипів необхідно захищати від руйнівних дій хвилі відповідними типами укріплень залежно від гідрологічного режиму ріки або водоймища.

Інженерний захист території від затоплення та підтоплення виконують відповідно до вимог ДБН В.1.1-25. За відповідного техніко-економічному обґрунтування замість укріплення можна зменшувати крутизну укосів. Крутизну стійкого проти дії води укосу необхідно визначати за розрахунками, залежно від гідрологічних та кліматичних умов і виду ґрунту насипу. Орієнтовно крутизну таких укосів необхідно призначати згідно з табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Крутизна укосів насипів в умовах затоплення

Різновид ґрунтів	Крутизна укосу при висоті хвилі без набігу, м					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Пісок мілкий	1:5	1:7,5	1:10	1:15	1:20	1:25
Супісок легкий	1:4	1:7	1:10	1:15	1:20	1:20
Суглинок, глина	1:3	1:5	1:7,5	1:10	1:15	1:15

Для запобігання розмиву узбіч і укосів земляного полотна на ділянках доріг з поздовжнім похилом понад 30 %, при насипах заввишки понад 2,5 м, у місцях віражів і увігнутих вертикальних кривих у поздовжньому профілі, при зустрічних похилах необхідно влаштовувати водовідвідні споруди для збирання та відведення поверхневої води за межі земляного полотна. Відстань між водовідвідними спорудами

обґрунтовується в проекті і залежить в площі водозбору та поздовжнього похилу дороги.

Для збирання та відведення поверхневої води до водоскидних споруд необхідно передбачати встановлення за зупинковими смугами, а за їх відсутності, за укріпленою смугою узбіччя водовідвідних прикрайкових лотків, бортових каменів або інших систем водовідведення (зокрема, і закритих, обладнаних ефективними системами можливості очищення систем від сміття, нафтопродуктів та наносів). Із зовнішнього боку віражу за умови, що похил віражу перевищує похил поздовжнього профілю, цю вимогу можна не застосовувати. Водовідвідні споруди на розділювальній смузі необхідно влаштовувати у місцях віражів і увігнутих вертикальних кривих у поздовжньому профілі:

- при ширині розділювальної смуги 10,5 м та довжині ділянки водозбору понад 100 м;
- при ширині розділювальної смуги до 6,0 м включно та довжині ділянки водозбору понад 500 м;
- для проміжних значень ширини розділювальної смуги довжина ділянки водозбору, для якої необхідно влаштовувати водовідвідні споруди, визначається інтерполяцією.

Водопрпускні труби необхідно проектувати відповідно до вимог ДБН В.2.3-14 та ДБН В.2.3-22. Захист від розмивів водними потоками у результаті взаємного впливу автомобільних доріг, ярів, зсувів необхідно здійснювати за допомогою спеціальних комплексних заходів, які передбачають під час проектування земляного полотна з урахуванням місцевих умов.

3. Визначення максимальних витрат дощових і талих вод. Визначення витрати з врахуванням акумуляції води перед спорудою. Встановлення розрахункових витрат.

Загалом водопропускні труби проектують у такій послідовності: встановлюють вихідні дані для визначення витрат води; визначають витрати від зливи і сніготанення, розрахункову витрату; підбирають найекономічніший отвір типової труби, визначають мінімальну висоту насипу біля труби, довжину труби за фактичної висоти насипу (робоча позначка на поздовжньому профілі).

Басейном або водозбором називають площу земної поверхні, яка знаходиться вище за течією від останнього отвору цього басейну (проектованої штучної споруди), з якого можливий до нього стік по схилах, логам і долинам. Басейн в загальному випадку складається з поверхневого та підземного водозборів. Поверхневий водозбір – це ділянка поверхні, з якої надходять води до водного об'єкта, а підземний водозбір утворює товщі ґрунтів. Як правило, підземний і поверхневий водозбори по площі не збігаються, але через великі труднощі у визначенні кордону підземного водозбору зазвичай для розрахунків розміри басейну приймають у межах тільки поверхневого водозбору і внаслідок цього не роблять різниці між термінами "басейн" і "водозбір" або об'єднують їх терміном "водозбірний басейн".

Гідрографічні характеристики водозбірних басейнів визначаються, як правило, за наявними топографічними матеріалами (картками, планами), а за їх відсутності - за даними польових рекогносцирувальних обстежень місцевості. В рядок збирають такі відомості, що дають змогу врахувати основні властивості стоку:

- назва і місцезнаходження водозбірних басейнів по трасі дороги;
- площі водозбірних басейнів;
- довжини водотоків;
- позначки витоку і розрахункового отвору;
- загальний характер рельєфу басейну (рівнинний, горбистий і гористий);
- ухил лога;
- типи ґрунтів, видовий склад рослинності та їх поширення за напрямком дороги і площею кожного водозбору;
- наявність і місцезнаходження озер, боліт, безстічних западин, орних земель (ріллі), карстових, мерзлотних (криогенних) чи інших явищ;
- наявність і місцезнаходження ставків, водосховищ, каналів, ариків, гребель, загат, мостів та інших штучних споруд.

Для визначення площі водозбірного басейну і зазначених вище характеристик встановлюють межі кожного з пересічних водозбірних басейнів. Границі басейнів, які визначають за горизонталями на картах, проводять у вигляді плавних ліній.

Вододілом називають лінію, що проходить найвищими точками рельєфу місцевості, стік води з якого відбувається до суміжних басейнів. Однією з меж водозбірного басейну є траса проєктованої дороги. Площа водозбірного басейну є його основною характеристикою. Вимірюють її в квадратних кілометрах і визначають згідно з картами або планами різного масштабу.

По трасі дороги проводять розбивку пікетажу з виділенням усіх точок перелому рельєфу місцевості:

найвищих, званих вододільними, та найнижчою точкою тальвегу, які позначаємо як плюсові точки. Через кожен водорозділову точку, намічену по осі дороги, починається побудова кордону водозбірного басейну з верхової сторони від дороги. Проводять плавну водороздільну лінію, яка в проміжку між горизонталями може згинатися відповідно за рельєфом місцевості, але завжди перпендикулярна до горизонталей у місці їх перетину.

Проведені по сусіднім вододілам кордони водозбірного басейну можуть з'єднуватися на схилі в одну найвищу точку водозбірного басейну або виходити до так званого верхового або головного вододілу. *Головний вододіл* проводять у вигляді плавної лінії по ланцюгу височин, пагорбів або гір, що відокремлюють басейн одного великого водного об'єкта (річки, озера, моря) від іншого. Потім штриховою лінією проводять в кожному басейні тальвег (в перекладі з німецької - долинний шлях), тобто лінію, що з'єднує найнижчі точки рельєфу місцевості (дно долини) в басейні. Лінія в проміжку між горизонталями може плавно згинатися відповідно до рельєфу місцевості, але завжди проводиться перпендикулярно до місця перетину горизонталі в найвіддаленішій по лінії тальвегу точці. У випадках, коли напрямок балки, тальвегу або кордонів водозбірного басейну важко визначити, необхідно приймати напрямок стоку за лініями, перпендикулярними до горизонталей.

Характеристики водозбірного басейну визначають для розрахунку витрати зливових і талих вод, на основі якого проводиться призначення водопропускної споруди. За наявності цифрової моделі рельєфу визначають місцезонашування і характеристики водозбірного басейну за допомогою операцій системи CREDO ДОРОГИ чи інших.

Розглянемо методику, наведену В.В. Бойчуком для гідравлічних розрахунків та підбору водопропускних споруд.

Максимальну витрату зливових вод з басейнів площею меншою за 100 км² визначають за формулою (3.1)

$$Q_z = 16,7 \cdot a_{zod} \cdot K_t \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot F, \quad (3.1)$$

де a_{zod} – інтенсивність зливи тривалістю в одну годину, мм/хв, яку визначають за табл. 3.2 залежно від зливого району (рис. 3.3) та ймовірності перевищення повені, ЙП, % (табл. 3.3); K_t – коефіцієнт переходу від інтенсивності зливи годинної тривалості до інтенсивності розрахункової (табл. 3.4); α – коефіцієнт витрати стоку, що залежить від ґрунтів на поверхні водозбору (табл. 3.5); φ – коефіцієнт редукції, що враховує неповноту стоку; його значення залежить від площі водозбору (табл. 3.6); F – площа водозбору, км².

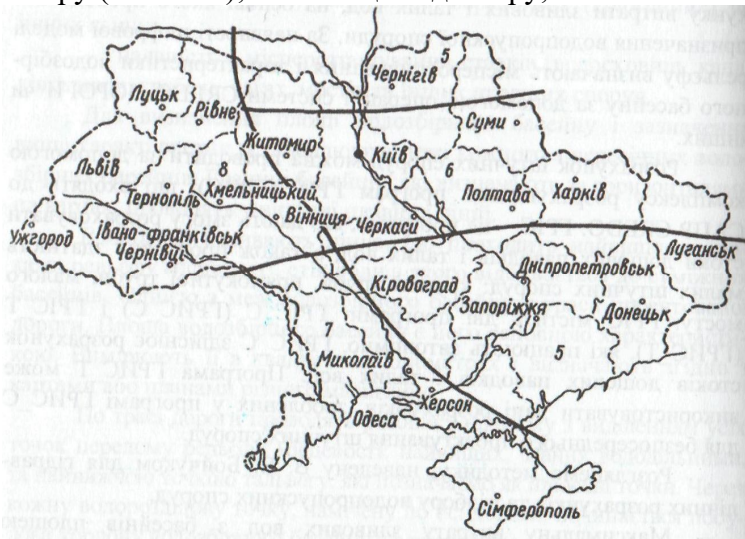


Рисунок 3.3 – Карта-схема зливових районів

Таблиця 3.2 – Інтенсивність зливи годинної тривалості, $\alpha_{\text{год}}$ мм/хв за різних імовірностей перевищення повеней

Зливовий район	ЙП, %		
	3	2	1
5	0,75	0,82	0,97
6	0,81	0,89	1,01
7	0,89	0,97	1,15
8	1,15	1,24	1,41

Таблиця 3.3 – Імовірність перевищень розрахункових витрат

Вид споруди	Категорія автомобільної дороги	Імовірність перевищення розрахункових витрат, %
Великі і середні мости	I–III та міські вулиці і дороги	1
Те саме	IV, V	2
Малі мости і труби	I	1
Те саме	I–III та міські вулиці і дороги	2
Те саме	IV, V	3

Таблиця 3.4 – Значення коефіцієнта переходу від інтенсивності зливи годинної тривалості до розрахункової (K_i)

L, км	Значення (K_i) при похилі басейну i , %									
	0,1	1	10	100	200	300	500	700		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
0,15	4,21	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24		
0,30	2,57	3,86	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24		
0,50	1,84	2,76	3,93	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24		
0,75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05	5,24	5,24	5,24		
1,00	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18		
1,25	1,00	1,49	2,20	3,24	3,60	3,90	4,23	4,46		
1,50	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90		
1,75	0,80	1,18	1,75	2,58	2,84	3,06	3,33	3,52		
2,00	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,09	3,27		
2,50	0,63	0,92	1,37	2,02	2,26	2,44	2,65	2,80		
3,00	0,56	0,82	1,21	1,79	2,00	2,16	2,34	2,49		
3,50	0,50	0,74	1,10	1,62	1,81	1,95	2,12	2,31		
4,00	0,46	0,68	1,00	1,48	1,65	1,78	1,94	2,11		
4,50	0,42	0,62	0,93	1,37	1,53	1,65	1,78	1,95		

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5,00	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54	1,67	1,82
6,00	0,35	0,52	0,76	1,13	1,26	1,36	1,48	1,61
6,50	0,33	0,49	0,73	1,07	1,20	1,29	1,40	1,53
7,00	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23	1,33	1,45
8,00	0,29	0,43	0,63	0,93	1,04	1,12	1,22	1,33
9,00	0,27	0,39	0,58	0,86	0,96	1,04	1,13	1,23
10,00	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97	1,05	1,14
11,00	0,23	0,34	0,51	0,75	0,84	0,91	0,98	1,07
12,00	0,22	0,32	0,48	0,71	0,79	0,86	0,93	0,99
13,00	0,21	0,31	0,46	0,67	0,75	0,81	0,88	0,96
14,00	0,20	0,29	0,43	0,64	0,72	0,79	0,84	0,91
15,00	0,19	0,28	0,41	0,61	0,68	0,74	0,80	0,87
20,00	0,16	0,23	0,34	0,50	0,56	0,61	0,66	0,72

Таблиця 3.5 – Значення коефіцієнта витрати стоку α залежно від площі та виду ґрунту на поверхні водозбірною басейну

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

Таблиця 3.6 – Коефіцієнт редуції при площах водозбору, км²

<i>F</i>	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<i>φ</i>	1	0,84	0,76	0,71	0,67	0,64
<i>F</i>	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0
<i>φ</i>	0,61	0,59	0,58	0,56	0,51	0,47
<i>F</i>	2,5	3	4	5	6	8
<i>φ</i>	0,45	0,43	0,40	0,38	0,36	0,33
<i>F</i>	10	12	14	16	20	25
<i>φ</i>	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,25
<i>F</i>	30	40	50	60	80	100
<i>φ</i>	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18

Для врахування акумуляції води перед спорудою потрібно знати об'єм зливого стоку, м³ (3.2):

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

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

Максимальну витрату талих вод (витрата від сніготанення) для будь-яких басейнів визначається за формулою (3.3):

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

де k_0 – коефіцієнт дружності поверхні; n – показник ступеня для дорожньо-кліматичної зони для зон У-I $k_0=0,01$, $n=0,17$; для зон У-II і У-III $k_0 =0,02$, $n=0,25$; для У-IV $k_0 =0,0045$, $n=0,15$; F – площа водозбору; h_p – розрахунковий шар

сумарного стоку, мм ($h_p = hK_p$); h – середній багаторічний шар стоку води від сніготанення, мм (рис. 3.4), $h=80$ мм при $F \leq 100$ км², при глинистих і суглинистих ґрунтах h збільшується в 1,1 разу, а при супіщаних і піщаних зменшується на 0,9; K_p – модульний коефіцієнт за гамма-параметричним законом розподілу (рис. 3.5), який залежить від ЙП, C_{vh} , C_{sh} ; ЙП – ймовірність перевищення повені; C_{vh} коефіцієнт варіації шару стоку повені, що визначають за рис. 3.6 (при площах водозбору до 50 км² коефіцієнт C_{vh} збільшується в 1,25 разу); C_{sh} – коефіцієнт асиметрії (для рівнинних водозборів $C_{sh}=2C_{vh}$ для гірських водозборів $C_{sh}=(3...4)C_{vh}$); δ_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення витрат, за наявності на поверхні басейну озер більше 2% (табл. 3.7), δ_2 – коефіцієнт, що враховує зменшення витрат при наявності на поверхні басейну лісів та боліт (табл. 3.8, де F_l і F_σ – відповідно площі, покриті лісами та болотами).

Таблиця 3.7 – Зменшення витрат від сніготанення за наявності на поверхні басейну озер

Озерність, %	2–5	5–10	10–15	≥ 15
δ_1	0,9	0,8	0,75	0,7

Таблиця 3.8 – Зменшення витрат від сніготанення за наявності на поверхні басейну лісів та боліт

$\beta=5F_l/F+10F_\sigma/F+1$ (цілі числа)	β (десяті частинки)				
	0	2	4	6	8
1	1,00	0,94	0,88	0,84	0,80
2	0,76	0,73	0,70	0,67	0,64
3	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54
4	0,52	0,50	0,48	0,47	0,46
5	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39
6	0,38	0,37	0,36	0,34	0,33
7	0,32	0,31	0,30	0,30	0,29

4. Проектування водоперепускних труб.

Визначення отворів водопропускних труб

Після визначення витрати води від зливи та сніготанення встановлюють розрахункову витрату. Якщо максимальна витрата води від сніготанення більша, ніж від зливи, тобто $Q_T \geq Q_3$, то за розрахункову вибирають максимальну витрату води від сніготанення: $Q_{розр} = Q_T$. Коли максимальна витрата від зливної води більша, ніж сніготанення $Q_3 > Q_T$, і влаштування ставка перед спорудою неможливе, то за розрахункову беруть максимальну витрату від зливної води $Q_{розр} = Q_3$. Якщо за $Q_3 \geq Q_T$ влаштувати ставок перед спорудою можна і доцільно, то за розрахункову вважають витрату з урахуванням акумуляції води перед спорудою $Q_{розр} = Q_a$ (що буває доволі рідко).

Витрату води з урахуванням акумуляції визначають за формулами (3.4)-(3.5).

$$Q_a = Q_3 \cdot \left(1 - \frac{W_{СТ}}{W}\right), \quad (3.4)$$

$$W_{СТ} = [(m_1 + m_2) / 6i_y] H_{СТ}^3 \quad (3.5)$$

де $W_{СТ}$ – об'єм води, накопичений у ставку, який залежить від середнього похилу уголовини i_y (десятковий дріб), коефіцієнтів закладання укосів $m_1 = 1:i_1$ і $m_2 = 1:i_2$ та глибини ставка перед спорудою $H_{СТ}$, якою задаються, виходячи із можливості затоплення; W – об'єм стоку (3.2).

За режимами протікання води дорожні труби поділяють на безнапірні, напівнапірні й напірні. Режим протікання води у трубах (рис. 3.4) може бути: *безнапірний*, коли $H \leq 1,2h_{ТР}$ і по всій довжині труби є вільна поверхня; *напівнапірний*, якщо

$1,2h_{TR} < H < 1,4h_{TR}$ і тільки на вхідній ділянці є цілий переріз, заповнений водою, а на більшій частині труби є вільна поверхня; *напірний*, коли $H > 1,4h_{TR}$ і тільки на невеличкій ділянці при виході є вільна поверхня, а на більшій частині цілий переріз, заповнений водою. Труби, як правило, влаштовують у безнапірному режимі, за якого не затоплюються сільськогосподарські угіддя та зменшуються обсяги земляних робіт на рівнинній місцевості.

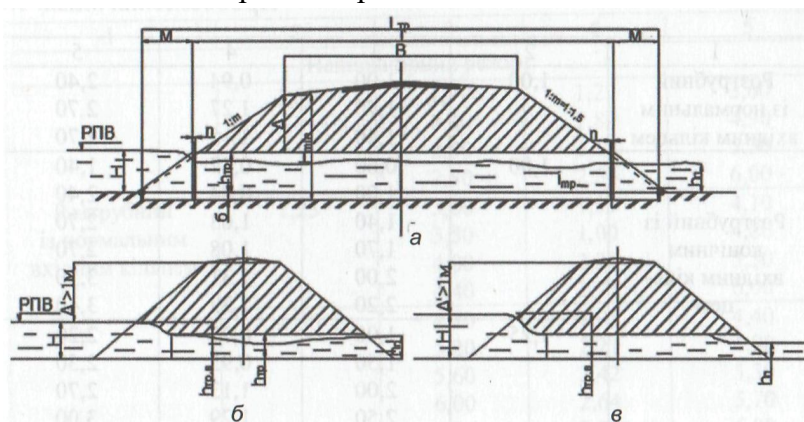


Рисунок 3.4 – Схеми режиму протікання води в трубі та визначення мінімальної висоти насипу біля труби та довжини труби за режиму: а – безнапірного; б – напівнонапірного; в – напірного.

Діаметр отвору труби приймають відповідно до гідравлічних характеристик типових круглих (табл. 3.9) та прямокутних (табл. 3.10) труб залежно від розрахункової витрати води.

У разі великої розрахункової витрати води використовують двоочкові чи триочкові труби. Розрахункова витрата в цих випадках зменшується відповідно у 2 чи 3 рази. Підбираючи отвір за таблицями, необхідно, щоб таблична

витрата дорівнювала або була трохи більшою за розрахункову.

Таблиця 3.9 – Гідравлічні характеристики типових круглих труб

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

<i>Продовження табл. 3.9</i>				
1	2	3	4	5
Розтрубний з конічним вхідним кільцем	2,00	3,50	1,26	2,90
		4,00	1,36	3,00
		4,50	1,47	3,20
		5,00	1,55	3,30
		5,50	1,65	3,40
		6,00	1,73	3,50
		6,50	1,81	3,60
		7,00	1,90	3,70
		7,50	1,98	3,80
		8,00	2,06	3,90
		8,50	2,14	4,00
		9,00	2,22	4,10
		9,70	2,32	4,20
		10,00	2,38	4,30
10,50	1,46	4,30		
11,00	2,54	4,50		
12,50	2,78	4,80		
Напівнапірний режим				
Розтрубний із нормальним вхідним кільцем	1,00	1,70	1,27	3,60
		2,30	1,89	4,90
		2,50	2,12	5,30
		2,80	2,54	6,00
	1,25	3,00	1,59	4,10
		3,50	1,00	4,80
		4,00	2,38	5,50
		4,40	2,73	6,00
	1,50	4,70	1,91	4,40
		5,20	2,21	4,90
		5,60	2,42	5,30
		6,00	2,64	5,70
		6,36	2,85	6,00
Напірний режим				
Розтрубний з конічним вхідним кільцем	1,00	3,00	1,66	4,20
	1,25	3,50	2,02	5,00
	1,25	5,00	1,96	4,50
		6,00	2,45	5,40
	1,50	7,00	2,24	4,40
		8,00	2,40	5,00
		8,50	2,58	5,30

Таблиця 3.10 – Гідравлічні характеристики типових прямокутних труб

Витрати води, м ³ /с, при отворах труби, м				Глибина води перед трубою, м	Швидкість води на виході з труби, м/с
2x2	2,5x2	3x2,5	4x2,5		
1,0	1,25	1,5	2,0	0,45	1,8
2,0	2,5	3,0	4,0	0,71	2,3
3,0	3,75	4,5	6,0	0,94	2,7
4,0	5,00	6,0	8,0	1,13	2,9
5,0	6,25	7,5	10,0	1,32	3,2
6,0	7,50	9,0	12,0	1,48	3,4
7,0	8,75	10,5	14,0	1,66	3,5
8,0	10,00	12,0	16,0	1,82	3,9
9,0	11,25	13,5	18,0	1,97	4,1
10,0	12,50	15,0	20,0	2,11	4,2
11,0	13,75	16,5	22,0	2,37	4,4
12,0	15,75	18,9	25,2	2,49	4,6
14,0	17,50	21,0	28,0	2,65	4,7
15,0	18,75	22,5	30,0	2,77	4,8

Довжина труби залежить від висоти насипу $H_{НАС}$ біля труби, яку приймають за поздовжнім профілем після його проектування і має бути не меншою за найменшу висоту насипу біля труби $H_{НАС} \geq H_{min}$.

За висоти насипу $H_{НАС} < 6,0$ м довжину труби без оголовок визначаємо за формулою (3.6)

$$L = \left[0,5B + \frac{m(H_{НАС} - h_{ТР})}{1 + mi_0} + 0,5B + \frac{m(H_{НАС} - h_{ТР})}{1 - mi_0} + n \right] \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \quad (3.6)$$

де B – ширина земляного полотна, м; m – коефіцієнт закладення укосів насипу – 1,5; $H_{НАС}$ – висота насипу біля труби, м; $h_{ТР}$ – діаметр круглої труби, м; i_0 – похил труби, приймається рівним похилу лога біля споруди i_c ; n – товщина

стінок оголовка, приймається 0,35 м; α – кут між віссю дороги і труби.

За висоти $H_{НАС} > 6,0$ м довжину труби визначають за формулою (3.7):

$$L = \left[\frac{0,5B - 1,5 + 1,75(H_{НАС} - h_{ТР})}{1 + 1,75i_0} + \frac{0,5B - 1,5 + 1,75(H_{НАС} - h_{ТР})}{1 - 1,75i_0} + n \right] \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \quad (3.7)$$

Повну довжину труби визначають за формулою (3.8):

$$L_{ТР} = L + 2M, \quad (3.8)$$

де M – довжина оголовків (див. табл. 3.11 або 3.12).

Таблиця 3.11 – Геометричні розміри круглих труб

Отвір d , м	Вхідна ланка		Довжина оголовка M , м	Висота насипу $H_{НАС}$, м	Товщина ланки δ , м
	Висота $h_{вх}$, м	Довжина $l_{вх}$, м			
1,00	1,20	1,32	1,78	До 4,0 4,1–7,0	0,10 0,12
1,25	1,50	1,32	2,26	До 4,0 4,1–8,0 8,1–20	0,12 0,14 0,18
1,50	1,80	1,32	2,74	До 4,5 4,6–9,0 9,1–20	0,14 0,16 0,22
1,75	2,10	1,32	3,20	До 4,5 4,6–9,0 9,1–20	0,14 0,16 0,22
2,00	2,40	1,32	3,66	До 5,0 5,0–9,0 9,1–20	0,16 0,20 0,24

Для труб із нормальним вхідним кільцем (ланкою) його висота на вході дорівнює отвору труби, а довжина дорівнює 1,0 м. Довжина решти ланок дорівнює 1,0 м.

Таблиця 3.12 – Геометричні розміри прямокутних труб

Отвір $b \times h$, м	Вхідне кільце-секція		Довжина оголовка $\frac{m}{m_1}$, м	Висота насіпу $H_{нас}$, м	Товщина плити перекриття δ , м
	Висота h_{ex} , м	Довжина l_{ex} , м			
1	2	3	4	5	6
1,50x2,0	$\frac{2,0}{2,5}$	3,02	3,20 3,95	До 8,0 8,1–20,0	0,19 0,30
2,0x2,0	$\frac{2,0}{2,5}$	3,02	3,20 3,95	До 8,0 8,1–20,0	0,22 0,37
3,0x2,0	$\frac{2,0}{2,5}$	3,02	3,20 3,92	До 8,0 8,1–20,0	0,30 0,47
2,0x3,0	$\frac{3,0}{3,5}$	3,02	4,70 5,45	До 8,0 8,1–20,0	0,22 0,37
3,0x3,0	$\frac{3,0}{3,5}$	3,02	4,70 5,45	До 8,0 8,1–20,0	0,30 0,47
4,0x3,0	$\frac{3,0}{3,5}$	3,02	4,70 5,45	До 8,0 8,1–20,0	0,36 0,57
5,0x3,0	$\frac{3,0}{3,5}$	3,02	4,70 5,45	До 8,0 8,1–20,0	0,43 0,68
6,0x3,0	$\frac{3,0}{3,5}$	3,02	4,70 5,45	До 8,0 8,1–20,0	0,50 0,76

Примітка. В колонці «Висота h_{ex} , м» у чисельнику наведено значення, що відповідають нормальній вхідній ланці, у знаменнику – підвищені; довжина решти секцій труби дорівнює 4,0 м

Під час розтікання потоку за трубою швидкість зростає в 1,5 разу, що спричиняє розмив русла, тому укріплення за трубою обов'язкові і повинні закінчуватися запобіжними укосами з кам'яним накидом.

5. Проектування малих мостів.

Проектування малих мостів включає наступні питання: встановлення вихідних даних для проектування; обчислення розрахункової витрати Q_p ; визначення глибини води перед мостом; визначення отвору і довжини мосту; визначення мінімальної висоти моста; призначення укріплення біля мосту. Перші два питання розглянуті вище.

Визначення глибини води перед мостом.

Глибина води перед мостом H залежить від швидкості протікання потоку під мостом. Швидкості потоку під малими мостами, зазвичай, перевищують допустимі швидкості для ґрунтів русла. Тому для запобігання розмиву русла під мостом приймають бажаний тип зміцнення і схожу в даних умовах глибину потоку перед мостом. Найбільша швидкість під мостом буде в стиснутому перерізі потоку V_c . Її приймають на 10 % більше $V_{дон}$:

$$V_c = 1,1 V_{дон}$$

Глибина води перед мостом:

$$H = 1,46 \frac{V_c^2}{g} \text{ - для схеми вільного потоку;}$$

$$H = h_б + \frac{V_c^2}{2g\varphi^2} \text{ - для схеми невільного потоку;}$$

де $h_б$ – побутова глибина потоку визначається методом підбору; g – прискорення вільного падіння ($9,81 \text{ м/с}^2$); φ – коефіцієнт швидкості залежить від форми стояків: $\varphi = 0,9$ – для стояків з конусами; $\varphi = 0,85$ – з косими крилами; $\varphi = 0,76$ – із забірними стінками.

Визначення отвору мосту

Отвір мосту залежить від розрахункової витрати Q_p і схеми протікання води під мостом.

У більшості випадків отвори малих мостів розраховують за схемою вільного витікання. Тільки при дуже великій глибині потоку за мостом, коли $h_б > 0,7H$, розрахунок ведуть за схемою невільного витікання (зменшення ухилу русла за мостом або стиснення потоку за мостом).

Розрахунковий отвір мосту:

$$b = \frac{Q_p}{1,33\sqrt{H^3}} \text{ для схем вільного потоку;} \quad (3.9)$$

$$b = \frac{Q_p}{h_0 v_c} \text{ для схем невільного потоку.}$$

Отвір мосту вимірюється для схеми вільного витікання по поверхні потоку; для схем невільного потоку – по середній лінії площі перетину потоку під мостом.

Для перекриття розрахункового отвору мосту приймають типову прогонову будову. Якщо один розрахунковий типовий проліт не перекриває розрахунковий отвір, приймають два або більше прольоту. Отвір буде:

$$b_m = l_p \text{ – для однопрогонового мосту;}$$

$$b_m = l_{p1} + l_{p2} \text{ – для двопрогонового мосту.}$$

При цьому довжина моста поверху L_m повинна бити не більше 25 м. Якщо $L_m > 25$ м, слід прийняти більш міцний тип зміцнення русла з великими значеннями $V_{дон}$ і H , але меншим значенням розрахункового перерізу

Визначення мінімальної висоти мосту

Мінімальна висота мосту складається з будівельної висоти прийнятої типової прогонової будови $h_{кон.}$, глибини води під мостом і мінімального піднесення низу прольотної будови над рівнем води під мостом z .

Глибина потоку під мостом залежить від схеми протікання води і приймається рівною $0,88H$ при вільній схемі перебігу рівної побутової глибини h_0 при невільній схемі.

Мінімальна висота мосту:

$$H_{m.min} = 0,88H + z + h_{констр.} \text{ – для схеми вільного протікання;}$$

$$H_{m.min} = h_0 + z + h_{констр.} \text{ – для схеми невільного протікання.}$$

Зазор від води до низу прогонової будови приймають рівним $z=0,25$ м; при льодоході $z = 1,0$ м.

Висота H_m залежить від висоти проектної лінії над позначкою дна русла та встановлюється після проектування поздовжнього профілю.

Необхідно, щоб H_m було більше або дорівнює $H_{m.min}$.

Визначення довжини мосту.

Довжина мосту залежить від кількості прольотів, їх довжини та типу берегових опор. При пальових опорах із парканними стінками довжина мосту:

$$L_m = \sum l_{np} + \sum a, \quad (3.10)$$

де $\sum l_{np}$ – сума довжин прогонових будов, що перекривають прольоти мосту; $\sum l_a$ – сума зазорів між сусідніми пройденими будовами; приймається рівний 0,05 м.

При пальових опорах з конусами для розрахунків отвору мосту b розрахункова довжина моста залежить від його висоти і визначається за формулами:

$$L_p = b + 2 \cdot 1,5(H_m - h_c) + \sum d + 2g - \text{для схеми вільного потоку;}$$

$$L_p = b + 2 \cdot 1,5\left(H_m - \frac{h_o}{2}\right) + \sum d + 2g - \text{для схеми невольного потоку;}$$

де h_c – глибина води під мостом при вільному потоці; $\sum d$ – сума ширини проміжних опор, для пальових опор ширину опори приймають $d=0,35$ м; при опорах-стійках $d=0,40$ м; g – відстань між вершиною конуса і початком або кінцем мосту $g=32,5$.

За розрахункову довжину мосту приймають кількість типових прольотів і остаточно встановлюють довжину мосту за формулою (3.10).

ЛЕКЦІЯ 4

Проектування поздовжнього профілю дороги

1. Вихідні дані для проектування.

Для прийнятого варіанту плану траси проводять проектування поздовжнього профілю (яке в навчальному курсовому проєкті) включає такі роботи:

- встановлення та нанесення вихідної інформації;
- призначення контрольних точок та керівної відмітки;
- обґрунтування рекомендованих та мінімальних нормативів поздовжнього профілю;
- складання та вибір варіантів проектної лінії;
- вписування проектної лінії прийнятого варіанту, визначення проектних та робочих відміток, визначення місцезнаходження та відміток точок переходу насипу у виїмку та навпаки;
- опис проектної лінії;
- нанесення геологічного профілю;
- оформлення поздовжнього профілю.

До вихідної інформації відносяться: норми та обмеження, які передбачені ДБН В.2.3-4:2015; план траси; поздовжній профіль поверхні землі по осі дороги; геологічна будова місцевості по осі дороги; рекомендовані робочі відмітки, контрольні точки проектної лінії.

Горизонтальний масштаб поздовжнього профілю приймають 1:5000 (рідко 1:2000), вертикальний - 1:500 (1:200), для ґрунтів - 1:50.

2. Основні вимоги до проектної лінії поздовжнього профілю. Методи нанесення проектної лінії і розрахунок її елементів.

Можливі два підходи до нанесення "червоної" лінії при проектуванні поздовжнього профілю автомобільної дороги. На рівнинній та малопересіченій місцевості проектну лінію прокладають за обгортальною, тобто, якомога паралельніше

поверхні землі. Таке проектування дає змогу в цих умовах одержати добре осушене земляне полотно при мінімальних об'ємах земляних робіт.

Перед нанесенням проектної лінії намічають контрольні (фіксовані) точки та визначають рекомендовану (керівну) робочу відмітку земляного полотна (висоту насипу).

Контрольними точками є відмітки початку та кінця траси, брівки земляного полотна біля малих мостів та на трубах, осі автомобільних доріг та головки райок залізниць на пересіченнях в одному рівні, осі проїзної частини в населених пунктах. При пересіченнях доріг у різних рівнях висоту насипу біля шляхопроводу та відмітку проїзної частини призначають залежно від габариту за конструктивною висотою прольотної будови. Габарит за висотою приймають: для залізниць – 7,0 м; для автомобільних доріг – 5,0 м; для скотопронів – 2,5 м. Контрольні точки значною мірою визначають положення проектної лінії. В одних випадках проектна відмітка визначається відміткою контрольної точки однозначно, в інших вона мусить бути не меншою за неї.

Висоту насипу на ділянках доріг, що проходять відкритою місцевістю і заносяться снігом під час хуртовин, необхідно визначати розрахунком за формулою (4.1):

$$h = h_c + h_n, \quad (4.1)$$

де h – висота насипу, який не заноситься снігом, м; h_c – розрахункова висота снігового покриву в місці, де споруджується насип, з ймовірністю перевищення 5 %, м. За відсутності вказаних даних допускається спрощене визначення h_c з використанням метеорологічних довідників; h_n – мінімальне підвищення брівки насипу над розрахунковим рівнем снігового покриву, яке необхідне для його незанесення снігом, м.

Підвищення брівки насипу (h_n) над розрахунковим рівнем снігового покриву необхідно призначати не менше

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

У разі коли h_n , виявляється менше від підвищення брівки насипу над розрахунковим рівнем снігового покриву h_{nc} , тоді у формулу (4.1) замість h_n , вводять h_{nc} (формула 4.2).

В районах, де розрахункова висота снігового покриву перевищує 1 м, необхідно перевіряти достатність підвищення брівки насипу над сніговим покривом за умови безперешкодного розміщення снігу, що видалається з дороги під час снігоочищення, використовуючи формулу (4.2):

$$h_{nc} = 0,375 \cdot h_c \cdot \frac{a}{b}, \quad (4.2)$$

де h_{nc} – підвищення брівки насипу над розрахунковим рівнем снігового покриву за умови снігоочищення дороги, м; a – відстань в метрах, на яку відкидається сніг з дороги при його видаленні снігоочищувачем. Для доріг з регулярним режимом зимового утримання дозволяється призначати $a = 8$ м; b – ширина земляного полотна, м.

За розрахункову рекомендовану робочу відмітку h з умов снігонезаносимості приймають значення визначене за формулою (4.1) після його додавання до $ci_c + bi_p$. де c – ширина узбіччя, b – ширина смуги руху; i_c та i_b – поперечний похил узбіччя та смуги руху (для визначення розрахункової відмітки насипу по осі дороги).

За рельєфом місцевості, інженерно-геологічними умовами, характером зволоження та ступенем стікання води місцевість поділяється на три типи:

1-й - сухі ділянки, на яких поверхневі і ґрунтові води не впливають на зволоження верхніх шарів ґрунту (поверхневий водовідвід забезпечений);

2-й - вологі ділянки, на яких можливе короткочасне (до 30 діб) затоплення поверхневими водами (поверхневий водовідвід утруднений), але ґрунтові води не впливають на зволоження верхніх шарів ґрунту;

3-й - мокрі ділянки з постійним надмірним зволоженням і тривалим (понад 30 діб) затопленням як поверхневими (поверхневий водовідвід надзвичайно утруднений), так і підтопленням ґрунтовими водами.

У сирих місцях рекомендовану відмітку визначають розрахунком з умов забезпечення підняття низу дорожнього одягу над розрахунковим рівнем ґрунтових і поверхневих вод, а також над рівнем поверхні землі з незабезпеченим поверхневим стоком.

За даними про ґрунти, тип місцевості за зволоженням і залежно від дорожньо-кліматичної зони встановлюють перевищення покриття над поверхнею землі, високим горизонтом ґрунтових вод або розрахунковим горизонтом поверхневих вод (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Найменші підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем води

Ґрунт верхньої частини земляного полотна (робочого шару)	Найменші підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем води, м		
	Дорожньо-кліматична зона		
	I	II	III
Пісок	$\frac{1,1}{0,9}$	$\frac{0,9}{0,7}$	$\frac{0,75}{0,55}$
Пісок пилюватий, супісок піщанистий	$\frac{1,5}{1,2}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,1}{0,8}$
Суглинок піщанистий, глин	$\frac{2,2}{1,6}$	$\frac{1,8}{1,4}$	$\frac{1,5}{1,1}$
Супісок пилюватий, суглинок пилюватий	$\frac{2,4}{1,8}$	$\frac{2,1}{1,5}$	$\frac{1,8}{1,3}$

Примітка 1. Над ризикою подані значення $h_в$ підвищення поверхні покриття над рівнем ґрунтових вод, верховодки або тривалого підтоплення (понад 30 діб) поверхневими водами, під ризикою – те саме, $h_{зем}$ над поверхнею землі на ділянках з незабезпеченим поверхневим водовідводом або над рівнем короткотривалого (менше 30 діб) підтоплення поверхневими водами.

Примітка 2. В умовах зони IV найменші підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем води призначають для Карпат за нормами зони I, для гірського Криму – за нормами зони II з урахуванням досвіду експлуатації доріг у цих районах.

Для розрахунку рекомендованої робочої відмітки h_p з умови підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем вод залежно від типу місцевості за характером зволоження використовують формули (4.3)-(4.6):

- для 1-го типу місцевості (сухі ділянки)

$$h_p = h_{d.o.}, \quad (4.3)$$

- для 2-го типу місцевості (вологі ділянки)

$$h_p = h_{зем.}, \quad (4.4)$$

- для 3-го типу місцевості (мокрі ділянки)

$$h_p = H_e + h_e, \quad (4.5)$$

або

$$h_p = h_e - H_{гр.в.}, \quad (4.6)$$

де $h_{d.o.}$ – товщина дорожнього одягу; $h_{зем.}$ – підвищення поверхні покриття над поверхнею землі на ділянках з незабезпеченим поверхневим водовідводом або над рівнем короткотривалого (менше від 30 діб) підтоплення поверхневими водами; H_e – глибина верховодки або тривалого підтоплення (більше від 30 діб) поверхневими водами; h_e – підвищення поверхні покриття над рівнем ґрунтових вод, верховодки або тривалого підтоплення (більше від 30 діб) поверхневими водами; $H_{гр.в.}$ – розрахункова глибина залягання ґрунтових вод.

За розрахункову рекомендовану робочу відмітку h_p з умови підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем вод приймають більше значення за формулами (4.3)-(4.6). Після чого додають до більшого значення добуток $a i_0$, де a – ширина смуги руху з урахуванням укріплювальної смуги; i_0 – поперечний похил смуги руху (для визначення розрахункової відмітки насипу по осі дороги).

Після чого розрахункову рекомендовану робочу відмітку h_p з умови підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем вод порівнюють з розрахунковою рекомендованою робочою відміткою h з умов снігонезаносимості та для проектування обирають більшу з них.

Підвищення поверхні покриття дорожнього одягу над рівнем ґрунтових або поверхневих вод при слабо – і середньозасолених ґрунтах необхідно збільшувати на 20 % (для суглинків і глин на 30 %), а при сильнозасолених ґрунтах – від 40 до 60 %. За наявності у верхній частині земляного полотна різних ґрунтів підвищення необхідно призначати по ґрунту, для якого воно має найбільше значення.

Для забезпечення відведення води у виїмках "червону" лінію слід проектувати з похилом не менше 5 ‰.

На ділянках поздовжнього профілю горбистої та гористої місцевості проектну лінію прокладають по січній, коли внаслідок зрізання підвищень утворюються виїмки, а ґрунт з них використовують для відсіпки насипів. Прокладаючи проектну лінію по січній, необхідно прагнути до балансу об'ємів земляних мас.

При проектуванні необхідно уникати пилкоподібного поздовжнього профілю, при якому часто змінюються підйоми і спуски.

У проектних організаціях, проектуючи поздовжній профіль застосовують САПР. В минулому користувались графоаналітичний методом (метод шаблонів) або метод тангенсів та викреслювали поздовжній профіль на міліметрівці. Метод шаблонів давав змогу знайти положення проектної лінії, яке зумовлює зручність і безпеку руху при оптимальному співвідношенні об'ємів насипів і виїмок. Методом тангенсів користувалися за відсутності шаблонів.

Прозорі шаблони виготовляли для вертикальних кривих різних радіусів у масштабах поздовжнього профілю (рис. 4.1). Цифри, які нанесені з криволінійного боку, показували похили дотичних у цих точках. На вершині кривої похил дорівнює нулю. Щоб користуватися шаблонами, необхідно

мати спеціальні таблиці (табл. Мітіна), у яких наведені значення абсцис і ординат точок вертикальної кривої від базисної дотичної до горизонтальної лінії, або проводити розрахунок координат кривої за формулами.

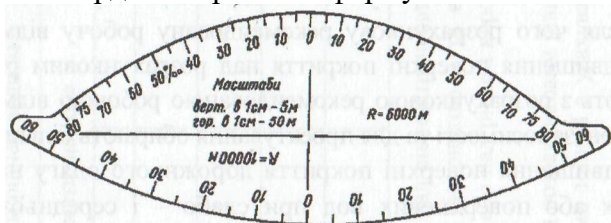


Рисунок 4.1 – Зразок шаблону для накреслення вертикальної кривої

Для нанесення прямолінійних відрізків проектної лінії можна користувалися трикутником похилів (рис. 4.2). Це прозорий прямокутний трикутник, на якому з десятикратним спотворенням нанесені лінії з похилами в межах від 0 до 100%. При проектуванні, гіпотенузу трикутника похилів слід розміщати строго паралельно до горизонтальних ліній міліметрівки.

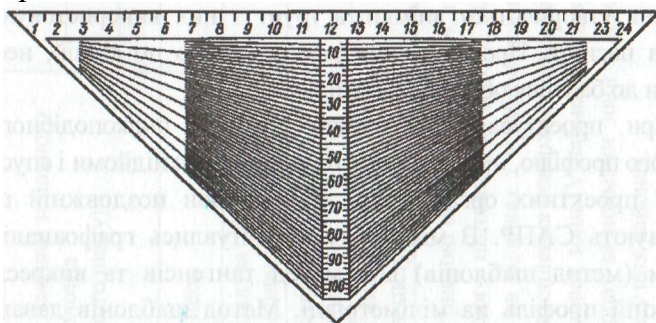


Рисунок 4.2 – Трикутник похилів

Підбираючи радіуси кривих і позовжні похили, у наміченуначорно проекту лінію вписували вертикальні криві, забезпечуючи її плавність і раціональне положення відносно поверхні землі. У складних умовах намічають кілька варіантів, з яких шляхом порівняння вибирають найкращий. Підбираючи положення проектної лінії, шаблони різних радіусів переміщали щодо лінії поверхні землі. Вертикальна й

горизонтальна осі шаблона при цьому мають бути строго паралельні лініям міліметрівки. Прикладаючи різні шаблони до "чорної" лінії поздовжнього профілю, можна підібрати проектну лінію, що складається тільки з криволінійних ділянок. Проектування за шаблонами рекомендували виконувати в такій послідовності:

- на викреслений поздовжній профіль дороги нанести олівцем контрольні точки;

- за допомогою трикутника похилів (або прозорої лінійки) і шаблонів намітити олівцем положення проектної лінії (точно напроти точок з'єднання прямих і кривих нанести вертикальний штрих, записати, для наступних розрахунків, похил і радіус кривої);

- розрахувати похили прямолінійних ділянок, координати (пикетажне положення та відмітки) точок поєднання суміжних прямолінійних і криволінійних ділянок та координати вершин усіх вертикальних кривих;

- розрахувати проектні відмітки на всіх пикетах та інших характерних точках поздовжнього профілю й заповнити відповідні графи.

Розрахунки ведуть поступово від одного елемента до іншого.

У разі проектування без шаблонів попередньо позначали положення проектної лінії прямими ділянками, обчислювали проектні відмітки на переломах поздовжнього профілю й уточнювали похили з таким розрахунком, щоб вони виражалися в цілих проміле. Після того як похили й відмітки на переломах проектної лінії ув'язані, визначали проміжні проектні та робочі відмітки й вписують вертикальні криві.

САПР дає можливість визначити потрібне положення проектної за критерієм оптимальності (мінімум земляних робіт, найбільша середня швидкість розрахункового автомобіля тощо) при дотримуванні нормативних вимог. В Україні в проектних установах найбільше поширення одержав програмний комплекс CREDO. Цей комплекс

працює з єдиним набором даних у загальній оболонці й забезпечує неперервність процесу обробки вишукувань та проектування.

3. Опис проектної лінії. Оформлення поздовжнього профілю.

Проектну лінію, робочі відмітки, штучні споруди, розгорнутий план траси, тип прийнятих поперечних профілів земляного полотна, лінії та дані граф 3-11 (рис. 4.4), а також пікети, криві та кілометри в графі 14 (рис. 4.4) виконують червоним кольором, усі інші – чорним кольором.

Висоту шрифту для відміток землі по осі дороги й брівці земляного полотна приймають 3 мм, для кілометрових знаків – 5 мм, для усіх інших відміток та даних – 2 мм.

Виконують нанесення чорної лінії поздовжнього профілю відміток поверхні землі по осі дороги. Для цього в графу 12 (рис. 4.3) з карти виписують відмітки, які відповідають пікетам траси і плюсовим точкам, тобто точкам між пікетами, які розташовані на водозбірних і водороздільних лініях, переломні точки пониження та підвищення" рельєфу, на брівці земляного полотна існуючих доріг або шляхопроводів, головках рейок залізниць тощо, Якщо точка знаходиться між горизонталями її відмітку знаходять методом інтерполяції; якщо в межах замкнутої горизонталі – за методом екстраполяції. З'єднавши вершини ординат, отримують лінію поздовжнього профілю поверхні землі по осі дороги.

Щоб поздовжній профіль умістився на аркуші висотою 42 см, при його побудові умовний горизонт у будь-якій точці можна змінити шляхом зміщення за висотою.

На 2 см нижче від лінії землі викреслюють ґрунтовий розріз траси за даними інженерно-геологічних обстежень. Стовпчики ґрунтових шурфів викреслюють шириною 6 мм зі штрихуванням кожного шару умовними позначеннями.

Розгорнутий план дороги		1	20	175	
Тип місцевості за зволоженням		2	5		
Проектні дані	Тип поперечного профілю		3		5
	Лівий кювет	Укріплення	4		5
		Похил, ‰	5		10
		Довжина, м	6		15
	Правий кювет	Укріплення	7		5
		Похил, ‰	8		10
		Довжина, м	9		15
	Відмітка дна, м		6		15
	Похил і вертикальна крива		10		10
Відмітка брівки земляного полотна		11	15		
Фактичні дані	Відмітка землі, м		12		15
	Відстань, м		13		10
Пікет		14	35		
Пряма і крива в плані					
Показчик кілометрів					
10	25	40	75		

Рисунок 4.3 – Боковик поздовжнього профілю автомобільної дороги

Праворуч, на рівні низу шару пишуть значення його глибини від поверхні землі.

Далі проводять заповнення графі 1 (рис. 4.3), де наносять розгорнутий план траси і ситуацію по 50 м в кожену сторону від осі.

У графі 14 (рис. 4.3) вказують криві та кілометри. Криву при повороті траси вліво показують угнутістю вниз, вправо – угнутістю вгору. Початок та кінець горизонтальної кривої прив'язують до пікетів, тобто записують відстань до пікетів. У межах кривої подають кут повороту, радіус заокруглення, довжину перехідної кривої та кругової кривої. Проектна лінія й лінія траси в графах 1 і 14 (рис. 4.3) наносяться як основна лінія товщиною 0,4-0,6 мм. Всі інші лінії наносяться тонкими.

Після цього проектують положення проектної лінії, користуючись шаблонами. При прокладанні проектної лінії слід намагатися зберігати баланс об'ємів насипу та виїмки.

У графах 4 і 7 (рис. 4.3) вказують прийнятну систему водовідводу, тип зміцнення кюветів, кількість перепадів, довжину швидкотоків.

У графу 10 (рис. 4.3) заносять прямі й криві проектної лінії. Прямі показують ділянками спуску чи підйому й вказують значення похилу в проміллях, під прямою – значення довжини ділянки. Опуклі криві показують дужками нагору, униз – якщо крива угнута; вказують значень похилів у точках ПК і КК та відстань від них до найближчих пікетів, радіус і довжину кривої.

У графу 11 (рис. 4.3) записують проектні відмітки пікетів, плюсових точок, ІК, кутів, К і КК.

На відстані 5 мм від проектної лінії записують робочі відмітки пікетів і плюсових точок: насипу над проектною лінією й виїмки – під проектною лінією.

Проектну лінію поздовжнього профілю можна проектувати методом тангенсів, без використання шаблонів і таблиць.

Проектування виконують у два етапи: перший – побудова ламаної лінії з урахуванням усіх контрольних точок; другий – вписування в переломи ламаної лінії вертикальних кривих.

Знаючи висотні відмітки будь-якої точки перелому (вершини ламаної), а також їхнє пікетажне положення $IK_{ВЛ}$, легко визначити пікетажне положення початку $IK_{ЛК}$ і кінця $IK_{КК}$ вертикальної кривої:

$$IK_{ЛК} = IK_{ВЛ} - T, \quad (4.7)$$

$$IK_{КК} = IK_{ВЛ} + T, \quad (4.8)$$

де T – тангенс вертикальної кривої.

Далі проводять визначення параметрів вертикальних кривих. Визначають довжину вертикальної кривої для двох основних випадків:

- вершина вертикальної кривої знаходиться в зоні вертикальної кривої, тобто коли одна ділянка ламаної є висхідною, а інша - низхідною, або навпаки (рис. 4.5а, б), тоді

$$K = R(|i_1| + |i_2|), \quad (4.9)$$

де K – довжина кривої; i_1, i_2 – поздовжні похили; R – радіус кривої;

- вершина вертикальної кривої виявляється за межами кривої, тобто коли обидві гілки ламаної є висхідними або низхідними та навпаки (рис. 4.5, в, г), тоді

$$K = R|i_1 - i_2|, \quad (4.10)$$

Для кривої з радіусом R величина тангенсу визначають за формулою:

$$T = \frac{K}{2}, \quad (4.11)$$

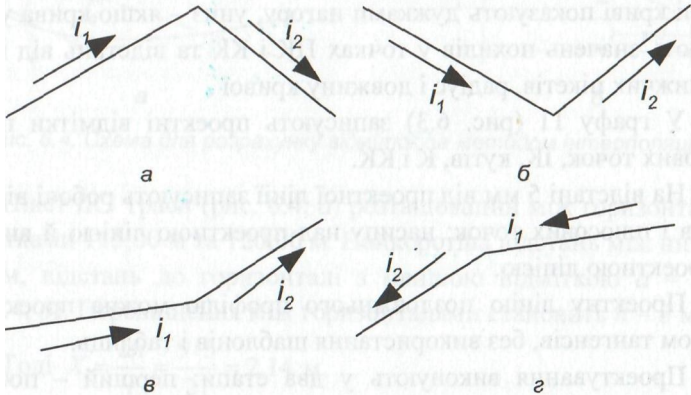


Рисунок 4.4 – Варіанти розміщення вершини вертикальних кривої: а, б - у межах кривої; в, г - поза межами кривої

При проектуванні вертикальних кривих використовують відрізки параболічних кривих, які описуються рівняннями:

$$y = \frac{x^2}{2R}, \quad (4.12)$$

де x – координата будь-якої точки в межах тангенса, відрахованої від ПК або КК; y – координата будь-якої точки вертикальної кривої.

ЛЕКЦІЯ 5

Проектування земляного полотна за умови поверхневого водовідведення

1. Поперечні профілі земляного полотна.

Загальні відомості про земляне полотно.

Земляне полотно автомобільної дороги споруджують у вигляді насипів або виїмок. Земляне полотно складається з таких основних елементів (рис. 5.1):

- робочий шар (1) - верхня частина земляного полотна, яка розташована під дорожнім одягом у межах глибини активної зони, але не менше ніж 0,5 м від поверхні покриття проїзної частини. Робочий шар сприймає основні навантаження від транспортних засобів;

- тіло насипу (з укiсними частинами) (2) - зона, яка розміщена нижче робочого шару й обмежена знизу основою насипу;

- основа насипу (4) - природний ґрунтовий масив, що розташований нижче насипного ґрунту при високих насипах або нижче робочого шару при низьких насипах чи при земляному полотні в нульових робочих відмітках;

- укiсні частини виїмки (3) - зони, які обмежені поверхнями укосів і вертикалями, що проходять через брівки виїмки, а знизу - основу виїмки;

- основа виїмки (5) - природний ґрунтовий масив, що розміщений нижче за межу робочого шару.

До складу земляного полотна входять також система поверхневого (лотки, кювети, канави) та підземного (дренажі) водовідведення і різного типу спеціальні тримальні конструкції, призначені для забезпечення стійкості самого земляного полотна або схилів, на яких їх розміщено.

Земляне полотно повинне бути міцним, стійким і стабільним, тобто його елементи не повинні руйнуватися або давати недопустимі деформації протягом усього терміну експлуатації. Міцності, стійкості і стабільності земляного полотна досягають правильним проектуванням поперечного

профілю, застосуванням міцних і стійких ґрунтів, відведенням води від дороги, дотриманням технології будівництва земляного полотна, а також виконанням необхідних експлуатаційних заходів.

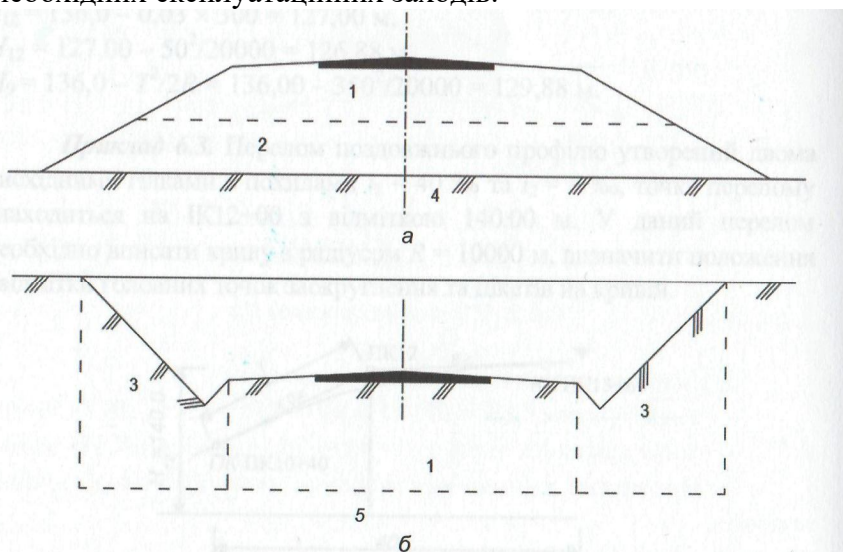


Рисунок 5.1 – Основні види земляного полотна:
а – насип; б - виїмка

Для будівництва земляного полотна використовують переважно піски, супіщані, суглинисті та великоуламкові ґрунти. Ґрунти, що змінюють із часом міцність і стійкість за дії природно-кліматичних факторів і навантажень, належать до особливих ґрунтів, які дозволяється використовувати з обмеженнями, обґрунтовуючи в проекті їх використання результатами випробувань. До таких ґрунтів належать: чорнозем; торф та заторфований ґрунт; мергель; глинистий мергель; глинистий сланець; сапропель; трепел; мул; лес; тальковий ґрунт; техногенний ґрунт; засолений ґрунт; дрібні піски; перезволожені глинисті ґрунти.

Земляне полотно проектують на основі матеріалів інженерно- геологічних досліджень ґрунтів, на яких його споруджуватимуть, і ґрунтів, з яких споруджуватимуть. Насипи бажано відсипати з однорідних ґрунтів. За

використання різних ґрунтів необхідно дотримуватися таких вимог: важчі ґрунти розміщати в основі насипу, а легші – ближче до верху насипу; поверхня шару з менш водопроникного ґрунту, над яким розміщено шар з більш дренажного ґрунту, повинна мати поперечний похил 40-100 ‰ від осі дороги; укоси не можна перекивати менш дренажними ґрунтами.

Геометрична форма земляного полотна та його конструкція повинні сприяти снігонезаносимості, безпеці руху, а також відповідним естетичним вимогам.

При проектуванні земляного полотна можуть застосовуватися типові конструкції (поперечні профілі) або індивідуальні рішення. Інколи використовують типові конструкції з індивідуальною прив'язкою, при якій уточнюють деякі параметри (наприклад, осадку насипу й т.п.).

Типові поперечні профілі використовують при проектуванні земляного полотна в рівнинній або слабогорбистій місцевості. Для типових рішень головні проектні організації складають альбом типових конструкцій.

Для доріг I-III категорій розроблено типові поперечні профілі (поперечники) обтічної й необтічної форми. У насипах та виїмках обтічної форми (із заокругленнями) пологі укоси сполучаються коловими кривими з узбіччями й поверхнею землі, дном кювета або резерву. Така геометрична форма поперечника сприяє снігонезаносимості й вписуванню дороги в навколишній ландшафт, поліпшує безпеку руху.

Земляне полотно обтічної форми рекомендується проектувати у всіх випадках, за винятком будівництва дороги на цінних сільськогосподарських землях і в умовах обмеженої ширини смуги відведення.

Крутизну укосів насипу заввишки до 2 м необхідно призначати з урахуванням забезпечення безпечного з'їзду транспортних засобів в аварійних ситуаціях не крутіше 1:3. Допускається збільшення крутизни укосів до граничних значень, наведених у табл. 5.1, за умови встановлення на узбіччі дорожнього огороження першої групи.

Таблиця 5.1 – Найбільша крутизна укосів насипів

Грунт насипу	Висота укосу, м		
	понад 2 до 6	понад 6 до 12	
		нижня частина	верхня частина заввишки 6
Брили зі слабо вивітрованих порід	1:1 – 1:1,3	1:1,3 – 1:1,5	1:1,3 – 1:1,5
Великоуламковий і піщаний (крім мілкого та пилюватого піску)	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Піщаний мілкий та пилюватий, глинистий та лесовий	1:1,5 1:1,75	1:1,75 1:2	1:1,5 1:1,75
<p><i>Примітка 1.</i> Під рискою подані значення для пилюватих різновидів ґрунтів у дорожньо-кліматичних зонах I – III і для однорозмірних пісків. <i>Примітка 2.</i> Висота укосу визначається як різниця між відміткою брівки насипу і відміткою підосви насипу. За наявності крутосхилості висота низового укосу визначають як найбільшу різниця між відмітками брівки і підосви насипу (низової відмітки укосу).</p>			

Вибір крутизни укосу необхідно виконувати на основі порівняння варіантів із врахуванням таких факторів:

- вартість дорожнього огороження та вартість додаткових обсягів земляних робіт із влаштування земляного полотна;
- площі земельних ділянок під земляне полотно та обсяги вирубки дерев;
- вартість матеріалів для укріплення земляного полотна;
- експлуатаційні витрати тощо.

На укосах з крутизною, наведеною в табл. 5.1, необхідно передбачати укріплення висіванням трав із підсіпкою рослинного ґрунту або дернуванням. При використанні інших, більш капітальних типів укріплення, геосинтетичних або інших матеріалів для укріплення укосів крутизну можна збільшити згідно з розрахунками стійкості укосів та відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

При проектуванні насипу заввишки понад 12 м для забезпечення стійкості насипу та його укосів необхідно визначити розрахунком:

- конфігурацію поперечного профілю, що забезпечує стійкість укосів насипу;
- безпечне навантаження на основу, що виключає деформації земляного полотна;
- величину інтенсивності осідання основи насипу внаслідок її ущільнення під навантаженням від маси насипу.

При влаштуванні насипу з бермами ширину берми визначається розрахунком, але не меншою ніж 4 м.

Крутизну зовнішніх укосів виїмок, що не відносяться до об'єктів індивідуального проектування, слід призначити відповідно до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Крутизна укосів виїмок

№ з/п	Різновид ґрунтів	Висота укосу, м	Найбільша крутизна укосу
1	Скельні:		
	- слабовивітрянні	до 16	1:0,5
	- легкослабовивітрянні, що не розм'якшуються	до 16	1:1 – 1:1,5
	- легкослабовивітрянні, що розм'якшуються	до 6	1:1 – 1:2
2	Великоуламкові	до 12	1:1 – 1:1,5
3	Піски (крупні та середньої крупності)	до 12	1:1,5
4	Глинисті однорідні (тверді, напівтверді)	до 12	1:1,5
5	Піски (мілкі, пилуваті)	до 12	1:2
6	Глинисті однорідні тугопластичні	до 12	1:2
7	Лес	до 12	1:1 – 1:1,5
<p><i>Примітка 1.</i> У скельних слабовивітрянних ґрунтах допускається влаштовувати вертикальні укоси.</p> <p><i>Примітка 2.</i> Висоту укосу виїмки визначають як різницю між відміткою брівки укосу і відміткою підшви укосу.</p>			

Виїмку завглибшки до 1 м, з метою попередження снігових заносів, необхідно проектувати розкритою з крутизною зовнішніх укосів від 1:5 до 1:10 або розробленою під насип. Виїмку завглибшки від 1 м до 5 м на снігозаносних ділянках

слід проектувати з крутими зовнішніми укосами від 1:1,5 до 1:2 і закюветними полицями завширшки не менше 3м.

Виїмки глибиною понад 2 м у мілких та пилуватих пісках, перезволожених зв'язних ґрунтах, легковивітрюваних або тріщинуватих, лесоподібних та лесових породах необхідно проектувати із закюветними полицями. Ширину закюветних полиць необхідно призначати: в мілких і пилуватих пісках - не меншою ніж 1 м, в інших вищевказаних ґрунтах: при висоті укосу до 6 м - не меншою ніж 1 м, при висоті укосу до 12 м (для скельних порід – до 16 м) – не меншою ніж 2 м. Для доріг I-III категорій при проектуванні виїмок у легковивітрюваних скельних ґрунтах необхідно передбачати кювет-траншею завширшки понад 3 м і завглибшки понад 0,8 м. Поверхні закюветних полиць надають похил від 20 % до 40 % у бік кювету. При скельних породах похил можна не передбачати.

Проектуючи виїмки, необхідно розраховувати стійкість укосів, розробляти заходи із забезпечення їх стійкості призначаючи відповідний поперечний профіль, влаштовуючи дренажі, захисні шари, укріплюючи укоси тощо. Внутрішній укіс проектують крутизною 1:3 незалежно від глибини виїмки.

Викреслюють типові поперечні профілі земляного полотна в масштабі 1:100 або 1:50. На поперечнику вказують: номер типу поперечника; інтервали висоти насипу або глибини виїмки; розміри й поперечні похили проїзної частини, узбіч, укосів, берм, полиць; межі смуги відведення та інші параметри. Контур поперечника наносять основною суцільною лінією.

Штриховою лінією показують рослинний шар, який знімають перед спорудженням насипу або розробленням виїмки.

Проектуючи водовідведення, розробляючи проекти реконструкції автомобільної дороги та в деяких інших випадках будують поперечні профілі земляного полотна, прив'язані до певного перерізу дороги. Такі поперечники

називаються робочими. Робочі поперечні профілі земляного полотна викреслюють у масштабі 1:200 або 1:100. На кресленні вказують: пікетажне положення робочого поперечника, розміри й поперечні похили всіх елементів земляного полотна, проектні відмітки та відмітки поверхні землі.

2. Визначення об'ємів земляних робіт.

Обсяги земляних робіт визначають за робочими відмітками поздовжнього профілю для окремих ділянок або для доріг загалом. Потреба в підрахунках обсягів земляних робіт спричинена варіантним проектуванням поздовжнього профілю дороги, складанням проекту організації робіт для спорудження земляного полотна, а також кошторисною вартістю будівництва.

У загальному вигляді обсяг земляних робіт може бути поданий залежністю (5.1):

$$V = \int_0^l F dl, \quad (5.1)$$

де F – площа поперечного перерізу насипу або виїмки; l – довжина ділянки дороги.

Найбільшого практичного застосування набули такі методи підрахунку об'ємів: аналітичний, графічний, табличний і за номограмами.

Для визначення об'єму земляних робіт на ділянці поздовжнього профілю розглядають геометричну фігуру - призматойд (рис. 5.3).

У призматойді виділяють вертикальний елементарний шар завтовшки dl на відстані l від одного з кінців. Обсяг цього шару визначається за залежністю (5.2):

$$dV = Fdl = (B + mH)Hdl, \quad (5.2)$$

де B – ширина земляного полотна по верху; m – коефіцієнт закладення укосів.

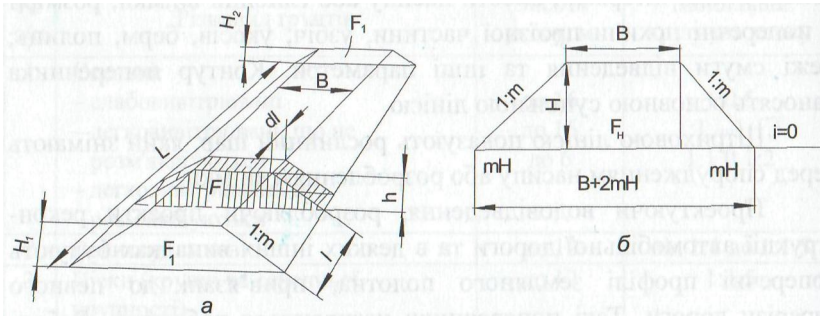


Рисунок 5.3 – Схема до визначення обсягу насипів при горизонтальній поверхні ґрунту: а – призматок насипу; б – схема поперечного перерізу

Загальний обсяг призматок визначають за формулою (5.3):

$$V_{\text{пр}} = \int_0^L dV = \int_0^L (B + mH)Hdl, \quad (5.3)$$

З метою спрощення розрахунків можна перейти до визначення обсягу через площі кінцевих поперечних перетинів (рівняння (5.4)). Якщо $F_1 = (B + mH_1)H_1$, $F_2 = (B + mH_2)H_2$, то

$$V_{\text{пр}} = \frac{F_1 + F_2}{2} L - \frac{m(H_2 - H_1)}{6} L, \quad (5.4)$$

де права частина рівняння (5.14) є поправкою до основного обсягу.

У практичних розрахунках можна використовувати також формулу (5.5):

$$V_{\text{III}} = F_{\text{сеп}} L = \left[\frac{B(H_1 + H_2)}{2} + \frac{m(H_1 + H_2)}{4} \right] L, \quad (5.5)$$

Для визначення обсягу виїмки (рис. 5.4) позначимо меншу основу трапеції через $B_1 = B + 2k$, де k – ширина бічної канави виїмки (по верху).

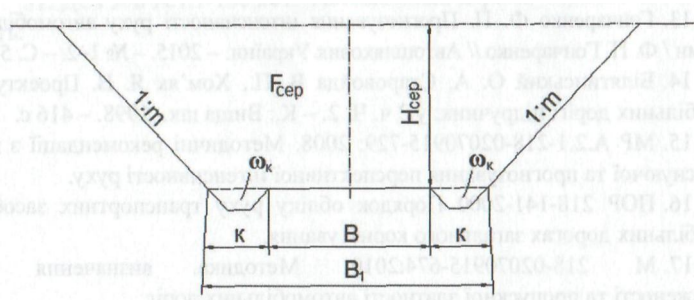


Рисунок 5.4 – Схема до визначення обсягу виїмки

Тоді площу середнього перерізу виїмки визначаємо за формулою (5.6):

$$F_{\text{сеп}}^B = (B_1 + mH_{\text{сеп}})H_{\text{сеп}} + 2\omega_K, \quad (5.6)$$

де ω_K – площа перерізу бічної канави виїмки.

Повний обсяг виїмки становитиме (формула (5.7)):

$$V_B = \left[(B_1 + mH_{\text{сеп}})H_{\text{сеп}} + 2\omega_K \right] L + \frac{(H_1 - H_2)^2 m}{12}. \quad (5.7)$$

3. Вихідні дані для проектування водовідвідних споруд.

Стійкість та міцність земляного полотна та дорожньої одягу суттєво залежать від наявності споруд, що знецінюють відведення поверхневих та ґрунтових вод від дороги, такі споруди становлять систему дорожнього водовідведення. До неї входять:

- поверхнєве водовідведення для відведення води атмосферних опадів – канали (бічні, водовідвідні, нагірні), резерви, лотки, випарні басейни;
- підземне водовідведення для відведення ґрунтових вод – дренаж, капілярпереривні прошарки;
- водовідведення дорожнього одягу – дренуючі шари, трубчастий дренаж.

Для того щоб визначити на ділянці дороги, що проектується, де і які водовідвідні споруди потрібні, необхідно мати план траси в горизонталях, поздовжній профіль та прийняті типи поперечних профілів.

На плані траси намічають водовідвідні споруди та визначають їх водозбірні басейни та похил логу.

Відповідно до прийнятих типів поперечних профілів та поздовжнім профілем встановлюють, де можуть бути використані для відведення води резерви у насипів, де розташовуються виїмки, що вимагають влаштування нагірних каналів. При цьому необхідно знати геологічні умови, в яких будуть знаходитися водовідвідні споруди (види ґрунтів на площині водозбірного басейну і відповідні швидкості течії потоку для них, що допускаються). також знати гідрологічні умови (глибину залягання ґрунтових вод н напрямок їх течії, розташування водоносних шарів та глибину залягання водоупорів).

Геологічні та гідрологічні дані наводяться у завданні на проектування дороги за наслідками інженерно-геологічних обстежень траси.

Для проектування системи водовідведення вихідною величиною є розрахункова витрата води. Поперечні розміри водовідвідних пристроїв поверхневого водовідведення встановлюються за розрахунковою витратою заданої нормами ймовірності перевищення паводку (табл. 5.3), яку можна визначити за формулою повного стоку:

$$Q = 87,5 \cdot a_c \cdot F \cdot \alpha, \quad (5.7)$$

де a_c – інтенсивність зливи годинної тривалості (див. табл. 3.2); F – площа водозбору, км; α – коефіцієнт стоку (див. табл. 3.5).

Таблиця 5.3 – Ймовірність перевищення розрахункових витрат

Категорія дороги	Ймовірність перевищення розрахункових витрат, %, для	
	Кюветів, нагірних канал, водозборів	Інші водовідвідні (поздовжніх і поперечних) канали
I	2	3
II – III	3	6
IV – V	5	10

Якщо вода в каналу надходить лише на її початку, витрата по всій довжині каналу буде постійний, а якщо з декількох басейнів, то її розраховують окремими ділянками за сумарними витратами, що надходять з окремих басейнів.

Якщо протяжність водовідведення велика, а басейн, прилеглий до водовідведення, що значно змінюється, витрата води визначають за характерними ділянками. При цьому для кожної ділянки каналу визначають витрату за площею

басейну, що відповідає протягу канами від початку до кінця даної розрахункової ділянки.

Розрахункова витрата води для дренажу:

$$Q = q \cdot l, \quad (5.8)$$

де q – приплив води на 1 м довжини дренажу; l – довжина розрахункової ділянки дренажу.

Приплив води на 1 м довжини дренажу:

$$q = K \cdot h \cdot i_g, \quad (5.9)$$

де K – коефіцієнт фільтрації ґрунту;

h – глибина води в шарі;

i_g – похил водоносного шару (середній похил кривої депресії).

4. Проектування системи споруд поверхневого водовідводу. Проектування дренажу.

Проектування споруд поверхневого водовідведення включає: призначення виду водовідвідної споруди; визначення поздовжнього похилу; визначення розмірів поперечного перерізу; визначення швидкості течії води у споруді; призначення типу укріплення водовідвідних споруд.

Призначення виду водовідвідної споруди

Поверхневу воду відводять від дороги до знижених місць рельєфу місцевості або до водопропускних споруд поздовжнім або поперечними водовідвідними канавами, нагірними канавами, резервами, лотками.

Поздовжні водовідвідні канави передбачаються: з нагірного боку насипів без резервів; з обох боків дороги при

поперечному ухилі місцевості менше 20 % та висоті насипу менше 1,5 м, а також на болотах. Відстань між подошвою укосу насипу і внутрішньою брівкою канави для ділянок земляного полотна розташованих на сухих і мокрих місцях, призначають з умови, що між брівкою канави і кромкою проїжджої частини має бути не менше 7 м при насипах з супісків і менше 3 м – з суглинків та глин.

Для ділянок, розташованих на сухих місцях, $H_{\text{НАС}} < 0,8\text{м}$ дозволяється будувати водовідвідні канави трикутної форми без берм

Поперечні водовідвідні канави передбачаються: для відведення води з безстічних западин; для скидання води у бік з поздовжніх водовідвідних капав на затяжних спусках або знижених місць на вододілах; для відведення води до поглинаючих колодязів та випарних басейнів; для підведення або відведення води у заглиблених труб.

Нагірні канави передбачаються: вздовж виїмок, що розташовані на косогорі, вздовж насипів без резервів, розташованих на косогорі, що мають значну площу водозбірного басейну. Відстань від брівки нагірної канави до брівки виїмки має бути не менше ніж 5 м, до подошви насипу не менше ніж 2 м.

При значному ухилі місцевості та можливості притоку води будують дві або більше нагірні канави.

Кювети влаштовують з обох боків земляного полотна у виїмках та насипах – заввишки до 1 м.

Можна не робити кювети в дренажних ґрунтах у районах: із посушливим кліматом. При великих ухилах дна канав і кюветів їм надають ступінчастий поздовжній профіль. Без гідравлічного розрахунку орієнтовно можна приймати: одноступінчасті перепади без газителів енергії при

поздовжньому ухилі, що забезпечує одержання висоти ступеня $h \leq 0,5$ м; багатоступінчасті перепади без газителів енергії при поздовжньому ухилі 50-60‰; багатоступінчасті перепади з гасителями енергії колодязного типу при поздовжньому ухилі понад 60 ‰ та витраті понад 1 м²/с.

Уклон дна ступеня перепаду, що не потребує зміцнення, приймають рівнем 20 ‰. Відстань між уступами:

$$i = h / (i_1 - i_2), \quad (5.10)$$

Кількість перепадів на довжині ділянки L :

$$n = L / i \quad (5.11)$$

На окремих ділянках каналів і кюветів, де подовжні ухили відповідно до ухилу місцевості приймаються більше критичного ухилу, необхідний пристрій швикдотоків. Резерви служать для відведення води з нагірної сторони насипів при косогорності до 1:5.

Лотки будують уздовж кромки дорожній одяг на дорогах I-III категорій на насипах висотою понад 4 м при затяжному поздовжньому ухилі понад 30 ‰. Через 50-100 м необхідно передбачати скидання води з лотків у водоприймальні колодці або лотками по укосах насипів.

Поглинаючі колодязі та випарні басейни влаштовують у рівнинній місцевості для відведення води із замкнутих понижень рельєфу місцевості. Якщо на глибині 3-5 м залягає водопроникний ґрунт, передбачають водопоглинаючі колодязі. У південних степових районах вода скидається у випарні басейни.

Випуск води з кювета і лотків повинен здійснюватися на гірській, водовідвідні канали або в зниженні місця рельєфу, якщо це не викликає заболочування і застою води біля земляного полотна. Випуск води з каналів, резервів і кюветів на схили лугів допускається за відсутності загрози розвитку ярів. Спуск вод у кюветі виїмок із нагірних каналів та резервів, як правило, не допускається.

Повороти каналів у плані повинні виконуватися плавними кривими радіуса не менше 10 м, а на ділянках підходів до мостів, труб, перепадам або швидкоотоків – не менше 90 м.

Якщо канава примикає до існуючого водотоку, кут між напрямом каналу і напрямом течії водотоку не повинен перевищувати 45 %.

Визначення поздовжнього ухилу споруд водовідведення

Ухил водовідвідних і нагірних каналів визначається за планом у горизонталях після призначення виду водовідвідних споруд та нанесення їх осей на плані. Кожна наступна ділянка каналів повинен мати рівний або більший поздовжній ухил, ніж попередній $i_2 \geq i_1$. Якщо $i_2 < i_1$ щоб уникнути zalivanja та переливу води з каналу перелом поздовжнього профілю дна каналу повинен зміщуватися вниз за течією на довжину:

$$i = (h_1 - h_2) / l, \quad (5.12)$$

Якщо витрати та розміри каналу задані, поздовжній нахил дна каналу

$$i = v^2 / W^2 = Q^2 / \omega^2 W^2, \quad (5.13)$$

де Q – витрата, м³/с; W – швидкісна характеристика, м/с; ω – площа живого перерізу каналу, м².

Ухил кюветів і лотків насипів дорівнює поздовжньому ухилу тих ділянок земляного полотна, де вони розташовані.

У всіх випадках поздовжній нахил дна канал повинен бути не менше 5 ‰, (у виняткових випадках 3 ‰).

При проектуванні слід прагнути до призначення поздовжніх ухилів канал, що не викликають укріплення їх дна і укосів.

Визначення розмірів поперечного перерізу водовідвідних споруд

Розміри поперечного перерізу: водовідвідної споруди повинні відповідати розрахунковій витраті, яка може пропустити споруду, та поздовжньому ухилу дна.

Залежно від геометричної форми поперечного перерізу основні його розміри визначаються за формулами (табл. 6.3).

Ширина по дну приймається рівною 0,6 м для нагірних і водовідвідних канал і 0,4 м для кюветів. Бровка каналу має бути не менш ніж на 0,2 м вище рівня поверхні води в каналі, тобто глибина каналу $H=h+0,2$.

Глибина потоку визначається відповідно до розрахункової витрати, поздовжнього ухилу дна, стану поверхні дна і стінок русла (коефіцієнт шорсткості n) методом підбору.

Приймають глибину h встановлюють:

- площа живого перерізу ω , м²;
- змочений периметр χ , м;
- гідравлічний радіус

$$R = \omega / \chi, \text{ м}; \quad (5.14)$$

- коефіцієнт шорсткості n (табл. 5.5);
- швидкісну характеристику W , м/с (табл. 5.6);
- середню швидкість

$$v = W \cdot \sqrt{i}, \quad (5.15)$$

- витрати води

$$Q = \omega v, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (5.16)$$

Таблиця 5.4 – Геометричної форми поперечного перерізу

№	Геометрична форма поперечного перерізу	Площа живого перерізу	Змочений периметр	Ширина вільної поверхні потоку	Закладання відкосу
1		$(b + mh)h$	$b + 2h\sqrt{1 + m^2}$	$b + 2mh$	mh
2		$\left(\frac{b + m_1 + m_2}{2} h \right) h$	$b + h(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2})$	$b + (m_1 + m_2)h$	$a_1 = m_1 h$ $a_2 = m_2 h$
3		mh^2	$2h\sqrt{1 + m^2}$	$2mh$	mh
4		$\frac{h^2}{2} (m_1 + m_2)$	$h(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2})$	$(m_1 + m_2)h$	$a_1 = m_1 h$ $a_2 = m_2 h$

Таблиця 5.5 – Коефіцієнти шорсткості

Укріплення	Величина n	Укріплення	Величина n
Засів травною або одерновка	0,025	Бетонні плити	0,017
Мощення	0,020	Неукріплені канави	0,030

Порівнюють отриману витрату з розрахунковим i , якщо різниця більше 5% від розрахункової витрати, що приймають нове значення глибини потоку, і розрахунок повторюють. Підбір глибини закінчується коли різниця між отриманими витратами і розрахунковими буде менше 5%.

Під час використання резервів як нагірних канал повинні виконуватися гідравлічні розрахунки їх перерізів.

Під час проектування потрібно прагнути до мінімальних розмірів споруд, тобто до мінімального об'єму земляних робіт. Прийняті чи отримані з розрахунку розміри | повинні бути не меншим за мінімально допустимі: ширина по дну після зміцнення — не менше 0,5 м для нагірних і водовідвідних канал і не менше 0,4 м для кюветів; глибина — не менше 0,6 м для нагірних та водовідвідних канал та не менше 0,3 м для кюветів; крутість укосів повинна відповідати прийнятим типам поперечних профілів земляного полотна і бути не крутішими за 1: 1,5.

Визначення швидкості течії води у водовідвідних спорудах

Швидкість перебігу потоку залежить від витрати, поздовжнього ухилу дна, розмірів поперечного перерізу, стану поверхні дна і укосів.

При відомому витраті і розмірах живого перерізу потоку

$$v = Q / \omega, \quad (5.17)$$

де Q – розхід, $\text{м}^3/\text{с}$; ω – площа живого перерізу потоку, м^2 .

При відомому ухилі і розмірах живого перерізу потоку швидкість визначають за формулою (5.15).

Розрахункове значення швидкості потоку має відповідати виду ґрунту русла. Для різних видів ґрунтів встановити допустимі (нерозмивні) середні швидкості течії $v_{\text{дон}}$ (табл. 5.7).

Якщо розрахункова швидкість потоку буде більше $v_{\text{дон}}$, приймають тип зміцнення русла водовідведення, що

допускається швидкість для якого відповідає розрахунковій швидкості v (табл. 5.8).

Приведення в таблицях допускання швидкості інтерполювати не слід. Для проміжних глибин допустимі швидкості приймаються за найближчим табличним значенням глибини.

Призначення типу зміцнення водовідвідних споруд

Щоб потік води не розмив русло, при швидкостях течії в канавах і кюветах, що перевищують допустиму швидкість для ґрунту, передбачають його зміцнення. Призначення типу зміцнення залежить від швидкості протікання вод, наявності місцевих матеріалів, кліматичних умов.

У районах з помірним та вологим кліматом при ґрунтах, придатних для проростання трав, при швидкості води до 1 м/с приймають зміцнення засівом трав.

У сприятливих ґрунтових та кліматичних умовах при швидкості води до 3,5 м/с при економічній доцільності приймають укріплення бетонними плитами, а при агресивних потоках води - укріплення ґрунтом, укріпленням бітумом, або асфальтобетонними плитами.

Якщо перетин канав або кюветів призначають не за гідравлічним розрахунком, тип укріплення вибирають в залежності від величини поздовжнього ухилу, ґрунтуючись на досвіді багаторічної практики: при поздовжньому ухилі до 10‰ в піщаних ґрунтах і до 20‰ в суглинистих; при ухилі до 30‰ – одернівка; від 30 до 50‰ – мощення; більше 50‰ – лотки.

5. Проектування дренажу

Дренаж усувають у випадках недостатнього підвищення поверхні дорожнього одягу над розрахунковим рівнем

грунтових вод або над поверхнею землі на ділянках з незабезпеченим стоком, а також у випадках, коли ґрунтові води можуть порушити міцність і стійкість земляного полотна.

Найбільш поширеними дренажними пристроями земляного полотна є капіляронервні прошарки (поглинальні, дренажні та ізолюючі) і поздовжній закритий трубчастий дренаж.

Дрен або рослинний ґрунт під капіляронервними прошарами необхідно видалити, поверхню спланувати та ретельно ущільнити. При влаштуванні поглинаючих прошарків поверхонь повинен надаватися поздовжній ухил не менше 3‰,

Поздовжній закритий трубчастий дренаж може бути здійснений ного та недосконалого типів. Досконалий дренаж служить для перехоплення ґрунтових вод у підставі земляного полотна при заляганні водоупору на глибині до 3 м від брівки земляного полотна. При заляганні водоупору на глибині понад 3 м від брівки земляного полотна передбачають дренаж недосконалого типу зниження рівня ґрунтових вод під земляним полотном. Трубчасті дрени являють собою перфоровані труби діаметром 0,1-0,3 м або трубофільтри, що не вимагають засипки, що фільтрує.

Найменший ухил дренажу повинен бути в піщаному ґрунті 3‰, в глинистих ґрунтах 2‰. Найбільший ухил має відповідати максимально допустимій швидкості 1 м/с.

Дренаж можна розташовувати під укосом насипу, біля підшви на висипки чи кюветі. У виїмці дренаж можна розташовувати в кюветі на бермі або укосі,

У проектуванні дренажу входять гідрологічні розрахунки з визначення припливу води в дренаж і

визначення його глибини залягання, Трубчастий дренаж розраховується за формулами номерний рух.

Дренажними пристроями дорожнього одягу є дренажні слони, що влаштовуються з піску, гравію, шлаку та інших місцевих матеріалів, що фільтрують. Дренажні шари передбачаються: у виїмках і невисоких насипах при глибокому заляганні ґрунтових вод; при тривалому підтопленні земляного полотна поверхневими водами; на ділянках із затяжними поздовжніми ухилами та увігнутими кривими поздовжнього профілю: при великій кількості опадів.

Дренажний шар влаштовують на всю ширину земляного полотна. На дорогах I-III категорій дренажний шар може бути влаштований на ширину проїжджої частини та укріплювальних смуг, а для відведення води з дренажного шару вздовж укріплювальної смуги укладають поздовжні дрени, з яких вода скидається поперечними дренами. Відстань між ними визначається розрахунком (але не менше ніж через 50 м).

На ділянках із затяжними ухилами для перехоплення та відведення води з дренажного шару передбачають перпендикулярно проїжджій частині дрени або валики з великопористих матеріалів.

ЛЕКЦІЯ 6

Конструювання та проектування дорожнього одягу

1. Вихідні дані для проектування дорожніх одягів.

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

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.

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.

2. Визначення розрахункової інтенсивності і потрібного модуля пружності.

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, Кмц, 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

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 А1 – нормативне статичне навантаження на вісь 130 кН;
- група А2 – нормативне статичне навантаження на вісь 115 кН;
- група А3 – нормативне статичне навантаження на вісь 100 кН;

– група В – нормативне статичне навантаження на вісь 60 кН.

Розрахункове навантаження групи А1 приймають до розрахунку дорожнього одягу на автомобільних дорогах І-а, І-б, якщо у розрахунковий період передбачається рух транспортних засобів з навантаженням на вісь понад 120 кН у кількості більше ніж 500 авт/добу, а для ІІ 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 з навантаженням на вісь понад 60 кН у кількості менше ніж 10 авт/добу.

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

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 (6.1):

$$N_{1p} = f_{смуг} \sum_{m=1}^n N_{1m} \cdot S_{тсум} , \quad (6.1)$$

де $f_{\text{смуги}}$ – коефіцієнт, що враховує кількість смуг руху та розподіл руху транспорту на них, визначається за таблицею 7.2;
 n – загальна кількість марок транспортних засобів у складі транспортного потоку;

N_{1m} – середньодобова інтенсивність руху в обох напрямках автомобілів i -ої 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 динамічного навантаження ($Q_{\text{розд}}$).

Таблиця 6.2 – 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	0,15	-
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).

Значення сумарного коефіцієнта приведення $S_{m \text{ сум}}$ розраховують за формулою (6.2):

$$S_{m \text{ сум}} = \sum_{i=1}^k S_i, \quad (6.2)$$

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

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

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за строк експлуатації дорожнього одягу $\sum N_p$ визначається за формулою (6.3):

$$N_p = 0,7 \cdot T_{pdp} \cdot K_n \cdot K_c \cdot N_{1p}, \quad (6.3)$$

де T_{pdp} – кількість розрахункових діб на рік приймають за таблицею 6.3;

K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується, приймають за таблицею 6.4;

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою (6.4):

$$K_c = \frac{\theta^{T_{сл}} - 1}{\theta - 1}, \quad (6.4)$$

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 6.3 – Кількість розрахункових діб на рік

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

Таблиця 6.4 – 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

3. Призначення варіантів конструкції дорожнього одягу.

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.

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.

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.

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 ДСТУ Б В.2.3-42 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 ДСТУ Б В.2.3-42. 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.

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, запроєктованого 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 влаштувати:

1) дорожнє покриття з зсувостійких асфальтобетонів (асфальтобетони типу А ДСТУ Б В.2.7-119); щебенево-мастикові асфальтобетони ДСТУ Б В.2.7-127; асфальтобетони на основі нафтових дорожніх бітумів, модифікованих полімерами СОУ 45.2-00018112-057;

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, запроєктованого під розрахункове навантаження груп А1, А2, потрібно передбачати влаштування шарів основи з щебенево-піщаних сумішей, укріплених неорганічним чи комплексним в'язучим, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39, ДСТУ Б В.2.7-207, Р В.2.7-37641918-880.

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.

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

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 асфальтобетонні.

При конструюванні дорожнього одягу шляхом раціонального підбору матеріалів для монолітних шарів та підґрунтовки необхідно забезпечити зчеплення шарів відповідно до СОУ 45.2-00018112-046.

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 ДСТУ Б В.2.7-207 становить М 40 і нижче. При застосуванні у шарах дорожньої основи матеріалів, що містять неорганічні в'язучі та марка яких згідно з ДСТУ Б В.2.7-207 є вищою ніж М40, 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 Р В.3.2-218-03450778-477; з щебенево-піщаних сумішей щільного зернового складу згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 при рекомендованій товщині прошарку від 0,10 м до 0,14 м. Необхідність нарізання в шарі матеріалу марки М60 згідно з ДСТУ Б В.2.7-207 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 Р В.2.7-37641918-880, товщина розташованих вище шарів із матеріалів, що оброблені органічним в'язучим, може бути знижена на 30 %.

Для забезпечення стабільної роботи конструкції дорожнього одягу при сезонному коливанні погоднокліматичних 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 ДСТУ Б В.2.1-2, із забезпеченням необхідних коефіцієнтів ущільнення згідно з ДБН В.2.3-4;

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

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

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 ДСТУ 8801 або геосинтетичні матеріали згідно з ГБН В.2.3-37641918-544.

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.

4. Розрахунок міцності дорожнього одягу за критерієм пружного прогину.

Конструкція дорожнього одягу відповідає вимогам надійності і міцності за критерієм пружного прогину, якщо виконується умова (7.5):

$$K_{мц} \leq \frac{E_{заг}}{E_{номр}}, \quad (6.5)$$

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

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

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

При розрахунку дорожнього одягу на розрахункове навантаження А2, А3, В значення $E_{номр}$ визначають за формулою:

$$E_{номр} = 42,843 \cdot \ln\left(\sum N_p\right) - b, \quad (6.6)$$

де b – коефіцієнт, величина якого приймається залежно від групи навантаження відповідно до ДБН В.2.3-4; для групи А2 $b = 315,68$; для групи А3 $b = 350,21$; для групи В $b = 409,40$; N_p – визначають за формулою (6.3).

Для розрахункового навантаження А1 розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим загальним модулем пружності не виконують.

Незалежно від результатів розрахунку, потрібні модулі пружності для дорожнього одягу та потрібний модуль пружності під шарами асфальтобетону не повинні бути меншими ніж зазначені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – 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-а	260	-	-	150
I-б	250	-	-	150
II	235	-	-	120
III	225	190	-	100
IV	190	150	-	80
V	-	100	50	-

Пошаровий розрахунок дорожнього одягу проводять за допомогою номограми (рисунок 6.1). 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 $E_{нотр}$ і коефіцієнт міцності $K_{ми}$ виконувати за формулами (6.7) та (6.8):

$$E_{заг}^{(i)} = \frac{\left[1,05 - 0,1 \frac{h_i}{D} \left(1 - \sqrt[3]{E_{заг}^{(i+1)} / E_i} \right) \right] E_i}{0,71 \sqrt{\frac{E_{заг}^{(i+1)}}{E_i}} \operatorname{arctg} \left(\frac{1,35 h_{екв}}{D} \right) + \frac{E_i}{E_{заг}^{(i+1)}} \cdot \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{D}{h_{екв}}}, \quad (6.7)$$

$$\frac{h_{екв}}{D} = \frac{2 h_i}{D} \sqrt[3]{\frac{E_i}{6 E_{заг}^{(i+1)}}}, \quad (6.8)$$

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.

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 6.6.

Таблиця 6.6 – 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

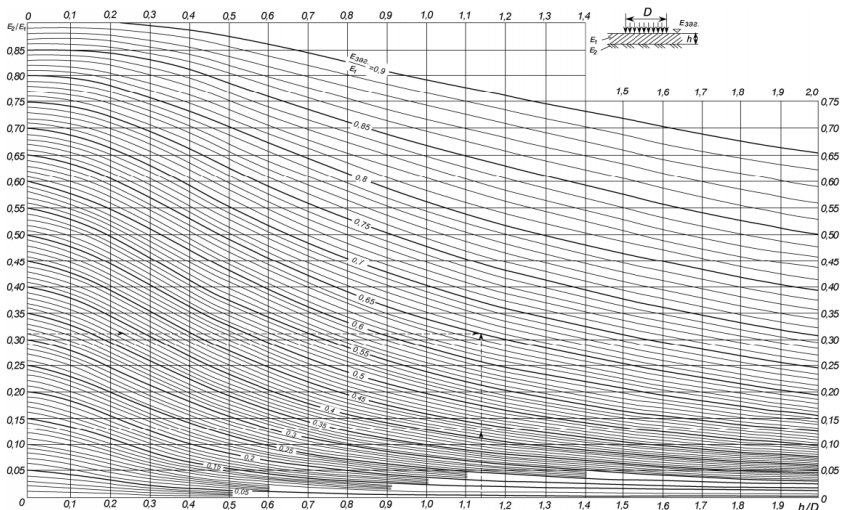


Рисунок 6.1 – Номограма для визначення загального модуля пружності $E_{заг}$ двошарової системи

5. Розрахунок міцності дорожнього одягу за критерієм зсуву в ґрунтах та у шарах із малозв'язних матеріалів.

Дорожній одяг проектують із розрахунку, щоб під дією короточасного динамічного або статичного навантаження в робочому шарі земляного полотна та у незв'язних шарах за строк служби не виникали неприпустимі залишкові деформації. Деформації зсуву в конструкції не будуть накопичуватись, якщо забезпечена умова (6.9):

$$K_{ми} \leq \frac{T_{сп}}{T}, \quad (6.9)$$

де $K_{ми}$ – 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;

$T_{сп}$ – гранична величина активного напруження зсуву (в тій самій частині), перевищення якої викликає порушення міцності на зсув, МПа.

Значення T визначають за формулою (6.10):

$$T = \tau_n + \tau_e, \quad (6.10)$$

де τ_n – активне напруження зсуву від тимчасового навантаження, МПа, визначають за формулою (6.11):

$$\tau_n = \tau_a \cdot p, \quad (6.11)$$

де τ_a – визначається відповідно до номограми (рис. 6.2, 6.3);
 τ_e – активне напруження зсуву від власної ваги дорожнього одягу, МПа.

Активне напруження зсуву в ґрунті від тимчасового навантаження визначають за формулою (6.12):

$$\tau_n = [(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi] / (2 \cos \varphi), \quad (6.12)$$

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 багатошарових середовищ. Беручи до уваги, що застосування теорії пружності для багатошарових середовищ потребує значного обсягу складних розрахунків, реальну багатошарову конструкцію дорожнього одягу допускається приводити до двошарової 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. 6.2, рис. 6.3).

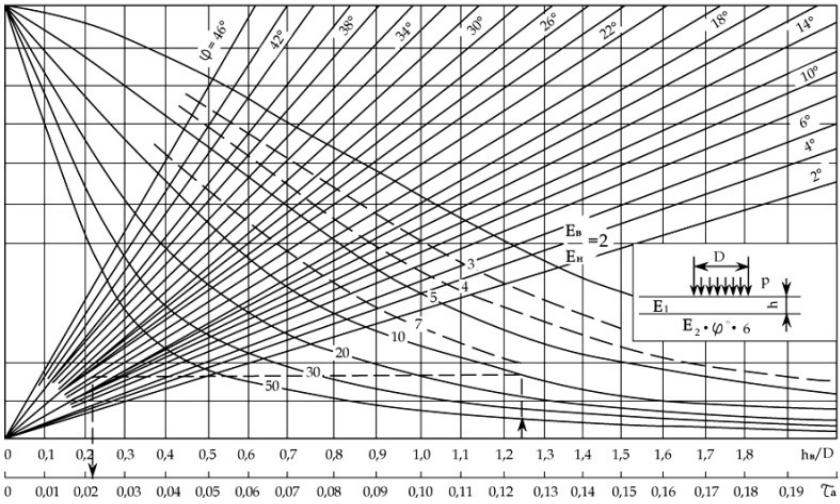


Рисунок 6.2 – Номограма для визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двошарової системи (при $h_n/D=0\div 2,0$)

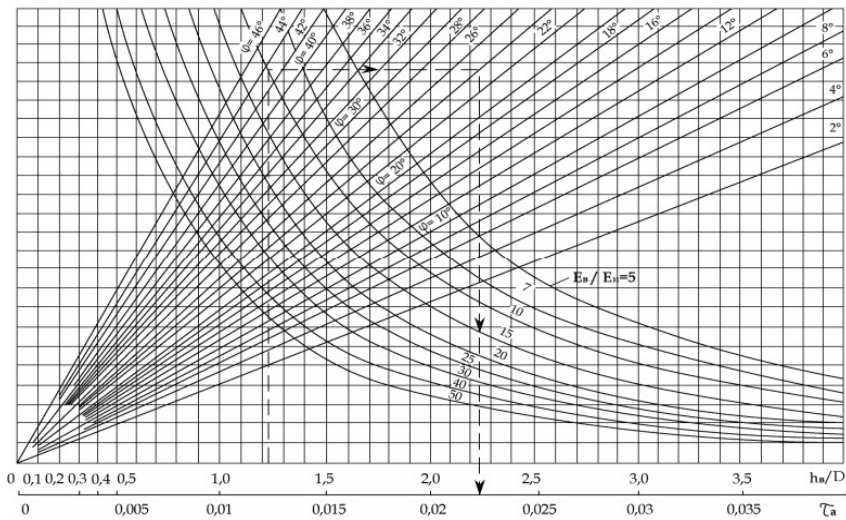


Рисунок 6.3 – Номограма для визначення активного напруження зсуву від тимчасового навантаження в нижньому шарі двошарової системи (при $h_n/D=0\div 4,0$).

При розрахунку дорожнього одягу на зсувостійкість у малозв'язних шарах, багат шарову 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_e приймають рівною сумі товщин шарів, що розташовані над малозв'язним шаром дорожнього одягу $\sum_{i=1}^n h_i$.

Модуль пружності верхнього шару моделі розраховують за формулою:

$$E_e = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (6.13)$$

де n – кількість шарів дорожнього одягу;

E_i – модуль пружності i -го шару, МПа;

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 6.7.

Таблиця 6.7 – 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 (6.13) підставляють модулі пружності, що відповідають тривалості дії навантаження 0,1с. При розрахунку на тривалу дію навантаження підставляють модулі пружності матеріалів, які відповідають тривалості дії навантаження не менше ніж 600 с.

Після приведення багатошарової 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 Пуассона $m_1 = 0,25$, а для ґрунту – $m_2 = 0,35$. Ці значення m_i характерні для розповсюджених конструкцій дорожнього одягу, які працюють у стадії зворотніх деформацій.

Напруження зсуву τ_e у ґрунті від власної ваги дорожнього одягу знаходиться за формулою (6.14):

$$\tau_e = 10^{-5} \cdot (5 - 0,3 \cdot \varphi) \cdot \sum_{i=1}^n h_i, \quad (6.14)$$

де φ – кут внутрішнього тертя ґрунту;

h_i – товщина i -го шару, см;

n – кількість шарів дорожнього одягу.

Граничне напруження зсуву в ґрунті T_{gp} , у мегапаскалях, визначають за формулою (6.15):

$$T_{gp} = c_{gp} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (6.15)$$

де c_{gp} – 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:

$$k_2 = 1,816 - 0,15 \cdot \ln\left(\sum N_p / (T_{pdp} \cdot T_{cl})\right), \quad (6.15)$$

k_3 – коефіцієнт, який враховує 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. 6.4). Значення k_3 :

піски крупні – 7,0;

піски середньої крупності – 6,0;

піски дрібні – 5,0;

піски пилуваті, супіски крупні – 3,0;

глинисті ґрунти (глини, суглинки, супіски, крім крупних) – 1,5.

6. Розрахунок міцності дорожнього одягу за критерієм згину.

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 (6.16):

$$K_{ми} \leq \frac{R_{зг}}{\sigma_r}, \quad (6.16)$$

де $R_{зг}$ – 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.

Найбільше напруження розтягу σ_r при згині в монолітному шарі визначають за допомогою вирішення задачі теорії пружності про шаруватий напівпростір (рис. 6.4, 6.5). 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;

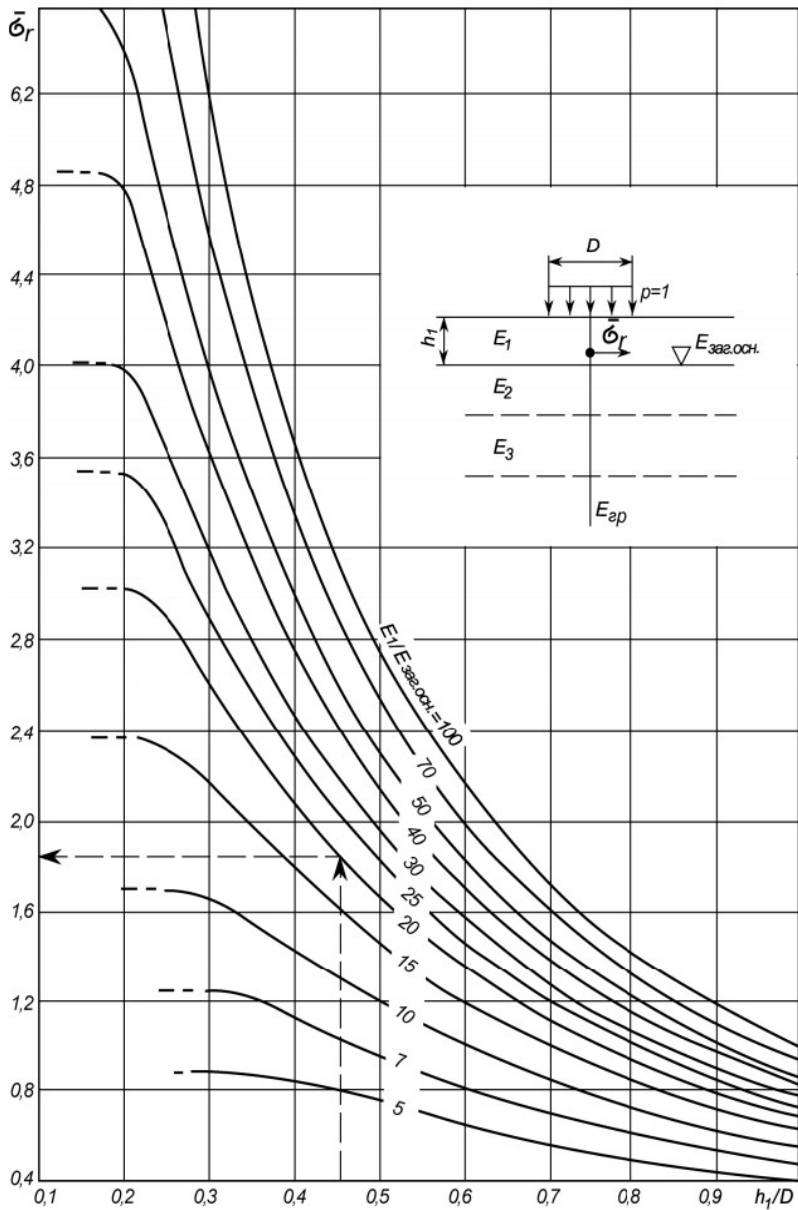


Рисунок 6.4 – Номограма для визначення напружень розтягу $\bar{\sigma}_r$ при згині від разового дорожнього одягу згідно з а)

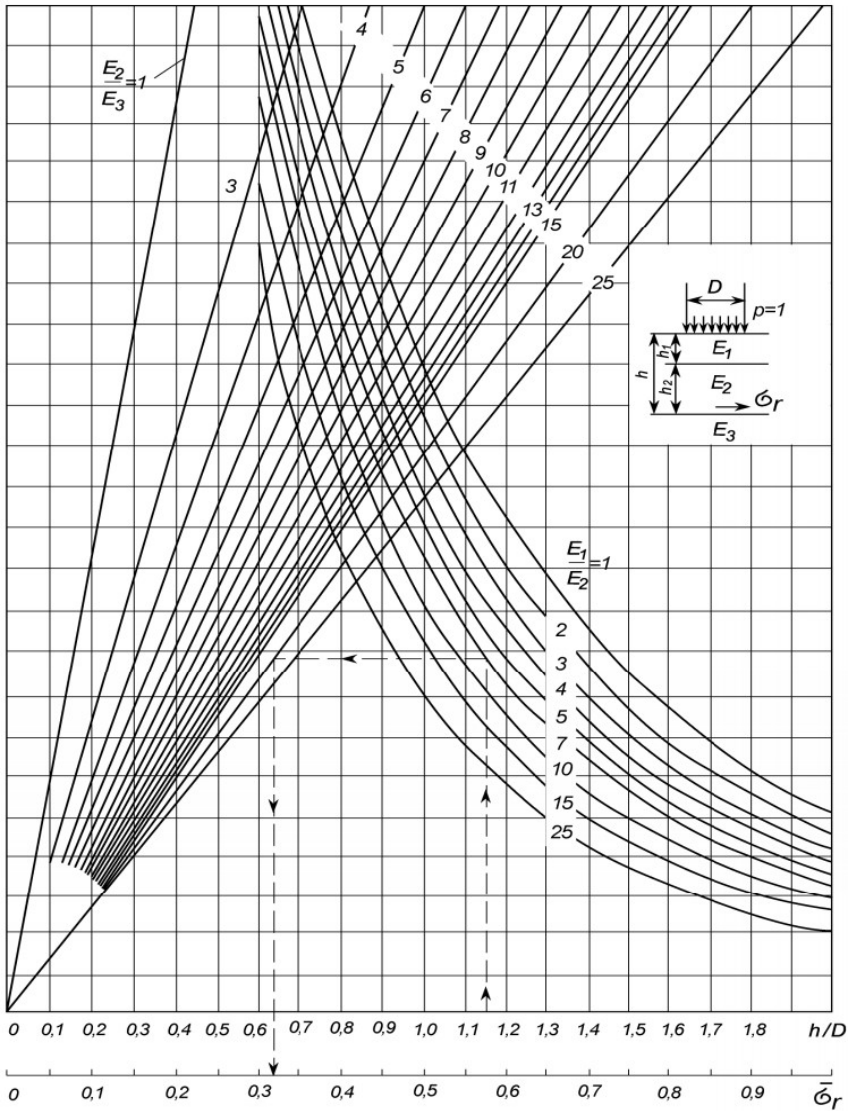


Рисунок 6.5 – Номограма для визначення напруження розтягу $\bar{\sigma}_r$ у проміжному монолітному шарі дорожнього одягу згідно з б).

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

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 6.4).

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.

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 (6.13), а розраховувати на виконання нерівності (6.16) у нижньому шарі.

Проміжні монолітні шари дорожнього одягу можна розраховувати за номограмою (рис. 6.5). При цьому багат шарову конструкцію попередньо потрібно привести до тришарової, де середнім буде монолітний шар, що розраховується (див. шар 3 на рис. 6.5).

Номограма на рис. 7.5 пов'язує відносну товщину двох верхніх шарів тришарової системи $(h_1+h_2)/D$ і напружень розтягу σ_t від разового навантаження в нижній точці шару, що розраховується, під центром навантаженої площі (де ці

напруження досягають найбільшого значення) при різних співвідношеннях модулів пружності шарів E_1/E_2 (криві на номограмі) і E_2/E_3 (промені на номограмі).

Монолітний шар або кілька суміжних монолітних шарів згідно з 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 (6.13) 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 6.4) визначають напруження розтягу σ_r , у шарі, що розраховується, від разового навантаження; значення σ_t визначають за формулою (6.17):

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot p \cdot k_b, \quad (6.17)$$

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

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

Потім обчислюють відношення $R_{дон}/\sigma_r$. Якщо $R_{дон}/\sigma_r \geq K_{мц}$, де $K_{мц}$ – 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.

Проміжний монолітний шар чи еквівалентний монолітний шар розраховують у такій послідовності. Спочатку за формулою (6.13) обчислюють середньозважений модуль пружності конструктивних шарів, що розташовані вище ніж розрахунковий монолітний шар (шар h_2 на рис. 6.5). 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. 6.1). Потім за номограмою на рис. 7.5 треба знайти напруження розтягу $\bar{\sigma}_r$ 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. Розрахункове значення $\bar{\sigma}_r$ знаходять за формулою (6.16) при $k_b=1,0$. Далі звичайна послідовність розрахунку.

Міцність матеріалу монолітного шару при багаторазовому розтягу при згині R_{32} , у МПа, визначають за формулою (6.18):

$$R_{32}=R_p \cdot k_m \cdot k_T \cdot k_{кп}, \quad (6.18)$$

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 7.8);

k_T – коефіцієнт, що враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температуро-усадкових впливів (таблиця 6.8);

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

$$k_{kp} = k_{pp} \cdot \sum N_p^{-\left(\frac{1}{m}\right)}, \quad (6.19)$$

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

m – показник втоми (встановлюють експериментально);

$\sum N_p$ – обчислюють за формулою (6.3).

Таблиця 6.8 – Значення коефіцієнтів k_m та k_T

№	Матеріал шару, що розраховується	k_m	k_T	k_{pp}
1	Асфальтобетон на бітумі модифікованому полімерами	1,00	0,90	3,0
2	Асфальтобетон щільний: I марки	0,95	0,85	4,0
		0,90	0,80	4,5
3	Асфальтобетон щєбенєво-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. Порівняння варіантів конструкцій дорожнього одягу.

Порівняння варіантів дорожнього одягу виконують за сумарними витратами, що приведені до вихідного року. За рік приведення витрат приймають останній рік будівництва

дороги. Термін порівняння для варіантів приймають однаковим і рівним терміну служби дорожнього одягу до першого капітального ремонту найбільш довговічного варіанту.

Сумарне приведення витрати для кожного варіанта дорожнього одягу включають наступні основні витрати, пов'язання безпосередньо із самою дорогою.

1. Капітальні вкладення у будівництво дорожнього одягу K_0 .

2. Сумарні приведені витрати на капітальний ремонт дорожнього одягу:

$$\sum_1^n K_{кр} \frac{1}{(1 + E_{ин})^{t_{кр}}}, \quad (6.20)$$

де n – кількість капітальних ремонтів за термін порівняння;

$K_{кр}$ – витрати на капітальний ремонт;

$\frac{1}{(1 + E_{ин})}$ – коефіцієнт приведення витрат майбутніх років до

вихідного року;

$E_{ин} = 0,08$ – нормативний коефіцієнт приведення;

$t_{кр}$ – рік виконання капітального ремонту.

3. Сумарні приведені витрати на поточний ремонт дорожнього одягу:

$$\sum_1^m C_{нр} \frac{1}{(1 + E_{ин})^{t_{нр}}}, \quad (6.21)$$

де m – кількість поточних ремонтів за термін порівняння;

$C_{нр}$ – витрати на поточний ремонт;

t_{np} – рік виконання поточного ремонту.

4. Сумарні витрати на сезонне утримання дорожнього одягу:

$$\sum_1^{t_{mn}} C_{ymp} \frac{1}{(1 + E_{nn})^t}, \quad (6.21)$$

де t_{mn} – термін порівняння;

C_{ymp} – витрати на сезонне утримання;

t – період від року приведення затрат до року, коли ці витрати виконуються.

Для кожного варіанту дорожнього одягу сумарні приведені затрати на 1000 м² можуть бути орієнтовно визначені за формулою (6.22), що враховують не всі одночасні у поточні витрати:

$$P_{np} = \frac{E_n}{E_{nn}} \left[K_0 + \sum_1^n K_{sp} \frac{1}{(1 + E_{nn})^{sp}} \right] + \sum_1^m C_{np} \frac{1}{(1 + E_{nn})^{sp}} + \sum_1^{t_{mn}} C_{ymp} \frac{1}{(1 + E_{nn})^t}, \quad (6.22)$$

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

Чим менші сумарні приведені витрати, тим економічніші її варіанти.

ЛЕКЦІЯ 7

Облаштування і благоустрій дороги

1. Транспортні розв'язки.

Транспортні розв'язки повинні забезпечувати максимальну пропускну спроможність, безпеку і зручність руху транспортних засобів з найменшими витратами часу на їх проїзд.

Транспортні розв'язки необхідно проектувати з урахуванням перспективної інтенсивності руху і складу транспортних потоків на усіх напрямках.

При розробленні проектів транспортних розв'язок необхідно передбачати можливість перспективного розвитку доріг та реконструкцію розв'язок під більш високий клас із збільшенням пропускну спроможності та безпеки руху транспортних засобів.

Вибір класу і схеми транспортних розв'язок та обґрунтування технічних рішень необхідно виконувати на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням їх пропускну спроможності, безпеки і зручності руху, дорожньо-транспортних витрат, архітектурно-естетичних вимог, вимог охорони навколишнього середовища та раціонального використання лісових та сільськогосподарських угідь.

Транспортні розв'язки залежно від категорії доріг, що перехрещуються або примикають, поділяються на класи згідно з таблицею 7.1

Транспортні розв'язки рекомендується розташовувати на вільних від забудови територіях з раціональним використанням рельєфу місцевості. Поздовжній похил доріг на підходах до зони транспортних розв'язок на відстані видимості для зупинки автомобіля не повинен перевищувати 40 %.

Таблиця 7.1 – Класифікація транспортних розв'язок

Клас розв'язки	Категорія доріг, що перехрещуються або примикають	Тип пересічення потоків	Влаштування ПШС при сумарній інтенсивності на основній дорозі та примиканні
I	I-I, I-II, I-III, II-II	У різних рівнях	З ПШС на всіх дорогах
II	Ia-IV, Ia-V	У різних рівнях	З ПШС на дорозі вищої категорії та без ПШС на дорозі нижчої категорії
III	II-II, II-III, III-III	В одному рівні	З ПШС на всіх дорогах та каналізування лівоповоротних напрямків
IV	Iб-IV, Iб-V	В одному рівні з лівими віднесеними поворотами	З ПШС на дорозі вищої категорії та без ПШС на дорозі нижчої категорії
		У різних рівнях при інтенсивності руху понад 20000 авт./добу	
V	II-IV, II-V, III-IV, III-V	В одному рівні	З ПШС на дорозі вищої категорії та без ПШС на дорозі нижчої категорії та каналізування лівоповоротних напрямків на дорозі вищої категорії
VI	IV-IV, IV-V, V-V	В одному рівні	Без ПШС на всіх дорогах
<p>Примітка 1. За відповідного обґрунтування транспортні розв'язки I класу (крім розв'язок на дорогах 1-а категорії) допускається влаштовувати кільцевого типу</p> <p>Примітка 2. При влаштуванні транспортних розв'язок доріг загального користування з іншими дорогами (відомчими (технологічними) дорогами, вулицями і дорогами міст та інших населених пунктів та автомобільними дорогами на приватних територіях) останні приводяться за інтенсивністю до доріг загального користування.</p>			

Транспортні розв'язки в одному рівні із пересіченням потоків на дорогах I-б категорії доцільно виносити за межі населених пунктів.

Транспортні розв'язки із пересіченням потоків рекомендується передбачати: на дорогах I-а категорії не частіше ніж через 10 км, на дорогах I-б - II категорій - 5 км, на дорогах III - IV категорій - 2 км, для чого проектною документацією передбачаються заходи з організації руху місцевого транспорту. Якщо пересічення потоків відсутнє (односторонні примикання), відстань можна зменшувати у 2 рази. У населених пунктах транспортні розв'язки проектуються із врахуванням громадських слухань.

На примиканнях доріг, що не мають твердого покриття, до доріг загального користування необхідно влаштовувати тверде покриття завширшки 4,5 м та завдовжки згідно з таблицею 7.2. Примикання відомчих (технологічних) доріг до доріг I категорії не допускається.

Таблиця 7.2 – Мінімальна довжина влаштування твердого покриття на примиканнях до доріг

Ґрунт земляного полотна з'їзду	Довжина твердого покриття на примиканнях до доріг категорій, м		
	Iб-III	IV	V
Пісок, супісок, суглинок легкий	100	50	25
Чорнозем, глина, суглинок важкий та пілуватий	200	100	50
Примітка. Тверде покриття на примиканнях до доріг V категорії передбачається у разі влаштування на зазначених дорогах одягу удосконаленого полегшеного типу			

Тверде покриття на примиканнях доцільно передбачати перехідного типу з місцевих кам'яних матеріалів та/або відходів промисловості, а в межах заокруглень - передбачати за типом основного проїзду.

Узбіччя на зазначених примиканнях необхідно укріплювати кам'яними матеріалами на ширину не менше ніж 0,5 м у кожний бік.

Відомчі (технологічні) автомобільні дороги, ґрунтові дороги та шляхи проходу тварин (біопереходи) при перехрещенні з дорогами I-II категорій необхідно суміщати з найближчими транспортними спорудами. У випадку коли такі споруди відсутні, їх необхідно передбачати за умови погодження згідно з законодавством. Габарити таких споруд необхідно призначати згідно з вимогами ДБН В.2.3-22.

Габарити споруд для доріг сільськогосподарського призначення і скотопрогонів на перехрещенні з автомобільними дорогами, у разі відсутності спеціальних вимог зацікавлених організацій, потрібно призначати згідно з таблицею 7.3.

Таблиця 7.3 – Мінімальні габарити мостів для відомчих (технологічних) доріг і скотопрогонів

Призначення споруд	Ширина, м	Висота, м
Для відомчих (технологічних) доріг	6, не менше	4,5, не менше
Для скотопрогонів	6, не менше	2,5, не менше

На транспортних розв'язках необхідно приділяти увагу організації ефективного водовідведення як із самої розв'язки (проїзної частини, узбіч), так і за її межі (у тому числі і закритими системами, обладнаними ефективними системами можливості очищення систем від сміття, нафтопродуктів та наносів).

2. Перехідно-швидкісні смуги.

Перехідно-швидкісні смуги (ПШС) необхідно влаштовувати як додатковий елемент проїзної частини для каналізування транспортних потоків, які змінюють напрямок руху (гальмування або розгону транспортних засобів) на дорогах I - III категорій біля споруд дорожнього сервісу, на транспортних розв'язках та в місцях зупинок маршрутного транспорту. ПШС включає: клин відгону, смугу розгону (гальмування) та, за необхідності, смугу накопичення.

Параметри плану та поздовжнього профілю лівоповоротних та правоповоротних з'їздів транспортних розв'язок у різних рівнях потрібно призначати такими, які б забезпечували розрахункову швидкість не менше ніж 40 км/год та 60 км/год відповідно.

На транспортних розв'язках у різних рівнях ПШС є обов'язковим елементом розв'язки незалежно від інтенсивності руху.

Довжину ПШС залежно від поздовжнього похилу доріг необхідно призначати згідно з таблицею 8.4, а в горбистій та гірській місцевостях - за розрахунками.

Ширина ПШС повинна бути не меншою ширини основної смуги руху. В стислих умовах за відповідного обґрунтування ширина смуги може бути зменшена до 3,50 м на дорогах I-б категорії і до 3,25 м на дорогах II - III категорій.

На автомобільних дорогах I-б категорії смугу для лівого повороту необхідно влаштовувати на розділювальній смузі .

На автомобільних дорогах II - III категорій смугу для лівого повороту необхідно влаштовувати за рахунок зміни ширини узбіччя або земляного полотна, а в обмежених умовах і за рахунок зменшення ширини основної смуги руху до 3,25 м.

На транспортних розв'язках, де є перетинання лівоповоротних потоків (типу "лист конюшини") на дорогах I - II категорій, ПШС для лівоповоротних з'їздів необхідно проектувати як єдину смугу для суміжних з'їздів.

У разі, якщо при в'їзді на основну дорогу з відокремленого проїзду відстань від точки доступу на такий проїзд до місця виходу на основну дорогу перевищує

довжину смуги розгону, довжина смуги розгону приймається 50 м плюс довжина клину відгону.

Таблиця 7.4 – Довжина перехідно-швидкісних смуг

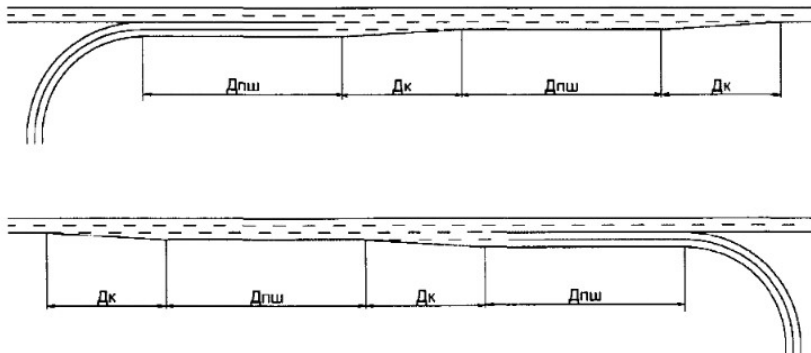
Категор. дороги	Поздовжній похил, %	Довжина смуги повної ширини, м		Довжина відгону смуги розгону і гальмування
		для розгону	для гальмування	
За межами населених пунктів				
I	-40 і більше	110	110	80
	-20 – -40	130	105	
	-20 – +40	150	100	
	+20 – +40	170	95	
	+40 і більше	190	90	
II-III	-40 і більше	80	85	60
	-20 – -40	90	80	
	-20 – +40	100	75	
	+20 – +40	120	70	
	+40 і більше	150	65	
В межах населених пунктів				
I-III	-40 і більше	80	85	30/50*
	-20 – -40	90	80	
	-20 – +40	100	75	
	+20 – +40	120	70	
	+40 і більше	150	65	
* Над рисою - довжина клину при розгоні, під рисою - при гальмуванні.				

При виїзді з основної дороги на відокремлений проїзд влаштовується клин відгону, а довжина смуги гальмування повинна дати можливість водієві вчасно перевлаштуватися та скинути швидкість до розрахункової швидкості на такому проїзді.

На двосмугових (в одному напрямку) в'їздах (виїздах) транспортних розв'язок довжина ПШС приймається згідно з рисунком 8.1.

ПШС від основних смуг руху в зонах перехрещень і примикань (в межах заокруглень) та в місцях зупинок маршрутних транспортних засобів у межах зупиночних

майданчиків необхідно відокремлювати розміткою згідно з вимогами національних стандартів. Сполучення перехідно-швидкісних смуг з узбіччям здійснюється за рахунок укріпленої смуги.



$D_{пш}$ – довжина смуги повної ширини, D_k – довжина клину відгону

Рисунок 7.1 – Схема ПШС на двосмугових з'їздах об'єктів

Якщо примикання знаходиться на віражі, то в межах між початком і кінцем заокруглень примикання для забезпечення комфортного в'їзду/виїзду проїзна частина ПШС може мати похил, як на прямій ділянці. Перехід похилу в межах примикання до похилу віражу здійснюється за межами радіусів заокруглення примикання на відстані 30м.

У разі послідовного розміщення декількох об'єктів сервісу на відстані між ними, що не перевищує довжини ПШС, а також, у разі можливості, при реконструкції автомобільних доріг I-б - III категорій у місцях декількох послідовних примикань вулиць, місцевих доріг та з'їздів (в'їздів) необхідно ПШС об'єднувати в загальні смуги та відділяти їх від основних смуг руху острівцями безпеки шириною не менше ніж 1,75 м з влаштуванням на них дорожнього огороження першої групи. При ширині острівця безпеки понад 4 м огороження на острівцях можна не влаштовувати.

3. Технічні засоби організації дорожнього руху.

Організація дорожнього руху (ОДР) – комплекс організаційних і інженерно-технічних заходів, що мають у якості мети оптимізацію (раціоналізацію) дорожнього руху на вулично-дорожній мережі (або автомобільній дорозі) за заданими показниками шляхом встановлення певного режиму руху транспортних і пішохідних потоків.

Режим руху транспортних і пішохідних потоків – напрямок, послідовність і характеристики руху транспортних і пішохідних потоків на вулично-дорожній мережі.

Схема організації дорожнього руху – графічний документ, на якому умовними позначеннями відображена організація дорожнього руху на визначеній ділянці дороги чи вулиці у вигляді раціонального застосування, розміщення та ув'язки між собою технічних засобів організації дорожнього руху.

Технічні засоби організації дорожнього руху (ТЗОДР) – механізми, пристрої та інше інженерне обладнання вулиць і доріг, призначене для регулювання дорожнього руху, фізичного й психологічного впливу на режим руху транспортних і пішохідних потоків.

На рис. 8.2 представлена класифікація ТЗОДР.

Регулювання дорожнім рухом (РДР) – метод ОДР, заснований на знанні й виконанні учасниками дорожнього руху правил дорожнього руху й суть якого полягає у впливі на режим руху транспортних і пішохідних потоків на вулично-дорожній мережі шляхом розпорядчих дій регулювальників або сигналів (вказівок) технічних засобів регулювання дорожнього руху.

Технічні засоби регулювання дорожнього руху (ТЗРДР) – ТЗОДР, призначені для регулювання дорожнього руху. Відповідно до діючих правил дорожнього руху ТЗРДР попереджають, зобов'язують, забороняють, рекомендують

учасникам дорожнього руху певні дії для забезпечення необхідної пропускну здатності ділянки вулиці чи дороги і безпеки дорожнього руху.

Дорожнє обладнання – ТЗОДР, призначені для фізичного й психологічного впливу на режим руху транспортних і пішохідних потоків.

Фізичний вплив на режим руху транспортних і пішохідних потоків полягає в:

- фізичному обмеженні швидкості руху й обмеженні простору для маневрування транспортних засобів. Реалізується шляхом застосування такого дорожнього обладнання: пристрої примусового зниження швидкості руху, острівці безпеки, направляючі острівці, огороження транспортні, шлагбауми, дорожні габаритні ворота.

- фізичному обмеженні напрямків руху пішоходів (огороження пішохідні).

Психологічний вплив на режим руху транспортних і пішохідних потоків проявляється у впливі на зорове, акустичне або м'язове сприйняття учасниками дорожнього руху дорожньої обстановки з метою:

- зосередження уваги і поліпшення зорового орієнтування учасників дорожнього руху на проїзній частині (напрямні стовпчики, вставки розмічальні дорожні, тумби сигнальні, протизасліплювальні екрани, оглядові дорожні дзеркала);

- інформування учасників дорожнього руху про дорожні умови й режими роботи ТЗРДР (інформаційне табло, табло зворотного відліку часу);

- заподіяння дискомфорту водіям транспортних засобів при проїзді певних ділянок вулиць і доріг (шумові смуги).

4. Будинки і споруди дорожньої автотранспортної служби. Автобусні зупинки. Озеленення дороги.

Пропускну спроможність, розміри та інші параметри споруд автотранспортної служби призначають за прогнозом на 10-річну перспективу інтенсивності руху з урахуванням можливостей їх подальшого розвитку.

Пасажирські автовокзали та автостанції необхідно проектувати відповідно до стандартів, будівельних норм та типових рішень. Місткість автовокзалів, пасажирських автостанцій, вантажних автостанцій та розміщення цих споруд на дорогах необхідно визначати з урахуванням розвитку автомобільного транспорту загального користування та завданням зацікавлених організацій.

Зупинки маршрутних транспортних засобів проектують згідно з вимогами ГБН В.2.3-218-550.

У місцях зупинок маршрутних транспортних засобів необхідно передбачати зупинкові та посадкові майданчики та автопавільйони. Ширина зупинкових майданчиків приймається такою, що дорівнює ширині смуги руху відповідної категорії дороги. Довжина зупинкових (посадкових) майданчиків повинна розраховуватися під маршрутні транспортні засоби, які плануються на даній дорозі, згідно з вимогами ГБН В.2.3-218-550.

Довжина клину відгону на вході до зупинкового майданчика повинна становити не менше ніж 20 м, а на виході – не менше ніж 15 м. В обмежених умовах (гірська місцевість, забудована територія тощо) довжина клина відгону на вході до зупинкового майданчика і на виході може бути зменшена до 10 м.

У зонах перехрещень та примикань доріг зупинки маршрутних транспортних засобів необхідно розташовувати за ними. Відстань від кінця заокруглення до початку

зупинкового майданчика повинна бути не менше ніж 50 м з обов'язковим влаштуванням заїзної кишені та забезпеченням видимості. У разі наявності перехідно-швидкісної смуги на напрямку, де розміщується зупинка, ця відстань може бути зменшена до 30 м. При відстані від кінця заокруглення до початку зупинкового майданчика менше ніж 50 м клин для входу робиться від кінця заокруглення до початку зупинкового майданчика. За відповідного обґрунтування в населених пунктах допускається розміщення зупинкових майданчиків до примикання на відстані між кінцем майданчика та початком заокруглення на примиканні не менше 50 м.

Якщо зупинки маршрутних транспортних засобів розміщуються поза зоною перехідно-швидкісних смуг транспортних розв'язок, то для зупинкового майданчика влаштовується перехідно-швидкісна смуга без заїзної кишені.

Зупинкові майданчики на автомобільних дорогах I - III категорій необхідно по довжині майданчика відділяти від перехідно-швидкісної смуги розміткою згідно з національними стандартами. На дорогах IV-V категорій необхідно передбачати заїзні кишені і відокремлювати їх в межах посадкового майданчика від основних смуг руху суцільною лінією розмітки.

Посадкові майданчики на зупинках маршрутних транспортних засобів повинні бути підвищені на 0,2 м над поверхнею майданчиків. Поверхня посадкових майданчиків повинна мати тверде покриття на ширину не менше ніж 2 м. Відстань від конструкцій павільйону для пасажирів до крайки зупинкового майданчика повинна бути не менше ніж 2 м. Від посадкових майданчиків до існуючих тротуарів, пішохідних доріжок (тротуарів), місцевих проїздів тощо за

напрямами основних потоків пасажирів необхідно проектувати тротуари або пішохідні доріжки завширшки не менше ніж 1,5 м в населених пунктах та не менше ніж 1,0 м поза населеними пунктами. За відповідного обґрунтування вони повинні забезпечувати рух інвалідних колясок.

Зупинки маршрутних транспортних засобів поза межами населених пунктів необхідно розташовувати на ділянках доріг при поздовжніх похилах не більше ніж 40 % та поза межами кривих у плані радіусом менше ніж 600 м із забезпеченням видимості.

Зупинки маршрутних транспортних засобів на дорогах I-а категорії в усіх випадках та I-б категорії при перспективній інтенсивності руху понад 20 тис. приведених автомобілів на добу доцільно розташовувати одну проти другої з пішохідними переходами у різних рівнях та стримувальним огороженням над огороженням першої групи на розділювальній смузі. На дорогах I-б категорії при влаштуванні пішохідних переходів в одному рівні та на дорогах II - V категорій зупинки пасажирського транспорту загального користування необхідно розміщувати на відстані не менше ніж 30 м між ближчими сторонами павільйонів (зупинкових майданчиків).

На дорогах I-III категорій зупинки маршрутних транспортних засобів необхідно розташовувати не частіше ніж через 3 км, а в курортних районах і густонаселених місцевостях - 1,5 км. У населених пунктах зупинки розміщуються з врахуванням вимог ДБН В.2.3-5.14.5.12 Зупинки маршрутних транспортних засобів необхідно облаштовувати урнами для сміття, а поза населеними пунктами - туалетами (якщо на них передбачається зупинка міжміського маршрутного транспорту). Від посадкового

майданчика до туалету повинна бути пішохідна доріжка з твердим покриттям завширшки не менше ніж 1,0 м. Має бути забезпечена можливість під'їзду до туалету спецтехніки для очищення вигрібної ями.

Необхідно обов'язково передбачати заходи для відведення води за межі споруд автотранспортної служби з метою недопущення застою води на їх поверхні. Доцільно їх облаштовувати закритими системами водовідведення, обладнаними ефективними системами очищення стоків від сміття, нафтопродуктів та наносів.

Місця (майданчики) для вимірювання вагових і габаритних параметрів транспортних засобів

Розміщення майданчиків для вимірювання вагових і габаритних параметрів транспортних засобів необхідно здійснювати на основі техніко-економічного обґрунтування, враховуючи інтенсивність та склад руху потоку вантажних автомобілів, місця перерозподілу вантажопотоків та типу пункту габаритно-вагового контролю (стаціонарний або пересувний).

Місце розташування стаціонарного пункту та схема організації дорожнього руху під час під'їзду до пункту та виїзду з нього визначаються та погоджуються згідно з чинним законодавством.

Підходи до стаціонарних пунктів габаритно-вагового контролю обов'язково мають бути обладнані пристроями для попереднього габаритно-вагового контролю та відповідно облаштовані для спрямування транспорту, який не пройшов попереднього контролю, на майданчик для проведення точного габаритно-вагового контролю.

Місце заїзду до зони стаціонарного пункту та місце виїзду з неї облаштовуються перехідно-швидкісними

смугами, параметри яких відповідають визначеним для даної категорії дороги, та стоянками для транспортних засобів, вагові та/або габаритні параметри яких перевищують нормативні.

5. Дорожня розмітка.

Дорожня розмітка (ДР) – ТЗРДР, що представляє собою стандартизовані лінії, написи й інші позначення на проїзній частині й елементах дорожніх споруджень, призначені для інформування учасників дорожнього руху про умови і режим руху на шляху їх руху й установа порядку їх дій.

Технічні вимоги, геометричні розміри і правила застосування дорожньої розмітки регламентуються Державним стандартом України ДСТУ 2587. Зазначимо, що ДР застосовується на вулицях і дорогах з удосконаленим покриттям з шириною більше 6 м і з величиною інтенсивності руху транспорту понад 1000 од./добу.

У відповідності до стандарту дорожня розмітка поділяється на горизонтальну і вертикальну.

До горизонтальної належать поздовжня, поперечна і інші види розмітки (різні написи, символи, вказівні стріли), які наносяться на дорожнє покриття.

До вертикальної розмітки належать лінії, які наносяться на елементах дорожніх споруджень і різних предметів, що становлять небезпеку для руху, з метою попередження наїзду на них транспортних засобів.

Залежно від терміну дії горизонтальну поділяють на постійну і тимчасову, яку наносять під час проведення дорожніх робіт).

Якщо вимоги дорожніх знаків і дорожньої розмітки суперечать один одному, то водій повинен керуватися вимогами дорожніх знаків.

Для нанесення розмітки використовують фарби, термопластики, стрічки напівфабрикати, кольорові асфальто-і цементобетони, кнопки, металеві й керамічні плити й т.д. Найбільше поширення одержали фарби й термопластики, що пов'язано в основному з можливістю механізації процесу нанесення розмітки.

Згідно з ДСТУ 2587 горизонтальна розмітка має бути білого кольору, за деяким виключенням.

Жовтий колір застосовується для позначення місць, де заборонено зупинку або стоянку транспортних засобів (розмітка за номерами 1.4, 1.10.1, 1.10.2, 1.17).

Червоний колір у поєднанні з білим застосовується для позначення небезпечних для руху пішохідних переходів і позначення місць, де проїзну частину перетинає доріжка для велосипедистів (розмітка за номерами 1.14.3, 1.14.4, 1.14.5, 1.15).

Поєднання білого, чорного та червоного кольорів застосовується для зображення на покритті проїзної частини відповідно дорожніх знаків 1.32 «Пішохідний перехід», 1.39 «Інша небезпека» і 3.29 «Обмеження максимальної швидкості» (відповідно розмітка за номерами 1.25, 1.26, 1.27).

Синій колір застосовується для позначення на проїзній частині майданчиків, які відведені для паркування транспортних засобів (розмітка за номерами 1.1 і 1.28).

Вертикальна розмітка являє собою поєднання чорного і білого кольорів, крім розміток за номерами 2.3 та 2.7, що мають поєднання білого і червоного та жовтий колір відповідно.

Приклади застосування дорожньої розмітки у різних дорожніх умовах наведені на рис. 1.8, 1.9 і 1.10.

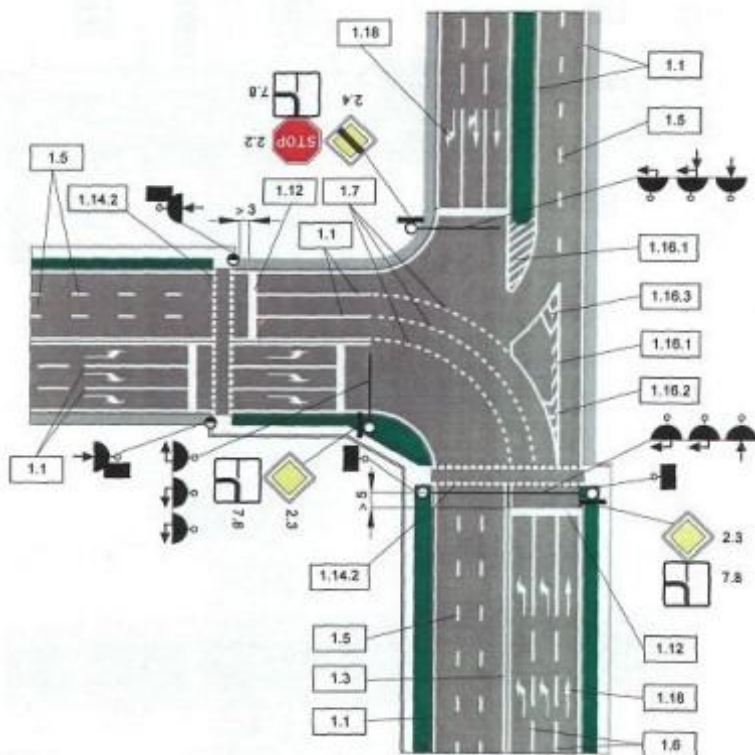


Рисунок 7.2 – Приклад застосування горизонтальної дорожньої розмітки на перехресті вулиць (доріг)

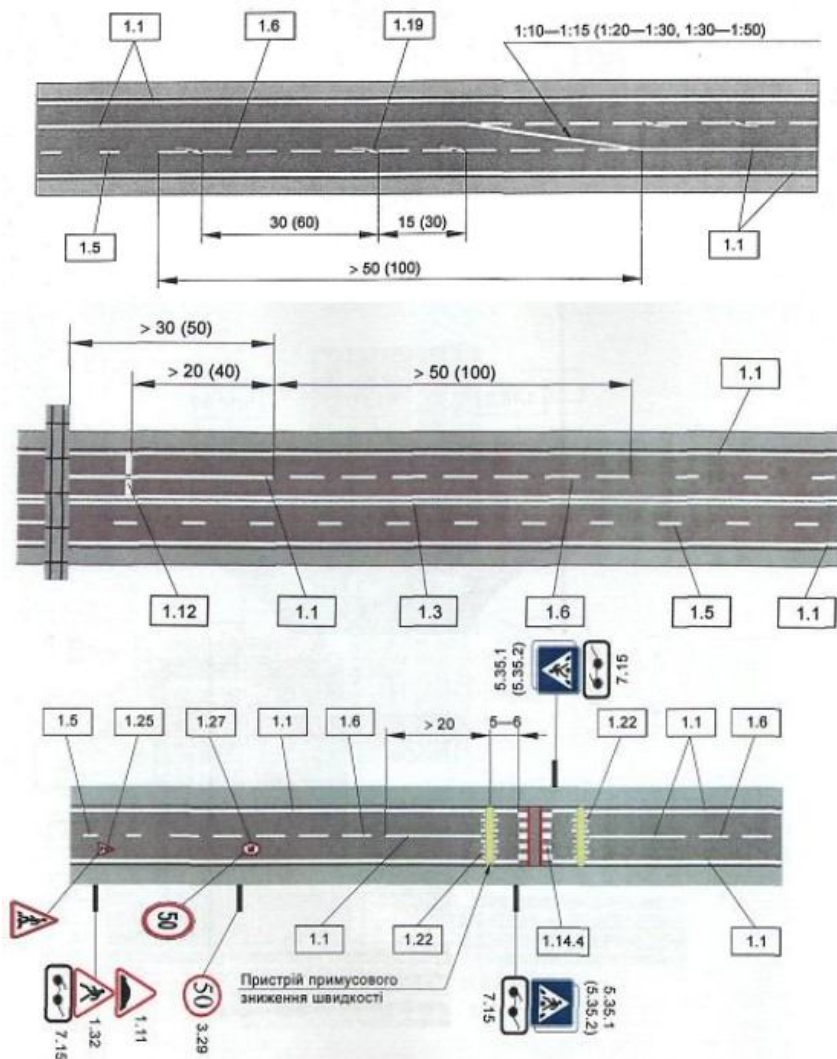


Рисунок 7.3 – Приклади застосування горизонтальної дорожньої розмітки на ділянках, що розташовані на перегонах вулиць (доріг)

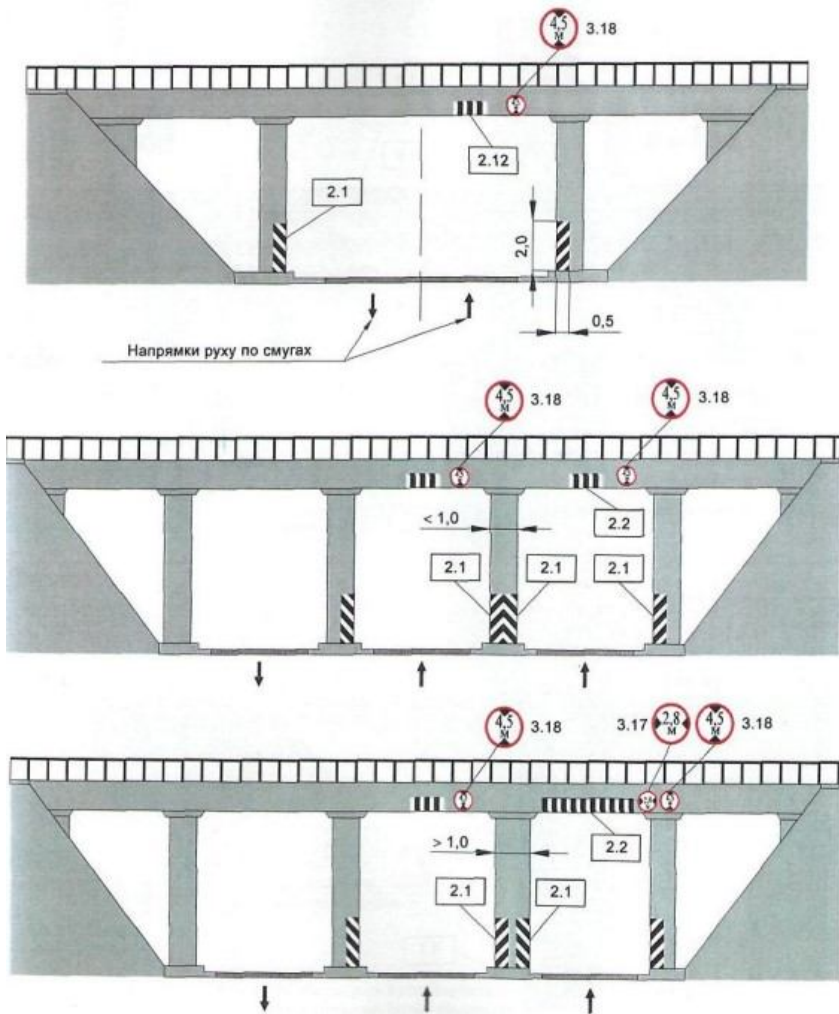


Рисунок 7.4 – Приклади застосування вертикальної дорожньої розмітки

6. Дорожні знаки

Дорожній знак (ДЗ) – ТЗРДР у вигляді панелі (щита) певної форми, на якій зображені стандартизовані символи чи містяться написи, призначені для інформування учасників

дорожнього руху про умови і режим руху на шляху їх проходження й установлення порядку їх дій.

Опора дорожнього знаку – пристрій для встановлення дорожнього знаку в певному положенні стосовно проїзної частини вулиці або дороги. Опорами дорожніх знаків можуть бути: стійки, розтяжки, консолі й т.п.

Розподіл дорожніх знаків на групи, нумерація, назви, розміри, форма, символи і вимоги до розміщення дорожніх знаків регламентуються Державним стандартом України ДСТУ 4100.

Стандарт передбачає сім груп дорожніх знаків: попереджувальні, пріоритету, заборонні, наказові, інформаційно-вказівні, сервісу і таблички до дорожніх знаків (знаки додаткової інформації). Кожна група знаків має визначену форму і колір (за деякими винятками), що дозволяє розпізнавати їх на значній відстані.

Стандартом ДСТУ 4100 передбачено чотири типорозміри дорожніх знаків. Вибір конкретного типорозміру знаку здійснюється відповідно до табл. 7.5.

При встановленні двох або більш однакових знаків для визначення їх взаємного розташування застосовуються наступні поняття (рис. 7.5):

основний знак - дорожній знак, необхідність установлення якого визначається відповідно до вимог ДСТУ4100;

дублювання знаку – установлення знаку, однойменного з основним, ліворуч від дороги, на розділовій смужі („острівці") або над проїзною частиною;

повторення знаку – установлення знаку, однойменного з основним, на деякій відстані за ним за ходом руху;

попереднє встановлення знаку - установлення знаку, однойменного з основним, на деякій відстані до нього.

Попередні знаки встановлюються з табличками 7.1.1-7.1.4 "Відстань до об'єкта".

Таблиця 7.5 Застосування дорожніх знаків з різними типорозмірами

Типорозмір знаку	Застосування дорожніх знаків відповідного типорозміру	
	поза населеними пунктами	у населених пунктах
I	Дороги з шириною проїзної частини менше 6 м	Вулиці або дороги з однією смугою для руху в одному напрямку
II	Дороги з однією чи двома смугами для руху в одному напрямку	Вулиці або дороги з двома смугами для руху в одному напрямку
III	Дороги з трьома і більше смугами для руху в одному напрямку, а також автомагістралі	Вулиці або дороги з трьома і більше смугами для руху в одному напрямку
IV	Ремонтні роботи на автомагістралях, місця концентрації дорожньо-транспортних пригод, небезпечні ділянки - у разі обґрунтування доцільності застосування знаків	

7. Огородження стримувальне і бар'єрне. Сигнальні стовпчики. Протизасліплювальні екрани.

Острівець безпеки – дорожнє обладнання, що представляє собою острівець, обрамлений блоками або бордюрами, розташований на проїзній частині чи розділювальній смузі і призначений для забезпечення безпеки пішоходів під час переходу проїзної частини вулиці чи дороги.

Острівець напрямний – дорожнє обладнання, що представляє собою острівець, обрамлений на проїзній частині, узбіччі, розділювальній смузі блоками або бордюрами, призначений для обмеження простору для маневрування транспортних засобів шляхом позначення меж смуг руху.

Стовпчик напрямний – дорожнє обладнання, що представляє собою визначеної форми і габаритів стовпчик, призначений для забезпечення видимості зовнішнього краю узбіччя.

Тумба сигнальна – дорожнє обладнання, що представляє собою тумбу циліндричної форми з внутрішнім освітленням або без внутрішнього освітлення, призначену для позначення небезпечних перешкод, що розташовані на розділювальній смузі, проїзній частині, острівці безпеки, напрямному острівці, узбіччі.

Огородження транспортні – дорожнє обладнання, що представляє собою конструкції і пристрої, призначені для зменшення ваги наслідків ДТП шляхом запобігання з'їзду транспортних засобів за межі проїзної частини вулиці або дороги, наїзду на небезпечні перешкоди й зіткнень із зустрічними транспортними засобами.

Огородження пішохідні – дорожнє обладнання, що представляє собою конструкції й пристрої, призначені для запобігання виходу пішоходів на проїзну частину вулиці або дороги в невстановлених для цього місцях (обмежуюче пішохідне огороження), а також для запобігання їхнього випадкового падіння з мосту, шляхопроводу, високого насипу (утримуюче пішохідне огороження).

Пристрій примусового зниження швидкості – дорожнє обладнання, що представляє собою штучно створену нерівність дорожнього покриття (настил, пагорб) з визначеними геометричними параметрами, призначену для психологічного і фізичного впливу на органи чуття водія з метою зменшення швидкості руху транспортного засобу.

Шлагбаум – дорожнє обладнання, що представляє собою пристрій у вигляді бруса на осі, що перекриває рух транспорту на певній ділянці вулиці або дороги.

Дорожні габаритні ворота – дорожнє обладнання, призначене для контролю вертикального габариту транспортних засобів на під'їздах до штучних споруд.

Інформаційне табло – дорожнє обладнання, що представляє собою панель, на якій відображається текстова інформація або піктограми, що інформують водіїв про дорожні умови й режим руху на ділянці вулиці або дороги.

Табло зворотного відліку часу – дорожнє обладнання, призначене для інформування водіїв транспортних засобів або пішоходів про час, що залишився до закінчення зеленого чи червоного сигналу світлофора.

Вставки розмічальні дорожні – дорожнє обладнання, що представляє собою вироби, які призначені для поліпшення зорового орієнтування водія на проїзній частині і які можуть застосовуватись самостійно або в поєднанні з дорожньою розміткою.

Оглядові дорожні дзеркала – дорожнє обладнання, призначене для поліпшення оглядовості в складних дорожніх умовах, наприклад, на виїздах із прилягаючих територій, поворотах з обмеженим оглядом, на нерегульованих перехрестях вулиць і т.д.

Протизасліплювальні екрани – дорожнє обладнання, що представляє встановлені на розділювальній смузі пристрою з метою захисту водій транспортних засобів від засліплення, що створене фарами дальнього світла зустрічних транспортних засобів в темну пору доби (рисунок 7.5 а).

Смуга шумова – дорожнє обладнання, що представляє собою нанесену на дорожнє покриття смугу з крупношорсткою поверхнею, під час проїзду по якій коліс транспортного засобу виникають звуки, рівень яких вищий за той, що утворюється на сусідніх ділянках проїзної частини (рисунок 7.5 б).

а) протизасліплювальні екрани



б) смуги шумові



Рисунок 7.5 – Зовнішній вигляд деяких видів дорожнього обладнання

Серед дорожнього обладнання в містах найбільш широкое застосування мають обмежуючі пішохідні огороження і пристрої примусового зниження швидкості

руху. Правила застосування цих видів дорожнього обладнання розглянуті нижче.

Правила застосування пішохідних огорожень

У якості пішохідних огорожень найбільше поширення в містах одержали конструкції поручневого типу (рис. 7.6). Зустрічаються пішохідні огороження, виконані з ланцюгів і сіток.



Рисунок 7.6 – Зовнішній вигляд пішохідних огорожень

Правила застосування пішохідних огорожень регламентуються Державним стандартом України ДСТУ 2735. У відповідності з ДСТУ 2735 пішохідні огороження повинні встановлюватися:

- на центральній чи боковій розділювальній смузі завширшки не менш ніж 1 м навпроти зупинок маршрутних транспортних засобів у межах зупиночного майданчика і на відстані не менш 50 м у кожний бік за його межі;
- на тротуарі у транспортному тунелі;
- біля пішохідних переходів на відстані не менш ніж 50 м у кожний бік від пішохідного переходу (у разі необхідності);
- на тротуарах, узбіччях або розділювальних смугах, де з урахуванням забезпечення безпеки дорожнього руху необхідно заборонити рух пішоходів через проїзну частину вулиці.

Пішохідні огороження повинні бути розташовані на відстані не менш ніж 0,3 м від лицьової поверхні бордюру і мати висоту від 0,8 до 1,5 м.

Рекомендації з встановлення пішохідних огорожень:

- на небезпечних ділянках ВДМ довжина огорожень визначається довжиною небезпечної ділянки, але повинна бути не менш 50 м;
- пішохідні огороження на пішохідних переходах зі світлофорним регулюванням слід установлювати по обидва боки проїзної частини;
- на перехрестях, якщо пішохідний перехід виконується як продовження тротуару, пішохідні огороження встановлюють на відстань не менш 30 м від пішохідного переходу вглиб кварталу. Якщо пішохідний перехід віднесений на відстань більше чому 4 м від краю паралельної йому проїзної частини, то крім того пішохідні огороження встановлюють уздовж закруглення перехрестя (рис. 7.7).

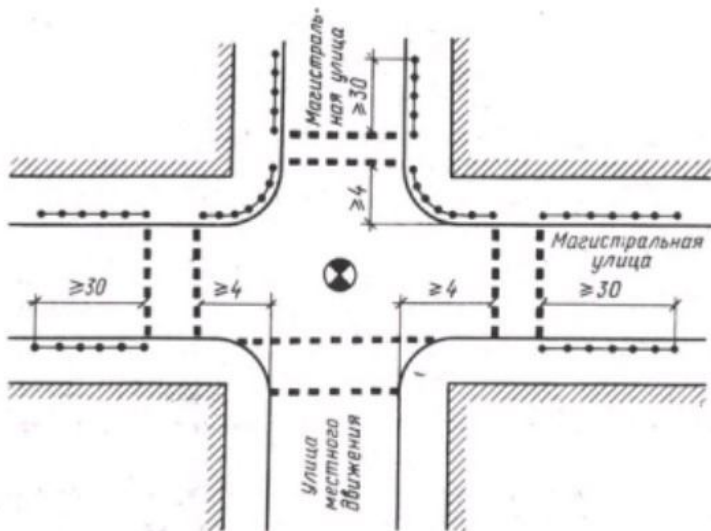


Рисунок 7.7 – Правила установлення пішохідних огорожень на регульованому перехресті.

ЛЕКЦІЯ 8

Засоби заспокоєння руху

1. Загальні положення

Засоби заспокоєння дорожнього руху (traffic calming) – це сукупність інженерно-планувальних, організаційних та конструктивних рішень, спрямованих на зниження швидкості руху транспортних засобів, підвищення безпеки пішоходів і велосипедистів, а також покращення комфортності міського та сільського середовища.

Всі засоби можна умовно поділити на три групи: вертикальні (зміна профілю), горизонтальні (зміна траєкторії) та звуження (зміна ширини).

1. Вертикальні засоби заспокоєння руху

До цієї групи належать елементи, що створюють фізичну перешкоду по висоті, змушуючи водія гальмувати перед нею.

- Дорожні пагорби (Пристрої примусового зниження швидкості):

- *Суть:* Штучне піднесення над проїзною частиною. У побуті відомі як «лежачі поліцейські».

- *Проектування:* Профіль та ширина пагорба залежать від бажаної швидкості. Короткі та круті (шириною 30-50 см) змушують знижувати швидкість до 10-20 км/год. Пологі та широкі пагорби (трапецієподібної форми) розраховані на плавний проїзд зі швидкістю 30-40 км/год, що зменшує знос підвіски авто та рівень шуму.

- Підвищені пішохідні переходи:

- *Суть:* Поєднання дорожнього пагорба трапецієподібної форми з пішохідним переходом.

- *Переваги:* Перехід піднімається до рівня тротуару. Це забезпечує безбар'єрне середовище для маломобільних груп

населення (немає потреби спускатися на проїзну частину) та змушує водіїв гарантовано скидати швидкість перед зоною конфлікту з пішоходами.

- Підвищені перехрестя (та підвищення проїзної частини):

- *Суть*: Підняття рівня проїзної частини на всьому перехресті (або на певному відрізку вулиці) до рівня тротуарів.

- *Ефект*: Створює так звану «спільну зону» (Shared space). Водії підсвідомо сприймають цю територію не як дорогу для швидкого транзиту, а як зону, що належить пішоходам, і рухаються максимально обережно.

2. Горизонтальні засоби (зміна траскторії)

Ці засоби змушують водіїв маневрувати, оскільки рух по прямій стає неможливим.

- Шикани (Штучне викривлення траси):

- *Суть*: Штучно створені зигзагоподібні вигини на прямій ділянці дороги. Досягаються шляхом почергового влаштування виступів тротуару, паркувальних кишень або клумб з різних боків проїзної частини.

- *Проектування*: Радіус викривлення підбирається таким чином, щоб проїхати шикану без зниження швидкості було фізично неможливо. Вони ефективні на довгих прямих житлових вулицях, де водії мають схильність до сильного розгону.

- Міні-кільця (Mini-roundabouts):

- *Суть*: Облаштування невеликого центрального острівця на звичайному перехресті, який організує круговий рух.

- *Особливості*: Острівець часто роблять підвищеним, але проїзним (моценим). Легкові автомобілі огинають його,

знижуючи швидкість, а габаритний транспорт (автобуси, вантажівки) у разі потреби може наїхати на нього при повороті.

- *Преваги:* Усувають необхідність світлофорного регулювання, ліквідують точки перетину потоків під прямим кутом (найнебезпечніші конфліктні точки), знижуючи тяжкість можливих ДТП.

3. Засоби візуального та фізичного звуження

Чим ширша смуга руху, тим безпечніше почувається водій і тим вищу швидкість він обирає. Звуження дороги створює ефект «оптичного тиску», змушуючи інтуїтивно скидати газ.

- Зменшення ширини проїзної частини:

- *Суть:* Фізичне звуження смуг руху, часто за рахунок розширення тротуарів на перехрестях (антикишені) або облаштування велосмуг.

- *Антикишені (Curb extensions):* Тротуар виступає на проїзну частину в зоні пішохідного переходу на ширину запаркованих автомобілів.

- *Ефект:* Значно скорочується дистанція, яку пішоходу потрібно подолати по проїзній частині. Покращується оглядовість: пішоходи та водії краще бачать один одного (усувається «сліпа зона» через припарковані авто).

- Вставки по осі дороги (Напрямні та острівці безпеки):

- *Суть:* Влаштування фізичних острівців (підвищених конструкцій) посередині проїзної частини.

- *Острівці безпеки на переходах:* Дають змогу пішоходам долати дорогу у два етапи, зупиняючись у безпечній зоні посередині.

○ *Осьові напрямні острівці*: Встановлюються на в'їздах у населені пункти. Вони фізично розмежують зустрічні потоки та змушують водія зробити легкий маневр (відхилення від прямолінійного руху), що сигналізує про зміну умов руху та необхідність знизити швидкість з «трасової» до «міської».

Будь-який засіб заспокоєння руху – це втручання в геометрію дороги, тому його проектування строго регламентується. В Україні основним документом для цього є ДСТУ 4123:2020 «Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння руху».

1. Нормативні обмеження: де МОЖНА і де НЕ МОЖНА застосовувати

Проектувальник не може встановлювати засоби заспокоєння (особливо вертикальні) будь-де.

Заборонено встановлювати дорожні пагорби (ППЗШ) та підвищені переходи:

- На автомобільних дорогах державного значення (поза межами населених пунктів).

- На магістральних вулицях загальноміського значення (щоб не блокувати транзитний та громадський транспорт).

- На мостах, шляхопроводах, естакадах та в тунелях (через ризик пошкодження конструкцій від динамічних ударів та складнощі з водовідводом).

- На кривих у плані з радіусом менше 50 м (високий ризик втрати керування автомобілем).

- На під'їздах до лікарень та пожежних частин (де екстреним службам важлива кожна секунда).

Де вони необхідні:

- Вулиці місцевого значення, житлові та пішохідні зони.

- Ділянки біля дитячих і навчальних закладів, зон масового відпочинку.

- Місця з підвищеною концентрацією ДТП за участю пішоходів.

2. Інженерні особливості проектування (Водовідвід та Габарити)

Одне з найскладніших завдань при проектуванні засобів заспокоєння руху – не порушити систему поверхневого водовідводу.

- Проблема калюж: Дорожній пагорб, встановлений від бордюру до бордюру, працює як гребля, зупиняючи дощову воду.

- Рішення при проектуванні: 1. Пагорби не доводять до краю проїзної частини на 0,2–0,5 м, залишаючи лоток для пропуску води. 2. Якщо встановлюється підвищений перехресний вузол або суцільний підвищений перехід, перед ним (з боку ухилу) обов'язково проектується дощоприймальний колодязь з решіткою.

Габарити елементів:

- Висота дорожніх пагорбів та підвищених переходів не повинна перевищувати 8 см (для швидкості 30 км/год) або 10 см (для швидкості 20 км/год).

- Мінімальна ширина смуги руху при влаштуванні шикан або напрямних острівців має залишатися не меншою за 3,0 м (для проїзду комунальної техніки, сміттєвозів та пожежних машин).

3. Облаштування засобами організації дорожнього руху (ОДР)

Жоден засіб заспокоєння не працює без відповідного інформаційного забезпечення. Проект обов'язково включає:

- Попереджувальні знаки: 1.11 «Пагорб» (встановлюється заздалегідь).

- Заборонні знаки: 3.29 «Обмеження максимальної швидкості» (зазвичай 30 км/год або 20 км/год).

- Дорожня розмітка: Пагорби та підвищення повинні мати спеціальну розмітку (наприклад, жовто-чорні або білі шахові квадрати), а також світлоповертальні елементи для видимості вночі. Для шикан і острівців проектується відповідна напрямна розмітка та встановлюються сигнальні тумби з підсвічуванням.

ЛЕКЦІЯ 9

Напрявні пристрої та зовнішнє освітлення

Напрявні пристрої – це елементи облаштування автомобільних доріг, призначені для забезпечення зорового орієнтування учасників дорожнього руху щодо напрямку траси, меж проїзної частини, а також наявності перешкод на ній.

1. Групи напрямних пристроїв

Відповідно до нормативних документів (зокрема ДСТУ 7168), напрямні пристрої за своїм призначенням та конструктивним виконанням поділяються на такі основні групи:

- Лінійні (поздовжні): вказують напрямок дороги та межі проїзної частини (стовпчики, розмічальні вставки).
- Локальні (точкові): позначають конкретні перешкоди, острівці або місця поділу/злиття транспортних потоків (тумби сигнальні, віхи).
- Площинні: напрямні та острівці безпеки, які фізично розділяють потоки.

2. Вставки розмічальні дорожні

У міжнародній практиці їх часто називають «котяче око» (cat's eyes).

• Конструкція: Це невеликі елементи, які монтуються безпосередньо в покриття проїзної частини або приклеюються на нього. Можуть бути пасивними (світлоповертальними) або активними (з вбудованими світлодіодами на сонячних батареях).

• Призначення: Дублюють лінії горизонтальної дорожньої розмітки. Вони незамінні під час сильного дощу або туману, коли звичайна фарба чи пластик стають невидимими під шаром води.

- Застосування: Позначення країв проїзної частини, осьових ліній на небезпечних ділянках, меж пішохідних переходів або напрямних острівців.

3. Віхи вказівні дорожні сезонні

- Конструкція: Високі, тонкі стрижні (зазвичай пластикові або дерев'яні), пофарбовані в яскраві кольори (червоний, помаранчевий) зі світлоповертальними смугами.

- Призначення: Використовуються переважно в зимовий період. Коли дорога і узбіччя вкриті товстим шаром снігу, стандартні напрямні стовпчики або бар'єрне огородження стають невидимими.

- Встановлення: Монтуються на узбіччях або закріплюються на елементах огородження для орієнтування водіїв та водіїв снігоприбиральної техніки щодо габаритів земляного полотна.

4. Острівці напрямні та острівці безпеки

Це інженерні споруди, які підносяться над рівнем проїзної частини (або виділяються розміткою).

- Направні острівці (каналування руху): Влаштовуються на перехрестях та примиканнях в одному рівні. Їхня мета — фізично розділити транспортні потоки за напрямками (наприклад, відокремити потік, що повертає праворуч), зменшити площу конфліктної зони та задати водіям чітку, безпечну траєкторію маневру.

- Острівці безпеки: Призначені виключно для пішоходів. Влаштовуються на наземних пішохідних переходах, якщо ширина проїзної частини становить дві й більше смуг в одному напрямку. Дозволяють пішоходу безпечно зупинитися посеред дороги, якщо він не встиг перейти її за один цикл світлофора або пропускає транспорт.

5. Стовпчики напрямні

Один з найпоширеніших засобів зорового орієнтування на позаміських дорогах.

- Конструкція: виготовляються з пластику (пружні) або залізобетону. Мають скошену верхню частину.

- Маркування: На стовпчиках обов'язково встановлюються світлоповертальні елементи (катафоти). В Україні прийнято такий стандарт: з правого боку за напрямком руху водій бачить червоний прямокутник, з лівого (на зустрічному узбіччі) — білий. Це дозволяє водієві вночі чітко розуміти габарити дороги.

- Крок встановлення: На прямих ділянках встановлюються через кожні 50 м. На горизонтальних кривих крок зменшується (аж до 5-10 м) залежно від радіуса кривої, щоб візуально підкреслити закруглення.

6. Тумби сигнальні

- Конструкція: Яскраві (зазвичай жовтого кольору) циліндричні або напівсферичні конструкції зі знаками об'їзду перешкоди, які мають внутрішнє підсвічування або інтенсивне світлоповертальне покриття.

- Призначення: Встановлюються на «носі» (початку) напрямних острівців, острівців безпеки або в місцях розгалуження доріг.

- Функція: Завчасно попереджають водія про те, що на проїзній частині є фізична перешкода, яку необхідно об'їхати з відповідного боку.

7. Зовнішнє освітлення населених пунктів

Штучне освітлення доріг у межах населених пунктів є обов'язковим елементом благоустрою та безпеки (регламентується ДБН В.2.5-28).

- Функції освітлення: 1. Забезпечення видимості перешкод та пішоходів на достатній відстані для безпечного

гальмування. 2. Зниження зорової втоми водіїв. 3. Підвищення криміногенної безпеки на вулицях.

• Нормовані параметри: Проектування освітлення не зводиться просто до встановлення ліхтарів. Інженер розраховує:

○ *Середню яскравість (або освітленість)* покриття – залежить від категорії вулиці (магістральна, місцева).

○ *Рівномірність яскравості* – щоб на дорозі не було ефекту «зебри» (чергування яскравих плям і глибоких тіней), що сильно втомлює очі.

○ *Показник засліпленості* – обмеження прямого потрапляння світла від світильників в очі водію.

• Особливі зони: Місця підвищеної небезпеки (пішохідні переходи, перехрестя, зупинки громадського транспорту) повинні мати рівень освітленості в 1,3–1,5 раза вищий, ніж на прилеглих ділянках вулиці. Часто для переходів використовують контрастне (наприклад, жовте) світло, щоб виділити їх на тлі загального білого освітлення вулиці.

ЛЕКЦІЯ 10

Проектування транспортних розв'язок

1. Класифікація розв'язок

Транспортні розв'язки класифікуються за кількістю рівнів та характером руху:

- Розв'язки в одному рівні:

- *Неканалізовані*: Звичайні перехрестя без острівців.

- *Каналізовані*: З використанням напрямних острівців для розділення потоків.

- *Кільцеві (Roundabouts)*: Саморегульовані вузли з рухом навколо центрального острівця.

- Розв'язки у різних рівнях (шляхопроводи):

- *Повні*: Забезпечують безперервний рух у всіх напрямках без перетину потоків (наприклад, «Лист конюшини»).

- *Неповні*: Деякі маневри (зазвичай ліві повороти) здійснюються в одному рівні або вимагають перетину потоків (наприклад, «Труба» або «Алмаз»).

2. Загальні принципи проектування

- Принцип пріоритетності: Основний потік повинен мати найбільш пряму траєкторію та найменші обмеження швидкості.

- Мінімізація точок конфлікту: Головна мета — зменшити кількість точок перетину, розгалуження та злиття потоків.

- Однотипність рішень: Водій не повинен зустрічати несподіваних геометричних рішень. Маневри на різних розв'язках однієї дороги мають бути схожими.

- Принцип саморегулювання: Геометрія розв'язки повинна підказувати водієві правильну траєкторію та швидкість руху.

3. Розрахункові транспортні засоби

Проектування геометрії (радіусів закруглень, ширини смуг на поворотах) базується на габаритах розрахункового автомобіля. Зазвичай розглядають три типи: легкову автівку, вантажний автомобіль/автобус та автопоїзд. Ключовим параметром є коридор руху (swept path) – площа, яку займає автомобіль під час маневру. Через те, що задні колеса рухаються по меншому радіусу, ніж передні, на з'їздах завжди проектується розширення проїзної частини.

4. Проектування лінійних (багаторівневих) розв'язок

- З'їзди (рампи): Бувають лівоповоротні та правоповоротні. Правоповоротні з'їзди зазвичай прямі, лівоповоротні (у схемі «конюшина») – петлеподібні.

- Смуги накопичення та гальмування: Обов'язкові елементи для безпечного входу в основний потік або виходу з нього без перешкодження транзитному транспорту.

5. Проектування кільцевих розв'язок

Сучасні кільця (Modern Roundabouts) проектуються з дотриманням таких вимог:

- Відхилення траєкторії (Deflection): Геометрія в'їзду змушує водія знизити швидкість до 30–40 км/год.

- Ексцентриситет: В'їзні смуги спрямовані не в центр кільця, а по дотичній до центрального острівця.

- Розділювальні острівці: На кожному в'їзді влаштовуються острівці для поділу вхідного та вихідного потоків та захисту пішоходів.

Основні типи багаторівневих розв'язок для конспекту:

1. Конюшина (Cloverleaf): Найдешевша повна розв'язка, але має проблему «ділянок переплетення» потоків.

2. Алмаз (Diamond): Найпростіша неповна розв'язка, ефективна при перетині магістралі з другорядною дорогою.

3. Труба (Trumpet): Використовується на примиканнях (Т-подібних вузлах) доріг високих категорій.

ЛЕКЦІЯ 11

Розрахунок та проектування мостів

1. Загальні відомості про мости та споруди на автомобільних дорогах

Штучні споруди (ШС) – це капітальні конструкції, що зводяться в місцях перетину дороги з перешкодами (річками, ярами, іншими дорогами).

Класифікація споруд за призначенням:

- Міст – споруда через водну перешкоду (річку, струмок).
- Шляхопровід – споруда на перетині доріг у різних рівнях.
- Віадук – споруда через глибокий яр або долину.
- Естакада – багатопролітна споруда, що замінює насип (наприклад, у заболочених місцях або в містах).

Основні частини моста:

1. Прогонова будова – частина моста, яка безпосередньо сприймає навантаження від транспорту і передає його на опори.
2. Опори:
 - *Устої (крайні опори):* з'єднують міст із насипом дороги.
 - *Бики (проміжні опори):* підтримують прогонові будови між устоями.
3. Опорні частини: спеціальні елементи, через які прогонова будова спирається на опори (забезпечують можливість температурних деформацій).

2. Дерев'яні мости малих та середніх прольотів

Незважаючи на домінування бетону, дерев'яні мости залишаються актуальними для тимчасових доріг, лісовозних шляхів та паркових зон.

- Переваги: мала власна вага, використання місцевих матеріалів, швидкість монтажу.

- Недоліки: пожежонебезпечність, схильність до гниття, обмежена вантажопідйомність.

- **Конструктивні типи:**

- *Балкові (прості):* прольоти до 6–8 м. Складаються з прогонів (колод або брусів), на які вкладається настил.

- *Підкісні:* за рахунок встановлення похилих підкосів проліт можна збільшити до 12–15 м.

- *Фермові:* для середніх прольотів (до 20–30 м), де дерево працює переважно на стиск та розтяг.

3. Конструкція прогонових будов балкових залізобетонних мостів

Залізобетон – основний матеріал сучасного мостобудування. Найпоширеніша схема – **балкова розрізна**, де кожна прогонова будова перекриває один проліт.

Типи поперечних перерізів:

- Плитні – використовуються для малих прольотів (6–12 м). Мають малу будівельну висоту.

- Ребристі (Таврові) – найбільш масові в Україні. Складаються з головних балок (ребер), об'єднаних зверху плитою проїзної частини.

- Коробчасті – використовуються для великих прольотів та на кривих. Мають високу жорсткість на кручення.

Методи армування:

- *Звичайне армування:* для малих прольотів.

• *Попередньо напружений залізобетон:* арматура розтягується до бетонування або після нього. Це дозволяє перекривати прольоти 21, 24, 33 та більше метрів без тріщин у розтягнутій зоні.

4. Розрахункові схеми і визначення зусиль від тимчасових навантажень

Розрахунок моста ведеться за методом граничних станів.

Види навантажень:

1. Постійні – власна вага конструкцій, вага дорожнього одягу, поручнів.

2. Тимчасові рухомі (згідно з ДБН В.2.3-22):

○ *Навантаження «А» (A11, A15):* рівномірно розподілене навантаження від колони автомобілів та важка двовісна тележка.

○ *Навантаження «НК» (НК-80, НК-100, НК-120):* одиночна важка колісна машина (наприклад, важкий трал).

Методика визначення зусиль:

Для розрахунку зусиль (згинальних моментів M та поперечних сил Q) використовують лінії впливу.

• *Лінія впливу* показує, як змінюється зусилля у фіксованому перерізі балки при русі по ній одиничного вантажу $P=1$.

• Максимальне зусилля виникає, коли тимчасове навантаження встановлюється у найнесприятливіше (критичне) положення на лінії впливу.

Розрахункова формула (загальний вигляд):

$$S = \sum (G_i \cdot \gamma_{fi}) + (P_{temp} \cdot \eta \cdot (1 + \mu)) \quad (11.1)$$

де:

G_i – постійні навантаження;

P_{temp} – тимчасове навантаження;

η – ордината лінії впливу;

$(1+\mu)$ – динамічний коефіцієнт (враховує удари коліс на стиках та нерівностях).

ЛЕКЦІЯ 12

Особливості проєктування тунелів на автомобільних дорогах

1. Конструювання тунелю

Автомобільні тунелі проєктуються для подолання гірських масивів, водних перешкод або розвантаження щільної міської забудови.

Форма поперечного перерізу залежить від способу будівництва та інженерно-геологічних умов. Найчастіше застосовують склепінчасту (підковоподібну) форму при гірському способі проходки, круглу – при щитовому (механізованому) прокладанні, та прямокутну – при будівництві відкритим способом.

Обробка – це несуча конструкція, яка утримує гірський масив від обвалення. Сучасні тунелі часто мають двошарову обробку: первинне кріплення (набризг-бетон, анкери) для тимчасової стабілізації та постійну внутрішню обробку (монолітний або збірний залізобетон).

Гідроізоляція є критично важливим елементом. Для захисту від підземних вод між первинною та постійною обробкою вкладають суцільну полімерну мембрану, а біля основи влаштовують дренажні труби.

2. Навантаження та впливи. Основні розрахункові положення

Тунель розраховується як підземна конструкція, що працює у складній взаємодії з оточуючим масивом ґрунту (система "обробка – масив").

Постійні навантаження – гірський тиск (вага ґрунту над тунелем), гідростатичний тиск підземних вод, власна вага конструкцій обробки.

Тимчасові та особливі впливи – тиск від транспорту (значимий лише для тунелів мілкого закладання), сейсмічні навантаження, температурні впливи (особливо при пожежі).

Принцип розрахунку. Основна мета розрахунку – визначити внутрішні зусилля в обробці (згинальні моменти, поздовжні та поперечні сили) з урахуванням відсічі ґрунту. Ґрунт не лише тисне на тунель, але й допомагає йому чинити опір деформаціям.

3. Вентиляція

Вентиляція є однією з найдорожчих систем тунелю. Вона необхідна для видалення вихлопних газів (оксиду вуглецю, оксидів азоту, сажі) за нормальних умов та для відведення диму під час пожежі.

Природна вентиляція допускається лише для дуже коротких тунелів (зазвичай до 150-200 м).

При поздовжній системі вентиляції потік повітря рухається вздовж тунелю. Забезпечується встановленими під стелею потужними реверсивними струменевими вентиляторами. Найпоширеніша для тунелів з одностороннім рухом.

Поперечна та напівпоперечна системи використовуються в довгих тунелях. Свіже повітря подається через спеціальний канал по всій довжині тунелю, а забруднене витягується через інший канал.

4. Електропостачання та Освітлення

Електропостачання. Тунелі відносяться до особливої групи електроприймачів (I категорія надійності). Вони повинні мати два незалежні джерела живлення від різних підстанцій, а також власні джерела безперебійного живлення (ДБЖ) та дизель-генератори на випадок повного блекауту.

Освітлення. Головна проблема – адаптація зору водія при в'їзді в темний тунель у сонячний день (ефект «чорної діри»). Тому освітлення поділяється на зони:

1. Порогова зона (найяскравіша, для швидкої адаптації очей).
2. Перехідна зона (плавне зниження яскравості).
3. Внутрішня зона (базовий рівень освітлення).
4. Зона виїзду (підвищення яскравості для адаптації до денного світла).

5. Сигналізація, зв'язок та управління (АСУ ТП)

Сучасний тунель керується автоматизованою системою (SCADA), яка збирає дані з усіх датчиків і керує обладнанням.

Організація руху: Керовані дорожні знаки, світлофори над кожною смугою, інформаційні табло для водіїв (VMS).

Моніторинг: Камери відеоспостереження з функцією автоматичного розпізнавання інцидентів (зупинка авто, поява пішохода, дим).

Зв'язок: Спеціальний радіозв'язок для екстрених служб усередині гори (де немає стільникової мережі) та SOS-кабіни для водіїв через кожні 150-250 м.

6. Протипожежний захист

Пожежа – найстрашніший сценарій у тунелі, оскільки температура може досягати понад 1000°C у замкнутому просторі.

• **Виявлення:** Лінійні теплові сповіщувачі (термокабелі), що прокладені під стелею, або системи аспірації.

• **Захист конструкцій:** Бетон обробки захищають спеціальними вогнетривкими плитами або використовують

бетон із поліпропіленовою фіброю, щоб запобігти вибухоподібному відколюванню під впливом вогню.

- **Евакуація:** Головний елемент безпеки – евакуаційні виходи. Якщо тунель має дві паралельні труби (для різних напрямків), між ними кожні 250-300 м проєктуються пішохідні збійки. Якщо труба одна, може проєктуватися паралельна евакуаційна штольня меншого діаметра.

- **Пожежогасіння:** Протипожежний водопровід з гідрантами по всій довжині, а в сучасних тунелях – дренчерні системи водяного туману.

ЛЕКЦІЯ 13

Загальні вихідні дані для проектування злітно-посадкових смуг

1. Класифікація цивільних аеродромів.

Повітряний Кодекс України, затверджений Указом Президента України 19.05.2011 р. №3393-VI. Це основний документ, який визначає всі юридичні і, великою мірою, економічні питання. Визначає поняття термінів аеродрому, аеропорту та інші; розміри і порядок забудови приаеродромної території. У Кодексі всі аеродроми України поділені на державні, цивільні і спільного використання. Кодексом визначено, поняття посадочної площадки. На посадковій площадці можуть експлуатуватися повітряні судна з масою не більше 5700 кг. Вимоги до аеродромів на посадочні площадки не поширюються. Повітряним Кодексом визначені поняття експлуатанта аеродрому і аеропорту, їх обов'язки, права та відповідальність.

У НАС ГА – 86 викладена класифікація аеродромів за класами (А–Е). В залежно від класу аеродрому – різні вимоги до вертикальної планування. Так само є вимоги до основних елементів аеродрому, які серйозно впливають на експлуатацію аеродрому. В окремий розділ 8 вимоги вертикального планування не зведені, а викладені по тексту у вимогах до елементів аеродромів. Слід зазначити, що даний документ регламентує питання експлуатації вже діючого аеродрому. Нормативи, зазначені в НАС ГА-86 можна застосовувати тільки для діючих аеродромів, при проектуванні нових аеродромів або їх реконструкції застосовувати ці норми не можна.

Сертифікаційні вимоги до цивільних аеродромів України (СВЦАУ) – введені в дію наказом Державіаслужби

України 17.03.2006 р. №201. Прийшов на зміну НГЭА – 92. Так само як в НАС ГА – 86 є розшифровка понять елементів аеродрому, тільки українською мовою, ширше і точніше, класифікація аеродромів та вимоги до вертикального планування основних елементів аеродрому. Використовувати їх можна тільки на діючих аеродромах або при невеликих реконструкціях госпспособом. При проектуванні використовувати ці норми не можна.

СНиП 2.05.08-85 Аеродроми – основний документ, що діє при проектуванні аеродромів. Третій розділ присвячений вертикальному плануванню. Є всі необхідні нормативи з вертикального планування для проектування. У СНиП зазначено, що при реконструкції аеродрому допускається відхилення від нормативів, але не більше ніж на 20%. Але якщо відхилення більше ніж на 20%, але не суперечать вимогам НАС ГА – 86 і СВЦАУ експлуатація аеродрому не забороняється.

СНиП 3.06.06-88 Аеродроми – регламентує порядок організації та провадження робіт при будівництві та реконструкції аеродромів. До питань вертикального планування має непряме відношення.

ІСАО Додаток 14 Том 1 «Проектування та експлуатація аеродромів» - основний міжнародний документ, що регламентує рекомендації до проектування аеродромів та порядок їх експлуатації. В даному документі викладена класифікація аеродромів по нормам ІСАО. Вона суттєво відрізняється від існуючої класифікації в Україні і СНД. Слід зазначити, що ІСАО, в основному рекомендаційний документ. В Україні немає документів, які юридично надали б рекомендаціями ІСАО чинності нормативного закону. Але, фактично, в даний час всі проектні інститути та Державіаслужба України ставить рекомендації ІСАО вище вимог СНиП, НАС ГА – 86 і СВЦАУ.

В даний час ми користуємося п'ятим виданням з 19.11. 2009 р. Всього було 5 видань даного додатка, перше в 1990 році і т. д. По необхідності на конференціях ІСАО вносяться доповнення (найближче, що стосується стану поверхні аеродромних покриттів, буде введено в листопаді) у всі діючі нормативні документи, що стосуються авіаційної діяльності. По мірі накопичення доповнень вносяться зміни в сам документ, і приймається рішення про новому виданні з урахуванням доповнень. Крім самого Додатка 14 є офіційні видання, що стосуються технічних вимог даного Додатка. Вони більш докладно описують порядок застосування вимог викладених в Додатку 14. Вони називаються документами і мають позначення DOC. Деякі з них відносяться до експлуатації аеродромів, наприклад DOC 9137 «Керівництво по аеропортовим службам», що складається з 9 частин. DOC 9184 «Керівництво по проектуванню аеропортів», що складається з 3 частин регламентує проектування аеропортів. Нас більше цікавить DOC 9157 «Керівництво по проектуванню аеродромів» - складається з 6 частин. Найчастіше ми будемо працювати з частиною 1

«Злітно-посадкові смуги», частиною 2 «Руліжні доріжки, перони та майданчики очікування» та частиною 3 «Покриття». Дані документи є роз'ясненням Додатка 14. Не вносить додаткових обмежень або нормативів, але роз'яснює, як застосовувати чинні норми. Роз'яснює порядок розрахунків.

2. Терміни та визначення елементів аеродрому

Всі наведені нижче визначення і скорочення – переклад з СВЦАУ. Вони точніше, ніж зазначені в НАС ГА – 86 і ближче до визначення ІСАО.

Аеродром – це земельна чи водна ділянка (включаючи розміщені на ній будівлі, споруди та обладнання) призначений повністю або частково для прийняття, відправлення і руху повітряних суден.

Аеропорт – комплекс споруд для приймання і відправлення літальних апаратів, обслуговування перевезень, що має для цих цілей аеродром та інші наземні споруди.

Злітно-посадкова смуга – певна прямокутний ділянка сухопутного аеродрому, підготовлена для посадки та зльоту повітряних суден. Можуть бути ґрунтові або зі штучним покриттям. Також підрозділяються на необладнані (некатегорійовані) і обладнані для точного заходження на посадку за I, II або III категорії.

Висота аеродрому (ІСАО застосовується термін перевищення) – абсолютна відмітка найвищої точки злітно-посадкової смуги.

Глісада – траєкторія польоту для зниження повітряних суден на кінцевому етапі заходу на посадку.

Штучне покриття – верхній шар аеродромної поверхні, який безпосередньо сприймає навантаження від повітряних суден, експлуатаційних та природних факторів. Поділяються на жорсткі і нежорсткі.

Кінцева ділянка злітно-посадкової смуги – 1/6 частину довжини злітно-посадкової смуги від торця (порогу) злітно-посадкової смуги. 2/3 злітно-посадкової смуги у центрі – називається середнім ділянкою злітно-посадкової смуги.

Класифікаційне число ВС (ACN) – число, яке виражає відносний вплив повітряних суден на штучне покриття.

Класифікаційне число покриття (PCN) – число, яке виражає несучу здатність штучного покриття (експлуатація без обмеження).

Контрольна точка аеродрому – точка, що позначає місце розташування аеродрому.

Кінцева зона безпеки злітно-посадкової смуги – зона, розташована симетрично по обидві сторони від продовження осі злітно-посадкової смуги і примикає до кінця смуги, призначена, насамперед, для зменшення ризику пошкодження літака при приземленні з недолетом до злітно-посадкової смуги або викочуванням за межі злітно-посадкової смуги.

Кінцева смуга гальмування – спеціально підготовлена смуга за порогом злітно-посадкової смуги (в кінці дистанції розбігу) призначена для зупинки повітряних суден у випадку перерваного зльоту.

Льотна смуга – частина льотного поля аеродрому, що включає злітно-посадкову смугу, сплановані ділянки з боків злітно-посадкової смуги та призначена для зльоту і посадки повітряних суден, зниження ризику пошкодження повітряних суден, що викотились за межі злітно-посадкової смуги, і забезпечення безпеки повітряних суден, що пролітають над нею під час зльоту і посадки.

Льотне поле – частина аеродрому, на якій розташовані одна або декілька льотних смуг, руліжних доріжок, перонів та майданчиків спеціального призначення.

Маркування – символ або група символів на робочій площі аеродрому, призначена для передачі аеронавігаційної інформації.

Місце стоянки – підготовлена площадка на аеродромі, призначена для стоянки повтряного судна з метою його обслуговування, зберігання, карантину і тд.

Поріг злітно-посадкової смуги – початок ділянки злітно-посадкової смуги, яка співпадає з його торцем, і може використовуватися для посадки повітряних суден. Має спеціальне маркування візуальне та нічне, а також позначення в залежності від курсу.

Перон – частина льотного поля аеродрому, підготовлена і призначена для розміщення повітряних суден з

метою посадки та висадки пасажирів, завантаження і розвантаження багажу, пошти і вантажів, а також для виконання інших видів обслуговування.

Приаеродромна територія – місцевість навколо аеродрому, над якою маневрують повітряні судна. Залежно від класу аеродрому має радіус 25 – 50 км. В цій зоні запроваджується спеціальний порядок господарювання та будівництва висотних об'єктів.

Робоча площа аеродрому – спеціально підготовлена частина льотного поля призначена для маневрування повітряних суден. Складається з льотних смуг, рілжних доріжок, місць стоянок та перонів.

Розрахункові дистанції:

Зльоту TODA (продовженого зльоту) – сума наявної дистанції розбігу і вільної зони.

Посадкова LDA – довжина злітно-посадкової смуги придатна для пробігу повітряних суден після посадки.

Перерваного зльоту ASDA – сума наявної дистанції розбігу і кінцевої смуги гальмування.

Розбігу TORA – довжина злітно-посадкової смуги, придатна для розбігу повітряних суден виконує зліт.

Руліжна доріжка – частина льотного поля аеродрому, спеціально призначена для руління повітряних суден. Руліжні доріжки поділяються на:

- магістральну руліжну доріжку, яка починається від торця злітно-посадкової смуги і закінчується у торця злітно-посадкової смуги;

- сполучні руліжні доріжки, які з'єднують злітно-посадкову смугу і магістральну руліжну доріжку. Частим випадком сполучної руліжної доріжки є швидкісна руліжна доріжка;

- допоміжні руліжні доріжки, які з'єднують магістральну руліжну доріжку з перонами, стоянками, майданчиками або з'єднують їх між собою.

Експлуатант аеродрому – юридична або фізична особа, яка експлуатує аеродром.

3. Класифікація аеродромів за Наказом Державіаслужби України та нормам ІСАО

За СВЦАУ і НАС ГА – 86 клас аеродрому визначається за:

1. Для аеродромів з однією злітно-посадковою смугою – класом злітно-посадкової смуги;
2. Для аеродромів з кількома злітно-посадковими смугами – класом злітно-посадкової смуги із штучним покриттям або злітно-посадковою смугою з найбільшою довжиною;

Клас злітно-посадкової смуги визначається довжиною злітно-посадкової смуги, приведеної до стандартних умов.

Таблиця 13.1

Клас злітно-посадкової смуги по довжині

Показник	Клас злітно-посадкової смуги					
	А	Б	В	Г	Д	Е
Довжина ЗПС в стандартних умовах в м	3200	2600	1800	1300	1000	500

При цьому ширина злітно-посадкової смуги повинна бути не менше:

Таблиця 13.2

Клас злітно-посадкової смуги по ширині

Показник	Клас злітно-посадкової смуги					
	А	Б	В	Г	Д	Е
Ширина ЗПС в стандартних умовах в м	60	45	42	35	28	21

Льотна смуга повинна мати ширину в обидві сторони від осі не менше:

- Клас А та Б 150 м, у тому числі спланована частина 80 м;

- Клас У 150 м, у тому числі спланована частину 70 м;

- Клас Г 150 м, у тому числі спланована частину 65 м;

- Клас Д 75 м, у тому числі спланована частина 54 м;

- Клас Е 75 м, у тому числі спланована частина 40 м.

ІСАО не передбачає класифікацію аеродромів, а передбачає кодовий номер або кодове позначення. Поняття близьке до прийнятої у нас класифікацією, але має трохи інші пріоритети. Під кодовим позначенням аеродрому, або якогонебудь елемента аеродрому прийнято розуміти кодове позначення повітряного судна, яке без обмежень може обслуговуватися на аеродромі або елементі аеродрому. Кодове позначення складається з двох елементів – цифри (характеризує потрібну довжину злітно-посадкової смуги для даного типу повітряних суден) і букви (характеризує розмах крил повітряного судна і відстань від зовнішніх кромek зовнішніх коліс).

Таблиця 13.3

Ширина злітно-посадкової смуги по рекомендації ІСАО

Кодовий №	Кодова буква					
	А	В	С	Д	Е	F
1	18	18	23	-	-	-
2	23	23	30	-	-	-
3	30	30	30	45	-	-
4	-	-	45	45	45	60

Примітки:

1. Ширина злітно-посадкової смуги, яка обладнана для точного заходження на посадку повинна бути не менше 30 м.

2. Сумарна ширина злітно-посадкової смуги і двох укріплених узбіч повинні складати не менше 60 м для кодових літер D і E, 75 м для кодової літери F.

Кодове позначення аеродромів по рекомендації ІСАО

Елемент 1		Елемент 2		
Кодовий №	Розрахункова для типу повітряних суден довжина льотної смуги	Кодова буква	Розмах крила	Відстань між зовнішніми кромками зовнішніх колес основних опор
1	менше 800 м	A	до 15 м	до 4,5 м
2	від 800 до 1200 м	B	від 15 до 24 м	від 4,5 до 6 м
3	від 1200 до 1800 м	C	від 24 до 36 м	від 6 до 9 м
4	1800 м та більше	D	від 36 до 52 м	від 9 до 14 м
		E	від 52 до 65 м	від 9 до 14 м
		F	від 65 до 80 м	від 14 до 16 м

4. Методи вертикального проектування аеродромів.

4.1 Способи зображення рельєфу. Існуючі та проектні поверхні.

Для проектування вертикального планування необхідно аеродрому мати вихідний матеріал, який однозначно відображає існуючий рельєф; інженерно-геологічні, гідрогеологічні та кліматичні умови будівництва. Результатом проектування повинен бути проект, який дозволить будівельникам виконати роботи і внести саме ті коригування, які були запроектовані.

Проект може виконуватися в одну стадію (одностадійний проект) і дві стадії (двох стадійну проект). У

другому випадку роблять технічний проект і робочі креслення. При одностадійному проектуванні відпрацьовується техніко-робочий проект.

При розробці проекту у дві стадії технічний проект включає в себе (в розділі вертикального планування) інженерне і економічне обґрунтування висотного положення і обриси проектованої поверхні, дані про обсяги земляних робіт і схему переміщення ґрунту. При розробці робочих креслень уточнюють і деталізують технічні рішення в такій мірі, щоб їх можна було винести в натуру та організувати виконання робіт.

Таким чином, матеріали вертикального планування повинні наочно відображати поверхню, але з різним ступенем точності, залежно від стадії проектування.

Розглянемо спочатку другу частину питання – так що таке існуюча і проектна поверхня.

Існує три способи зображення поверхні:

1. Спосіб горизонталей.
2. Спосіб числових відміток (метод відміток).
3. З допомогою вертикального профілю.

Кожен з методів має свої плюси і мінуси.

При способі горизонталей поверхню зображується за допомогою системи горизонталей. Горизонталі бувають «червоні» і «чорні». Їх частіше малюють коричневими. Напрямки ухилів вказують стрілками на вигинах площин. Відмітки горизонталей зазначаються в розривах ліній, характерних місцях рельєфу проставляють фактичні позначки (наприклад, вершина пагорба або дно западини). Цей спосіб, звичайно, використовують на топографічних картах і схемах, іноді навіть на географічних картах. Крок горизонталей залежить від характеру рельєфу і горизонтального масштабу плану ділянки. При проектуванні аеродрому найчастіше беруть крокгоризонталей 0,25 – 0,5 м.

При способі числових відміток рельєф зображується системою позначок вершинах квадратів нівелірної сітки (крок проектування). Одна з осей сітки збігається з віссю злітно-посадкової смуги. При реконструкції елементів аеродрому, в яку злітно-посадкова смуга не потрапляє, вісь сітки може збігатися з віссю проектованого елемента (наприклад перону) і не збігатися з віссю злітно-посадкової смуги.



Рис. 13.1 – Спосіб горизонталей

Для того, щоб завдати горизонталі спочатку необхідно зробити нівелірну зйомку, тобто спосіб числових відміток передує способу горизонталей.

Числові відмітки проставляють у вершинах квадратів. Розрізняють «чорні», «червоні» і робочі позначки. Робочі обов'язково записують з зазначенням знаку «+» - насип, «-» - виїмка. Іноді використовують не абсолютні, а умовні позначки. В цьому випадку всі позначки зменшують на одну і ту ж величину. Наприклад, відмітку репера приймають за «0».

Спосіб вертикальних профілів полягає в зображенні поверхні рельєфу за допомогою системи вертикальних профілів. Вертикальні профілю, як правило, викреслюють у взаємно-перпендикулярних напрямках. Одне напрямок збігається з віссю злітно-посадкової смуги або іншого

елемента (поздовжній профіль), друге перпендикулярно (поперечний профіль).

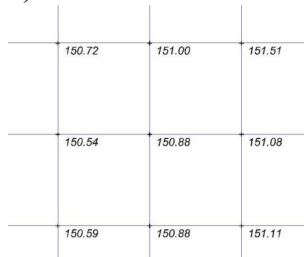


Рис. 13.2 – Спосіб числових відміток.

Масштаб горизонтальний і вертикальний зазвичай різні, як правило співвідношення 10:1 або 20:1.



Рис. 13.3 – Спосіб вертикальних профілів.

4.2 Методи проектування рельєфу.

У відповідності зі способом зображення рельєфу розроблені методи вертикального планування аеродрому: метод оцінок, метод горизонталей і метод вертикальних профілів.

Розглянемо переваги і недоліки кожного методу.

Метод позначок – достатньо точний, дозволяє відобразити (побачити) навіть невелику зміну рельєфу. Цей метод дозволяє безпосередньо отримати проектні та робочі позначки і досить точно розрахувати обсяги земляних робіт.

Всі програми проектування «працюють» саме з числовими відмітками. Недолік – немає наочності. Щоб уявити собі реальний рельєф необхідно обробити і проаналізувати велику кількість чисел. Це ускладнює процес проектування, особливо великих площ. Найчастіше

використовують метод відміток у робочих і техніко-робочих кресленнях.

Метод горизонталей – найбільш наочний метод. Маючи навіть невеликі навички можна «побачити» реальний рельєф дуже наочно і швидко. Є основним методом при технічному проектуванні. Недолік – неможливо винести проект в натуру і точно розрахувати обсяги земляних робіт.

Метод вертикальних профілів – дуже зручний для проектування протяжних об'єктів, наприклад доріг. Дуже наочний і дуже точний. При проектуванні аеродромів використовують для аналізу і проектування осі злітно-посадкових смуг. Недолік – наочно показана лише одна вісь. Для того, щоб «побачити»

рельєф усієї ділянки необхідно намалювати і зіставити величезну кількість взаємно-перпендикулярних вертикальних профілів. Завдання ще більш складне, чим уявити рельєф за способом відміток.

Недоліки, зазначені вище, не дозволяють використовувати в проектуванні вертикального планування тільки один метод. Зазвичай поверхню аеродрому зображують у відмітках і горизонталях. А найбільш відповідальні ділянки (наприклад вісь злітно-посадкової смуги), зображують у вигляді вертикального профілю.

4.3 Задачі та послідовність проектування вертикального планування аеродрому.

Враховуючи все викладене в попередньому питанні, можна виділити два види ділянок рельєфу місцевості, потребують виправлення:

1. виправлення ділянок з неприпустимими ухилами, тобто $i_{чep} > i_{max}$ або $i_{чep} < i_{min}$.

2. виправлення ділянок з неприпустимими зламами, тобто $\Delta i_{чep} > \Delta i_{max}$ або $R < R_{min}$. Ці ділянки називаються ділянками неприпустимою кривизни.

Такі ділянки називаються дефектними. Процес виправлення ділянок з неприпустимими ухилами – називають дефектуванням ухилів, а ділянок з неприпустимою кривизною (зламами) – дефектуванням кривизни.

Рельєф можна виправити трьома способами:

- тільки насипом,
- тільки виїмкою,
- виїмкою та насипом.

При першому способі ґрунт треба підвезти. При другому способі – ґрунт треба вивезти за межі дефектного ділянки. При третьому спосіб переміщення ґрунту частково або повністю виробляється всередині дефектного ділянки.

Якщо ґрунт переміщується тільки в межах одної дефектної ділянки, то є $V_{виїм} = V_{нас}$ -спосіб виправлення називають частковим балансом.

Перехід від одного способу виправлення рельєфу до іншого може бути здійснено переміщенням проектної поверхні у вертикальній площині, тобто зміною її висотного положення (червоних позначок).

Проектування рельєфу зводиться до вирішення двох основних завдань:

1. Визначення обрисів проектної поверхні всіх елементів льотного поля і всього льотного поля в комплексі, що задовольняє всім вимогам нормативних документів. При цьому прагнуть, щоб проектна поверхня максимально наближалася до існуючого рельєфу місцевості. Дотримання цієї вимоги призводить до зменшення загального об'єму земляних робіт.

3. Визначення висотного положення проектної поверхні. Це положення визначається видом залягають ґрунтів, рівнем ґрунтових вод іншими факторами, які необхідно враховувати.

Ми не розглядаємо питання вишукування і проектування аеродрому в загальному, але якщо вирішено питання про розміщення льотної смуги та інших елементів аеродрому на місцевості, а їх контури нанесені на топографічну зйомку, то проект вертикального планування аеродрому розробляється в такій послідовності:

1. По матеріалах топогеодезичної зйомки вивчають природний рельєф ділянки. Одночасно вивчають інші вихідні дані, які можуть вплинути на вертикальне планування. Виявляють ділянки з несприятливими ґрунтовими та гідрогеологічними умовами. Результат першого етапу – ясне уявлення про загальний характер природного рельєфу.

2. Виявляють ділянки, рельєф яких не задовольняє нормативним вимогам і потребує виправлення.

3. Формують загальний задум створення проектної поверхні. На цьому етапі беруть принципове рішення не тільки по всіх дефектних ділянках, але і на всьому аеродромі в цілому. Одночасно намічають принципову схему водовідведення та дренажу.

4. Роблять побудову проектної поверхні. Найбільш складний етап. При побудові проектної поверхні повинні бути враховані не тільки нормативні вимоги експлуатаційного характеру, але і вимоги економіки будівництва. Проектування доцільно починати з штучних покриттів, в першу чергу – злітно-посадкової смуги. Результат цього етапу – запроектовані всі поверхні, обчислені проектні та робочі позначки.

5. Визначають обсяги земляних робіт, розробляють картограму земляних робіт та схему переміщення ґрунту.

4.4 Вихідні дані для проектування вертикального планування аеродромів.

Для розробки технічного і економічно обґрунтованого проекту вертикального планування аеродрому необхідна велика кількість вихідних даних.

1. Нормативні вимоги до проектної поверхні. Вони залежать від класу аеродрому і категорії повітряних суден які будуть на ньому експлуатуватися.

2. Топогеодезичні дані природного рельєфу вибраної ділянки. Масштаби планів ділянок залежать від стадії проектування. Дуже зручно мати ці плани в AutoCAD. В якості звітнього матеріалу, при двостадійному проектуванні, на стадії технічного проекту підшивають план топогеодезичної зйомки масштабу 1:5000 з зображенням рельєфу горизонталями з кроком 0,5м. Робочі креслення готують з масштабом 1:2000 з зображенням рельєфу способом відміток кроком проектування 30 або 40 м. Горизонталі наносять з кроком 0,25 м. Крім того готується план прилеглої території масштабом 1:25000 для визначення місць кар'єрів ґрунту, вирішення питань водовідведення, сполучення проектної поверхні з природним рельєфом.

3. Інженерно-геологічні та гідрогеологічні дані. Тобто:

а) види ґрунтів, їх властивості, товщина шару, глибина залягання, потужність рослинного шару, фізико-геологічні явища в ґрунті (карсти, просідання, набухання, заболоченість, солончаки тощо);

б) умови залягання, рівень і режим ґрунтових вод, їх хімічний склад, наявність і тривалість верховодки, можливість затоплюваності і підтоплюваності ділянок.

4. Кліматичні дані, головні з них це відповідність району проєктованого аеродрому тієї чи іншої дорожньо-кліматичній зоні (беруть з СНиП 2.05.08-85), дані про

кількість атмосферних опадів, їх розподіл у протягом року, дані про глибину промерзання ґрунту. Цим дані беруть на метеостанції. Потрібні для проведення гідравлічних та інших розрахунків.

5. Передбачувані типи аеродромних покриттів, в першу чергу товщина штучної основи і несучого шару покриття.

Розглянемо, з яких джерел отримують вихідні дані для проектування вертикального планування аеродрому.

Нормативні вимоги беруть нормативними документами. Це СНиП 2.05.08-85, ІСАО Додаток 14 та інші нормативні документи. Дані про те, які повітряні судна будуть експлуатуватися на аеродромі, який клас аеродрому приймається за завданням на проектування (техзавдання на проектування).

Звідки отримують топогеодезичні, інженерно-геологічні та гідрогеологічні дані ми розглянемо детальніше в наступних питаннях. Кліматичні дані беруть нормативними документами (СНиП 2.05.08-85 додаток 2 «Дорожньо-кліматичні зони СРСР») і коригують на підставі статистичних даних метеостанції.

Передбачувані дані про тип основ і покриттів приймає проектна організація в залежності від розрахункових навантажень на підставі того ж завдання на проектування. Слід зазначити, що товщина покриття та штучної основи багато в чому залежить від інженерно-геологічних і гідрогеологічних даних, а також від вирішення вертикального планування і дренажно-водостічної системи. Тому не виключено, що товщина штучних основ і покриттів, а також вертикальне планування в ході проектування будуть коригуватися.

4.5 Топографо-геодезичні дані.

Проектування аеродрому нерозривно пов'язано з вишукуванням. На стадії дослідження аеродрому вибирається ділянка земної поверхні, бажано з

«спокійним» рельєфом. Після (або в процесі) вибору ділянки виконується топогеодезична зйомка ділянки.

Топографічна зйомка місцевості – це комплекс робіт по створенню топографічних карт або планів місцевості за допомогою геодезичних вимірювань, а також за допомогою зображень земної поверхні з літальних апаратів. Враховуючи досить жорсткі вимоги до рельєфу аеродрому, другий спосіб використовується тільки на стадії дослідження і не може служити основою для проекту вертикального планування аеродрому.

Топографо-геодезичні роботи входять до складу інженерних вишукувань і виконуються як на місцевості, так і камерально (обробка даних, отриманих в результаті топозйомки). Результатом топографічних робіт є топографічний план визначеного масштабу.

Топографічна зйомка – складний технологічний процес, що вимагає взаємодії кількох спеціалістів, як правило, різних відділів.

Сучасні технології дозволяють обробляти сирі геодезичні дані прямо "в полі". Тахеометри спільно з GPS можна «намалювати» цифрову модель місцевості відразу в AutoCAD.

Топографо-геодезичні дані характеризують ситуацію і природний рельєф вибраної ділянки. В паперовому варіанті масштаб планів залежить від

стадії проектування. При двостадійному проектуванні основою для розробки проекту вертикального планування аеродрому на стадії технічного проекту служить план

топографо-геодезичної зйомки масштабу 1:5000 з зображення рельєфу горизонталями перетином 0,5 м, а на стадії робочих креслень – план топографічної зйомки в масштабі 1:2000 з зображенням рельєфу місцевості відмітками у вершинах квадратів нівелірної сітки (40 м або 30 м) і горизонталями з перерізом 0,25 м.

Для проектування водовідведення, примикання проектних поверхонь до природному рельєфу, проектування кар'єрів і кавальєров роблять топографічну зйомку місцевості, безпосередньо прилеглу до аеродрому.

Цю зйомку роблять більш крупного масштабу 1:25000 – 1:100000. На цей план обов'язково наносять контури елементів аеродрому. Розмір зйомки прилеглої території нормативно не регламентують, але вона повинна включати смуги повітряних підходів не менш ніж по 900 м, за торцями злітно-посадкової смуги, маршрут прокладки водовідвідного колектора до споруди, ділянки на яких буде змінений рельєф.

4.6 Інженерно-геологічні, гідрогеологічні та кліматичні дані.

Інженерно-геологічні дані – це відомості про умови залягання, поширення і будівельні властивості ґрунтів.

Ви знаєте, що ґрунти поділяються на скельні, піщані і глинисті.

Властивості ґрунтів в більшій мірі впливають на розрахунок ґрунтових основ. Це виходить за межі даної дисципліни. Але для властивостей ґрунтів, особливо глинисті, пилуваті, пучинисті, набухаючі, карстові і т. д. визначальну роль має вода. Відведення води, запобігання попадання її під штучні покриття вирішується при проектуванні вертикального планування аеродрому. В

залежності від того, які ґрунти залягають на даній ділянці, залежать нормативні ухили ґрунтової частині льотної смуги.

Для отримання інженерно-геологічних даних замовляють сертифіковані лабораторії, які проводять буріння за певним методиками, відбирають проби ґрунту і досліджують їх у лабораторіях. Результатом є картограма ґрунтів, із зазначенням потужності, глибини залягання і властивостей ґрунтів. Одночасно вивчають товщину і властивості, в тому числі агротехнічні, рослинного шару.

Гідрогеологічні дані – це відомості про рівень залягання і режим ґрунтових вод, а також їх хімічний склад. Дані отримують від лабораторій та у результаті спостережень місцевих гідрогеологічних станцій.

Підземні води – це вода, рівень якої нижче рівня ґрунту.

Поділяються на верховодку, ґрунтові та напірні (артезіанські) води.

Верховодка – це вода, яка з'являється в ґрунтах епізодично, певної площі в період надлишкового зволоження. У посушливу погоду зникає. Ґрунтові води – це перший від поверхні шар води.

Поширені регіонально, рівень їх може коливатися протягом року, але присутні в ґрунті стабільно. Характеризуються більш або менш стабільним дебітом. Може знаходитися в порах, тріщинах або залягати пластами. На напірних водах аеродроми не будують.

Кліматичні дані – спочатку приймають по СНиП 2.05.08-85.

В основу прийнятого кліматичного районування покладено водно-тепловий режим місцевості.

Загальне уявлення про водний режим можна отримати з допомогою коефіцієнта водного балансу.

Вся територія України поділена на райони (зони) з більш або менш однорідними кліматичними умовами для цілей проектування і будівництва доріг та аеродромів. Слід зазначити що, в першу чергу розподіл було зроблено саме для доріг. Тому вони називаються «Дорожньо-кліматичні зони», можна приймати за ДБН В.2.3-4:2015 "Автомобільні дороги. Частина I. Проектування Частина II. Будівництво". Залежно від ступеня зволоження, глибини залягання ґрунтових вод, глибину промерзання ґрунтів і середньорічного кількості опадів територія України розділена на 3 дорожньо-кліматичних зони (II – IV). II зона – райони надлишкового зволоження. Коефіцієнта водного балансу від 1,5 до 2. Дана зона розташована на північний захід від лінії, що проходить по містах Львів – Житомир – Чернігів. III зона – райони змінного зволоження. Характеризується надлишковим зволоженням навесні і восени. Коефіцієнта водного балансу від 0,8 до 1,5. Дана зона розташована на північний захід від лінії, що проходить по містам Кишинів – Кіровоград – Білгород, але на південний схід від кордону II зони. IV зона – райони недостатнього зволоження. Це степові і лісостепові райони України. Коефіцієнта водного балансу 0,5 – 0,6. Дана зона розташована на південний схід від кордону III зони. Велика частина Харківської області відносяться саме до цієї зони.

Але крім дорожньо-кліматичної зони, при проектуванні необхідно враховувати Тип гідрогеологічних умов. Вони також викладені в ДБН В.2.3-4:2015 "Автомобільні дороги. Частина I. Проектування Частина II. Будівництво".

ЛЕКЦІЯ 14

Загальні вихідні дані для проектування злітно-посадкових смуг

1 Основні положення розрахунку аеродромних покриттів

Аеродромне покриття необхідно розраховувати на вплив навантажень від ПС конкретного типу або на категорію нормативного навантаження. Покриття аеродрому слід розраховувати за допомогою методу граничного стану. Розрахункові граничні стани жорстких покриттів:

- цементобетон і армобетон - максимальний стан міцності;

- залізобетон з ненапруженим армуванням - граничні стани міцності, розтріскування і тиску на ґрунтову основу;

- залізобетон з напруженою арматурою - граничний стан розтріскування і тиску на ґрунтову основу. ДБН В2.2-XX:2022

Нежорсткі аеродромні покриття капітального типу необхідно розраховувати за граничним прогином та міцністю всієї конструкції, а полегшеного типу – за граничним прогином.

Аеродромне покриття, як правило, слід розраховувати на вплив навантажень від ПС конкретного типу. Допускається розрахунок стандартних навантажень, категорії і параметри яких наведені в таблицях Д.1 та Д.2 Додатку Д ДБН.

При розрахунку міцності покриттів вплив навантажень від різних типів ПС слід приводити до еквівалентного впливу розрахункового навантаження. Як розрахункове навантаження має прийматися ПС (категорія нормативного навантаження), що має максимальну силову дію на покриття.

Покриття аеродромів за ступенем впливу навантажень від повітряних суден та несучою здатністю поділяються на групи ділянок. Розрахунок покриттів аеродромів слід

виконувати відповідно вимог до кожної ділянки окремо (рисунок Д.1 Додатку Д ДБН).

Товщини шарів покриття смуг безпеки, укріплених вимошень, КЗБ, що примикають до торців ЗПС, слід розраховувати як для ділянок групи Г з мінімальною повторюваністю застосування розрахункового навантаження, але приймати не менше мінімально допустимих значень для матеріалів конструктивних шарів.

При розрахунку аеродромних покриттів на міцність коефіцієнти динамічності k_d та розвантаження f (що враховує рух з покриття повітряних суден з великими швидкостями) для всіх груп ділянок аеродрому слід приймати відповідно до таблиці Д.3 Додатку Д ДБН.

2 Розрахунок жорстких аеродромних конструкцій

Жорсткі монолітні покриття повинні бути зконструйовані, як правило, одношаровими. Двошарові монолітні покриття дозволяється використовувати тільки в тому випадку, якщо технічно неможливо укласти шар цементобетону, необхідний при розрахунку товщини.

Конструкція жорстких покриттів повинна, як правило, виконуватися з важкого цементобетону відповідно до ДСТУ Б В.2.7-43. Допускається використання дрібнозернистого цементобетону в техніко-економічному обґрунтуванні за ДСТУ Б В.2.7-43, при цьому клас міцності на стиск при використанні його в одношаровому або верхньому шарі двошарового покриття не повинен бути нижче В30.

Необхідна товщина монолітного жорсткого шару повинна бути визначена розрахунком. При цьому, мінімальна товщина повинна бути не менше 16см. При посиленні твердих покриттів цементобетоном або залізобетоном необхідна товщина арматурного шару повинна бути визначена розрахунком, але прийнята не менше 20 см.

Товщина захисного шару в монолітних залізобетонних покриттях повинна бути визначена розрахунком та становити

не менше 40 мм для верхньої арматури та 30 мм - для нижньої. При цьому має бути дотримана вимога міцності аеродромного покриття.

Армобетонні покриття при товщині плит до 0,3 м слід армувати сітками зі стрижневої арматури діаметром від 10 до 14 мм, при товщині плити понад 0,3 м – діаметром від 14 до 18 мм. Відсоток поздовжнього армування плит (ступінь насичення бетону арматурою) слід приймати від 0,1 до 0,15, а крок стрижнів – від 0,15 до 0,4 м залежно від ширини плити та діаметру стрижнів арматури. При цьому має бути дотримана вимога міцності. Поперечне армування – конструктивне; відстань між поперечними стрижнями слід приймати 0,4 м.

Для армування залізобетонних покриттів з ненапруженою арматурою слід застосовувати арматуру діаметром від 12 до 18 мм. Необхідну площу перерізу арматури слід визначати розрахунком, при цьому відсоток армування має бути не менше 0,25. Арматуру необхідно розміщувати в поздовжньому та поперечному напрямках у верхній та нижній зонах перерізу плити відповідно до величини згинальних моментів.

Відстань між стрижнями залежно від необхідної площі арматури та прийнятого діаметра стрижнів слід приймати від 0,1 до 0,3 м.

Арматурні сітки та каркаси не повинні зміщуватись у процесі бетонування. Конструктивні елементи, що забезпечують їх стійкість, не повинні перешкоджати вільному температурному переміщенню плит у процесі експлуатації.

Збірні покриття з типових плит ПАГ-14 слід застосовувати для навантажень на колесо не більше 100 кН для багатоколісної опори та не більше 170 кН для одноколісної; ПАГ-18 - не більше 140 кН для багатоколісної опори та не більше 200 кН для одноколісної опори; ПАГ-20 - не більше 180 кН та 250 кН відповідно.

Між плитами жорстких монолітних покриттів та штучними основами, а також між шарами двошарових

монолітних покриттів необхідно передбачати конструктивні заходи, які забезпечують незалежність горизонтальних переміщень шарів (розділові прошарки з пергаміну, плівкових полімерних, геотекстильних матеріалів тощо). У покриттях з несуміщеними швами необхідно використовувати два шари розділових матеріалів. У покриттях з суміщеними швами дозволяється використовувати один шар. Застосування піскобітумного килимка не допускається. При облаштуванні двошарових покриттів методом зрошування розділовий прошарок не влаштовується.

Збірні покриття із попередньо напружених залізобетонних плит можуть влаштовуватися на основі всіх типів, крім піщаних.

При розрахунку жорстких аеродромних покриттів на міцність і розтріскування повинна бути виконана умова:

$$m_d \leq m_u, \quad (14.1)$$

де m_d – розрахунковий згинальний момент на одиницю ширини розрахункового перерізу плити, який визначається відповідно до Додатку Д ДБН;

m_u – граничний згинальний момент на одиницю ширини розрахункового перерізу плити, який визначається відповідно до Додатку Д ДБН.

Жорсткість перерізів плит покриття слід визначати на одиницю ширини перерізу за формулами:

- для перерізів цементобетонних, армобетонних та попередньо напружених залізобетонних плит:

$$B = 0,085 \cdot E_b \cdot t^3, \quad (14.2)$$

- для перерізів залізобетонних плит з ненапруженою арматурою:

$$B = \frac{E_s \cdot A_s}{\psi_b} \cdot \left(h_0 - \frac{x}{3} \right) \cdot (h_0 - x), \quad (14.3)$$

де E_b – початковий модуль пружності цементобетону; E_s – модуль пружності арматури, МПа; A_s – площа поперечного перерізу натягнутої арматури на одиницю ширини поперечного перерізу пластини, м/м; ψ_b – коефіцієнт врахування роботи бетону між тріщинами в розтягнутій зоні, який приймається при розрахунку міцності 0,2, а за розкриттям тріщин – 1; h_0 – робоча висота перерізу (відстань від стиснутої грані перерізу до центру тяжіння розтягнутої арматури), м (визначається відповідно до Додатку Д ДБН); x – висота стиснутої зони цементобетону в перерізі, м (визначається відповідно до Додатку Д цих ДБН).

При розрахунку залізобетонних покриттів з ненапруженою арматурою за розкриттям тріщин має виконуватись умова:

$$a_{crc} \leq 0,3, \quad (14.4)$$

де a_{crc} – ширина розкриття тріщин в розрахунковому перерізі плити, що визначається відповідно до Додатку Д ДБН.

При розрахунку двошарових покриттів повинна виконуватися умова (15.1) для верхньої і нижньої плит.

Граничний згинальний момент в плитах нижнього шару, розрахований за методикою, наведеною в Додатку Д цих ДБН, слід помножити на коефіцієнт корекції k_m , який визначається відповідно до рисунку Д.5 цих ДБН.

Розрахункові згинальні моменти в плитах верхнього і нижнього шарів двошарового покриття $m_{d,sup(inf)}$, кН·м/м, необхідно визначати за формулами:

- в плитах верхнього шару покриттів з комбінованими швами

$$m_{d,\text{sup}} = \frac{k'm_{c,\text{max}}}{1 + \frac{B_{\text{inf}}}{B_{\text{sup}}}}; \quad (14.5)$$

- в плитах нижнього шару покриттів з комбінованими швами

$$m_{d,\text{inf}} = k'm_{c,\text{max}} - m_{d,\text{sup}}; \quad (14.6)$$

- у плитах верхнього шару покриттів із несуміщеними швами

$$m_{d,\text{sup}} = \frac{k_1 m_{c,\text{max}}}{1 + \frac{B_{\text{inf}}}{B_{\text{sup}}}}; \quad (14.7)$$

- у плитах нижнього шару покриттів із несуміщеними швами

$$m_{d,\text{inf}} = \frac{m_{c,\text{max}}}{1 + \frac{B_{\text{sup}}}{B_{\text{inf}}}}, \quad (14.8)$$

де $m_{c,\text{max}}$ – максимальний згинальний момент, кН·м/м, при центральному завантаженні одношарової плити $B_{\text{inf}}+B_{\text{sup}}$, визначений розрахунком; B_{sup} , B_{inf} – жорсткість плит відповідно верхнього і нижнього шарів, віднесених до одиниць ширини їх перерізів; k' – коефіцієнт, що дорівнює: 1,5 – при відсутності стикових з'єднань у верхньому і нижньому шарах; 1,4 – при з'єднаннях тільки в нижньому шарі; 1,2 – при з'єднаннях у верхньому і нижньому шарах або тільки у верхньому шарі, але з параметрами, прийнятими за товщиною покриття, розрахованого на загальну жорсткість шарів; k_l – коефіцієнт, що враховує концентрацію згинальних

моментів у верхньому шарі двошарового покриття по краях і кутах плит нижнього шару та приймається відповідно до таблиці Д.8 Додатку Д ДБН.

При розрахунку жорстких аердромних одягів за умовою зсувостійкості робочого шару земляного полотна та шарів із незв'язних матеріалів повинна бути дотримана та забезпечена умова 6.30 ГБН В.2.3-37641918-557.

Розрахунок товщини штучних основ необхідно виконувати відповідно до Додатку В цих ДБН, якщо шар основи передбачають із неукріплених матеріалів та відповідно до положень п. Д.6-Г.Д7 Додатку Д ДБН, якщо шар основи передбачають із матеріалів, укріплених в'язучими речовинами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проектування автомобільних доріг: Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання/ В.О. Процюк – Луцьк: ЛНТУ, 2024. – 168 с.
2. Проектування автомобільних доріг: методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання / В.О. Процюк, Луцьк: Луцький НТУ, 2024. – 60 с.
3. ДБН В.2.3-5:2018.Вулиці та дороги населених пунктів. – К.:Мінрегіон України, 2018.–55с.
4. ДБН В.2.3-4:2015.Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 104 с.
5. ДСТУ 2587:2021. Розмітка дорожня. Технічні умови. Методи контролю. Застосування. – К.: Держстандарт України, 2021. – 37 с.
6. ДСТУ 4100:2021. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. – К.: Держстандарт України, 2021. – 109 с.
7. Собко Ю.М. Проектування автомобільних доріг : навч. посібник / Ю.М. Собко, Ю.В. Сідун, Л.О. Карасьова. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 228 с.
8. Кузло М.Т. Технологія будівництва та капітального ремонту аеродромів :навч. посібник / М.Т. Кузло, А.О. Білятинський, С.Ю. Тімкіна, О.М. Дубик. – К. : НАУ, 2019. -180 с.
9. ГБН В.2.3-37641918-559:2019.Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. – К.: Мінрегіон України, 2019. – 59 с.
10. ДСТУ 4044:2019. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови: Держбуд України: Київ, 2021. – 46 с.

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Проектування доріг та споруд [текст]: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання/ В.О. Процюк – Луцьк: ЛНТУ, 2026. – 208 с

Комп’ютерний набір та верстка: В. ПРОЦЮК

Редактор: В. ПРОЦЮК

Підп. до друку «__» _____ 2026 р.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 13.
Тираж 30 прим.

Відділ іміджу та промоції
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – відділ іміджу та промоції ЛНТУ

