

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

І. Е. Линник

ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА МІСТ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання галузі знань 19 – Архітектура та будівництво зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Міське будівництво та господарство»)

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024**

Линник І. Е. Транспортна інфраструктура міст : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання галузі знань 19 – Архітектура та будівництво зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Міське будівництво та господарство») / І. Е. Линник ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 60 с.

Автор

д-р техн. наук, проф. І. Е. Линник

Рецензент

Ю. І. Гайко, кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою міського будівництва, протокол № 17 від 11 квітня 2024 р.

Конспект лекцій складено з метою допомогти студентам будівельних спеціальностей закладів вищої освіти під час підготовки до занять, заліків та іспитів з дисципліни «Транспортна інфраструктура міст».

© І. Е. Линник, 2024

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Змістовий модуль 1 Роль транспорту в національній економіці	8
Тема 1 Основні терміни та визначення	8
Тема 2 Види транспорту та їхня історія розвитку	9
2.1 Категорії транспорту	9
2.2 Види транспорту	9
Тема 3 Роль транспорту у світовій економіці	11
3.1 Склад транспортних систем	11
3.2 Типи транспортних систем	11
3.3 Особливості видів транспорту	12
3.4 Проблеми світової транспортної системи	13
Тема 4 Основні характеристики транспортних систем	13
4.1 Основні показники транспортних систем	13
4.2 Показники потужності оснащення	13
4.3 Показники транспортної роботи	15
4.4 Середня відстань перевезення однієї тони вантажу	15
4.5 Економічні показники	16
4.6 Техніко-експлуатаційні показники.....	16
Змістовий модуль 2 Проєктування міських вулиць	16
Тема 5 Вулично-дорожня мережа міст	16
5.1 Визначення вулично-дорожньої мережі	16
5.2 Планувальні схеми вулично-дорожньої мережі	17
5.3 Основні показники вулично-дорожньої мережі	18
ТЕМА 6 Основні характеристики транспортних потоків	19
6.1 Швидкість руху транспортного потоку	19
6.2 Склад транспортного потоку	19
6.3 Інтенсивність руху	19
6.4 Пропускна здатність.....	20
6.5 Завантаженість вулиці транспортом.....	21
6.6 Щільність транспортного потоку.....	21
Тема 7 Проєктування вулиць і доріг у плані	21
7.1 Категорії міських вулиць і доріг.....	21
7.2 Проєктування плану траси	23
7.3 Проєктування кривих у плані.....	24
Тема 8 Планувальні елементи поперечного профілю вулиць і доріг	26
8.1 Елементи поперечного профілю міських вулиць і доріг	26
8.2 Проєктування поперечного профілю	27
8.2.1 Проїзна частина.....	27
8.2.2 Тротуари.....	28

8.2.3 Трамвайні колії.....	29
8.2.4 Велосипедні доріжки.....	29
8.2.5 Розділові смуги.....	30
8.2.6 Зупинки громадського транспорту.....	30
8.3 Проектування пішохідних переходів та велосипедних переїздів.....	30
Тема 9 Проектування поздовжнього профілю та висотних поперечних профілів	31
9.1 Проектування поздовжнього профілю	31
9.2 Проектування висотного поперечного профілю вулиці	33
Тема 10 Перехрещення міських вулиць і доріг в одному рівні	34
10.1 Класифікація перехресть в одному рівні	34
10.2 Пропускна здатність перехрещень в одному рівні.....	34
10.2.1 Пропускна здатність нерегульованих перехресть.....	35
10.2.2 Пропускна здатність регульованих перехресть.....	35
10.2.3 Пропускна здатність кільцевого перехрещення.....	35
10.3 Проектування перехресть в одному рівні.....	36
10.3.1 Розташування та форма перехресть.....	36
10.3.2 Вибір принципової схеми перехрестя (тип, схема регулювання).....	36
10.3.3 Складання плану перехрестя.....	36
10.3.4 Радіуси заокруглення на перехрестях.....	36
10.3.5 Перехідно-швидкісні смуги на перехрестях.....	37
Тема 11 Транспортні розв'язки у різних рівнях.....	37
11.1 Класифікація розв'язок у різних рівнях.....	37
11.2 Пропускна здатність транспортних розв'язок у різних рівнях.....	38
11.3 Проектування елементів транспортних перехрещень у різних рівнях	39
11.3.1 Розрахунок геометричної схеми транспортної розв'язки.....	39
11.3.2 Розрахунок з'їздів у гострому куті перехрещення вулиць.....	40
11.3.3 Розрахунок з'їздів у тупому куті перехрещення вулиць.....	40
ТЕМА 12 Забезпечення видимості в плані й профілі.....	41
12.1 Видимість у плані.....	41
12.2 Видимість на горизонтальних кривих.....	42
12.3 Видимість у поздовжньому профілі.....	42
12.4 Видимість на перехрестях вулиць і доріг.....	42
Тема 13 Обладнання та благоустрій міських вулиць і доріг.....	43
13.1 Інженерні мережі.....	43
13.2 Освітлення вулиць.....	44
13.3 Озеленення вулиць.....	45
Змістовий модуль 3 Дорожній одяг	46
Тема 14 Типи дорожнього одягу	46
14.1 Основні поняття	46

14.2 Класифікація дорожнього одягу	47
14.3 Типи покриття проїзної частини	47
14.4 Типи покриття тротуарів і пішохідних доріжок	48
14.5 Типи покриття велосипедних доріжок.....	49
14.6 Типи покриття трамвайного полотна.....	49
Тема 15 Конструювання та розрахунок дорожнього одягу	49
15.1 Конструювання дорожнього одягу	49
15.2 Розрахунок нежорсткого дорожнього одягу	51
15.2.1 Розрахунок нежорсткого дорожнього одягу за допустимим пружним прогином	52
15.2.2 Розрахунок нежорсткого дорожнього одягу на зсув у підстилаючому ґрунті	54
15.2.3 Розрахунок монолітних шарів на розтяг під час згину	55
Список джерел.....	58

ВСТУП

Мета – надати здобувачам відомості щодо значення та ролі транспортної інфраструктури, видів транспорту та їхніх особливостей, класифікації транспортних схем міст, проєктування міських вулиць і доріг, конструювання та розрахунку дорожнього одягу.

Таблиця 1 – Розподіл навчального часу за лекціями

Тема	Зміст (план)	Кількість ауд. годин	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
1	2	3	4
Змістовий модуль 1 Роль транспорту в національній економіці			
Тема 1 Основні терміни та визначення	1. Визначення терміна «інфраструктура». 2. Визначення терміна «транспортна інфраструктура». 3. Визначення термінів «транспортна система», «транспортна мережа», «транспорт»	1	1
Тема 2 Види транспорту та їхня історія розвитку	1. Категорії транспорту. 2. Види транспорту	3	
Тема 3 Роль транспорту у світовій економіці	1. Склад транспортних систем. 2. Типи транспортних систем. 3. Особливості видів транспорту. 4. Проблеми світової транспортної системи. 5. Вертикальне планування вулиць з малими ухилами	4	1
Тема 4 Основні характеристики транспортних систем	1. Основні показники транспортних систем. 2. Показники потужності оснащення. 3. Показники транспортної роботи. 4. Середня відстань перевезення однієї тони вантажу. 5. Економічні показники. 6. Техніко-експлуатаційні показники	2	
Змістовий модуль 2 Проєктування міських вулиць			
Тема 5 Вулично-дорожня мережа міст	1. Визначення вулично-дорожньої мережі. 2. Планувальні схеми вулично-дорожньої мережі. 3. Основні показники вулично-дорожньої мережі	2	1
Тема 6 Основні характеристики транспортних потоків	1. Швидкість руху транспортного потоку. 2. Склад транспортного потоку. 3. Інтенсивність руху. 4. Пропускна здатність. 5. Завантаженість вулиці транспортом. 6. Щільність транспортного потоку	2	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Тема 7 Проектування вулиць і доріг у плані	1. Проектування плану траси. 2. Проектування кривих у плані	2	1
Тема 8 Планувальні елементи поперечного профілю вулиць і доріг	1. Категорії міських вулиць і доріг. 2. Елементи поперечного профілю міських вулиць і доріг. 3. Проектування поперечного профілю. 4. Проектування пішохідних переходів та велосипедних переїздів	2	
Тема 9 Проектування поздовжнього профілю та висотних поперечних профілів	1. Проектування поздовжнього профілю. 2. Проектування висотного поперечного профілю	2	
Тема 10 Перехрещення міських вулиць і доріг в одному рівні	1. Класифікація перехресть в одному рівні. 2. Пропускна здатність перехрещень в одному рівні. 3. Проектування перехресть в одному рівні	2	
Тема 11 Транспортні розв'язки у різних рівнях	1. Класифікація розв'язок у різних рівнях. 2. Пропускна здатність транспортних розв'язок у різних рівнях. 3. Проектування елементів транспортних розв'язок у різних рівнях. 4. Вертикальне планування транспортних розв'язок у різних рівнях	2	
Тема 12 Забезпечення видимості у плані й профілі	1. Видимість у плані. 2. Видимість на горизонтальних кривих. 3. Видимість у поздовжньому профілі. 4. Видимість на перехрестях вулиць і доріг	2	
Тема 13 Обладнання та благоустрій міських вулиць і доріг	1. Інженерні мережі. 2. Освітлення вулиць. 3. Озеленення вулиць	2	
Змістовий модуль 3 Дорожній одяг			
Тема 14 Типи дорожнього одягу	1. Основні поняття. 2. Класифікація дорожнього одягу. 3. Типи покриття проїзної частини. 4. Типи покриття тротуарів і пішохідних доріжок. 5. Типи покриття велосипедних доріжок. 6. Типи покриття трамвайного полотна	2	2
Тема 15 Конструювання та розрахунок дорожнього одягу	1. Конструювання дорожнього одягу. 2. Розрахунок нежорсткого дорожнього одягу 3. Розрахунок жорсткого дорожнього одягу	2	
Разом		32	6

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

РОЛЬ ТРАНСПОРТУ В НАЦІОНАЛЬНІЙ ЕКОНОМІЦІ

ТЕМА 1 ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Інфраструктура – сукупність споруд, будівель, систем і служб, необхідних для функціонування галузей матеріального виробництва та забезпечення умов життєдіяльності суспільства.

Види інфраструктури за ознакою сфери діяльності:

- виробнича;
- соціальна – сукупність галузей та підприємств, що функціонально забезпечують нормальну життєдіяльність населення;
- освітня;
- транспортна;
- інженерна – системи інженерно-технічного забезпечення будівель та споруд;
- інфраструктура економіки – сукупність галузей та видів діяльності, що обслуговують виробництво та господарство в цілому;
- інформаційна – система інформаційних організаційних структур, підсистем, що забезпечують функціонування чогось;
- військова;
- інфраструктура фондового ринку;
- інноваційна – це комплекс організаційно-економічних інститутів, які безпосередньо забезпечують умови реалізації інноваційних процесів;
- туристична;
- інфраструктура космічної діяльності.

Транспортна інфраструктура – сукупність об'єктів (підприємств, закладів), які займаються ремонтом, будівництвом та реконструкцією, а також експлуатаційним утриманням доріг, мостів та інших дорожніх шляхів. Транспортна інфраструктура забезпечує наявність рівних та якісних доріг, а також зберігання їх у гарному стані.

Транспортна система – це система взаємопов'язаних складових (людей, які задіяні в транспортному процесі, інфраструктури, транспортних засобів тощо), яка призначена для транспортування будь-кого (будь-чого).

Транспортна мережа – реалізація просторової мережі, що відповідає структурі, де відбувається рух транспорту (або вантажів загалом). Прикладом може бути мережа авто- чи залізничних шляхів, мережа вулиць, трубопроводів, електричних мереж тощо. Транспортні мережі можуть фізично розташовуватись на землі, у морі чи океані, у повітрі (мережа авіатранспорту), у перспективі – у космічному просторі (мережа доставки пасажирів і вантажів між планетами).

Транспорт – сукупність засобів, призначених для переміщення людей, вантажів, сигналів та інформації з одного місця в інше.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке інфраструктура?
2. Які види інфраструктури за ознакою сфери діяльності Ви знаєте?
3. Що таке транспортна інфраструктура?
4. Що називають транспортною системою?
5. Що називають транспортом?

ТЕМА 2 ВИДИ ТРАНСПОРТУ ТА ЇХНЯ ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ

2.1 Категорії транспорту

За призначенням транспорт поділяють на:

– загального користування, що обслуговує торгівлю і населення. Транспорт загального користування не варто плутати із громадським транспортом (громадський транспорт є частиною транспорту загального користування). Пасажирський транспорт об'єднує масовий суспільний транспорт, що перевозить пасажирів визначеними маршрутами;

– незагального користування – внутрішньовиробничий і внутрішньовідомчий транспорт;

– особистий або індивідуальний – це легкові автомобілі, мотоцикли, мопеди, велосипеди, яхти, приватні літаки тощо;

– персональний автоматичний утворює нову категорію, тому що поєднує риси міського громадського й особистого автотранспорту.

За типом тяги (джерелом енергії): повітряний, паровий, бензомоторний, дизельний, електричний, магнітний, що рухається живою силою (тваринами чи людьми).

За середовищем переміщення: наземний (зокрема підземний), водний (зокрема підводний), повітряний, космічний.

2.2 Види транспорту

В'ючний транспорт – засіб перевезення вантажів у горах, пустелях, лісисто-болотистій та тайговій місцевості за допомогою в'ючних тварин чи людей, там, де неможливо використовувати інший транспорт, наприклад, через бездоріжжя, характер місцевості, кліматичні умови або стан погоди, а також у місцевостях із слабкорозвиненою економікою.

Гужовий транспорт, у якому для переміщення вантажів і пасажирів використовується тяглова сила тварин. Як тяглові тварини використовуються коні, воли, буйволи, осли, мули, собаки, олені.

Водний транспорт вважається найдавнішим видом транспорту. Він використовувався майже всіма народами ще з часів мезоліту. Застосовувався у кожній кліматичній зоні для транспортування людей і вантажів, а також для рибальства.

Водний транспорт поділяють на внутрішній і морський. *Внутрішній водний транспорт (річковий, озерний)* використовує судноплавні річки, канали та внутрішні водойми. Річковий транспорт обслуговує переважно внутрішні потреби окремих держав, але іноді здійснює і міжнародні перевезення. Роль внутрішнього водного транспорту значною мірою визначена географією водних шляхів та сезонністю їхнього використання. З усіх видів світового транспорту найдешевшим є *морський*. Він забезпечує понад 75 % перевезень між країнами, обслуговує 4/5 усієї міжнародної торгівлі, перевозить наливні, навалкові, насипні вантажі.

Автомобільний транспорт – наземний безрейковий широко поширений вид транспорту, який отримав переважний розвиток порівняно з іншими видами транспорту, оскільки має велику маневреність, значні швидкості пересування. Автомобільний транспорт поділяється на *особистий* і *громадський*.

Залізничний транспорт – вид наземного транспорту, на якому перевезення вантажів і пасажирів здійснюється колісними транспортними засобами по рейкових коліях. До міського залізничного громадського транспорту належить трамвай, метрополітен, легкорейковий транспорт (швидкісний трамвай, міська залізниця), міська електричка.

Повітряний транспорт – найдинамічніший вид транспорту. Головне його завдання – перевезення пасажирів та термінових вантажів, тому що це найшвидший вид транспорту, забезпечує безпосадкові польоти на великі відстані. Посідає перше місце у міжконтинентальних перевезеннях.

Космічний транспорт – наймолодший вид транспорту.

Трубопровідний транспорт – транспортування трубами сировини (рідин або газів) та продуктів, які можна переміщати трубопроводами. Залежно від виду продукту, що транспортується, розрізняють водопроводи, газопроводи, нафтопроводи. Труби укладають на землі чи під землею і, навіть, на естакадах чи одиночних опорах.

Інші види транспорту: ліфт, ескалатор, елеватор (норія), траволатор, канатна дорога, фунікулер тощо.

Запитання для самоконтролю:

1. Які види транспорту Ви знаєте?
2. Що таке гужовий транспорт? Де він використовується?
3. Що таке в'ючний транспорт? Де він використовується?
4. Що таке водний транспорт? На які види він поділяється?
5. Що таке повітряний транспорт? Де він використовується?
6. Що таке автомобільний транспорт? На які види він поділяється?
7. Що таке залізничний транспорт? На які види він поділяється?
8. Що таке космічний транспорт?
9. Що таке трубопровідний транспорт?
10. Які інші види транспорту Ви знаєте?

ТЕМА 3 РОЛЬ ТРАНСПОРТУ У СВІТОВІЙ ЕКОНОМІЦІ

3.1 Склад транспортних систем

Транспортні системи складаються з таких елементів: підприємства (залізничні станції, вокзали, автовокзали, морські порти, річкові пристані, аеропорти, газокомпресорні станції), транспортні шляхи, транспортні та політтранспортні вузли й магістралі, транспортні засоби та компанії, які їх експлуатують.

Основні техніко-економічні показники роботи транспорту: обсяги перевезень, пасажирообіг, вантажообіг, маневреність, залежність від погоди і сезонних змін, швидкість, продуктивність, собівартість перевезень.

За видами перевезень транспорт поділяють на *пасажирський* і *вантажний*.

3.2 Типи транспортних систем

Типи транспортних систем:

- *світова транспортна система*, яка є елементом сучасної глобальної економіки;
- *регіональні транспортні системи*, формування яких супроводжує процеси регіональної економічної інтеграції;
- *національні транспортні системи* – транспортні комплекси окремих країн;
- зональні транспортні системи, створені для транспортного обслуговування окремих економічних територій;
- *корпоративні транспортні системи* окремих господарюючих суб'єктів.

Світова транспортна система складається з декількох типів: Північної Америки, Європи та Японії, країн, економіка яких швидко зростає, більшості країн, що розвиваються, колишніх країн СРСР (окрім Балтії).

Типи регіональних транспортних систем: Північно-американський, Європейський, Євразійський, Азійський, Південно-американський, Африканський.

3.3 Особливості видів транспорту

Залізничний транспорт. У країнах, що розвиваються, будуються нові залізничні траси, тоді як у високорозвинутих державах їхня довжина навіть почала скорочуватися. Залізниці витісняються автошляхами та авіаційними лініями. Лідером за довжиною залізниць є США. За ними йдуть Китай, Росія, Індія та Канада. Серед країн Європи найбільша протяжність залізниць у Німеччині, Франції, Італії, Україні та Польщі. В Європі найбільша густота залізниць.

Автомобільний транспорт. Найбільшу довжину автомобільних доріг мають США, Індія, Китай, Бразилія, Росія, Японія. Найбільша густота автомобільних доріг у країнах Європи та Японії.

Міжнародні транспортні коридори – магістральні транспортні комунікації різних видів із відповідною інфраструктурою, які забезпечують міждержавні перевезення за напрямками їхньої найбільшої концентрації.

Водний транспорт. Сучасний торговельний флот світу налічує понад 80 тисяч морських суден, які плавають під прапорами майже 160 держав. Морських портів у світі налічується понад 30 тисяч, з них найважливіших, що мають міжнародне значення, – близько 2 700. Найбільша кількість портів у Європі – понад 900.

Повітряний транспорт. Роль повітряного транспорту в перевезеннях людей зростає. За цим показником він поступається лише автомобільному та залізничному, а в міжконтинентальних перевезеннях є навіть першим. Перші позиції за авіаперевезеннями пасажирів посідають США, Японія, Велика Британія, Канада, Франція, Німеччина, Австралія.

Трубопровідний транспорт. Трубопроводи є у 125 країнах світу. Їхня загальна довжина перевищує 3,6 млн км, з них 2,9 млн км становлять газопроводи, майже 300 тис. км – нафтопроводи, решта – продуктопроводи, якими транспортують різні хімічні речовини (амоніак, етилен, гас тощо). За довжиною трубопроводів провідні місця посідають США, Росія, Канада, Китай та Україна.

3.4 Проблеми світової транспортної системи

Голосними проблемами світової транспортної системи є:

- нерівномірність розвитку транспортних систем окремих країн та регіонів;
- залежність від природних умов;
- негативний вплив на навколишнє середовище;
- зростаючий дефіцит пропускної здатності;
- інституційні чинники, зокрема недосконалість прикордонних і митних процедур, істотні відмінності в умовах ведення транспортного бізнесу в різних країнах, невідповідності в принципових положеннях транспортного законодавства.

Запитання для самоконтролю

1. З яких об'єктів складаються транспортні системи?
2. Назвіть основні техніко-економічні показники роботи транспорту.
3. Назвіть основні типи транспортних систем.
4. З яких типів складається світова транспортна система?
5. Які регіональні транспортні системи Ви знаєте?
6. Які особливості має залізничний транспорт?
7. Які особливості має автомобільний транспорт?
8. Які особливості має повітряний транспорт?
9. Які особливості має водний транспорт?
10. Які особливості має трубопровідний транспорт?

ТЕМА 4 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

4.1 Основні показники транспортних систем

Для вирішення завдань аналізу, оцінки, порівняння, прогнозування і планування в транспортних системах використовуються різноманітні показники: потужності оснащення, транспортної роботи, техніко-експлуатаційні, економічні, що характеризують якість наданих транспортних послуг.

4.2 Показники потужності оснащення

Показники потужності оснащення характеризують склад транспортної системи та її потенційні можливості. Стосовно до національних і регіональних транспортних систем їх називають іноді показниками транспортної забезпеченості територій. До цих показників належать: протяжність шляхів сполучення, кількість терміналів у системі, пропускна здатність, провізна

спроможність, кількість транспортних засобів, структурні характеристики оснащення.

Протяжність шляхів сполучення. Для автомобільних доріг може вказуватися сумарна довжина доріг з твердим покриттям або доріг, що знаходяться під контролем центральних органів управління. Для залізниць може вказуватися довжина залізничних ліній або розгорнута довжина – сумарна протяжність всіх головних. Для водного транспорту може враховуватися загальна довжина судноплавних шляхів, довжина судноплавних шляхів з гарантованими глибинами тощо. На повітряному транспорті використовують показник сумарної довжини регулярних авіаліній.

Для характеристики транспортної забезпеченості територій використовують показники густоти транспортних мереж, які розраховуються діленням протяжністю транспортних мереж регіону на його площу або населення.

Кількість терміналів у системі. Термінал – це комплекс будівель, споруд, обладнаних навантажувальними засобами, призначених для виконання вантажних, господарських робіт із вантажами, технічного обслуговування автомобільних транспортних засобів, надання транспортно-експедиційних та інших послуг перевізникам. Показник кількості терміналів може оцінюватися в абсолютному вираженні або в розрахунку на одиницю площі території, на одиницю протяжності транспортної мережі тощо.

Пропускна здатність – це максимальна кількість транспортних засобів, які можуть пройти за певний час через ділянку автомобільної дороги, залізниці, судноплавного каналу тощо. Проектна (розрахункова) і фактична пропускна здатність інфраструктури не завжди збігаються.

Провізна спроможність – це максимальна кількість вантажу, що може бути перевезений за певний час ділянкою залізниці чи автомобільної дороги, водного шляху. Провізна здатність залежить від пропускної здатності. Провізна спроможність може бути за необхідності підвищена шляхом збільшення у допустимих межах вантажопідйомності транспортних засобів.

Поняття пропускної і провізної здатності застосовуються для характеристики не тільки шляхів сполучення, але також транспортних вузлів або терміналів.

Кількість транспортних засобів. На різних видах транспорту використовуються різні терміни: парк – на залізничному, автомобільному та повітряному транспорті, флот – на морському, внутрішньому водному та повітряному транспорті. У процесі експлуатації можуть придбати нові транспортні засоби, а старі – продати або списати. Для характеристики загальної потужності парку чи флоту використовують показники їхньої сумарної або середньої вантажопідйомності.

Структурні характеристики оснащення. Іноді якого-небудь одного показника виявляється недостатньо для характеристики транспортної мережі або парку транспортних засобів. У такому разі використовують структурні характеристики, засновані на тій чи іншій ознаці. Стосовно до парку чи флоту транспортних засобів такими ознаками найчастіше є тип транспортних засобів, термін експлуатації, вантажопідйомність. Структура терміналів може бути охарактеризована їхньою потужністю, спеціалізацією тощо.

4.3 Показники транспортної роботи

Показники транспортної роботи характеризують обсяг планованих або фактично виконаних транспортною системою перевезень. До них відносяться обсяг перевезень і вантажообіг.

Обсяг перевезень характеризує кількість перевезеного вантажу. Для окремого перевезення він дорівнює кількості вантажу на транспортному засобі. Для транспортної системи в цілому – визначається як сума обсягів окремих перевезень. Обсяг перевезень вимірюють у тонах або інших характерних для конкретної транспортної системи одиницях (контейнерах, пакетах, відправленнях тощо).

Вантажообіг окремого перевезення визначають як добуток обсягу перевезення на відстань перевезення, а для транспортної системи – як сума вантажообігу всіх виконаних перевезень. Вантажообіг вимірюється у тонно-кілометрах, тонно-милях, контейнеро-кілометрах тощо. Він найчастіше використовується для порівняння різних транспортних систем, оцінки розподілу перевезень між операторами або видами транспорту, аналізу динаміки ринків транспортних послуг та вирішення інших подібних завдань.

Близьким за змістом до вантажообігу є показник *транспортного обороту*, який характеризує роботу з транспортування не вантажів, а транспортних засобів.

4.4 Середня відстань перевезення однієї тони вантажу

Середня відстань перевезення однієї тони вантажу – величина, яка пов'язує між собою показники вантажообігу та обсягу перевезень. Її називають середньою дальністю або плечем перевезення, є найбільш значущим з усіх факторів, що впливають на техніко-експлуатаційні та економічні показники транспортної системи.

4.5 Економічні показники

Економічні показники характеризують економічні аспекти роботи транспортної системи:

- собівартість перевезень – витрати транспортного оператора на одиницю виконаної транспортної роботи;
- середня дохідна ставка – доходи транспортного оператора на одиницю транспортної роботи.

Зіставлення собівартості та середньої дохідної ставки говорить про рентабельність певної транспортної системи.

4.6 Техніко-експлуатаційні показники

Техніко-експлуатаційні показники характеризують окремі аспекти ефективності використання шляхів сполучення й транспортних засобів. Їх застосовують для аналізу ефективності організації перевізного процесу. Вони характеризують інтенсивність використання інфраструктури, загальний і навантажений пробіг транспортних засобів, середнє завантаження транспортних засобів за певний період, швидкість руху, кількість рейсів, виконаних за певний період, кількість вантажу, перевезену транспортним засобом за певний період.

Запитання для самоконтролю

1. Які показники транспортних систем Ви знаєте?
2. Що таке показники потужності оснащення?
3. Що називають пропускною здатністю?
4. Що таке провізна спроможність?
5. Що характеризують показники транспортної роботи?
6. Що таке середня відстань перевезення однієї тони вантажу?
7. Що характеризують економічні показники?
8. Що характеризують техніко-експлуатаційні показники?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ПРОЄКТУВАННЯ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ

ТЕМА 5 ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЯ МЕРЕЖА МІСТ

5.1 Визначення вулично-дорожньої мережі

Вулично-дорожня мережа (далі – ВДМ) – це комплекс об'єктів транспортної інфраструктури, що є частиною території поселень і міських округів, обмеженою червоними лініями та призначеної для руху транспортних

засобів і пішоходів, упорядкування забудови й прокладання інженерних комунікацій, а також забезпечення транспортних і пішохідних зв'язків територій поселень і міських округів як складової їхніх шляхів сполучення.

Вулиця населених пунктів – смуга міської або сільської території, обмежена фіксованими червоними лініями, яка призначена для руху транспортних засобів та/або пішоходів, з усіма розташованими в її межах спорудами та інженерними мережами – складовими елементами вулиці.

Дорога населених пунктів – ділянка вуличної мережі з рухом переважно транзитного або вантажного автомобільного транспорту, фіксована червоними лініями та переважно є виходом на автомобільні дороги загального користування.

5.2 Планувальні схеми вулично-дорожньої мережі

Основні планувальні схеми вулично-дорожньої мережі міст:

– **вільна** характерна для старих міст із неупорядкованою мережею. Для неї властиві вузькі, зігнуті в плані вулиці з частими перехрещеннями;

– **радіальна** характерна для старих міст, розташованих у місцях перехрещення шосейних доріг різних напрямків, які розвивалися як торгові центри. Вона типова для мережі доріг, що розвивається навколо центру міста;

– **радіально-кільцева** – це вдосконалена радіальна схема з додаванням кільцевих магістралей, які знімають частину навантаження з центральної частини й забезпечують зв'язок між периферійними районами в обхід центрального транспортного вузла. Характерна для великих історично сформованих міст;

– **трикутна** характерна для центрів старих європейських і східних міст, не набула широкого поширення;

– **прямокутна** схема набула широкого поширення. Характерна для молодих міст, що розвивалися за заздалегідь розробленими планами;

– **прямокутно-діагональна** – це подальше вдосконалення прямокутної схеми;

– **гексагональна** – це схема, в основі якої лежить комбінація шестикутників;

– **комбінована** характерна для великих і найбільших історично сформованих міст. Є поєднанням названих вище типів схем, є найбільш поширеною.

5.3 Основні показники вулично-дорожньої мережі

Основними показниками вулично-дорожньої мережі є: довжина, щільність, непрямолінійність, пропускна здатність, ступінь складності перехрещень, рівень завантаження центрального транспортного вузла.

Ступінь розвитку ВДМ визначається її *довжиною* та *щільністю*.

Щільність ВДМ – це відношення довжини вулиць чи доріг до площі території міста. Визначається у км/км².

Важливою характеристикою функціонування транспортної мережі міста є *швидкість руху транспортного потоку*.

Показник непрямолінійності характеризується величиною коефіцієнта непрямолінійності, рівним відношенню фактичного шляху, який автомобіль проходить по ВДМ з початкової точки А в кінцеву точку маршруту Б, до повітряної відстані між цими точками.

Коефіцієнт непрямолінійності багато в чому залежить від планувальної структури ВДМ і прийнятої організації руху. Коефіцієнт непрямолінійності змінюється від 1,1 до 1,4. Найменший коефіцієнт нелінійності має радіально-кільцева схема, найбільший – прямокутна.

Пропускна здатність визначається максимальною кількістю автомобілів, що проходять через поперечний переріз вулиці чи дороги за одиницю часу – годину у разі забезпечення заданої швидкості та безпеки руху.

Пропускна здатність ВДМ залежить від рівня завантаження окремих магістралей, способу регулювання руху на перехрестях, питомої ваги магістралей безперервного руху, складу транспортного потоку, стану покриття та інших причин.

Ступінь складності перехрещень магістралей характеризується їхньою конфігурацією. Найбільш раціональним є перехрещення двох магістральних вулиць під прямим кутом. Наявність у вузлі п'яти чи більше напрямків значно ускладнює організацію руху, змушуючи використовувати кільцеві схеми, що вимагають значних площ, або розв'язки в різних рівнях. Перехрещення магістральних вулиць під гострим кутом також ускладнюють організацію руху транспорту і пішоходів.

Рівень завантаження центрального транспортного вузла залежить від планувальної структури завантаження центру міста.

Найбільша кількість транспортних зв'язків через центр міста має радіальна мережа, оскільки активно здійснюються перевезення по променевим вулицям у діаметральному напрямку. Радіально-кільцева схема значною мірою усуває цей недолік, оскільки периферійні потоки здійснюються з кільцевих вулиць в об'їзд центру. Позбавлена цього недоліку прямокутна схема, що дозволяє розосередити транспортні потоки по паралельних вулицях.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке вулично-дорожня мережа?
2. Як планувальні схеми вулично-дорожньої мережі міст Ви знаєте?
3. Назвіть основні показники вулично-дорожньої мережі.
4. Що таке щільність вулично-дорожньої мережі?
5. Чим характеризується показник непрямолінійності?
6. Що таке пропускна здатність вулично-дорожньої мережі?
7. Чим характеризується ступінь складності перехресть?
8. Від чого залежить рівень завантаження центрального транспортного вузла?

ТЕМА 6 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Транспортний потік – це сукупність транспортних засобів, що одночасно беруть участь у русі на певній ділянці вулично-дорожньої мережі. Основними характеристиками транспортного потоку є швидкість руху, склад транспортного потоку, інтенсивність руху, пропускна здатність, завантаженість вулиці транспортом, щільність потоку.

6.1 Швидкість руху транспортного потоку

Середня швидкість руху та середній час пересування транспортного засобу залежить від щільності транспортної мережі та рівня автомобілізації.

6.2 Склад транспортного потоку

Склад транспортного потоку характеризується співвідношенням у ньому транспортних засобів різного типу. Цей показник значно впливає на всі параметри дорожнього руху, особливо на завантаження доріг, що пояснюється насамперед істотною різницею в габаритних розмірах автомобілів.

6.3 Інтенсивність руху

Інтенсивність руху – це кількість транспортних засобів, які проходять через переріз дороги протягом заданого проміжку часу.

Розрізняють питому інтенсивність руху і приведену. Питома інтенсивність руху – це рівень інтенсивності на одній смузі дороги. Приведена інтенсивність руху – це сукупність інтенсивностей руху транспортних засобів різного типу з урахуванням відповідних приведених коефіцієнтів для цих типів.

Приведену інтенсивність руху розраховують за формулою:

$$N_p = \sum_{i=1}^n (N_i \cdot P_{\text{при}i}), \quad (1)$$

де N_i – інтенсивність руху автомобілів i -го типу, авт./год (авт./добу);
 $P_{\text{при}i}$ – коефіцієнт приведення до легкового автомобіля.

6.4 Пропускна здатність

Пропускну здатність ділянки дороги визначають за формулою:

$$N_{\text{см}} = \frac{1000 \cdot V}{\frac{V}{3,6} + \frac{V^2 \cdot (k_3 - k_{\text{п}})}{254 \cdot (\varphi + f + i)} + l_a + l_3}, \quad (2)$$

де V – розрахункова швидкість руху транспорту, км/год; l_a – довжина розрахункового автомобіля (приймають 5,0 м), м; l_3 – безпечна відстань між автомобілями, що зупинилися (2,0–5,0 м), м; k_3 – коефіцієнт нормальних експлуатаційних умов гальмування (1,5–1,7); $k_{\text{п}}$ – коефіцієнт гальмування переднього автомобіля в екстремальних умовах (1,0–1,2); φ – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїзної частини (приймають для частково зношеного та вологого покриття в межах від 0,4 до 0,45); f – коефіцієнт опору коченню (для асфальтобетонних покриттів приймають 0,02); i – поздовжній ухил ділянки вулиці, тис. частки.

За наявності світлофорного регулювання пропускна здатність вулиці визначається пропускнуою здатністю перехрестя, де встановлено світлофор

$$N_{\text{вул}} = 1,3 N_{\text{пер}} (n - 2), \quad (3)$$

де $N_{\text{пер}}$ – пропускна здатність однієї смуги біля перехрестя перед «стоп-лінією»;
 n – число смуг руху.

$$N_{\text{пер}} = \frac{3600}{t_n} \frac{t_3 - \frac{V_n}{2a}}{t_{\text{к}} + t_{\text{жс}} + t_3 + 5}, \quad (4)$$

де V_n – швидкість проходження перехрестя, $V_n = 5$ м/с; t_3 – тривалість зеленого циклу, $t_3 = 30$ с; t_n – тривалість проходження перехрестя, $t_n = 3$ с; $a = 1$ м/с².

6.5 Завантаженість вулиці транспортом

Завантаження вулиці чи дороги транспортом характеризується за допомогою коефіцієнта завантаження Z , який є відношенням фактичної інтенсивності руху N_{ϕ} до практичної пропускну здатності вулиці N_{π} , тобто:

$$Z = \frac{N_{\phi}}{N_{\pi}}. \quad (5)$$

6.6 Щільність транспортного потоку

Щільність транспортного потоку – кількість автомобілів, що припадає на одиницю довжини однорідної за транспортними якостями ділянки вулиці чи дороги, зазвичай довжиною 1 км:

$$q = \frac{N}{V}, \quad (6)$$

де q – щільність транспортного потоку, авт./год; N – інтенсивність руху, авт./год; V – швидкість руху, км/год.

Запитання для самоконтролю

1. Що називають транспортним потоком?
2. Назвіть основні характеристики транспортного потоку.
3. Чим характеризується склад транспортного потоку?
4. Як визначають інтенсивність руху?
5. Як визначають пропускну здатність вулиці чи дороги?
6. Що таке завантаженість вулиці транспортом?
7. Що таке щільність транспортного потоку та як її визначають?

ТЕМА 7 ПРОЄКТУВАННЯ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ У ПЛАНІ

7.1 Категорії міських вулиць і доріг

Міські вулиці і дороги класифікують згідно з ДБН В 2.3-5. Категорії міських вулиць і доріг наведено у таблиці 2.

Межами вулиці є «червоні лінії», що визначають гранично допустиме положення забудови.

Червоні лінії – це лінії, визначені в містобудівній документації відносно пунктів геодезичної мережі межі існуючих і запроектованих вулиць, доріг,

майданів, які відмежовують території мікрорайонів, кварталів та територій іншого призначення.

Таблиця 2 – Категорії міських вулиць і доріг

Категорії доріг і вулиць	Основне призначення доріг і вулиць
1	2
Дороги та вулиці міських населених пунктів	
Магістральні дороги:	
– безперервного руху	Швидкісний транспортний зв'язок між містом-центром, територіями і населеними пунктами системи розселення та регіону, віддаленими промисловими та планувальними районами в найкрупніших, крупних і великих містах, виходи на зовнішні автомобільні дороги I-II категорій або їхнє продовження, до аеропортів, крупних зон масового відпочинку. Перетин з магістральними вулицями і дорогами на різних рівнях. Каркас планувальної структури території та поселень системи розселення
– регульованого руху	Транспортний зв'язок між віддаленими промисловими та планувальними (сельбищними) районами найкрупніших, крупних і великих міст, на окремих напрямках і ділянках переважно вантажного руху, що здійснюється поза житловою забудовою, виходи на зовнішні автомобільні дороги, а також магістралі, що з'єднують ці виходи. Перетин з вулицями та дорогами в одному та на різних рівнях. Планувальні осі розвитку системи розселення
Магістральні вулиці:	
Загальноміського значення:	
– безперервного руху	Транспортний зв'язок між житловими, промислово-складськими районами, загальноміським та районними громадськими центрами в найкрупніших, крупних і великих містах, а також з іншими магістральними вулицями, міськими і зовнішніми автомобільними дорогами. Забезпечення руху транспорту за основними напрямками на різних рівнях. Композиційно-планувальний каркас міста – центра системи розселення
– регульованого руху	Транспортний зв'язок між житловими, промислово-складськими районами та центром міста, центрами планувальних районів, дублери радіальних, хордових і кільцевих магістралей, виходи на магістральні вулиці та зовнішні автомобільні дороги. Перетин з магістральними вулицями і дорогами в одному рівні. Разом з магістралями безперервного руху планувальні осі (каркас) міста
Районного значення	Транспортний (переважно громадський пасажирський) і пішохідний зв'язки між житловими, житловими і промисловими районами та в їхніх межах, між громадськими центрами, виходи на інші магістральні вулиці. Перетини в одному рівні. Разом з вулицями загальноміського значення композиційні осі планувальних районів

Продовження таблиці 2

1	2
Вулиці і дороги місцевого значення:	
– вулиці в житловій забудові (житлові вулиці)	Транспортний (без пропуску вантажного та громадського пасажирського транспорту) і пішохідний зв'язки на території житлових районів (мікрорайонів), виходи на магістральні вулиці регульованого руху. Формують планувальну структуру сельбищних територій
– вулиці та дороги в науково-виробничих, промислових і комунально-складських зонах (районах)	Транспортний зв'язок переважно легкового та вантажного транспорту в межах зон (районів), виходи на магістральні міські вулиці та дороги. Формують планувальну структуру зон(районів)
– пішохідні вулиці та дороги	Пішохідний зв'язок з місцями прикладання праці, закладами та підприємствами обслуговування (зокрема в межах громадських центрів), місць відпочинку та зупинками громадського пасажирського транспорту
– паркові дороги	Транспортний зв'язок у межах територій парків та лісопарків з переважним рухом легкових автомобілів (можливий рух велосипедів)
– проїзди	Під'їзд транспортних засобів до житлових і громадських будинків, закладів, підприємств та інших об'єктів міської забудови в межах районів, мікрорайонів, кварталів
– велосипедні доріжки	Проїзд на велосипедах по вільних від інших видів транспортного руху трасах до місць відпочинку, громадських центрів, а в крупніших і крупних містах-зв'язок у межах планувальних районів

Залежно від категорії рекомендується така ширина вулиць у червоних лініях, м:

Магістральні вулиці:

- загальноміського значення безперервного руху – 80
- те саме, регульованого руху – 60
- районного значення – 40

Вулиці й дороги місцевого значення:

- вулиці в житловій (багатоповерховій) забудові – 25
- те саме, одноповерхова забудова – 15
- промислові дороги і проїзди – 15–25
- паркові дороги – 15.

7.2 Проектування плану траси

Поздовжню вісь автомобільної дороги, прокладеної на поверхні землі, називають *трасою*. Проекція траси на горизонтальну площину є *планом траси*.

Проектування плану траси складається з вибору напрямку варіантів траси на карті, прокладання на карті варіантів траси з дотриманням принципів ландшафтного проектування та охорони навколишнього середовища, призначення радіусів кривих у плані з урахуванням забезпечення безпеки руху та розрахунку заокруглень, складання відомості кутів повороту, прямих та кривих, за призначеними варіантами траси, порівняння варіантів траси, оформлення креслення плану траси.

Трасу під час проектування задають початковим і кінцевим, а також проміжними пунктами (основні опорні точки), через які повинна пройти вулиця або дорога.

План траси будують у масштабах: 1 : 1 000, 1 : 2 000, 1 : 500.

Для розроблення планів вулиць і доріг як підоснову використовують інженерно-топографічний план.

На плані показують рельєф місцевості, «червоні» лінії, геодезичні знаки (репери, пункти геодезичних сіток місцевого значення), вершини кутів повороту, початок і кінець перехідних або кругових кривих, пікети та покажчики кілометрів, числові значення елементів кривих (кути повороту, радіуси, тангенси, сумарні довжини кругових та перехідних кривих), проектні відмітки в місцях перелому поздовжнього профілю, покажчики ухилів на осі проїзної частини, контури поперечного профілю, укуси насипів та виїмок (за необхідності), контури існуючих та проєктованих будівель і споруд, існуючі та проєктовані інженерні комунікації з наведенням висоти наземних та глибини підземних комунікацій та їхні позначення, залізничні переїзди, штучні споруди, транспортні розв'язки, радіуси кривих на крайці проїзної частини доріг у місцях їхнього взаємного перехрещення (примикання), найменування кінцевих пунктів проєктованих та існуючих вулиць чи доріг, водовідвідні споруди, покажчик напрямку на північ.

7.3 Проектування кривих у плані

У кутах повороту траси потрібно вписувати горизонтальні криві, величини радіусів R яких мають бути не менше допустимих, що наведені у ДБН В 2.3-5.

Основні елементи кривої в плані:

- кут α – кут повороту;
- R – радіус кривої;
- K – довжина кривої;
- T – тангенс – довжина дотичної, тобто відстань від початку або кінця кривої до вершини кута повороту;
- B – бісектриса – відстань від вершини кута повороту до середини кривої.

ДБН В 2.3-5 встановлює найменші радіуси для міських вулиць і доріг різних категорій відповідно до розрахункових швидкостей руху.

Для створення найкращих умов руху можна рекомендувати такі значення горизонтальних радіусів кривих на міських вулицях і дорогах:

а) магістральні дороги	3 000–5 000 м
б) магістральні вулиці:	
– загальноміського значення	2 000–5 000 м
– районного значення	1 000–5 000 м
в) вулиці та дороги місцевого значення:	
– житлові	300–3 000 м
– промислових та складських зон	500–5 000 м.

У всіх випадках, коли це виявляється технічно можливим, радіуси горизонтальних кривих для міських вулиць і доріг усіх категорій рекомендується приймати не менше ніж 3 000 м.

Елементи горизонтальної кривої визначають за формулами:

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180} = \frac{R \alpha}{57,3}; \quad (7)$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (8)$$

$$B = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) = \frac{T^2}{2R}. \quad (9)$$

Елементи горизонтальної кривої можна визначати за допомогою спеціальних таблиць.

Після викреслювання плану траси, розбивають пікетаж, враховуючі горизонтальні криві. Пікети доцільно розбивати через кожні 100 м.

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть категорії міських вулиць і доріг.
2. Що називають трасою вулиці чи дороги?
3. Що показують на плані вулиці?
4. Які масштаби використовують для побудови плану вулиці?
5. Назвіть основні елементи кривої в плані? Як вони розраховуються?
6. Як приймають найменші радіуси кривої в плані?
7. Які радіуси горизонтальної кривої бажано приймати?
8. Яку ширину вулиць у червоних лініях рекомендується приймати?

ТЕМА 8 ПЛАНУВАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФІЛЮ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ

8.1 Елементи поперечного профілю міських вулиць і доріг

Поперечним профілем називають зображення у зменшеному масштабі перерізу дороги вертикальною площиною, перпендикулярною до осі дороги, у межах червоних ліній, тобто меж вулиці. Розрізняють два принципові типи поперечних профілів вулиць і доріг – **заміський** і **міський**.

Елементи поперечного профілю заміського типу: смуга відведення, земляне полотно, проїзна частина, узбіччя, укоси, розділова смуга, крайові (укріпні) смуги, бокові канави, кювети.

Смугу місцевості, на якій розмішують дорогу, розробляють ґрунт, що використовується для відсипання насипу, будують допоміжні споруди й виконують посадки зелених насаджень, називають дорожньою смугою чи **смугою відведення**.

Земляне полотно – ґрунтова основа проїзної частини, тротуарів, місцевих проїздів та інших елементів вулиці (дороги), яку проєктують у взаємозв'язку з вертикальним плануванням територій, прилеглих до вулиці чи дороги.

До прилеглої місцевості земляне полотно примикає правильно спланованими площинами – **укосами**, що забезпечують стійкість земляного полотна дороги.

З боків проїзної частини розміщують **узбіччя**, що утворюють упор для проїзної частини й використовуються для тимчасової стоянки автомобілів і складування будівельних матеріалів під час ремонту. Влаштування узбіч уздовж проїзної частини сприяє підвищенню безпеки руху автомобілів.

Брівка земляного полотна – це лінія пересічення площини укосу з площиною узбіччя.

Крайка проїзної частини – лінія пересічення площини узбіччя з площиною проїзної частини.

Для відводу поверхневих вод з проїзної частини та узбіч влаштовують бокові **канави (кювети)**. Вони також є резервом, з якого розробляють ґрунт для зведення насипу.

Елементи поперечного профілю міського типу: проїзна частина, технологічні та перехідно-швидкісні смуги, тротуари, узбіччя (у разі відкритої системи водовідведення), пішохідні доріжки, велосипедні доріжки, трамвайні колії, смуги зелених насаджень, центральні розділові смуги між проїзними частинами зустрічних напрямків руху й острівці регулювання руху, розділові смуги між основною проїзною частиною та місцевими (бічними) проїздами, між проїзними частинами й тротуарами, тимчасові автомобільні стоянки у межах

червоних ліній, земляне полотно, укоси насипів і виїмок, підпірні стінки, шумозахисні споруди, технічні та резервні смуги, зупинки громадського транспорту, технічні засоби регулювання дорожнього руху, штучні споруди, підземно-наземні інженерні комунікації, торговельно-побутові об'єкти у межах червоних ліній тощо.

8.2 Проектування поперечного профілю

Поперечний профіль, що відображує всі його елементи, називають *типовим* чи *конструктивним*.

8.2.1 Проїзна частина

Проїзна частина – основний елемент вулиці чи дороги, призначений для руху усіх видів транспорту, для зупинок, а в деяких випадках – для стоянки.

Проїзна частина зазвичай відокремлена від інших елементів вулиці бортовими каменями висотою 15–20 см (60 см – на мостах). Розташовану уздовж бортових каменів смугу проїзної частини шириною 1,5–2 м називають лотком. У лоток надходить вода поверхневого стоку й відводиться у водоприймальні колодязі.

Поперечні профілі проїзної частини проектують *двосхилими* чи *односхилими*. Односхилі профілі застосовують для місцевих проїздів за ширини проїзної частини не більше ніж 10,5 м, а також у разі поділу проїзної частини на дві половини, з рухом на кожній частині в одному напрямку.

Двосхилий профіль зазвичай проектують *опуклим*, у рідких випадках – *увігнутим*. Такий профіль є найбільш економічним і доцільним на внутрішньоквартальних проїздах.

Гребінь двосхилого профілю розташовують на осі проїзної частини.

Смуга руху – це смуга проїзної частини, яку займають автомобілі, що рухаються один за другим. Кількість смуг n визначають з урахуванням пропускної здатності однієї смуги:

$$n = \frac{N_p}{N_{см}}, \quad (10)$$

де N_p – розрахункова інтенсивність руху, авт./год; $N_{см}$ – пропускна здатність однієї смуги руху, авт./год.

Ширину проїзної частини вулиць і доріг визначають залежно від інтенсивності руху, пропускної здатності однієї смуги руху, виду транспорту,

швидкості руху. Загальна ширина проїзної частини B складається зі смуг руху, запобіжних і центральних розподільних смуг:

$$B = b \cdot n + 2a, \quad (11)$$

де b – ширина однієї смуги руху, м; a – ширина смуги безпеки між крайньою смугою руху і бортовим каменем, м.

З обох боків проїзних частин магістральних вулиць і доріг для кожного напрямку повинні передбачатись смуги безпеки a завширшки:

– для магістральних доріг і магістральних вулиць безперервного руху – 0,75 м;

– для магістральних вулиць регульованого руху – 0,5 м.

Для руху громадського транспорту, а також місцевого руху на загальноміських магістральних вулицях влаштовують додаткові проїзди. Якщо ними відбувається рух громадського транспорту, тоді їх називають **бічними проїздами** (вони повинні мати не менше двох смуг руху в кожному напрямку). Якщо на цих смугах передбачений тільки місцевий рух, тоді вони називаються **місцевими проїздами**. Їхня проїзна частина повинна мати одну-дві смуги руху. Ширину проїзної частини місцевих (бічних) проїздів варто приймати 6,0 м.

Поперечні ухили проїзних частин міських вулиць і доріг мають забезпечувати стік поверхневих вод до лотків проїзної частини й стійкість автомобіля під час руху. Поперечні ухили проїзних частин приймають залежно від типу дорожніх покриттів.

8.2.2 Тротуари

Тротуари й пішохідні доріжки призначені для пропуску пішоходів.

Принцип розрахунку ширини тротуарів і пішохідних доріжок такий саме, що й проїзних частин. Ширину однієї смуги руху тротуару приймають 0,75 м. Мінімальну ширину тротуару приймають 1 м.

Кількість смуг руху на тротуарах n_m розраховують за формулою:

$$n_m = \frac{N^{пiш}}{N_n^{пiш}}, \quad (12)$$

де $N^{пiш}$ – розрахункова інтенсивність пішохідного руху, піш./год;
 $N_n^{пiш}$ – пропускна здатність однієї смуги пішохідного руху, піш./год.

Тротуари проєктують односхилими з ухілами 20 % убік проїзної частини, але в окремих випадках, зокрема на перехрестях вулиць – до 20–30 %, і

розміщують в одному рівні бордюрами, що відділяють газони та смуги озеленення, та на 15 см вище проїзної частини.

Поздовжні ухили тротуарів і пішохідних доріжок варто приймати не більше ніж 60 %, у районах з частою ожеледицею – не більше ніж 40 %, у гірській місцевості – не більше ніж 100 % за умови довжини ділянки з таким ухилом до 300 м.

8.2.3 Трамвайні колії

Трамвайне полотно – елемент вулиці чи дороги, призначений для руху рейкового транспорту – трамваїв.

Якщо на проєктованій вулиці передбачена організація трамвайного руху, необхідно передбачати будівництво трамвайного полотна. Воно може бути розміщено на осі вулиці, з одного боку проїзної частини (на вулицях з однібічною забудовою (набережних) – з боку, протилежному забудові), з обох боків вулиці. Відносно проїзної частини вулиці трамвайні шляхи розміщують в одному рівні з проїзною частиною чи на відокремленому полотні.

Ширину трамвайного полотна у разі розміщення його в одному рівні з проїзною частиною приймають:

– для двоколійного руху за відсутності опор контактної мережі між коліями – 6,6 м;

– для одноколійного руху – 3,4 м, у разі встановлення опор контактної мережі між коліями – 7,35 м.

Ширина відокремленого трамвайного полотна:

– за двоколійного руху – 7,0 м;

– за одноколійного – 3,8 м.

Нормальна ширина колії трамвайного шляху – 1 524 мм.

8.2.4 Велосипедні доріжки

Велосипедна доріжка – це доріжка з покриттям поза межами проїзної частини вулиці чи дороги, розташована окремо або суміжно з тротуаром чи пішохідною доріжкою, що призначена для руху на велосипедах, інвалідних кріслах колісних, немоторизованих засобах пересування та позначена дорожнім знаком і горизонтальною розміткою. Велосипедні доріжки влаштовують на самотійній смузі, поза проїзною частиною, на зеленій смузі, відокремленій від проїзної частини смугою чагарників.

Велосипедна смуга – це смуга, призначена для руху велосипедистів у межах проїзної частини вулиці чи дороги, яка виділена за допомогою дорожньої розмітки або конструктивно.

Кількість смуг на велосипедних доріжках приймають, виходячи з розрахункової пропускної здатності однієї смуги – 300 велосипедів на годину.

8.2.5 Розділові смуги

Розділові смуги – це смуги між проїзною частиною й тротуаром, проїзною частиною й трамвайним полотном, основною проїзною частиною й місцевими (бічними) проїздами, між проїзними частинами зустрічних напрямків руху тощо.

8.2.6 Зупинки громадського транспорту

Зупинки громадського транспорту розміщують за перехрестями на відстані не менше ніж 5 м від пішохідного переходу і 20 м від перехрестя. Біля залізничних переїздів зупинки варто розміщувати на відстані не менше ніж 100 м за ними.

Місце зупинки може бути звичайним за незмінної ширини проїзної частини, або у «кишені» на розширенні проїзної частини. Ширину «кишені» приймають не менше ніж 2,5 м. Довжина перехідної ділянки на в'їзді до зупинки – не менше ніж 20 м, на виїзді – не менше ніж 15 м (в обмежених умовах може бути знижена до 10 м).

Посадкові майданчики улаштовують на тротуарах. Поперечний ухил майданчика має бути від 10 % до 15 %, спрямований у бік проїзної частини, а на трамвайних зупинках – у протилежний бік від трамвайної колії. Ширину посадкового майданчика приймають залежно від пасажирообігу зупинки, часу чекання пасажирів транспортним засобом, виходячи з розрахункової щільності пасажирів на майданчику 2 особи/м², але не менше ніж 1,5 м.

8.3 Проектування пішохідних переходів та велосипедних переїздів

Пішохідні переходи та велосипедні переїзди в одному рівні з проїзною частиною влаштовують на відстані один від одного не менше ніж:

- на магістральних вулицях (дорогах) загальноміського значення регульованого руху – 300 м;
- на магістральних вулицях районного значення – 250 м;
- на житлових вулицях – 150 м;
- на дорогах промислових і комунально-складських зон – 200 м.

Ширина пішохідного переходу приймається не менше ніж 4,0 м, велосипедного переїзду – не менше ніж 1,8 м. Якщо вулиця має дві чи більше смуг руху в одному напрямку, необхідно влаштовувати острівці безпеки на

нерегульованих пішохідних переходах. Мінімальна ширина острівця безпеки – не менше ніж 2 м, мінімальна довжина – 8 м.

Пішохідні переходи в різних рівнях необхідно влаштовувати з інтервалом:

- на магістральних вулицях і дорогах безперервного руху – 300–600 м;
- на дорогах комунально-складських зон – до 800 м;
- на лініях швидкісного транспорту – 400 – 800 м.

Поздовжній ухил пішохідних містків не повинен перевищувати 30 ‰, як виняток – 40 ‰. Поперечний ухил – від 15 ‰ до 20 ‰. Висота – не менше ніж 5,5 м від проїзної частини.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке проїзна частина вулиці?
2. Як визначають кількість смуг руху на проїзній частині?
3. Як визначають ширину проїзної частини?
4. Як визначають ширину тротуару?
5. Що таке трамвайне полотно? Як приймають ширину трамвайного полотна?
6. Як проєктують велодоріжки?
7. Що таке розділова смуга?
8. Як влаштовують зупинки громадського транспорту?
9. Які принципи проєктування пішохідних переходів та велосипедних переїздів?

ТЕМА 9 ПРОЄКТУВАННЯ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ ТА ВИСОТНИХ ПОПЕРЕЧНИХ ПРОФІЛІВ

9.1 Проєктування поздовжнього профілю

Поздовжнім профілем вулиці чи дороги називають умовне зображення розрізу вулиці вертикальною площиною, що проходить через вісь проїзної частини, розгорнуте в площині креслення. Поздовжні профілі будують уздовж осі проїзної частини. За наявності трамвайних шляхів поздовжній профіль виконують по одній з крайніх рейок.

Поздовжній ухил – це відношення різниці висоти двох точок до горизонтальної відстані між ними. Значення ухилу виражають у відсотках (%), проміле (‰), тисячних частках. Для забезпечення стоку поверхневих вод усі вулиці і дороги мають бути запроектовані з поздовжніми ухилами мінімум 5 ‰. Величини максимальних поздовжніх ухилів залежать від розрахункових швидкостей руху, їх приймають відповідно до категорій вулиць (табл. 3).

Таблиця 3 – Максимальні поздовжні ухили вулиць

Розрахункова швидкість, км/ч	100	80	60	50	40	30
Найбільший поздовжній ухил, ‰	40	50	60	70	60	80

Поздовжній профіль міської вулиці проєктують у масштабах: горизонтальний – 1 : 1 000, 1 : 2 000, 1 : 5 000, вертикальний – 1 : 100, 1 : 200, 1 : 500. Масштаб ґрунту – 1 : 50. Рекомендується застосовувати масштаби: горизонтальний – 1 : 1 000, вертикальний – 1 : 100.

У місцях переломів профілю для забезпечення видимості, плавності і безпеки руху вписують **вертикальні криві**, опуклі чи увігнуті.

Вертикальні криві вписують, коли алгебраїчна різниця ухилів складає:

- для вулиць і доріг із швидкістю руху 70–100 км/год – 10 ‰;
- для вулиць і доріг із швидкістю руху 30–60 км/год – 15 ‰.

Найменші допустимі радіуси вертикальних кривих наведено у таблиці 4.

Таблиця 4 – Найменші допустимі радіуси вертикальних кривих

Розрахункова швидкість, км/год	Алгебраїчна різниця ухилів поздовжнього профілю, ‰	Мінімальний радіус вертикальних кривих, м	
		опуклих	увігнутих
100	10 і більше	6 000	1 500
80	10 і більше	4 000	1 000
70	10 і більше	3 000	800
60	15 і більше	2 500	600
50	15 і більше	1 500	400
40	15 і більше	1 000	300
30	15 і більше	600	200

Ухили однакового напрямку віднімають один від другого, а ухили різного напрямку складають.

У всіх випадках, коли це виявляється технічно можливим, радіуси вертикальних кривих варто приймати:

- опуклих – не менше ніж 20 000 м;
- увігнутих – не менше ніж 8000 м.

Довжини вертикальних кривих:

- опуклих – не менше ніж 300 м;
- увігнутих – не менше ніж 100 м.

Величину радіуса кривих визначають з умов видимості та розрахункової швидкості руху методом тангенсів. Визначають параметри вертикальної кривої за формулами:

$$T = \frac{R(i_1 \pm i_2)}{2}, \quad (13)$$

$$B = \frac{T^2}{2R}, \quad (14)$$

$$K = R(i_1 \pm i_2), \quad (15)$$

де R – радіус кривої, м; $i_1 \pm i_2$ – алгебраїчна різниця або сума суміжних ухилів; B – бісектриса кривої, м; K – довжина кривої, м.

Для будь-якої проміжної точки вертикальної кривої визначають ординату Y за формулою:

$$Y = \frac{X^2}{2R}, \quad (16)$$

де X – абсциса, тобто відстань від початку або кінця кривої до проміжної точки, м; Y – ордината, тобто перевищення проміжної точки над початком або кінцем кривої, м.

На насипах на опуклих кривих відмітки в межах кривої зменшуються на величини B і Y , на увігнутих – збільшуються. У виїмках, навпаки, на увігнутих кривих відмітки зменшуються, а на опуклих збільшуються.

9.2 Проектування висотного поперечного профілю вулиці

Робочим (висотним) поперечним профілем називають профіль, що встановлює висотні позначки всіх переломних точок. Вертикальне планування поперечних профілів має бути повністю ув'язане із поздовжнім профілем і виконано з урахуванням рельєфу прилеглої території. Їх будують на кожному пікеті, точках нульових робіт, а також в усіх критичних точках.

На висотному поперечному профілі показують:

- а) вісь проектної вулиці чи дороги (під час реконструкції, крім цього, вісь існуючої вулиці чи дороги);
- б) лінію фактичної поверхні землі та лінії ординат від точок її переломів;
- в) контур проектної поверхні дорожнього покриття та всіх інших елементів поперечного профілю вулиці чи дороги;
- г) чорні та червоні відмітки рівнів у точках їхніх переломів;
- д) контур зрізання рослинного шару ґрунту, заміни непридатного шару ґрунту;
- е) інженерні комунікації, їхні позначення, найменування та відмітки рівнів, на яких вони прокладені;
- ж) прив'язку поперечного профілю до пікету;

и) крутизну укосів.

Висотний поперечний профіль міської вулиці проєктують у масштабах: горизонтальний – 1 : 100, 1 : 200, вертикальний – 1 : 10.

Запитання для самоконтролю

1. Що називають поздовжнім профілем вулиці?
2. Як проєктують вертикальні криві?
3. Що називають висотним поперечним профілем?
4. Що показують на висотному поперечному профілі?

ТЕМА 10 ПЕРЕХРЕЩЕННЯ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ В ОДНОМУ РІВНІ

10.1 Класифікація перехресть в одному рівні

Перехрестям називається перехрещення двох чи декількох вулиць в одній площині, якщо ширина перехрещення не перевищує ширину найбільшої з пересічних вулиць.

Перехрестя в одному рівні **за планувальним рішенням** поділяють на:

- прості, що не мають окремих з'їздів для право- і лівоповоротних потоків руху;
- з розширенням проїзних частин;
- каналізовані перехрещення з напрямними острівцями;
- кільцеві;
- з окремими з'їздами;
- комбіновані;
- інші види.

За способом організації руху: нерегульовані (прості), регульовані із світлофорною сигналізацією, саморегульовані (каналізовані).

10.2 Пропускна здатність перехрещень в одному рівні

Пропускна здатність перехрещення залежить від конструкції перехрещення, швидкостей руху на перехрещенні, способу регулювання руху, коефіцієнтів зчеплення шин із покриттям, складу руху, інтенсивності руху на пересічних вулицях, розміру право- і лівоповоротного руху.

10.2.1 Пропускна здатність нерегульованих перехресть

Пропускную здатність нерегульованих перехресть розраховують за формулою:

$$N_{\Pi} = N(P_{\lambda 1} + P_{\lambda 2} + P_{\lambda 3} + \dots P_{\lambda i}), \quad (17)$$

де N_{Π} – пропускна здатність нерегульованого перехрещення в одному рівні; N – інтенсивність руху основного транспортного потоку; $P_{\lambda i}$ – імовірність появи в основному потоці інтервалу, більшого, ніж граничний інтервал часу, який водії, що їдуть другорядною вулицею, вважають безпечним для перетинання головної вулиці.

10.2.2 Пропускна здатність регульованих перехресть

Пропускную здатність регульованих перехресть визначають за формулою (4).

У цілому пропускную здатність перехрещення транспортного вузла визначають за формулою:

$$N_{\text{вуз}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{пер}i}, \quad (18)$$

де $N_{\text{пер}i}$ – пропускна здатність смуги руху перед перехрестям, авт./год; n – кількість смуг руху, що вливаються на перехрещення.

10.2.3 Пропускна здатність кільцевого перехрещення

Пропускную здатність кільцевого перехрещення знаходять за формулою:

$$N_{\text{пер}} = N_{\text{max}} \frac{e^{-N_{\text{max}}/3600\Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-N_{\text{max}}/3600\Delta t_{\text{гр}}}}, \quad (19)$$

де N_{max} – найбільша з інтенсивностей руху на сусідніх смугах у зоні перехрещення; Δt – мінімальний інтервал руху на одній смузі (для легкових автомобілів приймають 2,0 с, для вантажних – 2,5 с).

10.3 Проектування перехресть в одному рівні

10.3.1 Розташування та форма перехресть

Проектування перехрестя необхідно починати з визначення головної та другорядної дороги й висотної ув'язки проїзних частин. Відстані між вузлами в одному рівні мають бути 300–800 м. Відстані між примиканнями місцевих проїздів до основної проїзної частини магістралей регульованого руху потрібно приймати через 300–400 м і зазвичай у вузлах із світлофорним регулюванням.

Форма перехрестя має бути обрана так, щоб основний напрямок на перехресті мав природне продовження.

Потрібно уникати розташування перетинів в одному рівні на кривих у плані, особливо з внутрішнього боку кругової кривої.

10.3.2 Вибір принципової схеми перехрестя (тип, схема регулювання)

Проектування плану перехрестя потрібно починати після затвердження його належного вигляду, відповідно до розподілу інтенсивності руху в часи пік за напрямками руху. Окремо має бути проаналізовано склад потоку. Це надає можливість визначити необхідну смугу для кожного напрямку відповідно до складу транспортного потоку, габаритів транспортних засобів та інтенсивності поворотного руху.

10.3.3 Складання плану перехрестя

Після визначення загальної схеми перехрестя та вирішення питань організації руху транспорту, пішоходів і велосипедистів, у масштабі не менше ніж 1 : 1 000, складають план перехрестя разом із навколишньою обстановкою.

Основні геометричні елементи вузлів в одному рівні: радіуси горизонтальних кривих з'їздів, ширина проїзної частини з'їздів, найменша довжина перехідних кривих, довжина відгону віражу і перехідно-швидкісних смуг, діаметр центрального острівця у разі кільцевого руху, розміри розподільного кільця, відстань видимості у плані та профілі, найменші радіуси вертикальних кривих на з'їздах, найбільші поздовжні ухили з'їздів.

10.3.4 Радіуси заокруглення на перехрестях

Радіуси заокруглень залежать від складу транспортного потоку та габаритів різних видів транспорту. На перехрестях радіуси заокруглень проїзних частин вулиць і доріг по бордюру на магістральних вулицях, дорогах у промислових і комунально-складських зонах варто приймати не менше ніж 12 м,

на площах – не менше ніж 15 м. У стислих умовах і у разі реконструкції допускається зменшувати ці радіуси до 6 м та 10 м відповідно. На інших вулицях і дорогах радіуси заокруглень мають бути не менше ніж 6 м.

На ділянках міських вулиць та доріг, де довгогабаритні транспортні засоби (автопоїзди, напівпричепи, зчленовані автобуси та тролейбуси) становлять понад 10 % загальної інтенсивності руху, радіуси заокруглень потрібно призначати з урахуванням габаритів цих транспортних засобів.

10.3.5 Перехідно-швидкісні смуги на перехрестях

На під'їздах до регульованих перехресть для накопичення транспорту, що здійснює правий чи лівий поворот, допускається влаштовувати додаткову смугу для повороту завдяки розділовим смугам. Ширину перехідно-швидкісних смуг приймають рівною ширині основних смуг руху. Перехідно-швидкісні смуги можуть відокремлюватись від основних смуг руху розділовою смугою шириною 0,5–0,75 м і довжиною не менше ніж 30 м. Довжину перехідно-швидкісних смуг приймають з урахуванням розрахункової швидкості на основному напрямку та на з'їздах-виїздах, а також поздовжнього ухилу проїзної частини.

Запитання для самоконтролю

1. Що називають перехрестям?
2. Як класифікують перехрестя?
3. Як розраховують пропускну здатність нерегульованих перехрець?
4. Як розраховують пропускну здатність регульованих перехрець?
5. Як розраховують пропускну здатність кільцевого перехрещення?
6. Як проєктують перехрестя в одному рівні?
7. Які радіуси заокруглення приймають на перехрестях?
8. Як проєктують перехідно-швидкісні смуги?

ТЕМА 11 ТРАНСПОРТНІ РОЗВ'ЯЗКИ У РІЗНИХ РІВНЯХ

11.1 Класифікація розв'язок у різних рівнях

Транспортне перехрещення в різних рівнях – це інженерна споруда, що забезпечує в місцях перехрещення вулиць прокладання проїзних частин у різних площинах.

Залежно від рельєфу місцевості транспортні розв'язки поділяють:

- шляхопроводи тунельного типу з підірними стінками;
- те саме, із земляними укосами на підходах до них;
- шляхопроводи естакадного типу на залізобетонних опорах;

- те саме на насипу з укосами;
- напівтунелі і напівестакади (напіввиїмки і напівнасипи);
- поєднання тунелів і естакад.

За накресленням у плані: конюшиноподібні, кільцеві, петлеподібні, з відокремленими лівоповоротними з'їздами, ромбовидні, комбіновані з поєднанням елементів різних перехрещень.

Залежно від організації руху транспортних засобів і пішоходів та швидкостей руху: із повною розв'язкою руху, із неповною розв'язкою руху.

На магістральних вулицях і дорогах регульованого руху вузли у різних рівнях улаштовують, якщо сумарна інтенсивність транспортних потоків на під'їздах до вузла перевищує 6 000 авт./год або інтенсивність одного з лівих поворотів більше 600 авт./год.

Відстані між вузлами у різних рівнях мають бути:

- на вулицях і дорогах безперервного руху – 800–1 200 м;
- регульованого руху – 500–1 500 м.

Незалежно від типу, перехрещення у різних рівнях складається з таких загальних елементів: шляхопровід (тунель), підхідні рампи, бічні з'їзди, кругові з'їзди, розвороти.

11.2 Пропускна здатність транспортних розв'язок у різних рівнях

Пропускна здатність прямих напрямків залежить від кількості смуг руху проїзної частини і планувального вирішення розв'язки. На повних транспортних розв'язках пропускну здатність прямого напрямку розраховують так само, як і для вулиць безперервного руху, враховуючи склад потоку і багатосмуговість руху (п. 2.2.3).

Пропускна здатність транспортних розв'язок характеризується пропускну здатністю з'їздів. Пропускна здатність однієї смуги право- і лівоповоротного з'їздів визначають відповідно до залежності:

$$N_{\text{п}} = \frac{3600 \cdot V}{L}, \quad (20)$$

де V – швидкість руху, км/год; L – відстань між передніми бамперами автомобілів, що послідовно рухаються.

Пропускна здатність смуги руху на з'їздах визначають згідно з ДБН В.2.3-5 залежно від розрахункової швидкості, а також умов руху в межах з'їзду.

11.3 Проектування елементів транспортних перехрещень у різних рівнях

11.3.1 Розрахунок геометричної схеми транспортної розв'язки

Під час горизонтального і вертикального планування враховують опорні споруди та їхні позначки (позначки мостів, установлені з урахуванням необхідних підмостових габаритів, позначки поверхні проїзних частин пересічних автомобільних доріг чи рейок залізниць), умови видимості тощо.

Найбільш важливим елементом, що визначає габаритні розміри шляхопроводів, є ширина проїзної частини, що повинна відповідати нормативним вимогам для міських вулиць і доріг.

Габаритна висота шляхопроводу залежить від складу транспортного потоку. Габарит над поверхнею проїзної частини під конструкцією споруди має бути не менше ніж 5,5 м. Якщо нижньою вулицею здійснюється рух трамваїв, тоді відстань від головки рейки до низу конструкції потрібно приймати від 6,5 м до 7,0 м.

Кількість смуг руху на з'їздах визначають залежно від інтенсивності руху та пропускної здатності однієї смуги. Ширину проїзних частин на з'їздах визначають залежно від розрахункових розмірів руху на них. На односмугових з'їздах ширину проїзної частини назначають однаковою за всією її довжиною без додаткового розширення: 5 м на кривих радіусом більше ніж 60 м і 5,5 м на кривих радіусом менше ніж 60 м. За радіусів більше ніж 150 м ширину проїзної частини з'їздів назначають, враховуючи розширення на кривих.

За наявності на з'їздах пішохідного руху передбачають тротуари завширшки не менше ніж 2,25 м. Якщо пішохідного руху немає, тоді влаштовують технічні тротуари завширшки не менше ніж 1,0 м.

Мінімальні радіуси поворотів залежать від виду транспорту: для пропуску вантажних автомобілів і автобусів – не менше ніж 12 м, для пропуску легкових автомобілів – не менше ніж 8 м.

У місцях примикання і розгалуження поворотних з'їздів передбачають перехідно-швидкісні смуги.

Під час проектування шляхопроводу тунельного типу на його осі розміщують розділову смугу завширшки 2,0 м. Вона призначена для поділу зустрічного руху й використовується для будівництва проміжних опор і службових тротуарів.

Уздовж стін тунелю чи естакади розміщують два службових тротуари завширшки по 1 м, а за наявності пішоходів ширина тротуарів має відповідати інтенсивності їхнього руху. Тротуари відокремлюють від проїзної частини бортовим каменем. На естакадах висота бортового каменю складає 0,6 м для

безпеки руху. Для забезпечення умов безпеки руху на всьому протязі штучної споруди передбачають огороження бар'єрного типу висотою 0,75–0,8 м.

11.3.2 Розрахунок з'їздів у гострому куті перехрещення вулиць

Мінімальний радіус колової кривої ліво- і правоповоротних з'їздів потрібно визначати виходячи з двох умов: забезпечення зручності проїзду на з'їзді та забезпечення стійкості автомобіля проти знесення. За знайденими значеннями радіусів до розрахунку варто приймати найбільше, округливши його у великий бік до найближчої величини, кратної п'яти.

Довжину колової кривої розраховують за формулою:

$$K_1DK = K_0 = \frac{\pi \cdot r_n \cdot \gamma}{180}, \quad (21)$$

де K_1DK , K_0 – довжина колової кривої, м r_n – радіус колової кривої з'їзду, м; γ – кут колової кривої.

Кут колової кривої визначають за формулою:

$$\gamma = 180 + \alpha - 2\beta_0, \quad (22)$$

де α – кут перехрещення доріг; β_0 – кут перехідної кривої.

Повну довжину з'їзду S_n визначають як суму довжин колової та перехідної кривих:

$$S_n = K_0 + 2L, \quad (23)$$

де L – довжина перехідної кривої, м.

Розташовувати ліво- і правоповоротний з'їзди у точці їхнього найбільшого зближення на загальному земляному полотні недоцільно, тому що це призводить до зниження безпеки руху. Відстань між з'їздами рекомендується приймати орієнтовно рівною 18,5 м, що забезпечує мінімальну відстань між підшвами укосів насипів у 1 м для водовідводу. Збільшувати цю відстань без особливих причин не можна, тому що тоді збільшується площа займаних земель і вартість транспортної розв'язки.

11.3.3 Розрахунок з'їздів у тупому куті перехрещення вулиць

Ці з'їзди розраховують в такій самій послідовності та за тими ж формулами, що і лівоповоротний з'їзд у гострому куті.

Кут γ приймають рівним:

$$\gamma = 360 - \alpha - 2\beta_0. \quad (24)$$

Запитання для самоконтролю

1. Що називають транспортним перехрещенням у різних рівнях?
2. Як класифікують транспортні перехрещення у різних рівнях залежно від рельєфу місцевості?
3. Як класифікують транспортні перехрещення у різних рівнях за накресленням їх у плані?
4. З яких елементів складається перехрещення у різних рівнях?
5. За якими принципами проєктують горизонтальне планування перехрещень у різних рівнях?
6. Як розраховують пропускну здатність перехрещень у різних рівнях?
7. Як проєктують транспортні перехрещення в різних рівнях?
8. Як розраховують з'їзди в гострому куті перехрещення?
9. Як розраховують з'їзди в тупому куті перехрещення?

ТЕМА 12 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИДИМОСТІ В ПЛАНІ Й ПРОФІЛІ

12.1 Видимість у плані

Для забезпечення безпеки руху необхідно забезпечити видимість проїзної частини вулиці та навколишнього оточення на певній відстані, достатній для зупинки автомобіля та об'їзду перешкоди – **розрахункова відстань видимості**. Вона залежить від швидкості руху.

Розрізняють розрахункову відстань видимості поверхні дороги та розрахункову відстань видимості зустрічного автомобіля.

Відстань видимості поверхні дороги (видимості в плані) – відстань, що забезпечує видимість будь-яких предметів заввишки 0,2 м і більше з місця водія, що знаходиться у середині смуги руху.

Відстань видимості зустрічного автомобіля – відстань, що забезпечує видимість будь-яких предметів заввишки 1,2 м від поверхні вулиці чи дороги з місця водія за умови розташування точки зору (ока водія) на висоті 1,2 м від поверхні проїзної частини.

Видимість може погіршуватись через погодні умови, а також у темний час доби.

12.2 Видимість на горизонтальних кривих

Перешкодами для видимості може бути забудова, дерева, рекламні щити тощо.

Для підвищення видимості на кривих малого радіусу виконують зрізання – видаляють зорові перешкоди з внутрішньої сторони кривої (збудову, рослинність, укоси виїмки тощо). Визначення зрізання видимості проводиться графічним та аналітичним способами. Графічний спосіб полягає у побудові променів зору для різних взаємних положень автомобілів на кривій. Дотична всіх цих променів є межею зрізання видимості.

На кривих малого радіуса, віражах, серпантинах для покращення видимості можна встановлювати дзеркала. Дорожні дзеркала потрібно розміщувати за межами проїзної частини, не ближче ніж за 1 м від краю проїзної частини. Висота встановлення дзеркала від поверхні дорожнього покриття до нижньої точки конструкції має бути від 1,80 м до 2,25 м. Дорожнє дзеркало має бути повернуте до водія, який повинен дати дорогу.

12.3 Видимість у поздовжньому профілі

Поздовжній профіль дороги складається із переломів місцевості. Найбільш несприятливі умови під час руху автомобіля виникають у разі, коли перешкода знаходиться на поверхні дороги. Дуже різкі опуклі переломи не забезпечують необхідної видимості, у зв'язку з чим зменшення перелому може бути досягнуто шляхом вписування вертикальних кривих. Величина радіусу вертикальної опуклої кривої повинна визначатися за умови забезпечення видимості в поздовжньому профілі.

12.4 Видимість на перехрестях вулиць і доріг

У зоні перехрестя, для того щоб водій міг своєчасно загальмувати й зупинитися після того, як побачить перешкоду або рухомий об'єкт, видимість повинна забезпечуватись за принципом трикутника.

Площу, обмежену траєкторіями руху автомобілів та променем зору водія, називають *трикутником видимості*.

Усередині цього трикутника не повинно бути жодних візуальних перешкод – кіосків, рекламних щитів, зелених насаджень висотою більше, ніж 1,2 м, зупинок транспорту та інших споруд. На наземному пішохідному переході у разі відсутності забудови має бути забезпечений трикутник видимості 50 м × 10 м. У цій зоні не дозволяється розміщувати споруди, зелені насадження заввишки більше ніж 0,5 м.

Якщо нормативний трикутник видимості забезпечити неможливо, тоді необхідно передбачати заходи щодо обмеження швидкості руху або встановлювати дорожні дзеркала.

Запитання для самоконтролю

1. Від чого залежить видимість на вулицях?
2. Що таке відстань видимості поверхні дороги (видимості у плані)?
3. Що таке відстань видимості зустрічного автомобіля?
4. Як забезпечити видимість на горизонтальних кривих?
5. Як забезпечити видимість у поздовжньому профілі?
6. Як забезпечити видимість на перехрестях?
7. Що таке трикутник видимості?

ТЕМА 13 ОБЛАДНАННЯ ТА БЛАГОУСТРІЙ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ

13.1 Інженерні мережі

Крім пропуску транспортних засобів і пішоходів, вулиці слугують для розміщення підземних і частково надземних інженерних мереж.

Інженерні мережі поділяють на **трубопровідні** (водопровід, газопровід, господарчо-фекальна каналізація, тепломережа, зливово каналізація, дренажі, повітропровід, паропровід тощо), **кабельні** (кабелі високої та низької напруги – електрокабелі, кабелі освітлення, кабелі слабкого струму, кабелі зв'язку – телефон, телеграф, радіо, телебачення та кабелі різних відомств) і **тунельні** – колектори, канали, галереї (колектори для пропуску різних рідин; колектори спеціального призначення, де розміщують тільки один з видів підземних комунікацій; загальні колектори для спільного прокладання трубопроводів і кабелів різного призначення).

Підземні мережі бувають **транзитні, магістральні і розподільні**.

Інженерні мережі потрібно розміщувати переважно у межах поперечних профілів вулиць і доріг: під тротуарами і розділовими смугами – інженерні мережі в колекторах, каналах чи тунелях; у межах розділових смуг – теплові мережі, водопровід, газопровід, господарсько-побутову й дощову каналізацію. Для огляду, ремонту і других цілей на підземних інженерних мережах влаштовують різні за конструкцією колодязі та камери.

Сучасна тенденція містобудування – виділення спеціальних технічних смуг для розміщення мереж. Технічні смуги призначені для розміщення різних підземних споруд, тимчасового складування снігу та будівництва ліній позавуличного транспорту. Ширина технічних смуг визначається типом та

кількістю інженерних комунікацій, які необхідно розмістити вздовж вулиці. Ширину технічних смуг можна приймати від 10 м до 20 м, тому розмістити їх можна тільки на вулицях магістрального типу. Необхідно витримувати допустимі відстані між мережами. Це підвищує безпеку та усуває взаємні перешкоди при роботі комунікацій.

Найбільш прогресивний метод – розміщення інженерних мереж у колекторі. За зручністю експлуатації інженерних підземних мереж колектори поділяють на *непрохідні*, *напівпрохідні* та *прохідні*. Спільна прокладка газопроводів і трубопроводів, що транспортують легкозаймисті та пальні рідини, з кабельними лініями не допускається. Мінімальна глибина закладення верху перекриття колектора має бути 0,5 м у разі його спорудження під проїзною частиною, під тротуарами – 0,3 м. Поздовжній ухил колектора для забезпечення внутрішнього водовідводу приймають не менше ніж 5 ‰.

Всі підземні інженерні мережі прокладають прямолінійно і паралельно осі вулиці чи лінії забудови, тому що прямолінійне прокладання – найкоротше.

Підземні мережі розміщують з одного боку вулиці без переходу на інший, тому що влаштування мережі на перехрещенні вулиці створює складну ділянку для експлуатації. Але за ширини проїзної частини більше ніж 22 м, варто передбачати прокладання мереж водопроводу й каналізації з обох боків вулиці. Відгалуження у квартали чи окремі будівлі прокладають під прямим кутом до лінії забудови.

Глибина закладення мереж залежить від їхнього виду, глибини промерзання ґрунтів і можливості пошкодження їх транспортними засобами.

Розміщення інженерних мереж потрібно показувати на поперечних профілях вулиці з вказівкою глибини залягання та відстаней між елементами вулиці та між собою.

13.2 Освітлення вулиць

Освітлення проїзної частини вулиць має важливе значення для безпеки дорожнього руху.

Основними характеристиками освітлення є **яскравість** і **освітленість**. Яскравість поверхні характеризує кількість відбиваного світла. Освітленість поверхні – показник світлорозподілу.

Для зовнішнього освітлення вулиць, доріг і майданів застосовують спеціальні світильники. Їх розміщують на стовпах чи щоглах, а також тросах – розтяжках. Для підвішування світильників застосовують металеві, залізобетонні, дерев'яні й пластмасові опори різноманітної форми.

Освітлювальні опори розміщують:

- на магістральних вулицях безперервного руху на відстані не менше ніж 1,5 м від бортового каменя до зовнішньої поверхні опори;
- на магістральних вулицях регульованого руху – 1,0 м;
- на вулицях і дорогах місцевого значення – 0,75 м;
- на заокругленнях і з'їздах – не ближче ніж 1,5 м від початку кривої.

Для магістральних вулиць крок розташування освітлювальних опор складає 30–60 м. За ширини проїзної частини 12–15 м допускають одnobічне освітлення проїзної частини, за ширини більше ніж 15 м – двобічне.

Якщо тротуар відокремлений від проїзної частини розділовою смугою завширшки 5 м і більше, його потрібно освітлювати окремо.

13.3 Озеленення вулиць

Зелені насадження є неодмінним елементом міських вулиць. Різні типи посадок використовуються в таких цілях: архітектурно-декоративних; захисту від сонячної інсоляції, теплового випромінювання, пилу, диму, вихлопних газів від автотранспорту, шуму, вітру; регулювання вуличного руху.

На широких вулицях зелені насадження створюють бульвари та алеї, на майданах розбивають сквери.

Бульвари, розташовані на магістральних і житлових вулицях міста призначені як для транзитного руху пішоходів до об'єктів обслуговування населення – торговим, дитячим, видовищним установам, так і для відпочинку. Ширину бульварів з поздовжньою пішохідною алеєю варто приймати не менше ніж 10 м.

Функціональне призначення скверу – декоративне оформлення майдану, на якому він розташований, і бути місцем короткочасного відпочинку пішоходів.

Ширину смуг зелених насаджень приймають залежно від їхнього призначення та виду. Відстані між стовбурами дерев у разі рядового насадження приймають залежно від розмірів їхніх крон, але не менше ніж 5 м, між місцями насадження дерев із широкою кроною та кущів – не менше ніж 2 м, а від окремих елементів вулиці (дороги) до дерев і чагарників – згідно з ДБН Б 2.2-12.

Для захисту від шуму й вітру найбільший ефект дають смуги насаджень великої ширини. Шумо- і пилозахисні смуги потрібно влаштовувати з 3–6 рядів густих деревно-чагарникових насаджень загальною шириною від 10 м до 30 м. Для зменшення загазованості та шуму необхідно широко використовувати рядове насадження чагарників.

1. Які види інженерних мереж Ви знаєте?
2. Де розміщують технічні смуги?
3. Які види колекторів Ви знаєте? Як їх проєктують?
4. Яка глибина закладання інженерних мереж?
5. Як освітлюють вулиці?
6. Як проєктують озеленення вулиць?
7. Як висаджують шумо- і пилозахисні смуги зелених насаджень?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ДОРОЖНІЙ ОДЯГ

ТЕМА 14 ТИПИ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

14.1 Основні поняття

Дорожній одяг – це конструкція з матеріалів, що опираються впливу навантаження від транспортних засобів та кліматичних факторів, призначена для забезпечення руху транспортних засобів.

Дорожній одяг складається з таких елементів: **покриття** – верхня частина одягу, що сприймає зусилля від коліс рухомого складу; **основа** – нижня частина дорожнього одягу, що зменшує тиск на земляне полотно; **додаткові шари основи** – шари, які влаштовують на ділянках з несприятливими погодно-кліматичними та ґрунтово-гідрологічними умовами.

Покриття піддається усім атмосферним впливам і визначає основні транспортно-експлуатаційні якості дорожнього одягу. Воно повинно протистояти пластичним деформаціям за високих температур улітку і бути тріщиностійким узимку. У покритті розрізняють шари зношення, шорсткуваті та захисні шари.

Зменшення тиску на земляне полотно досягається за допомогою перерозподілу тиску у розташованих нижче шарах основи.

Додаткові шари основи розташовуються між основою та підстильним ґрунтом. Додатковими шарами та прошарками можуть бути гідро-, пароізолювальні та протизамулювальні матеріали. Додаткові шари влаштовують з піску та інших місцевих матеріалів, укріплених органічними, мінеральними або комплексними в'язучими матеріалами. Наявність таких шарів дозволяє зменшити товщину верхніх, найбільш дорогих шарів дорожнього одягу.

14.2 Класифікація дорожнього одягу

Залежно від терміну експлуатації та рівня надійності дорожні одяги поділяють на:

– удосконалені капітальні покриття – цементобетонні (монолітні та збірні); асфальтобетонні із сумішей, що укладаються в гарячому стані; бруковані на бетонній або кам'яній основі;

– удосконалені полегшені покриття – асфальтобетонні із сумішей, що укладаються у теплому та холодному стані; щебеневі, оброблені бітумом методом змішування в установці, методом просочення або напівпросочення; з великоуламкових (до 40 мм) фракцій щебеня, піщаних або супіщаних ґрунтів, оброблених бітумною емульсією з цементом шляхом змішування в установці;

– перехідні покриття – щебеневі; гравійні; ґрунтові, оброблені органічними та неорганічними в'язкими; бруковані з бруківки та колотого каменя;

– нижчі покриття – із ґрунтів, укріплених або покращених різними місцевими матеріалами.

Залежно від опору навантаження від автотранспортних засобів та реакції на кліматичні впливи розрізняють жорсткий та нежорсткий дорожній одяг.

Жорстким є одяг, що має цементобетонне монолітне покриття, збірне покриття із цементобетонних і армобетонних плит, асфальтобетонне покриття на основі з цементобетону.

Нежорсткий – це дорожній одяг, покриття та основа якого спроможні працювати на розтягування, а їхня міцність та жорсткість практично не залежать від температури, вологості, тривалості дії навантаження і умов експлуатації. Такий одяг повинен зберігати суцільність на протязі всього терміну експлуатації. До нежорсткого одягу відносять асфальтобетонні, щебеневі, оброблені органічними та неорганічними в'язкими тощо.

14.3 Типи покриття проїзної частини

Асфальтобетонне покриття – це удосконалене покриття капітального типу, яке влаштовується з ущільнених асфальтових сумішей. Така суміш укладається на підготовлене покриття, розраховане на відповідні дорожні навантаження.

Асфальтобетонне покриття з литої суміші – це раціонально підібрана суміш в'язко-текучої консистенції з мінімальним вмістом повітряних порожнин, що складається з мінеральної частини (щебеня, піску і мінерального порошку) і бітумного в'язучого, взятих у певних співвідношеннях і укладених за

температури не менше ніж 190 °С. Вони виробляються із застосуванням бітумів, модифікованих домішками полімерів, полімерно-бітумного в'язучого (ПБВ).

Цементобетонне покриття – удосконалене покриття капітального типу, монолітне, що споруджується з цементобетонних сумішей, які ущільнюються на місці робіт, або збірне покриття із залізобетонних плит. За конструкцією цементобетонні покриття поділяють на *неармовані, армовані та попередньо-напружені*.

Бруковане покриття – дорожнє покриття перехідного типу із природного булижного або колотого каменю. Матеріалом для брукованого покриття є натуральний камінь: граніт, гнейс, базальт тощо.

Кам'яний матеріал, оброблений органічним чи мінеральним в'язучим методом змішування в установці. Чорна щебенева суміш (чорний щебінь) становить штучно створений будівельний матеріал, який виходить у результаті змішування декількох видів щебеня (вапнякового, гранітного, гравійного) з в'язучими компонентами. Як в'язучі компоненти найчастіше використовуються бітумна емульсія, нафтовий дорожній бітум або дьоготь.

Щебенево-піщана або гравійно-піщана суміш із поверхневою обробкою. Основою такого покриття є щебінь або гравій великої фракції. Зверху на нього насипають шар покриття менших фракцій. На підготовлену основу наливають бітум або іншу органічну сполуку. Вона забезпечує рівність поверхні та її однорідність.

14.4 Типи покриття тротуарів і пішохідних доріжок

Покриття на тротуарах та пішохідних доріжках має бути гладким без зазорів, але водночас не слизьким. Покриття пішохідної зони за можливістю має відрізнятися від інших елементів тротуару кольором або матеріалом.

Типи покриття на тротуарах:

– *піщаний або дрібнозернистий асфальтобетон* завтовшки не менше ніж 3 см;

– *монолітний цементобетон* – не менше ніж 12 см;

– *штучні кам'яні та бетонні плити*.

Основу для покриття тротуарів улаштовують із щебеня (вапняного і цегельного), ґрунтоасфальту, худого бетону, шлаку, місцевих матеріалів.

Товщина основи:

– під асфальтобетонні покриття – від 10 см до 12 см;

– під цементобетонні та збірні покриття – 10 см.

14.5 Типи покриття велосипедних доріжок

Дорожній одяг велосипедних доріжок варто проектувати полегшеного або перехідного типів.

Асфальтобетонне покриття – один з найпоширеніших та найбільш зручних варіантів покриття для велосипедних доріжок. **Бетонне покриття (бетонна плитка)** – стійке до зовнішніх чинників (мороз, вода, сонце) та довговічне, має рівну поверхню, але в порівнянні з асфальтобетоном може бути більш слизьким. **Покриття з вулканізованої гумової крихти** забезпечує хорошу амортизацію та антистатичні властивості. **Гравійне покриття** – екологічний та найдешевший варіант покриття для велодоріжок.

14.6 Типи покриття трамвайного полотна

Як покриття трамвайного полотна застосовують **асфальтобетон, бетонні плити, бруківку, щебінь, гумово-кордовий настил, трав'яний покрив**.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке дорожній одяг?
2. З яких елементів складається дорожній одяг? Які функції вони виконують?
3. Як класифікують дорожній одяг?
4. Які існують типи покриття проїзної частини?
5. Які існують типи покриття тротуарів?
6. Які існують типи покриття велосипедних доріжок?
7. Які існують типи покриття трамвайного полотна?

ТЕМА 15 КОНСТРУЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

15.1 Конструювання дорожнього одягу

Конструкція дорожнього одягу проїзних частин вулиць, доріг, площ, автостоянок і проїздів у населених пунктах повинна визначатися на основі техніко-економічних порівнянь декількох варіантів дорожніх одягів з урахуванням категорії вулиці, перспективної інтенсивності руху, складу транспортного потоку, кліматичних умов, геолого-гідрологічних умов, наявності будівельних матеріалів, наявності підземних комунікацій та споруд, вимог безпеки дорожнього руху, охорони навколишнього середовища, можливості пропуску будівельного транспорту в період інтенсивного будівництва з подальшим підсиленням одягу до розрахункових показників і параметрів після завершення будівництва.

Мінімальна товщина деяких шарів нежорсткого дорожнього одягу наведена в таблиці 5.

Таблиця 5 – Мінімальна товщина деяких шарів нежорсткого дорожнього одягу

Матеріал шару дорожнього одягу	Мінімальна товщина в щільному стані, см
1	2
Асфальтобетон:	
– крупнозернистий	10
– дрібнозернистий (залежно від розміру зерен)	3–5
– піщаний	3
– литий	2
– холодний дрібнозернистий	5
– холодний піщаний	3
Щебенево-мастиковий асфальтобетон (залежно від розміру зерен)	3–10
Чорний щебінь	8
Щебінь або гравій, оброблений в'язучим в установці	8
Щебінь, оброблений органічним в'язучим способом просочування (напівпросочування)	8
Щебінь із просочуванням мінеральним в'язучим	10
Суміш фрезерована, оброблена в'язучим за методом холодного ресайклінгу	10
– органічне в'язуче (залежно від розміру щебеня)	8–12
– мінеральне в'язуче (залежно від розміру щебеня)	14–18
– комплексне в'язуче (залежно від розміру щебеня)	10–14
Крупноуламковий ґрунт і піщано-гравійна суміш, укріплені мінеральним в'язучим	15
Маломіцний кам'яний матеріал або ґрунт, оброблений в'язучим	8
Шлаковий щебінь	12
Щебінь і гравій, не оброблені в'язучим:	
– на укріпленому ґрунті	12
– на піщаному шарі	15
Ґрунт, укріплений в'язучим	12
Пісок	15

Мінімальну товщину шарів цементобетонного покриття приймають згідно з ДБН В 2.3-4 (табл. 6).

Таблиця 6 – Мінімальна товщина шарів цементобетонного покриття

Матеріал основи	Мінімальна товщина покриття, см, за загальної кількості прикладань розрахункового навантаження, прив. од. на смугу				
	понад 10^8	від 2×10^7 до 10^8	від 10^7 до 2×10^7	від 5×10^6 до 10^7	менше ніж 10^6
1	2	3	4	5	6
Цементобетон (дрібнозернистий бетон, шлакобетон)	24–26	22–24	20–22	18–19	15
Кам'яний матеріал, укріплений неорганічним або органічним в'язучим	27	25	23–25	18–21	15–17
Щебінь, щебенево- піщана чи гравійно- піщана суміш, шлак	–	–	22 3	20–23	16–18
Пісок, піщано-гравійна суміш	–	–	–	20–23	16–18

15.2 Розрахунок нежорсткого дорожнього одягу

Дорожній одяг нежорсткого типу конструюють та розраховують на міцність відповідно до ГБН В.2.3-37641918-559 з урахуванням ДБН В.2.3-4. При цьому показники та характеристики матеріалів варто приймати:

- для магістральних вулиць і доріг загальноміського значення як для автомобільних доріг I і II категорій;
- для магістральних вулиць районного значення – за III категорією;
- для вулиць і доріг місцевого значення – за IV категорією;
- для проїздів і велодоріжок – за V категорією.

Розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу здійснюють у такій послідовності:

- вибір типу дорожнього одягу з урахуванням категорії вулиці, транспортних та природних умов;
- визначення розрахункових навантажень;
- визначення розрахункової приведенної інтенсивності руху;
- розробка конструкції дорожнього одягу;
- розрахунок за величиною пружного прогину;
- розрахунок на зсув у ґрунтовій основі та у проміжних шарах із слабкозв'язних матеріалів;
- розрахунок на розтяг при згині;
- визначення необхідності осушування та морозостійкості конструкції.

Дорожній одяг розраховують залежно від інтенсивності руху.

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін експлуатації дорожнього одягу $\sum N_{pt}$, авт./добу, визначається за формулою:

$$\sum N_{pt} = 0,7 \cdot T_{pdp} \cdot K_n \cdot K_c \cdot N_{pd}, \quad (25)$$

де T_{pdp} – кількість розрахункових днів на рік приймають залежно від дорожньо-кліматичної зони; K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього; K_c – коефіцієнт суми, що визначається залежно від розрахункового строку експлуатації T_{cl} та показника змін інтенсивності руху за роками q ; N_{pd} – приведена розрахункова перспективна інтенсивність руху у перший рік після прийняття в експлуатацію, авт./добу.

15.2.1 Розрахунок нежорсткого дорожнього одягу за допустимим пружним прогином

Визначають потрібний модуль пружності за формулою:

$$E_{потр} = 42,843 \cdot \ln(\sum N_{pt}) - b, \quad (26)$$

де $E_{потр}$ – потрібний еквівалентний модуль пружності дорожнього одягу, МПа; 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: $b = 409,40$; $\sum N_{pt}$ – сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін експлуатації дорожнього одягу, авт./добу.

Приймають модуль пружності конструкції $E_{заг}$ рівним потрібному модулю пружності $E_{потр}$:

$$E_{заг} = E_{потр}. \quad (27)$$

Розрахункові величини модулів пружності ґрунтів назначають залежно від кліматичної зони, конструкції земляного полотна, типу місцевості, ступеня зволоження і характеру ґрунтів. Значення розрахункових модулів пружності, що використовуються для розрахунку конструктивних шарів дорожнього одягу, встановлюють з урахуванням виду, властивостей та розташування матеріалів у конструкції.

Розрахунок за допустимим пружним прогином ведуть пошарово, починаючи з верхнього шару або з нижнього підстильного ґрунту, за допомогою рисунка 1 та номограми, що наведена у ГБН В.2.3-37641918-559:

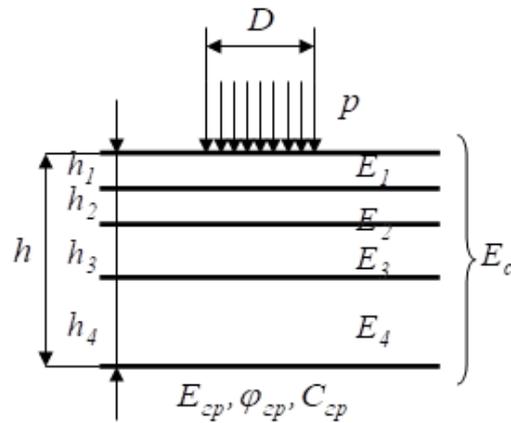


Рисунок 1 – Схема для розрахунку нежорсткого дорожнього одягу за допустимим пружним прогином

а) розраховують співвідношення: $\frac{E_{заг}}{E_1}$ та $\frac{h_1}{D}$;

б) за номограмою знаходять $\frac{E'_{заг}}{E_1}$. З цього відношення знаходять $E'_{заг}$.

Для визначення $E'_{заг}$ на номограмі проводиться вертикаль із точки на горизонтальній осі, що відповідає значенню $\frac{h_1}{D}$, і горизонтальна пряма з точки на вертикальній осі, що відповідає відношенню $\frac{E_2}{E_1}$. Точка перетину цих прямих дає шукане значення $\frac{E'_{заг}}{E_1}$;

в) за аналогією визначають загальний модуль пружності в основі другого шару $E''_{заг}$. Для цього, користуючись співвідношеннями $\frac{E'_{заг}}{E_2}$ та $\frac{h_2}{D}$, за номограмою знаходять $\frac{E''_{заг}}{E_2}$. З цього відношення знаходять $E''_{заг}$;

г) закінчують розрахунок визначенням товщини нижнього шару h_4 , що лежить безпосередньо на ґрунтовій основі земляного полотна. Визначають відношення $\frac{E'''_{заг}}{E_4}$ та $\frac{E_{гр}}{E_4}$. Тут $E_{гр}$ – модуль пружності ґрунту земляного полотна. Далі, користаючись номограмою, знаходять відношення $\frac{h_4}{D}$, звідки визначають h_4 .

15.2.2 Розрахунок нежорсткого дорожнього одягу на зсув у підстиляючому ґрунті

Дорожній одяг проєктують із розрахунку, щоб під дією короточасних, чи довгострокових навантажень у підстиляючому ґрунті та малозв'язних шарах за

строк експлуатації не виникали недопустимі залишкові деформації. Деформації зсуву в конструкції не будуть накопичуватись, якщо забезпечена умова:

$$K_{\text{мц}} = \frac{T_{\text{гр}}}{T_a}, \quad (28)$$

де $K_{\text{мц}}$ – необхідне мінімальне значення міцності, що визначається з урахуванням заданого коефіцієнта надійності; T_a – розрахункове активне напруження зсуву (частина зсувного напруження, непогашена внутрішнім тертям) у розрахунковій (найбільш небезпечній) точці конструкції від діючого тимчасового навантаження, МПа; $T_{\text{гр}}$ – гранична величина активного напруження зсуву, перевищення якої викликає порушення міцності на зсув, МПа.

Діючі в ґрунті активні напруження зсуву T_a вираховують за формулою:

$$T_a = \bar{\tau}_n \cdot p, \quad (29)$$

де $\bar{\tau}_n$ – питома активне напруження зсуву від одиничного навантаження, що визначають за допомогою номограми, яка наведена у ГБН В.2.3-37641918-559; p – розрахунковий питома тиск від колеса на покриття, МПа.

Для визначення $\bar{\tau}_n$ попередньо призначену конструкцію дорожнього одягу приводять до двошарової розрахункової моделі, у якій товщина верхнього шару дорівнює сумі товщин усіх конструктивних шарів одягу – $E_{\text{ср}}$:

$$E_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (30)$$

де n – кількість шарів конструкції дорожнього одягу; E_i – розрахунковий модуль пружності i -го конструктивного шару дорожнього одягу, МПа; h_i – товщина i -го конструктивного шару дорожнього одягу, см.

Розраховують відношення $\frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{гр}}}$ та $\frac{h}{D}$ за номограмами залежно від характеру взаємодії шарів визначають відношення $\frac{\bar{\tau}_n}{p}$, звідки знаходять $\bar{\tau}_n$.

Граничне активне напруження зсуву $T_{\text{гр}}$ в ґрунті робочого шару (чи в піщаному матеріалі проміжного шару) визначають за формулою:

$$T_{\text{гр}} = c_{\text{гр}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (31)$$

де $c_{гр}$ – зчеплення в ґрунті активної зони земляного полотна в розрахунковий період, МПа; k_1 – коефіцієнт, який враховує вплив навантажень на опір зсуву ґрунту. Під час розрахунку на вплив динамічного навантаження – $k_1 = 1,0$, у разі статичної дії навантаження або навантаження з малою повторністю – $k_1 = 1,5$; k_3 – коефіцієнт, який враховує особливості роботи ґрунту в конструкції. Значення k_3 приймають: піски крупні – $k_3 = 7,0$; піски середньої крупності – $k_3 = 6,0$; піски дрібні – $k_3 = 5,0$; піски пилюваті, супіски крупні – $k_3 = 3,0$; глинисті ґрунти – $k_3 = 1,5$; k_2 – коефіцієнт запасу на неоднорідність умов роботи конструкції, пов'язаний з можливим впливом несприятливих природних особливостей, технологічних та інших чинників. Під час розрахунку на тривалу дію навантаження $k_2 = 1,23$; у разі розрахунку на динамічну дію навантаження коефіцієнт k_2 визначають за формулою:

$$k_2 = 1,816 - 0,15 \cdot \ln (\sum N_{рт} / (T_{рдп} \cdot T_{сл})). \quad (32)$$

Далі перевіряють, чи забезпечується умова міцності:

$$K_{мц} = \frac{T_{гр}}{T_a}. \quad (33)$$

Якщо умова не виконується, тоді варто збільшити товщину окремих конструктивних шарів дорожнього одягу, або замінити матеріал шару на інший із більш високим модулем пружності.

15.2.3 Розрахунок монолітних шарів на розтяг під час згину

У монолітних шарах дорожнього одягу напруги, що виникають під час прогину під дією повторних тимчасових навантажень, не повинні порушувати структуру матеріалу й призводити до утворення тріщин. У такому разі умова міцності буде:

$$K_{мц} \leq R_{зг} / \sigma_r \quad (34)$$

де $K_{мц}$ – необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням заданого рівня надійності; $R_{зг}$ – гранично допустиме напруження розтягу матеріалу, шару з урахуванням втоми, МПа; σ_r – найбільше напруження розтягу у розглянутому шарі, що встановлюється розрахунком, МПа.

Під час розрахунку на згин шарів асфальтобетонної основи, що підстилає асфальтобетонне покриття, 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 (30).

Приводять конструкцію до двошарової моделі, де нижній шар моделі – частина конструкції, розташована нижче за пакет асфальтобетонних шарів. Модуль пружності нижнього шару визначають за номограмою за допустимим пружним прогином E_n .

До верхнього шару відносять усі асфальтобетонні шари.

Складають відношення:

$$\frac{E_B}{E_H} \text{ та } \frac{h_B}{D}, \quad (35)$$

де E_B – модуль пружності усіх верхніх асфальтобетонних шарів, МПа; E_H – модуль пружності усіх нижніх шарів, МПа; h_B – товщина усіх верхніх асфальтобетонних шарів, см.

За номограмою, яка наведена у ГБН В.2.3-37641918-559, визначають $\bar{\sigma}_r$.

Повне розтягувальне напруження під час згину асфальтобетону визначають за формулою:

$$\sigma_r = p \cdot \bar{\sigma}_r \cdot K_\delta, \quad (36)$$

де p – питомий тиск на покриття від розрахункового автомобіля, МПа; K_δ – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану покриття під колесом автомобіля зі спареними балонами. Зазвичай $K_\delta = 0,85$, але у разі розрахунку покриття на особливі навантаження (колесо з одним балоном) $K_\delta = 1,0$.

Визначають допустиме розтягувальне напруження під час згину асфальтобетону $R_{зг}$ за формулою:

$$R_{зг} = R_p \cdot k_m \cdot k_{kn} \cdot k_T, \quad (37)$$

де R_p – розрахункове значення опору розтягу під час згину за одноразового прикладання навантаження, МПа; k_m – коефіцієнт, що враховує зниження міцності в часі від дії погодно-кліматичних умов; k_T – коефіцієнт, що враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температуро-усадкових впливів; k_{kn} – коефіцієнт, що враховує короткочасність та повторність навантажень на дорозі:

$$k_{kn} = k_{np} \Sigma N^{1/m}, \quad (38)$$

де k_{np} – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у нерозрахунковий період; m – показник втоми; $\sum N$ – сумарна перспективна інтенсивність руху, авт./добу.

Здійснюють перевірку нерівності:

$$\frac{R_{зг}}{\sigma_r} \leq K_{мц}. \quad (39)$$

Якщо умова не виконується, тоді дорожній одяг варто підсилювати шляхом влаштування монолітного шару із матеріалу з більшим опором на розтяг під час згину або шляхом підвищення жорсткості конструктивних шарів.

Запитання для самоконтролю

- 1. Які типи конструкцій нежорсткого дорожнього одягу Ви знаєте?*
- 2. Як розраховують нежорсткий дорожній одяг за допустимим пружним прогином?*
- 3. Як розраховують нежорсткий дорожній одяг на зсув у підстилаючому ґрунті?*
- 4. Як розраховують нежорсткий дорожній одяг на розтяг під час згину?*

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Планування і забудова територій : ДБН Б.2.2–12:2019. – Чинний від 2019–09–01. – Київ : Мінрегіон України, 2019. – 208 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів : ДБН В.2.3-5-2018. – Чинний від 2018–09–01. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 61 с. (Державні будівельні норми України).
3. Система проектної документації для будівництва. Автомобільні дороги. Земляне полотно і дорожній одяг. Робочі креслення : ДСТУ Б А.2.4-29:2008. – Чинний від 2010–01–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 34 с. (Національний стандарт України).
4. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування : ГБН В.2.3-37641918-559:2019. – Чинний від 2010–01–01. – Київ : Міністерство інфраструктури України, 2019. – 63 с. (Галузеві будівельні норми України).
5. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. – Ч. I. Проектування, Ч. II. Будівництво. На заміну ДБН В.2.3-4-2007. – [Чинний від 2016–04–01]. – Київ : Мінрегіон України, 2015. – 104 с.
6. Проектування міських територій : підручник : у 2 ч. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. – (Серія «Міське будівництво та господарство»).
- Ч. 1 / [В. М. Бабаєв, В. Т. Семенов, Т. Д. Рищенко та ін. ; за ред. В. Т. Семенова, І. Е. Линник.]. – 2018. – 449 с.
- Ч. 2 / [В. М. Бабаєв, Т. Д. Рищенко, О. В. Завальний ; за ред. І. Е. Линник, О. В. Завального]. – 2019. – 544 с.
7. Безлюбченко О. С. Планування міст і транспорт : навч. посіб. / О. С. Безлюбченко, С. М. Гордієнко, О. В. Завальний; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 271 с.
8. Гордієнко С. М. Міський транспорт [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія / С. М. Гордієнко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 98 с. – Режим доступу: https://eprints.kname.edu.ua/52948/1/2013%204Л%20Консп_с%20титолом_МТр.pdf, вільний (дата звернення 07.02.2024). – Назва з екрана.
9. Гордієнко С. М. Міські вулиці та дороги [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія / С. М. Гордієнко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон.

текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 105 с. – Режим доступу: https://eprints.kname.edu.ua/52949/1/2013%206Л%20Консп_с_титулом_МВД_кор.pdf, вільний (дата звернення 07.02.2024). – Назва з екрана.

10. Інженерний захист та освоєння територій : довідник / Під заг. ред. В. С. Ніщука. – Київ : Основа, 2000. – 344 с.

11. Проектування автомобільних доріг : підручник : у 2 ч. Ч. 1 / За ред. О. А. Білятинського, Я. В. Хом'яка. – Київ : Вища школа, 1997. – 518 с.

12. Проектування автомобільних доріг : підручник : у 2 ч. Ч. 2 / За ред. О. А. Білятинського, Я. В. Хом'яка. – Київ : Вища школа, 1998. – 416 с.

Електронне навчальне видання

ЛИННИК Ірина Едуардівна

ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА МІСТ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання галузі знань 19 – Архітектура та будівництво зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Міське будівництво та господарство»)

Відповідальний за випуск *О. В. Завальний*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *І. Е. Линник*

План 2024, поз. 11Л

Підп. до друку 09.05.2024. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 3,5.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.