

Лекція 3. ПРОЕКТУВАННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ВЕЛИКИХ ТА ЗНАЧНИХ МІСТ

1. Методи формування мережі магістральних вулиць і доріг з безперервним рухом

Магістральні дороги безперервного руху виконують функції швидкісного транспортного зв'язку поза житловою забудовою між віддаленими промисловими й сільбищними районами в значних і найзначніших містах; швидкісного зв'язку із зовнішніми автомобільними дорогами, аеропортами й поселеннями в системі групового розселення. Всі перетинання з іншими магістралями міста проектуються в різних рівнях.

Основне призначення магістральних вулиць безперервного руху - транспортний зв'язок між житловими, промисловими районами й громадськими центрами в значних і найзначніших містах, а також з іншими магістральними вулицями, міськими й зовнішніми автомобільними дорогами. На перехрестях повинна бути забезпечена безперервність руху по основних напрямках шляхом будівництва розв'язок у різних рівнях.

Складність і висока вартість спорудження магістральних вулиць і доріг безперервного руху (МБР) визначають особливе значення проектного обґрунтування їхнього будівництва й правильність вибору їхнього напрямку. Проектними організаціями накопичений великий досвід рекомендацій з цих питань, але методик їх однозначного комплексного вирішення поки ще не створено. Із цієї причини в цей час завдання проектування мережі МБР у значних і найзначніших містах вирішується з застосуванням евристичних методів варіантного проектування (по суті, заснованих на накопиченому досвіді, інтуїції, здоровому глузді). Математичні методи використовуються лише для вирішення окремих фрагментів цього завдання, що піддаються математичному моделюванню.

У проблемі формування мережі МБР (як втім, і формування вулично-дорожньої мережі міста в цілому або формування пішохідної мережі чи мережі швидкісного міського пасажирського транспорту) можна виділити дві сторони, що вступають одна з одною у протиріччя. Одна сторона пов'язана з уявленнями про найкоротший і зручний зв'язок заданих центрів тяжіння транспорту один з одним і мінімумі витрат часу на пересування. Інша сторона - це економічність будівництва й експлуатації мережі МБР. Ці сторони - яскраво виражені антиподи, і раціональна мережа повинна враховувати їх обидві.

На рис. 1.1 наведений приклад побудови мережі МБР для групи заданих точок (центрів тяжіння) трьома різними способами:

- з урахуванням тільки вимог прямолінійності зв'язку із суспільними центрами міста (рис. 1.1 а);
- максимум економічності будівництва - найкоротша мережа МБР (рис 1.1 б);

- раціональна мережа МБР із урахуванням обох вимог (рис. 1.1 в).

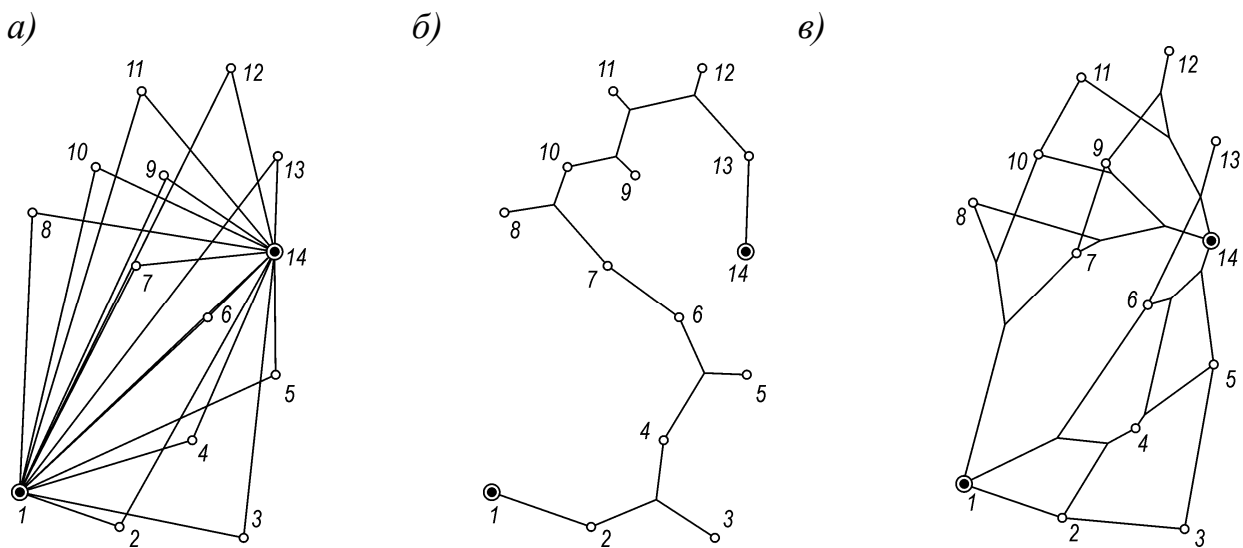


Рисунок 1.1 - Формування мережі магістралей безперервного руху

Для заданої сукупності вихідних точок може бути побудовано безліч раціональних мереж магістралей безперервного руху, вибір з яких можна вести за критерієм сумарної довжини мережі МБР.

На практиці, для формування раціональної мережі МБР використовують так званий метод «спрямованого пошуку», що відрізняється від простого перебору можливих варіантів мереж МБР послідовним поліпшенням якості вихідного варіанта мережі МБР. А саме, на першій ітерації визначають найкоротшу мережу, що зв'язує кореспондуючі пункти (ця найкоротша мережа і є вихідним варіантом мережі МБР). На наступних ітераціях ураховують містобудівні й інші обмеження формування мережі й перевіряють можливості доповнення мережі зв'язками або заміни одних зв'язків іншими так, щоб на кожній ітерації характеристики, що визначають якість ВДМ (прямолінійність мережі, витрати часу на пересування й т.д.), поліпшувалися.

Етап переходу від найкоротшої мережі МБР до раціональної за тими або іншими критеріями відрізняється великою складністю й тому не може бути формалізований. Це значною мірою творчий процес. А от синтез найкоротшої мережі МБР при заданому розташуванні центрів транспортного тяжіння без врахування містобудівних обмежень (на вільній площині) більш просте завдання, для вирішення якого розроблено ряд формальних методів.

Є дві основні постановки завдання пошуку найкоротшої мережі МБР:

1. З'єднати N заданих центрів тяжіння (далі заданих вершин) магістралями безперервного руху так, щоб з будь-якої заданої вершини можна було б доїхати до будь-якої іншої по побудованих магістралях і сумарна довжина цих магістралей була б мінімальна. Утворення вузлів мережі поза заданими вершинами не допускається.

2. Побудувати мережу найкоротшої довжини, що з'єднає N заданих вершин, з можливістю утворення необмеженої кількості вузлів, що не збігаються із заданими вершинами.

Перша постановка завдання в теорії графів одержала назву «задача Прима», друга - «задача Штейнера».

Задача Прима має простий і зручний для практики графічний метод вирішення. На рис. 1.2 наведений приклад побудови найкоротшої мережі методом Прима між центрами тяжіння 1, 2 ... 7 із заданою відстанню між ними по повітряних прямих.

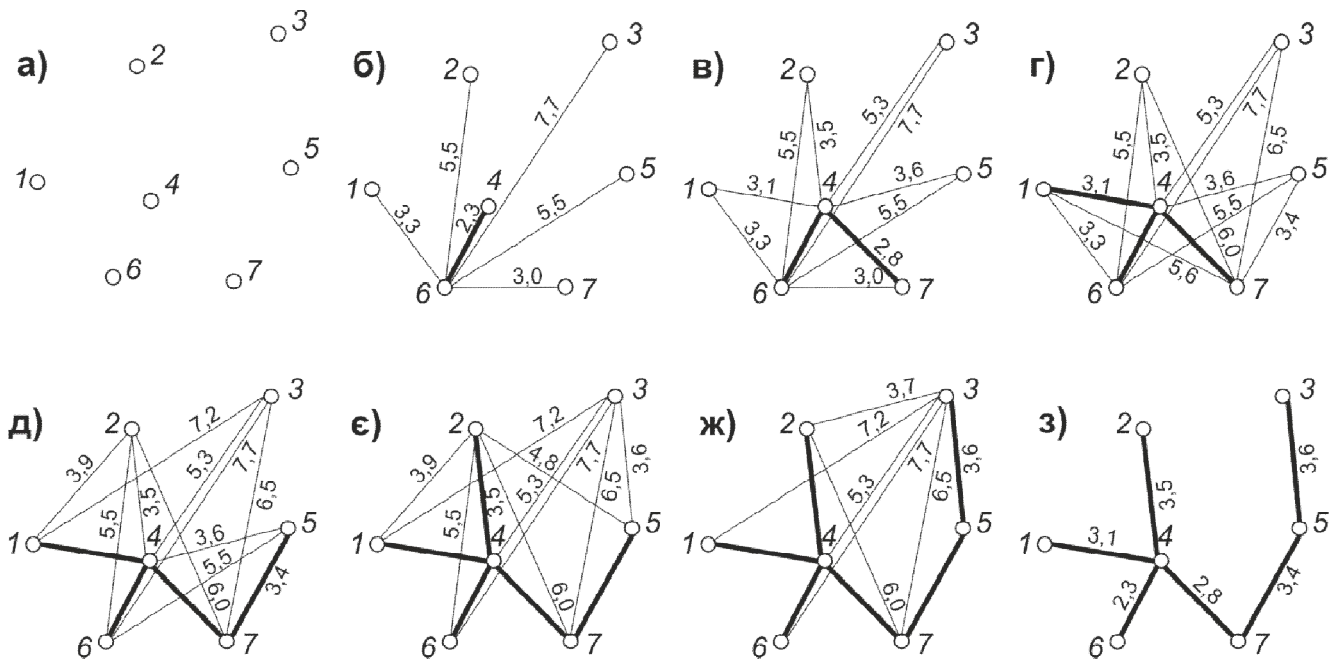


Рисунок 1.2 - Приклад побудови найкоротшої мережі за методом Прима

За центр побудови прийнятий вузол 6 (за центр побудови може бути взятий будь-який інший із заданих транспортних вузлів. При цьому буде побудована аналогічна мережа). Процедура побудови найкоротшої мережі наступна:

- визначається зв'язок мінімальної довжини між вузлом 6 і всіма іншими вузлами мережі. Будується перший фрагмент мережі 6 – 4 (рис. 1.2 б);

- визначається зв'язок мінімальної довжини між вузлами 6 і 4 і всіма вузлами мережі, що залишилися. Будується другий фрагмент мережі 4 – 7 (рис. 1.2 в);

- визначається зв'язок мінімальної довжини між вузлами 6, 4, 7 і всіма вузлами мережі, що залишилися. Будується третій фрагмент мережі 4 – 1 (рис. 1.2 г);

- триває процедура нарощування мережі доти, поки в мережу не ввійдуть всі задані вузли. Остаточна найкоротша транспортна мережа показана на рис. 1.2 з.

Однак задача Прима некоректна у своїй постановці стосовно до формування нової мережі магістралей, оскільки забороняється створення вузлів мережі поза заданими центрами тяжіння. Можливість формування мережі меншої довжини шляхом введенні додаткових вершин показана на рис. 1.3.

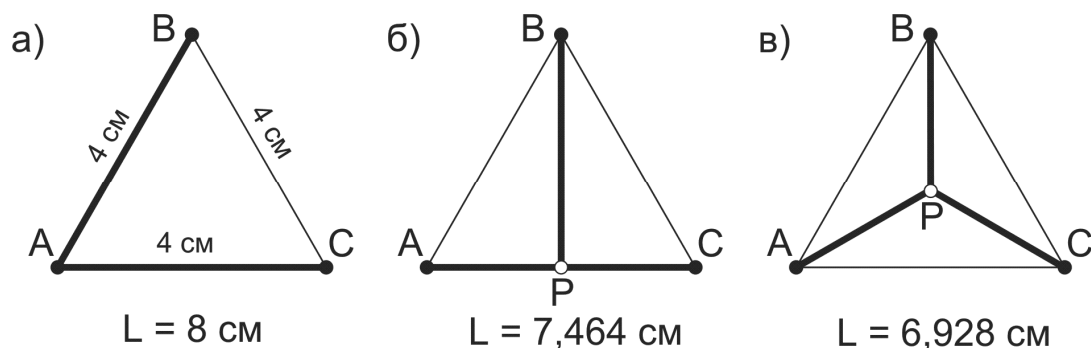


Рисунок 1.3 - Варіанти мережі, побудовані для трьох заданих вершин A, B, C а) з використанням методу Прима; б) і в) із введенням додаткової вершини P .

На рис. 1.3 як приклад вирішене завдання пошуку мережі для точок, розташованих у вершинах рівностороннього трикутника зі стороною 4 см . У випадку a вершини з'єднуються без введення додаткових вершин з використанням методу Прима. У випадках b і v утворюються мережі шляхом додавання додаткової вершини P . Як бачимо, при додаванні додаткової вершини довжина мережі (L) зменшується, причому місце розташування додаткової вершини впливає на довжину мережі.

Виникає питання - як розташувати додаткові вершини, щоб одержати мережу з мінімальною довжиною?

Додаткові вершини, які вводяться для одержання мереж з мінімальною довжиною, називаються точками Штейнера, а мережі, отримані шляхом додавання точок Штейнера, називають мережами Штейнера.

Для побудови мереж Штейнера розроблений ряд алгоритмів, в основу яких покладені такі правила:

1. З додаткової вершини (точки Штейнера) можуть виходити тільки три ребра, що утворюють між собою кути 120° (точка P , рис. 1.4 a).

2. Із заданої вершини можуть виходити одне або два ребра. Якщо виходить два ребра, то кут між ними більше або дорівнює 120° (точка C , рис 1.4 b).

3. Максимальна кількість точок Штейнера на дві менше, ніж кількість заданих вершин (рис. 1.4 a).

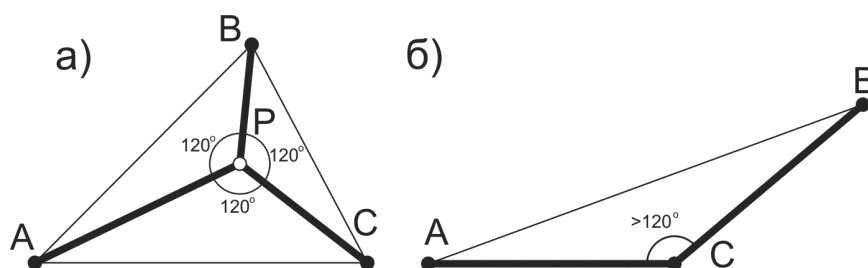


Рисунок 1.4 - Правила побудови мереж Штейнера

Розглянемо задачу побудови мережі Штейнера для трьох заданих вершин (рис. 1.5).

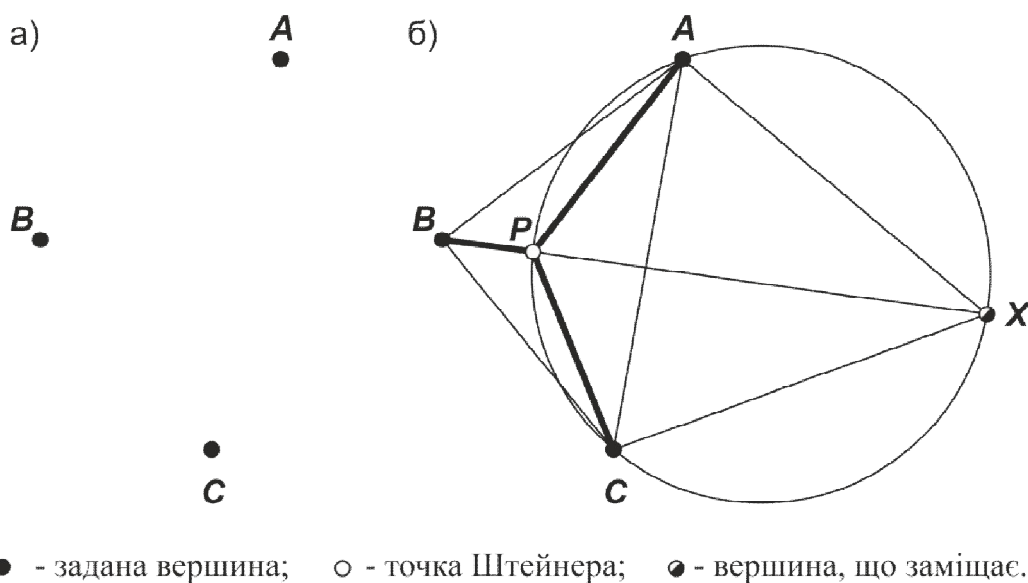


Рисунок 1.5 - Приклад побудови мережі мінімальної довжини для трьох вершин а) задані вершини; б) побудова мережі Штейнера.

Заданими вершинами на рис. 1.5 є точки A , B , C . Необхідно побудувати мережу мінімальної довжини, що з'єднає ці точки.

Побудуємо трикутник, вершинами якого є точки A , B , C . Якщо один з кутів трикутника більше або дорівнює 120° , то точка Штейнера збігається із заданою вершиною в цьому куті трикутника. У прикладі на рис. 1.5 б всі кути трикутника менше 120° , тому точка Штейнера повинна перебувати десь усередині трикутника ABC .

Щоб знайти цю точку необхідно виконати наступні дії:

1) будуємо рівносторонній трикутник з базою на самій довгій стороні трикутника ABC (на рис. 1.5 б це сторона AC). Третя вершина рівностороннього трикутника (позначимо її X) перебуває на протилежній стороні від точки B відносно AC ;

2) навколо трикутника ACX описуємо окружність (нагадаємо, що центр цієї окружності лежить у точці перетинання серединних перпендикулярів до сторін трикутника);

3) проводимо пряму, що з'єднає точки B і X . Точкою Штейнера є точка P перетинання прямої BX і окружності.

З'єднавши точки A, B, C з точкою P , ми одержуємо три кути, у точності рівні 120° кожний, і шукану найкоротшу мережу Штейнера. Більше того, довжина відрізка BX виявляється рівною довжині найкоротшої мережі. Тому точку X називають точкою, що заміщає, оскільки заміна точок A і C однією точкою X не змінює довжину мережі.

Для трьох заданих вершин існує тільки одна мережа Штейнера. Для чотирьох і більше заданих вершин можна побудувати кілька різних мереж Штейнера. І тільки одна (або декілька з них) є найкоротшою мережею доріг, всі інші - локально найкоротші. Математики в таких випадках говорять, що кожна мережа Штейнера дає локальний мінімум до задачі, а одна або декілька з них дають глобальний мінімум, тобто є самими короткими серед всіх можливих мереж доріг для заданих вершин.

Для кожного набору заданих вершин існує кінцеве число мереж Штейнера. Діючи методом повного перебору, можна знайти найкоротшу мережу Штейнера.

Наприклад, для чотирьох заданих вершин на рис. 1.6 а можливо побудувати дві мережі Штейнера.

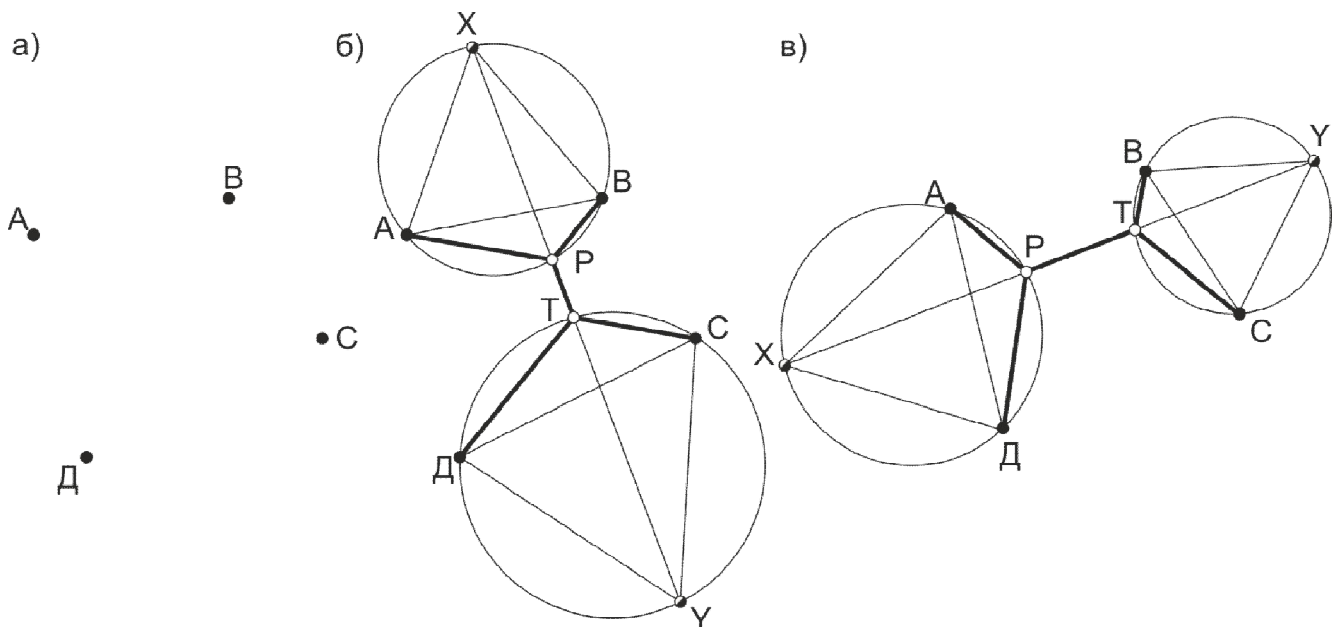


Рисунок 1.6 - Приклад побудови мережі Штейнера з використанням алгоритму попарного заміщення

На рис. 1.6 мережі Штейнера побудовані з використанням алгоритму попарного заміщення. Тут можливі три варіанти попарного заміщення:

1. Заміщаються пари вершин A, B і C, D .

2. Заміщаються пари вершин A, D і B, C .

3. Заміщаються пари вершин A, C і B, D .

Розглянемо перший варіант і побудуємо для нього мережу Штейнера.

Алгоритм вирішення задачі наступний (рис. 1.6 б):

1) будуємо рівносторонній трикутник з базою на стороні AB (трикутник ABX). Вершина цього рівностороннього трикутника X є точкою, що заміщає точки A і B ;

2) навколо трикутника ABX описуємо окружність;

3) будуємо рівносторонній трикутник з базою на стороні DC (трикутник DCY). Вершина цього рівностороннього трикутника Y є точкою, що заміщає точки D і C . Навколо трикутника DCY описуємо окружність;

4) проводимо пряму, що з'єднує точки X і Y . Точки перетинання прямої XU і окружностей є точками Штейнера (точки P і T);

5) будуємо мережу Штейнера, з'єднавши точки A і B із точкою P , точки D і C із точкою T та точки P і T між собою. Довжина мережі Штейнера дорівнює довжині відрізка XU .

Аналогічним чином для другого варіанта попарного заміщення отримана мережа Штейнера на рис. 1.6 в. А от розгляд третього варіанта не дає мережі Штейнера, так само, якщо б в перших двох варіантах побудувати рівносторонні трикутники в протилежну сторону (залишимо ці випадки для самостійного розгляду).

Отже, для заданих вершин отримані дві мережі Штейнера. Порівняння довжини відрізка XU на рис. 1.6 б з довжиною відрізка XU на рис. 1.6 в приводить нас до висновку про те, що мережа Штейнера на рис. 1.6 в є глобально мінімальною, тобто мережею найменшої довжини. У теорії графів існує припущення про те, що для заданих вершин будь-яка мережа Штейнера не більше ніж на 13,4 % довша мережі найменшої довжини.

Наведений вище алгоритм попарного заміщення можливо застосовувати лише для побудови мережі Штейнера для чотирьох заданих вершин. Цей алгоритм є окремим випадком алгоритму заміщення пари вершин.

На рис. 1.7 а побудована мережа Штейнера для чотирьох заданих вершин з рис. 1.6 а. з використанням алгоритму заміщення пари вершин.

Алгоритм заміщення пари вершин наступний (рис. 1.7 а):

1) вибираємо серед заданих вершин пару. На рис. 1.7 а нами була обрана пара вершин A і B ;

2) знаходимо точку X , що заміщає пару вершин A і B ;

3) проводимо пряму, що з'єднує точку X з однією з вершин, що залишилися (на рис. 1.7 а це точка D);

4) знаходимо точку Y , що заміщає пару вершин X і D ;

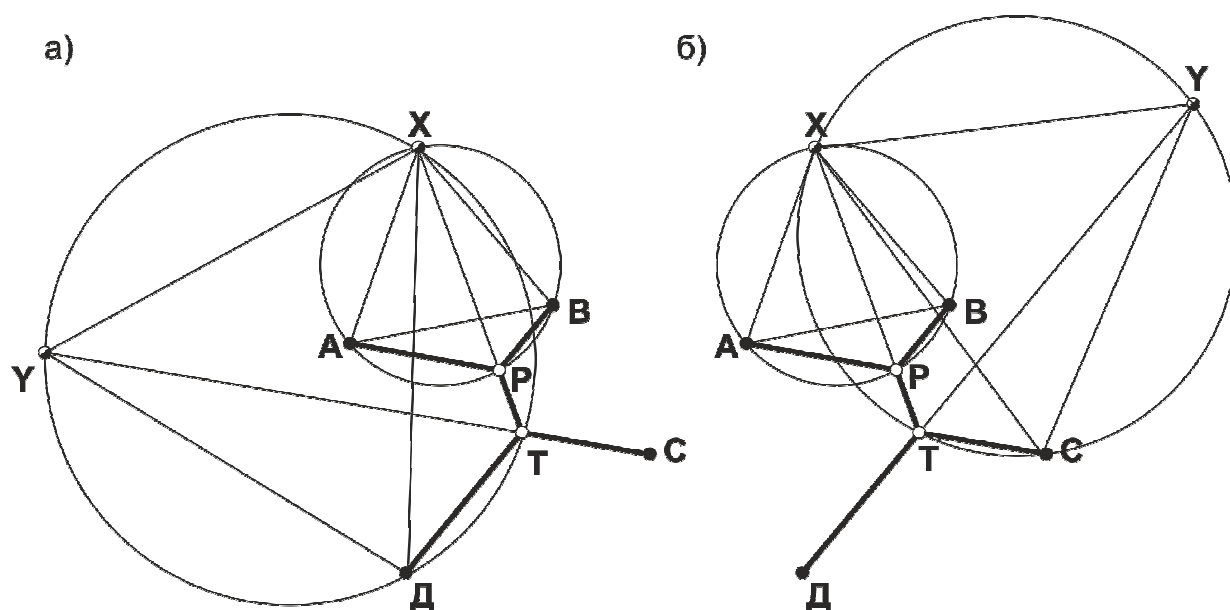


Рисунок 1.7 - Приклади побудови мережі Штейнера з використанням алгоритму заміщення пари вершин

5) проводимо пряму, що з'єднує точку Y з вершиною C . Точка перетинання прямої YC і окружності навколо рівностороннього трикутника XDY є точкою Штейнера T ;

6) точка перетинання прямої TX і окружності навколо рівностороннього трикутника ABX є точкою Штейнера P ;

7) будуємо мережу Штейнера, з'єднавши точки A і B із точкою P , точки D і C із точкою T і точки P і T між собою. Довжина мережі Штейнера дорівнює довжині відрізка YC .

Із застосуванням алгоритму заміщення пари вершин для чотирьох заданих вершин необхідно розглянути значно більше варіантів побудови мережі Штейнера в порівнянні з алгоритмом попарного заміщення. Так на першому кроці алгоритму можна вибрати такі пари вершин: A і B , B і C , C і D , D і A , A і C , B і D . Крім того, на другому кроці необхідно розглянути випадки заміщення з однією з вершин, що залишилися. Наприклад на рис. 1.7 *а* це вершина D , а на рис. 1.7 *б* – вершина C .

Зі збільшенням кількості заданих вершин кількість варіантів побудови мережі Штейнера істотно зростає й пошук найкоротшої мережі без застосування ЕОМ стає проблематичним. Однак у цей час навіть краще програмне забезпечення для вирішення цієї задачі при його реалізації на найсучаснішій обчислювальній техніці дає можливість за реально прийнятний час здійснювати пошук найкоротшої мережі Штейнера приблизно для 30 заданих вершин.

Приведемо приклад побудови мережі Штейнера для шести заданих вершин на рис. 1.8 *а*. При побудові мережі Штейнера спільно використовували алгоритм заміщення пари вершин і алгоритм попарного заміщення.

Послідовність побудови мережі Штейнера наступна (рис. 1.8 *б*):

- 1) вибираємо пари вершин B і C і знаходимо точку X , що їх заміщає;
 - 2) розглядаємо пари вершин A, X і E, D . З використанням алгоритму попарного заміщення знаходимо місце розташування точок Штейнера T і S ;
 - 3) проводимо пряму, що з'єднає точку T з точкою X . Точка перетинання прямої TX і окружності навколо рівностороннього трикутника BCX є точкою Штейнера P ;
 - 4) так як кут між ребрами ES і EF більше 120° , то ребро EF включаємо до мережі Штейнера без введення додаткових вершин Штейнера;
 - 5) будуємо мережу Штейнера.
- Довжина мережі Штейнера на рис. 1.8 б дорівнює сумі довжини відрізків YZ і EF .

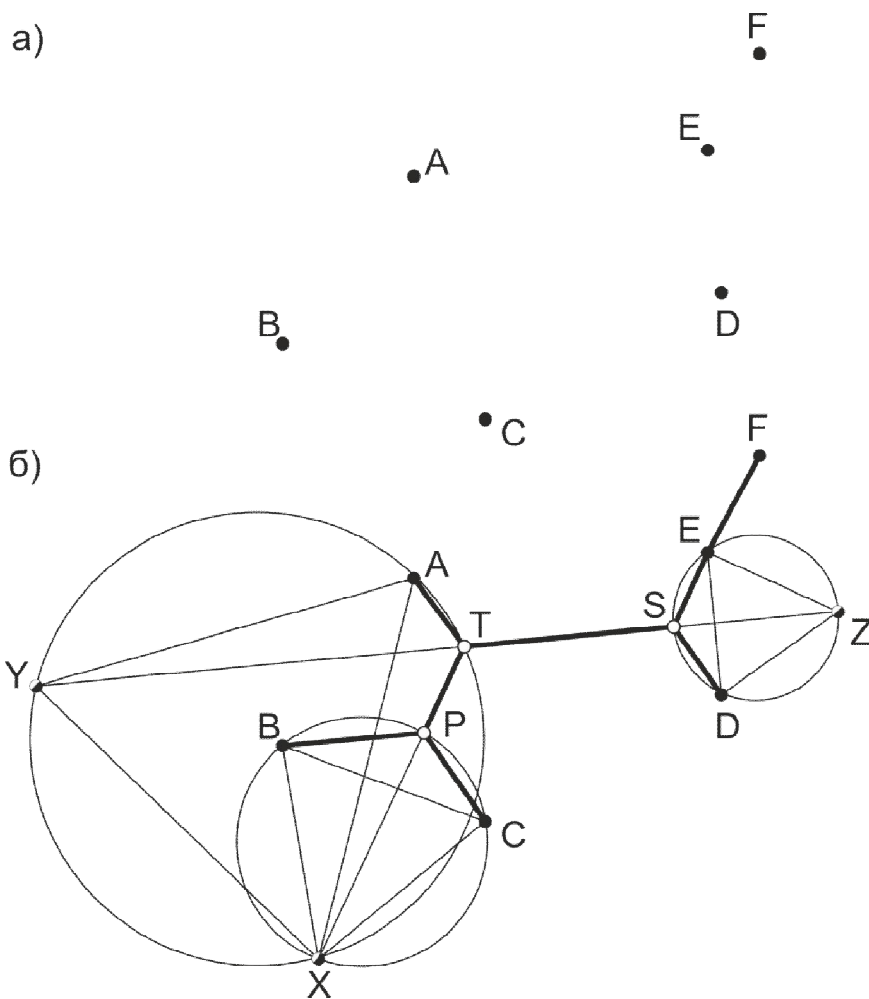


Рисунок 1.8 - Приклад побудови мережі Штейнера для шести заданих вершин

На закінчення відзначимо ще одну важливу перевагу формування мережі МБР (як і ВДМ у цілому) у вигляді мереж Штейнера. Перевага полягає в тому, що при побудові мережі Штейнера у вершинах цієї мережі може сходитися не більше трьох вулиць (доріг). Це дає можливість організувати безперервний рух на таких тристоронніх перехрестях з меншими капітальними витратами, чим, наприклад, на чотирибічних перехрестях. У вузлах мережі МБР, сформованої

як мережа Штейнера, можуть бути побудовані розв'язки в різних рівнях (додаток А, ТПГ_МУ_практик_r.pdf) або організований рух по кільцю, як, наприклад, це зроблено на всіх перетинаннях магістральних вулиць у районі Оболонь міста Києва (додаток Б, ТПГ_МУ_практик_r.pdf).

Запитання для самоконтролю

1. Яке призначення магістральних вулиць і доріг безперервного руху у значних і найзначніших містах?
2. У чому полягають основні проблеми формування у містах мережі магістралей з безперервним рухом?
3. У чому суть методу «спрямованого пошуку» при формуванні мережі МБР?
4. Який алгоритм побудови найкоротшої мережі вулиць за методом Прима?
5. У чому суть пошуку найкоротшої мережі вулиць за методом Штейнера?
6. Які правила покладені в основу побудови мереж Штейнера?
7. Поясніть алгоритм побудови мережі Штейнера для трьох заданих вершин.
8. Поясніть алгоритм попарного заміщення на прикладі побудови мережі Штейнера для чотирьох заданих вершин.
9. Поясніть на прикладі алгоритм заміщення пари вершин при побудові мережі Штейнера.

2. Проектування поперечного профілю міської магістральної вулиці

Основні принципи проектування поперечного профілю міської магістральної вулиці.

Елементами міської вулиці або дороги на перегонах є: одна або кілька проїзних частин, запобіжні смуги, тротуари (пішохідні, службові), пішохідні доріжки, велодоріжки, трамвайні шляхи, смуги зелених насаджень, центральні розділювальні смуги між проїзними частинами зустрічних напрямків руху, розділювальні смуги між центральною проїзною частиною й бічними проїздами, між тротуаром і проїзними частинами, укоси насипів і виїмок, підпірні стінки, технічні смуги, резервні смуги, зупинні й кінцеві майданчики маршрутного пасажирського транспорту і т.д.

При проектуванні поперечного профілю вулиці склад і кількість її елементів, їх взаємне розташування й просторове рішення визначаються особливостями прилягаючої забудови, інтенсивністю транспортного й пішохідного руху, складом транспортного потоку, використанням підземного й надземного простору. Основний принцип компоновки поперечного профілю вулиці полягає в диференціації шляхів сполучення залежно від дозволеної на них швидкості. Загальноприйнятий порядок розміщення елементів вулиці в поперечному профілі, починаючи з середини, такий: проїзди для швидкісного руху, бічні проїзди для місцевого руху, велосипедні доріжки, тротуари, технічні смуги для розміщення комунікацій вздовж будівель. Кожна із зазначених смуг відокремлюється від іншої розділювальними смугами.

У випадках рівноцінної забудови й відносно рівнозначних за напрямками транспортних потоків, поперечний профіль вулиць і доріг, як правило, слід проектувати симетричним, а при односторонній житловій або громадській забудові – асиметричним, наближаючи до забудови лінії масового пасажирського транспорту й віддаляючи автомобільний рух. Тобто, на асиметричне рішення поперечного профілю може вплинути висока нерівномірність автомобільного руху, а також одностороннє розташування об'єктів притягання населення або автотранспорту.

Границями міських вулиць і доріг є червоні лінії. Червоні лінії позначають у координатах умовну границю між зовнішніми елементами поперечного профілю вулиць і доріг (тротуар, узбіччя, технічна зона й ін.) і прилягаючою територією (забудова, парки, сквери, різні споруди та ін.).

Різноманіття факторів, що впливають на ширину вулиць тих самих категорій, дозволяє рекомендувати тільки найбільш типові рішення поперечного профілю (див. [2, додаток В], [3, рис. 1 – 9]), які уточнюються для конкретних містобудівних умов. На рис. 2.1 зображені характерні поперечні профілі магістральних вулиць загальноміського та районного значення.

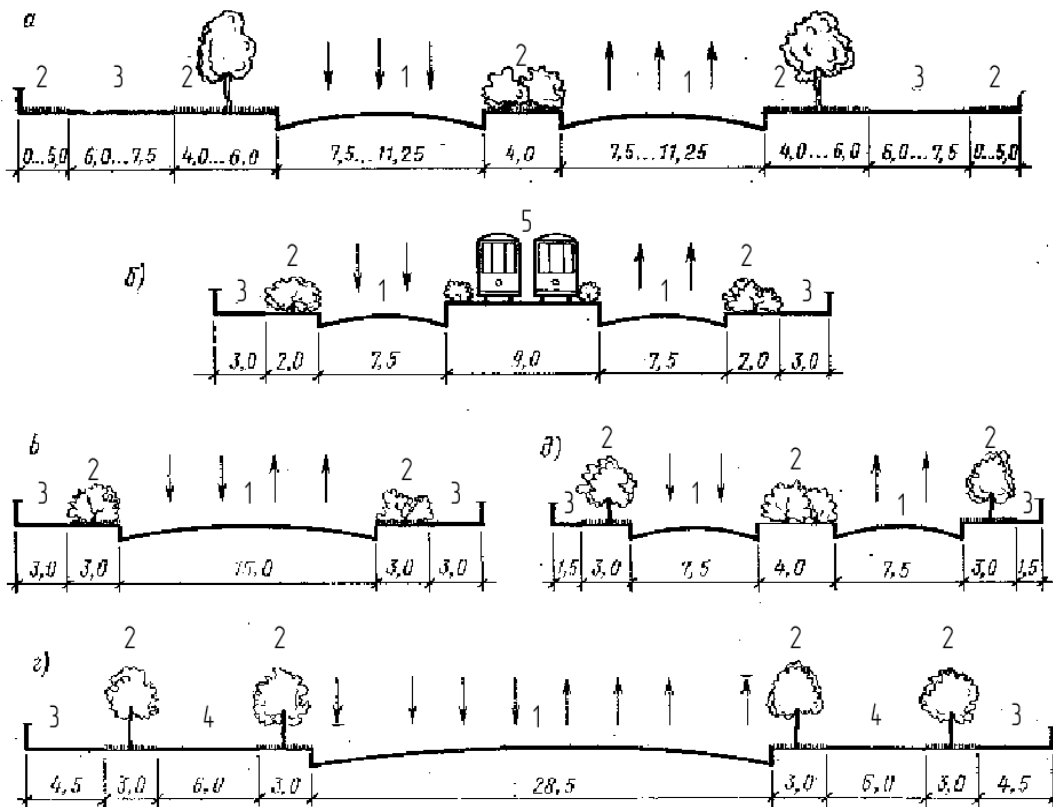


Рисунок 2.1 - Поперечні профілі магістральних вулиць

Умовні позначення: 1 – проїзна частина; 2 – розділювальні смуги та смуги озеленення; 3 – тротуар; 4 – бічні проїзди; 5 – трамвайне полотно на центральній розділювальній смузі

Ширину елементів поперечного профілю магістральних вулиць і доріг слід визначати як для усталеного руху на перегоні, так і на підходах до перехресть, де кількість смуг руху обумовлюється прийнятою схемою організації дорожнього руху на перехресті. Так на магістральних вулицях і дорогах на підходах до перехресть із регульованим і саморегульовальним рухом, як правило, слід передбачати розширення проїзної частини на одну, дві смуги руху на відстані не менш 50 м від перехрестя. Довжина відгону ширини повинна становити не менш 20 м.

При проектуванні поперечного профілю міської магістральної вулиці необхідно враховувати ряд рекомендацій.

Найменша ширина проїзної частини повинна становити дві смуги руху у двох напрямках. Найбільша ширина проїзної частини – чотири смуги руху в одному напрямку. При інтенсивності руху в одному напрямку, що перевищує пропускну здатність чотирьохсмугової проїзної частини, необхідно влаштовувати бічні проїзди для місцевого руху.

Бічні проїзди проектують у вигляді окремої проїзної частини для руху переважно громадського транспорту, а також вантажних і легкових автомобілів, що обслуговують прилягаючу забудову. Ширину проїзної частини бічних проїздів слід приймати відповідно з [2, п. 2.4].

При організації на перегоні магістральної вулиці тролейбусного двостороннього руху ширина проїзної частини повинна бути не менш 10,5 м, автобусного руху – 9 м, з організацією «кишень» у місцях зупинок.

При пристрої спеціалізованих тролейбусно-пішохідних або автобусно-пішохідних вулиць ширину проїзної частини допускається зменшувати відповідно до 8 і 7 м при довжині таких магістралей не більш 1,5 км. Швидкість руху транспортних засобів маршрутного пасажирського транспорту на таких вулицях не повинна перевищувати 30 км/год.

Розрахунок ширини проїзної частини

Основним елементом вулиці є проїзна частина. Вона призначена для руху всіх видів нерейкового транспорту, для зупинок, а в деяких випадках і для стоянок транспортних засобів. Загальна ширина проїзної частини визначається шириною смуги руху, кількістю смуг і шириною запобіжної смуги (рис. 2.2).

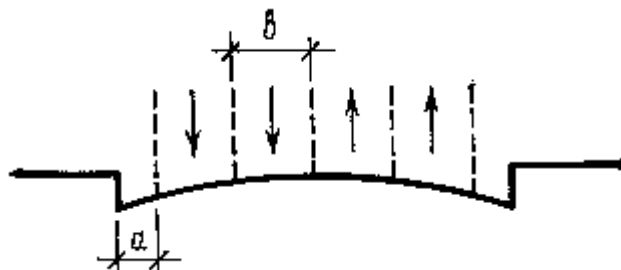


Рисунок 2.2 - Схема для розрахунку ширини проїзної частини.

$$B_{ПЧ} = bn + 2a \quad , \text{ м}, \quad (2.1)$$

де b – ширина однієї смуги руху, m ;

n – кількість смуг руху;

a – ширина запобіжної смуги між проїзною частиною і бордюром, m .

Ширина однієї смуги руху приймається в залежності від категорії вулиці чи дороги у відповідності з [1, табл. 7.1]. Категорію вулиці або дороги слід призначати відповідно до класифікації, наведеної в [1, додаток 7.1]. В умовах реконструкції в центральних частинах міст на вулицях загальноміського та районного значення допускається, як виняток, зменшувати ширину смуги руху до 2,75 м при умові, що цією смугою буде здійснюватися рух переважно легкових автомобілів з уведенням необхідних обмежень на режим руху (максимальної швидкості, зупинки та стоянки).

Кількість смуг руху розраховується в залежності від перспективної інтенсивності руху транспорту і пропускної здатності проїзної частини вулиці.

Основна умова при розрахунку кількості смуг руху наступна: пропускна здатність проїзної частини ($P_{ПЧ}$) повинна бути не менша перспективної інтенсивності руху транспорту (N).

$$P_{ПЧ} \geq N \quad (2.2)$$

Пропускна здатність багатосмугової проїзної частини на перегонах визначається з урахуванням коефіцієнта багатосмуговості (κ_c), який залежно від кількості смуг в одному напрямку приймається: за однієї смуги – $\kappa_c=1,0$; двох смуг – $\kappa_c=1,9$; трьох смуг – $\kappa_c=2,7$; чотирьох смуг $\kappa_c=3,5$ [2, примітка 3 до табл. 1.2].

$$P_{ПЧ} = \kappa_c \cdot P_{1c} \quad (2.3)$$

де P_{1c} – пропускна здатність однієї смуги руху, прив. од./год.

При проектуванні і реконструкції міських вулиць і доріг пропускну здатність однієї смуги руху приймають рівною розрахунковій інтенсивності руху на смузі в залежності від категорії вулиці чи дороги [2, табл. 1.2]. За розрахункову інтенсивність приймають таку величину інтенсивності руху транспортного потоку, при якій не менш 80 % транспортних засобів цього транспортного потоку рухаються зі швидкістю, не меншою за 70 % від розрахункової швидкості руху для даної категорії вулиці чи дороги.

З урахуванням формул (2.2) та (2.3) маємо:

$$\kappa_c \geq \frac{N}{P_{1c}} \quad (2.4)$$

Необхідно прийняти таку кількість смуг, при якій значення коефіцієнта багатосмуговості κ_c відповідало б нерівності (2.4). Кількість смуг руху на

основній проїзній частині не повинна бути меншою зазначеної у [1, табл. 7.1] для даної категорії вулиці чи дороги.

У процесі розрахунків за формулою (2.4) інтенсивність руху різних типів транспортних засобів слід приводити до легкового автомобіля, застосовуючи коефіцієнти з [2, п. 1.7].

З обох боків проїзної частини магістральних вулиць і доріг, а також центральної розділювальної смуги повинні передбачатись запобіжні смуги, ширина яких (a) визначається відповідно з [2, п. 2.10].

При визначенні ширини проїзної частини необхідно враховувати ще ряд рекомендацій.

При інтенсивності руху на міських дорогах більш 500 вантажних автомобілів у годину й наявності в потоці понад 25-30 % автомобілів із числом осей 3 і більше (автопоїзди, напівпричепи та ін.) одну зі смуг руху необхідно передбачати завширшки 4,5 м.

При інтенсивності руху маршрутного пасажирського транспорту (МПТ) не менш 40 *од./год* необхідно виділяти для руху такого транспорту спеціалізовану смугу руху. При цьому інтенсивність руху інших транспортних засобів у розрахунку на одну смугу повинна бути не менш 400 *привед. од./год* [5].

У якості спеціалізованих смуг, як правило, повинні виділятися крайня права смуга в напрямку загального потоку або крайня ліва смуга в напрямку проти загального потоку на вулицях одnobічного руху. Ширина спеціалізованої смуги для руху МПТ повинна бути не менш 3,5 м при русі МПТ у попутному напрямку із загальним транспортним потоком і не менш 3,75 м при русі МПТ у зустрічному загальному транспортному потоку напрямку.

Допускається сполучати відобособлену смугу для руху автобусів із трамвайними шляхами попутного напрямку, що розташовані в одному рівні із проїзною частиною.

Приклади влаштування спеціалізованих смуг для руху маршрутного пасажирського транспорту представлені в додатку В.

Якщо на крайній правій смузі передбачається стоянка автомобілів з поздовжнім розміщенням транспортних засобів уздовж бордюру, то рекомендується збільшувати ширину цієї смуги на 2,5 м.

Розрахунок ширини тротуарів

Тротуар призначається для руху пішоходів. Загальна ширина тротуару складається із пішохідної частини ($B_{пт}$, рис. 2.3), смуги для розміщення елементів інженерного обладнання і благоустрою (c , рис. 2.3), а також резервної смуги (на випадок необхідності розширення проїзної частини чи тротуару, для розміщення посадкових майданчиків на зупинках МПТ, опор ліній електропередач і т.д) (d , рис. 2.3).

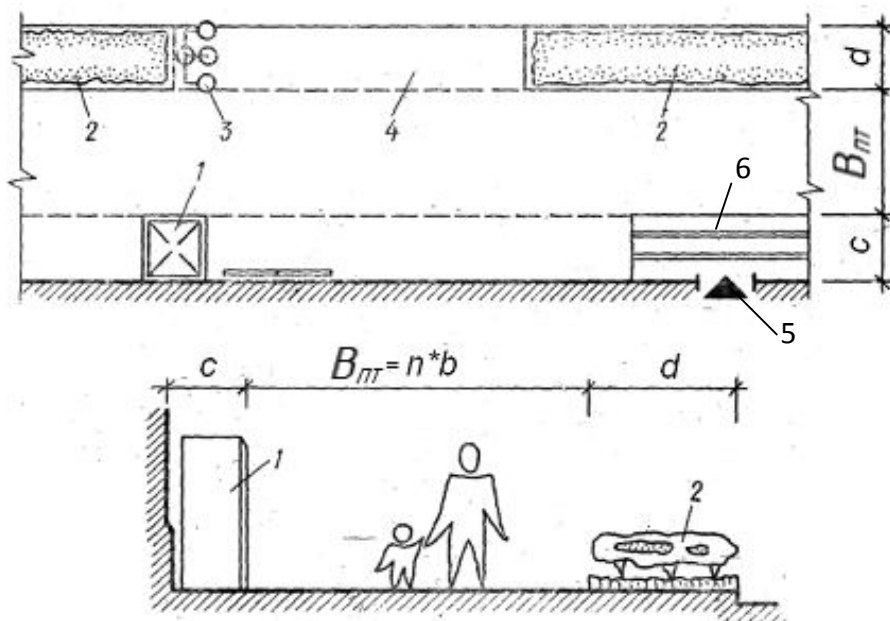


Рисунок 2.3 - Планувальна схема тротуару:

Умовні позначення: 1 – телефонна будка; 2 – газон; 3 – опора лінії електропередач; 4 – посадковий майданчик; 5 – вихід з будинку; 6 – сходи

Розрахункова ширина пішохідної частини тротуару визначається за максимальною інтенсивністю руху пішоходів в годину пік. Це особливо важливо для тротуарів, які ведуть до великих підприємств, стадіонів, станцій метро та ін. Для визначення ширини пішохідної частини тротуару за розрахункову смугу приймається умовна смуга шириною 0,75 м. Біля вокзалів, універмагів, виставкових центрів, стадіонів рекомендується приймати умовну смугу шириною 0,9 м.

Ширина пішохідної частини тротуару розраховується за формулою:

$$B_{пт} = n \cdot b = \frac{N_{пiш}}{p} \cdot b, м, \quad (2.5)$$

де n – кількість умовних смуг тротуару;

$N_{пiш}$ – величина максимальної інтенсивності руху пішоходів, $пiш./год$.

b – ширина однієї умовної смуги руху тротуару, м;

p – пропускна здатність однієї смуги руху тротуара, $пiш./год$; пропускну здатність смуги руху тротуару слід приймати з [2, табл. 2.20].

Ширину пішохідної частини тротуару, що визначена за формулою (2.5), збільшують до розміру, кратного ширині однієї умовної смуги. Найменша ширина пішохідної частини тротуару може бути дві смуги руху, найбільша – вісім смуг руху. Якщо розрахована ширина пішохідної частини тротуара є більшою ніж вісім смуг руху, то необхідно передбачити два тротуари з розділювальною смугою між ними у вигляді смуги озеленення.

Ширина пішохідної частини тротуару не повинна бути меншою зазначеної у [2, табл. 2.6] для даної категорії вулиці чи дороги.

Додаткова смуга c (рис. 2.3) необхідна в тих випадках, коли на червону лінію виходить забудова й тротуар безпосередньо прилягає до неї. У цьому випадку тротуар не може повноцінно використовуватися пішоходами через наявність вітрин, входів у будинки і т.д. Ширина цієї смуги повинна призначатися від 0,5 до 1,0 м залежно від місцевих умов. Якщо тротуар безпосередньо не примикає до забудови, то додаткова смуга c не передбачається.

Резервна смуга d (рис. 2.3) між тротуаром і проїзною частиною необхідна для розміщення на цій смузі опор світильників і підвіски контактної мережі електротранспорту. Ширина цієї смуги повинна призначатися залежно від місцевих умов. Якщо між тротуаром і проїзною частиною розташовується смуга озеленення, то необхідність у резервній смузі d відпадає.

Розрахунок ширини велодоріжок.

Велосипедні смуги і доріжки влаштовують на магістральних вулицях регульованого руху і вулицях місцевого значення при інтенсивності руху більше 50 велосипедистів за годину «пік». Велосипедні доріжки слід проектувати, як правило, відособленими від основної проїзної частини і тротуарів. Велосипедні смуги проектують по краю проїзної частини вулиць або тротуарів і виділяють їх лініями розмітки.

Ширина смуги для велосипедного руху приймається 1,5 м (в обмежених умовах 1,0 м), а велосипедних доріжок, відповідно, при односторонньому русі 2,5 м (1,75 м), при двосторонньому – 3,0 м (2,5 м).

Кількість смуг на велосипедних доріжках необхідно приймати виходячи з розрахункової пропускної здатності однієї смуги – 300 велосипедистів на годину. Кількість велосипедних доріжок вздовж вулиці може бути:

- одна при проектуванні велодоріжок вздовж одного боку вулиці;
- дві при проектуванні велодоріжок вздовж обох боків вулиці.

Приклади влаштування велосмуг і велодоріжок представлені в додатку Д (ТПГ_МУ_практик_r.pdf).

Ширина розділювальних смуг.

Умови безпеки руху транспорту і пішоходів вимагають ізоляції транспортних потоків від пішохідного руху, а в деяких випадках і розділення зустрічних напрямків руху на основній проїзній частині. Ця вимога реалізується за допомогою спеціальних розділювальних смуг.

Центральні розділювальні смуги повинні передбачатись на магістральних вулицях і дорогах з безперервним рухом завширшки не менше 4 м; на вулицях і дорогах регульованого руху з проїзною частиною в 6 смуг – не менше 3 м. На інших магістралях допускається центральна розділювальна смуга завширшки 2 м за умови влаштування її у рівні проїзної частини та виділення суцільною лінією розмітки.

Інші вимоги до проектування центральної розділювальної смуги викладені в [2, п. 2.11].

Ширину розділювальних смуг між окремими елементами поперечного профілю вулиць і доріг слід приймати з урахуванням розташування підземних

комунікацій, вимог безпеки руху та охорони навколишнього середовища, але не менш розмірів, наведених у [2, табл. 2.3].

Вимоги до зелених насаджень на розділювальних смугах наведені в [2, розділ 8]. Вимоги до розміщення опор світильників штучного освітлення проїзної частини і тротуарів наведені в [2, п. 7.10 – 7.13].

Трамвайні шляхи сполучення.

В Україні експлуатуються трамвайні лінії із шириною рейкової колії на прямих ділянках 1524 мм із розрахунковими швидкостями сполучення менш 24 км/год (звичайний трамвай) і 24 км/год і більше (швидкісний трамвай).

Відносно проїзної частини вулиці трамвайні шляхи розташовують у загальному з нею рівні (рис. 2.4 а), на відбособленому полотні (рис. 2.4 б) або на власному полотні (рис. 2.4 в).

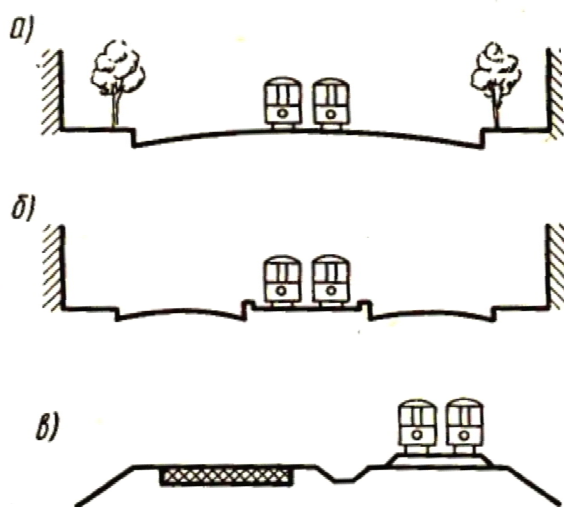


Рисунок 2.4 - Типи трамвайного полотна

У першому випадку головки рейок перебувають у рівні з дорожнім покриттям і трамвайне полотно становить як би єдине ціле із проїзною частиною. Це дає можливість автотранспорту використовувати трамвайне полотно при обгонах, об'їзді перешкод та ін. На нових магістралях пристрій трамвайних ліній такого типу не допускається.

При побудові відбособленого й власного трамвайного полотна його ізолюють від проїзної частини бортовим каменем, що виключає його використання іншими видами транспорту. Застосування відбособленого трамвайного полотна практично можливо на вулицях шириною не менш 35 м.

Швидкісні лінії трамвая слід проектувати, як правило, наземними на відбособленому полотні, розташованому уздовж магістральних вулиць, або на самостійному полотні — поза межами населених пунктів.

Елементи, що визначають габаритні розміри трамвайного полотна на прямих ділянках при різних способах його пристрою, показані на рис. 2.5.

Відстані між осями суміжних шляхів на кривих ділянках трамвайної лінії слід призначати згідно з [6, табл. 1].

Ширину двоколійного обособленого полотна на всьому протязі трамвайної лінії з урахуванням розміщення посадкових майданчиків слід призначати не менш 9,6 м, одноколійного – 5 м.

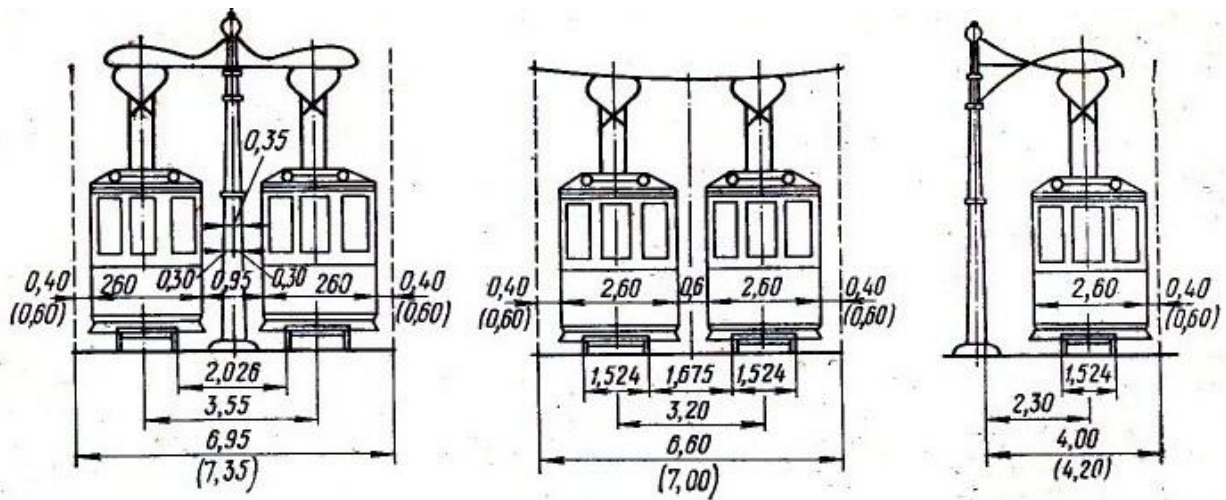


Рисунок 2.5 - Габаритні розміри трамвайного полотна без урахування посадкових майданчиків*

* - у дужках зазначені розміри для проектування ліній швидкісного трамвая

При наявності трамвайного полотна в загальному рівні із проїзною частиною пристрій центральних опор не допускається.

Опори контактної мережі трамвая слід розташовувати на відстані не менш 1 м від лицьової поверхні бордюру до зовнішньої поверхні опори. На вулицях житлових районів цю відстань може бути зменшено до 0,6 м. Діаметр опор – 0,35 м.

Мінімальна відстань від осі трамвайного шляху на прямих ділянках до будинків, споруджень, пристроїв і дерев слід призначати відповідно до [6, п. 2.5].

Вимоги до поперечних похилів проїзної частини вулиць

Вимоги до поперечних похилів проїзної частини вулиць містяться в [2, п. 2.16 і 2.17].

Запитання для самоконтролю

1. Що є елементами міської вулиці чи дороги?
2. Яким є загальноприйнятий порядок розміщення елементів вулиці у поперечному профілі?
3. Що таке «червоні лінії» вулиці чи дороги?
4. Які основні принципи проектування поперечного профілю міської магістралі?
5. Які вихідні дані необхідні для проектування поперечного профілю міської магістральної вулиці?
6. Яким чином розраховується ширина проїзної частини магістральної вулиці?
7. Які є обмеження при визначенні ширини проїзної частини вулиці?

8. При яких умовах виділяється спеціалізована смуга для руху маршрутного пасажирського транспорту?
9. Як розраховується ширина тротуарів?
10. Які основні вимоги до проектування велосмуг і велодоріжок на вулицях міст?
11. Які основні вимоги до проектування трамвайного полотна на міських вулицях і дорогах?

3. Проектування перехресть

Проектирование пересечений городских улиц и дорог необходимо вести на основе транспортных расчетов и предварительно разработанной схемы организации движения на улично-дорожной сети всего города или его района, а также с учетом «развязки на сети», которая заключается в рациональном перераспределении поворотных потоков между узлами магистральной сети улиц и дорог.

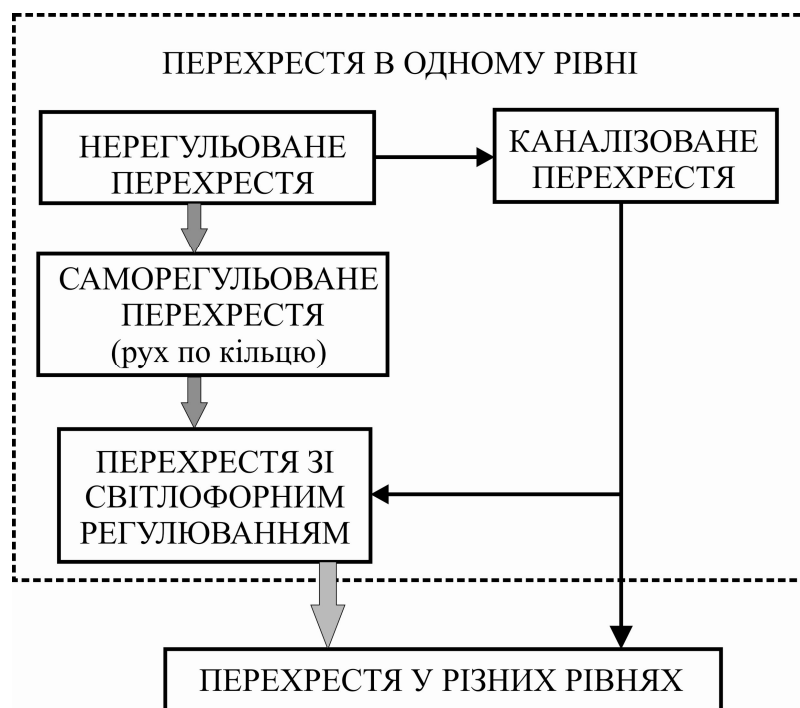


Рисунок 3.1 – Етапи розвитку перехрестя

Таблиця 3.1 – Умови застосування різних типів перехресть в одному рівні

Перехрестя	Рух		Сумарне транспортне навантаження вузла, авт./год	Найбільша інтенсивність руху пішоходів на окремому переході, чол./год	Категорії вулиць і доріг, що пересікаються
	транспортну	пішоходів			
Нерегульовані (прості)	Нерегульований (проїзд згідно з загальними правилами дорожнього руху)	Нерегульований	до 700	до 150	Міські вулиці та дороги місцевого значення
			до 100	до 50	Вулиці та дороги сільських населених пунктів
Саморегульовані (з рухом по кільцю)	Безперервний, саморегульований, як правило, каналізований	Безперервний	700-2000	до 500	Магістральні вулиці та дороги районного, а в малих і середніх містах – загально-міського значення
			100-500	до 300	Головні вулиці та дороги сільських населених пунктів
Регульовані	Регульований світлофором, можливо каналізований	Регульований, можливо безперервний	1000-4000	до 3000	Магістральні вулиці та дороги загально-міського та районного значення
			500-1000	до 300	Головні вулиці та дороги сільських населених пунктів
Примітка 1. Прості перехрестя не мають світлофорного регулювання та планувальних елементів, що організують рух. Примітка 2. Каналізований рух транспорту забезпечується системою піднятих над проїзною частиною або позначених дорожньою розміткою напрямних острівців, як правило, трикутної або каплевидної форми, а безперервний рух пішоходів – улаштуванням пішохідних переходів у різних рівнях.					

Таблиця 3.2 - Класифікація перехресть в одному рівні за планувальними ознаками

Найменування вузла та номер його типу	1	2	3	4
1. Примикання				-
2. Перетин				
3. Розгалуження			-	-
4. Складне розгалуження				-
5. Сходінковий				
6. Кільцевий				
7. Складний				-
7.1. Лінійного типу				-
7.2. З криволінійними елементами				

Саморегулируемые кольцевые пересечения следует устраивать при суммарной перспективной загрузке узла 2000-2500 приведенных авт/ч и до суммарной интенсивности конфликтующих потоков в сечениях на кольце (в пределах участка перестроения) не более 1500 приведенных авт/ч, без учета правых поворотов, а также при достаточной величине территории для устройства центрального островка и устьевых направляющих островков требуемых размеров.

Пересечения в разных уровнях следует устраивать в тех случаях, когда пропускная способность регулируемых пересечений в одном уровне полностью исчерпана и никакими другими методами ее увеличить нельзя. Для предварительных расчетов решение об устройстве пересечения в разных уровнях следует принимать если суммарная интенсивность транспорта на въездах на пересечения превышает 6000 авт/час или интенсивность одного из левых поворотов превышает 600 авт/час.

Пересечения в разных уровнях подразделяются на пять классов.

Таблиця 3.3 – Класифікація перехресть у різних рівнях

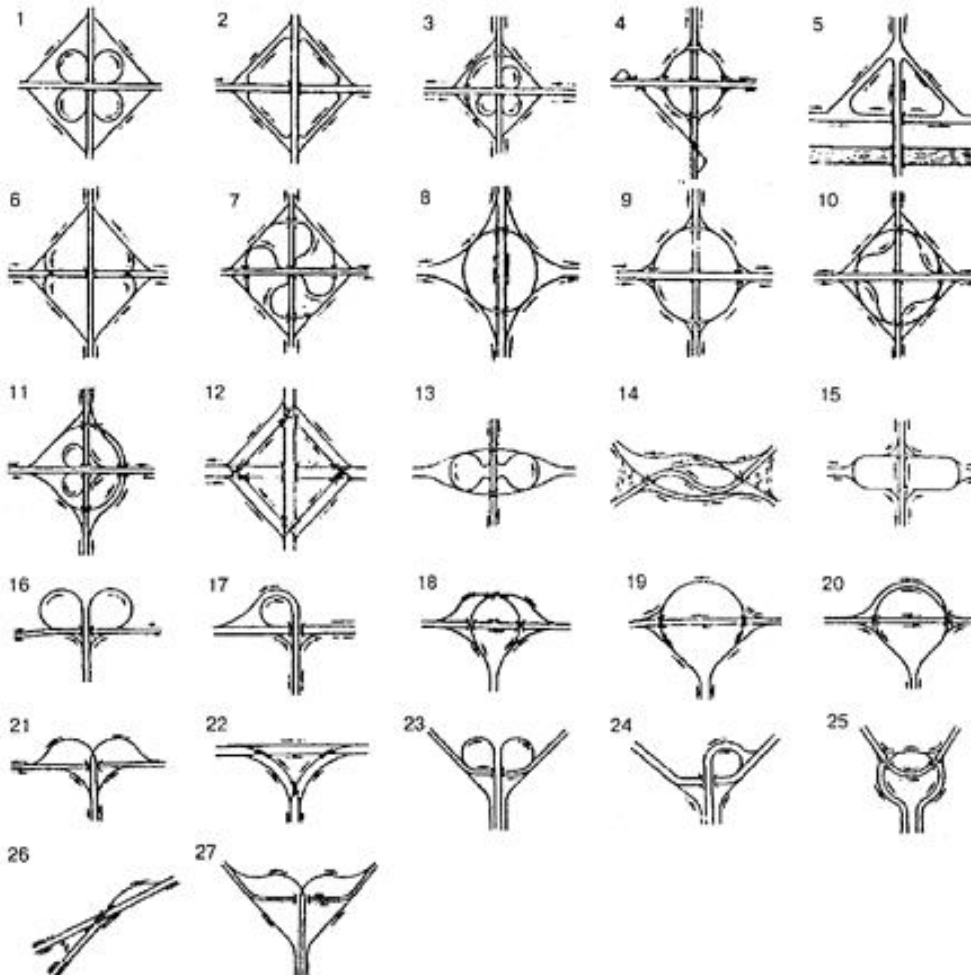
Типи вузлів	Клас перетину	Рух автотранспортних потоків	Рекомендована розрахункова швидкість, км/год, на лівоповоротних з'їздах у разі їх частки в потоці			Пішохідний рух
			<0,15	0,15-0,30	>0,30	
З повною розв'язкою руху в різних рівнях	I	Всі потоки безперервні та відокремлені	50	60	70	Безперервний, повністю відокремлений від усіх транспортних потоків
	II	Те саме	30	50	60	Те саме
	III	Усі прямі потоки безперервні та відокремлені. Поворотні потоки безперервні, але можуть мати ділянки суміщення	30	40	50	Безперервний, відокремлений на перетині з прямими та основними потоками. Безперервний чи регульований на перетині з іншими потоками
	IV	Всі прямі потоки безперервні, але можуть мати ділянки з поворотними потоками. Поворотні потоки регульовані чи саморегульовані	15	20	30	Те саме
З неповною розв'язкою руху в різних рівнях	V	Один прямий потік безперервний та відокремлений. Всі інші потоки регульовані чи саморегульовані. Частина чи всі поворотні потоки можуть бути відсутніми	15	10	-	Безперервний, відокремлений на перетині з прямими потоками. Безперервний, регульований чи нерегульований на перетині з іншими потоками
<p>Примітка 1. Безперервний та відокремлений рух транспорту надається основним прямим і поворотним потокам, а пішоходам – безпечний і повністю роз'єднаний з цими потоками рух.</p> <p>Примітка 2. Відокремленими потоками є ті, що не мають у межах вузлів ділянок перестроювання (перехід з однієї смуги на іншу) і ділянок суміщення (рух потоків двох напрямків на одній смузі з наступним розгалуженням)</p>						

Обособленими потоками являються потоки, не имеющие в пределах пересечений участков перестроения (переход с одной полосы на другую) и участков сплетения (слияние двух потоков, совместное их движение по одной полосе и затем разветвление).

Основными поворотными потоками являются все поворотные потоки, перспективная интенсивность которых составляет более 30 % от всей интенсивности движения на подходе.

В тех случаях, когда отсутствуют данные о размерах поворотных потоков, их следует принимать 10-15 % от прямых потоков и не считать основными.

Если интенсивность поворотных потоков составляет менее 10 %, то в стесненных условиях допускается не устраивать право (или лево) поворотные съезды и маневр осуществлять на ближайшем перекрестке.



Пересечения: 1 - "лист конюшни" с односторонними съездами; 2 - те же с двусторонними съездами; 3 - розширений лист конюшни"; 4 - те же с уступивим потоком з правого боку проїзду; 5 - неспівний "лист конюшни" біля річки; 6 - неповний "лист конюшни"; 7 - "гравітаційний" тип; 8 - розсіювальні кільця з двома швидкопроводами; 9 - те саме з п'ятьма швидкопроводами; 10 - розширене розсіювальне кільце; 11 - "трубокамірний" тип; 12 - ромбокамірний тип; 13 - подвійна петля; 14 - лінійний тип пересічення з двома швидкопроводами; 15 - витягнуте розсіювальне кільце.
 Примикання: 16 - листоподібний тип; 17 - примикання "труба"; 18 - грибокподібний тип; 22 - Т-подібний тип.
 Розгалуження: 23 - листоподібний тип; 24 - розгалуження "труба"; 25 - кільцевий тип; 26 - лінійний тип; 27 - половина неповного "листа конюшни".

Запитання для самоконтролю

1. Наведіть етапи розвитку перехрестя.
2. Які умови застосування різних типів перехресть в одному рівні?
3. Наведіть класифікацію перехресть в одному рівні за планувальними ознаками
4. При яких умовах слід застосовувати саморегульовані перехрестя?
5. При яких умовах слід застосовувати перехрестя у різних рівнях?
6. Наведіть класифікацію перехресть у різних рівнях.