

Зміст

ЧАСТИНА 1 ФОРМУВАННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТ.....	4
1.1. Транспортні проблеми та функціональне зонування міст.....	4
1.2. Планувальні структури міст.....	6
1.3. Транспортні характеристики планувальних структур міст.....	8
1.4. Функціональна класифікація міських вулиць та автомобільних стоянок.....	9
ЧАСТИНА 2 МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТ.....	15
2.1. Загальні підходи до моделювання транспортних потоків.....	15
2.2. Методика розробки моделі функціонування транспортної мережі міста....	17
2.3. Розрахунок розподілу транспортних потоків у транспортній мережі міст.....	20
2.4. Розробка й оцінка ефективності рішень із удосконалення транспортної мережі міста.....	24
Список джерел.....	31

ЧАСТИНА 1

ФОРМУВАННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТ

1.1 Транспортні проблеми та функціональне зонування міст

Основне завдання транспортного планування міст (ТПМ) – забезпечення максимальної зручності для населення з метою пересування за їхньої необхідності. Планомірний розвиток міст вимагає не тільки архітектурно-планувальних заходів, а й розв'язання завдань інженерного устаткування, до яких належать транспортні мережі. Наявні елементи прогнозу з оцінки гостроти транспортних проблем становлять частину теорії транспортних систем.

ТПМ містить комплекс транспортних, будівельних, планувальних і природоохоронних заходів.

Основне завдання ТПМ – створення умов, що найкраще вирішують проблеми транспортного обслуговування міста. Гострота цих проблем залежить переважно від розмірів міста з 2 причин:

1. Зі збільшенням населення міста збільшуються транспортні й пішохідні потоки.
2. Збільшення площі міста ускладнює міські шляхи сполучення та призводить до складностей організації руху транспорту.

Особливе місце у ТПМ займає проблема організації стоянок для автомобільного транспорту, а також проблема охорони навколишнього середовища: забруднення повітря вихлопними газами, захист від шуму й вібрації.

Основні причини ДТП у місті – близькість транспортних і пішохідних потоків. У зв'язку з цим існує 2 способи розв'язання поставлених завдань:

1. Організувати руху на вже наявній системі вулиць.
2. Забезпечити високу пропускну здатність дорожнього руху.

Загалом, створене планування міст повинне задовольняти не тільки архітектурно-художній критерій, а й соціально-економічний і, найголовніше, повинен забезпечувати максимальну швидкість і зручність пересування. У зв'язку з цим ще одним завданням ТПМ вважається розробка магістральних напрямків, що мають найкоротшим шляхом зв'язувати основні фокуси тяжіння населення з транспортними вузлами.

За функціональним призначенням територія міста поділяється на 6 основних зон:

1. Сельбищна («селитися»).
2. Промислова.
3. Комунально-складська.
4. Зона зовнішнього транспорту.
5. Санітарно-захисна.
6. Зона відпочинку.

Одиниця виміру сельбищної зони – житловий район. Житловий район – район, у якому наявне все необхідне для розв'язання побутових і культурних потреб населення. Тому чим повніше буде вирішена ця проблема, тем простіше

розв'язується транспортна проблема. Межа сельбищної зони – магістралі.

Промислові райони пов'язані енергетичними, транспортними та технологічними зв'язками. Тут відбувається пересування потоків вантажів, сировини, вивозиться готова продукція. Особлива увага приділяється різним видам транспорту.

Від сельбищної промислова зона відділяється санітарно-захисною зоною: алеї, захисні зелені смуги, сквери шириною 50-300 м.

Транспортне обслуговування промислового району здійснюється залізничним, автомобільним і спеціальним транспортом (трубопровід).

Основна частина пасажирських перевезень здійснюється наземним транспортом.

Характерні риси транспортних шляхів у цих зонах:

1. Висока інтенсивність руху автомобілів із великим навантаженням на вісь (вантажні).
2. Наявність яскраво виражених піків руху автомобілів і пішоходів протягом доби.

Аеропорти повинні розташовуватися на відстані 10–20 км від міста, мати зв'язок автомагістралями із центром міста, при цьому за межами міста такі магістралі повинні мати параметри доріг 1-й категорії, а в межах міста – швидкісної дороги або дороги безперервного руху.

Спорудження залізничного транспорту розміщують поза сельбищною зоною на спеціальній смузі відводу (ширина залежить від кількості шляхів, наявності станцій, роз'їздів і сортувальних пунктів). Усі ці параметри визначають із перспективою на 20 років, обов'язково прораховується прогноз із питання збільшення інтенсивності руху на таких ділянках.

3. Інтенсивність автомобілів на дорогах із наближенням до міста збільшується. Транспортний потік місцевого руху стає більш насиченим з наближенням дороги до зовнішньої дороги міста. На межі міста весь транспортний потік складається ніби з 2-х частин:

1. Транзит.
2. Транспортні засоби, для яких місто є кінцевим пунктом.

Існує 4 принципові схеми зв'язку міста з зовнішніми дорогами (рис. 1.1).

Кільцева дорога – це здебільшого дорога 1–2 категорії для міст із населенням більше 1 млн. чоловік. Проектування того чи іншого типу кільцевих доріг визначається економічною доцільністю можливого одержання сумарного транспортного ефекту, який утворюється від зниження витрат, пов'язаних із перепробігом автомобілів і часом тривалості перебування їх у дорозі.

Для транзиту самий зручний спосіб планування відповідає варіанту г) (рис. 1.1). Але варіант г) обумовлює низьку швидкість руху автомобілів у межах міста – 25–30 км/год. Тому найбільш прийнятним є варіант в) (рис. 1.1). У цьому випадку швидкість руху транзиту не змінюється й дорівнює швидкості руху автомагістралями.

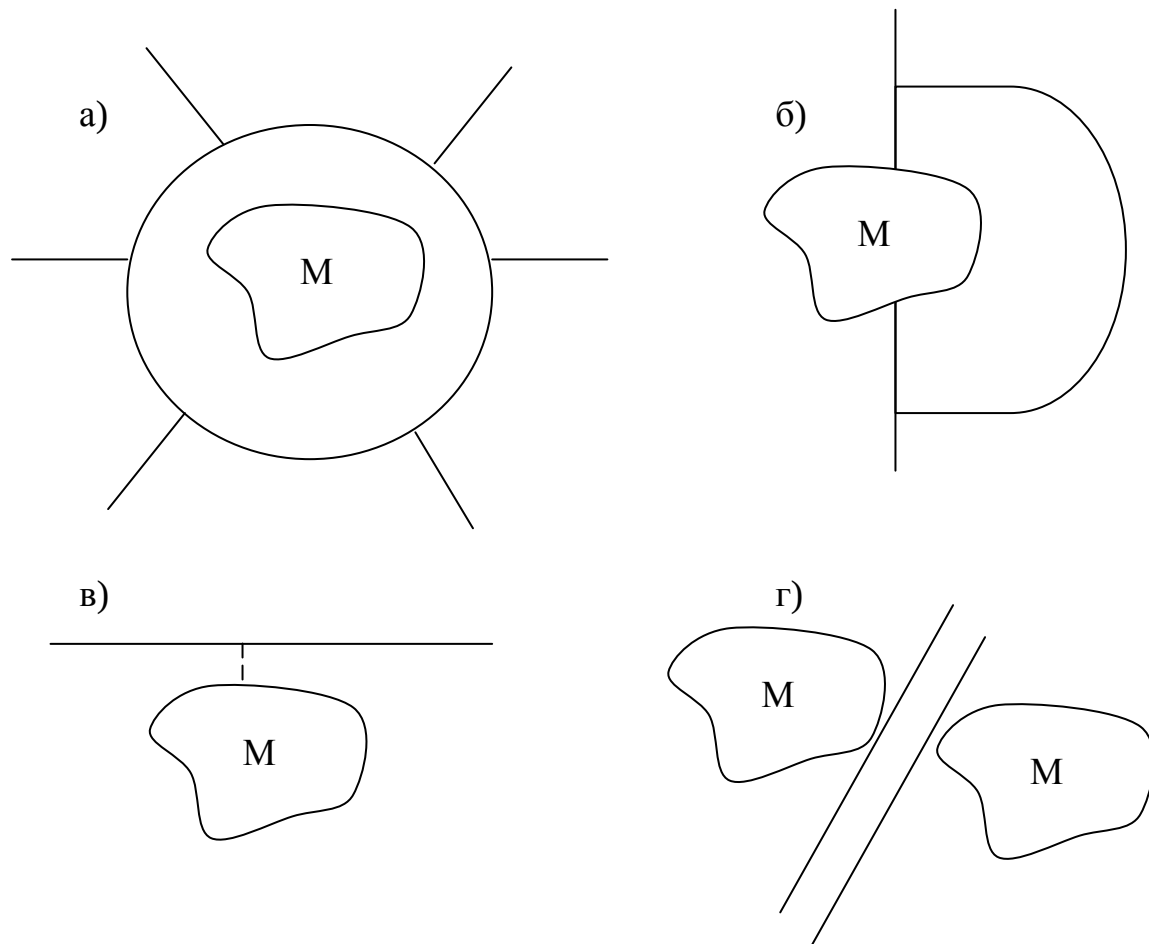


Рис. 1.1 – Принципові схеми зв'язку міста із зовнішніми дорогами:
 а) замкнена кільцева обхідна автомобільна дорога;
 б) розімкнена обхідна дорога;
 в) автомагістраль поза містом із під'їзною дорогою;
 г) зовнішня автомобільна дорога, що минає місто транзитом.

Чим ближче до центру проходить транзит, тим вища ефективність обхідної дороги. Кільцеві й обхідні дороги обов'язково повинні мати високу транспортну експлуатаційну категорію, що дозволяє визначити високу швидкість руху. Будь-яке перетинання такої дороги знижує її пропускну здатність, а збільшення лівоповоротного руху з 20% до 40% знижує пропускну здатність в одному напрямку вдвічі. На перетинах таких магістралей необхідно організовувати транспортну розв'язку на різних рівнях із наявністю особливих засобів регулювання й керування дорожнім рухом.

1.2 Планувальні структури міст

Основні геометричні планувальні схеми:

- радіальна;
- радіально-кільцева;
- прямокутна;
- прямокутно-діагональна;

- трикутна;
- вільна;
- комбінована.

На рис.1.2 подані схеми планувальних структур міст.

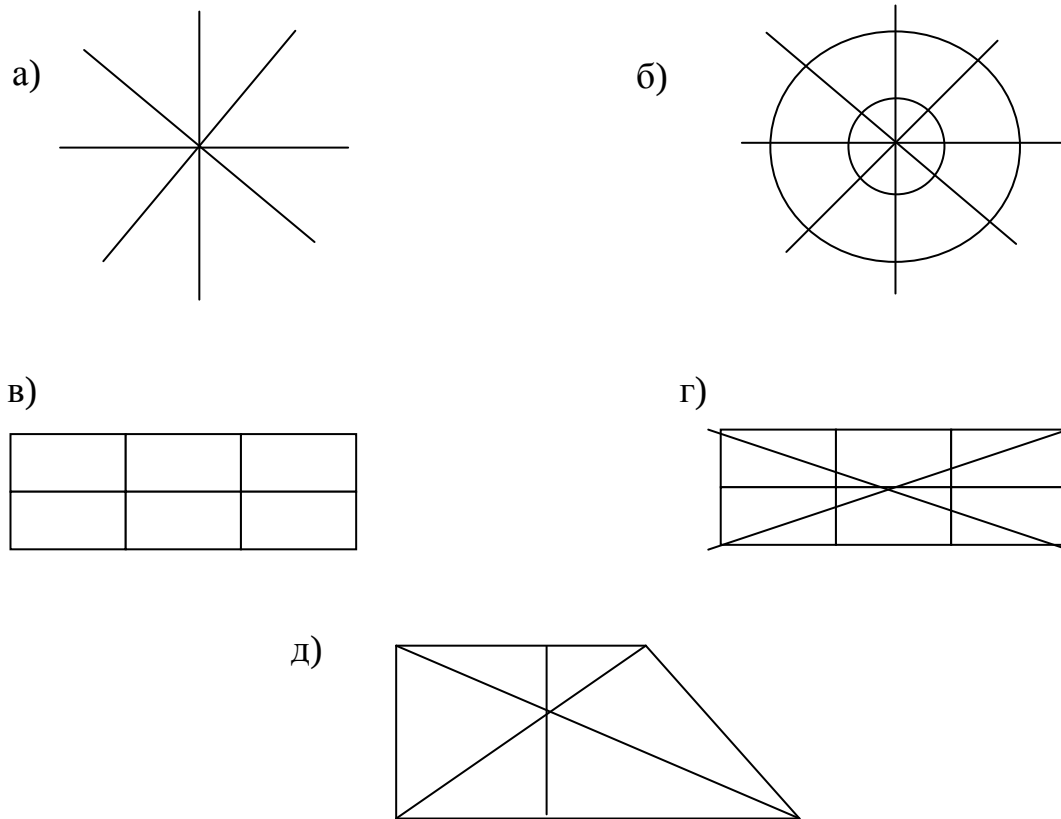


Рис. 1.2 – Схеми планувальних структур міст:

- а) радіальна; б) радіально-кільцева;*
- в) прямокутна;*
- г) прямокутно-діагональна;*
- д) трикутна.*

Радіальна планувальна структура характеризується високою непрямолінійністю сполучення між периферійними районами й малими можливостями відводу транзитного руху від центральних районів міста. Радіально-кільцева планувальна структура має більш високі показники ефективності, але в цілому недоліки радіальної не усуває. Ці планувальні структури характерні для старих міст через особливості їхнього історичного розвитку.

Прямокутна й прямокутно-діагональна планувальні структури характерні для відносно молодих міст. Прямокутна планувальна структура створює гарні умови для відведення транзитного руху від центральної частини міста. Однак, при цьому зберігається непрямолінійність повідомлення між окремими районами міста. Прямокутно-діагональна планувальна структура усуває

недоліки прямокутної й порівняно з попередніми планувальними структурами, має більш високі показники ефективності.

Вільна (комбінована) планувальна структура застосовується переважно в містах, що мають одне велике промислове виробництво. Така планувальна структура складається з двох або більш структур, розглянутих вище. У цьому випадку головне завдання планувальної структури полягає в забезпеченні транспортного обслуговування виробництва. Крім того, комбіновані планувальні структури утворюються в містах, що мають як «старі» так і «нові» райони. Ефективність таких структур може бути різною залежно від параметрів транспортного попиту.

1.3 Транспортні характеристики планувальних структур міст

Щільність вулично-дорожньої мережі – це відносний показник, що характеризує ступінь розвиненості, який визначається відношенням загальної довжини магістральної вулиці до забудованої площі міста

$$q = \frac{L_{\text{сум}}}{S}, \quad (1.1)$$

де q – щільність вулично-дорожньої мережі, км/км²;

$L_{\text{сум}}$ – сумарна довжина вулиць у місті, км;

S – площа міста, км².

Виходячи з умови підтримання в мережі магістральних вулиць і доріг необхідної швидкості руху транспортного потоку, щільність транспортної мережі повинна бути в межах $q = 2,2\text{--}2,4$ км/км².

У значних і найзначніших містах цей показник відрізняється за своїм значенням в різних функціональних зонах і окремих районах. Для більшості міст характерні наступні значення щільності транспортної мережі в різних функціональних зонах:

– у центральній частині міста $q = 3\text{--}3,5$ км/км²;

– у житлових зонах $q = 2\text{--}2,5$ км/км²;

– у зонах відпочинку $q = 0,5\text{--}1$ км/км²;

– у промислових зонах $q = 1,5\text{--}2$ км/км².

Ступінь непрямолінійності сполучення – це відношення відстані між двома пунктами міста, яку долає транспортний засіб при пересуванні транспортною мережею, і відстані між цими ж вузлами повітряною лінією.

$$\kappa_n = \frac{L_{mc}}{L_g}, \quad (1.2)$$

де κ_n – коефіцієнт непрямолінійності;

L_{mc} – відстань між двома пунктами міста, яку долає транспортний засіб при пересуванні транспортною мережею, км;

L_g – відстань між двома пунктами міста прямою повітряною лінією, км.

Траси маршрутів руху автомобілів транспортною мережею визначаються за найкоротшими відстанями між пунктами міста. Щільність прямокутної мережі залежить від такого показника, як відстань між магістралями. Наукові дослідження показали, що прямокутно-діагональна планувальна структура має перевагу перед прямокутною.

Витягнуті схеми планування доцільно використовувати при співвідношенні сторін, що не перевищує 2/1. Збільшення цього співвідношення призводить до неефективного використання транспортних мереж. При наявності штучних і природних перешкод між пунктами міста оптимальним є маршрут, який минає ці перешкоди.

1.4 Функціональна класифікація міських вулиць та автомобільних стоянок

При формуванні мережі магістралей необхідно застосовувати принципи транспортної сегрегації кількома способами:

- а) відділенням моторного транспорту від немоторного, тобто пішохідного або ж велосипедного;
- б) відділенням громадського транспорту від індивідуального;
- в) відділенням транспортних потоків із високою інтенсивністю від потоків із низькою інтенсивністю;
- г) відділенням швидкісного транспорту від більш повільнішого місцевого, що має другорядне значення.

Зазначений принцип веде до ієрархії магістралей, тобто до їхнього поділу на кілька типів, із різним відношенням до забудови і цілих міських комплексів.

Стосовно певного територіального комплексу магістралі можна поділяти на два основних типи:

- магістралі, що йдуть повз певну територію і служать для виведення наскрізного руху (тобто непотрібного руху) за територію;
- магістралі, що дозволяють доступ до певної території і транспортного обслуговування окремих будинків і частин території.

При поділі міста на урбаністичні одиниці, складені з більшої кількості районів, необхідно два зазначені типи магістралей доповнити магістралями, наявними на окраїнах районів, що відволікають на себе рух у середину території. Потім необхідно виділити дороги, що зв'язують швидкісні магістралі з обслуговуваними магістралями (рис. 1.3).

Цей урбаністичний принцип знаменує відхід від сторічної концепції міської вулиці (рис. 1.3 в), визначеної з часу виникнення усіх видів руху.

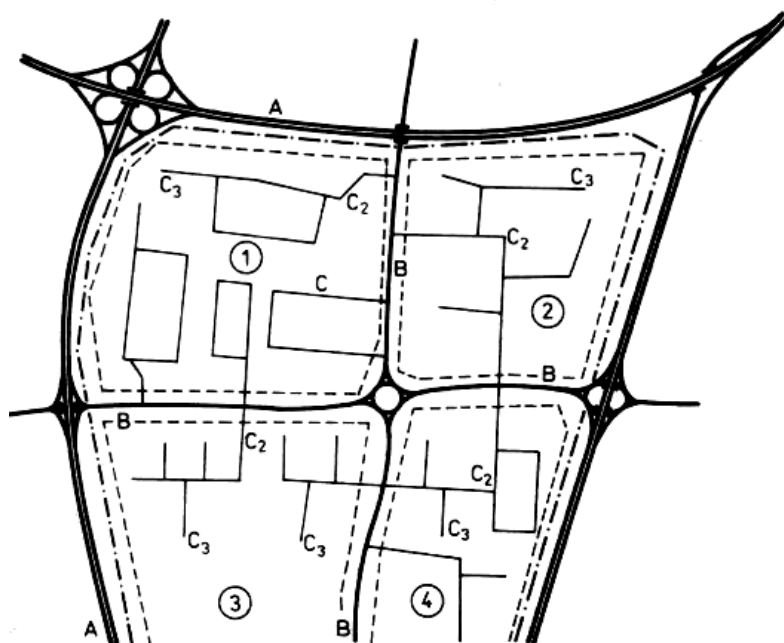


Рис. 1.3 – Схема ієрархії доріг і їхніх відносин:

A – швидкісна дорога;

B – збірна дорога;

C₂, C₃ – обслуговуючі дороги;

1 – 4 – межі планувальної території.

Однак сьогодні, за великої інтенсивності й доволі різних швидкостях руху, постає потреба в поділі доріг. Тобто необхідною є наступна ієрархія міських вулиць:

А. Швидкісні, із транспортною функцією.

Б. Збірні, із транспортно-обслуговуючою функцією.

В. Обслуговуючі, із обслуговуючою функцією.

Г. Немотористичні (не для механічного транспорту).

Швидкісна магістраль призначена тільки для безрейкових механічних транспортних засобів і побудована без прямого доступу на прилягаючі ділянки або до навколишніх забудов. Вони забезпечують переведення внутрішніх транспортних потоків до зовнішнього дорожнього руху. Швидкісні магістралі проходять межами вищих урбаністичних одиниць. При цьому міський громадський рух ними не дозволяється, за винятком експресних (швидкісних) автобусних маршрутів.

Збірні дороги виконують транспортно-обслуговуючу функцію та, здебільшого, переводять рух із окремих районів території на швидкісні магістралі або відводять цільовий рух з них до визначеного району. Вони проходять межами дрібніших урбаністичних одиниць – кварталів (мікрорайонів). Збірні дороги призначені для рейкового й безрейкового МПТ. Обслуговуючі магістралі виконують обслуговуючу функцію й забезпечують доступ до житлових будинків, об'єктів суспільного призначення, виробничих підприємств, складів тощо. Обслуговуючі магістралі не призначені для

наскрізного руху. Вони використовуються в наявній забудові як міські проспекти (вісі міських районів) з перевагою суспільної функції.

Немотористичні магістралі призначені для велосипедного або пішохідного руху. Мережа цих доріг утворюється велосипедними або пішохідними доріжками, допоміжними смугами для велосипедів і пішоходів, тротуарами, проходами, переходами (у тому числі й підземними чи надземними), сходами тощо. На цих дорогах можливе використання так званих «спокійних» магістралей, що допускають обслуговування механічного руху за суворих обмежувальних умов.

Одним із основних факторів, що впливають на віднесення кожної вулиці й дороги до певної категорії є її функціональне призначення. Категорію міської дороги визначає й швидкість руху транспорту нею, характер забудови уздовж цієї дороги, розташування зон відпочинку, тобто повністю визначає планувальну структуру.

Метою цієї класифікації є поділ руху на однорідні транспортні потоки у зв'язку з функціональним значенням вулиць. Для збільшення пропускної здатності міських вулиць і організації руху необхідно уніфікувати рухомий склад, тобто зробити його однорідним. Такий підхід дозволить розподілити перевезення окремими магістралями міста. Під час проектування міських вулиць обов'язковими є розрахунки, що визначають мінімальну кількість елементів поперекового профілю вулиці й їхні основні розміри. Ці розрахунки допускають наявність техніко-економічного обґрунтування й оцінки пропускної здатності кожної вуличної дороги.

1. Магістральні дороги швидкісного руху забезпечують транспортний зв'язок між промисловими й планувальними районами, а також аеропортами, найближчим пригородом і зонами масового відпочинку і центром міста. На таких магістралях дозволений громадський експресний транспорт, пасажирський і легковий. На цій категорії доріг немає місцевого руху (трамвай, вантажний транспорт і ін.). Розрахункова швидкість – 80 км/год у місті, на окраїнах – до 100 км/год, у пригороді – 120 км/ч. Магістральні дороги швидкісного руху мають 4–8 смуг руху за ширини смуги – 3,75 м.

2. Магістральні дороги регулювального руху здійснюють транспортний зв'язок між районами міста. На цих дорогах усі перетинання виконані на одному рівні. На окремих ділянках перевагу має вантажний транспорт, але не на всіх дорогах. Такі магістралі проектують як дороги загального призначення. Розрахункова швидкість – 80–100 км/год. Влаштовують 2–4 смуги руху завширшки 3,5 м. На таких дорогах обов'язкові місцеві або бічні з'їзди.

3. Магістральні вулиці загальноміського призначення забезпечують зв'язок між житловими, промисловими й суспільними центрами, а також зв'язок із зовнішніми дорогами. Основний вид транспорту на цих дорогах – громадський пасажирський і легковий. Рекомендована інтенсивність руху – 100 транспортних од/год. На таких вулицях обов'язково виділяються окремі смуги для пасажирського транспорту. Усі перетинання влаштовують на одному рівні. На таких дорогах рекомендовано 4–8 смуг руху завширшки 3,5 м.

Рекомендована швидкість – 80 км/год, на окремих ділянках – 60 км/год та обов'язкова наявність розділових смуг, тобто розмітка.

4. Магістральні вулиці районного значення здійснюють транспортний зв'язок у межах планувальної структури міста для зв'язку промислових підприємств із суспільними центрами, а також з магістральними вулицями. Перетинання влаштовують на одному рівні. Такими дорогами дозволений рух вантажного транспорту. Рекомендована швидкість руху – 60 км/год. Влаштовують 2–4 смуги руху з обмеженням радіусів поворотів (опуклий – більше 250 м й увігнутий – більше 100 м). Відстань між зупинками пасажирського транспорту не більше 600 м.

5. Вулиці й дороги місцевого значення:

а) у житловій забудові – забезпечують транспортний і пішохідний зв'язок. Обов'язково регульований рух, без пропуску вантажного й громадського транспорту. Рекомендована швидкість руху – 40 км/год. Влаштовують 2–3 смуги руху, ширина смуги – 3,5 м; тротуари для пішоходів більше 1,5 м;

б) вулиці й дороги, що з'єднують промислово-складську зону з іншими зонами. Вантажні автомобілі в цій зоні мають пріоритет. Ці вулиці та дороги повинні мати зв'язок із магістральними вулицями, Перетинання виконуються на одному рівні. Рекомендована швидкість руху – 50 км/год. Влаштовують 2–4 смуги руху завширшки 3,5 м;

в) вулиці й дороги пішохідні. Ширина пішохідної смуги має бути не менше 1 м. Поздовжній ухил пішохідної доріжки має бути не більше 40%.

Серед проблем, що постали внаслідок автомобілізації, завдання забезпечення стоянок для автомобілів в адміністративних, суспільних і виробничих будинках і розміщення автомобілів для зберігання в житлових районах є найбільш актуальним. За рівня автомобілізації 150–200 автомобілів на 1000 жителів площа, що займана стоянками автомобілів, перевищує площу міських вулиць і доріг, яка використовується для руху. Найбільш гострою ця проблема є в містах із забудовою, яка вже склалася. Цю проблему можна розв'язати тільки за рахунок усієї території міста шляхом використання вільної ширини проїжджої частини вулиць і створення спеціальних позавуличних автостоянок.

Території для паркування автомобілів поділяють на декілька типів за способом розміщення і тривалістю перебування на них автомобілів:

1. Автостоянки для постійного зберігання автомобілів біля житлових будинків, у житлових кварталах, на міжрайонних територіях. Тривалість зберігання більш 1 доби.

2. Автостоянки великої тривалості зберігання на підприємствах, установах і т.д., тривалістю більше 8 год.

3. Автостоянки середньої тривалості зберігання біля будинків і споруджень, що періодично збирають великі маси людей, на період 2–4 ч.

4. Автостоянки короткочасної тривалості зберігання біля вокзалів, універмагів, ринків і т.д. для зберігання автомобілів до 2 год. Останні два типи автостоянок – загальні.

Гаражі – це спеціальні будинки, призначені для зберігання й обслуговування автомобілів. Вони можуть розміщуватися під землею, на поверхні землі, займати частину будинків іншого призначення. Це досить перспективний спосіб зберігання автомобілів. Недоліком є висока вартість гаражів і комплексів споруджень, що належать до гаражного господарства.

Однак, у всіх країнах світу прагнуть використовувати підземний простір для розміщення автостоянок і гаражів. Їх розміщують під площами, скверами, садами тощо. Наприклад, у Москві вже існує в одному з житлових районів підземний гараж, на даху якого розташований спортивний майданчик і спортивний зал (72 x 36 м).

Але вартість будівництва підземних гаражів не менш чим в 1,2–1,5 рази перевищує вартість будівництва наземних багатоярусних гаражів. Оскільки будівництво підземних гаражів пов'язане з більшими капіталовкладеннями, виникає завдання визначення коефіцієнта ефективності й терміну окупності капіталовкладень.

Визначення додаткового ефекту від міського підземного будівництва вимагає оцінки міської території, яка зберігається для інших цілей за використання підземного простору.

І все ж таки найбільш раціональним напрямком розв'язання проблеми паркування автомобілів у містах є будівництво наземних автостоянок.

Планувальні характеристики автомобільних стоянок визначаються схемою розміщення автомобілів. Розмір гнізда визначається типом автомобіля. Для міських умов розрахунковий тип: малометражний тип автомобіля сімейства ВАЗ, для службових – автомобіль «Волга». Або обирають розрахунковий тип залежно від складу транспортного потоку. Гніздо для установки одного автомобіля повинне вміщувати сам автомобіль і дозволяти обійти довкола нього. Для цього розміри оков гнізда повинні бути на 0,5 м більшими за відповідні розміри автомобіля. Між автомобілями має забезпечуватись зазор у розмірі 1 м для проходу пішохода.

Якщо стоянка розташована вздовж вулиці, то гнізда об'єднують по два з забезпеченням зазору між ними – 2 м (для автобусів – 3 м). Це пов'язано із труднощами при заїзді й виїзді із гнізда. На вулиці можуть бути виділені спеціальні смуги для паркування шириною 2,5-3 м.

У житлових кварталах дозволяється стоянка з заїздом на тротуар, вільна частина тротуару при цьому повинна становити не менш 1,5 м.

Розміри планувальних елементів позавуличних автостоянок залежать від схеми розміщення автомобілів: з наближенням кута розміщення до прямого збільшується місткість смуги паркування, але збільшується й необхідна ширина проїзду між рядами.

Усі автостоянки можуть бути відкриті й закриті, розраховані на загальне використання й паркування. Вибір типу паркування визначається співвідношенням в загальному парку автомобілів, що належать державі й громадянам. Останнім часом це співвідношення усе більше зміщується у бік індивідуальних автомобілів.

Сучасні норми на планування міст передбачають виділення територій для розміщення не менше 70% автомобілів, що належать громадянам, які мешкають у певному мікрорайоні. Автостоянки великої місткості рекомендується розташовувати на міжрайонних територіях.

Необхідна площа для розміщення особистих автомобілів у житлових районах:

$$F = M_{жс} \cdot H_a \cdot n \cdot F_1, \quad (1.3)$$

де F – необхідна площа для розміщення особистих автомобілів, м²;

$M_{жс}$ – чисельність жителів мікрорайону, мешк;

H_a – розрахунковий рівень автомобілізації, авт/1000 мешк;

n – частка автомобілів, що розташовуються у межах мікрорайону (не менш 70%);

F_1 – площа, необхідна для розміщення автомобіля (25 м²), м².

Гаражі й автостоянки в мікрорайонах мають розташовуватися в зоні пішохідної доступності: зазвичай не далі 800 м, а у значних містах до 1500 м. Навколо ділянок автостоянок розташовують смуги зелених насаджень завширшки не менше 10 м.

Для забезпечення безпеки руху обмежують найменші відстані до в'їздів до гаражу або на автостоянку: від перетинання з магістральною вулицею – 100 м; від вулиць місцевого значення – 20 м. Від під'їздів житлових будинків до межі автостоянок відстань повинна бути не меншою 50 м.

Для майданчиків малої ширини (до 10 м) більш ефективно поздовжнє, паралельне до більшої сторони майданчика розміщення автомобілів; для майданчиків до 15 м шириною – косокутне, а при більшій ширині – прямокутне розміщення автомобілів.

Характеристиками автомобільних стоянок є кількість автомобілів на 100 м смуги стоянки та площа на одне машино-місце. Практика експлуатації автостоянок показала, що для короткочасного зберігання автомобілів найбільш доцільний кут розміщення 0–30°, середньої тривалості – 30–60°, постійного зберігання – 30–90°. Можливість розміщення автостоянки на вулиці залежить від її ширини й інтенсивності руху.

Вуличні автостоянки можуть розміщуватися на розширеннях за рахунок зелених смуг. В'їзд на такі автостоянки має бути організованим з боку бічних проїздів магістральних вулиць.

Принцип розміщення позавуличних автостоянок залежить від щільності забудови міської території, розвиненості громадського транспорту, розташування й потужності зон відвідування або місць праці. Цей принцип розміщення одержав назву дисперсного. Для центру міста він неприйнятний, тому що призводить до перевантаження рухом.

Куцове розміщення автостоянок середньої й великої місткості орієнтоване на тимчасове зберігання автомобілів. Одна така стоянка обслуговує одразу кілька зон або об'єктів. Таке розміщення доцільне для розвантаження певної зони міста, наприклад, центральної або пішохідної зони. Зональне розміщення автостоянок великої місткості орієнтоване на постійне зберігання автомобілів.

ЧАСТИНА 2

МЕТОДИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТ

2.1. Загальні підходи до моделювання транспортних потоків

Слід відзначити, що на характеристики дорожнього руху кожною дугою мережі впливає безліч різноманітних чинників (поздовжній і поперечний ухил, наявність перетинів, склад потоку, погодні умови й умови видимості, час доби тощо). При моделюванні великомасштабних транспортних систем використовується низка апроксимацій і багато деталей не розглядаються.

Швидкість транспортних потоків є найважливішою характеристикою дорожнього руху і багато в чому визначає ефективність використання транспортної мережі. У зв'язку з цим завдання прогнозування швидкості транспортних потоків у різних умовах є актуальною. Вивченню закономірностей зміни швидкості транспортних потоків присвячена достатня кількість досліджень, що дозволяють прогнозувати швидкість потоку в різноманітних умовах. При цьому у якості незалежної змінної використовуються різноманітні чинники.

Так, у роботі [1] автори на основі статистичного аналізу експериментальних даних пропонують визначати швидкість транспортних потоків залежно від складу потоку, дорожніх умов, інтенсивності руху. Запропонований підхід уповні враховує вплив основних чинників на швидкість потоку. Проте, цей метод доцільний для прогнозування швидкості винятково на замських дорогах, тому що при прогнозуванні швидкості не враховуються крайові впливи, вплив перехресть.

Макромодель Гріншилдса [1] побудована на експериментальних даних і припускає лінійну залежність між швидкістю та щільністю однорядного транспортного потоку:

$$V = V_B \cdot \left(1 - \frac{q}{q_{\max}}\right), \quad (2.1)$$

де V_B – швидкість руху за вільними умовами, км/год;

q – фактична щільність потоку, авт/км.

$q_{\max}$ – максимальна щільність потоку в умовах затору, авт/км.

Відповідно до моделі Гріншилдса та співвідношення між інтенсивністю та швидкістю існує квадратична залежність

$$N = q_{\max} \cdot \left(V - \frac{V^2}{V_B}\right), \quad (2.2)$$

де N – інтенсивність руху, авт/год.

Перевагою даної моделі є те, що вона дозволяє прогнозувати швидкість потоку залежно від рівня транспортного попиту, який характеризується інтенсивністю руху. Модель є достатньо простою і зручною для системного аналізу. Але такий підхід не враховує особливостей прямування міськими вулицями.

Д. Дрю, використовуючи дедуктивний метод побудови моделі, одержав наступне співвідношення:

$$N = V \cdot q_0 \cdot \ln \frac{V_B}{V}, \quad (2.3)$$

де q_0 – щільність потоку, за якої інтенсивність руху досягає пропускної спроможності, авт/км.

Відповідно до основної діаграми транспортного потоку $q_0 = 0,5q_{max}$. Модель Д. Дрю уточнює співвідношення (2.1) і має ті ж переваги й недоліки.

Низка вчених для опису залежності між основними параметрами транспортних потоків використовують метод фізичних аналогій. При цьому користувались припущенням про те, що рух транспортного потоку аналогічний рухові потоку рідини або газу. Заснована на такому підході модель Х. Грінберга, встановлює наступне співвідношення між швидкістю і щільністю транспортного потоку:

$$V = V_B \cdot \ln \frac{q_{max}}{q}. \quad (2.4)$$

Ця модель не суперечить співвідношенню (2.1) і в низці випадків точніше описує фактичну зміну параметрів. Інші макромоделі, засновані на фізичних аналогіях (метод кінематичних хвиль, енергетичні моделі транспортного потоку тощо), також описують взаємозв'язок між швидкістю та щільністю, і з більшою або меншою точністю, та дозволяють прогнозувати швидкість потоку. Проте, для них також характерне недостатнє урахування особливостей руху по міських вулицях. Крім того, є складності в прогнозуванні швидкості потоку як функції транспортного попиту.

У роботі [1] пропонується підхід до макромодельовання транспортних потоків на вулицях із урахуванням впливу перехресть. Цей підхід заснований на імітаційному моделюванні з використанням безупинної моделі. При цьому інтенсивність транспортного потоку, який прибуває до перехрестя, описується частково-лінійною функцією, що дозволяє легко прогнозувати рух потоків довжиною вулиці, затримки руху, оцінювати ефективність окремих алгоритмів управління. Хоча модель має високу точність, її не можна використати для моделювання великомасштабних мереж через складність.

Наведені теоретичні положення й результати розрахунків – доволі переконливий доказ більших можливостей моделювання кореспонденції різного типу. Залежно від наявної інформації й особливостей завдання можна в

різний спосіб формалізувати схему пошуку кореспонденцій. Найважливішою умовою (при цьому) є перевірка несуперечності й достатності обмежуючих факторів.

2.2. Методика розробки моделі функціонування транспортної мережі міста

На першому етапі моделювання транспортної мережі варто розробити модель транспортної мережі. Транспортна мережа – це одна із складових транспортної системи. Оскільки зміна мережних параметрів пов'язана зі значними матеріальними витратами, то реалізація будь-якого проекту у сфері дорожнього руху має допускати попередню оцінку зміни характеристик функціонування транспортної мережі. У зв'язку з цим видається актуальним завдання прогнозування характеристик руху транспортних потоків після введення різних керуючих впливів.

Таке прогнозування припускає вирішення цілої низки взаємопов'язаних завдань. У найбільш загальному вигляді порядок прогнозування характеристик функціонування транспортної мережі після введення різних керуючих впливів поданий на рис. 2.1.

Розробка моделі складається з наступних етапів:

- складання топологічної схеми, на якій мережа має вигляд вузлів і дуг;
- визначення параметрів дуг і вузлів мережі. Для опису дуг мережі достатньо визначити наступні параметри: довжина дуги, ширина проїжджої частини, кількість смуг руху та швидкість вільного руху дугою. Для характеристики вузлів транспортної мережі необхідно визначити обсяги утворення й поглинання транспортних потоків у кожному вузлі;
- для кожного вузла (перехрестя) транспортної мережі треба задати наявні обмеження можливих напрямків руху, які вводяться заборонними й дорожніми знаками.

Під час розрахунку характеристик функціонування транспортної мережі, гравітаційна модель передбачає баланс прибуття–відправлення між двома районами. Основна ідея полягає в тому, що кореспонденція з одного району до іншого пропорційна загальному обсягу відправлення–прибуття і деякої функції, що залежить від дальності поїздки між вузлами мережі.

В ентропійних моделях при розрахунку кореспонденцій, виходять з імовірнісного опису поведінки автомобілів. Вважається, що реалізований стан системи – це стан, який має найбільшу статистичну вагу. Використання даного методу для прогнозування кореспонденцій мережі пов'язано зі значними спостереженнями та подальшим виявленням закономірностей функціонування транспортних потоків.

Для розподілу кореспонденцій по дугах транспортної мережі використовуємо гравітаційну модель (2.5).

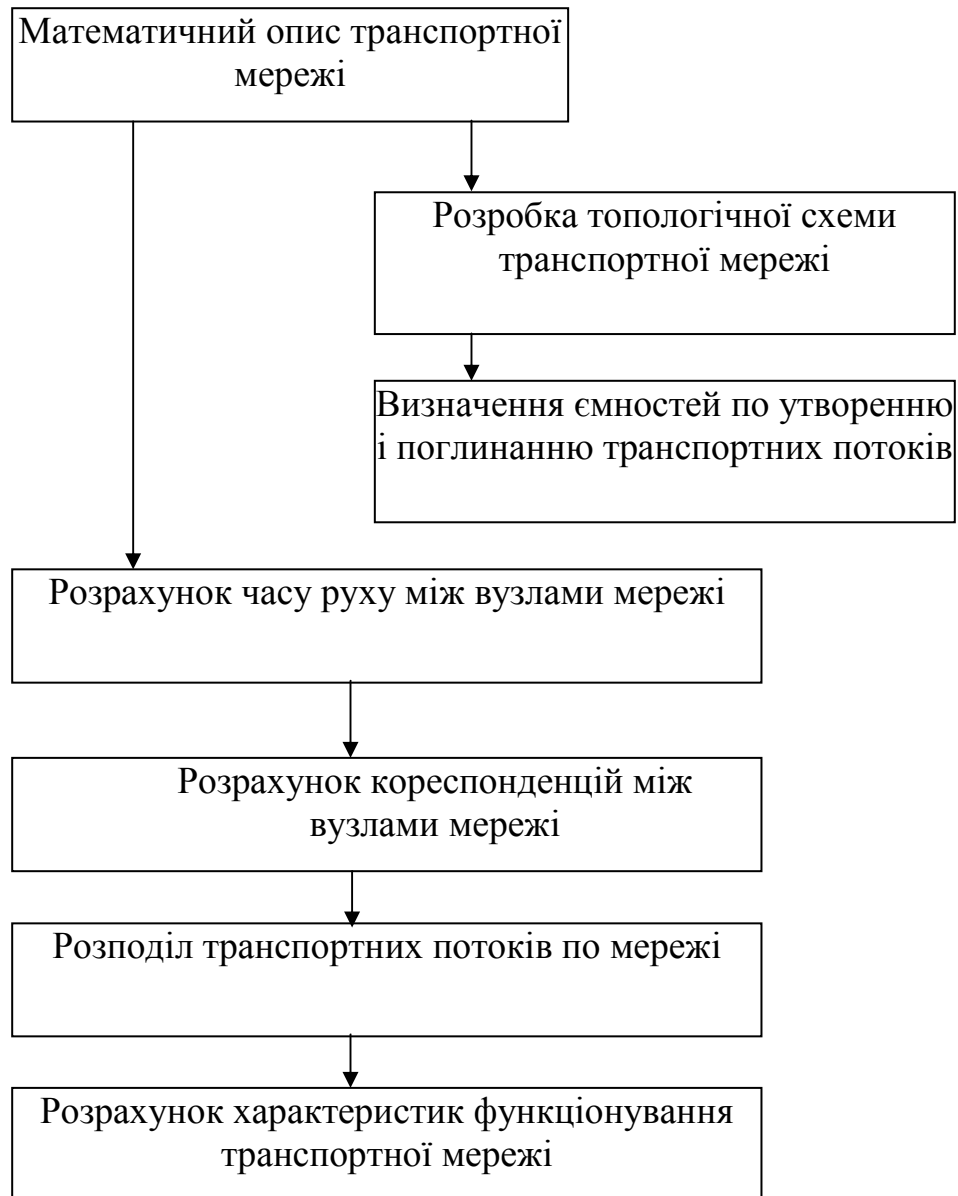


Рис. 2.1 – Структурна схема розрахунку характеристик функціонування транспортної мережі

Розрахунок розподілу кореспонденцій виконується залежно від обсягів прибуття і відправлення у вузлах мережі й часу руху між ними .

Кореспонденції з i -го пункту в j -й визначаємо за формулою:

$$h_{ijk} = \frac{HO_i \cdot HP_{jk} \cdot k_{jk} \cdot D_{ij}}{\sum_{j=1}^n (HP_{jk} \cdot k_{jk} \cdot D_{ij})}, \quad (2.5)$$

де h_{ijk} – кореспонденція між районами i і j на ітерації k ;

HO_i – обсяг відправлень із i -го вузла, авт/год;

HP_j – обсяг прибуттів до j -го вузла, авт/год;

D_{ij} – функція тяжіння між i -м та j -м вузлами;

K_j – балансувальний коефіцієнт;

n – кількість вузлів транспортної мережі.

Балансувальний коефіцієнт розраховуємо за формулою:

$$k_{jk} = \frac{HP_{jk}}{\sum_{j=1}^n h_{ij}}. \quad (2.6)$$

Функцію тяжіння між вузлами мережі визначаємо за формулою:

$$D_{ij} = \frac{1}{T_{ij}}, \quad (2.7)$$

де T_{ij} – час руху між вузлами i і j мережі, год.

$$D_{ij} = \frac{1}{L_{ij}}, \quad (2.8)$$

де L_{ij} – відстань між вузлами i і j мережі, км.

$$D_{ij} = \frac{1}{Z_{ij}}, \quad (2.9)$$

де Z_{ij} – транспортно-експлуатаційні витрати, пов'язані з рухом між вузлами i і j мережі, грн.

Час руху транспортного потоку на дузі мережі програма розраховує за формулою:

$$T_{ij} = \frac{L_{ij}}{V_{ij}}, \quad (2.10)$$

де V_{ij} – швидкість транспортного потоку на дузі, км/год.

Транспортно-експлуатаційні витрати на i -й ділянці визначаються за формулою:

$$Z_{ij} = (C_{зм} \cdot L_i + C_{ном} \cdot \frac{L_i}{V_i}) \cdot N_i, \quad (2.11)$$

де $C_{зм}$ – змінна складова транспортних витрат, коп./км.;

$C_{ном}$ – постійна складова транспортних витрат, коп./год ;

N_i – інтенсивність на i -й дузі мережі, авт/год.

За допомогою програмного забезпечення, використовуючи гравітаційну модель, буде розраховано кореспонденції у транспортній мережі міста. Модель функціонування транспортних потоків у транспортній мережі міста необхідна для вирішення завдання прогнозування поведінки транспортних потоків і, фактично, зводиться до визначення характеристик дорожнього руху на ділянках мережі після зміни параметрів ВДМ.

2.3. Розрахунок розподілу транспортних потоків у транспортній мережі міст

Наявні методи моделювання транспортних потоків засновані на співвідношенні між основними характеристиками дорожнього руху і недостатньо враховують особливості руху міськими вулицями. Тому їхнє використання в низці випадків пов'язано зі значними похибками. Як свідчать натурні дослідження, у містах регульовані та нерегульовані перехрестя, пішохідні переходи, паркування на проїзній частині, присутність у потоці транспортних засобів міського пасажирського транспорту впливають на характеристики руху більше, ніж взаємодії між автомобілями в потоці. Вплив цих факторів додатково знижує швидкість потоку, яка за низької щільності може не залежати від інтенсивності. Ці обставини вкрай обтяжують оцінку умов руху міськими вулицями. Сьогодні існує три підходи до оцінки умов руху на міських вулицях.

Перший підхід припускає оцінку умов руху за допомогою коефіцієнтів утрат часу на затримки k_n :

$$k_n = \frac{T_{зв}}{T_p}, \quad (2.12)$$

де $T_{зв}$ – сумарні втрати часу, пов'язані з затримками, год;

T_p – загальний час руху на ділянці дороги, год.

При цьому виникають труднощі в оцінці умов руху, коли затримок немає.

Другий підхід пропонує оцінювати умови руху за середньою швидкістю протягом загального часу руху. Використання цього показника також має визначені хиби.

Третій підхід заснований на припущенні, що сукупний вплив регульованих і нерегульованих перехресть, крайових впливів знижує пропускну спроможність міських вулиць на 50 %. Виходячи з цього припущення, встановлюють граничні характеристики (N, V, q) рівнів обслуговування на міських вулицях. Кожний із цих підходів має визначені хиби. Проте на їхній основі було розроблено межеві характеристики рівнів обслуговування на міських вулицях, що можна розглядати як експериментальні дані моделювання. Статистичний аналіз цих даних дозволяє математично описати закономірності зміни швидкості потоків на міських вулицях. Використання методу фізичних

аналогій, математичного аналізу граничних умов в даному випадку є недоцільним.

Основні параметри транспортних потоків взаємозалежні. Проте при прогнозуванні швидкості незалежною змінною вважають інтенсивність, а не щільність потоку. Це пояснюється тим, що інтенсивність руху формується безпосередньо під впливом транспортного попиту. Ці дані можуть бути основою для моделювання великомасштабних транспортних мереж.

Залежність між швидкістю й інтенсивністю потоку можна описати регресивною моделлю. Опрацювання експериментальних даних методами регресивного аналізу за допомогою стандартних пакетів програм для ЕОМ показала, що найбільше адекватно описує статистику нелінійна модель виду:

$$Y = A \cdot X^2 + B, \quad (2.13)$$

де Y – залежна змінна (швидкість потоку), км/год;

X – незалежна змінна (інтенсивність руху), авт/год;

A, B – коефіцієнти регресії.

Після розрахунку параметрів моделі отримана залежність

$$V = 55,82 - 6,92 \cdot 10^{-5} \cdot N^2. \quad (2.14)$$

Ця модель характеризується високою тісністю зв'язку між залежною й незалежною змінною (коефіцієнт кореляції $r = 0,99$) і достатньою адекватністю (середня помилка апроксимації $\varepsilon = 1,3\%$).

За умовою 50%-го зниження пропускна здатність однієї смуги руху міської вулиці прийнята 750 авт/год. Модель описує зміну швидкості вільного руху (до досягнення пропускної здатності). Після досягнення пропускної здатності транспортний потік стає невільним і функціонує в режимі затору. При заторовому стані швидкість і інтенсивність потоку знижується й може падати до нуля. Чітких закономірностей поведінки транспортних потоків в умовах затору немає. Тому пропонується у випадку перевищення пропускної здатності приймати $V = 5$ км/год.

Як уже відзначалося, за низької щільності швидкість потоку на міських вулицях може не залежати від інтенсивності. У цьому випадку швидкість потоку варто приймати на рівні швидкості руху у вільних умовах, незалежно від розрахованого значення за залежністю (2.14). Для прогнозування фактичних характеристик і ефективності функціонування транспортної мережі треба виконати розподіл транспортних потоків у транспортній мережі. При цьому швидкість потоку слід розглядати як функцію від інтенсивності. Для прогнозування фактичної швидкості потоку, коли інтенсивність не перевищує пропускної здатності, використаємо наступну регресійну модель:

$$V_{\phi} = \begin{cases} \text{при } N \leq P & \min \begin{cases} V_B \\ 55,82 - 6,92 \cdot 10^{-5} \cdot N_i^2 \end{cases} \\ \text{при } N > P & 5 \text{ км/год} \end{cases}, \quad (2.15)$$

де P – пропускна здатність смуги руху, авт/год;

V_{ϕ} – фактична швидкість руху, км/год;

V_e – швидкість вільного руху, км/год;

N_i – середня інтенсивність руху одною смугою i -ої дуги мережі, авт/год.

Зростання інтенсивності призводить до зменшення швидкості потоків (і навпаки), що, в свою чергу, викликає зміни часу руху та транспортних витрат на рух дугами мережі. Тому розрахунок передбачає поетапний розподіл кореспонденцій дугами мережі, що супроводжується перерахунком швидкості потоків і матриці найкоротших відстаней. Таким чином, розподіл транспортних потоків виконуємо відповідно до фактичної швидкості, а не швидкості вільного руху.

Під час прогнозування розподілу потоків існує ціла низка проблем. Головними з них є суб'єктивний вибір водіями траси маршруту й взаємозалежність основних характеристик руху. Видається можливим прийняти припущення, що критерієм вибору траси маршруту є час руху. Тому кореспонденції транспортних засобів розподіляються мережею відповідно до цього критерію. При цьому, треба врахувати вплив інтенсивності на швидкість потоку й час руху. Це може забезпечити запропонований ітераційний алгоритм (рис. 2.2), що передбачає розподіл кореспонденцій $q[i,j]$ із усіх вузлів утворення потоків i в усі вузли поглинання потоків j дугами мережі невеликими порціями q_0 . Після розподілу чергової порції кореспонденцій q_0 з кожного вузла i до всіх вузлів j й розрахунку інтенсивності руху $N[i,j]$ всіма дугами мережі, виконуємо перерахунок швидкості потоків $V_{\phi}[i,j]$ і часу руху $T_{\phi}[i,j]$ між вузлами i і j . Ці характеристики руху визначаються залежно від поточного значення інтенсивності руху на всіх дугах мережі.

Для цього використовуємо математичну модель розрахунку фактичної швидкості. Перебір вузлів здійснюється в діапазонах: $i=1..i_k$; $j=1..j_k$ (i_k і j_k) – відповідно, кінцеві вузли утворення й поглинання потоків. Ітерації тривають доти, доки не будуть розподілені всі кореспонденції.

Після розподілу всіх кореспонденцій дугами мережі можна визначити параметри функціонування транспортної мережі в цілому. На завершальному етапі проводять виведення результатів розрахунків.

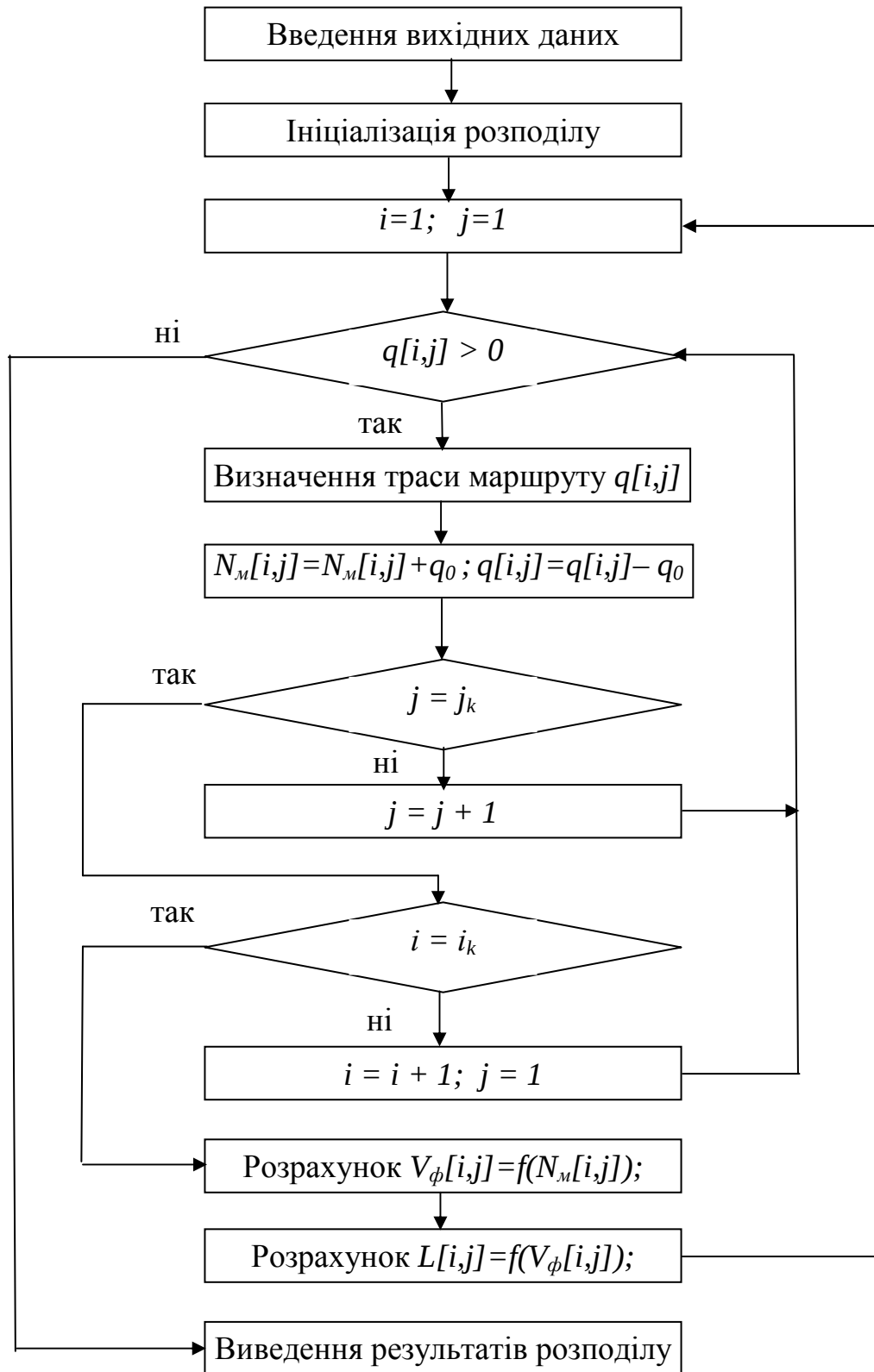


Рис. 2.2 – Алгоритм розрахунку характеристик транспортної мережі міста

2.4 Розробка та оцінка ефективності рішень щодо удосконалення транспортної мережі міста.

Очевидно, що просторові можливості транспортного планування під час реконструкції й перебудови існуючої транспортної мережі істотно обмежені порівняно з будівництвом нового міста. У таких випадках необхідна комбінація просторового і висотного устрою або навіть цілого планування за декількома рівнями. Прикладом є центр англійського міста Ковентрі, що був значно пошкоджений під час авіаційних нальотів протягом Другої світової війни (включаючи всесвітньовідомий собор).

На рис. 2.3 показано виведення транзитного руху на обхідну дорогу з великою пропускною здатністю, що проходить межею центральної області, де знаходяться багаторівневі перехрестя, за допомогою яких збірні дороги прив'язані до обхідної дороги. Вони дають можливість доступу до багатоповерхових гаражів або до відкритих стоянок на дахах різних об'єктів, а також – обслуговування центру з обходу. Збірні дороги також використовуються для міського автобусного руху, що проходить через центр (рис. 2.3 б). Пішохідні доріжки (рис. 2.3 в) здебільшого проходять незалежними трасами й поєднують пішохідні зони та історичні об'єкти.

Якщо вертикальне відділення пішохідного руху від автобусного є неможливим то необхідно вдаватися до великих компромісів планування. Наприклад, ті самі простори призначені для різних видів руху в різний час доби (забезпечення магазинів у денний або нічний час). За певних обмежень автомобільного руху мова йде про так звані житлові вулиці, де пішохід може використовувати простір вулиць цілком. Зникає поділ на тротуари й проїжджу частину, а швидкість автомобілів істотно обмежується (15 – 20 км/год), тут заборонений обгін і дозволена стоянка тільки у визначених місцях.

Крім дії спеціальних правил дорожнього руху на таких вулицях застосовують також фізичні елементи, що сповільнюють рух, наприклад, навмисна кривизна вісі дороги, що не дозволяє рух з високою швидкістю, штучні перешкоди на проїжджій частині, навмисно нерівна поверхня проїжджої частини дороги.

Принципи обслуговування з периметра можна застосувати й в існуючій блоковій забудові з прямокутною вулично-дорожньою мережею. У першу чергу, необхідно визначити й виділити вулиці периметром території, до яких необхідно обмежити доступ.

Для обмеження проїзду до внутрішніх вулиць території можна використовувати систему спеціально орієнтованих вулиць із одностороннім рухом, обмеження кількості в'їздів з обхідної дороги, систему односпрямованих петель, устрій тупиків на вулицях або навіть таке перетворення, коли після усунення деяких блоків виникає пішохідна зона.

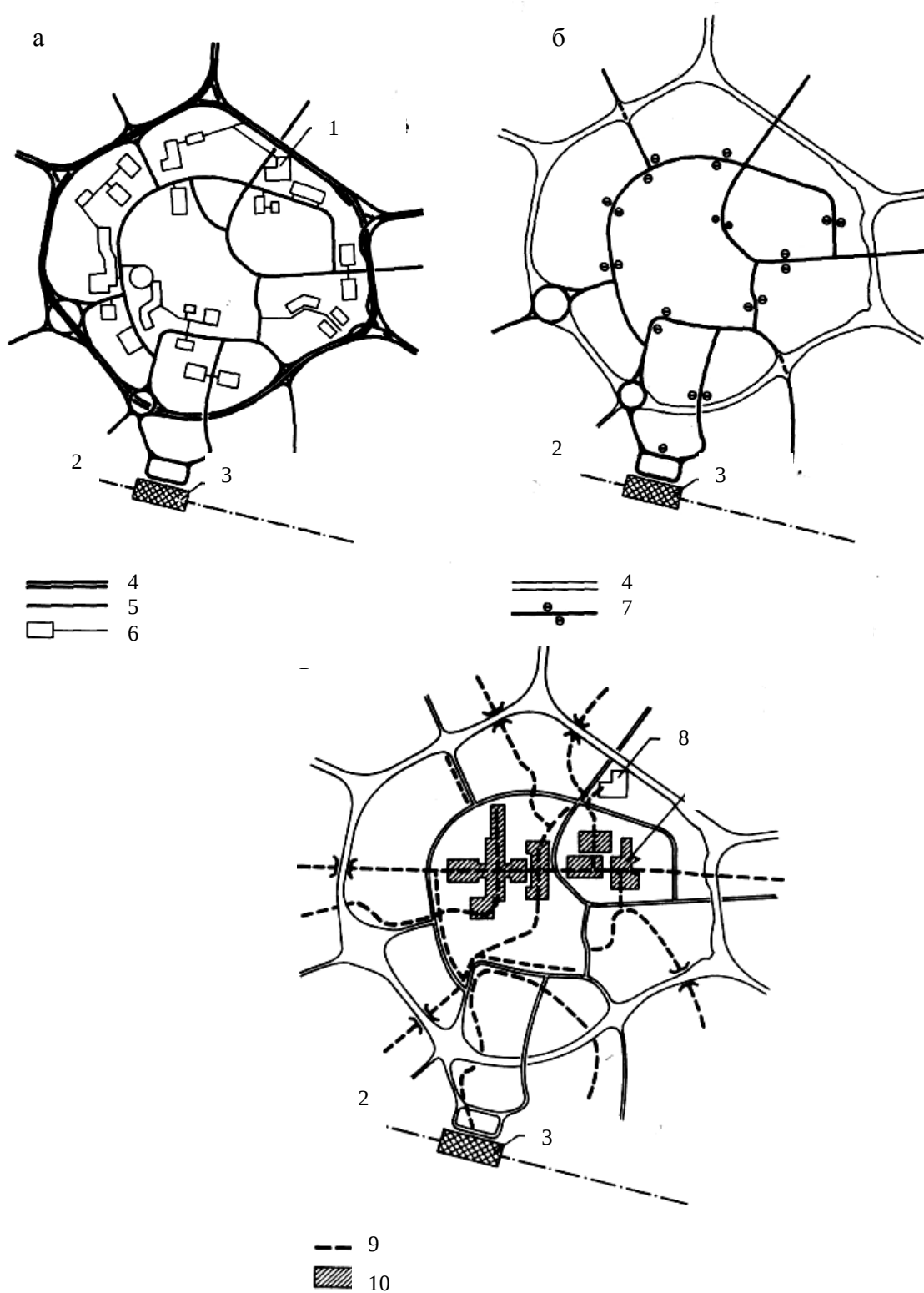


Рис. 2.3 – Обслуговування з периметра в існуючій забудові:
 а – напрямки для транзитного та збірного руху;
 б – маршрути ліній МГТ (автобус); в – пішохідні напрямки
 1 – автовокзал, 2 – залізниця, 3 – залізничний вокзал, 4 – головний обхід
 центру, 5 – збірна магістраль, 6 – багатоповерхові гаражі або стоянки,
 7 – напрямки і зупинки міського автобуса, 8 – автовокзал,
 9 – головні траси пішоходів, 10 – пішохідні зони.

Такий принцип використовується при поступовій перебудові прямокутного шахового устрою вулиць на вільну забудову. Однак, і за миттєвого перетворення, без руйнування деяких об'єктів, можна значно обмежити рух на деяких вулицях і тим самим створити спокійні зони шляхом організації одностороннього руху, зменшення їх ширини, обмеженням в'їзду тощо. У всіх цих рішеннях, що виключають або обмежують проїзд, необхідно передбачити спеціальні заходи, що забезпечують можливість проїзду на такі вулиці великогабаритного транспорту за необхідності (сміттєвози, вантажні автомобілі для перевезення меблів тощо) або швидкісного транспорту в аварійних ситуаціях (пожежні автомобілі, швидка допомога, міліція й т. д.). За необхідності потрібно передбачити також інші можливості, при чому ще на стадії проектування.

Після з'ясування причин виникнення руху і його впливів на розвиток території та її частин, після пояснення основних принципів рішення транспортної проблеми, яке передбачає ґрунтовне знання принципів і параметрів проектування, можна перейти власне до процесу транспортного планування і проектувати магістральну мережу та спорудження на планованій території. Далі викладені тільки основні принципи цього процесу.

Комплексне транспортно-територіальне планування розглядає рух у взаємозв'язку з територією, що його викликає та притягує, і через яку рух проходить і може мати на ній різні цілі. Таке планування може бути зосереджене на одному виді руху та єдиному типі транспортного рішення, наприклад, автомобільний рух та автомагістраль, з метою визначення оптимального розташування перспективної мережі автомагістралей і встановлення послідовності будівництва.

Інший варіант може планувати вантажний рух між двома промисловими областями з метою визначення оптимального поділу об'єму руху на окремі види транспорту: залізничний, автомобільний, водний або трубопровідний. Такий варіант потребує комплексних транспортних досліджень на певній території (найчастіше у місті або його районі), які розглядають усі транспортні проблеми, з урахуванням різних видів руху, доріг й аналізом їх взаємовпливу. Для усіх видів транспортного дослідження завжди необхідно:

- провести докладне дослідження й аналіз сучасного положення та сучасних вимог до руху стосовно використання території, а також аналіз запропонованих раніше рішень;

- установити перспективні вимоги до руху відносно території та на підставі їхнього аналізу запропонувати перспективний план розподілу руху;

- оцінити альтернативні рішення з урахуванням задоволення встановлених вимог з різних точок зору (пропускна здатність магістралі, безпека руху, навколишнє середовище, ефективність інвестицій у будівництво тощо), обрати оптимальне рішення.

Немає точного опису, інструкції або посібника з технології проведення комплексного транспортного дослідження. Це обумовлено, насамперед, наступними факторами:

- відносини між характеристиками людської діяльності і викликаним ними рухом постійно уточнюються, досліджуються більш докладно, їх число зростає таким чином, що, з одного боку, їх складно описати математично (для моделі), із другого боку, їх усі неможливо включити до розрахунку, а необхідно обирати найбільш характерні;

- методи і способи (насамперед математичні моделі) та їхнє програмне вираження постійно уточнюються й поліпшуються на основі поступово накопичених знань і досвіду;

- техніка (насамперед комп'ютери), що використовується, дуже швидко якісно змінюється, що надає можливості проводити більш складні розрахунки, які потребують більших обсягів пам'яті та швидкості проведення операцій.

За результатами проведеного аналізу параметрів функціонування транспортної мережі обґрунтовуються та розробляються заходи з підвищення її ефективності. Ці заходи можуть бути спрямовані як на удосконалення умов руху в існуючій мережі, так і на реконструкцію мережі в цілому.

Перший підхід може передбачати:

- організацію системи вулиць із одностороннім рухом;
- введення обмежень руху;
- удосконалення покриття доріг;
- раціональне розподілення проїжджої частини за напрямками руху.

Другий підхід може передбачати:

- будівництво нових доріг;
- збільшення ширини проїжджої частини;
- організацію перехресть на різних рівнях.

При обґрунтуванні заходів доцільно використовувати обидва підходи. Оцінку ефективності рішень з удосконалення транспортної мережі міста треба виконувати для декількох варіантів реконструкції мережі. Характеристики транспортних потоків та показники ефективності функціонування транспортної мережі прогнозують за допомогою програмного забезпечення.

Функціонування транспортної мережі впливає на рівень витрат на перевезення автомобільним транспортом, на витрати у промисловості та будівництві.

Крім економічного ефекту, заходи з удосконалення транспортної мережі забезпечують деякі види соціального ефекту (витрати часу на переміщення, скорочення кількості ДТП, зниження транспортної втоми). Заходи з удосконалення транспортної мережі можуть підвищувати або знижувати збиток навколишньому середовищу.

До складу народногосподарських витрат, що залежать від організації дорожнього руху входять:

1. Одноразові витрати:

- капітальні вкладення в об'єкти (дороги, спорудження тощо) при будівництві;

- капітальні вкладення в об'єкти під час реконструкції;
- капітальні вкладення в автотранспорт.

2. Поточні витрати:

- експлуатаційні витрати автотранспорту;
- народногосподарські витрати, пов'язані з витратами часу пасажирів;
- народногосподарські витрати, пов'язані з витратами часу пішоходів;
- народногосподарські витрати пов'язані із ДТП;
- витрати пов'язані, з експлуатацією технічних засобів регулювання ДР;
- витрати на ремонт і утримання доріг;
- народногосподарські витрати, пов'язані зі шкідливим впливом на навколишнє середовище;
- витрати в суміжних областях народного господарства.

Оцінка ефективності заходів з удосконалення транспортної мережі міста виконується шляхом порівняння основних витрат, пов'язаних із функціонуванням транспортної мережі для базового та пропонованого варіантів, а також визначення терміну окупності заходів.

Сумарні витрати, пов'язані із функціонуванням транспортних потоків у транспортній мережі для базового та пропонованого варіантів, визначаються за формулою:

$$Z = \sum_{t=1}^p Z_{ydt} \cdot k_t + \sum_{t=1}^p Z_{mpt} \cdot k_t + \sum_{t=1}^p Z_{kt} \cdot k_t, \quad (2.16)$$

де Z_{ydt} – витрати на утримання доріг у t -му році розрахункового періоду, грн;

Z_{mpt} – транспортні витрати в t -му році розрахункового періоду, грн;

Z_{kt} – капітальні витрати на реконструкцію транспортної мережі для t -го року розрахункового періоду, грн;

k_t – коефіцієнт дисконтування витрат для t -го року розрахункового періоду;

p – кількість років розрахункового періоду.

За розрахунковий рік приймають рік впровадження заходів з реконструкції транспортної мережі. Тривалість розрахункового періоду може бути різною. Враховуючи, що реконструкція транспортної мережі потребує значних капітальних витрат, розрахунковий період зазвичай встановлюють не менше 10 років.

Витрати на утримання доріг визначаються за формулою

$$Z_{yd} = \sum_{i=1}^k L_i \cdot C_{yd}, \quad (2.17)$$

де C_{yd} – норма витрат на утримання 1 км автомобільної дороги відповідної категорії, грн/км.

Транспортні витрати визначаються за формулою

$$З_{mp} = \frac{Д_{\kappa} \cdot C_{mp}}{k_n}, \quad (2.18)$$

де C_{mp} – транспортні витрати, пов’язані з функціонуванням мережі в годину “пік”, грн/год;

$Д_{\kappa}$ – кількість календарних днів протягом року ($Д_{\kappa}=365$);

k_n – коефіцієнт добової нерівномірності інтенсивності руху для години «пік» ($k_n=0.1$).

Значення C_{mp} розраховується після визначення транспортних витрат на всіх дугах транспортної мережі.

Капітальні витрати на реконструкцію транспортної мережі визначаються за формулою:

$$З_p = \sum_{i=1}^p L_{ri} \cdot k_{1km}, \quad (2.19)$$

де L_{ri} – довжина побудованих або реконструйованих дуг мережі, км;

k_{1km} – норма витрат на будівництво 1 км автомобільної дороги відповідної категорії, грн/км;

p – кількість побудованих або реконструйованих дуг мережі.

Коефіцієнт дисконтування витрат визначається за формулою

$$k_t = \frac{1}{(1+d)^t}, \quad (2.20)$$

де d – норма дисконту;

t – рік розрахункового періоду.

Сумарні витрати, пов’язані з функціонуванням транспортних потоків у транспортній мережі, та їхні складові для базового та пропонованого варіантів розраховують окремо для всіх років розрахункового періоду. Далі визначають сумарні витрати за весь розрахунковий період. Економічний ефект, який може бути одержаний внаслідок впровадження розроблених заходів, визначається як різниця між сумарними витратами для базового та пропонованого варіантів за весь розрахунковий період.

Результати розрахунків доцільно подати у вигляді табл. 2.1.

Після розрахунку економічного ефекту визначають строк окупності розроблених заходів. Для цього необхідно побудувати графік зміни сумарних витрат для базового та пропонованого варіантів за роками розрахункового періоду. Крапка перехрестя на графіку сумарних витрат базового та

пропонованого варіантів буде відповідати строку окупності пропонованих заходів.

Таблиця 2.1 – Сумарні витрати для базового та пропонованого варіантів

Індекс року	Коефіцієнт дисконтування	Витрати на утримання доріг		Транспортні витрати		Капітальні витрати		Сумарні витрати	
		Б*	П	Б	П	Б	П	Б	П
0									
1									
2									
...									
...									
10									
УСЬОГО :									

Примітка : * Б – базовий варіант; П – пропонований варіант.