

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ОДЕРЖАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ДІЛЯНЦІ ВУЛИЧНО - ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Склад вихідних даних для проектування організації дорожнього руху на ділянці вулично-дорожньої мережі

Проектування організації дорожнього руху на ділянці ВДМ починають із планування й проведення комплексу робіт з одержання необхідних вихідних даних (рис. 2.1).

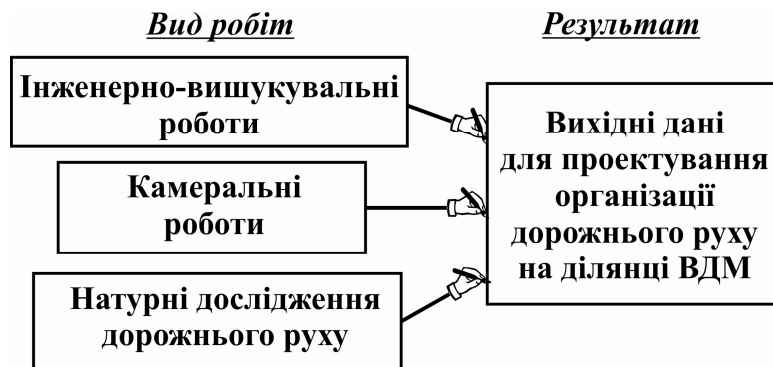


Рис. 2.1 – Комплекс робіт з отримання вихідних даних для проектування організації дорожнього руху на ділянці вулично-дорожньої мережі

У результаті проведення інженерно-вишукувальних робіт на ділянках ВДМ повинна бути отримана інформація про:

- геометричні параметри вулиці її елементів (ширина проїзної частини, розділювальної смуги, тротуарів, пішохідних доріжок та узбіч; ширина та довжина перехідно-швидкісних смуг; величина і довжина радіусів кривих в плані та повздожніх похилів; довжина та габарити штучних споруд, тощо);

- відстань (горизонтальну і вертикальну) до інженерних комунікацій (водопроводу, газопроводу тощо), повітряних ліній електропередач, конструкцій шляхопроводу, рекламоносіїв, дерев, опор освітлення та зв'язку, які розташовані у межах ділянки ВДМ.

При камеральних роботах збирається інформація про категорію вулиці (дороги), аналізуються рішення, що прийняті при розробці Комплексної схеми організації дорожнього руху (КСОДР) та Комплексної схеми транспорту (КСТ), збирається і аналізується інформація про ДТП.

У результаті натурних досліджень дорожнього руху на ділянці ВДМ повинна бути отримана інформація про:

- існуючий стан організації руху транспорту й пішоходів на ділянці ВДМ і на суміжних з нею ділянках ВДМ;

- дислокацію й режими роботи технічних засобів організації дорожнього руху на ділянці ВДМ;

- параметри транспортних і пішохідних потоків.

2.2 Обстеження організації руху транспорту й пішоходів і дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на ділянці вулично-дорожньої мережі

Обстеження - вид дослідження, у результаті якого визначаються, в основному, якісні характеристики реально існуючих об'єктів. При цьому можливо проведення найпростіших вимірів, що мають допоміжне значення.

Обстеження організації руху транспорту й пішоходів проводиться безпосереднього на ділянці ВДМ і триває від 1 до 3 годин. Спостерігачеві необхідно описати організацію руху транспорту й пішоходів на ділянці ВДМ, відповівши на наступну групу питань:

1. Які дозволені напрямки руху транспорту й пішоходів на ділянці ВДМ; чи є обмеження в русі (наприклад, заборонений рух вантажних автомобілів, стоянка або зупинка транспортних засобів); який напрямок руху на перехресті є головним; яка кількість смуг на кожному вході на ділянку ВДМ і в якому напрямку дозволений рух транспорту ними?

2. Які технічні засоби ОДР використовуються на ділянці ВДМ; який фактичний стан технічних засобів ОДР; чи відповідає розташування технічних засобів ОДР вимогам стандартів, чи правильно вони встановлені?

3. При наявності світлофорного об'єкта на ділянці ВДМ: яка кількість фаз регулювання; яка тривалість циклу, основних і проміжних тактів? Необхідно привести схему пофазного роз'їзду й циклограму роботи світлофорної сигналізації на ділянці ВДМ, наприклад, як показано на рис. 3.3.

4. Як розташовані транспортні й пішохідні світлофори; чи є дублери; який стан світлофорів, чи чисті лінзи, чи не розбиті вони, чи є фантом-ефект?

5. Чи не закривають крони дерев або запарковані транспортні засоби дорожні знаки й світлофори?

Крім того необхідно відповісти ще на ряд питань.

При обстеженні *пішохідних переходів*:

1. Чи розташований пішохідний перехід на траєкторії руху пішоходів; чи йдуть вони поруч із пішохідним переходом і чому; скільки таких пішоходів і які їхні траєкторії руху?

2. Де і як розташовані об'єкти притягання пішоходів і як вони впливають на роботу пішохідного переходу?

3. У якому стані перебувають перехід і підходи до нього, чи є сміття, бруд, калюжі і інші перешкоди; чи є зниження бордюрів для руху інвалідів, дитячих колясок, людей похилого віку; чи освітлений пішохідний перехід?

4. Що зменшує видимість на пішохідному переході (наприклад, запарковані автомобілі)?

5. Чи є маневрування транспорту у зоні пішохідного переходу, яке воно й чим викликано, чи робить воно вплив на безпеку руху і яким чином; чи спостерігалися конфліктні ситуації, які, із чієї вини й з якої причини?

6. Чи є інші особливості, властиві даному переходу, наприклад, наявність дітей або людей похилого віку, нерівномірність величини інтенсивності руху

пішоходів на пішохідному переході за напрямками і в часі; чи зупиняється транспорт для пропуску пішоходів?

Для *регульованого пішохідного переходу* додатково необхідно відповісти на наступні питання:

1. Як відбувається рух через пішохідний перехід; де збираються пішоходи, чекаючи зеленого сигналу; чи йдуть вони по переходу або, можливо, поруч із ним?

2. Де зупиняються автомобілі на червоний сигнал світлофора; чи достатня дистанція між ними й пішохідним переходом?

3. Чи йдуть пішоходи тільки на зелений сигнал пішохідного світлофора; чи достатньо тривалості перехідного інтервалу для пішоходів, чи є випадки, коли вони закінчують рух уже при червоному сигналі, бігцем, або залишаються на островці безпеки; чи є випадки свідомого руху пішоходів на червоний сигнал, як часто й чому це відбувається?

4. Чи є випадки руху транспорту на червоний сигнал; як часто й чому; чи є конфліктні ситуації, які, із цієї вини і як часто вони відбуваються?

Для *підземних пішохідних переходів* додатково необхідно відповісти на наступні питання:

1. Чи зручний пішохідний перехід і, особливо, спуск до нього; чи добре освітлені сходи або пандуси й сам перехід; чи чисто в переході, чи є там сміття, бруд, вода?

2. Чи є випадки відмови пішоходів від користування підземним пішохідним переходом; як часто це відбувається й чому на Ваш погляд?

При обстеженні ділянки ВДМ, на якій розташована *зупинка маршрутного пасажирського транспорту (МПТ)*:

1. Чи зручно розташована зупинка МПТ; чи не йдуть майже всі пасажирів, що вийшли, в одному напрямку уздовж вулиці; чи не краще було б перенести зупинку трохи вперед або назад по ходу руху?

2. Чи є «заїзна кишень» і як вона використовується?

3. Які перешкоди виникають на шляху пішоходів і пасажирів у районі зупинки МПТ; чи немає яких-небудь виступаючих предметів, огорожень, люків, дерев, які заважають рухові пішоходів?

4. Де зупиняється перша рухома одиниця МПТ, чи далеко від пішохідного переходу, як користуються пасажири цим пішохідним переходом?

При обстеженні *перехрестя*:

1. Який вплив на роботу перехрестя робить стан і облаштування пішохідних переходів і зупинок МПТ?

2. Який вплив на роботу перехрестя робить контактна мережа тролейбусів і трамваїв; чи спостерігалися випадки її відмови?

3. Яка кількість автомобілів накопичується в черзі на другорядній вулиці або перед світлофором; чи роз'їжджається їх черга в кожному циклі, або автомобілі залишаються на другий і наступні цикли?

4. Чи рівномірно завантажені смуги руху; як відбувається зупинка транспорту, чи має місце екстрене гальмування?

Особливе значення має фіксація різних перешкод руху:

- ушкодження проїзної частини: вибоїни, великі тріщини, осідання, люки, що виступають або утопають, неправильне сполучення проїзної частини вулиці із трамвайними шляхами;

- сторонні предмети на проїзній частині - будівельні матеріали, деталі автомобілів, вода, бруд, сміття й т. ін.;

- несправні або запарковані автомобілі, що стоять близько від перехрестя;

- несанкціонований рух пішоходів, гужового транспорту.

Необхідно дати короткий аналіз недоліків і розробити пропозиції з вдосконалення організації дорожнього руху, дислокації й режимів роботи технічних засобів ОДР на ділянці ВДМ, що обстежується.

Відзначимо, що наведений вище перелік питань є лише рекомендацією, і ним зовсім не обмежується коло характеристик, що необхідно дослідити. Перед обстеженням будь-якого об'єкта варто переглянути матеріал про його роботу, отриманий у результаті попередніх обстежень. Слід звертати увагу на різні «дріб'язки», які можуть відволікати увагу водія, утрудняти прочитання необхідної інформації, викликати ілюзійні ефекти й т.д. Дуже часто саме такі «дріб'язки» можуть бути основною або істотною причиною конфліктної ситуації або ДТП.

2.3 Дослідження параметрів транспортних і пішохідних потоків

2.3.1 Методи дослідження параметрів транспортних і пішохідних потоків

Основною вихідною інформацією для обґрунтування застосування певних методів регулювання руху, застосування технічних засобів ОДР при розробці проектів організації дорожнього руху є дані про параметри транспортних і пішохідних потоків.

Основними параметрами транспортних потоків прийнято вважати їх інтенсивність, швидкість, щільність і склад.

Основними параметрами, що характеризують рух пішохідних потоків, є інтенсивність, щільність і швидкість руху пішоходів.

Обстеження інтенсивності й складу транспортних потоків на мережі магістральних вулиць і доріг дають кількісну і якісну характеристику існуючого навантаження всієї мережі магістральних вулиць і окремих її елементів. Основними завданнями обстеження є:

- визначення завантаження магістральної мережі й окремих її ділянок потоками автотранспорту;

- виявлення складу транспортних потоків;

- установлення нерівномірності транспортних потоків і їхнього розподілу по території міста, зміни інтенсивності руху за годинами доби, днями тижня, сезонами року;

- виявлення розподілу транспортних потоків у вузлах мережі за напрямками руху;

- визначення систематичних затримок руху у вузлах і «вузьких» місцях мережі в години пік.

У залежності від поставленого завдання вивчення параметрів транспортних і пішохідних потоків проводять суцільним або вибіркоким методом. При суцільному обстеженні реєструють всі транспортні засоби або всіх пішоходів, що проходять через певний переріз вулиці або вузол. Таке обстеження може охопити всі вулиці й дороги міста або його певного району.

При вибіркокому обстеженні вивчаються характеристики тільки певної частини транспортного або пішохідного потоку. Розміри вибірки приймають залежно від мети обстеження, точності результатів, а також залежно від інтенсивності руху транспорту або пішоходів. Вибіркове обстеження може охопити всі вулиці, але проводиться в певні періоди часу, наприклад, у години пік або для всіх годин доби, але по певним періодам.

Тривалість періоду вибіркового обстеження визначається спеціальним розрахунком.

Вивчення характеристик транспортних потоків можуть виконуватися візуальними методами, а також за допомогою автоматичних і напівавтоматичних засобів.

Візуальні методи обстеження є найпоширенішими через свою доступність і точність, хоча вони досить трудомісткі й коштовні. Характеристики транспортних і пішохідних потоків досліджують спостерігачі-обліковці. Методика обстежень може містити в собі як безпосередній вимір характеристик транспортних і пішохідних потоків на ВДМ, так і відеозйомку з наступною камеральною обробкою відзнятих матеріалів. Спостерігач може враховувати від 1000 до 1500 автомобілів у годину з помилкою, що не перевищує 1 %.

Застосування автоматичних і напівавтоматичних засобів зменшує трудомісткість обстеження, тому що відпадає потреба у веденні запису вручну. Широке застосування знайшли автомати й прилади, що вимірюють інтенсивність і швидкість руху транспорту, тривалість і обсяг затримок і т.д. У цей час при обстеженні транспорту в містах використовують різні детектори (індуктивні, ультразвукові, інфрачервоні, пневматичні) і радары (ФАРА, ВІЗИР, Бар'єр, Спідган).

Помилки, що можливі при автоматичному підрахунку кількості транспортних засобів, не перевищують 2%.

2.3.2 Дослідження інтенсивності руху й складу транспортного потоку

Інтенсивність руху транспортних засобів відноситься до первинних параметрів дорожнього руху, тому що вона визначається потребами в перевезеннях пасажирів і вантажів. Всі інші характеристики режиму транспортного потоку визначаються його інтенсивністю й сукупністю умов руху.

Інтенсивність руху транспорту визначається кількістю транспортних засобів, які проходять через переріз магістралі в одиницю часу (годину, добу, рік).

При вимірах інтенсивності руху транспорту використовують фізичні (в деяких джерелах можна зустріти поняття «натуральні одиниці») та приведені одиниці.

Фізичними одиницями вважаються різні типи транспортних засобів: легкові і вантажні автомобілі, автопотяги, автобуси, тролейбуси, велосипеди, мотоцикли.

Величина інтенсивності руху транспорту у фізичних одиницях (N , авт./год) розраховується шляхом підсумовування кількості всіх типів транспортних засобів, що пройшли ділянку вулиці за певний період часу.

Величина інтенсивності руху транспорту в приведених одиницях розраховується з урахуванням складу транспортного потоку. Склад транспортного потоку відбиває процентний вміст у потоці певних типів транспортних засобів.

За приведену одиницю виміру прийнятий легковий автомобіль. Інші транспортні засоби приводяться до легкового автомобіля за допомогою коефіцієнтів приведення за формулою:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n (k_i \cdot N_i), \text{ од./год}, \quad (2.1)$$

де N_{np} – інтенсивність руху транспорту в приведених одиницях, од./год;

k_i – коефіцієнт приведення i -го типу транспортних засобів до легкового автомобіля;

N_i – інтенсивність руху i -го типу транспортних засобів в фізичних одиницях, авт./год;

n – кількість типів транспортних засобів.

В Україні коефіцієнти приведення до легкового автомобіля приймаються відповідно до нормативних документів [14, 15] (табл. 2.1). Ці нормативні документи не розглядають диференційовано різні умови руху (перегони доріг і вулиць, різні типи перехресть і т.д.) і припускають постійні коефіцієнти для різних елементів дорожніх мереж і ВДМ міст. В основі цих коефіцієнтів приведення - співвідношення динамічних габаритів транспортних засобів при русі на перегонах.

Величина інтенсивності руху у фізичних одиницях використовується при визначенні небезпеки руху на ділянках ВДМ, наприклад, за методом конфліктних точок чи за методом коефіцієнтів аварійності. Значення небезпеки руху на ділянках ВДМ може бути використано для встановлення методів регулювання руху на ділянці ВДМ, заборони окремих маневрів на перехрестях з застосуванням відповідних технічних засобів ОДР, визначення місць розташування пішохідних переходів і запобігання переходу пішоходами проїзної частини вулиці поза пішохідними переходами шляхом встановлення пішохідних огорожень і т.д.

Величина інтенсивності руху у приведених одиницях використовується при розрахунку режимів світлофорного регулювання і величин потоків насичення, при визначенні рівня завантаження ділянки ВДМ рухом.

Інтенсивність руху змінюється в плині місяців року, днів тижня, годин доби, а також у плині години. Всі ці зміни інтенсивності необхідно враховувати, щоб у пікові години елементи ВДМ працювали без відмов (тобто без утворення заторів на підходах до них).

Для одержання даних про інтенсивність руху на певних ділянках доріг і вулиць проводять локальні виміри.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти приведення до легкового автомобіля

Тип транспортних засобів	Коефіцієнти приведення
Легкові автомобілі	1
Мотоцикли з коляскою	0,75
Мотоцикли без коляски та мопеди	0,5
Автобус	3,0
Автобус зчеплений	5,0
Тролейбус	3,5
Тролейбус зчеплений	5,0
Вантажні автомобілі, вантажопідйомністю до 2 тонн	1,5
від 2 до 6 тонн	2,0
від 6 до 8 тонн	2,5
від 8 до 14 тонн	3,0
понад 14 тонн	3,5
Автопоїзд вантажопідйомністю до 12 тонн	3,5
від 12 до 20 тонн	4,0
від 20 до 30 тонн	5,0
понад 30 тонн	6,0

Дані про інтенсивність руху збираються за напрямками і типами автомобілів і записуються через кожні 5, 10, 15 хвилин або за 1 годину спостереження. На постах тимчасового обліку тривалість обстеження коливається від одного дня до тижня (при використанні автоматичного обладнання). При ручному обліку його тривалість становить кілька годин, що включають у себе періоди пікового руху транспортних засобів.

Для оцінки складу транспортного потоку проводяться короткострокові підрахунки вручну у пікові й позапікові періоди руху транспортних засобів.

Обробка даних локальних вимірів залежить від типу необхідної інформації. Прикладом статистичного аналізу даних локального дослідження є порівняння частки вантажних автомобілів у відсотках, що отримана у двох обстеженнях ділянки ВДМ у різні години доби.

У першому обстеженні з 400 зареєстрованих автомобілів 40 були вантажними, а в другому з 600 автомобілів вантажних було 100. Чи можна вважати випадковою розбіжність між часткою вантажних автомобілів у транспортному потоці в першому обстеженні й часткою вантажних автомобілів у транспортному потоці в другому обстеженні? Інакше кажучи, чи можна вважати частку вантажних автомобілів у першому й у другому обстеженні приблизно однаковою величиною?

Розрахунок проводиться в такий спосіб:

1. Знаходять середньозважений відсоток вантажних автомобілів:

$$100(40+100):(400+600)=14 \%$$

2. Виходячи зі знайденого середньозваженого відсотка знаходять очікувану кількість вантажних і легкових автомобілів в обох випадках:

- перше обстеження: вантажних автомобілів - $0,14 \times 400 = 56$;
легкових автомобілів - $0,86 \times 400 = 344$;
- друге обстеження: вантажних автомобілів - $0,14 \times 600 = 84$;
легкових автомобілів - $0,86 \times 600 = 516$;

3. Визначають квадрат різниці між спостережуваними й очікуваними величинами. Отримані результати ділять на очікуване значення й підсумовують. Отримана сума відома як статистика «хі-квадрат»:

$$\chi^2 = \frac{(40-56)^2}{56} + \frac{(360-344)^2}{344} + \frac{(100-84)^2}{84} + \frac{(500-516)^2}{516} = 8,86.$$

4. З таблиці розподілу «хі-квадрат» знаходять критичне значення статистики «хі-квадрат» - Z_{χ^2} . При довірчій імовірності $P_d = 95\%$ критичне значення статистики «хі-квадрат» буде $Z_{\chi^2} = 3,84$. Якщо значення χ^2 , що розраховане за даними експериментального дослідження, не перевищує значення Z_{χ^2} , то можна вважати, що дані першого і другого обстеження істотно не відрізняються, тобто є приблизно однаковими. У нашому прикладі, отримана величина $\chi^2 = 8,86$ більше $Z_{\chi^2} = 3,84$. Отже, 10% вантажних автомобілів, що зареєстровані у першому обстеженні, і 16,7%, що зареєстровані у другому, є істотно різними.

За результатами дослідження інтенсивності руху й складу транспортного потоку на окремих ділянках ВДМ будують цифрограми чи картограми інтенсивності руху транспорту (рис. 2.5) і діаграми складу транспортного потоку (рис. 2.6).

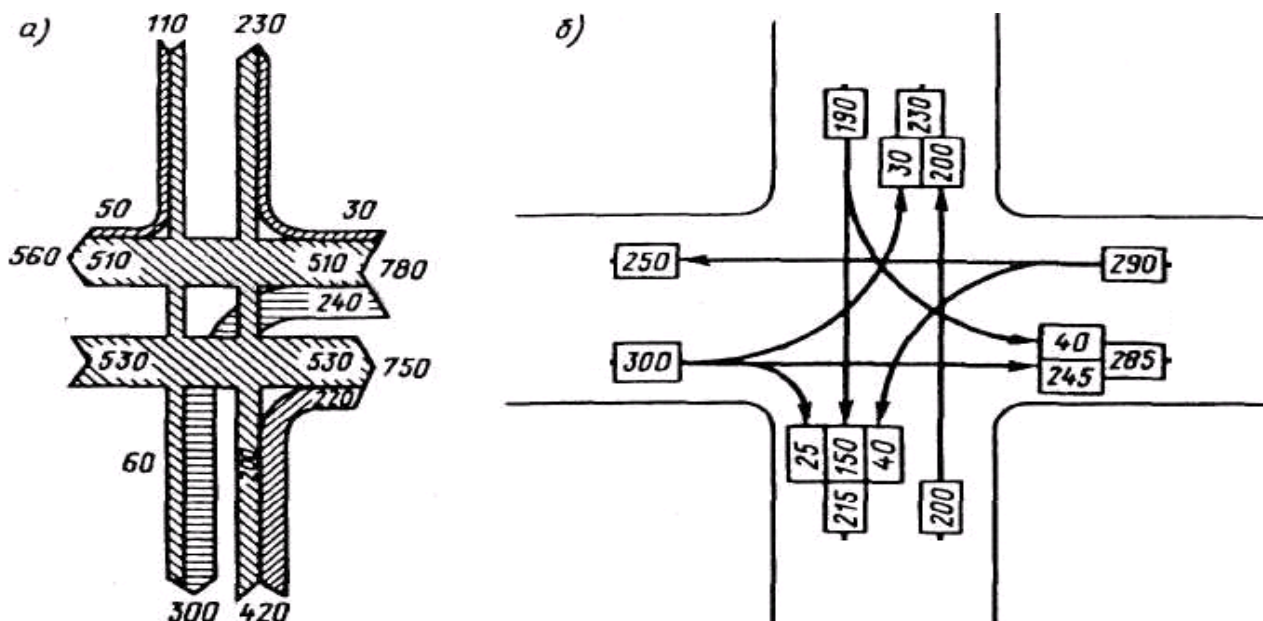


Рисунок 2.5 – Приклад картограми (а) та цифрограми (б) інтенсивності руху транспорту

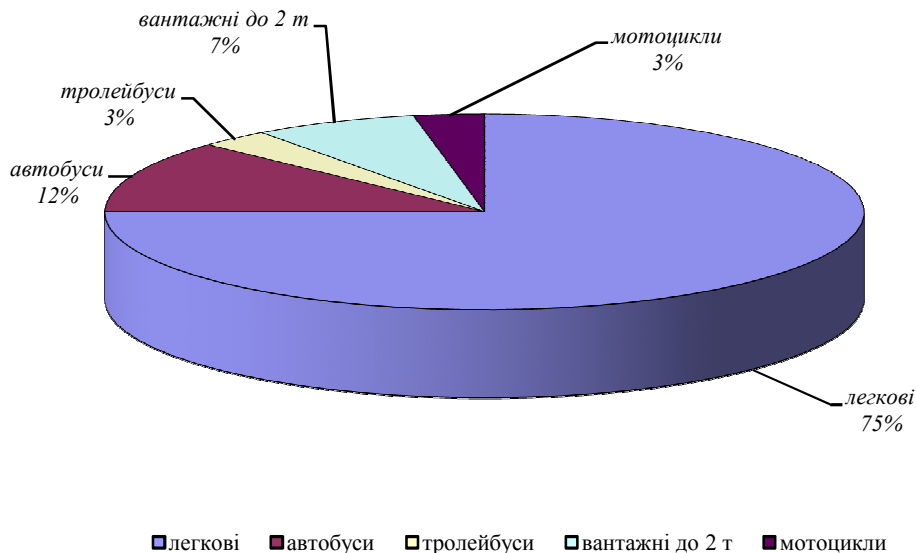


Рисунок 2.6 – Діаграма складу транспортного потоку (приклад)

2.3.3 Дослідження швидкості руху транспортного потоку

Головними завданнями дослідження швидкостей транспортного потоку на вулицях і дорогах є:

- визначення фактичних швидкостей руху транспортних засобів у конкретних дорожніх умовах;
- виявлення основних факторів, що викликають затримки й зниження швидкостей руху;
- установлення ефективних і доцільних у даних конкретних умовах способів і заходів усунення або скорочення затримок руху й підвищення швидкостей руху при дотриманні вимог максимальної його безпеки.

Вимір швидкостей руху автомобілів на певній ділянці вулиці чи дороги називається локальним дослідженням швидкості.

Локальні дослідження мають істотне значення для: установлення мінімально й максимально припустимих швидкостей руху транспортних засобів на певній ділянці вулиці або дороги; обмеження в'їзду на ділянку транспортних засобів певного типу; визначення розрахункової швидкості координації на ділянці ВДМ при введенні координованого регулювання на магістралі; розрахунку тривалості проміжних тактів; визначення розмірів зон забороненого обгону; аналізу дорожньо-транспортних пригод. Завдяки періодичним дослідженням швидкості руху в тому самому перетині може бути визначена тенденція зміни швидкості руху транспортного потоку. Дослідження швидкостей до й після поліпшення умов руху дає можливість оцінити ефективність проведених інженерно-технічних заходів.

У практиці організації руху при проведенні локальних досліджень прийнято характеризувати швидкість руху транспортних засобів миттєвими її значеннями.

Миттєва швидкість руху являє собою фактичну швидкість руху одиночного автомобіля, що вимірювалась на короткій ділянці дороги й у конкретних дорожніх умовах. Середня миттєва швидкість руху є середнім значенням ряду миттєвих швидкостей, що вимірювались на даному відрізку дороги:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \text{ км/год}, \quad (2.2)$$

де V_i – миттєва швидкість руху i – того автомобіля, км/год;

n – кількість автомобілів, швидкість яких вимірювалася.

Миттєві швидкості руху транспортних засобів можна вимірювати прямим або непрямым способом.

У першому випадку для виміру швидкостей руху автомобілів використовуються радары. Дія радару заснована на ефекті зміни частоти радіохвиль, відбитих від рухомих цілей. При цьому зміна частоти прямо пропорційна швидкості руху цих цілей.

Основна перевага радарів полягає в їхній компактності й простоті експлуатації. Однак при високій інтенсивності руху радар вже «не вирізняє» окремі автомобілі. Гарантована точність вимірів швидкостей руху автомобілів при використанні сучасних радарів становить 3 км/год.

При непрямому визначенні швидкості руху вимірюють час проїзду автомобілем базового короткого відрізка дороги.

На практиці час проїзду автомобілем заданої ділянки (бази) визначається за допомогою секундоміра. Границі бази можуть бути відзначені на проїзній частині лініями або іншими орієнтирами. Довжина базової відстані повинна відповідати рівню швидкостей, що досліджуються. Так, для швидкостей руху до 40 км/год достатня відстань 25-30 м, а для більших швидкостей необхідна відстань 50–60 м. Якщо швидкості руху автомобілів перевищують 70 км/год, бажано збільшити базову відстань до 100 м.

При інтенсивності руху менш 200 авт./год спостерігач може вимірювати швидкості (або час проходження базової ділянки) практично всіх автомобілів. При більшій інтенсивності руху уже не можна виміряти швидкість кожного автомобіля, і тому це треба робити вибірково. Обсяг вибірки при цьому повинен бути достатнім для точного визначення необхідних характеристик.

Обсяг вибірки. Кількість необхідних вимірів миттєвої швидкості руху автомобілів, що забезпечують належну репрезентативність вибірки, визначається за формулою:

$$n = \frac{t_p^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (2.3)$$

де t_p^2 – значення функції довірчої ймовірності; при ймовірності $P_D = 0,954$ значення функції довірчої ймовірності $t_p^2 = 2$;

σ – середнє квадратичне відхилення миттєвих швидкостей руху автомобілів від середньої величини, км/год; визначається за результатами попередніх вимірів миттєвих швидкостей руху автомобілів;

Δ - припустима помилка спостережень, км/год.

Припустимо, що під час проведення попередніх вимірів одержали дані про миттєві швидкості руху п'яти автомобілів: $V_1 = 35 \text{ км/год}$, $V_2 = 50 \text{ км/год}$, $V_3 = 45 \text{ км/год}$, $V_4 = 53 \text{ км/год}$, $V_5 = 47 \text{ км/год}$. Середня миттєва швидкість руху становить:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^5 V_i}{5} = \frac{35 + 50 + 45 + 53 + 47}{5} = 46 \text{ км/год.}$$

Визначаємо середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (V_i - \bar{V})^2}{5}} = \sqrt{\frac{(35 - 46)^2 + (50 - 46)^2 + (45 - 46)^2 + (53 - 46)^2 + (47 - 46)^2}{5}} = 6,13 \text{ км/год.}$$

Якщо прийняти припустиму помилку спостереження $\Delta = \pm 1 \text{ км/год}$, то за формулою (2.3), при довірчій імовірності $P_d = 0,954$, кількість вимірів миттєвої швидкості руху автомобілів повинне бути не менш:

$$n \geq \frac{2^2 \cdot 6,13^2}{1^2} = 151.$$

Таким чином, необхідно зробити виміри миттєвої швидкості руху як мінімум 151 автомобіля.

При зниженні вимоги до точності визначення швидкості вдвічі ($\Delta = \pm 2 \text{ км/год}$), число необхідних вимірів скоротиться в чотири рази – до 38.

Методика визначення обсягу вибірки, що описана вище, й наведені формули можливо застосовувати не тільки при дослідженні швидкостей руху автомобілів, але й у багатьох інших випадках, коли спостерігаються випадкові явища й процеси.

Вибір автомобілів із транспортного потоку для виміру миттєвої швидкості руху повинен проводитися випадковим образом. Але при цьому необхідно спробувати одержати у вибірці таку пропорцію автомобілів різних типів, яка б приблизно відповідала складу транспортного потоку на ділянці.

Коли потрібно одержати середньодобові величини швидкості руху, дослідження проводять у наступні періоди часу: з 9 до 12 години, з 15 до 18 і з 20 до 22 години. Для одержання достовірних даних рекомендуються виміри швидкості руху автомобілів виконувати в різні дні тижня й брати за основу усереднене значення із цих вимірів.

Аналіз і обробка даних. Отримана в результаті вимірів інформація підлягає первинній обробці, як правило, зведенню у варіаційні ряди або в таблиці. Її обробляють відповідно до методів математичної статистики й графічно оформляють у вигляді гістограм і кумулятивних кривих.

Методика побудови цих графічних матеріалів наступна:

- всі отримані значення миттєвих швидкостей групують за інтервалами. Звичайно інтервал (крок) групування приймають 5 км/год ;

- для кожного інтервалу визначають частість швидкостей (P_i):

$$P_i = \frac{m_i}{n}, \quad (2.4)$$

де m_i – число значень швидкості, що потрапили в i -тий інтервал (частота);
 n – загальна кількість вимірів швидкості.

За результатами розрахунку частоті будують гістограму розподілу миттєвих швидкостей руху транспортних засобів (рис. 2.7 а);

- для кожного інтервалу визначають накопичену частість (F_i) – це послідовна сума частотей кожного інтервалу. Так:

а) для першого інтервалу - $F_1 = P_1$;

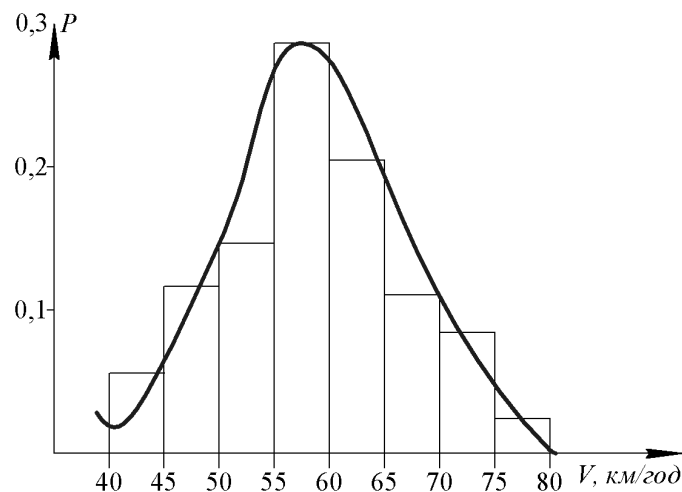
б) для другого інтервалу - $F_2 = P_1 + P_2 = F_1 + P_2$;

в) для третього інтервалу - $F_3 = P_1 + P_2 + P_3 = F_2 + P_3$;

г) для всіх наступних інтервалів - $F_i = F_{i-1} + P_i$.

За результатами розрахунку накопиченої частоті будують кумулятивну криву розподілу миттєвих швидкостей руху транспортних засобів (рис. 2.7 б).

а)



б)

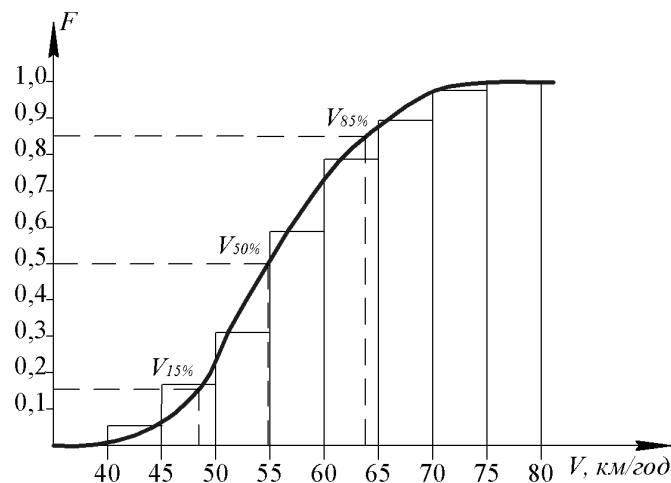


Рисунок 2.7 – Гістограма (а) й кумулятивна крива (б) розподілу миттєвих швидкостей руху транспортних засобів (приклад)

Аналізуючи дані локальних вимірів миттєвих швидкостей руху автомобілів з використанням кумулятивної кривої можна одержати кілька характеристик транспортного потоку: швидкість 15 % - вої забезпеченості ($V_{15\%}$), швидкість 50 % - вої забезпеченості ($V_{50\%}$), швидкість 85 % - вої забезпеченості ($V_{85\%}$).

$V_{15\%}$ - це швидкість руху, яку у транспортному потоці не перевищують 15 % транспортних засобів. У практиці регулювання дорожнього руху приймають у якості мінімально припустимої на даній ділянці.

$V_{50\%}$ (медіана) - це швидкість руху, яку у транспортному потоці не перевищують 50 % транспортних засобів. Приймається як середнє значення швидкості транспортного потоку й використовується в техніко-економічних розрахунках. Медіаною називається швидкість, з перевищенням якої їде стільки ж автомобілів, скільки їдуть і з більш повільною швидкістю.

$V_{85\%}$ - це швидкість руху, яку у транспортному потоці не перевищують 85 % транспортних засобів. Характеризує максимально- припустиму для даних умов швидкість руху транспортних засобів і використовується для прийняття рішень з організації дорожнього руху.

Для визначення асиметрії розподілу миттєвих швидкостей руху автомобілів використовують 7 і 93 % - ві швидкості ($V_{7\%}$ і $V_{93\%}$). Індекс асиметрії обчислюється в такий спосіб:

$$I = \frac{2(V_{93\%} - V_{50\%})}{V_{93\%} - V_{7\%}}. \quad (2.5)$$

Індекс асиметрії, що дорівнює одиниці, указує на симетрію розподілу миттєвих швидкостей щодо медіани. Якщо його значення менше 1, то це означає, що крива розподілу відхиляється убік менших швидкостей, а вище 1 – убік високих швидкостей (тобто в транспортному потоці переважають автомобілі, що рухаються зі швидкістю вище середньої).

Порівняння результатів двох локальних досліджень швидкості руху. Для того щоб визначити, чи є істотною різниця між середніми миттєвими швидкостями транспортних засобів для двох локальних досліджень (наприклад, до й після проведення заходів на ділянці вулиці, або результатів локальних досліджень на двох ділянках вулиці) необхідно перевірити наступну умову:

$$|\bar{V}_1 - \bar{V}_2| > 2\sigma_d, \quad (2.6)$$

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_{u1}^2 + \sigma_{u2}^2}, \quad (2.7)$$

де \bar{V}_1 й \bar{V}_2 - середні миттєві швидкості руху транспортних засобів відповідно для 1 і 2 досліджень, км/год; визначаються за формулою (2.2);

σ_{u1} і σ_{u2} - стандартна помилка середньої вибірки відповідно для першого й другого локального дослідження. Ця величина визначає діапазон, у якому перебуває фактична середня швидкість усього транспортного потоку на тій же ділянці й у той же час, коли проводилося вибіркоче обстеження.

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}, \quad (2.8)$$

σ – середнє квадратичне відхилення миттєвих швидкостей руху від середньої величини, км/год; визначається для всієї вибірки;

n – кількість автомобілів у вибірці.

Якщо умова (2.6) виконується, то з 95 % - вою імовірністю можна стверджувати, що різниця середніх миттєвих швидкостей є статистично значимою й викликана не випадково. Приклад розрахунку наведений нижче.

Параметр	Дослідження 1	Дослідження 2
Середня миттєва швидкість, \bar{V} , км/год	17,3	19,0
Стандартна помилка середньої, σ_u , км/год	0,34	0,5

$$|\bar{V}_1 - \bar{V}_2| = |17,3 - 19,0| = 1,7 \text{ км/год.}$$

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_{u1}^2 + \sigma_{u2}^2} = \sqrt{0,34^2 + 0,5^2} = 0,605 \text{ км/год.}$$

Так як 1,7 більше $2 \times 0,605 = 1,21$, то різниця між середніми миттєвими швидкостями в першому й другому дослідженні є істотною.

2.4 Дослідження характеристик пішохідного руху

При вирішенні питань організації й безпеки руху пішоходів необхідно мати достовірну інформацію про величину й характер пішохідного руху на ВДМ. Основними показниками, що характеризують рух пішохідних потоків, є інтенсивність, щільність і середня швидкість.

Інтенсивність пішохідного руху (N_{niu}) визначається кількістю пішоходів, що пройшли через поперечний переріз пішохідного шляху в одиницю часу (звичайно за одну годину).

Пішохідним шляхом може бути: тротуар, пішохідна доріжка, наземний, підземний або надземний пішохідний перехід.

Під щільністю пішохідного руху (D) треба розуміти кількість людей, що припадає на одиницю площі пішохідного шляху.

Обстеження пішохідного руху передбачає натурне визначення наведених вище параметрів пішохідного руху.

Параметри пішохідних потоків, що підлягають реєстрації при обстеженні, тривалість і методика виконання обстеження залежать від його мети й виду об'єкта, що проектується. Метою такого обстеження можуть бути: збір даних про реальні пішохідні зв'язки в мережі, що досліджується, про розподіл пішохідних потоків за напрямками і часом; аналіз напруженості пішохідного руху по тротуарах у центрі міста й у пунктах масового скупчення пішоходів; визначення розмірів пішохідного руху на пішохідних переходах і т.д. Найбільш часто застосовують 16-годинні (з 6

до 22 години) і 12-годинні (з 7 до 19 години) спостереження. На ряді важливих транспортних вузлів у період максимальних навантажень для уточнення даних, отриманих у результаті багатогодинних спостережень, проводять обстеження тривалістю від 2 до 4 годин.

Стосовно до проблеми регулювання й забезпечення безпеки руху пішоходів, застосування технічних засобів організації дорожнього руху метою обстеження є *визначення параметрів пішохідних потоків, що перетинають проїзну частину вулиць і доріг*. Матеріали таких обстежень служать вихідними даними для вибору раціональних методів і засобів організації дорожнього руху. Наприклад, таких як:

- визначення місць розташування пішохідних переходів;
- обмеження руху пішоходів через проїзну частину на певних ділянках вулиць шляхом установа пішохідних огорожень;
- вибір типу пішохідного переходу (наземний, надземний, підземний) і методу регулювання руху на ньому (регульований і нерегульований пішохідний перехід);
- розрахунок режиму роботи світлофорних об'єктів з урахуванням пішохідного руху.

Для розрахунку режиму роботи нового світлофорного об'єкта, що регулює пішохідний рух, мінімальна тривалість спостережень за пішохідним рухом повинна становити 8 год. Для коректування режиму регулювання діючого об'єкта – 1 год. При цьому дослідження пішохідного руху повинне проводитися одночасно з дослідженням руху транспорту.

Обстеження пішохідного руху складається із трьох етапів: підготовчого, безпосереднього проведення обстеження, обробки й аналізу отриманих даних. У підготовчий період проводять організаційні заходи щодо створення умов для безперебійної й ефективної роботи учасників обстеження: комплектування груп обліковців, забезпечення їх необхідними матеріалами, організація доставки обліковців на пости. У підготовчий період включають також розробку методики обстеження, виготовлення в необхідній кількості бланків, інструктаж учасників обстеження, визначення місця розташування й кількості постів обліку на кожному пункті обстеження.

Кількість постів обліку й кількість обліковців залежать від кількості напрямків пішохідних потоків і інтенсивності пішохідного руху. При визначенні місця розташування й кількості постів обліку на кожному пункті обстеження виходять із наступних основних положень:

1. Система постів обліку на пункті обстеження повинна повністю забезпечувати реєстрацію всіх пішоходів на вузлі з розподілом їх за напрямками руху.

2. Розташування поста обліку повинне забезпечувати стабільний огляд всієї ширини пішохідного переходу плюс 10-метрові зони в кожний бік від нього.

3. Облік пішоходів, що переходять вулицю по тому самому пішохідному переходу, але в протилежних напрямках, повинен здійснюватися одночасно, але різними обліковцями. Один обліковець повинен фіксувати пішоходів тільки одного напрямку руху.

4. Тривалість безперервної роботи обліковця на посту не повинна перевищувати 2-3 години. При більш тривалому обстеженні необхідно мати підмінних обліковців.

Виходячи із цих вимог і існуючої схеми руху, складають схему розміщення обліковців на пункті обстеження. На рис. 2.9 наведені приклади таких схем. На них стрілками зазначені напрямки пішохідних потоків, що підлягають обліку на пості, до якого дана стрілка спрямована. У кружках проставлені номери пішохідних потоків, що підлягають реєстрації.

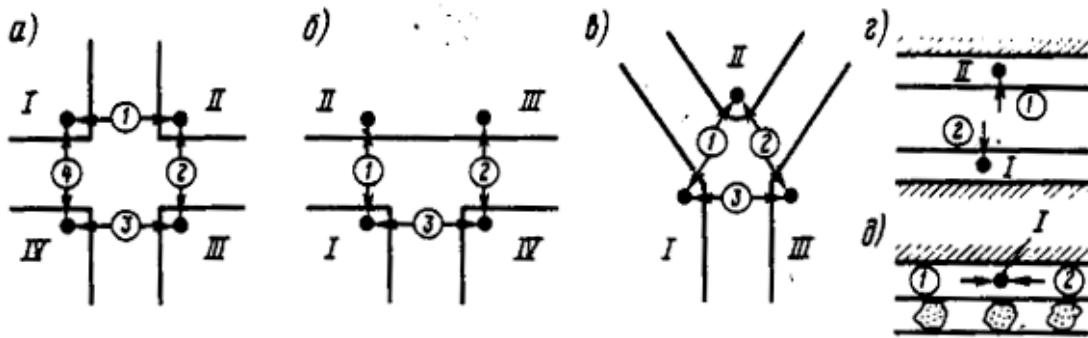


Рисунок 2.9 - Схема розміщення постів для підрахунку інтенсивності руху пішоходів

а) на чотирибічному перехресті; б) на тристороннім перехресті; в) на У - образному перехресті; г) на перегоні вулиці; д) на тротуарі; I – IV – пости обліку.

Обліковець веде підрахунок пішоходів тільки за напрямом «до себе», причому враховуються тільки ті пішоходи, які пройшли розділову смугу або осьову лінію проїзної частини й перебувають на підході до того тротуару, де перебуває обліковець. Форма бланку реєстрації пішоходів наведена на рис. 2.10.

Бланк обліку інтенсивності руху пішоходів

Назва пункту спостереження _____.

Дата спостереження _____ № поста обліку _____.

Час спостереження: початок _____ закінчення _____.

Час спостереження, год.	Кількість пішоходів, що пройшли в інтервалі,				Разом за годину	Примітка
	00-15	15-30	30-45	45-60		

Рисунок 2.10 - Форма бланку обліку інтенсивності руху пішоходів

В окремих випадках залежно від конкретної мети обстеження бланк реєстрації може мати інший вид. Так, наприклад, при аналізі ефективності світлофорного регулювання на пішохідному переході, розташованому на перегоні вулиці, необхідно виявити завантаження послідовних світлофорних циклів пішохідним рухом. У цьому випадку рекомендується використовувати форму

таблиці, у якій є розподіл інтенсивності руху пішоходів за циклами режиму роботи світлофорного об'єкту (рис. 2.11).

Бланк обліку інтенсивності руху пішоходів за циклами режиму роботи світлофорного об'єкту

Назва пункту спостереження _____.

Дата спостереження _____ № поста обліку _____.

Час спостереження: початок _____ закінчення _____.

Час спостереження, год.	Кількість пішоходів, що пройшли за циклами							
	1 цикл	2 цикл	3 цикл	4 цикл	5 цикл	6 цикл	7 цикл	8 цикл

Рисунок 2.11 - Форма бланку обліку інтенсивності руху пішоходів за циклами роботи світлофорного об'єкта

Визначення середньої швидкості руху пішоходів, що перетинають проїзну частину, варто проводити, фіксуючи час руху від тротуару до тротуару або до розподільної смуги (при наявності острівця безпеки) не менш 100 - 150 пішоходів за допомогою секундоміра.

Щільність пішохідних потоків на тротуарах і пішохідних переходах можна визначати фотографуванням пішохідного потоку, що рухається по мірній ділянці (не менш 3 м довжиною), з наступним підрахунком кількості пішоходів у кадрі.

Обробка й аналіз даних обстеження полягає в підсумовуванні й сортуванні даних на бланках реєстрації й поданні остаточних результатів у вигляді таблиць і графіків.

Обробка даних обстеження полягає в підрахунку кількості пішоходів, що пройшли по пішохідному переходу в обох напрямках за 15-хвилинні відрізки часу.

Розрахункова годинна інтенсивність руху пішоходів по кожному пішохідному переходу визначається за наступною формулою:

$$N_{niiu} = 4 \cdot m_{niiu}^{max15xv.}, \text{ } niiu./год, \quad (2.9)$$

де $m_{niiu}^{max15xv.}$ - максимальна кількість пішоходів, що пройшла по пішохідному переходу за 15 хв., $niiu./год$.

За значеннями розрахункових годинних інтенсивностей руху пішоходів на пішохідних переходах будують картограму інтенсивності руху пішоходів (рис. 2.12). Для наочності картограми стрілки, що позначають інтенсивність і напрямок пішохідних потоків, виконуються з дотриманням масштабу по товщині. Поряд зі стрілками проставляються значення годинної інтенсивності руху пішоходів.

Залежно від мети обстеження крім картограми інтенсивності руху пішоходів можуть бути розраховані: темпи зростання розмірів пішохідного руху стосовно даних попередніх обстежень; коефіцієнти нерівномірності руху пішоходів за часом і напрямками; розподіл інтенсивності пішохідного руху за годинами доби, днями тижня, місяцями.

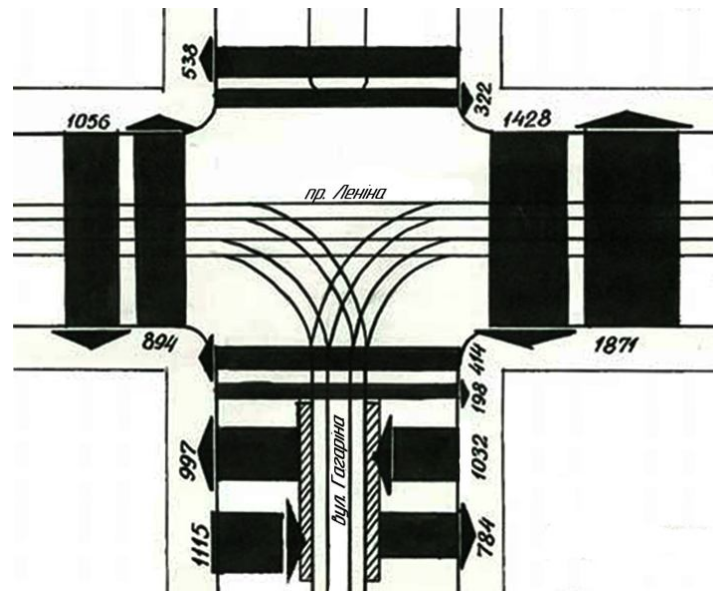


Рисунок 2.12. - Картограма годинної інтенсивності руху пішоходів на перехресті (приклад)

Середню швидкість руху пішоходів, що перетинають проїзну частину по пішохідному переходу, необхідно визначити, фіксуючи час руху пішоходів від тротуару до тротуару або до розподільної смуги (при наявності острівця безпеки) за допомогою секундоміра.

На основі обробки й аналізу даних обстеження розробляють рекомендації з підвищення зручності і безпеки пішохідного руху.

Запитання для самоконтролю

1. Який комплекс робіт необхідно виконати для отримання вихідних даних для проектування організації дорожнього руху на ділянці вулично-дорожньої мережі?
2. На який комплекс питань необхідно відповісти, щоб описати організацію руху транспорту і пішоходів на перехресті?
3. На який комплекс питань необхідно відповісти при обстеженні організації руху транспорту і пішоходів на перехресті?
4. На який комплекс питань необхідно відповісти при обстеженні організації руху транспорту і пішоходів на пішохідних переходах?
5. На який комплекс питань необхідно відповісти при обстеженні організації руху транспорту і пішоходів на зупинках маршрутного пасажирського транспорту?
6. Які основні параметри транспортних і пішохідних потоків?
7. Які основні завдання обстеження транспортних і пішохідних потоків?
8. Які є методи натурного дослідження транспортних і пішохідних потоків?
9. Що таке інтенсивність руху транспорту у фізичних і приведених одиницях?
10. Що таке «склад транспортного потоку» і як він визначається?
11. Які основні завдання дослідження швидкості руху транспортного потоку?
12. Як проводиться локальне дослідження швидкості транспортного потоку?
13. Як визначається обсяг вибірки для дослідження швидкості транспортного потоку?

14. Як проводиться опрацювання результатів дослідження миттєвої швидкості транспортних засобів?
15. Що таке швидкість 15 % - вої забезпеченості ($V_{15\%}$), швидкість 50 % - вої забезпеченості ($V_{50\%}$), швидкість 85 % - вої забезпеченості ($V_{85\%}$)? Як вони використовуються при прийнятті рішень з організації дорожнього руху?
16. Які етапи проведення дослідження параметрів пішохідного руху?
17. Як визначається кількість постів обліку і місця їх розташування при дослідженні параметрів пішохідного руху?
18. Як виконується опрацювання результатів дослідження параметрів пішохідного руху?