Віктор ШЕВЧУК, Олег ЛЯШУК
Олег МИРОНЮК, Олег СУКАЧ

# ОРГАНІЗАЦІЯ ТА БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

**навчальний посібник**

ЛЬВІВ 2026

**УДК 656.13:656.11(075.8)**
**О64**

**Рецензенти:**
**Андрій ДОМІНІК** *кандидат технічних наук*, *доцент*, заступник начальника факультету пожежної та техногенної безпеки, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності.
**Артур РЕНКАС** *кандидат технічних наук*, *доцент*, заступник начальника управління – начальник відділу вищої освіти та науки Управління освіти, науки та спорту ДСНС України, Державна служба надзвичайних ситуацій України.

***Рекомендовано до друку Вченою радою***
***Львівського державного університету безпеки життєдіяльності***
(*протокол № **15** від **17 червня 2026 року***)
***Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя***
(*протокол № **6** від **16 червня 2026 року***)

**Шевчук В.В., Ляшук О.Л., Миронюк О.С., Сукач О.М.**

**О64** Організація та безпека дорожнього руху. навч. посіб. / В. В. Шевчук, О. Л. Ляшук, О. С. Миронюк, О. М. Сукач. Львів : Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2026. 205 с.

ISBN 978-617-8654-31-3

Розглянуто теоретичні основи та практичні аспекти організації і безпеки дорожнього руху. Висвітлено методи аналізу дорожньо-транспортних пригод, оцінювання безпечності ділянок дорожньої мережі, а також дослідження експлуатаційних властивостей транспортних засобів, що впливають на безпеку руху. Подано підходи до визначення пропускної здатності доріг і перехресть, аналізу транспортних потоків та їх конфліктності. Значну увагу приділено питанням організації дорожнього руху на регульованих і нерегульованих перехрестях.

Призначений для здобувачів закладів вищої освіти транспортного профілю, а також може бути корисним для фахівців у галузі транспортної інженерії та безпеки дорожнього руху.

ISBN 978-617-8654-31-3

**УДК 656.13:656.11(075.8)**

© Шевчук В.В., Ляшук О.Л., Миронюк О.С., Сукач О.М., 2026
© ЛДУБЖД, 2026

## ЗМІСТ

ВСТУП..... 5
**РОЗДІЛ 1.** АНАЛІЗ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД..... 7
1.1 Кількісний і якісний аналіз дорожньо-транспортних пригод..... 7
1.2 Визначення безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки..... 25
**РОЗДІЛ 2.** АВТОМОБІЛЬ ТА БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ..... 39
2.1 Оцінка гальмівних властивостей автомобілів….. 39
2.2 Визначення параметрів обгону транспортних засобів..... 57
2.3 Визначення параметрів поперечної стійкості автомобілів під час криволінійного руху..... 69
**РОЗДІЛ 3.** ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ..... 81
3.1 Розрахунок пропускної здатності вулиці (дороги) і рівня її завантаження..... 81
3.2 Аналіз конфліктності транспортних потоків на перехрестях..... 100
**РОЗДІЛ 4.** ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ..... 118
4.1 Визначення пропускної здатності на регульованому перехресті..... 118
4.2 Визначення пропускної здатності на нерегульованому перехресті та перехресті з круговим рухом..... 149
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 171
**Додаток А.** Вихідні дані для розрахунку кількісного і якісного аналізу дорожньо-транспортних пригод..... 174
**Додаток Б.** Вихідні дані для визначення безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки..... 179

**Додаток В.** Вихідні дані для розрахунку гальмівних властивостей автомобілів..... 183
**Додаток Г.** Вихідні дані для визначення параметрів обгону транспортних засобів..... 188
**Додаток Д.** Вихідні дані для визначення параметрів поперечної стійкості автомобілів під час криволінійного руху..... 192
**Додаток Е.** Вихідні дані для розрахунку пропускної здатності магістралі і рівня її завантаження..... 195
**Додаток Ж.** Вихідні дані для розрахунку конфліктності транспортних потоків на перехрестях..... 198
**Додаток И.** Вихідні дані для розрахунку пропускної здатності регульованого перехрестя..... 201
**Додаток К.** Вихідні дані для розрахунку пропускної здатності на нерегульованому перехресті та перехресті з круговим рухом..... 203

# ВСТУП

Безпека дорожнього руху – це комплекс та система правил, заходів і засобів, що забезпечують умови безпечного дорожнього руху, які спрямовані на захист і збереження життя і здоров'я активним та пасивним учасникам дорожнього руху, а також захист і збереження довкілля та майна.

Покращення безпеки на дорогах – світова проблема, що поступово стає пріоритетом для кожного суспільства. Незважаючи на поліпшення дорожньої безпеки, проблема безпеки дорожнього руху актуальна для всього людства. Близько 1,25 мільйона людей у світі гине щороку внаслідок аварій на дорогах. Щороку кількість дорожньо-транспортних пригод у світі зростає на 20%.

В Україні на дорогах та вулицях щороку гине понад 4 тис. громадян. Знання правил безпеки дорожнього руху всіма його учасниками, безумовно, позитивно сприятиме освоєнню правил дорожнього руху та в підсумку – зниженню рівня смертельного травматизму на автошляхах України.

Метою вивчення дисципліни є формування практичних навиків у вирішенні питань аварійності та економічних втрат шляхом удосконалення конструкції, правил, заходів і засобів, що створюють умови безпечного дорожнього руху з метою зниження тяжкості травм учасників ДТП, збереження життя і здоров'я активним та пасивним учасникам дорожнього руху, а також захист і збереження довкілля та майна.

Дисципліна є однією з базових у підготовці фахівців автомобільного та транспортного профілю, оскільки формує системне розуміння причин виникнення дорожньо-транспортних пригод, механізмів їх розвитку та шляхів підвищення рівня безпеки дорожнього руху. В умовах інтенсивного зростання транспортних потоків, ускладнення дорожньої інфраструктури та підвищених вимог до надійності й безпечності експлуатації транспортних засобів особливої актуальності набуває підготовка компетентних фахівців,

здатних оцінювати ризики та приймати обґрунтовані інженерні рішення.

У процесі виконання практичних робіт здобувачі освіти навчаються застосовувати нормативні документи, розрахункові методики та аналітичні підходи до оцінювання параметрів руху, гальмівних і динамічних властивостей автомобілів, безпечності дорожніх ділянок, а також для аналізу дорожньо-транспортних пригод. Це сприяє розвитку професійного мислення, відповідальності за прийняті рішення та підготовці до майбутньої фахової діяльності.

# РОЗДІЛ 1
# АНАЛІЗ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

## 1.1. Кількісний і якісний аналіз дорожньо-транспортних пригод

**Мета роботи:** набути практичних навичок у проведенні кількісного та якісного аналізу дорожньо-транспортних пригод; вивчити основні причини та умови й закономірності виникнення ДТП; оцінити вплив аварійності на безпеку дорожнього руху з метою розроблення заходів щодо її зниження та підвищення безпеки на дорогах.

### Теоретична частина

Дорожньо-транспортна пригода (ДТП) – це подія, що виникла в результаті порушення нормального режиму руху транспортних потоків, що призвело до загибелі або травмування людей, матеріальних збитків, ушкодження вантажів, будинків та споруд.

До основних причин ДТП можна віднести:

– недисциплінованість пішоходів;

– недостатню кваліфікацію або раптове погіршення здоров'я водія;

– незадовільний технічний стан транспортних засобів (ТЗ);

– погані дорожні умови;

– незадовільну організацію руху;

– неправильне розміщення вантажу в автомобілі, погане його закріплення.

ДТП виникають внаслідок багатьох інших причин.

Аналіз статистики ДТП свідчить, що на кожні 100 ДТП припадає близько 250 причин і супутніх факторів. Найпростіше причину ДТП віднести до водія, його дій. Однак, у системі водій-автомобіль-дорога-середовище (ВАДС), водій – лише елемент, який перебуває у функціональній залежності з іншими елементами. Водій не електронно-обчислювальна

машина, що має чітку програму дій у всіх випадках (програми теж не досконалі), а дорожній рух (ДР) характеризується різноманіттям дорожньо-транспортних ситуацій. Тому неправильні дії водія часто пов'язані з іншими факторами, що відносяться до дороги, довкілля або автомобіля.

У процесі якісного аналізу необхідно виявляти причинно-наслідкові зв'язки. У процесі розвитку ДТП діють різні причини, вплив яких неоднаковий. У різних фазах ДТП головні причини можуть ставати другорядними і навпаки.

Статистика свідчить, що розподіл причин ДТП має такий характер:

– через неправильні дії людини – 60...70%;

– через незадовільний стан дорожніх умов, характеру руху – 20...30%;

– через технічну несправність автомобіля – 10..20%.

Отже, ДТП – це випадкове явище, але у масі випадковостей, на жаль, проявляються закономірності.

Розрізняють таку класифікацію ДТП.

За ступенем важкості:

–ДТП із матеріальним збитком;

–ДТП із загибеллю людей;

–ДТП із тілесними ушкодженнями.

За видами наїзду транспортних засобів на:

–пішоходів – 50%;

–нерухому перешкоду –5%;

–стоячий транспортний засіб – 3,5%;

–велосипедистів – 1%;

–зіткнення – 30%;

–перекидання транспортних засобів – 8%;

–всі інші (падіння вантажу на людину, схід трамвая) – 0,5%.

З причин виникнення (об'єктивні причини):

–з вини пішохода;

–з вини водія,

–через технічну несправність автомобіля,

–через погані дорожні умови.

До ДТП не відносяться пригоди:

– з тракторами й іншими транспортними механізмами під час виконання основних виробничих операцій;

– що викликали пожежі на ТЗ під час руху, але які не пов'язані з технічною несправністю автомобіля;

– виникли в результаті навмисних дій;

– внаслідок спроби самогубства;

– виникли під час спортивних змагань;

– виникли в результаті стихійних лих;

– на закритих територіях підприємств, установ, аеродромів, військових частин і інших охоронних об'єктів.

Для оцінки ваги окремого виду ДТП (зіткнення, перекидання) може бути використаний показник, що представляє відношення числа загиблих (поранених) до числа ДТП даного виду.

Щоб визначити втрати від ДТП, розроблено різні методики розрахунків матеріального збитку від ДТП.

Втрати умовно ділять на прямі й непрямі.

До прямих відносять:

– пошкодження або знищення матеріальних цінностей;

– транспортування й відновлення транспортних засобів;

– ремонт дорожніх споруд, облаштування доріг;

– надання допомоги й лікування людей;

– виплата грошових компенсацій, пенсій постраждалим і їх родинам;

– затримки руху.

До непрямих – втрати, пов'язані з тимчасовою або повною втратою працездатності, тобто втрата частини національного доходу країни.

ДТП протікає зазвичай дуже швидко (долі секунди) і розвивається в такій послідовності, яку можна розділити на дві фази.

**1 фаза**. Виникнення небезпечної дорожньої обстановки (коли учасники дорожнього руху повинні вжити всіх

необхідних заходів щоб запобігти ДТП). Якщо заходи не вжито, то настає друга фаза.

**2 фаза**. Виникає аварійна дорожня обстановка, за якої запобігти ДТП уже неможливо. У такій обстановці водій не може уникнути ДТП, навіть використовуючи всі технічні засоби.

Аналіз ДТП проводиться з метою оцінки стану аварійності на певній адміністративній території, визначення тенденцій зміни аварійності, встановлення причин і факторів виникнення ДТП і виділення місць їх концентрації. Відповідно до цих напрямків застосовують такі методи аналізу ДТП: кількісний; якісний; топографічний.

*Кількісний аналіз* ДТП дозволяє оцінити рівень аварійності за місцем й часом їх здійснення. Під час його проведення застосовуються абсолютні й відносні показники. Абсолютні показники аварійності: загальна кількість ДТП, загальна кількість потерпілих і загиблих, загальна кількість потерпілих з матеріальним збитком.

Відносні показники аварійності дозволяють порівнювати рівень аварійності різних регіонів, магістралей, ділянок мережі. Ці показники аварійності застосовують на 100 тис. мешканців, на 1 тис. транспортних засобів, на 1 тис. водіїв, на 1 км дороги, на 1 млн км пробігу.

Показник відносної аварійності $K_a$ визначають за формулою:

$$K_a = \frac{n_{\text{ДТП}}}{L}, \qquad (1.1)$$

де $n_{\text{ДТП}}$ – кількість ДТП за розглянутий період в прямоту та зворотному напрямках; $L$ – пробіг ТЗ за цей же період, км.

Однак цей показник не враховує інтенсивність дорожнього руху (на різних вулицях різна кількість смуг руху в одному напрямку). З урахуванням середньодобової інтенсивності руху транспортних потоків за рік на ділянці магістралі довжиною $l$ показник відносної аварійності на 1 млн км пробігу визначають за формулою:

$$K_a = \frac{10^6 \cdot n_{\text{ДТП}}}{365 \cdot N \cdot l}, \quad (1.2)$$

де $N$ – середньодобова інтенсивність руху, авт./доб.; $l$ – довжина ділянки магістралі, км.

Недолік показників відносної аварійності $K_a$, розрахованих за формулами (1.1-1.2), полягає в тому, що вони не враховують тяжкість ДТП.

З метою обліку тяжкості наслідків, під час порівняльної оцінки аварійності використовують коефіцієнт тяжкості ДТП. Він визначається, як відношення кількості загиблих $n_з$ до кількості поранених $n_п$ за певний період часу:

$$K_T = \frac{n_з}{n_n}. \quad (1.3)$$

За даними офіційної статистики, показник тяжкості ДТП коливається в різних країнах від 1/5 до 1/40. Слід враховувати, що на $K_T$ впливає повнота охоплення ДТП з легкими тілесними ушкодженнями.

Наслідки від ДТП можна охарактеризувати відношенням числа загиблих $n_з$ і поранених $n_п$ до загальної кількості ДТП:

$$K_T' = \frac{n_з}{n_{\text{ДТП}}}; \quad (1.4)$$

$$K_T'' = \frac{n_n}{n_{\text{ДТП}}}; \quad (1.5)$$

$$K_T''' = \frac{(n_з + n_n)}{n_{\text{ДТП}}}, \quad (1.6)$$

де $n_з$ – кількість загиблих під час ДТП; $n_n$ – кількість поранених під час ДТП.

Для інтегральної оцінки небезпеки окремих ділянок вулично-дорожньої мережі (ВДМ) з урахуванням ваги наслідків використовують показник небезпеки елемента ВДМ:

$$K_I = \frac{\sum_{i=1}^{5} P_i \cdot n_i}{365 \cdot N \cdot l}; \quad (1.7)$$

$$K_I' = \frac{\sum_{i=1}^{5} P_i \cdot n_i}{365 \cdot N}, \quad (1.8)$$

де $P_i$ – показники тяжкості ДТП; $P_1 = 1$ – з матеріальним збитком; $P_2 = 1{,}2$ – з легкими тілесними пошкодженнями; $P_3 = 28$ – з травмованими, появами інвалідності; $P_4 = 81$ – ДТП

із загибеллю дорослої людини; $P_5 = 106$ – ДТП із загибеллю дитини; $n_i$ – кількість ДТП $i$-ої групи за рік; $N$ – інтенсивність транспортного потоку, тис. авт./добу.

*Якісний аналіз ДТП.* Якісний аналіз ДТП проводиться з метою виявлення причин виникнення ДТП і оцінки ступеня впливу різних факторів на виникнення ДТП.

*Топографічний аналіз* ДТП – проводиться з метою виявлення місць концентрації ДТП на території. Застосовують три види топографічного аналізу: карта ДТП; лінійні графіки ДТП; масштабна схема ДТП (ситуаційний план).

Карта ДТП – зображення місць ДТП на карті міста, району, у відповідних місцях, які в міру реєстрації наносять умовні позначки кожного ДТП. За допомогою умовних позначок показують місця ДТП за видами, за тяжкістю і т.д. Позначення можна наносити постійними знаками (графічними символами) або, наприклад, прапорцями на шпильках.

Для прикладу, карту ДТП представлено на рис. 1.1. Карта є важливим джерелом наочної інформації, однак під час аналізу значної за масштабом території й великої концентрації подій на окремих ділянках вона не дає можливості точно позначити місця ДТП.

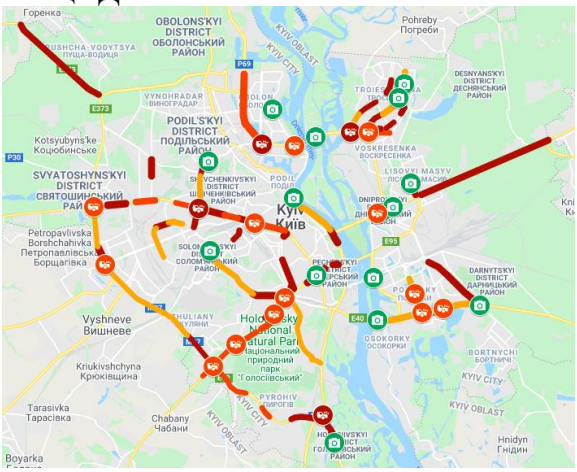



**Рисунок 1.1** – Карта ДТП

Лінійний графік ДТП (рис. 1.2) є подальшим розвитком карти. Його будують для окремої магістралі міста або ділянки автомобільної дороги. Зрозуміло, що при цьому, масштаб може бути більшим, а прив'язка ДТП більш точною.

Під час складання лінійного графіка для дороги із двобічним рухом можливе рознесення оцінок в обидва боки дороги, що характеризує транспортні потоки зустрічних напрямків. Цей графік використовують, коли потрібно виявити ділянки концентрації ДТП на вулиці, магістралі.

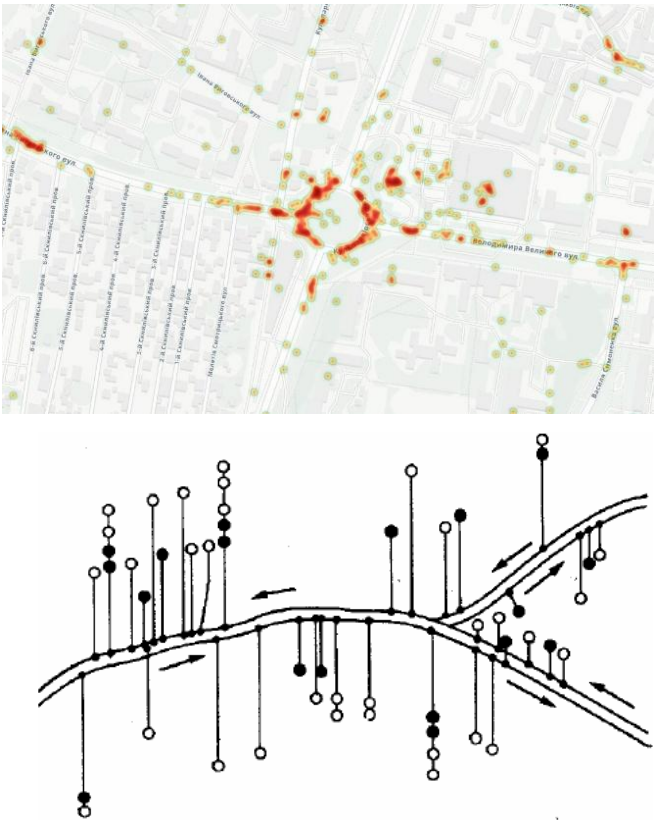


**Рисунок 1.2** – Лінійні графіки ДТП

Масштабна схема ДТП (рис. 1.3) – картка обліку ДТП неповного виду.

Зображується ділянка вулиці або дороги (перехрестя) і за допомогою умовних позначень вказується траєкторія руху автомобілів, місця ДТП, їх тяжкість й вид, позначається дата й час виникнення ДТП. Ця схема використовується, коли потрібно виявити ділянки концентрації ДТП на вулиці або магістралі.

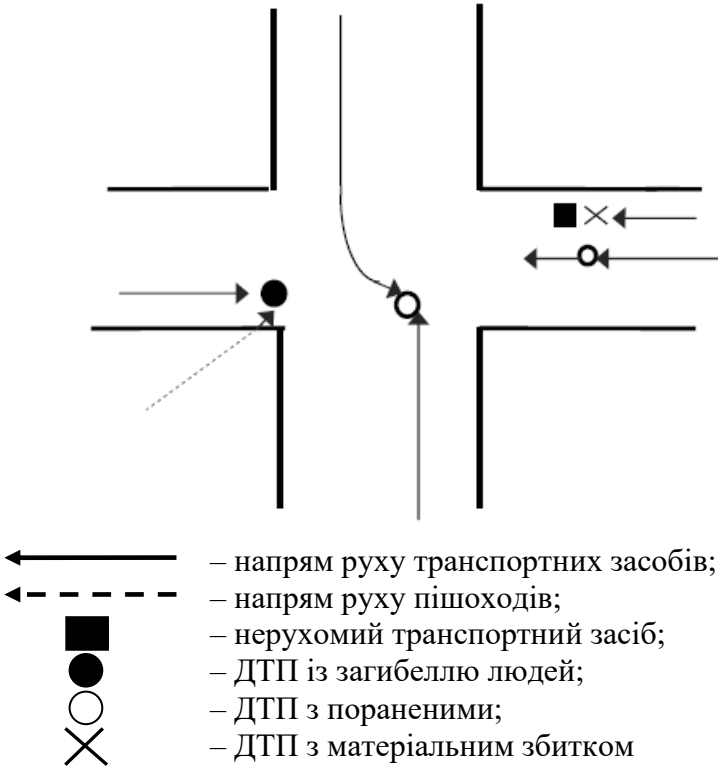



**Рисунок 1.3** – Масштабна схема місць ДТП

Кожне ДТП (див. рис. 1.3) позначається символом, який показує вагу наслідків. Стрілки вказують напрямки руху учасників подій. На основі цієї схеми одержують інформацію для прийняття рішень з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті.

Вважають, що за наявності трьох або більше ДТП за рік, місце скоєння ДТП можна віднести до місця концентрації.

Задля попередження учасників дорожнього руху про наближення до місця концентрації ДТП, встановлюють дорожній знак 1.41 «Місце (ділянка) концентрації дорожньо-транспортних пригод» з табличками 7.21.1 – 7.21.5 «Вид небезпеки».

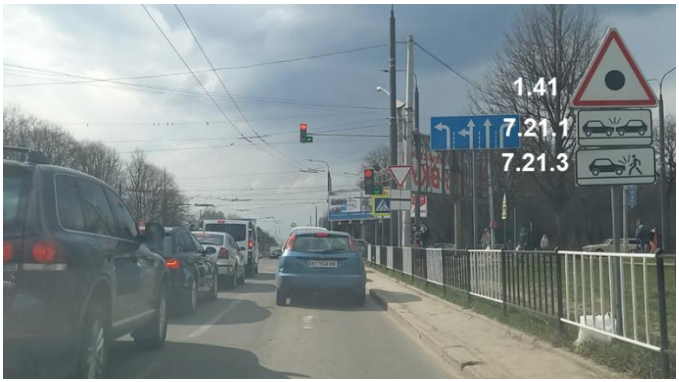



**Рисунок 1.4** – Загальний вигляд позначення місця концентрації ДТП

У результаті аналізу ДТП варто зайважити, що основними причинами їх виникнення є порушення правил дорожнього руху водіями, неправильний вибір швидкісного режиму, а також незадовільна організація дорожнього руху. Значний вплив мають дорожні умови та технічний стан транспортних засобів. ДТП зазвичай виникають унаслідок поєднання кількох факторів, що підтверджує системний характер проблеми безпеки дорожнього руху.

**Завдання**

1. Визначити добову інтенсивність руху $N_i$ (авт./добу) транспортних потоків на кожному з досліджуваних перехресть.

2. Визначити показник відносної аварійності $K_{ai}$, ДТП/1 (млн. авто) для кожного досліджуваного перехрестя.

3. Розрахувати інтенсивність руху $N_{ai–j}$ (авт./добу) для ділянок (дуг) мережі у прямому й зворотному напрямках.

4. Визначити показники відносної аварійності $K_{ai-j}$ (ДТП/1млн авт.), $K'_{ai-j}$ (ДТП/1 млн авт. км) та $K''_{ai-j}$ (ДТП/км) для кожної ділянки транспортної мережі.

**Послідовність виконання завдання**

Кількісний аналіз ДТП, що трапились на транспортній мережі району за рік проводимо згідно з індивідуальним завданням (рис. 1.5, дод. А, табл. А.1–А.4).

Варіант індивідуального завдання вибираємо згідно з порядковим номером за списком (дод. А).

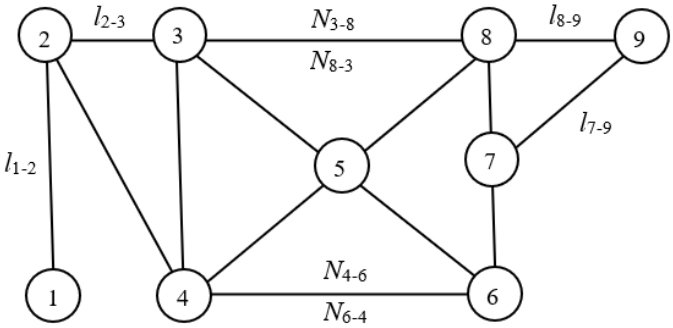



**Рисунок 1.5** – Схема транспортної мережі

1. Розрахувати добову інтенсивність $N_i$ руху транспортних потоків на кожному перехресті за формулою (1.9).

2. Визначити показник відносної аварійності, $K_{ai}$, ДТП/1 млн авто, для кожного перехрестя за формулою (1.10).

За результатами показників відносної аварійності $K_a$, визначити найнебезпечніше перехрестя для досліджуваної транспортної мережі.

3. Розрахувати інтенсивність руху $N_{ai-j}$ для ділянок (дуг) мережі у прямому й зворотному напрямках (1.10).

4. Визначити показники відносної аварійності $K_{ai-j}$, ДТП/1млн авт., $K'_{ai-j}$, ДТП/1 млн авт км, $K''_{ai-j}$, ДТП/км для кожної ділянки (дуги) транспортної мережі за формулами (1.12), (1.13) та (1.14) відповідно.

За результатами показників відносної аварійності $K_{ai-j}$, ДТП/1млн авт., $K'_{ai-j}$, ДТП/1 млн авт. км, $K''_{ai-j}$, ДТП/км визначити найнебезпечнішу ділянку (дугу) транспортної мережі.

5. За результатами розрахунків зробити висновок (*за результатами показників відносної аварійності $K_a$, визначити найнебезпечніше перехрестя для досліджуваної транспортної мережі; за результатами показників відносної аварійності $K_{ai-j}$*, ДТП/1млн авт., $K'_{ai-j}$, ДТП/1 млн авт. км, $K''_{ai-j}$, ДТП/км *визначити найнебезпечнішу ділянку (дугу) транспортної; дати оцінку умов безпечного використання транспортних засобів та запропонувати заходи щодо зменшення аварійності для досліджуваної транспортної мережі*).

## Приклад виконання завдання

Кількісний аналіз ДТП, що стались на транспортній мережі району за рік розраховуємо згідно з індивідуальним завданням (рис. 1.5, дод. А, табл. А.1 – А.4).

## Вихідні дані

*а*) Варіант *0.*

*б*) Довжини дуг транспортної мережі, $l_{i-j}$, км (дод. А, табл. А1):

| Позначення довжини дуги $l_{i-j}$ | Значення, км | Позначення довжини дуги $l_{i-j}$ | Значення, км |
|---|---|---|---|
| $l_{1-2}$ | 0,5 | $l_{4-6}$ | 2,3 |
| $l_{2-3}$ | 1,6 | $l_{5-6}$ | 1,7 |
| $l_{2-4}$ | 1,9 | $l_{5-7}$ | 1,4 |
| $l_{3-4}$ | 0,6 | $l_{6-7}$ | 1,2 |
| $l_{3-5}$ | 2,1 | $l_{7-8}$ | 1,7 |
| $l_{3-8}$ | 2,7 | $l_{7-9}$ | 0,8 |
| $l_{4-5}$ | 1,5 | $l_{8-9}$ | 3,2 |

*в*) Кількість ДТП за рік на перехрестях мережі, $n_{ДТПi}$, од. (дод. А, табл. А.2):

| Позначення перехрестя, *i* | Кількість ДТП, $n_{ДТПi}$, од. | Позначення перехрестя, *i* | Кількість ДТП, $n_{ДТПi}$, од. |
|---|---|---|---|
| 2 | 5 | 6 | 15 |
| 3 | 6 | 7 | 5 |
| 4 | 9 | 8 | 12 |
| 5 | 4 | 9 | 0 |

*г*) Інтенсивність руху на дугах транспортної мережі, $N_{i\text{-}j}$ од./доб. (дод. А, табл. А.3):

| Позначення інтенсивності руху на дузі, $N_{i\text{-}j}$ | Значення, од./доб. | Позначення інтенсивності руху на дузі, $N_{i\text{-}j}$ | Значення, од./доб. |
|---|---|---|---|
| $N_{1–2}$ | 700 | $N_{4–6}$ | 600 |
| $N_{2–1}$ | 700 | $N_{6–4}$ | 350 |
| $N_{2–3}$ | 550 | $N_{5–6}$ | 650 |
| $N_{3–2}$ | 700 | $N_{6–5}$ | 450 |
| $N_{2–4}$ | 800 | $N_{5–7}$ | 450 |
| $N_{4–2}$ | 550 | $N_{7–5}$ | 700 |
| $N_{3–4}$ | 600 | $N_{6–7}$ | 570 |
| $N_{4–3}$ | 400 | $N_{7–6}$ | 300 |
| $N_{3–5}$ | 500 | $N_{7–8}$ | 500 |
| $N_{5–3}$ | 650 | $N_{8–7}$ | 400 |
| $N_{3–8}$ | 300 | $N_{7–9}$ | 500 |
| $N_{8–3}$ | 500 | $N_{9–7}$ | 600 |
| $N_{4–5}$ | 500 | $N_{8–9}$ | 350 |
| $N_{5–4}$ | 400 | $N_{9–8}$ | 450 |

**Примітка.** У чисельнику інтенсивність в прямому напрямку, а знаменнику – у зворотному (наприклад: $\frac{N_{1-2}}{N_{2-1}} = \frac{700}{700}$, $\frac{N_{3-8}}{N_{8-3}} = \frac{300}{500}$, … , $\frac{N_{8-9}}{N_{9-8}} = \frac{350}{450}$).

*д*) Кількість ДТП на дугах транспортної мережі, $n_{ДТПi\text{-}j}$, од. (дод. А, табл. А.4):

| Позначення дуги, *i-j* | Кількість ДТП $n_{ДТПi\text{-}j}$, од. | Позначення дуги, *i-j* | Кількість ДТП $n_{ДТПi\text{-}j}$, од. |
|---|---|---|---|
| 1–2 | 3 | 4–6 | 7 |
| 2–3 | 4 | 5–6 | 1 |
| 2–4 | 2 | 5–7 | 2 |
| 3–4 | 2 | 6–7 | 8 |
| 3–5 | 3 | 7–8 | 5 |

| Позначення дуги, *i-j* | Кількість ДТП $n_{ДТПi\text{-}j}$, од. | Позначення дуги, *i-j* | Кількість ДТП $n_{ДТПi\text{-}j}$, од. |
|---|---|---|---|
| 3–8 | 5 | 7–9 | 1 |
| 4–5 | 2 | 8–9 | 2 |

1. Визначаємо добову інтенсивність $N_i$ руху транспортних потоків на кожному перехресті.

Для встановлення найнебезпечнішого перехрестя необхідно за даними інтенсивності руху на дугах мережі визначити добову інтенсивність $N_i$ руху транспортних потоків на кожному перехресті.

Добову інтенсивність $N_i$ визначаємо шляхом сумування інтенсивностей на дугах $N_{i\text{-}j}$, що примикають до даного перехрестя за формулою (1.9):

$$N_i = \sum N_{i–j}, \tag{1.9}$$

де $N_{i–j}$ – інтенсивності руху з дуг мережі на вході в перехрестя, од./добу.

Перехрестя № 2:

$$N_2 = N_{1–2} + N_{3–2} + N_{4–2}.$$

$$N_2 = 700 + 700 + 550 = 1950 \text{ авт./добу.}$$

Перехрестя № 3:

$$N_3 = N_{2–3} + N_{4–3} + N_{5–3} + N_{8–3}.$$

$$N_3 = 550 + 400 + 650 + 500 = 2100 \text{ авт./добу.}$$

……

Перехрестя № 9:

$$N_9 = N_{8–9} + N_{7–9} = 350 + 500 = 850 \text{ авт./добу.}$$

Аналогічно виконують розрахунок інтенсивностей для інших перехресть.

Результати розрахунків заносимо у підсумкову табл. 1.5.

2. Визначаємо показник відносної аварійності, $K_{ai}$, ДТП/1 млн авто, для кожного перехрестя за формулою (1.10):

$$K_{ai} = \frac{n_{ДТПi} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_i}, \tag{1.10}$$

де $n_{ДТПi}$ – кількість ДТП за рік на *i*-тому перехресті (дод. А, табл. А.2), од.; $к_н$ – коефіцієнт добової нерівномірності руху, $к_н = 0{,}1$; $N_i$ – інтенсивність руху на *i*-ому перехресті, авт./доб.

$$K_2 = \frac{n_{ДТП2} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_2} = \frac{5 \cdot 0{,}1 \cdot 10^6}{365 \cdot 1950} = 1{,}70;$$

$$K_3 = \frac{n_{ДТП3} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_3} = \frac{6 \cdot 0{,}1 \cdot 10^6}{365 \cdot 2100} = 0{,}78;$$

……..

$$K_9 = \frac{n_{ДТПi} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_9} = \frac{0 \cdot 0{,}1 \cdot 10^6}{365 \cdot 850} = 0;$$

Аналогічно виконують розрахунок показника відносної аварійності, $K_{ai}$ для інших перехресть.

Результати розрахунків показників аварійності для всіх перехресть зводимо у підсумкову табл. 1.5.

**Таблиця 1.5** – Характеристика аварійності на перехрестях

| № перехрестя | Добова інтенсивність руху $N_i$ , авт./добу | Кількість ДТП за рік, $n_{ДТПi}$, од. | Показник відносної аварійності, $K_{ai}$, ДТП/1 млн авто |
|---|---|---|---|
| 1 | 700 | 0 | 0 |
| 2 | 1950 | 5 | 1,70 |
| 3 | 2100 | 6 | 0,78 |
| ... | … | … | … |
| 9 | 850 | 0 | 0 |

За результатами показників відносної аварійності $K_a$, визначаємо найнебезпечніше перехрестя для досліджуваної транспортної мережі.

Якщо $K_a \leq 3$, то перехрестя вважається безпечним; якщо $3 < K_a \leq 8$ – перехрестя мало небезпечне; якщо $8 < K_a \leq 12$ – перехрестя небезпечне; якщо $K_a > 12$ – перехрестя дуже небезпечне.

3. Найнебезпечнішу ділянку (дугу) транспортної мережі визначаємо у такій послідовності.

Розраховуємо інтенсивність руху $N_{ai–j}$ (авт./добу) для ділянок (дуг) мережі у прямому й зворотному напрямках за формулою (1.11):

$$N_{ai–j} = N_{i–j} + N_{j–i}, \qquad (1.11)$$

де $N_{i-j}$, $N_{j-i}$ – інтенсивність руху транспортних засобів на дугах транспортної мережі у прямому й зворотному напрямках, од/добу. (дод. А, табл. А.3)

$N_{a1-2} = N_{1-2} + N_{2-1} = 700 + 700 = 1400$ авт./добу.
$N_{a2-3} = N_{2-3} + N_{3-2} = 550 + 700 = 1250$ авт./добу.
$N_{a2-4} = N_{2-4} + N_{4-2} = 800 + 550 = 1350$ авт./добу.
$N_{a3-4} = N_{3-4} + N_{4-3} = 600 + 400 = 1000$ авт./добу.
……
$N_{a8-9} = N_{8-9} + N_{9-8} = 350 + 450 = 800$ авт./добу.

Аналогічно виконуємо розрахунок інтенсивності руху $N_{ai-j}$ для інших дуг транспортної мережі. Результати розрахунків інтенсивності руху $N_{ai-j}$ на дугах транспортної мережі зводимо у підсумкову табл. 1.6.

4. Згідно з даними стосовно кількості ДТП на дугах мережі $n_{ДТПi-j}$ (дод. А, табл. А.2), розраховуємо показники відносної аварійності $K_{ai-j}$, ДТП/1млн авт., $K'_{ai-j}$, ДТП/1 млн авт. км, $K''_{ai-j}$, ДТП/км для кожної ділянки транспортної мережі за формулами (1.12)–(1.14):

$$K_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_{ai-j}}, \quad (1.12)$$

$$K'_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_{ai-j} \cdot l_{i-j}}, \quad (1.13)$$

$$K''_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j}}{l_{i-j}}, \quad (1.14)$$

де $n_{ДТПi-j}$ – кількість ДТП на дугах транспортної мережі, од., (дод. А, табл. А.4); $к_н$ – коефіцієнт добової нерівномірності руху, $к_н = 0{,}1$; $N_{ai-j}$ – інтенсивність руху для ділянок мережі у прямому й зворотному напрямках, авт./доб.; $l_{i-j}$ – довжина дуги (дод. А, табл. А.1), км.

Показник відносної аварійності $K_{ai-j}$, ДТП/1млн авт. визначаємо за формулою (1.12):

$$К_{аi-j} = \frac{п_{ДТПi-j} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_{аi-j}}, \text{ДТП/1млн авт.}$$

$$K_{a1-2} = \frac{3 \cdot 0{,}1 \cdot 10^6}{365 \cdot 1400} = 0{,}59 \text{ ДТП/1млн авт.}$$

$$K_{a2-3} = \frac{n_{ДТП2-3} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_{a2-3}} = \frac{4 \cdot 0{,}1 \cdot 10^6}{365 \cdot 1250} = 0{,}88 \text{ ДТП/1млн авт.}$$

……

$$K_{a8-9} = \frac{n_{ДТП8-9} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_{a8-9}} = \frac{2 \cdot 0{,}1 \cdot 10^6}{365 \cdot 800} = 0{,}68 \text{ ДТП/1млн. авт.}$$

Показник відносної аварійності $K'_{ai-j}$, ДТП/1млн авт. км визначаємо за формулою (1.13):

$$K'_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j} \cdot к_н \cdot 10^6}{365 \cdot N_{ai-j} \cdot l_{i-j}}, \text{ДТП/1млн авт. км},$$

$$K'_{a1-2} = \frac{3 \cdot 0{,}1 \cdot 10^6}{365 \cdot 1400 \cdot 0{,}5} = 1{,}18 \text{ ДТП/1млн авт. км},$$

$$K'_{a2-3} = \frac{4 \cdot 0{,}1 \cdot 10^6}{365 \cdot 1250 \cdot 1{,}6} = 0{,}55 \text{ ДТП/1млн авт. км},$$

……

$$K'_{a8-9} = \frac{2 \cdot 0{,}1 \cdot 10^6}{365 \cdot 800 \cdot 3{,}2} = 0{,}21 \text{ ДТП/1млн авт. км}.$$

Показник відносної аварійності $K''_{ai-j}$, ДТП/км визначаємо за формулою (1.14):

$$K''_{ai-j} = \frac{n_{ДТПi-j}}{l_{i-j}}, \text{ДТП/км},$$

$$K''_{a1-2} = \frac{3}{0{,}5} = 6{,}0 \text{ ДТП/км},$$

$$K''_{a2-3} = \frac{4}{1{,}6} = 2{,}5 \text{ ДТП/км},$$

……

$$K''_{a8-9} = \frac{2}{3{,}2} = 0{,}62 \text{ ДТП/км}.$$

Результати розрахунків показників відносної аварійності $K_{ai-j}$, ДТП/1млн.авт., $K'_{ai-j}$, ДТП/1 млн авт. км, $K''_{ai-j}$, ДТП/км для кожної ділянки транспортної мережі зводимо в табл. 1.6.

**Таблиця 1.6** – Характеристика аварійності на ділянках досліджуваної дорожньої мережі

| Дуга *i–j* | Довжина дуги, $l_{i-j}$, км | Добова інтенсивність, $N_{ai-j}$, авт./доб. | Показники відносної аварійності | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | $K_{ai-j}$, ДТП/$10^6$авт | $K'_{ai-j}$, ДТП/$10^6$авт.км | $K''_{ai-j}$, ДТП/км |
| 1–2 | 0,5 | 1400 | 0,59 | 1,18 | 6,0 |
| 2–3 | 1,6 | 1250 | 0,88 | 0,55 | 2,5 |
| … | … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … | … |
| 8–9 | 3,2 | 800 | 0,68 | 0,21 | 0,62 |

За результатами показників відносної аварійності $K_{ai-j}$, ДТП/1млн авт., $K'_{ai-j}$, ДТП/1 млн авт. км, $K''_{ai-j}$, ДТП/км визначаємо найнебезпечнішу ділянку (дугу) транспортної мережі.

**ВИСНОВОК.** 1. За результатами розрахунків встановлено найнебезпечніше перехрестя №… та найнебезпечнішу ділянку (дугу) №… транспортної мережі (*вказати номер перехрестя та номер дуги дорожньої мережі*).

2. Для удосконалення організації дорожнього руху та підвищення безпеки на аварійно небезпечних ділянках (*запропонувати заходи*).

### Питання для самоперевірки та контролю знань

1. Що таке дорожньо-транспортна пригода (ДТП)?
2. Які основні ознаки дозволяють віднести подію до дорожньо-транспортної пригоди?
3. Яка класифікація ДТП застосовується за ступенем тяжкості наслідків?
4. Які основні причини виникнення ДТП з точки зору системи «водій – автомобіль – дорога – середовище»?
5. У чому полягає мета аналізу дорожньо-транспортних пригод?
6. Які методи аналізу ДТП застосовуються в практиці безпеки дорожнього руху?
7. У чому полягає суть кількісного аналізу ДТП?

8. Які абсолютні показники аварійності використовуються під час аналізу ДТП?

9. Які відносні показники аварійності застосовуються для порівняльної оцінки рівня аварійності?

10. Що характеризує показник відносної аварійності $K_{ai}$?

11. Які недоліки має показник відносної аварійності, розрахований без урахування ваги ДТП?

12. Для чого використовується коефіцієнт ваги ДТП та як він визначається?

13. Які показники дозволяють оцінити наслідки ДТП?

14. У чому полягає суть якісного аналізу ДТП?

15. Що таке топографічний аналіз ДТП та з якою метою він проводиться?

16. У чому полягають переваги та недоліки карти ДТП?

17. Для яких цілей застосовується лінійний графік ДТП?

18. У яких випадках використовується масштабна схема місця скоєння ДТП?

19. За якими критеріями визначають найнебезпечніше перехрестя й найнебезпечнішу ділянку транспортної мережі?

20. Що відносять до прямих і непрямих витрат при скоєнні ДТП?

## 1.2. Визначення безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки

**Мета роботи:** ознайомитися з методикою визначення безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки, навчитися розраховувати та аналізувати значення коефіцієнта безпеки для різних ділянок доріг, а також оцінювати рівень аварійності й визначати найбільш небезпечні місця з метою розроблення заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху.

### Теоретична частина

*Швидкість руху* – найважливіший параметр транспортного потоку. Вона визначає продуктивність дорожнього руху і є однієї із двох його основних цільових функцій (першою є безпека руху).

Найбільш об'єктивною характеристикою швидкості транспортного засобу на дорозі може служити крива, що характеризує її зміну впродовж маршруту руху.

Безпечна швидкість – це швидкість, за якої водій має змогу безпечно керувати транспортним засобом та контролювати його рух у конкретних дорожніх умовах.

Розрізняють кілька видів швидкостей:

– миттєва швидкість, $V_м$ – зафіксована на короткій ділянці дороги (20 – 50 м) або в короткий проміжок часу (2 – 4 с);

– середня технічна, $V_{тех}$ – це відношення пройденого шляху, без врахування зупинок і стоянок до затраченого часу;

– швидкість сполучення, $V_с$ (або середня експлуатаційна) – це відношення пройденого шляху з урахуванням усіх зупинок і стоянок до затраченого часу;

– максимальна швидкість, $V_{max}$ – найбільша миттєва швидкість, що досягається транспортним засобом за нормальних умов;

– крейсерська швидкість, $V_{кр}$ – швидкість, з якою водії прагнуть їхати в даних умовах, за якої вони почувають себе комфортно;

– дозволена швидкість, $V_{доз}$ – швидкість руху, дозволена нормативами або технічними засобами регулювання на даній ділянці ВДМ;

– рекомендована, $V_{рек}$ – швидкість, з якої організатори руху рекомендують рухатися водієві на даній ділянці в даних умовах;

– економічна швидкість, $V_{ек}$, – швидкість руху, за якої спостерігається мінімум економічних втрат: витрати палива, зношування шин і т.д.;

– безпечна швидкість, $V_{б}$ – швидкість руху, за якої водій у стані почати необхідні дії для запобігання аварії або іншій колізії;

– оптимальна швидкість, $V_{оп}$ – швидкість, за якої досягається мета з найменшими витратами.

На швидкість руху впливають багато факторів. Кожен водій має широкий вибір швидкостей, який залежить від його індивідуальних особливостей.

Дорожні умови також впливають на швидкість руху. На заміських дорогах високого класу й на швидкісних міських дорогах на швидкість руху впливають тільки геометричні параметри доріг. На міських вулицях впливають перехрестя, пішохідні переходи, припарковані транспортні засоби. Очевидно, що вплив на швидкість має якість покриття, ширина смуг, радіуси повороту, відстань видимості, ширина й стан узбіч, висота бордюрного каменю та ін.

Максимальна швидкість руху, яку може розвинути автомобіль на дорозі, обмежується різноманітними перешкодами (підйоми, схили, криволінійні ділянки дороги, незадовільне дорожнє покриття, обмеження, що зумовлені правилами дорожнього руху).

Для того, щоб оцінити, як повинна змінюватись безпечна швидкість руху автомобіля за тих чи інших дорожніх умов, будують графік швидкості дороги. При чому для розрахунку швидкості руху на кожній з ділянок дороги не беруть до уваги

обмеження швидкості, що накладаються вимогами правил дорожнього руху (обмеження в швидкості в населених пунктах, на переїздах залізничної колії, на перетинах інших доріг, на поворотах малих радіусів, у зоні дії дорожніх знаків та ін.), а враховують лише обмеження за максимальною швидкістю руху, забезпеченою конструкцією автомобіля.

Швидкість руху автомобіля $V_к$ (км/год) наприкінці прямолінійної ділянки розгону визначають за формулою:

$$V_к = \sqrt{V_0^2 + 2 \cdot a' \cdot l \cdot 12960}, \qquad (1.15)$$

де $V_0$ – швидкість руху автомобіля на початку прямолінійної ділянки дороги, км/год; $a'$ – абсолютне прискорення автомобіля з урахуванням поздовжнього ухилу ділянки дороги, м/с$^2$; $l$ – довжина прямолінійної ділянки дороги, км; 12960 – коефіцієнт, що враховує переведення прискорення з м/с$^2$ у км/год$^2$.

Абсолютне прискорення автомобіля $a'$ (м/с$^2$) з урахуванням поздовжнього ухилу на прямолінійній ділянці дороги визначається за формулою:

$$a' = a \pm \left(i_{пов} \frac{g}{100}\right), \qquad (1.16)$$

де $a$ – абсолютне прискорення автомобіля без урахування поздовжнього ухилу ділянки дороги, м/с$^2$; $i_{пов}$ – повздовжній ухил ділянки дороги, %; $g$ – прискорення вільного падіння, м/с$^2$ ($g$ = 9,8 м/с$^2$).

У формулі (1.16) використовують знак «+», якщо автомобіль рухається на спуск, і «–» – на підйом. У випадку, якщо швидкість руху автомобіля наприкінці ділянки розгону перевищує 120 км/год, приймають її рівною 120 км/год. Швидкість руху автомобіля на початку прямолінійної ділянки розгону вибирають з мінімального значення швидкості входження в поворот на попередній криволінійній ділянці дороги – критичної швидкості за умови перекидання або критичної швидкості за умови заносу.

Можливу швидкість руху на криволінійних ділянках дороги з поперечним ухилом оцінюють, виходячи з граничного значення коефіцієнта поперечного зчеплення, що забезпечує стійкість автомобіля проти перекидання і заносу.

Можливу максимальну швидкість руху автомобіля на криволінійній ділянці дороги, за якої забезпечується стійкість автомобіля проти заносу $V_з$ (км/год), визначається за формулою:

$$V_з = 3{,}6\sqrt{g \cdot R\left(\phi_y + \frac{i_{non}}{100}\right)}, \qquad (1.17)$$

де $R$ – радіус заокруглення ділянки дороги, м; $\varphi_y$ – коефіцієнт поперечного зчеплення коліс з дорогою ($\varphi_y$ = 0,7$\varphi$, де $\varphi$ – коефіцієнт повздовжнього зчеплення коліс з дорогою); $i_{non}$ – поперечний ухил на криволінійній ділянці дороги, %; 3,6 – перевідний коефіцієнт швидкості з м/с у км/год;

Критичну швидкість (максимально допустиму) руху на криволінійній ділянці дороги за умови перекидання автомобіля $V_{пер}$ (км/год) визначають за формулою:

$$V_{пер} = 3{,}6\sqrt{\frac{g \cdot R \cdot B}{2 \cdot h_{цт}}}, \qquad (1.18)$$

де $B$ – ширина колії транспортного засобу, м; $h_{цт}$ – висота центра тяжіння автомобіля, м.

Графік швидкості руху автомобіля (рис. 1.6) відображає зміну швидкості руху автомобіля на кожній з прямолінійних ділянок дороги, а також максимально можливу швидкість руху на криволінійних ділянках дороги за якої забезпечується стійкість автомобіля за умови заносу чи перекидання.

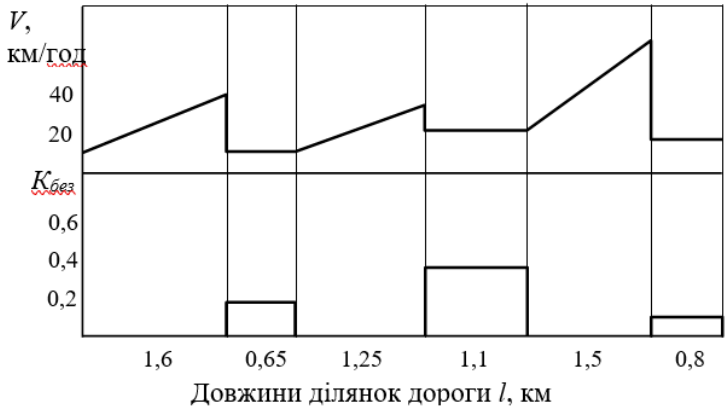



**Рисунок 1.6** – Графік зміни швидкості руху автомобіля та коефіцієнта безпеки на ділянках дороги

За графіком зміни швидкості визначають коефіцієнт безпеки криволінійних ділянок дороги – відношення між мінімальною з двох швидкостей (або за умови перекидання, або за умови заносу), що допускаються геометричними елементами аналізованої ділянки дороги і швидкістю входження на задану криволінійну ділянку дороги (в кінці попередньої прямолінійної ділянки):

$$K_{без} = \frac{min\{V_{пер};V_з\}}{V_к}. \quad (1.19)$$

На основі графіка зміни коефіцієнтів безпеки роблять висновок про стан безпечності дороги. Ділянки, для яких коефіцієнт безпеки менший за 0,4 – вважаються дуже небезпечними для руху, від 0,4 до 0,6 – небезпечні, від 0,6 до 0,8 – мало небезпечні. Якщо $K_{без} \geq 0{,}8$, дорожні умови не впливають на безпеку руху. Для небезпечних і дуже небезпечних ділянок необхідно розробити додаткові заходи щодо організації дорожнього руху з метою зниження ймовірності виникнення ДТП.

## Завдання

1. Розрахувати швидкість автомобіля $V_к$ (км/год), яку він може розвинути наприкінці прямолінійної ділянки дороги.

2. Розрахувати можливу максимальну швидкість руху автомобіля на криволінійній ділянці дороги, при якій забезпечується стійкість автомобіля проти заносу $V_з$ (км/год) та перекидання $V_{пер}$ (км/год).

3. Визначити коефіцієнт безпеки $K_{без}$ для криволінійних ділянок дороги.

4. Побудувати у масштабі графік зміни швидкості руху автомобіля $V$ та коефіцієнта безпеки $K_{без}$ для досліджуваної ділянки дороги.

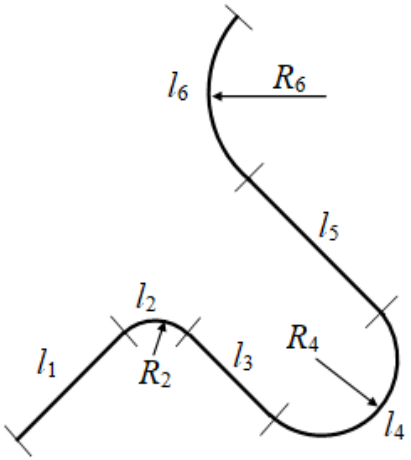
5. На основі графіка зміни коефіцієнтів безпеки зробити висновок про стан безпечності досліджуваної ділянки дороги, а також запропонувати заходи щодо підвищення рівня безпеки на автомобільних дорогах.

## Послідовність виконання завдання

Розрахунок ступеня безпечності ділянок дорожньої мережі провести згідно індивідуального завдання (рис. 1.7, дод. Б, табл. Б.1, Б.2, Б.3, Б.4).




*а*)




*б*)

**Рисунок 1.7** – Загальний вигляд (*а*) та схема (*б*) досліджуваної дорожньої мережі

Варіант завдання вибирається згідно з порядковим номером у списку.

1. Розрахувати швидкість руху автомобіля, яку він може розвинути наприкінці першої прямолінійної ділянки за формулою (1.15), попередньо визначивши абсолютне прискорення автомобіля з урахуванням повздовжнього ухилу за формулою (1.16).

2. Визначити критичну швидкість руху автомобіля на криволінійних ділянках дороги (2-а, 4-а та 6-та ділянки) – за умови перекидання (1.18) та за умови заносу (1.17).

Мінімальне значення із цих двох швидкостей на кожній з криволінійних ділянок служить початковою швидкістю руху автомобіля на наступними за ними прямолінійними ділянками дороги (ділянки 3, 5).

Можливу максимальну швидкість руху автомобіля на криволінійній ділянці дороги, за якої забезпечується стійкість

автомобіля проти заносу $V_з$ (км/год), визначаються за формулою (1.17).

Критичну швидкість (максимально допустиму) руху на криволінійній ділянці дороги за умови перекидання автомобіля $V_{пер}$ (км/год) визначають за формулою (1.18).

3. Розрахувати швидкість руху автомобіля на 3-ій і 5-ій прямолінійних ділянках дороги за формулою (1.15). Початкову швидкість руху автомобіля взяти згідно з вимогами п.2 – мінімальне значення із двох швидкостей (перекидання чи заносу) на кожній з криволінійних ділянок служить початковою швидкістю руху автомобіля на наступними за ними прямолінійними ділянками дороги (ділянки 3, 5).

Для розрахунку швидкості руху автомобіля, яку він може розвинути наприкінці 3-ої і 5-ої прямолінійної ділянки дороги, попередньо необхідно визначити абсолютне прискорення автомобіля з урахуванням повздовжнього ухилу за формулою (1.16).

4. Визначити коефіцієнт безпеки криволінійних ділянок дороги за формулою (1.19).

5. Зобразити у масштабі графік зміни швидкості руху автомобіля та коефіцієнта безпеки вздовж полотна дороги (див. рис. 1.6).

На основі графіка зміни коефіцієнтів безпеки зробити висновок про стан безпечності дороги.

**Примітка.** За умови, коли коефіцієнт безпеки менший за 0,4, ділянки дороги вважаються дуже небезпечними для руху; від 0,4 до 0,6 – небезпечна; від 0,6 до 0,8 – мало небезпечна. Якщо $K_{без} \geq 0{,}8$, дорожні умови не впливають на безпеку руху.

Для небезпечних і дуже небезпечних ділянок необхідно запропонувати додаткові заходи із організації дорожнього руху з метою зниження ймовірності виникнення ДТП.

## Приклад розрахунку завдання
## Вихідні дані

Варіант 0

Вихідні дані

| Показник | Ділянка | Значення | Показник | Ділянка | Значення |
|---|---|---|---|---|---|
| **Дод. Б, табл. Б. 2** | | | | | |
| Довжина ділянки $l$, км | 1 | 1,55 | Поздовжній ухил на ділянці $i_{пов}$, % | 1 спуск | 3,2 |
| | 2 | 0,13 | | 2 спуск | 1,2 |
| | 3 | 2,25 | | 3 підйом | 3,6 |
| | 4 | 0,19 | | 4 підйом | 1,0 |
| | 5 | 2,80 | | 5 підйом | 2,1 |
| | 6 | 0,20 | | 6 спуск | 0,8 |
| Покриття дороги | А/Б (асфальтобетон) | | | | |
| **Дод. Б, табл. Б. 3** | | | | | |
| Радіус кривої $R$, м | 2 | 80 | Поперечний ухил на ділянці $i_{non}$, % | 2 | 2,5 |
| | 4 | 59 | | 4 | 1,5 |
| | 6 | 130 | | 6 | 0,6 |
| **Дод. Б, табл. Б. 4** | | | | | |
| Початкова швидкість $V_0$ на 1-ій ділянці, км/год | | 24 | Висота центра тяжіння $h_{цт}$, м | | 0,56 |
| Прискорення $a$, м/с$^2$ | | 0,8 | Ширина колії $B$, м | | 1,35 |

1. Розраховуємо швидкість руху автомобіля $V_к$ (км/год), яку він може розвинути наприкінці першої прямолінійної ділянки розгону за формулою (1.15):

$$V_к = \sqrt{V_0^2 + 2 \cdot a' \cdot l \cdot 12960},$$

де $V_0$ – швидкість руху автомобіля на початку прямолінійної ділянки дороги, км/год (дод. Б, табл. Б. 4); $a'$ – абсолютне прискорення автомобіля з урахуванням поздовжнього ухилу

ділянки дороги, м/с$^2$; $l$ – довжина прямолінійної ділянки дороги, км (дод. Б, табл. Б. 2). 12960 – коефіцієнт, що враховує переведення прискорення з м/с$^2$ у км/год$^2$.

Абсолютне прискорення автомобіля $a'$ (м/с$^2$) з урахуванням поздовжнього ухилу на прямолінійній ділянці дороги визначається за формулою (1.16):

$$a' = a \pm \left(i_{пов} \frac{g}{100}\right),$$

де $a$ – абсолютне прискорення автомобіля без урахування поздовжнього ухилу ділянки дороги, м/с$^2$ (дод. Б, табл. Б. 4); $i_{пов}$ – повздовжній ухил ділянки дороги, % (дод. Б, табл. Б. 2); $g$ – прискорення вільного падіння, м/с$^2$ ($g$ = 9,8 м/с$^2$).

$$a_1' = 0{,}8 + \left(3{,}2 \cdot \frac{9{,}8}{100}\right) = 1{,}11 \text{ м/с}^2;$$

$$V_{к1} = \sqrt{24^2 + 2 \cdot 1{,}11 \cdot 1{,}55 \cdot 12960} = 211{,}5 \text{ км/год}.$$

Оскільки, швидкість руху автомобіля наприкінці ділянки розгону перевищує 120 км/год, приймають її рівною 120 км/год.

2. Визначаємо критичну швидкість руху автомобіля на криволінійних ділянках дороги (2-а, 4-а та 6-та ділянки) – за умови перекидання $V_{пер}$ (км/год) та за умови заносу $V_з$ (км/год).

Отримане мінімальне значення із цих двох швидкостей на кожній з криволінійних ділянок служить початковою швидкістю руху автомобіля на наступними за ними прямолінійними ділянками дороги (ділянки 3, 5).

Максимальну швидкість руху проти заносу $V_з$ (км/год), на криволінійній ділянці дороги, за якої забезпечується стійкість автомобіля, визначаємо за формулою (1.17):

$$V_з = 3{,}6\sqrt{g \cdot R\left(\varphi_y + \frac{i_{поп}}{100}\right)},$$

де $R$ – радіус заокруглення ділянки дороги, м (дод. Б, табл. Б. 3); $\varphi_y$ – коефіцієнт поперечного зчеплення коліс з дорогою ($\varphi_y$

= 0,7$\varphi$, де $\varphi$ – коефіцієнт повздовжнього зчеплення коліс з дорогою (дод. Б, табл. Б. 1); $i_{non}$ – поперечний ухил на криволінійній ділянці дороги, % (дод. Б, табл. Б. 3); 3,6 – коефіцієнт переведення швидкості з м/с у км/год;

$$\varphi_y = 0{,}7\varphi = 0{,}7 \cdot 0{,}7 = 0{,}49;$$

$$V_{з2} = 3{,}6\sqrt{9{,}8 \cdot 80\left(0{,}49 + \frac{2{,}5}{100}\right)} = 72{,}34 \text{ км/год};$$

$$V_{з4} = 3{,}6\sqrt{9{,}8 \cdot 59\left(0{,}49 + \frac{1{,}5}{100}\right)} = 61{,}5 \text{ км/год};$$

$$V_{з6} = 3{,}6\sqrt{9{,}8 \cdot 130\left(0{,}49 + \frac{0{,}6}{100}\right)} = 90{,}5 \text{ км/год}.$$

Критичну швидкість (максимально допустиму) руху на криволінійній ділянці дороги за умови перекидання автомобіля $V_{пер}$ (км/год) визначаємо за формулою (1.18):

$$V_{пер} = 3{,}6\sqrt{\frac{g \cdot R \cdot B}{2 \cdot h_{цт}}},$$

де $B$ – ширина колії транспортного засобу, м (дод. Б, табл. Б. 4); $h_{цт}$ – висота центра тяжіння автомобіля, м (дод. Б, табл. Б. 4).

$$V_{пер2} = 3{,}6\sqrt{\frac{9{,}8 \cdot 80 \cdot 1{,}35}{2 \cdot 0{,}56}} = 110{,}67 \text{ км/год},$$

$$V_{пер4} = 3{,}6\sqrt{\frac{9{,}8 \cdot 59 \cdot 1{,}35}{2 \cdot 0{,}56}} = 95{,}03 \text{ км/год},$$

$$V_{пер6} = 3{,}6\sqrt{\frac{9{,}8 \cdot 130 \cdot 1{,}35}{2 \cdot 0{,}56}} = 141{,}07 \text{ км/год}.$$

3. Розраховуємо швидкість руху автомобіля $V_к$ (км/год) наприкінці 3-ої і 5-ої прямолінійних ділянок дороги за формулою (1.15):

$$V_к = \sqrt{V_0^2 + 2 \cdot a' \cdot l \cdot 12960}.$$

Початкову швидкість руху автомобіля $V_0$ приймаємо згідно з розрахунками *п.2.*– найменшу швидкість $V_з$ чи $V_{пер}$.

Для розрахунку швидкості руху автомобіля, яку він може розвинути наприкінці 3-ої і 5-ої прямолінійних ділянок дороги попередньо визначаємо абсолютне прискорення автомобіля з урахуванням повздовжнього ухилу за формулою (1.16):

$$a_3' = 0{,}8 - \left(3{,}6 \cdot \frac{9{,}8}{100}\right) = 0{,}45 \text{ м/с}^2;$$

$$a_5' = 0{,}8 - \left(2{,}1 \cdot \frac{9{,}8}{100}\right) = 0{,}59 \text{ м/с}^2;$$

$$V_{к3} = \sqrt{72{,}34^2 + 2 \cdot 0{,}45 \cdot 2{,}25 \cdot 12960} = 177{,}5 \text{ км/год};$$

$$V_{к5} = \sqrt{61{,}5^2 + 2 \cdot 0{,}59 \cdot 2{,}8 \cdot 12960} = 215 \text{ км/год}.$$

Оскільки швидкість руху автомобіля наприкінці 3-ої та 5-ої прямолінійних ділянок перевищує 120 км/год, то приймають її рівною 120 км/год.

4. Визначаємо коефіцієнт безпеки $K_{без}$ для криволінійних ділянок дороги (2-ої, 4-ої та 6-ої) за формулою (1.19):

$$K_{без} = \frac{min\{V_{пер}; V_з\}}{V_к},$$

де min $\{V_{пер}; V_з\}$ – мінімальна швидкість $V_з$ чи $V_{пер}$ руху автомобіля для досліджуваної криволінійної ділянки дороги, км/год.

$$K_{без2} = \frac{72{,}34}{211{,}5} = 0{,}34;$$

$$K_{без4} = \frac{61{,}5}{177{,}5} = 0{,}34;$$

$$K_{без6} = \frac{90{,}5}{215} = 0{,}42.$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 1.6.

**Таблиця 1.6** – Результати розрахунків безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки

| Ділянка дороги | Довжина ділянки $S$, км | Швидкість автомобіля $V_{кі}$ (км/год) наприкінці прямолінійної ділянки | Критична швидкість заносу автомобіля $V_{зі}$ (км/год) | Критична швидкість перекидання автомобіля $V_{пері}$ (км/год) | Коефіцієнт безпеки $K_{без}$ для криволінійних ділянок дороги |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,55 | 211,5 | | | |
| 2 | 0,13 | | 72,34 | 110,67 | 0,34 |
| 3 | 2,25 | 177,5 | | | |
| 4 | 0,19 | | 61,5 | 95,03 | 0,34 |
| 5 | 2,80 | 215 | | | |
| 6 | 0,20 | | 90,5 | 141,07 | 0,42 |

5. За результатами розрахунків, будуємо графік зміни швидкості руху автомобіля та коефіцієнта безпеки вздовж досліджуваної ділянки дороги рис. 3.3.

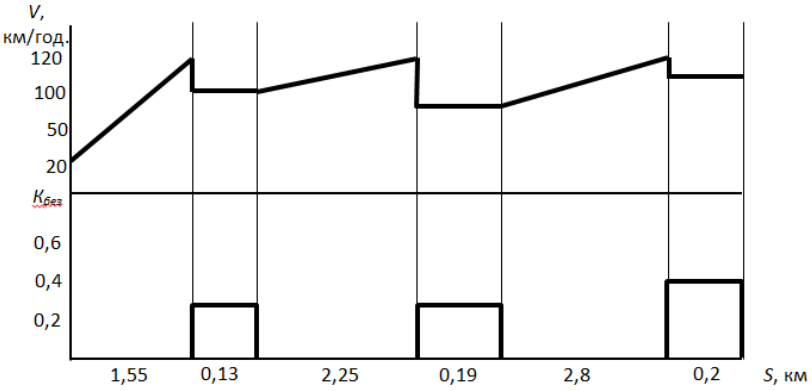



**Рисунок 1.8** – Графік зміни швидкості руху автомобіля та коефіцієнта безпеки

**ВИСНОВОК.** 1. За результатами розрахунків встановлено найнебезпечніша ділянка (*вказати номер криволінійної ділянки дороги*).

2. Для удосконалення організації дорожнього руху та підвищення безпеки на аварійно небезпечних ділянках (*запропонувати заходи*).

**Питання для самоперевірки та контролю знань**

1. Як визначається коефіцієнт безпеки $K_{без}$ і що він характеризує?
2. Які основні фактори впливають на швидкість руху автомобіля на дорозі?
3. Дайте визначення безпечної швидкості руху автомобіля.
4. Які види швидкостей руху використовуються в теорії організації дорожнього руху?
5. За якою формулою визначається швидкість автомобіля наприкінці прямолінійної ділянки дороги?
6. Як враховується повздовжній ухил дороги під час розрахунку абсолютного прискорення автомобіля?
7. Як визначається критична швидкість руху автомобіля за умов заносу?
8. Як визначається критична швидкість руху автомобіля за умов перекидання?
9. За якою формулою визначається коефіцієнт безпеки криволінійної ділянки дороги?
10. Як класифікуються ділянки дороги за рівнем безпеки залежно від значення коефіцієнта $K_{без}$?
11. Які заходи з організації дорожнього руху доцільно застосовувати для небезпечних і дуже небезпечних ділянок дороги?

# РОЗДІЛ 2
# АВТОМОБІЛЬ ТА БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

## 2.1. Оцінка гальмівних властивостей автомобілів

**Мета роботи:** ознайомитись із методикою визначення гальмівних властивостей автомобілів; розрахувати параметри гальмування автомобіля для різного стану дорожнього покриття (сухого, мокрого, ожеледиці) для різних швидкостей руху та ступеня завантаженості автомобіля.

### Теоретична частина

Швидкість і безпека руху автомобіля визначально залежать від його гальмівних властивостей, під якими розуміють здатність автомобіля різко зменшувати швидкість руху аж до повної його зупинки, підтримувати задану швидкість під час руху на схилі, а також залишатись нерухомим за умови дії випадкових сил.

Зменшення швидкості автомобіля під час гальмування відбувається завдяки штучно створеному моменту опору обертанню коліс. При цьому кінетична енергія автомобіля перетворюється у теплову внаслідок тертя, що виникає у гальмівних механізмах та при контакті шин з опорною поверхнею.

Зупинний шлях – відстань, що проходить транспортний засіб з моменту виявлення водієм небезпеки до повної зупинки.

Зупинний шлях містить в собі відстань, пройдену автомобілем за час реакції водія, і час спрацьовування гальмівної системи.

Гальмівний шлях – відстань, що проходить транспортний засіб під час екстреного гальмування з початку здійснення впливу на механізм керування гальмівною системою (*педаль, рукоятку*) до місця його зупинки.

Гальмівний шлях залежить від ефективності гальмівних пристроїв, тривалості спрацювання приводу гальм, швидкості

руху, сили зчеплення коліс з опорною поверхнею (дорога, рейки тощо).

Автомобіль повинен мати декілька гальмівних систем, що виконують різні функції:

–робочу (основну);

–стоянкову;

–допоміжну;

–запасну.

Робоча або основна гальмівна система призначена для зменшення швидкості руху автомобіля і повної його зупинки. У сучасних автомобілів гальмівними механізмами робочої гальмівної системи є барабанні і дискові гальма. У процесі гальмування кінетична енергія автомобіля переходить в роботу тертя між фрикційними накладками і гальмівними барабанами або дисками, а також між шинами і дорогою.

Стоянкова гальмівна система призначена для утримування автомобіля на місці. Привід стоянкової гальмівної системи діє на колісні гальмівні механізми або на спеціальне додаткове гальмо, зв'язане з трансмісією автомобіля. Управління стоянковою системою здійснюється вручну.

Допоміжна гальмівна система використовується під час тривалого гальмування автомобіля, наприклад, на затяжних схилах. Вона складається з моторного або трансмісійного гальм-сповільнювачів. Управляється допоміжна гальмівна система вручну або автоматично.

Запасна гальмівна система призначена для зупинки автомобіля під час відмови робочої гальмівної системи. Функцію запасної може виконувати стоянкова гальмівна система.

Розрізняють такі види гальмування:

–аварійне (екстрене);

–службове.

Аварійне гальмування здійснюють з максимальною для даних умов інтенсивністю. Як правило, кількість аварійних гальмувань не перевищує 5…10% від загальної кількості.

Службове гальмування застосовують для плавного зменшення швидкості руху автомобіля або його зупинки. Сповільнення при цьому не перевищує 1…1,5 м/с$^2$.

Службове гальмування може здійснюватися:

а) двигуном – водій зменшує або припиняє подачу палива в циліндри двигуна; при цьому двигун починає працювати у гальмівному режимі, причому гальмівна сила створюється тертям у двигуні та агрегатах трансмісії. Даний спосіб гальмування використовується за необхідності отримання малих сповільнень;

б) двигуном та гальмами сумісно – застосовується, коли необхідне сповільнення не забезпечується лише двигуном. Це найчастіше використовуваний спосіб службового гальмування. На дорогах з малим коефіцієнтом зчеплення за такого способу гальмування зменшується можливість виникнення заносу;

в) гальмування при від’єднаному двигуні – застосовується так само, як гальмування сумісно двигуном та гальмами, в тих випадках, коли гальмування двигуном не забезпечує необхідного сповільнення, а також за необхідності зупинки автомобіля.

Графічно процес гальмування може бути представлений за допомогою діаграми (рис. 2.1).

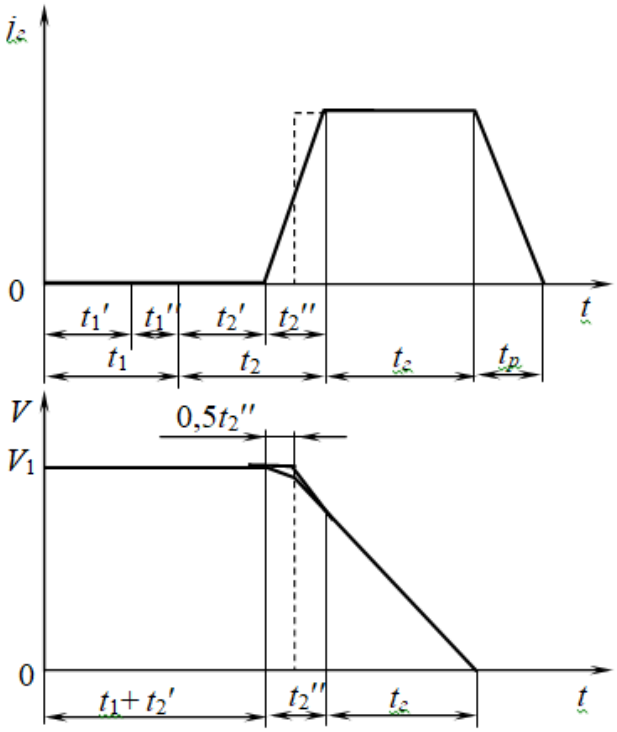



**Рисунок 2.1** – Діаграма гальмування автомобіля:
$t_1$ – час реакції водія ($t_1'$ – час психічної реакції водія – оцінка обстановки і прийняття рішення гальмувати; $t_1''$ – час фізичної реакції водія – перенесення ноги з педалі подачі палива на гальмівну педаль); $t_2'$ – час запізнювання гальмівного приводу – час передачі зусилля від педалі до гальмівних механізмів; $t_2''$ – час наростання сповільнення – час, впродовж якого відбувається наростання гальмівного моменту і сповільнення; $t_2 = t_2' + t_2''$ – час спрацювання гальмівного приводу; $t_г$ – час гальмування до необхідної швидкості; $t_р$ – час розгальмування системи, впродовж якого відбувається зменшення сповільнення автомобіля

Якщо у момент часу $t = 0$ виникає ситуація, що змушує водія гальмувати, він оцінює обстановку і переносить ногу з педалі подачі палива на гальмівну педаль. Цей процес триває на проміжку, що називається часом реакції водія $t_1$ .

Час реакції водія включає час психічної реакції $t_1'$ (оцінка ситуації і прийняття рішення гальмувати) та час фізичної реакції $t_1''$ (перенесення ноги з педалі подачі палива на гальмівну педаль).

Експериментальні дослідження свідчать, що час реакції залежить від індивідуальних особливостей водія, його психічного й фізичного стану і становить 0,2–1,5 с.

Після натискання на педаль протягом деякого часу $t_2'$ передається зусилля від педалі до гальмівних механізмів. Цей час називається часом запізнювання гальмівного приводу і він залежить від:

– типу гальмівного приводу, його конструктивних особливостей;

– технічного стану приводу;

– довжини трубопроводів;

– кількості (числа) гальмівних механізмів

Під час розрахунків приймають для гідравлічного приводу $t_2'$ = 0,05–0,1 с, для пневматичного $t_2'$ = 0,2 с.

Гальмівний момент і, відповідно, сповільнення автомобіля зростають протягом часу $t_2''$, що називається часом зростання сповільнення. Цей час визначається інтенсивністю натискання водієм педалі гальма; залежить – від типу та конструкції приводу і гальмівних механізмів. Під час розрахунку гальмівної динаміки автомобіля вважають, що водій миттєво натискає на гальмівну педаль. Сповільнення зростає лінійно і свого максимального значення досягає за час $t_2''$ = 0,4–0,5 с.

Сумарний час $t_2' + t_2''$ називають часом спрацювання гальмівного приводу $t_2$. У випадку миттєвого натискання на гальмівну педаль максимальний час спрацювання гальмівного приводу $t_2$ регламентується стандартами і не повинен перевищувати 0,6 с. При цьому $t_2'$ не повинен перевищувати 0,2 с.

Протягом деякого часу $t_г$ автомобіль рухається із заданим сповільненням $j_{гmax}$. При досягненні автомобілем

необхідної швидкості водій відпускає гальмівну педаль. Відбувається розгальмування – зменшення сповільнення автомобіля. Час розгальмування $t_p$ при гідравлічному приводі становить приблизно 0,2 с, а при пневматичному – 0,5–1,5 с.

Якщо гальмування здійснюється до повної зупинки, у момент зупинки сповільнення зменшується до нуля практично миттєво.

Шлях, який проходить автомобіль від моменту, коли водій побачив перешкоду, до повної зупинки, називається зупинним шляхом $S_з$. Зупинний шлях складається із шляху, який проходить автомобіль протягом часу реакції водія $S_1$, і гальмівного шляху $S_г$:

$$S_з = S_1 + S_г.$$

Зупинний шлях можна визначити за формулою:

$$S_з = (t_1 + t_2' + 0{,}5t_2'')V_1 + (0{,}5t_2'' + t_г)\ 0{,}5V_1.$$

де $t_1$ – час реакції водія, с; $t_2'$ – час запізнювання гальмівного приводу (час передачі зусилля від педалі до гальмівних механізмів), с; $t_2''$ – час наростання сповільнення (час, впродовж якого відбувається наростання гальмівного моменту і сповільнення), с; $t_г$ – час гальмування, с; $V_1$ – початкова швидкість гальмування, км/год.

Час $(0{,}5t_2'' + t_г)$, впродовж якого швидкість автомобіля зменшується від $V_1$ до нуля при сповільненні $j_{гmax}$, визначається з виразу:

$$0{,}5t_2'' + t_г = \frac{V_1}{j_{гmax}},$$

тоді

$$S_з = (t_1 + t_2' + 0{,}5t_2'')V_1 + \frac{V_1^2}{2j_{гmax}}.$$

Якщо швидкість руху підставляти у (км/год), то формула для визначення зупинного шляху (м) матиме такий вигляд:

$$S_з = (t_1 + t_2' + 0{,}5t_2'')\frac{V_1}{3{,}6} + \frac{V_1^2}{26j_{гmax}}. \qquad (2.1)$$

де $t_1$ – час реакції водія, с; $t_2'$ – час запізнювання гальмівного приводу, с; $t_2''$ – час наростання сповільнення, с; $V_1$ – початкова швидкість гальмування, км/год; $j_{гmax}$ – сповільнення гальмування автомобіля, м/с$^2$.

Для оцінки впливу дорожніх умов на зупинний шлях автомобіля іноді використовуються спрощені методи.

Максимальне сповільнення $j_{гmax}$ (м/с) автомобіля під час аварійного гальмування виходячи із зчіпних властивостей дороги з врахуванням поправочного коефіцієнта, який характеризує ефективність роботи гальм, визначається за формулою:

$$j_{гmax} = \frac{g\varphi}{k_e}, \tag{2.2}$$

де $k_e$ – коефіцієнт ефективності дії гальм; $\varphi$ – коефіцієнт зчеплення коліс з покриттям дороги; $g$ – прискорення вільного падіння, $g$ = 9,8 м/с$^2$.

Коефіцієнт $k_e$ враховує вплив неоднакового стану гальм кожного з коліс, а також шин, різного зчеплення між шинами коліс і дорогою, невідповідності в результаті цього фактичних гальмівних сил силам зчеплення і інші чинники.

Під час розрахунку зупинного шляху одним з визначальних критеріїв є час наростання сповільнення $t_2''$. Цей час визначається залежно від навантаження автомобіля $Q_в$ та коефіцієнта зчеплення $\varphi$:

$$t_2'' = \frac{t_{2нз}(Q+Q_в)\varphi}{Q\varphi'}, \tag{2.3}$$

де $t_{2нз}$ – час наростання сповільнення під час гальмування ненавантаженого автомобіля, с; $\varphi'$ – коефіцієнт зчеплення колеса з сухою дорогою для заданого типу покриття; $Q$, $Q_в$ – відповідно маса автомобіля і маса вантажу, кг.

Час (с), необхідний для проходження зупинного шляху можна визначити:

$$T_з = (t_1 + t_2' + 0{,}5t_2'') + \frac{V_1}{3{,}6j_{гmax}}. \tag{2.4}$$

Гальмівний шлях (м) автомобіля визначається:

$$S_г = (t_2' + 0{,}5t_2'')\frac{V_1}{3{,}6} + \frac{V_1^2}{26j_{гmax}}. \quad (2.5)$$

## Завдання

1. Визначити максимальне сповільнення $j_{гmax}$ (м/с) автомобіля на горизонтальній дорозі для різного стану покриття (*сухого, вологого, ожеледиці*), різних швидкостей руху та навантаженості автомобіля (без навантаження (БН) і 100% навантаженням (Н)).

2. Визначити час наростання сповільнення $t_2''$ під час гальмування до моменту виникнення слідів гальмування.

3. Визначити зупинний $S_з$ (м) і гальмівний $S_г$ (м) шлях, а також час $T_з$ (с) до повної зупинки для вказаних умов руху (*швидкості, стану покриття, ступеня навантаженості автомобіля*).

## Послідовність виконання завдання

Визначення гальмівних властивостей автомобіля провести згідно індивідуального завдання (дод. В, табл. В.1).

Варіант індивідуального завдання вибираємо згідно з порядковим номером у списку (дод. В).

1. Визначити максимальне сповільнення $j_{гmax}$ автомобіля під час екстреного гальмування з урахуванням поправочного коефіцієнта $k_е$, який характеризує ефективність роботи гальм на горизонтальній дорозі, за формулою (2.2).

Значення коефіцієнтів зчеплення колеса з поверхнею дороги $\varphi$ залежно від типу та стану покриття наведені у дод. В, табл. В.2.

2. Визначити час наростання сповільнення $t_2''$ під час гальмування до моменту виникнення слідів гальмування, залежно від навантаження автомобіля $Q_в$ та коефіцієнта зчеплення $\varphi$, за формулою (2.3).

3. Визначити зупинний $S_з$ і гальмівний $S_г$ шляхи, а також час $T_з$ до повної зупинки для вказаних умов руху (*швидкості, стану покриття, ступеня навантаженості автомобіля*).

Зупинний шлях $S_з$ (м) автомобіля визначається за формулою (2.1).

Гальмівний шлях $S_г$ (м) автомобіля визначається за формулою (2.5).

Час $T_з$ (с), необхідний для повної зупинки транспортного засобу визначається за формулою (2.4).

## Приклад виконання завдання

### Вихідні дані

*Варіант* – 0

*Автомобіль* – KIA SPORTAGE

*Початкова швидкість гальмування* $V_1$, км/год – 60, 110 км/год.

*Тип покриття дороги* – А/Б (асфальтобетонне).

*Час реакції водія*, $t_1$, с – 0,40 с.

*Час спрацювання гальм приводу*, $t_2'$, с – 0,05 с.

*Час зростання сповільнення на сухій дорозі без вантажу*, $t_{2нз}$, с – 0,15 с.

*Власна маса*, $Q$, кг – 1514 кг.

*Повна маса*, $(Q + Q_в)$, кг – 2050 кг.

1. Визначаємо максимальне сповільнення $j_{гmax}$ автомобіля під час екстреного гальмування виходячи із зчіпних властивостей дороги з урахуванням поправочного коефіцієнта, який характеризує ефективність роботи гальм на горизонтальній дорозі за формулою (2.2):

$$j_{гmax} = \frac{g\varphi}{k_e},$$

де $k_e$ – коефіцієнт ефективності дії гальм, (дод. В, табл. В.3); $\varphi$ – коефіцієнт зчеплення коліс з покриттям дороги; (дод. В, табл. В.2); $g$ – прискорення вільного падіння, $g$ = 9,8 м/с$^2$.

***Примітка.*** *За умови, коли* $\varphi \leq 0{,}4$, *значення* $k_e = 1{,}0$.

***Сухе покриття без навантаження (БН):***

$$j_{гmax} = \frac{9{,}8 \cdot 0{,}7}{1{,}12} = 6{,}125 \text{ м/с}^2.$$

***Сухе покриття з повним навантаженням (Н):***

$$j_{гmax} = \frac{9{,}8 \cdot 0{,}7}{1{,}32} = 5{,}20 \text{ м/с}^2.$$

***Вологе покриття БН:***

$$j_{гmax} = \frac{9{,}8 \cdot 0{,}3}{1} = 2{,}94 \text{ м/с}^2.$$

***Вологе покриття з Н:***

$$j_{гmax} = \frac{9{,}8 \cdot 0{,}3}{1} = 2{,}94 \text{ м/с}^2.$$

***Ожеледиця БН:***

$$j_{гmax} = \frac{9{,}8 \cdot 0{,}1}{1} = 0{,}98 \text{ м/с}^2.$$

***Ожеледиця з Н:***

$$j_{гmax} = \frac{9{,}8 \cdot 0{,}1}{1} = 0{,}98 \text{ м/с}^2.$$

2. Визначаємо час наростання сповільнення $t_2^{''}$ під час гальмування до моменту виникнення слідів гальмування, залежно від навантаження автомобіля $Q_в$ та коефіцієнта зчеплення, за формулою (2.3):

$$t_2^{''} = \frac{t_{2нз}(Q + Q_в)\varphi}{Q\varphi^{'}},$$

де $t_{2нз}$ – час наростання сповільнення під час гальмування ненавантаженого автомобіля, с, (дод. Б, табл. Б.1); $\varphi^{'}$ – коефіцієнт зчеплення коліс із сухою дорогою для заданого типу покриття; $Q$, $Q_в$ – відповідно маса автомобіля і маса вантажу, кг, (дод. В, табл. В.5).

***Сухе покриття БН ($Q_в = 0$):***

$$t_2^{''} = \frac{t_{2нз}(Q + Q_в)\varphi}{Q\varphi^{'}} = \frac{0{,}15 \cdot (1514) \cdot 0{,}7}{1514 \cdot 0{,}7} = 0{,}15 \text{ с.}$$

***Сухе покриття з Н ($Q + Q_в$):***

$$t_2^{''} = \frac{t_{2нз}(Q + Q_в)\varphi}{Q\varphi^{'}} = \frac{0{,}15 \cdot (2050) \cdot 0{,}7}{1514 \cdot 0{,}7} = 0{,}2 \text{ с.}$$

***Вологе покриття БН ($Q_в = 0$):***

$$t_2'' = \frac{t_{2нз}(Q + Q_в)\varphi}{Q\varphi'} = \frac{0{,}15 \cdot (1514) \cdot 0{,}3}{1514 \cdot 0{,}7} = 0{,}06 \text{ с.}$$

***Вологе покриття з Н($Q + Q_в$):***

$$t_2'' = \frac{t_{2нз}(Q + Q_в)\varphi}{Q\varphi'} = \frac{0{,}15 \cdot (2050) \cdot 0{,}3}{1514 \cdot 0{,}7} = 0{,}09 \text{ с.}$$

***Ожеледиця БН ($Q_в = 0$):***

$$t_2'' = \frac{t_{2нз}(Q + Q_в)\varphi}{Q\varphi'} = \frac{0{,}15 \cdot (1514) \cdot 0{,}1}{1514 \cdot 0{,}7} = 0{,}021 \text{ с.}$$

***Ожеледиця з Н ($Q + Q_в$):***

$$t_2'' = \frac{t_{2нз}(Q + Q_в)\varphi}{Q\varphi'} = \frac{0{,}15 \cdot (2050) \cdot 0{,}1}{1514 \cdot 0{,}7} = 0{,}03 \text{ с.}$$

3. Визначаємо зупинний $S_з$ (2.1) і гальмівний $S_г$ (2.5) шлях, а також час $T_з$ до повної зупинки (2.4) для вказаних умов руху (*швидкості, стану покриття, ступеня навантаженості автомобіля*).

Зупинний шлях $S_з$ (м) визначається за формулою (2.1):

$$S_з = \left(t_1 + t_2' + 0{,}5t_2''\right)\frac{V_1}{3{,}6} + \frac{V_1^2}{26 \cdot j_{гmax}},$$

де $t_1$ – час реакції водія, с (дод. В табл. В.1); $t_2'$ – час запізнювання гальмівного приводу, с (дод. В, табл. 2.1); $t_2''$ – час наростання сповільнення, с (*результати розрахунків за формулою 2.3*); $V_1$ – початкова швидкість гальмування, км/год (дод. В, табл. В.1); $j_{гmax}$ – максимальне сповільнення гальмування автомобіля, м/с$^2$ (*результати розрахунків за формулою 2.2*).

**Зупинний шлях $S_з$: (*сухе покриття*)**

**$V_1$ = 60 км/год.**

***Сухе покриття БН*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}15)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 6{,}125} = 31{,}4 \text{ м.}$$

***Сухе покриття з Н*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}2)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 5{,}2} = 35{,}8 \text{ м.}$$

**$V_1$ = 110 км/год.**

***Сухе покриття БН*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}15)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 6{,}125} = 91{,}9 \text{ м.}$$

***Сухе покриття з Н*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}2)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 5{,}2} = 106{,}3 \text{ м.}$$

**Зупинний шлях $S_з$: (*вологе покриття*)**

$$S_з = \left(t_1 + t_2^{'} + 0{,}5t_2^{''}\right)\frac{V_1}{3{,}6} + \frac{V_1^2}{26j_{zmax}}$$

**$V_1$ = 60 км/год.**

***Вологе покриття БН*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}06)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 2{,}94} = 55{,}1 \text{ м.}$$

***Вологе покриття з Н*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}09)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 2{,}94} = 55{,}3 \text{ м.}$$

**$V_1$ = 110 км/год.**

***Вологе покриття БН*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}06)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 2{,}94} = 172{,}9 \text{ м.}$$

***Вологе покриття з Н*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}09)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 2{,}94} = 173{,}4 \text{ м.}$$

**Зупинний шлях $S_з$: (*ожеледиця*)**

$$S_з = \left(t_1 + t_2^{'} + 0{,}5t_2^{''}\right)\frac{V_1}{3{,}6} + \frac{V_1^2}{26j_{zmax}}$$

**$V_1$ = 60 км/год.**

***Ожеледиця БН*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}021)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 0{,}98} = 148{,}9 \text{ м.}$$

***Ожеледиця з Н*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}03)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 0{,}98} = 149{,}0 \text{ м.}$$

**$V_1$ = 110 км/год.**

***Ожеледиця БН*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}021)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 0{,}98} = 488{,}9 \text{ м.}$$

***Ожеледиця дорога з Н*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}03)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 0{,}98} = 493{,}2 \text{ м.}$$

**Таблиця 2.1** – Результати розрахунків зупинного шляху $S_з$, м

| Швидкість, $V_1$, км/год | Зупинний шлях $S_з$, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вид покриття | | | | | |
| | сухе | | вологе | | ожеледиця | |
| | БН | Н | БН | Н | БН | Н |
| 60 | 31,4 | 35,8 | 55,1 | 55,3 | 148,9 | 149,0 |
| 110 | 91,9 | 106,3 | 172,9 | 173,4 | 488,9 | 493,2 |

**ВИСНОВОК:** (*проаналізувати результати розрахунків зупинного шляху з врахуванням стану проїзної частини, а також вплив завантаженості автомобіля на зупинний шлях*).

Гальмівний шлях $S_г$ (м) автомобіля визначаємо за формулою (2.5):

$$S_г = \left(t_2^{'} + 0{,}5t_2^{''}\right)\frac{V_1}{3{,}6} + \frac{V_1^2}{26 \cdot j_{гmax}}.$$

**Гальмівний шлях $S_г$: (*сухе покриття*)**

**$V_1$ = 60 км/год.**

***Сухе покриття БН*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}15)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 6{,}125} = 24{,}7 \text{ м.}$$

***Сухе покриття з Н*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}2)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 5{,}2} = 29{,}1 \text{ м.}$$

***V*₁ = 110 км/год.**

***Сухе покриття БН*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}15)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 6{,}125} = 79{,}8 \text{ м.}$$

***Сухе покриття з Н*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}2)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 5{,}2} = 94{,}1 \text{ м.}$$

**Гальмівний шлях $S_г$: (*вологе покриття*)**

$$S_г = \left(t_2^{'} + 0{,}5t_2^{''}\right)\frac{V_1}{3{,}6} + \frac{V_1^2}{26 \cdot j_{гmax}}.$$

***V*₁ = 60 км/год.**

***Вологе покриття БН*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}06)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 2{,}94} = 48{,}4 \text{ м.}$$

***Вологе покриття з Н*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}09)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 2{,}94} = 48{,}7 \text{ м.}$$

***V*₁ = 110 км/год.**

***Вологе покриття БН*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}06)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 2{,}94} = 160{,}7 \text{ м.}$$

***Вологе покриття з Н*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}09)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 2{,}94} = 161{,}2 \text{ м.}$$

**Гальмівний шлях $S_г$: (*ожеледиця*)**

$$S_г = \left(t_2^{'} + 0{,}5t_2^{''}\right)\frac{V_1}{3{,}6} + \frac{V_1^2}{26 \cdot j_{гmax}}.$$

**$V_1$ = 60 км/год.**

***Ожеледиця БН*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}021)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 0{,}98} = 142{,}3 \text{ м.}$$

***Ожеледиця з Н*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}03)\frac{60}{3{,}6} + \frac{60^2}{26 \cdot 0{,}98} = 142{,}3 \text{ м.}$$

**$V_1$ = 110 км/год.**

***Ожеледиця БН*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}021)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 0{,}98} = 493{,}4 \text{ м.}$$

***Ожеледиця з Н*:**

$$S_г = (0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}03)\frac{110}{3{,}6} + \frac{110^2}{26 \cdot 0{,}98} = 474{,}9 \text{ м.}$$

**Таблиця 2.2** – Результати розрахунків гальмівного шляху $S_г$, м

| Швидкість, $V_1$ км/год | Зупинний шлях $S_г$, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вид покриття | | | | | |
| | сухе | | вологе | | ожеледиця | |
| | БН | Н | БН | Н | БН | Н |
| 60 | 24,7 | 29,1 | 48,4 | 48,7 | 142,3 | 142,3 |
| 110 | 79,8 | 94,1 | 160,7 | 161,2 | 493,4 | 474,9 |

**ВИСНОВОК:** (*проаналізувати результати розрахунків гальмівного шляху з врахуванням стану проїзної частини, а також вплив завантаженості автомобіля на гальмівний шлях*).

Час $T_з$ (с), необхідний для повної зупинки транспортного засобу визначається за формулою (2.4):

$$T_з = \left(t_1 + t_2^{'} + 0{,}5t_2^{''}\right) + \frac{V_1}{3{,}6 \cdot j_{гmax}}.$$

**Час до повної зупинки $T_з$: (*сухе покриття*)**

**$V_1$ = 60 км/год.**

***Сухе покриття БН*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}15) + \frac{60}{3{,}6 \cdot 6{,}125} = 3{,}25 \text{ с.}$$

***Сухе покриття з Н*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}2) + \frac{60}{3{,}6 \cdot 5{,}2} = 3{,}75 \text{ с.}$$

**$V_1$ = 110 км/год.**

***Сухе покриття БН*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}15) + \frac{110}{3{,}6 \cdot 6{,}125} = 5{,}51 \text{ с.}$$

***Сухе покриття Н*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}2) + \frac{110}{3{,}6 \cdot 5{,}2} = 6{,}42 \text{ с.}$$

**Час до повної зупинки $T_з$: (*вологе покриття*)**

$$T_з = \left(t_1 + t_2^{'} + 0{,}5t_2^{''}\right) + \frac{V_1}{3{,}6 \cdot j_{гmax}}$$

**$V_1$ = 60 км/год.**

***Вологе покриття БН*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}06) + \frac{60}{3{,}6 \cdot 2{,}94} = 6{,}1 \text{ с.}$$

***Вологе покриття Н*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}09) + \frac{60}{3{,}6 \cdot 2{,}94} = 6{,}7 \text{ с.}$$

**$V_1$ = 110 км/год.**

***Вологе покриття БН*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}06) + \frac{110}{3{,}6 \cdot 2{,}94} = 10{,}87 \text{ с.}$$

***Вологе покриття з Н*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}09) + \frac{110}{3{,}6 \cdot 2{,}94} = 10{,}9 \text{ с.}$$

**Час до повної зупинки $T_з$: (*ожеледиця*)**

$$T_з = \left(t_1 + t_2' + 0{,}5t_2''\right) + \frac{V_1}{3{,}6 \cdot j_{гmax}}.$$

**$V_1$ = 60 км/год.**

***Ожеледиця БН*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}021) + \frac{60}{3{,}6 \cdot 0{,}98} = 17{,}46 \text{ с.}$$

***Ожеледиця з Н*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}03) + \frac{60}{3{,}6 \cdot 0{,}98} = 17{,}47 \text{ с.}$$

**$V_1$ = 110 км/год.**

***Ожеледиця БН*:**

$$T_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}021) + \frac{110}{3{,}6 \cdot 0{,}98} = 31{,}64 \text{ с.}$$

***Ожеледиця Н*:**

$$S_з = (0{,}4 + 0{,}05 + 0{,}5 \cdot 0{,}03) + \frac{110}{3{,}6 \cdot 0{,}98} = 31{,}64 \text{ с.}$$

**Таблиця 2.3** – Результати розрахунків часу до повної зупинки $T_з$, с

| Швидкість, $V_1$ км/год | Час до повної зупинки $T_з$, с | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вид покриття | | | | | |
| | сухе | | вологе | | ожеледиця | |
| | БН | Н | БН | Н | БН | Н |
| 60 | 3,25 | 3,75 | 6,1 | 6,7 | 17,46 | 17,47 |
| 110 | 5,51 | 6,42 | 10,87 | 10,9 | 31,64 | 31,64 |

**ВИСНОВОК:** (*проаналізувати результати розрахунку зупинного часу $T_з$, отриманого під час виконання практичної роботи, необхідного для повної зупинки транспортного засобу, за різних швидкостей руху, станів дорожнього покриття та ступенів завантаженості автомобіля*).

**Питання для самоперевірки та контролю знань**

1. Що розуміють під гальмівними властивостями автомобіля?
2. Які фактори впливають на ефективність гальмування автомобіля?
3. Чим відрізняється гальмівний шлях від зупинного шляху?
4. З яких складових складається зупинний шлях автомобіля?
5. Як впливає швидкість руху на величину гальмівного та зупинного шляху?
6. Як змінюється максимальне сповільнення автомобіля залежно від стану дорожнього покриття (сухе, мокре, ожеледиця)?
7. Що таке максимальне сповільнення $j_{гmax}$ і як воно визначається?
8. Яке фізичне значення коефіцієнта ефективності гальм $k_e$?
9. Як впливає завантаженість автомобіля на гальмівні властивості?
10. Що таке час реакції водія і з яких складових він складається?
11. Що таке час запізнювання гальмівного приводу і від чого він залежить?
12. Що розуміють під часом наростання сповільнення?
13. Які чинники впливають на величину часу наростання сповільнення?
14. Які гальмівні системи повинен мати автомобіль та яке їх призначення?
15. У чому різниця між аварійним (екстреним) і службовим гальмуванням?
16. За яких умов застосовується гальмування двигуном?
17. Чому на слизькому покритті доцільно застосовувати гальмування двигуном разом із гальмами?
18. Як впливає тип гальмівного приводу (гідравлічний, пневматичний) на процес гальмування?
19. Як визначається гальмівний шлях автомобіля?
20. Яке практичне значення має оцінка гальмівних властивостей автомобіля для безпеки дорожнього руху?

## 2.2. Визначення параметрів обгону транспортних засобів

**Мета роботи:** ознайомитися з методикою визначення параметрів обгону транспортних засобів; навчитися розраховувати основні параметри обгону (час, шлях, швидкість); оцінювати умови безпечного виконання обгону з урахуванням швидкості руху транспортних засобів та дорожніх умов.

### Теоретична частина

**Обгін** – випередження одного або кількох транспортних засобів, пов'язане з виїздом на смугу зустрічного руху (рис. 2.2).





**Рисунок 2.2** – Маневр, пов'язаний з випередженням попутного транспортного засобу з виїздом на смугу зустрічного руху

Виконувати обгін дозволяється за умов, якщо:

– жоден з водіїв транспортних засобів, які рухаються за ним і яким може бути створено перешкоду, не розпочав обгону;

– водій транспортного засобу, який рухається попереду по тій самій смузі, не подав сигналу про намір повороту (перестроювання) ліворуч;

– смуга зустрічного руху, на яку він буде виїжджати, вільна від транспортних засобів на достатній для обгону відстані;

– після обгону зможе, не створюючи перешкоди транспортному засобу, якого він обганяє, повернутися на займану смугу.

Обгін один із найважчих та небезпечних процесів керування автомобілем. Він вимагає від водія швидкої і точної

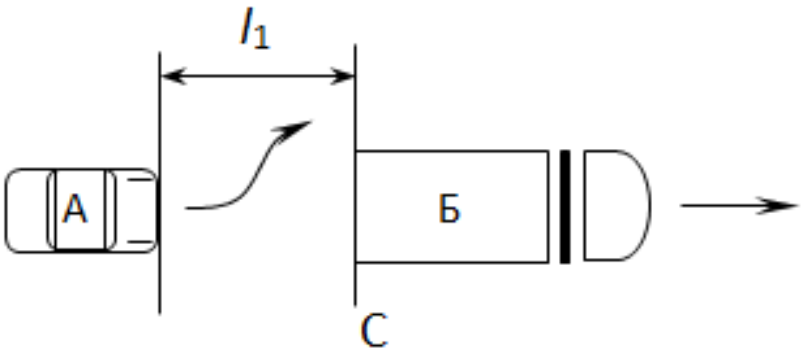
оцінки обстановки і професіональних навичок. Оскільки під час обгону швидкості руху високі, порушення його правил, помилки в оцінці часу і шляху обгону, як правило, призводять до дорожньо-транспортних пригод із тяжкими наслідками.

Згідно зі статистичними даними, щорічно понад 40% скоєних ДТП, причиною є порушення правил обгону.

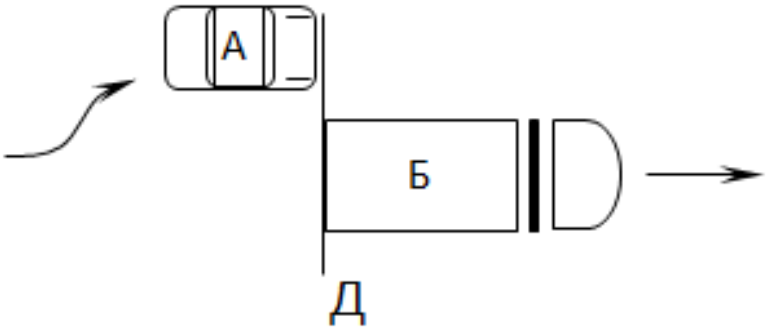
Неправильний обгін зазвичай викликає бокові або лобові зіткнення автомобілів або наїзди. За недостатньої ширини проїзної частини автомобілю, який обганяє, доводиться виїжджати на зустрічну смугу і рухатись по ній інколи тривалий час, що збільшує небезпеку обгону. Безпека під час обгону буде забезпечена тоді, коли смуга руху, на яку виїжджає автомобіль, який обганяє, буде вільна на всій її протяжності і коли інші учасники руху не будуть створювати перешкоди.

Під час аналізу пригод, пов'язаних із обгоном, визначають фактичні і необхідні величини шляху і часу для його виконання. Порівняння цих даних дозволяє зробити висновок про правомірність дій учасників обгону.

Обгін транспортних засобів можна розділити на три етапи.




*а*)

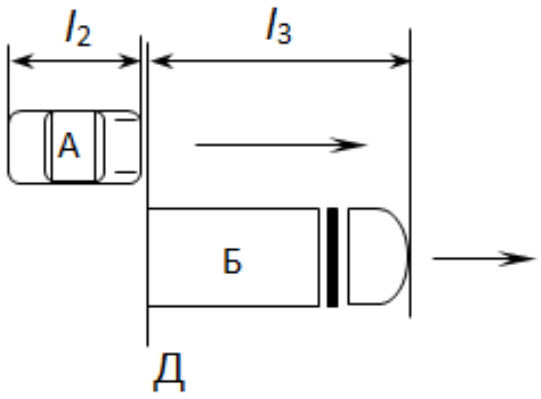



*б*)

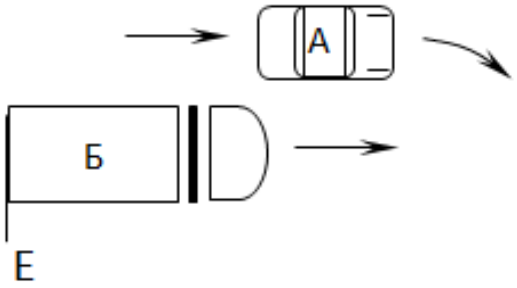
**Рисунок 2.3** – Перший етап обгону: *а* – положення автомобілів до обгону; *б* – положення їх до кінця першого етапу обгону; А – автомобіль, що обганяє; Б – автомобіль, якого обганяють; С і Д – положення на дорозі автомобіля Б на початку і в кінці першого етапу

На першому етапі водій автомобіля А, що обганяє (рис. 2.3), розпочинає виїзд зі смуги руху, вздовж якого рухається автомобіль Б, якого обганяють, розміщуючись від нього на дистанції $l_1$, в положенні С. Далі водій автомобіля А, повертаючи вліво, займає сусідню, ліву смугу руху. Оскільки за цих обставин автомобіль А збільшує швидкість руху, за деякий час, що залежить від різниці швидкостей автомобілів А і Б, дистанція $l_1$ буде вибрана, а автомобіль Б, продовжуючи рух, переміститься в положення Д.

На другому етапі обгону автомобіль А, зайнявши сусідню смугу руху і рухаючись паралельно із автомобілем Б, але із більшою швидкістю, повинен його випередити (рис. 2.4). Для цього автомобілю А необхідно проїхати відстань, рівну сумі габаритів обох автомобілів $l_2 + l_3$. Продовжуючи рух із різними швидкостями, до кінця цього етапу автомобіль Б займе положення Е.




*а*)




*б*)

**Рисунок 2.4** – Другий етап обгону: *а* – положення автомобілів на початку етапу; *б* – положення автомобілів на кінець етапу; Д і Е – положення на дорозі автомобіля Б на початку і в кінці другого етапу обгону

На третьому етапі обгону (рис. 2.5) автомобіль А, що обганяє, повинен від'їхати на деяку дистанцію $l_4$ від автомобіля Б, повернувши направо і знову зайнявши смугу руху, в якій він рухався до обгону. Автомобіль Б займе на дорозі положення К.

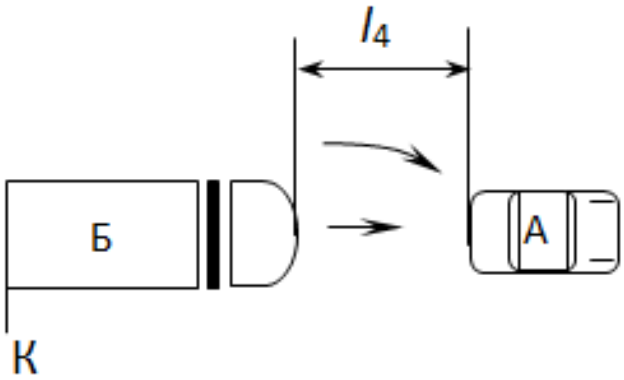



**Рисунок 2.5** – Третій етап обгону: К – положення автомобіля Б на дорозі під час завершення обгону

Таким чином, за час обгону $t_{об}$ автомобіль А проїде відстань $S_{об}$ (м):

$$S_{об} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + S_2, \quad (2.6)$$

де $S_2$ – шлях, пройдений автомобілем Б за цей же час $t_{об}$, м.

Час обгону $t_{об}$ (с) визначається:

$$t_{об} = \frac{3{,}6 \cdot S_{об}}{V_1} = \frac{3{,}6 \cdot S_2}{V_2},$$

тоді

$$S_2 = S_{\text{об}} \cdot \frac{V_2}{V_1}, \quad (2.7)$$

де $V_1$, $V_2$ – швидкості відповідно автомобілів А і Б, км/год (рис. 2.5).

Підставляючи значення $S_2$ з формули (2.7) у формулу (2.6), отримаємо:

$$S_{об} = \frac{(l_1+l_2+l_3+l_4)V_1}{V_1-V_2}; \quad (2.8)$$

$$t_{об} = \frac{3{,}6(l_1+l_2+l_3+l_4)}{V_1-V_2}. \quad (2.9)$$

Величини безпечних дистанцій $l_1$ і $l_4$ залежать від дорожніх умов, типу автомобіля, досвіду і кваліфікації водія. Точний їх розрахунок неможливий, тому правилами

дорожнього руху регламентується, що дистанція між автомобілями вибирається водієм, який враховує не лише можливість екстреного гальмування переднього автомобіля, але і ймовірність його зупинки в даних дорожніх умовах. За часового інтервалу між автомобілями, що рухаються один за одним менше 9…10 с на величину дистанції впливає також тип автомобіля. Найменші дистанції витримують під час руху легкового автомобіля за легковим, а максимальні – під час руху вантажного автомобіля за легковим. Характер залежності дистанції від швидкості однаковий для взаємодіючих автомобілів всіх типів.

На основі експериментальних даних перша безпечна дистанція $l_1$, для автомобіля, що обганяє, може бути представлена у вигляді функції:

$$l_1 = a\, V_1 + 4{,}0, \tag{2.10}$$

а для автомобіля, якого обганяють $l_4$:

$$l_4 = b\, V_2 + 4{,}0, \tag{2.11}$$

де $a$ і $b$ – емпіричні коефіцієнти, що залежать від типу автомобіля, який обганяє $a = 0{,}53$ та якого обганяють $b = 0{,}48$.

Друга безпечна дистанція коротша від першої, оскільки водій автомобіля, що обганяє, намагається швидше повернутися на свою смугу руху і іноді «зрізає кут». Крім того, швидкість $V_1$ автомобіля, що обганяє, більша від швидкості $V_2$ автомобіля, якого обганяють, тому якщо у момент завершення обгону дистанція між автомобілями і стане меншою від допустимої, то вона швидко збільшиться.

Після проведених розрахунків необхідно побудувати графік і схему обгону (рис. 2.6), вважаючи рух обох автомобілів рівномірним, що відповідає залежності $S = f(t)$. Ця залежність представляє собою прямі лінії 1 і 2 відповідно для автомобіля, що обганяє, і автомобіля, якого обганяють.

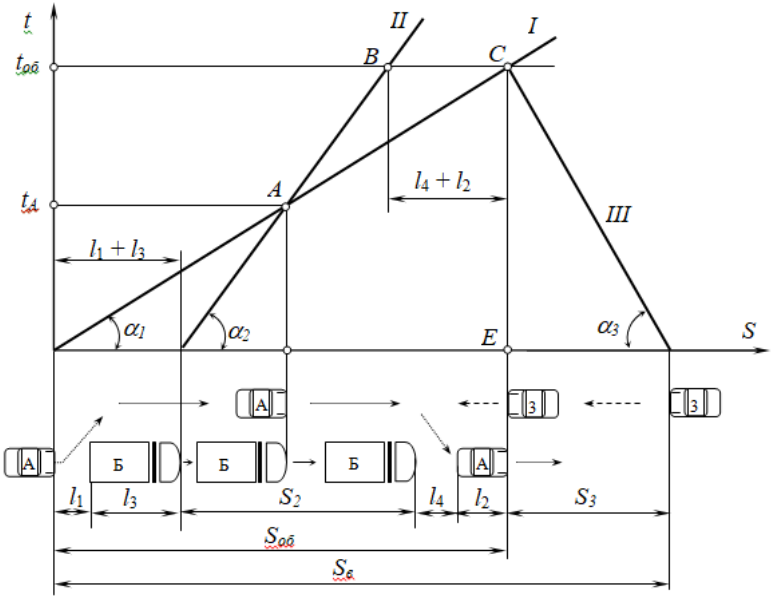



**Рисунок 2.6** – Характеристика обгону під час рівномірного руху: $t_{об}$ – час обгону, с; $S_в$ – довжина смуги перед автомобілем, що здійснює обгін, м; $S_{об}$ – шлях, необхідний для виконання маневру обгону, м; $S_3$ – шлях, зустрічного автомобіля, м; $l_1$ – безпечна дистанція до автомобіля, який обганяють, м; $l_2$, $l_3$ – габарити автомобілів, відповідно, який обганяє $l_2$ та якого обганяють $l_3$, м; $l_4$ – безпечна дистанція від автомобіля, якого обганяють, м; $V_1$ – швидкість автомобіля, який обганяє, км/год.; $V_2$ – швидкість автомобіля, якого обганяють, км/год.

На початку обгону відстань між передніми частинами обох автомобілів рівна $l_1 + l_3$. Точка А перетину прямих 1 і 2 характеризує момент обгону, в який обидва автомобілі вирівнялись (час $t_A$), після чого автомобіль, що обганяє, починає виходити вперед. Щоб визначити мінімально необхідні час і шлях обгону, необхідно знайти на графіку такі дві точки В і С на лініях 1 і 2, відстань між якими по горизонталі була б рівна сумі $l_4 + l_2$. Тоді абсциса точки В визначить шлях обгону, а ордината час обгону.

Обгін можливий за умови, що зустрічна смуга, на яку виїжджає автомобіль, що обганяє, вільна на певній дистанції $S_в$ від зустрічних транспортних засобів.

Мінімальна відстань $S_в$ (м), яка повинна бути вільна перед автомобілем, що обганяє, на початку обгону визначається за формулою:

$$S_в = S_{об} + S_З = S_{об}\left(1 + \frac{V_З}{V_1}\right) \quad (2.12)$$

або з урахуванням (2.8):

$$S_в = \frac{(l_1+l_2+l_3+l_4)(V_1+V_З)}{V_1-V_2}, \quad (2.13)$$

де $S_З$ і $V_З$ – шлях (м) і швидкість (км/год) зустрічного автомобіля.

Швидкість руху зустрічного автомобіля в реальних умовах практично неможливо визначити з високим ступенем точності і водій, як правило, визначає її на основі свого досвіду інтуїтивним шляхом.

Для розрахунків приймають таку її залежність від швидкості автомобіля, що обганяє:

$$V_З = (1{,}0\ldots1{,}2)V_1. \quad (2.14)$$

Після проведення розрахунків і побудови на їх основі відповідних залежностей необхідно проаналізувати, які чинники впливають на шлях і час обгону, а також умови руху, в яких можливий і практикується такий маневр, а також оцінити фактори, що впливають на час, довжину та ризики обгону в реальних дорожніх умовах.

**Завдання**

1. Визначити безпечну дистанцію для автомобіля, що обганяє $l_1$ (м) і автомобіля, якого обганяють $l_4$ (м).

2. Визначити шлях $S_{об}$ (м) та час $t_{об}$ (с), необхідні для виконання маневру обгону.

3. Визначити довжину смуги $S_в$ (м), яка повинна бути вільна перед автомобілем, який виконує обгін.

4. Зобразити у масштабі графік та схему обгону.

## Послідовність виконання завдання

Параметри обгону транспортних засобів визначаємо за умови руху транспортних засобів з постійною швидкістю відповідно до індивідуального завдання (дод. Г, табл. Г.1).

Варіант завдання вибирається згідно з порядковим номером у списку.

1. Визначити безпечну дистанцію для автомобіля, що обганяє $l_1$ і автомобіля, якого обганяють $l_4$, за формулами (2.10) та (2.11) відповідно.

2. Визначити шлях $S_{об}$ та час $t_{об}$, необхідні для виконання маневру обгону.

Шлях обгону $S_{об}$ (м) визначаємо за формулою (2.8).

Час обгону $t_{об}$ (с) визначаємо за формулою (2.9).

3. Визначити довжину смуги $S_в$ (м), яка повинна бути вільна перед автомобілем, що здійснює обгін за формулою (2.12).

4. Зобразити у масштабі графік та схему обгону (див. рис. 2.6).

## Приклад розрахунку завдання
### Вихідні дані

*Варіант* – 0

*Автомобіль 1* – KIA SPORTAGE

*Автомобіль 2* – Богдан А70110

*Швидкість руху автомобіля, що обганяє* $V_1$ = 100 км/год

*Швидкість руху автомобіля, якого обганяють* $V_2$ = 65 км/год

*Швидкість зустрічного автомобіля* $V_3$ = 90 км/год

*Габарити автомобіля, який обганяє* $l_2$ = 4,515 м

*Габарити автомобіля, якого обганяють* $l_3$ = 11,96 м

1. Визначаємо безпечну дистанцію для автомобіля, що обганяє $l_1$ і автомобіля, якого обганяють $l_4$, за формулами (2.10) та (2.11) відповідно.

$$l_1 = a \cdot V_1 + 4{,}0,$$

$$l_4 = b \cdot V_2 + 4{,}0,$$

де $a$ і $b$ – емпіричні коефіцієнти, що залежать від типу автомобіля, якого обганяють, $a$ = 0,53, $b$ = 0,48.

$$l_1 = a \cdot V_1 + 4{,}0 = 0{,}53 \cdot 27{,}7 + 4{,}0 = 18{,}67 \text{ м},$$

$$l_4 = b \cdot V_2 + 4{,}0 = 0{,}48 \cdot 18{,}05 + 4{,}0 = 12{,}66 \text{ м}.$$

2. Визначаємо шлях $S_{об}$ та час $t_{об}$, необхідні для виконання маневру обгону.

За час обгону $t_{об}$ автомобіль А проїде відстань $S_{об}$ (м):

$$S_{об} = \frac{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)V_1}{V_1 - V_2},$$

де $l_1$ – безпечна дистанція до автомобіля, який обганяють, м; $l_2$, $l_3$ – габарити автомобілів, відповідно, який обганяє $l_2$ та якого обганяють $l_3$, м; $l_4$ – безпечна дистанція від автомобіля, якого обганяють, м; $V_1$ – швидкість автомобіля, який обганяє, км/год; $V_2$ – швидкість автомобіля, який обганяють, км/год.

$$S_{об} = \frac{(18{,}67 + 4{,}515 + 11{,}96 + 12{,}66) \cdot 100}{100 - 65} = 137{,}22 \text{ м}.$$

Час обгону $t_{об}$ (с) визначається за формулою (2.9):

$$t_{об} = \frac{3{,}6(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)}{V_1 - V_2},$$

де $l_2$ – габарити автомобіля, який обганяє, м; $l_3$ – габарити автомобіля, якого обганяють, м.

$$t_{об} = \frac{3{,}6(18{,}67 + 4{,}515 + 11{,}96 + 12{,}66)}{100 - 65} = 4{,}9 \text{ с}.$$

3. Визначаємо довжину смуги $S_в$, яка повинна бути вільна перед автомобілем, що здійснює обгін.

Мінімальна відстань $S_в$ (м), яка повинна бути вільна перед автомобілем, що обганяє, на початку обгону, визначається за формулою (2.8):

$$S_в = S_{об} + S_З = S_{об}\left(1 + \frac{V_З}{V_1}\right),$$

де $S_З$ і $V_З$ – шлях (м) і швидкість (км/год) зустрічного автомобіля.

$$S_в = S_{об}\left(1 + \frac{V_З}{V_1}\right) = 137{,}22\left(1 + \frac{90}{100}\right) = 261{,}1 \text{ м.}$$

**ВИСНОВОК**: 1. За результатами розрахунків оцінити умови безпечного виконання обгону з урахуванням швидкості руху транспортних засобів та дорожніх умов.

2. Запропонувати заходи щодо удосконалення організації дорожнього руху та з підвищення безпечного виконання обгону.

### Питання для самоперевірки та контролю знань

1. Що називається обгоном транспортного засобу та чим він відрізняється від випередження?
2. За яких умов відповідно до Правил дорожнього руху дозволяється виконувати обгін?
3. Чому обгін вважається одним із найнебезпечніших маневрів дорожнього руху?
4. На які основні етапи поділяється процес обгону та в чому полягає сутність кожного з них?
5. Які параметри характеризують маневр обгону?
6. Що таке безпечні дистанції $l_1$ та $l_4$ і від яких чинників вони залежать?
7. Який фізичний зміст емпіричних коефіцієнтів $a$ та $b$ у формулах визначення безпечних дистанцій?
8. Як визначається час обгону $t_{об}$ і які величини на нього впливають?
9. Як визначається шлях обгону $S_{об}$ та які складові він включає?

10. Як впливає різниця швидкостей автомобіля, що обганяє, і автомобіля, якого обганяють, на час і шлях обгону?

11. Що розуміють під довжиною вільної смуги $S_в$ та для чого її визначають?

12. Як враховується рух зустрічного автомобіля під час розрахунку довжини вільної смуги?

13. Чому швидкість зустрічного автомобіля $V_3$ у розрахунках приймають наближено?

14. Які фактори дорожніх умов найбільше впливають на безпеку виконання обгону?

15. Яке практичне значення має побудова графіка залежності шляху від часу під час аналізу обгону?

## 2.3. Визначення параметрів поперечної стійкості автомобілів під час криволінійного руху

**Мета роботи:** ознайомитись з методикою визначення параметрів поперечної стійкості автомобіля під час криволінійного руху; визначити критичну швидкість та радіус повороту, за яких можливий занос та перекидання автомобіля під час криволінійного руху; дати оцінку умов безпечного використання автомобіля.

### Теоретичні відомості

Під час руху автомобіля криволінійними ділянкам дороги виникає відцентрова сила, яка намагається зсунути транспортний засіб в напрямку від центра повороту. Якщо своєчасно не зменшити дію відцентрової сили, то відбудеться ковзання і перекидання автомобіля.

Приблизно 15% всіх дорожньо-транспортних пригод припадає саме на перекидання автомобілів.

***Стійкість автомобіля*** – здатність автомобіля зберігати рух по заданій траєкторії, протидіючи силам, що призводять до заносу (*бічного ковзання*) і перекидання за різних дорожніх умов (рис. 2.7). Особливо важлива ця властивість під час руху по слизькій дорозі і на підвищених швидкостях.




**Рисунок 2.7** – Досліджувана ділянка дороги

***Фактори які впливають на стійкість автомобіля:***

–швидкість руху;

–радіус повороту та стан проїзної частини;

–кут косогору для перекидання автомобіля вбік або назад;

–висоти та центра ваги автомобіля;

–бази, колії автомобіля, розміру шин та їх стану;

–характер вантажу та його кріплення.

Розрізняють поздовжню, поперечну і бічну стійкість автомобіля.

***Повздовжня стійкість*** – це здатність автомобіля зберігати стійкість в поздовжньому напрямку (вздовж дороги) при подоланні підйомів та руху на спусках.

***Поперечна стійкість*** – це здатність автомобіля зберігати стійкість в поперечному напрямку (поперек дороги) під час руху по дорозі з поперечним ухилом та по косогору.

Фактори, від яких залежить поперечна стійкість автомобіля.

1. Колія автомобіля.
2. Центр ваги автомобіля.
3. Кут ухилу дороги.
4. Радіус повороту.
5. Розмір, еластичність та стан шин.
6. Розташування вантажу в кузові автомобіля.

***Поперечна стійкість при прямолінійному русі*** (*курсова стійкість*). Її порушення проявляється в зміні напряму руху автомобіля по дорозі й може бути викликане:

–дією сили бічного вітру,

–різними величинами тягових чи гальмівних сил на колеса лівого або правого боку,

–буксуванням,

–ковзанням,

–великим люфтом у рульовому колесі,

–неправильними кутами встановлення коліс.

***Поперечна стійкість при криволінійному русі*** – це здатність автомобіля чинити опір перекиданню або заносу під дією відцентрової сили. Вона залежить від швидкості, радіуса повороту, висоти центру мас і колії. Зменшення радіуса, збільшення швидкості або високе розташування вантажу підвищують ризик втрати стійкості. Порушення поперечної стійкості при криволінійному русі проявляється під час буксування ведучих коліс при подоланні затяжних, зледенілих чи засніжених підйомів і сповзанні автомобіля назад. Особливо це характерно для автопоїздів.

Критеріями поперечної стійкості є максимально можливі швидкості руху по колу і кути поперечного ухилу дороги.

Поперечна стійкість оцінюється:

–критичною швидкістю руху по кривій в плані, що відповідає початку занесення або ковзання транспортного засобу;

–критичною швидкістю руху на кривій у плані, що відповідає початку перекидання;

–критичним кутом схилу, за якого виникає поперечне ковзання транспортного засобу;

–критичним кутом схилу, що відповідає початку перекидання транспортного засобу.

Стійкість рухомого автомобіля залежить від багатьох чинників, а саме:

–маси автомобіля,

–висоти його центру тяги,

–ширини колії,

–бази,

–розміру шин, їх конструкції й стану;

–радіусів кривизни дороги й стану її поверхні,

–швидкості та напряму руху;

–уміння керувати автомобілем.

Бічна стійкість автомобіля – це його здатність протистояти перекиданню або бічному ковзанню (заносу) під дією бічних сил (відцентрової сили на поворотах, вітру, нахилу дороги). Забезпечується низьким центром мас, широкою колією, справною підвіскою та шинами, що відповідають дорожнім умовам, а порушується – перевищенням критичної швидкості.

У процесі повороту автомобіля на горизонтальній ділянці з усталеною швидкістю та постійним радіусом відцентрова сила інерції $P_ц$ прикладається до центру тяжіння і спрямована по радіусу від центра повороту:

$$P_ц = \frac{m \cdot V^2}{R} = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R}, \qquad (2.15)$$

де $G$ – вага автомобіля, Н; $m$ – маса автомобіля, кг; $V$ – поступальна швидкість руху автомобіля на повороті, м/с; $g$ – прискорення вільного падіння, $g$ = 9,8 м/с$^2$; $R$ – радіус повороту дороги, м.

Зменшити дію відцентрової сили можна шляхом збільшення радіуса повороту дороги або зменшенням ваги і швидкості руху транспортного засобу. Оскільки під час руху водій практично не може вплинути на радіус повороту дороги або змінити вагу транспортного засобу, то йому залишається діяти на величину відцентрової сили зміною швидкості руху.

Швидкість руху на повороті дороги, за якої відбувається ковзання коліс або перекидання автомобіля, називається граничною швидкістю. Ковзанню коліс автомобіля протидіє сила бокового зчеплення коліс з дорогою, а перекиданню – момент від ваги автомобіля.

Розглянемо рух автомобіля за інерцією на повороті, на горизонтальній ділянці дороги з центром повороту $O$ і радіусом $R$ (рис. 2.8*а*). Відцентрова сила намагається викликати рух юзом або перекидання автомобіля. Рівність моментів всіх сил, які діють відносно точки опори коліс, визначає початок перекидання автомобіля:

$$P_ц \cdot h_{цт} = G\frac{B}{2}, \quad (2.16)$$

де $h_{цт}$ – висота центра тяжіння автомобіля, м; $B$ – ширина колії автомобіля, м.

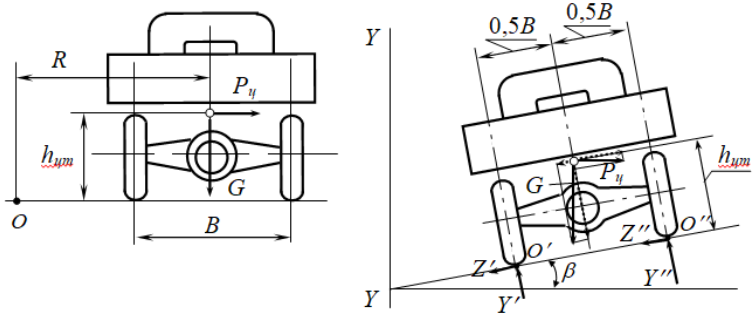
Отже, умову, за якої відбувається перекидання автомобіля на повороті описується таким виразом:

$$P_ц \geq G\frac{B}{2h_{цт}}. \quad (2.17)$$

Швидкість руху автомобіля на повороті (м/с$^2$), за якої розпочинається перекидання, визначається за формулою:

$$V_{max} = \sqrt{\frac{B \cdot R \cdot g}{2h_{цт}}}. \quad (2.18)$$

Отже, максимальна швидкість руху автомобіля на повороті буде тим вища, чим ширша колія автомобіля $B$, чим більший радіус повороту $R$ і нижче розташований центр тяжіння $h_{цт}$.




*а*) *б*)

*а*) на горизонтальній площині; *б*) на дорозі з поперечним ухилом

**Рисунок 2.8** – Схема сил, що діють на автомобіль під час криволінійного руху і повороту

Поперечна стійкість автомобіля суттєво залежить від поперечного нахилу профілю полотна дороги на заокругленнях (рис. 2.8 *б*). Якщо поперечний нахил дороги $\beta$ спрямований від центра заокруглення, тоді бокова складова $Gsin\beta$ ваги автомобіля та складова $P_ц$ відцентрової сили діють в одному

напрямі, намагаючись перекинути автомобіль вбік. У випадку поперечного нахилу дороги до центру заокруглення сили $Gsin\beta$ та $P_ц$ спрямовані в різні сторони, в результаті чого стійкість автомобіля на повороті підвищується.

За умови усталеного руху автомобіля на заокругленнях, що мають нахил, спрямований до осі заокруглення *Y–Y*, перекидання можливе навколо осі $O''$. Оскільки на початку перекидання ліві колеса відриваються від дороги і реакція $Y'$ дорівнює нулю, умова рівноваги автомобіля відносно можливої осі перекидання $O''$ описується таким співвідношенням:

$$\left(P_ц \cos\beta - G \sin\beta\right)h_{цт} - \left(P_ц \sin\beta + G \cos\beta\right)0{,}5B \le 0, \quad (2.19)$$

де $h_{цт}$ – вертикальна координата центра тяжіння, м; $B$ – ширина колії, м.

Підставляючи у (2.19) значення $P_ц = \frac{GV^2}{gR}$, отримаємо:

$$\frac{GV^2}{gR}\left(h_{цт}\cos\beta - 0{,}5B\sin\beta\right) \le G\left(h_{цт}\sin\beta + 0{,}5B\cos\beta\right). \quad (2.20)$$

Для дотримання умови рівноваги гранична швидкість руху $V_{max}$ на повороті:

$$V_{max} = \sqrt{gR\frac{tg\beta_n + tg\beta}{1 - tg\beta_n tg\beta}}\ , \quad (2.21)$$

де $\beta_n$ – граничний статичний кут поперечного схилу $\left(tg\beta_n = 0{,}5B/h_{цт}\right)$.

З формули (2.21) випливає, що гранична швидкість за умовою перекидання залежить від багатьох чинників, а саме:

– ширини колії $B$ автомобіля (чим ширша колія, тим більшою може бути критична швидкість);

– розташування центра тяжіння $h_{цт}$ (чим нижчий центр тяжіння, тим вища гранична швидкість);

– кута поперечного нахилу дороги $\beta$ (чим більший нахил дороги, тим більша критична швидкість);

– радіуса заокруглення $R$ (чим менша кривизна заокруглення, тобто чим більший його радіус, тим вища гранична швидкість).

Якщо поперечний ухил дороги спрямований від центра заокруглення, то:

$$V_{max} = \sqrt{gR\frac{tg\beta_n - tg\beta}{1+tg\beta_n tg\beta}} \quad . \tag{2.22}$$

Неправильно виконаний поперечний нахил дороги, що нерідко зустрічається на дорогах, які погано обслуговуються, суттєво впливає на величину граничної швидкості.

Під час криволінійного руху автомобіля можливе не лише перекидання автомобіля, але і його занос за умови недостатнього зчеплення з опорною поверхнею.

Критична швидкість криволінійного руху за умови заносу $V_{кр}^{з}$ (км/год) визначається за формулою:

$$V_{кр}^{з} = 3{,}6\sqrt{gR(\varphi_x \pm i)}, \tag{2.23}$$

де $R$ – радіус повороту, м; $\varphi_x$ – коефіцієнт зчеплення у поперечному напрямку, $\varphi_x$ = 0,7 $\varphi$ ($\varphi$ – коефіцієнт зчеплення коліс з полотном дороги); $i$ – поперечний ухил полотна дороги.

Критичний радіус повороту з умови заносу $R_{кр}^{з}$ (м) визначається:

$$R_{кр}^{з} = \frac{V^2}{12{,}96g(\varphi_x \pm i)}, \tag{2.24}$$

де $V$ – швидкість руху автомобіля на повороті, км/год.

Критична швидкість руху автомобіля за умови перекидання $V_{кр}^{п}$ (км/год), з врахуванням поперечного нахилу полотна дороги та зміщення поперечної координати центра тяжіння, визначається:

$$V_{кр}^{п} = 3{,}6\sqrt{gR\left(\frac{B-2\Delta}{2h_{цт}} \pm i\right)}, \tag{2.25}$$

де $B$ – ширина колії автомобіля, м; $\Delta$ – поперечна координата центра тяжіння, м; $h_{цт}$ – висота центра тяжіння автомобіля, м.

Критичний радіус повороту автомобіля за умови перекидання $R_{кр}^{п}$ (м) визначається за формулою:

$$R_{\text{кр}}^{\text{п}} = \frac{V^2}{12{,}96g\left(\frac{B-2\Delta}{2h_{\text{цт}}} \pm \text{i}\right)}. \tag{2.26}$$

## Завдання

1. Розрахувати критичну швидкість криволінійного руху за умови заносу $V_{кр}^{з}$ (км/год) для заданого радіуса повороту.

2. Визначити критичний радіус $R_{кр}^{з}$ (м) повороту за умови заносу.

3. Розрахувати критичну швидкість руху автомобіля за умови перекидання $V_{кр}^{n}$ (км/год), з врахуванням поперечного нахилу полотна дороги та зміщення поперечної координати центра тяжіння.

4. Розрахувати критичний радіус повороту автомобіля за умови перекидання $R_{кр}^{n}$ (м).

## Послідовність виконання завдання

Параметри поперечної стійкості автомобіля під час криволінійного руху визначаємо за умови криволінійного руху і повороту відповідно до індивідуального завдання (дод. Д, табл. Д.1, Д.2).

Варіант завдання вибирається згідно з порядковому номеру в списку.

1. Розрахувати критичну швидкість криволінійного руху за умови заносу $V_{кр}^{з}$ (км/год) для заданого радіуса повороту за формулою (2.23).

2. Визначити критичний радіус $R_{кр}^{з}$ (м) повороту за умови заносу для заданих швидкостей руху за формулою (2.24).

3. Розрахувати критичну швидкість руху автомобіля за умови перекидання $V_{кр}^{n}$ (км/год), з врахуванням поперечного нахилу полотна дороги та зміщення поперечної координати центра тяжіння за формулою (2.25).

4. Розрахувати критичний радіус повороту автомобіля за умови перекидання $R_{кр}^{n}$ (м) за формулою (2.26).

5. За результатами розрахунків зробити висновок (*проаналізувати результати аналітичних розрахунків, а саме особливості впливу параметрів поперечної стійкості*

*транспортних засобів на можливий занос та перекидання автомобіля; дати оцінку умов безпечного використання автомобіля*).

**Приклад розрахунку завдання**

**Вихідні дані**

*Варіант* – 0

*Радіус повороту R,* м – $R$ = 400 м;

*Тип покриття* – сухий асфальт

*Поперечний ухил, i, %* – $i$ = 0,03 %;

*Швидкість руху автомобіля V*, км/год – $V$ = 60, 90 км/год;

*Колія автомобіля B*, м – $B$ = 1,5 м;

*Зміщення центра тяжіння* Δ, м – Δ = 0,32 м;

*Висота центра тяжіння* $h_{цт}$, м – $h_{цт}$ = 0,89 м;

*Коефіцієнт зчеплення коліс з полотном дороги* $\varphi$ – $\varphi$ = 0,7.

1. Розраховуємо критичну швидкість криволінійного руху за умови заносу $V_{кр}^{з}$ (км/год) для заданого радіуса повороту за формулою (2.23):

$$V_{кр}^{з} = 3{,}6\sqrt{gR(\varphi_x \pm i)},$$

де $R$ – радіус повороту, м; $\varphi_x$ – коефіцієнт зчеплення у поперечному напрямку, $\varphi_x$ = 0,7$\varphi$ ($\varphi$ – коефіцієнт зчеплення коліс з полотном дороги (дод. В, табл. В.1)); $i$ – поперечний ухил полотна дороги.

$$\varphi_x = 0{,}7\ \varphi = 0{,}7 \cdot 0{,}7 = 0{,}49$$

$$V_{кр}^{з} = 3{,}6\sqrt{9{,}8 \cdot 400(0{,}49 + 0{,}03)} = 162{,}5 \text{ км/год},$$

$$V_{кр}^{з} = 3{,}6\sqrt{9{,}8 \cdot 400(0{,}49 - 0{,}03)} = 118{,}44 \text{ км/год}.$$

2. Розраховуємо критичний радіус повороту $R_{кр}^{з}$ за умови заносу для значень швидкості руху, заданих індивідуальним завданням за формулою (2.24):

$$R_{кр}^{з} = \frac{V^2}{12{,}96 \cdot g(\varphi_x \pm i)},$$

де $V$ – швидкість руху автомобіля на повороті, км/год.

Розраховуємо критичний радіус повороту з умови заносу для швидкості руху автомобіля $V = 60$ км/год.:

$$R_{кр}^{з} = \frac{60^2}{12{,}96 \cdot 9{,}8(0{,}49-0{,}03)} = \frac{3600}{58{,}4} = 61{,}6 \text{ м},$$

$$R_{кр}^{з} = \frac{60^2}{12{,}96 \cdot 9{,}8(0{,}49+0{,}03)} = \frac{3600}{66{,}044} = 54{,}5 \text{ м}.$$

Розраховуємо критичний радіус повороту з умови заносу для швидкості руху автомобіля $V = 90$ км/год:

$$R_{кр}^{з} = \frac{90^2}{12{,}96 \cdot 9{,}8(0{,}49 - 0{,}03)} = \frac{8100}{58{,}4} = 138{,}7 \text{ м},$$

$$R_{кр}^{з} = \frac{90^2}{12{,}96 \cdot 9{,}8(0{,}49 + 0{,}03)} = \frac{8100}{66{,}044} = 122{,}6 \text{ м}.$$

3. Розраховуємо критичну швидкість руху автомобіля перекидання $V_{кр}^{n}$ (км/год), з урахуванням поперечного нахилу проїзної частини та зміщення поперечної координати центра тяжіння за формулою (2.25):

$$V_{кр}^{n} = 3{,}6\sqrt{gR\left(\frac{B - 2\Delta}{2h_{цт}} \pm i\right)},$$

де $B$ – ширина колії автомобіля, м; $\Delta$ – поперечна координата центра тяжіння, м; $h_{цт}$ – висота центра тяжіння автомобіля, м.

$$V_{кр}^{n} = 3{,}6\sqrt{9{,}8 \cdot 400\frac{1{,}6 - 2 \cdot 0{,}32}{2 \cdot 0{,}89} + 0{,}03} = 165{,}24 \text{ км/год},$$

$$V_{кр}^{n} = 3{,}6\sqrt{9{,}8 \cdot 400\frac{1{,}6 - 2 \cdot 0{,}32}{2 \cdot 0{,}89} - 0{,}03} = 165{,}24 \text{ км/год}.$$

4. Розраховуємо критичний радіус повороту автомобіля за умови перекидання $R_{кр}^{n}$ (м) за формулою (2.26):

$$R_{\text{кр}}^{\text{п}} = \frac{V^2}{12{,}96g\left(\frac{B - 2\Delta}{2h_{\text{цт}}} \pm i\right)}.$$

Розраховуємо критичний радіус повороту для швидкості руху автомобіля $V = 60$ км/год:

$$R_{кр}^{n} = \frac{60^2}{12{,}96 \cdot 9{,}8\left(\frac{1{,}6 - 2 \cdot 0{,}32}{2 \cdot 0{,}89} + 0{,}03\right)} = 49{,}8 \text{ м},$$

$$R_{кр}^{n} = \frac{60^2}{12{,}96 \cdot 9{,}8\left(\frac{1{,}6 - 2 \cdot 0{,}32}{2 \cdot 0{,}89} - 0{,}03\right)} = 55{,}6 \text{ м}.$$

Розраховуємо критичний радіус повороту з умови перекидання для швидкості руху автомобіля $V = 90$ км/год:

$$R_{кр}^{n} = \frac{90^2}{12{,}96 \cdot 9{,}8\left(\frac{1{,}6 - 2 \cdot 0{,}32}{2 \cdot 0{,}89} + 0{,}03\right)} = 112{,}03 \text{ м},$$

$$R_{кр}^{n} = \frac{90^2}{12{,}96 \cdot 9{,}8\left(\frac{1{,}6 - 2 \cdot 0{,}32}{2 \cdot 0{,}89} - 0{,}03\right)} = 125{,}2 \text{ м}.$$

**ВИСНОВОК:** (*проаналізувати результати аналітичних розрахунків, а саме особливості впливу параметрів поперечної стійкості транспортних засобів на можливий занос та перекидання автомобіля; дати оцінку умов безпечного використання автомобілів під час криволінійного руху*).

**Питання для самоперевірки та контролю знань**

1. Як впливають координати центра тяжіння на стійкість машини під час криволінійного руху?
2. Пояснити вплив на поперечну стійкість автомобіля на повороті поперечного нахилу дороги.
3. Що розуміють під поперечною стійкістю автомобіля?
4. Які основні види стійкості автомобіля розрізняють?
5. Які фактори впливають на поперечну стійкість автомобіля під час руху?
6. Від яких параметрів залежить величина відцентрової сили, що діє на автомобіль на повороті?

7. Що називають критичною (граничною) швидкістю руху на повороті?

8. У чому полягає різниця між заносом і перекиданням автомобіля?

9. Яка умова виникнення заносу автомобіля під час криволінійного руху?

10. Яка умова виникнення перекидання автомобіля на горизонтальній ділянці дороги?

11. Як впливають ширина колії та висота центра тяжіння на поперечну стійкість автомобіля?

12. Який вплив має поперечний ухил дороги на стійкість автомобіля при проходженні повороту?

13. Як змінюється поперечна стійкість автомобіля при нахилі дороги до центра та від центра заокруглення?

14. Що таке коефіцієнт зчеплення і яку роль він відіграє у виникненні заносу?

15. Чому під час криволінійного руху занос, як правило, виникає раніше за перекидання?

16. Які параметри враховуються при розрахунку критичної швидкості за умови заносу?

17. Які параметри враховуються при розрахунку критичної швидкості за умови перекидання?

18. Як впливає радіус повороту дороги на допустиму швидкість руху автомобіля?

19. Який вплив має поперечне зміщення центра тяжіння автомобіля на його стійкість?

20. Які умови безпечного руху автомобіля на криволінійних ділянках дороги можна визначити за результатами цієї роботи?

# РОЗДІЛ 3
# ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

## 3.1. Розрахунок пропускної здатності вулиці (дороги) і рівня її завантаження

**Мета роботи:** закріпити теоретичні знання та набути практичних навичок з розрахунку пропускної здатності вулиці (дороги) і оцінки рівня її завантаження.

### Теоретична частина

*Інтенсивність руху* – це кількість транспортних засобів, яка пройшла поперечний переріз вулиці (дороги) за одиницю часу.

Інтенсивність руху може виражатися у фактичних одиниця (авт./год), коли необхідно встановити фізичну кількість транспортних засобів, а також у зведених одиницях (од./год), коли транспортний потік на основі порівняння динамічних габаритів транспортних засобів зводиться до умовного легкового автомобіля.

*Пропускна здатність дороги* – це максимальне число автомобілів, що можуть проїхати по ній за одиницю часу при забезпеченні заданої швидкості й безпеки руху (БР).



**Рисунок 3.1** – Досліджувана ділянка дороги

Наприклад: на перетинанні $P$ = 400 авт./год, а на всій вулиці 1000 авт./год. У цьому випадку пропускна здатність вулиці буде $P$ = 400 авт./год. Пропускну здатність вулиці визначає найменше значення $P$ однієї з її ділянок.

Пропускна здатність проїзної частини визначається кількістю смуг руху і пропускною здатністю кожної з них, характером руху на магістралі (безперервний або регульований). Розрахунок пропускної здатності для змішаного за структурою потоку проводиться в приведених одиницях.

Теоретична пропускна здатність однієї смуги руху ($P_m$) визначається за формулою:

$$P_m = \frac{3600 \cdot V}{L}, \qquad (3.1)$$

де $V$ – швидкість руху потоку, м/с, приймається залежно від класу магістралей, при цьому слід враховувати, що фактичні швидкості потоку на 15–20 % нижчі за розрахункові швидкості одиночного автомобіля (табл. 3.1); $L$ – величина динамічного габариту, м.

**Таблиця 3.1** – Розрахункові швидкості руху залежно від категорії магістралей

| Категорія дороги і вулиць | Розрахункова швидкість руху, км/год, макс./мін. | Швидкість автомобілів у потоці, км/год, макс./мін. |
|---|---|---|
| Магістральні дороги | | |
| Швидкісного руху | 120/80 | 90/60 |
| Регульованого руху | 80/60 | 60/45 |
| Магістральні вулиці загальноміського значення | | |
| Безперервного руху | 100/75 | 75/55 |
| Регульованого руху | 80/60 | 60/45 |
| Магістральні вулиці районного значення | | |
| Транспортно-пішохідні | 70/50 | 50/35 |
| Пішохідно-транспортні | 50/35 | 35/25 |

Під *динамічним габаритом* $L_Д$ (рис. 3.2) розуміють відрізок смуги дороги, мінімально необхідний для безпеки руху автомобіля із заданою швидкістю, довжина якого включає довжину автомобіля $t_a$ і дистанцію $d$, що називається дистанцією безпеки.

Кожний транспортний засіб має різний динамічний габарит. Зі збільшенням щільності збільшується взаємовплив транспортних засобів у потоці, знижується можливість виконання маневрів і, як наслідок, знижується швидкість транспортного потоку.

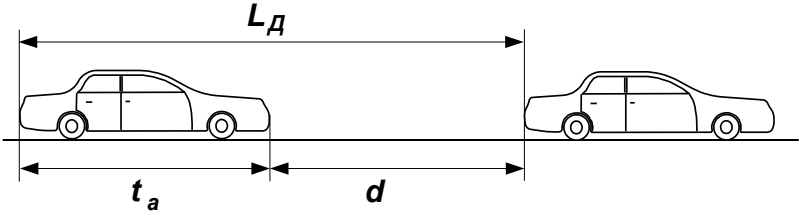



**Рисунок 3.2** – Схема для визначення динамічного габариту довжини автомобіля

Пропускна здатність однієї смуги залежить від складу потоку. У випадку збільшення в складі потоку частки вантажних автомобілів пропускна здатність смуги знижується, як і швидкість руху транспортного потоку. У міру наближення пропускної здатності до граничної, знижується швидкість і погіршується стабільність руху.

*Склад транспортного потоку* характеризує співвідношення в ньому транспортних засобів різного типу.

Існує класифікація, згідно з якою транспортний потік ділиться на три типи:

а) вантажний – понад 60% вантажних;

б) легковий – понад 60% легкових;

в) змішаний – від 40% до 60% вантажних.

Склад потоку визначається питомою вагою різних типів транспортних засобів. Різні типи транспортних засобів мають

різні динамічні характеристики й габаритні параметри. Тому вони мають різний вплив на параметри руху транспортного потоку.

Для порівняння різних типів транспортних засобів здійснюють їх приведення до умовного однорідного потоку, що складається з легкових автомобілів. Для цього використовуються коефіцієнти приведення різних типів транспортних засобів до легкового автомобіля.

Для легкових автомобілів коефіцієнт приведення приймають рівним 1,0, для автобусів – 2,5, для автопоїздів – 3,5 і т.д. За допомогою коефіцієнтів приведення розраховують інтенсивність руху в приведених одиницях.

Варто відмітити, що склад транспортного потоку й коефіцієнти приведення $K_n$, є величинами випадковими, що змінюються у просторі і в часі. У літературі не наводять даних про розподіл складу потоку, подібно інтенсивності руху. У зв'язку з цим для оптимального регулювання дорожнього руху на заданій ділянці необхідно мати інформацію не тільки про зміни інтенсивності руху, але й про зміни складу потоку.

Параметри руху для різних умов руху наведені в табл. 3.2.

**Таблиця 3.2** – Параметри транспортного потоку для різних умов руху

| Характеристика потоку | Швидкість, км/год | Інтенсивність (*питома на одну смугу руху*), авт./год |
|---|---|---|
| A. Вільний | 96–60 | 1000 |
| B. Стабільний | 88–55 | 1500 |
| C. Наближений до нестабільного | 64–40 | 1800 |
| D. Нестабільний | 64–40 | 2000 |
| E. Затор | 48–30 | 2000 |

Розрахунок пропускної здатності ведеться за умови неможливості переходу на суміжну смугу при повному використанні пропускної здатності проїзної частини. У цих умовах величина $L$ визначається за формулою:

$$L = t_p \cdot V + (l_г'' - l_г') + l_б + l_a, \quad (3.2)$$

де $t_p$ – час реакції водія від початку гальмування переднього автомобіля до початку гальмування заднього автомобіля, $t_p$ = 0,60–0,83 с. З урахуванням часу спрацьовування гальмівної системи приймається для розрахунку $t_p$ = 1 с; $l_г'$ – гальмівний шлях переднього автомобіля, м; $l_г''$ – гальмівний шлях заднього автомобіля, м; $l_б$ – безпечна відстань між транспортними засобами, що зупинилися (приймаємо $l_б$ = 2 м); $l_a$ – довжина автомобіля (приймаємо $l_a$ = 5 м).

Якщо використовувати основне рівняння руху автомобіля для розрахунку гальмівних шляхів переднього і заднього автомобілів для горизонтальної ділянки шляху, то формула визначення теоретичної пропускної здатності однієї смуги набуває виду:

$$P = \frac{3600 \cdot V}{t_p + \frac{V^2}{2g}\left(\frac{1}{f_k} + \frac{Q_T}{Q}\varphi \pm i - \frac{1}{f_k + \varphi \pm i}\right) + l_б + l_a}, \quad (3.3)$$

де $g$ – прискорення вільного падіння, м/с$^2$; $f_k$ – коефіцієнт опору коченню, визначається залежно від типу дорожнього покриття і механічних властивостей робочої поверхні колеса; $\varphi$ – коефіцієнт зчеплення, залежить від стану дорожнього покриття, типу покриття, стану поверхні коліс; $Q_T / Q$ – відношення зчіпної ваги автомобіля до повного, рівне 0,6; $i$ – поздовжній ухил, виражений десятковим дробом і приймається із знаком (+) під час руху на підйом і з знаком (–) під час руху на спуск.

Під час визначення пропускної здатності, наприклад, для несприятливих умов руху рекомендується приймати при $V \leq 60$ км/год:

– коефіцієнт зчеплення $\varphi$ = 0,2;

– коефіцієнт опору коченню $f_k$ = 0,02.

Підставляючи у формулу вказані вище значення, отримаємо спрощену формулу для прямих горизонтальних ділянок дороги:

$$P = \frac{3600 \cdot V}{V+7+0{,}13V^2}. \quad (3.4)$$

За умови, коли швидкість перевищує 60 км/год, необхідно враховувати стан поверхні проїзної частини, що забезпечує коефіцієнт зчеплення $\varphi$ = 0,3.

За умови коли $V$ > 60 км/год $\varphi$ = 0,3, $f_k$ = 0,02) пропускну здатність розраховуємо за формулою:

$$P = \frac{3600 \cdot V}{V+7+0{,}10V^2}. \quad (3.5)$$

Пропускна здатність багатосмугової проїзної частини $P_б$, визначається з урахуванням розподілу транспортних засобів по смугах.

Для змішаного або однорідного потоку пропускна здатність $P_б$ визначається за формулою:

$$P_б = P \cdot \gamma \cdot \alpha, \quad (3.6)$$

де $\gamma$ – коефіцієнт багатосмуговості, приймаємо залежно від кількості смуг руху в одному напрямі ($n$): $n$ = 1, $\gamma$ = 1,0; $n$ = 2, $\gamma$ = 1,9; $n$ = 3, $\gamma$ = 2,7; $n$ = 4, $\gamma$ = 3,5; $\alpha$ – коефіцієнт, що враховує зниження пропускної здатності за рахунок світлофорного регулювання.

Коефіцієнт $\alpha$, що враховує зниження пропускної здатності через світлофорне регулювання визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{L_n}{L_n + \frac{V^2}{2}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right) + \Delta t \cdot V}, \quad (3.7)$$

де $L_n$ – відстань між перехрестями, м; $a$ – прискорення під час розгону ($a$ = 1,0 м/с$^2$); $b$ – сповільнення під час гальмування ($b$ = 1,5 м/с$^2$); $\Delta t$ – середня затримка автомобілів перед світлофором, с.

Середня затримка автомобілів перед світлофором, визначається за формулою:

$$\Delta t = \frac{T_ц - t_з}{2}, \quad (3.8)$$

де $T_ц$ – тривалість циклу регулювання, с; $t_з$ – тривалість зеленої фази, с.

Для магістралей швидкісного і безперервного руху коефіцієнт $\alpha = 1$.

Якщо передбачена спеціалізація смуг за видами транспорту, тоді пропускна здатність і рівень завантаження розраховується роздільно для смуг руху, призначених для кожного виду транспортних засобів.

Пропускна здатність всієї проїзної частини магістралі визначається підсумовуванням пропускної здатності смуг, виділених для кожного виду транспорту ($\Sigma P_i$). Для попередніх розрахунків пропускну здатність однієї смуги проїзної частини вулиць і доріг допускається приймати за рекомендаціями (табл. 3.3).

**Таблиця 3.3** – Пропускна здатність однієї смуги руху проїзної частини

| Транспортні засоби | Інтенсивність руху в приведених одиницях за 1 год | | |
|---|---|---|---|
| | для перетинів на різних рівнях | | для перетину на одному рівні |
| | на швидкісних дорогах | на магістральних вулицях безперервного руху | |
| Легкові автомобілі | 1200–1500 | 1000–1200 | 600–700 |
| Вантажні автомобілі | 600–800 | 500–650 | 300–400 |
| Автобуси | 200–300 | 150–250 | 100–150 |
| Тролейбуси | – | 110–130 | 70–90 |

## Завдання

1. Визначити на досліджуваній ділянці вулиці (дороги) (рис. 3.1) існуючу інтенсивність руху $N_i$ (авт./год) в приведених одиницях в годину «пік».

2. Визначити теоретичну пропускну здатність $P$ (авт./год) однієї смуги руху.

3. Розрахувати вплив світлофорного регулювання $\alpha$ на зниження пропускної здатності вулиці (дороги).

4. Розрахувати пропускну здатність $P_б$ (авт./год) багатосмугової проїзної частини.

5. Встановити рівень завантаження $Z$ пропускної здатності досліджуваної вулиці (дороги).

6. За результатами розрахунків пропускної здатності вулиці (дороги) і рівня її завантаження зробити висновок та запропонувати заходи щодо їх покращення.

7. Здійснити розрахунок ширина проїзної частини для досліджуваної ділянки на перспективу. Розрахунковий термін – 20 років.

## Послідовність виконання завдання

Пропускну здатність вулиці (дороги) і рівня її завантаження визначити відповідно до індивідуального завдання (дод. Е, табл. Е.1).

Варіант індивідуального завдання вибираємо згідно з порядковим номером у списку (дод. Е).

1. Визначити на досліджуваній ділянці вулиці (дороги) існуючу інтенсивність руху $N_i$ (авт./год) в приведених одиницях в годину «пік» за формулою (3.9):

$$N_{iсн} = \sum N_i \cdot K_{npi}, \qquad (3.9)$$

де $N_i$ – інтенсивність руху $i$-ого виду транспортного засобу у потоці (дод. Е, табл. Е.1), авт./год; $K_{npi}$ – коефіцієнт приведення $i$-ого виду транспортного засобу, (дод. Е, табл. Е.2).

2. Визначити теоретичну пропускну здатність $P$ (авт./год) однієї смуги руху за формулою (3.4).

3. Розрахувати вплив світлофорного регулювання $\alpha$ на зниження пропускної здатності вулиці (дороги) за формулою (3.7).

Визначити затримку автомобілів перед світлофором $\Delta t$ за формулою (3.8).

4. Визначити пропускну здатність $P_б$ (авт./год) багатосмугової проїзної частини за формулою (3.6).

5. Визначити рівень завантаження $Z$ пропускної здатності вулиці (дороги) за формулою (3.10).

$$Z = \frac{N_{існ}}{P_б}, \quad (3.10)$$

де $N_{існ}$ – існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях в годину «пік», авт./год; $P_б$ – пропускна здатність багатосмугової проїзної частини, авт./год.

За отриманим значенням $Z$ зробити висновок про ступінь насичення потоку.

**Примітка 1**

Для рівня завантаження $Z$ = 0,3–0,45 спостерігається найстійкіший за характеристиками руху стан потоку. Зміна смуг руху практично не обмежена. Для рівня завантаження $Z$ = 0,8 спостерігається граничне насичення потоку, рух потоку нестійкий, постійно утворюються затори, зміна смуг ускладнена, середня швидкість дорівнює 10–12 км/год, зростають транспортні витрати, а експлуатація вулиць за такого рівня завантаження недоцільна.

За рівня завантаження $Z$ = 0,8 пропускна здатність вулиць практично вичерпана.

За умови коли $Z$ > 0,8, пропускна здатність вважається вичерпаною.

Чим ближче значення $Z$ до 1, тим вища щільність транспортного потоку, нижча швидкість, складніші умови руху.

При $Z$ = 1 утворюється затор руху.

**ВИСНОВОК** (зробити висновок).

7. Розрахувати ширину проїзної частини для досліджуваної ділянки на перспективу. Розрахунковий термін – 20 років.

За відсутності даних про перспективну інтенсивність для магістралей $N_{роз}$, що реконструюється, може бути визначена на

основі існуючої інтенсивності $N_{існ}$ з урахуванням тенденції збільшення рівня автомобілізації за формулою (3.11):

$$N_{роз} = N_{існ}(1+q)^t, \quad (3.11)$$

де $N_{існ}$ – існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях в годину «пік», авт./год; $q$ – коефіцієнт щорічного приросту інтенсивності руху (в середньому у містах щорічний приріст руху становить 3–5 %, тобто $q$ = 0,03–0,05); $t$ – розрахунковий термін прогнозування, $t$ = 20.

**Примітка 2**

ВДМ міста проєктують на перспективну інтенсивність руху. Віддаленість цієї перспективи визначається стадійністю проєктування. Під час розробки генплану міста розрахунковий термін приймають не меншим 20 років, комплексна транспортна схема визначає напрям розвитку міста на 10–15 років. У випадку робочого проєктування використовують дані перспективної інтенсивності 5–20-річної віддаленості. Дороги міських вулиць розраховують на рух, який очікується до кінця терміну або до чергового капітального ремонту.

Швидкість транспортного потоку на перспективу приймаємо $V$ = 0,8·80 = 64 км/год = 17,8 м/с.

8. Визначити теоретичну пропускну здатність $P$ однієї смуги руху на перспективу за формулою (3.4).

9. Врахувати вплив світлофорного регулювання на пропускну здатність вулиці за формулою (3.7).

10. Визначити орієнтовну кількість смуг руху $n$ за формулою (3.12):

$$n = \frac{N_{роз}}{P \cdot \alpha \cdot Z}, \quad (3.12)$$

де $N_{роз}$ – максимальна годинна інтенсивність руху на розрахунковий термін в одному напрямку в приведених одиницях авт./год; $P$ – теоретична пропускна здатність однієї смуги руху; $\alpha$ – коефіцієнт зниження пропускної здатності через світлофорне регулювання; $Z$ – рекомендований рівень завантаження магістралі, $Z$ = 0,8.

**Примітка 3**

Розрахунки для найбільших міст показують, що економічно доцільною для 10-річної віддаленості прогнозу є перспективна інтенсивність руху не більше $Z$ = 0,5, для 20-річної віддаленості – не більше $Z$ = 0,8 від пропускної здатності. Ці рівні завантаження рухом ($Z$) рекомендується приймати за розрахункові під час проєктування міських вулиць і доріг.

11. Перевірити достатність прийнятої кількості смуг руху з урахуванням коефіцієнта багатосмуговості за формулою (3.13):

$$N_{роз} \Leftarrow P \cdot \alpha \cdot Z \cdot \gamma, \qquad (3.13)$$

де $\alpha$ – коефіцієнт, що враховує зниження пропускної здатності за рахунок світлофорного регулювання; $\gamma$ – коефіцієнт багатосмуговості, приймають залежно від кількості смуг руху в одному напрямку $n$ (дод. Е, табл. Е.2): $n$ = 1, $\gamma$ = 1,0; $n$ = 2, $\gamma$ = 1,9; $n$ = 3, $\gamma$ = 2,7; $n$ = 4, $\gamma$ = 3,5.

**Примітка 4**

У випадку невиконання умови (3.13) необхідно збільшити заздалегідь прийняту кількість смуг на одну. Їх порівнюють з найменшим числом смуг, що рекомендуються залежно від класу магістралі (табл. Е.3).

За результатами розрахунків пропускної здатності магістралі і рівня її завантаження зробити висновок та запропонувати заходи щодо їх покращення.

12. З урахуванням прийнятої кількості смуг руху в одному напрямку, визначити загальну ширину проїзної частини $B$, м, за формулою (3.14):

$$B = 2b_n \cdot n + 2d, \qquad (3.14)$$

де $b_n$ – нормативна ширина однієї смуги руху (приймається з табл. Е.3, дод. Е), м.; $n$ – кількість смуг руху в одному напрямі; $d$ – ширина запобіжної смуги між проїзною частиною і бордюрним каменем, м.

**Примітка 5**

Ширина запобіжних смуг приймається на магістральних дорогах швидкісного руху рівною 1,0 м, на магістральних вулицях безперервного руху – 0,75 м і на загальноміських магістральних вулицях регульованого руху – 0,5 м з обох боків проїзних частин для кожного напряму руху, а також з обох боків центральної розділової смуги, якщо вона має бордюрний камінь.

Значення величин $b_n$ приймають відповідно до класу магістралі.

## Приклад виконання завдання

### Вихідні дані

*Варіант завдання* – 0.

*Клас вулиці* – магістральна міського значення регульованого руху.

*Режим регулювання*:

– тривалість циклу регулювання, $T_ц$ = 60 с;

– тривалість зеленої фази, $t_з$ = 27 с;

– тривалість жовтої фази $t_ж$ = 3 с;

– тривалість червоної фази $t_ч$ = 27 с;

*Прискорення під час розгону* – $a$ = 1 м/с$^2$.

*Уповільнення під час гальмування* – $b$ = 1,5 м/с$^2$.

*Швидкість транспортного потоку* – $V$ = 60 км/год = 16,7 м/с.

*Відстань між регульованими перехрестями* – $L_n$ = 600 м.

*Кількість смуг руху в одному напрямку* – $n$ = 2.

*Існуюча інтенсивність руху в годину* «*пік*» ($N_i$):

– легкові автомобілі – 450 авт./год;

– вантажні автомобілі ($g_н$<4т) – 80 авт./год;

– вантажні автомобілі ($g_н$ = 4-8т) – 5 авт./год;

– автобуси – 40 авт./год;

– тролейбуси – 20 авт./год.

1. Визначаємо існуючу інтенсивність руху $N_i$ (авт./год) в приведених одиницях в годину «пік» за формулою (3.9):

$$N_{існ} = \sum N_i \cdot K_{npi},$$

де $N_i$ – інтенсивність руху $i$-ого виду транспортного засобу у потоці, авт./год; $K_{npi}$ – коефіцієнт приведення $i$-ого виду транспортного засобу до легкового автомобіля.

$$N_{існ} = (450 \cdot 1) + (80 \cdot 2) + (5 \cdot 2{,}5) + (40 \cdot 2{,}5) + (20 \cdot 3) = 782{,}5 \text{ авт/год}.$$

2. Визначаємо теоретичну пропускну здатність $P$ (авт./год) однієї смуги руху за формулою (3.4):

$$P_m = \frac{3600 \cdot V}{V + 7 + 0{,}13V^2},$$

де $V$ = 60 км/год = 16,7 м/с швидкість транспортного потоку.

$$P_m = \frac{3600 \cdot 16{,}7}{16{,}7 + 7 + 0{,}13 \cdot 16{,}7^2} = 1002 \text{ авт/год}.$$

3. Визначаємо вплив світлофорного регулювання $\alpha$ на зниження пропускної здатності вулиці за формулою (3.7):

$$\alpha = \frac{L_n}{L_n + \frac{V^2}{2}\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right) + \Delta t \cdot V},$$

де $L_n$ – відстань між регульованими перехрестями, $L_n$ = 600 м; $a$ – прискорення під час розгону, $a$ = 1 м/с$^2$; $b$ – уповільнення під час гальмування, $b$ = 1,5 м/с$^2$; $\Delta t$ – середня затримка автомобілів перед світлофором, с.

Середню затримку автомобілів перед світлофором $\Delta t$ визначаємо за формулою (3.8):

$$\Delta t = \frac{T_ц - t_з}{2},$$

де $T_ц$ – тривалість повного циклу регулювання, $T_ц$ = 60 с.; $t_з$ – тривалість зеленої фази, $t_з$ = 27 с.

$$\Delta t = \frac{60 - 27}{2} = 16{,}5 \text{ с}.$$

Тоді

$$\alpha = \frac{600}{600 + \frac{16{,}7^2}{2}\left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1{,}5}\right) + 16{,}5 \cdot 16{,}7} = 0{,}54 \text{ с}.$$

4. Визначаємо пропускну здатність $P_б$ (авт/год) багатосмугової проїзної частини за формулою (3.6):

$$P_б = P \cdot \gamma \cdot \alpha,$$

де $P$ – теоретичну пропускна здатність однієї смуги руху; $\gamma$ – коефіцієнт багатосмуговості, приймаємо залежно від числа смуг руху в одному напрямі $n$: $n$ = 1, $\gamma$ = 1,0; $n$ = 2, $\gamma$ = 1,9; $n$ = 3, $\gamma$ = 2,7; $n$ = 4, $\gamma$ = 3,5; $\alpha$ – коефіцієнт, що враховує зниження пропускної здатності через світлофорне регулювання.

$$P_б = 1002 \cdot 1{,}9 \cdot 0{,}54 = 1028 \text{ авт.}$$

5. Визначаємо ступінь використання пропускної здатності вулиці (дороги), яка характеризується відношенням інтенсивності потоку ($N_{існ}$) до пропускної здатності проїзної частини ($P_б$) за формулою:

$$Z = \frac{N_{існ}}{P_б},$$

де $N_{існ}$ – існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях в годину «пік», $N_{існ}$ = 783 авт/год; $P_б$ – пропускна здатність багатосмугової проїзної частини, $P_б$ = 1028 авт/год.

$$Z = \frac{783}{1028} = 0{,}76.$$

**ВИСНОВОК.** *За результатами розрахунків рівень завантаження дороги становить Z = 0,76, що свідчить про наближення транспортного потоку до граничного рівня насичення. За таких умов рух є нестійким, можливі періодичні затримки, зниження швидкості та ускладнення маневрування транспортних засобів, особливо в години «пік».*

*Отримані результати розрахунків можна відмітити, що досліджувана ділянка працює з високим рівнем завантаження і має обмежений резерв пропускної здатності. У разі подальшого зростання інтенсивності руху можливе виникнення заторів та суттєве погіршення умов руху.*

*Для покращення транспортної ситуації доцільно:*

*– оптимізувати режими світлофорного регулювання (збільшення тривалості зеленої фази);*

*– підвищити ефективність організації руху на перехрестях;*

*– розглянути можливість розширення проїзної частини або введення додаткових смуг руху;*

*– обмежити конфліктні маневри (зокрема ліві повороти).*

*Таким чином, існуючий стан організації дорожнього руху є задовільним, проте потребує вдосконалення для забезпечення стабільних умов руху на перспективу.*

7. Розраховуємо ширину проїзної частини на перспективу. Приймаємо розрахунковий термін – 20 років.

За відсутності даних про перспективну інтенсивність для магістралей $N_{роз}$, що реконструюються, приймаємо її на основі існуючої інтенсивності $N_{існ}$ з урахуванням тенденції збільшення рівня автомобілізації за формулою:

$$N_{роз} = N_{існ}(1+q)^t,$$

де $N_{існ}$ – існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях в годину «пік», $N_{існ}$ = 783 авт/год; $q$ – коефіцієнт щорічного приросту інтенсивності руху, $q$ = 0,03–0,05); $t$ – розрахунковий термін прогнозування, $t$ = 20.

$$N_{роз} = 783(1+0{,}03)^{20} = 1414 \text{ авт.}$$

Визначаємо швидкість транспортного потоку на перспективу з розрахунку:

$V$ = 0,8·80 = 64 км/год = 17,8 м/с.

9. Визначаємо теоретичну пропускну здатність $P$ однієї смуги руху на перспективу за формулою (3.4):

$$P = \frac{3600 \cdot V}{V + 7 + 0{,}13V^2},$$

де $V$ = 80 км/год = 17,8 м/с швидкість потоку.

$$P = \frac{3600 \cdot 17{,}8}{17{,}8+7+0{,}13 \cdot 17{,}8^2} = 971 \text{ авт/год.}$$

10. Визначаємо вплив світлофорного регулювання на пропускну здатність вулиці (дороги) за формулою (3.7):

$$\alpha = \frac{600}{600+\frac{17{,}8^2}{2}\left(\frac{1}{1}+\frac{1}{1{,}5}\right)+16{,}5\cdot 17{,}8} = 0{,}42 \text{ с.}$$

11. Визначаємо орієнтовну кількість смуг руху за формулою:

$$n = \frac{N_{роз}}{P \cdot \alpha \cdot Z},$$

де $N_{роз}$ – максимальна годинна інтенсивність руху на розрахунковий термін в одному напрямку в приведених одиницях, $N_{роз}$ = 1208 авт.; $P$ – теоретична пропускна здатність однієї смуги руху, $P$ = 971 авт/год.; $\alpha$ – коефіцієнт зниження пропускної здатності через світлофорне регулювання; $Z$ – рекомендований рівень завантаження магістралі, $Z$ = 8.

$$n = \frac{1218}{971 \cdot 0{,}42 \cdot 0{,}8} = 3{,}73 \text{ смуги.}$$

Приймаємо $n$ = 4 смуги.

Здійснюємо перевірку щодо достатності прийнятої кількості смуг руху з урахуванням коефіцієнта багатосмуговості за формулою (3.13):

$$N_{роз} \Leftarrow P \cdot \alpha \cdot Z \cdot \gamma,$$

де $\alpha$ – коефіцієнт, що враховує зниження пропускної здатності через світлофорне регулювання, $\alpha$ = 0,42; $\gamma$ – коефіцієнт багатосмуговості, приймають залежно від числа смуг руху в одному напрямку, оскільки $n$ = 4, відповідно $\gamma$ = 3,5.

$$1218 \Leftarrow 971 \cdot 0{,}42 \cdot 0{,}8 \cdot 3{,}5 = 1142 \text{ авт.}$$

Оскільки умова (3.13) не виконується, збільшуємо кількість смуг для досліджуваної ділянки дороги до п’яти та порівнюємо з найменшим числом смуг, що рекомендуються залежно від класу магістралі (дод. Е табл. Е.3).

**Висновок.** При отриманій розрахунковій інтенсивності необхідно мати по 5 смуг руху в кожному напрямку. Відповідно до (дод. Е, табл. Е.3) найменша кількість смуг руху

для даного класу магістралі становить 5 од. в двох напрямках, найбільше – 8 од. Приймаємо для розрахунку ширину проїзної частини по 5 смуг в кожному напрямку.

12. З урахуванням прийнятого числа смуг руху в одному напрямку визначаємо загальну ширину проїзної частини $B$, м, за формулою (3.14):

$$B = 2b_n \cdot n + 2d,$$

де $b_n$ – нормативна ширина однієї смуги руху, $b_n$ =3,5 м; (приймається з табл. Е.3, дод. Е); $n$ – кількість смуг руху в одному напрямі, $n$ = 5; $d$ – ширина запобіжної смуги між проїзною частиною і бордюрним каменем, $d$ = 0,5 м.

$$B = 2 \cdot 3{,}5 \cdot 5 + 2 \cdot 0{,}5 = 35 \text{ м}.$$

За результатами розрахунку пропускної здатності магістралі і рівня її завантаження робимо загальні висновки.

За результатами розрахунку ширину проїзної частини на перспективу, встановлено, *що через 20 років вона інтенсивність зросте до 1142 авт./год, що значно перевищує можливості існуючої проїзної частини. Встановлено, що навіть при збільшенні кількості смуг до чотирьох в одному напрямку пропускна здатність залишатиметься недостатньою, оскільки умова забезпечення необхідного рівня завантаження не виконується.*

*У зв'язку з цим обґрунтовано необхідність збільшення кількості смуг руху до п'яти в кожному напрямку. При цьому загальна ширина проїзної частини становитиме 35 м, що забезпечить відповідність перспективним транспортним навантаженням та підвищить ефективність функціонування вулиці.*

*Отже, проведений аналіз показав, що існуюча організація дорожнього руху має обмежений резерв пропускної здатності та не відповідає перспективним потребам. Для забезпечення належного рівня обслуговування транспортного потоку необхідно здійснити реконструкцію вулиці із розширенням проїзної частини, а також*

*удосконаленням організації дорожнього руху, зокрема оптимізацією світлофорного регулювання.*

*Таким чином, запропоновані заходи дозволять підвищити пропускну здатність магістралі, зменшити затримки транспортних засобів та забезпечити стабільні умови руху в довгостроковій перспективі.*

**Питання для самоперевірки та контролю знань**

1. Що розуміють під теоретичною пропускною здатністю?
2. Як коефіцієнт зчеплення впливає на пропускну здатність?
3. Як визначають практичну пропускну здатність?
4. Які існують категорії вулиць і доріг?
5. Що розуміють під динамічним габаритом транспортного засобу?
6. Що таке інтенсивність руху та в яких одиницях вона вимірюється?
7. У чому різниця між фактичною та приведеною інтенсивністю руху?
8. З якою метою здійснюється приведення транспортних засобів до умовного легкового автомобіля?
9. Що таке пропускна здатність дороги (вулиці) та від чого вона залежить?
10. Яка ділянка магістралі визначає її загальну пропускну здатність?
11. Що розуміють під динамічним габаритом транспортного засобу?
12. Які чинники впливають на величину динамічного габариту?
13. Як склад транспортного потоку впливає на пропускну здатність смуги руху?
14. Які типи транспортних потоків виділяють залежно від їх складу?

15. За якою формулою визначається теоретична пропускна здатність однієї смуги руху?

16. Які параметри враховуються при розрахунку гальмівного шляху?

17. Як впливають коефіцієнт зчеплення та коефіцієнт опору коченню на пропускну здатність?

18. У чому полягає вплив світлофорного регулювання на пропускну здатність магістралі?

19. Як визначається коефіцієнт зниження пропускної здатності α?

20. Від яких параметрів залежить середня затримка транспортних засобів перед світлофором?

21. Що таке коефіцієнт багатосмуговості $\gamma$ та як він враховується в розрахунках?

22. Як визначається рівень завантаження магістралі $Z$?

23. Яке значення $Z$ відповідає стійкому руху транспортного потоку?

24. При якому значенні $Z$ пропускна здатність вважається вичерпаною?

25. Як визначається необхідна кількість смуг руху на перспективу?

26. За якою формулою розраховується загальна ширина проїзної частини?

27. Які інженерні заходи можуть бути застосовані для підвищення пропускної здатності вулиці (дороги)?

## 3.2. Аналіз конфліктності транспортних потоків на перехрестях

**Мета роботи:** набути практичні навички з визначення ступеня небезпеки перехрестя на основі аналізу конфліктних точок транспортних і пішохідних потоків, а також навчитися розраховувати можливу кількість ДТП та оцінювати рівень безпеки руху за коефіцієнтом небезпеки.

### Теоретичні відомості

На регульованих перехрестях переважають два види ДТП: наїзд на автомобіля, що різко зупинився, й зіткнення з автомобілем, що рухався на заборонений сигнал світлофора.

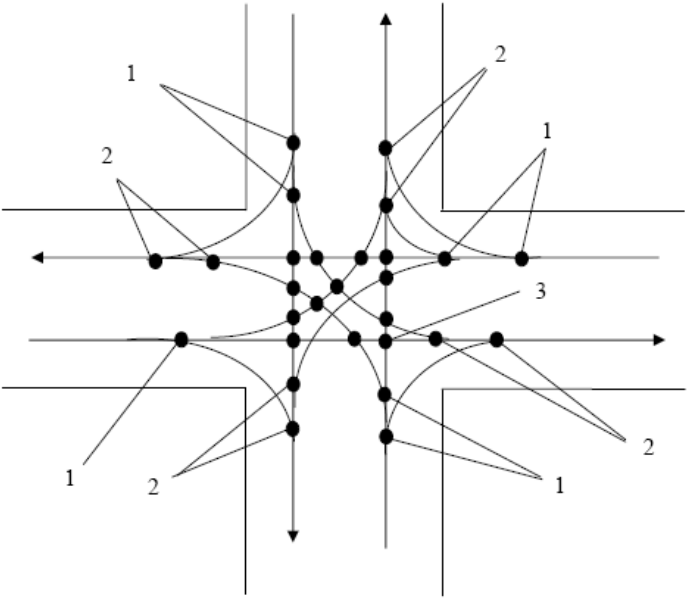
Для визначення ступеня небезпеки перехрестя зі світлофорним регулюванням спочатку необхідно виявити кількість конфліктних точок різноманітних типів у кожній фазі регулювання.

З цією метою слід зобразити схему перехрестя, вказавши на ній траєкторію дозволених маневрів і ряди руху.

***Конфліктна точка*** – це місця виникнення конфліктних ситуацій, де перетинаються, зливаються або розділяються траєкторії руху транспортних потоків.

Зони конфліктних ситуацій характеризуються збільшенням часу затримок транспортних засобів і великою імовірністю виникнення ДТП.

Розподіл транспортних потоків за різними напрямками руху спонукає зниження середньої швидкості і виникнення конфліктних ситуацій в конфліктних точках (рис. 3.3).




1, 2, 3 – конфліктні точки: 1 – відхилення; 2 – злиття; 3 – перетинання
**Рисунок 3.3** – Конфліктні точки на нерегульованому перехресті

Дослідження ДТП показали, що найбільша їх кількість відбувається в так званих конфліктних точках, тобто в місцях, де на одному рівні перетинаються траєкторії руху транспортних засобів або транспортних засобів та пішоходів, а також в місцях відхилення або злиття (поділу) транспортних потоків (табл. 3.4).

**Таблиця 3.4** – Види конфліктних точок

| Вид маневру | Схема взаємодії потоків | | | |
|---|---|---|---|---|
| Відхилення |  |  |  |  |
| Злиття |  |  |  |  |
| Перетинання |  |  |  |  |

Реальна небезпека конфліктної точки залежить від багатьох факторів, а саме:

– інтенсивності конфліктуючих потоків;

– умов видимості для водіїв;

– стану проїзної частини;

– траєкторії виконання маневру.

Основними ознаками конфліктної ситуації є:

– екстрене гальмування одного або декількох автомобілів;

– різке прискорення або уповільнення руху пішохода (пішоходів) під час переходу вулиці внаслідок загрози наїзду на нього.

Найчастіше така взаємодія учасників дорожнього руху виникає на перехрестях доріг, де зустрічаються потоки різних напрямків (рис. 3.3).

Разом з тим, частина конфліктів відбувається і на перегонах доріг під час маневрування та переходу проїзної частини пішоходами поза перехрестями. Таким чином, виникає можливість оцінювати потенційну небезпеку тих чи інших ділянок ВДМ за кількістю конфліктних точок. Їх аналіз дозволяє також порівнювати між собою різні варіанти схем організації дорожнього руху.

Для порівняльної оцінки складності і потенційної небезпеки перетинів застосовують різні підходи.

Оцінка складності перехрестя за п'ятибальною системою заснована на розрахунку показника складності й визначається за формулою:

$$m = \sum n_в + 3\sum n_з + 5\sum n_п, \qquad (3.15)$$

де $n_в$, $n_з$, $n_п$ – відповідно кількість конфліктних точок відхилення, злиття, перетинання.

При цьому відхилення оцінюють 1 балом, злиття – 3-а і перетинання – 5-а.

Якщо $m < 40$, то вузол вважається простим; якщо $40 < m < 80$ – вузол середньої складності; якщо $80 < m < 150$ – вузол складний, а за $m > 150$ – дуже складний.

Взаємодія транспортних засобів на дорогах є складним явищем. Спрощені оцінки конфліктних ситуацій не дозволяють визначати небезпеки перетину з врахуванням інтенсивностей руху. Більш точною для оцінки складності перехресть можна вважати формулу:

$$m = \sum n_в \cdot \sigma_{Nв} + 3\sum n_з \cdot \sigma_{Nз} + 5\sum n_п \cdot \sigma_{Nп}, \qquad (3.16)$$

де $\sigma_{Nв}$, $\sigma_{Nз}$, $\sigma_{Nп}$ – коефіцієнти, що враховують вплив інтенсивності транспортних потоків в конфліктних точках, відповідно відхилення, злиття, перетинання.

$$\sigma_N = K\sum_{i=1}^{i=n}\sum_{j=1}^{j=m} M_i M_j , \qquad (3.17)$$

де $K$ – коефіцієнт пропорційності; $M_i$ – інтенсивність $i$-го конфліктуючого напряму; $M_j$ – інтенсивність $j$-го конфліктуючого напряму.

За формулою (3.16) можна оцінити складність перехрестя з урахуванням інтенсивності руху. За цих умов імовірність зіткнень транспортних засобів під час маневрів пропорційна інтенсивності руху взаємодіючих транспортних потоків.

На реальному нерегульованому перехресті число конфліктних точок визначають з урахуванням числа смуг руху у кожному напрямку і дозволених напрямків руху, тобто число конфліктних точок збільшується зі збільшенням числа смуг.

Якщо перехрестя складне чи дуже складне і небезпечне чи дуже небезпечне, необхідно передбачити заходи щодо підвищення безпеки руху, запропонувавши наступні заходи: встановити дорожні знаки і світлофори, нанести додаткову дорожню розмітку, передбачити односторонній рух чи перетинання на різних рівнях (якщо це можливо).

Безпека руху на транспортних розв’язках залежить від схеми руху транспортних потоків. Небезпеку для руху представляють зони, де можливі конфлікти між транспортними потоками. На транспортних розв’язках є два типи таких зон – розділення потоків і злиття.

Найнебезпечнішими є конфліктні точки розділення потоків. Різниця в швидкостях руху прямого і повертаючого потоків досить значна, тому що повертаючі автомобілі починають зниження швидкостей руху ще в основному потоці. Якщо це зниження перевищує 20% від швидкості руху основного потоку, то рух стає небезпечним. Практика показує, що перехідно-швидкісні смуги знижують небезпеку конфліктних точок розділення потоків в 1,5–2,0 рази.

Небезпека точок злиття викликана різницею швидкостей прямого і повертаючого потоків. Проте питання пріоритетності руху в цих конфліктних точках вирішене чітко і однозначно – перевагу проїзду мають транспортні засоби, що рухаються в прямому напрямі. Тому виїзд повертаючого автомобіля практично не буває несподіваним. Водій основного напряму майже завжди має можливість уникнути наїзду на автомобіль, що вливається. До винятків можна віднести: підвищення слизькості проїзної частини в певні періоди року, грубі порушення правил дорожнього руху водіями повертаючих автомобілів і неуважність водіїв основного напряму.

Безпека руху в прямому напрямі на транспортних розв'язках залежить від швидкості руху. Якщо зниження швидкості викликане плануванням розв'язки і не перевищує 20%, то умови руху в прямому напрямі в зоні транспортної розв'язки безпечні. Це положення розповсюджується на смуги рухи, не пов'язані з входом і виходом повертаючих потоків.

Ступінь небезпеки перетинання оцінюють показником безпеки руху $k_a$. Він характеризує очікувану кількість ДТП на 10 млн автомобілів, які перетнули переріз дороги:

$$k_a = \frac{10^7 M \cdot k_p}{25(N_г + N_д)}, \qquad (3.18)$$

де $M$ – ймовірна кількість ДТП на перетинанні за один рік; $k_p$ – коефіцієнт річної нерівномірності руху; $N_г$ – сумарна інтенсивність транспортного потоку на головній дорозі,

авт./доб.; $N_д$ – сумарна інтенсивність транспортного потоку на другорядній дорозі, авт./доб..

Ймовірна кількість ДТП на перетинанні за один рік визначається за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^{n} T_i \,, \tag{3.19}$$

де $n$ – число конфліктних точок на перетинанні, $T_i$ – ступінь небезпеки кожної конфліктної точки.

Ступінь небезпеки кожної конфліктної точки залежить від інтенсивності руху транспортних потоків:

$$T_i = k_i(N_1^{'} + N_2^{''})k_p 10^{-7}, \tag{3.20}$$

де $N_1^{'}$, $N_2^{''}$ – інтенсивність руху транспортних потоків, що перетинаються, авт./доб. у конфліктній точці; $k_i$ – відносна аварійність конфліктних точок на перехрестях; $k_p$ – коефіцієнт річної нерівномірності руху.

Безпечним перехрестя вважається, якщо $T_i$ < 3; мало безпечним – за умови $T_i$ = 3,1–8,0; небезпечним – $T_i$ = 8,1–12; дуже небезпечним – $T_i$ > 12.

За показником $T_i$ (3.20) оцінюється складність перехрестя. Однак така оцінка не враховує інтенсивності транспортних потоків, що досить важливо. Тому вводять показник – індекс інтенсивності $\delta$, який розраховується за формулою:

$$\delta = 0{,}01(N_1 + N_2), \tag{3.21}$$

де $N_1$ і $N_2$ – інтенсивності потоків, що конфліктують.

Але навіть за такого підходу, якщо одна з інтенсивностей дорівнює нулю, то запропонована методика залишає ступінь конфлікту, хоча в реальності конфліктної ситуації не існує.

Один з методів удосконалення методики конфліктних точок базується на використанні модифікованого показника конфліктного завантаження, який розраховується за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^{n} N_i^{дp} P_i \,, \tag{3.22}$$

де $N_i^{дp}$ – інтенсивність транспортних засобів на *i*-ому другорядному напрямку, авт./год; $P_i$ – імовірність наявності перешкод у будь-який момент часу для руху транспортних засобів в *i*-ому другорядному напрямі; *n* – загальна кількість другорядних напрямів на перехресті.

В загальному випадку транспортні засоби, які проходять перехрестя в *i*-ому другорядному напрямі мають декілька конфліктних точок, де потік, який конфліктує, є пріоритетом.

Ймовірність $P_i$ наявності перешкод у будь-який момент часу для руху транспортних засобів в *i*-ому другорядному напрямку визначається за формулою:

$$P_i = 1 - \prod_{j=1}^{m_i} q_j \left( N_j^{гол}, t_j^{дp} \right), \tag{3.23}$$

де $m_i$ – кількість зазначених конфліктних точок; $q_j\left(N_j^{гол}, t_j^{дp}\right)$ – ймовірність того, що будь-який інтервал між транспортними засобами в потоці з інтенсивністю $N_j^{гол}$ на головному напрямі не менший від граничного значення інтервалу, який придатний для здійснення відповідного маневру транспортного засобу з другорядного напряму $t_j^{дp}$.

Таким чином розраховується сумарний показник конфліктного завантаження, що дозволяє зробити певний висновок про потенційну конфліктність перехрестя.

Варто відмітити, що рішення про заборону окремих напрямів повинно прийматись, виходячи з вимоги зниження показника *M* до придатного рівня. Однак, яким чином знижувати показник *M*, і який рівень вважається придатним не зазначається. Така оцінка складності перехрестя, яка враховує тільки характеристики транспортного потоку не дає повної картини для вибору керуючих впливів, тому що

перехрестя – складна система, що характеризується не тільки процесом руху, а також багатьма іншими факторами: дорожні умови, існуюча забудова, видимість, схема ОДР та ін.

Для оцінки ступеня небезпеки кожної конфліктної точки доцільно врахувати пішохідні потоки за допомогою введення кількох показників відносної небезпеки $K_i$:

$$K_1 = \frac{M\sum_{i=0}^{n} R_i k_i}{A\sum_{j=0}^{m} N_j l_j}; \tag{3.24}$$

$$K_2 = \frac{M\sum_{i=0}^{n} R_i k_i}{N_j l_j}; \tag{3.25}$$

$$K_3 = \frac{M\sum_{i=0}^{n} R_i k_i}{U l_j}, \tag{3.26}$$

де $K_i$ – показники відносної небезпеки; $R_i$ – кількість ДТП за окремими групами в рік; $k_i$ – важкість ДТП окремих груп; $N_i$ – обсяги руху транспорту, авт./год; $l_i$ – довжина вулиць, які проходять по району; $A$ – кількість мешканців району, тис.; $M$ – множник для приведення відносного показника до зручного виду; $U$ – кількість порушників на 100 м вулиці, люд./год.

Вище приведені показники відносної небезпеки $K_i$ дозволяють оцінити ступінь потенційної небезпеки в районі міста з урахуванням пішохідного руху. Цей метод вимагає проведення значного обсягу статистичних досліджень, і крім того величини, які є вихідними даними, мають тенденцію дуже швидко змінюватися (наприклад, кількість мешканців району), що призводить до частого повторення розрахунку показника $K_i$.

Варто зазначити, що частіше виникає завдання визначення потенційної небезпеки конкретного перехрестя, що робить не досить зручним використання цього методу.

Аналіз конфліктних точок виконують з метою оцінки і прогнозування аварійності на перехрестях.

## Завдання

1. Визначити ступінь небезпеки $g_i$ кожної $i$-ої конфліктної точки регульованого (досліджуваного) перехрестя.
2. Визначити число $g_H$ наїздів на автомобілі під час підходу до стоп-лінії.
3. Розрахувати можливу кількість ДТП $G_p$ на перехресті за рік без врахування ДТП із пішоходами.
4. Розрахувати можливу кількість ДТП $G_П$ із пішоходами на перехресті за рік.
5. Визначити ступінь небезпечності досліджуваного перехрестя за коефіцієнтом небезпеки $K_a$.

## Послідовність виконання завдання

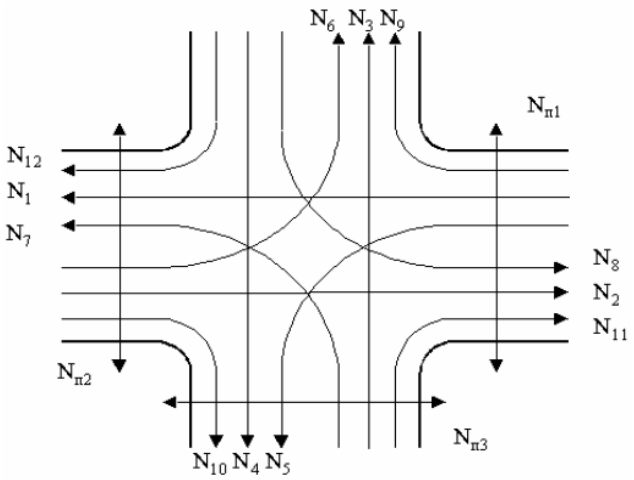



**Рисунок 3.4** – Схема досліджуваного перехрестя

Аналіз конфліктності транспортних потоків на перехресті провести згідно з індивідуальним завданням (дод. Ж, табл. Ж.1, Ж.2, рис. 3.4).

Варіант завдання вибирається згідно з порядковим номером у списку.

1. Зобразити схему досліджуваного перехрестя вказавши на ній траєкторію дозволених маневрів і смуг руху. Для досліджуваного перехрестя визначити кількість конфліктних точок у кожній фазі регулювання.

2. Розрахувати ступінь небезпеки $g_i$ кожної $i$-ої конфліктної точки регульованого (досліджуваного) перехрестя за формулою (3.27):

$$g_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot 10^{-2}, \quad (3.27)$$

де $K_i$ – відносна аварійність (небезпека) конфліктної точки, ДТП/$10^6$ авт., (дод. Ж, табл. Ж.4); $M_i$, $N_i$ – інтенсивності потоків, що перетинаються у конфліктній точці, авт./год.

**Примітка 1.** Приймаємо інтенсивність транспортних потоків в межах досліджуваного перехрестя: лівоповоротних 30 % та правоповоротних 40 % від загальної кількості руху транспортних засобів.

3. Визначити можливе число наїздів на автомобілі під час підходу до стоп-лінії за формулою (3.28):

$$g_H = K_H(M_{tcym} + N_{tcym})10^{-2}, \quad (3.28)$$

де $K_H$ = 0,012425 – небезпека наїздів біля стоп-лінії, ДТП /$10^6$ авт.; $M_{tcym}$, $N_{tcym}$ – сумарні годинні інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті, авт./год.

4. Розрахувати можливу кількість ДТП $G_p$ на перехресті за рік без врахування ДТП із пішоходами за формулою (3.29):

$$G_p = -0{,}468 + g_H + \sum_{i=1}^{n} g_i, \quad (3.29)$$

де $n$ – кількість точок, де конфліктують транспортні потоки; $g_i$ – ступінь небезпеки кожної $i$-ої конфліктної точки.

Сумарна небезпека на перехресті визначається, як сума ступеня небезпеки $g_i$ кожної $i$-ої конфліктної точки регульованого (досліджуваного) перехрестя.

5. Розрахувати можливу кількість ДТП $G_П$ із пішоходами на перехресті за рік за формулою (3.30):

$$G_П = 0{,}0025 + 0{,}00092 \sum_{i=1}^{k} \left( N_{Ti} \sqrt[4]{N_{Пi}} \right), \qquad (3.30)$$

де $N_{Ti}$ – годинна інтенсивність руху транспортних потоків у конфліктній точці пішохідного переходу, авт./год.; $N_{Пi}$ – годинна інтенсивність руху пішоходів у конфліктній точці пішохідного переходу, піш./год.; $k$ – кількість точок, де конфліктують транспортні та пішохідні потоки.

Розрахувати загальну кількість ДТП за участі транспортних засобів та пішоходів на перехресті за рік за формулою (3.31):

$$G = G_p + G_П. \qquad (3.31)$$

6. Визначити ступінь небезпечності $K_a$, яким оцінюють рівень забезпечення безпеки руху на перехресті за формулою (3.32):

$$K_a = \frac{G \cdot K_p \cdot 10^7}{25(M'_{сум} + N'_{сум})}, \qquad (3.32)$$

де $M'_{сум}$, $N'_{сум}$ – добові інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті, авт./доб; $K_p$ – коефіцієнт річної нерівномірності інтенсивності руху, $K_p$ = 0,1.

Добові інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті $M'_{сум}$, $N'_{сум}$ з урахуванням коефіцієнта $k_н$ добової нерівномірності руху впродовж доби (приймаємо $k_н$ = 0,1) визначаємо за формулами (3.33)-(3.34):

$$M'_{сум} = \frac{M_{tсум}}{k_H}; \qquad (3.33)$$

$$N'_{сум} = \frac{N_{tсум}}{k_H}. \qquad (3.34)$$

7. За результатами розрахунків зробити висновки про небезпеку перехрестя за значенням коефіцієнта $K_a$.

**Примітка 2.** Якщо $K_a \leq 3$, то перехрестя не небезпечне; якщо $3 < K_a \leq 8$ – перехрестя мало небезпечне; якщо $8 < K_a \leq$

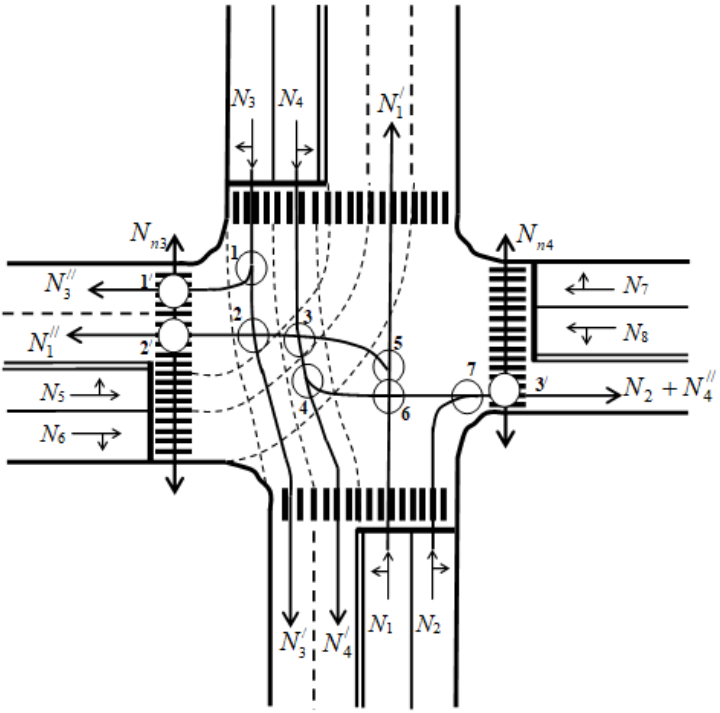
12 – перехрестя небезпечне; якщо $K_a$ > 12 – перехрестя дуже небезпечне.

## ПРИКЛАД розрахунку завдання

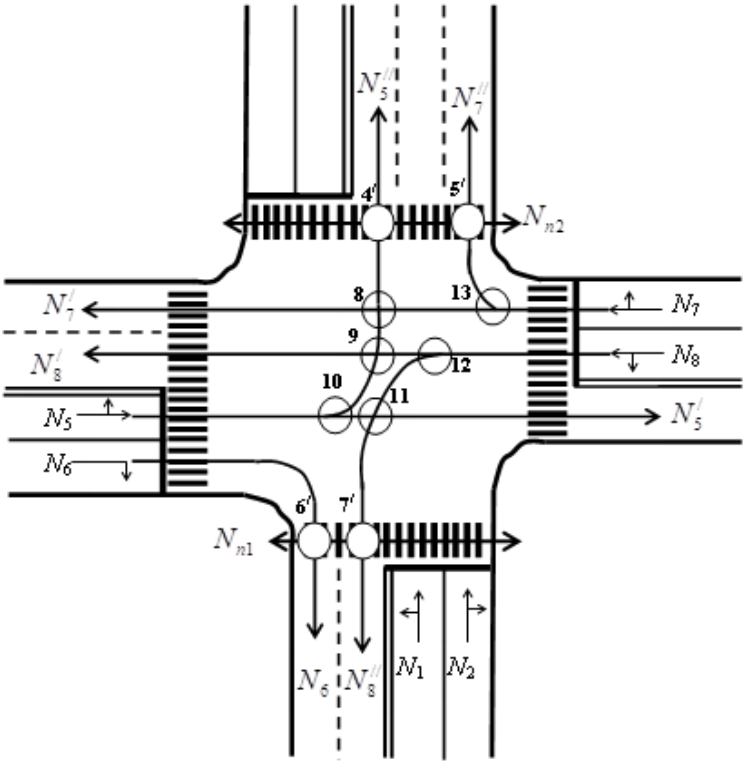
### Вихідні дані

Варіант завдання 0.

1. Зображаємо схему досліджуваного перехрестя із нанесенням траєкторій та дозволених напрямків руху по смугах.




*а*)




*б*)

**Рисунок 3.5** – Схема руху транспортних і пішохідних потоків у першій (*а*) та другій (*б*) фазі регулювання.

На досліджуваному перехресті визначено 13 конфліктних точок у двох фазах регулювання.

Інтенсивність пішохідних потоків на перехресті, $N_{n1}$, піш./год.:

$N_{n1}$ = 720 піш./год;

$N_{n2}$ = 850 піш./год;

$N_{n3}$ = 650 піш./год;

$N_{n4}$ = 770 піш./год.

Інтенсивність транспортних потоків на перехресті, авт./год.:

$N_1$ = 720 авт./год; $N_1^{'}$ = 504 авт./год; $N_1^{''}$ = 216 авт./год;
$N_2$ = 80 авт./год;
$N_3$ = 560 авт./год; $N_3^{'}$ = 330 авт./год; $N_3^{''}$ = 230 авт./год;
$N_4$ = 830 авт./год; $N_4^{'}$ = 581 авт./год; $N_4^{''}$ = 249 авт./год;
$N_5$ = 780 авт./год; $N_5^{'}$ = 546 авт./год; $N_5^{''}$ = 234 авт./год;
$N_6$ = 60 авт./год;
$N_7$ = 150 авт./год; $N_7^{'}$ = 90 авт./год; $N_7^{''}$ = 60 авт./год;
$N_8$ = 170 авт./год; $N_8^{'}$ = 119 авт./год; $N_8^{''}$ = 51 авт./год.

2. Розраховуємо ступінь небезпеки $g_i$ кожної *i*-ої конфліктної точки регульованого (досліджуваного) перехрестя для першої фази регулювання (рис. 3.5 *а*) за формулою (3.27):

$$g_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot 10^{-2},$$

де $K_i$ – відносна аварійність (небезпека) конфліктної точки, ДТП/$10^6$ авт., (дод. Ж, табл. Ж.4); $M_i$, $N_i$ – інтенсивності потоків, що пересікаються у даній точці, авт./год.

$$g_1 = K_i \cdot N_3^{'} \cdot N_3^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}0001 \cdot 330 \cdot 230 \cdot 0{,}01 = 0{,}076;$$
$$g_2 = K_i \cdot N_3^{'} \cdot N_1^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}000102 \cdot 330 \cdot 216 \cdot 0{,}01 = 0{,}073;$$
$$g_3 = K_i \cdot N_4 \cdot N_1^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}0001 \cdot 830 \cdot 216 \cdot 0{,}01 = 0{,}179;$$
$$g_4 = K_i \cdot N_4^{'} \cdot N"_4 \cdot 10^{-2} = 0{,}0001 \cdot 581 \cdot 249 \cdot 0{,}01 = 0{,}14;$$
$$g_5 = K_i \cdot N_1^{'} \cdot N_1^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}000048 \cdot 504 \cdot 216 \cdot 0{,}01 = 0{,}052;$$
$$g_6 = K_i \cdot N_1 \cdot N_4^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}000048 \cdot 720 \cdot 249 \cdot 0{,}01 = 0{,}086;$$
$$g_7 = K_i \cdot N_2 \cdot N_4^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}000968 \cdot 80 \cdot 249 \cdot 0{,}01 = 0{,}19.$$

Розраховуємо ступінь небезпеки $g_i$ кожної *i*-ої конфліктної точки регульованого (досліджуваного) перехрестя для другої фази регулювання (рис. 3.5 *б*).

$$g_8 = K_i \cdot N_7^{'} \cdot N_5^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}000102 \cdot 90 \cdot 234 \cdot 0{,}01 = 0{,}021;$$
$$g_9 = K_i \cdot N_8^{'} \cdot N_5^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}000102 \cdot 119 \cdot 234 \cdot 0{,}01 = 0{,}028;$$

$$g_{10} = K_i \cdot N_5^{'} \cdot N_5^{'} \cdot 10^{-2} = 0{,}0001 \cdot 546 \cdot 234 \cdot 0{,}01 = 0{,}13;$$
$$g_{11} = K_i \cdot N_5^{'} \cdot N_8^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}000102 \cdot 546 \cdot 51 \cdot 0{,}01 = 0{,}028;$$
$$g_{12} = K_i \cdot N_8^{'} \cdot N_8^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}0001 \cdot 119 \cdot 51 \cdot 0{,}01 = 0{,}006;$$
$$g_{13} = K_i \cdot N_7^{'} \cdot N_7^{''} \cdot 10^{-2} = 0{,}0001 \cdot 90 \cdot 60 \cdot 0{,}01 = 0{,}0054.$$

3. Визначаємо можливе число наїздів на автомобілі під час наближення до стоп-лінії за формулою (3.28):

$$g_H = K_H(M_{tcym} + N_{tcym})10^{-2},$$

де $K_н$ = 0,012425 – небезпека наїздів біля стоп-лінії, ДТП /$10^6$ авт.; $M_{tcym}$, $N_{tcym}$ – сумарні годинні інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті, авт./год.

$$M_{tcym} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = 720 + 80 + 560 + 830 = 2190 \text{ авт/год};$$
$$N_{tcym} = N_5 + N_6 + N_7 + N_8 = 780 + 60 + 150 + 170 = 1160 \text{ авт/год};$$
$$g_H = 0{,}12425 \cdot (2190 + 1160) \cdot 0{,}01 = 4{,}16 \approx 4 \text{ наїзди}.$$

4. Розраховуємо можливу кількість ДТП на перехресті за рік без врахування ДТП із пішоходами за формулою (3.29):

$$G_p = -0{,}468 + g_H + \sum_{i=1}^{n} g_i,$$

де $n$ – кількість точок, де конфліктують транспортні потоки; $g_i$– ступінь небезпеки $i$-ої конфліктної точки.

Сумарна небезпека перехрестя визначається, як сума ступеня небезпеки $g_i$ кожної $i$-ої конфліктної точки регульованого (досліджуваного) перехрестя.

$$\sum_{i=1}^{13} g_i = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7 + g_8 + g_9 + g_{10} + g_{11} + g_{12} + g_{13};$$

$$\sum_{i=1}^{13} g_i = 0{,}076 + 0{,}073 + 0{,}179 + 0{,}14 + 0{,}052 + 0{,}086 + 0{,}19 + 0{,}021 + 0{,}028 + 0{,}13 + 0{,}028 + 0{,}006 + 0{,}0054 = 1{,}014;$$

$$G_p = -0{,}468 + 4 + 1{,}014 = 4{,}54 \text{ ДТП}.$$

Розрахована кількість ДТП на досліджуваному перехресті впродовж року становить 5 без врахування ДТП із пішоходами.

5. Розраховуємо можливу кількість ДТП із пішоходами на перехресті за рік за формулою (3.30):

$$G_{П} = 0{,}0025 + 0{,}00092 \sum_{i=1}^{k} \left(N_{Ti} \sqrt[4]{N_{ni}}\right),$$

де $N_{Ti}$ – годинна інтенсивність руху транспортних потоків у конфліктній точці пішохідного переходу, авт./год; $N_{ni}$ – годинна інтенсивність руху пішоходів у конфліктній точці пішохідного переходу, піш./год; $k$ – кількість точок, де конфліктують транспортні та пішохідні потоки.

Розраховуємо конфліктні точки транспортних засобів та пішоходів на пішохідному переході.

$$\sum_{i=1}^{k} \left(N_{Ti} \sqrt[4]{N_{ni}}\right) = \left(N_{T1} \sqrt[4]{N_{n1}}\right) + \left(N_{T2} \sqrt[4]{N_{n2}}\right) + \left(N_{T3} \sqrt[4]{N_{n3}}\right) + \left(N_{T4} \sqrt[4]{N_{n4}}\right).$$

Для першої фази регулювання – 3 конфліктні точки транспортних засобів з пішоходами на пішохідному переході (рис. 3.5 *а*).

$$N_{T1} = N_3'' + N_1'' = 230 + 216 = 446 \text{ авт/год};$$

$$N_{T2} = N_2 + N_4'' = 80 + 249 = 329 \text{ авт/год}.$$

Для другої фази регулювання – 4 конфліктні точки транспортних засобів з пішоходами на пішохідному переході (рис. 3.5 *б*).

$$N_{T3} = N_5'' + N_7'' = 234 + 60 = 294 \text{ авт/год};$$

$$N_{T4} = N_6 + N_8'' = 60 + 51 = 111 \text{ авт/год}.$$

$$G_{П} = 0{,}0025 + 0{,}00092((446 \cdot \sqrt[4]{650}) + (329 \cdot \sqrt[4]{770}) + (294 \cdot \sqrt[4]{850}) + (111 \cdot \sqrt[4]{720})) = 5{,}65.$$

Приймаємо 6 ДТП за участю транспортних засобів з пішоходами.

Розраховуємо загальну кількість ДТП на перехресті за рік за формулою (3.31):

$$G = G_p + G_{П},$$

$$G = 4{,}54 + 5{,}56 = 10{,}1 \approx 10.$$

Загальна кількість ДТП за рік становить 10.

6. Визначаємо ступінь небезпечності $K_a$ на перехресті за формулою (3.32):

$$K_a = \frac{G \cdot K_p \cdot 10^7}{25(M'_{сум} + N'_{сум})},$$

де $M'_{сум}$, $N'_{сум}$ – добові інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті, авт./доб; $K_p$ – коефіцієнт річної нерівномірності інтенсивності руху, $K_p$ = 0,1.

Визначаємо добові інтенсивності руху на дорогах, що перетинаються на перехресті $M'_{сум}$ за формулою (3.15), а $N'_{сум}$ (3.34) з урахуванням коефіцієнта $k_н$ добової нерівномірності руху (рекомендується прийняти $k_н$ = 0,1).

$$M'_{сум} = \frac{M_{tсум}}{k_н},$$

$$M'_{сум} = \frac{2190}{0{,}1} = 21900 \text{ авт./добу},$$

$$N'_{сум} = \frac{N_{tсум}}{k_н},$$

$$N'_{сум} = \frac{1160}{0{,}1} = 11600 \text{ авт./добу},$$

$$K_a = \frac{10 \cdot 0{,}1 \cdot 10^7}{25 \cdot (21900 + 11600)} = 11{,}94.$$

**Висновок.** За результатами розрахунків ступеня небезпеки регульованого перехрестя на основі аналізу конфліктних точок можна зробити висновок, що це перехрестя є небезпечне, оскільки ступінь небезпечності $K_a$ потрапляє в діапазон $8 < K_a = 11{,}97 \leq 12$ – перехрестя відноситься до небезпечних.

## Питання для самоперевірки й контролю знань

1. Що таке конфліктна точка на перехресті?
2. Які основні види конфліктних точок ви знаєте? Охарактеризуйте їх.
3. Чим відрізняються конфліктні точки відхилення, злиття та перетинання за рівнем небезпеки?
4. Від яких факторів залежить реальна небезпека конфліктної точки?

5. Які основні ознаки виникнення конфліктної ситуації на перехресті?

6. Як визначається показник складності перехрестя за п'ятибальною системою?

7. Яким чином у розрахунках враховується інтенсивність транспортних потоків?

8. Що характеризує коефіцієнт $\sigma_N$ і як він визначається?

9. Як впливає кількість смуг руху на число конфліктних точок?

10. У чому полягає відмінність аналізу конфліктності для регульованих і нерегульованих перехресть?

11. За якою формулою визначається ступінь небезпеки $g_i$ окремої конфліктної точки та охарактеризуйте її?

12. Що означає показник $g_H$ і як він розраховується?

13. Як визначається можлива кількість ДТП за рік без урахування пішоходів?

14. Як розраховується можлива кількість ДТП за участю пішоходів?

15. Що характеризує коефіцієнт небезпеки $K_a$?

16. За якими критеріями оцінюється рівень небезпечності перехрестя за значенням $K_a$?

17. Які заходи доцільно впроваджувати у разі виявлення небезпечного або дуже небезпечного перехрестя?

18. Яким чином враховується добова та річна нерівномірність інтенсивності руху в розрахунках?

19. У чому полягають переваги та недоліки методу оцінки конфліктності за показниками $T_i$ та $\delta$?

20. Чому для комплексної оцінки безпеки перехрестя необхідно враховувати не лише інтенсивність руху, а й дорожні умови, видимість та організацію дорожнього руху?

# РОЗДІЛ 4

# ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

## 4.1. Визначення пропускної здатності на регульованому перехресті

**Мета роботи:** отримати практичні навички з визначення пропускної здатності регульованого перехрестя при дво- та тритактному регулюванні.

### Теоретичні відомості

Пропускна здатність регульованих вузлів (перехресть) визначається пропускною здатністю магістралі на перетині стоп-ліній. Вона визначається пропускною здатністю однієї смуги, кількістю смуг руху, організацією руху у вузлі і режимом регулювання.

Під пропускною здатністю вулиці розуміють максимальне число автомобілів, які можуть пройти по ній за одиницю часу при забезпеченні заданої швидкості і безпеки руху.

Пропускна здатність однієї смуги залежить від складу потоку. У випадку збільшення в складі потоку частки вантажних автомобілів пропускна здатність смуги знижується, як і швидкість руху транспортного потоку.

Під час розрахунку пропускної здатності доцільно врахувати дві умови:

1. усі автомобілі, що проходять через перехрестя, можуть затримуватись перед світлофором;

2. усі автомобілі після ввімкнення зеленого сигналу проїжджають перехрестя з однаковою швидкістю і рівними інтервалами часу.

З урахування вказаних умов, пропускна здатність $P_n$ однієї смуги визначається за формулою:

$$P_n = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c}, \qquad (4.1)$$

де $T_ц$ – час циклу світлофорного регулювання, с; $t_з$ – тривалість зеленого сигналу світлофора, с; $t_a$ – час між включенням зеленого сигналу світлофора і перетину стоп-лінії першим автомобілем, $t_a$ = 2 с; $t_c$ – інтервал часу між автомобілями під час перетину стоп-лінії, с.

За результатами спостережень $t_a$ становить $t_a$ = 1–3 с., рекомендується приймати в розрахунках $t_a$ = 2 с. Величина $t_c$ за спостереженнями дорівнює для легкових автомобілів – 1–3 с, для вантажних та автобусів – 3–5 с, для змішаного потоку – $t_c$ = 2–3 с.

Враховуючи особливості організації та регулювання дорожнього руху на перехрестях, можна виділити декілька типових випадків для розрахунку пропускної здатності магістралі на перетині стоп-лінії. Розглянемо декілька з них.

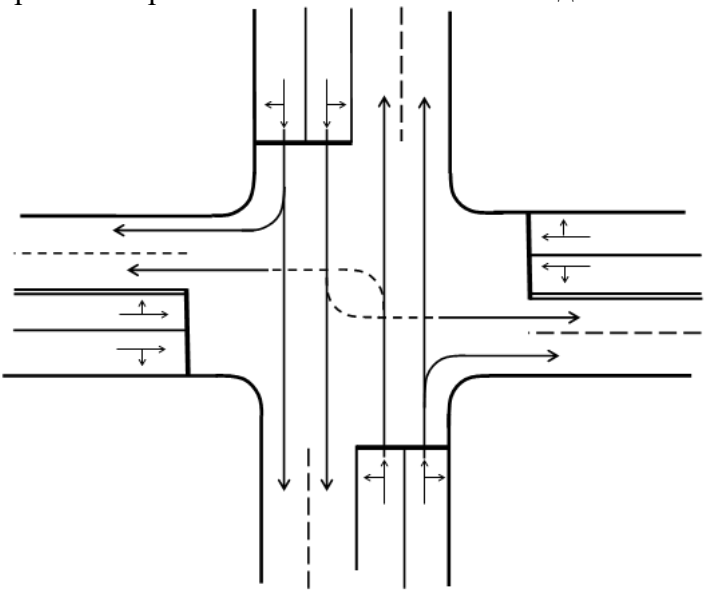


**Рисунок 4.1** – Розподіл транспортних потоків різних напрямів, на перетині стоп-лінії

**1-й випадок.** На перетині стоп-лінії дві смуги руху (рис. 4.1). Прямі потоки займають обидві смуги, праві повороти здійснюються з крайньої правої смуги, ліві – з лівої, створюючи при цьому перешкоди для наступного за ними прямого потоку.

Рух транспорту на даному перетині у всіх напрямках здійснюється за одну фазу. В такому випадку, пропускна здатність на перетині стоп-лінії ($P_б$) визначається за формулою:

$$P_б = \eta_л \cdot P_п, \qquad (4.2)$$

де $\eta_л$ – коефіцієнт, що знижує пропускну здатність через перешкоди від лівоповоротного руху залежно від частки лівого повороту ($\alpha$) $\eta = f(\alpha)$; $P_п$ – пропускна здатність однієї смуги, авт.;

Рекомендується приймати з табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнта $\eta_л$.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\eta$ | 2,0 | 1,65 | 1,60 | 1,55 | 1,50 |
| $\alpha$, % | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| Якщо на перетині тільки одна смуга руху для всіх напрямків | | | | | |
| $\eta$ | 1,0 | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 |
| $\alpha$, % | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |

**2-й випадок.** На перетині стоп-лінії 3 смуги руху (рис. 4.2), регулювання здійснюється без додаткових секцій, всі напрямки руху дозволені за одну загальну зелену фазу. Напрямки руху транспортних засобів по смугах відсутні або вказують такий розподіл.

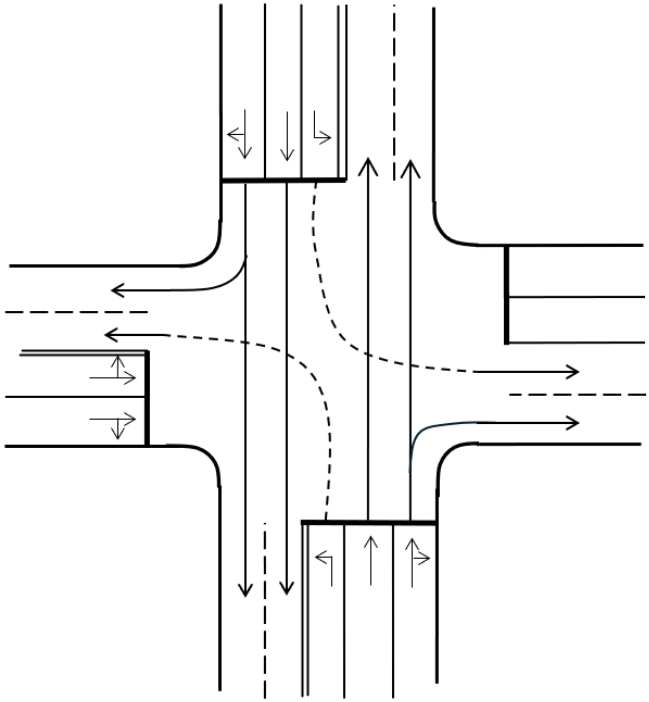


**Рисунок 4.2** – Розподіл транспортних потоків різних напрямів, на перетині стоп-лінії з трьома смугами руху

За умови, що на перетині стоп-лінії 3 і більше смуг руху, пропускна здатність проїзної частини визначається за формулою:

$$P_б = \eta_л \cdot P_n(n-1), \quad (4.3)$$

де $n$ – кількість смуг руху на перетині стоп-лінії; $\eta_л$ – коефіцієнт, що враховує пропускну здатність смуги лівоповоротного руху:

$$\eta_л = \frac{N_з + N_л}{N_з}, \quad (4.4)$$

де $N_з$ – загальна кількість транспортних засобів, що проходять через стоп-лінію перетину за год.; $N_л$ – кількість транспортних засобів, що здійснюють лівий поворот за год.

Приймають $\eta_л$ = 1,1–1,2.

**3-й випадок.** На перетині стоп-лінії – 3 і більше смуг руху (рис. 4.3). Регулювання здійснюється без додаткових секцій, всі напрямки руху дозволені на одну загальну фазу. Напрямки руху транспортних засобів по смугах відсутні або вказують такий розподіл.

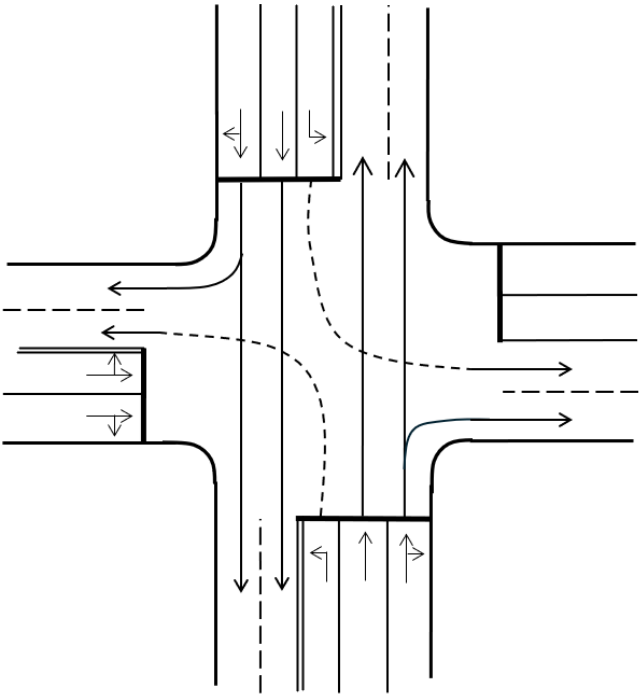


**Рисунок 4.3** – Розподіл транспортних потоків різних напрямів на перетині стоп-лінії трьох і більше смуг для руху

Дві крайні смуги відводяться для поворотного руху, прямі потоки здійснюються з однієї або двох внутрішніх смуг.

Розраховують пропускну здатність виконують за формулами (4.5–4.6):

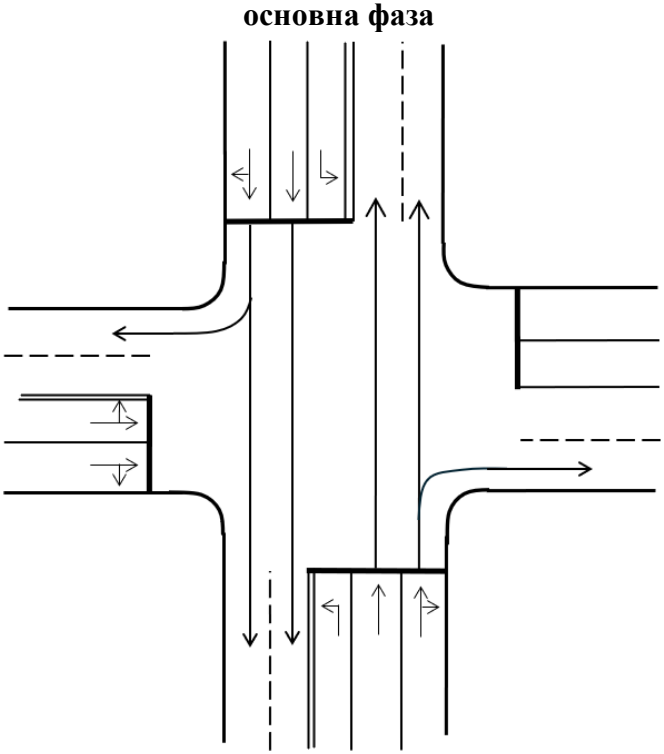
$$P_б = \eta_п \cdot P_п(n-2); \quad (4.5)$$

$$\eta_п = \frac{N_{заг}+N_{прав}+N_{лів}}{N_{заг}}, \quad (4.6)$$

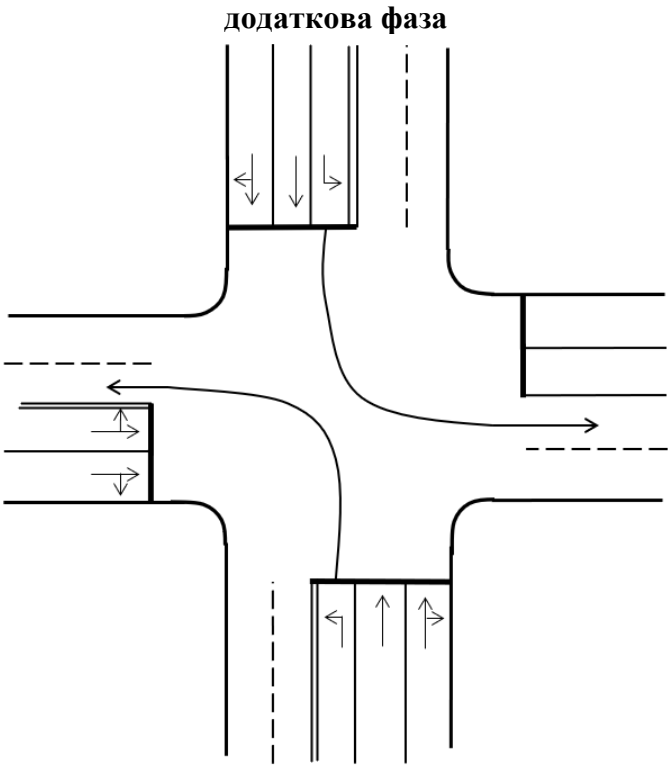
де $N_n$ – кількість транспортних засобів на перетині, що здійснюють правий поворот за год.

Приймають $\eta_n$ = 1,2–1,4.

**4-й випадок.** На перетині – 3 і більше смуг руху (рис. 4.4). Регулювання у вузлах – три- або чотиритактне з додатковими секціями. Крайня ліва смуга призначена для лівоповоротного руху.




*а*)




*б*)

**Рисунок 4.4** – Розподіл потоків різних напрямків по смугах з додатковими секціями: *а* – основна фаза; *б* – додаткова фаза

Під час визначення пропускної здатності магістралі в умовах три- і чотиритактного регулювання з додатковими секціями для пропуску поворотних потоків необхідно враховувати, що смуги, призначені для правих і лівих поворотів, не можуть бути використані прямим потоком. Це призводить до зниження пропускної здатності транспортного вузла.

Розрахунок пропускної здатності проїзної частини у цьому випадку слід вести окремо для смуг руху в прямому напрямку, правоповоротних і лівоповоротних.

Потоки прямого і правоповоротного напрямку пропускаються за основну зелену фазу тривалістю $t_з$ с, лівоповоротні потоки пропускаються за додаткову фазу тривалістю $t_{з(л)}$ с.

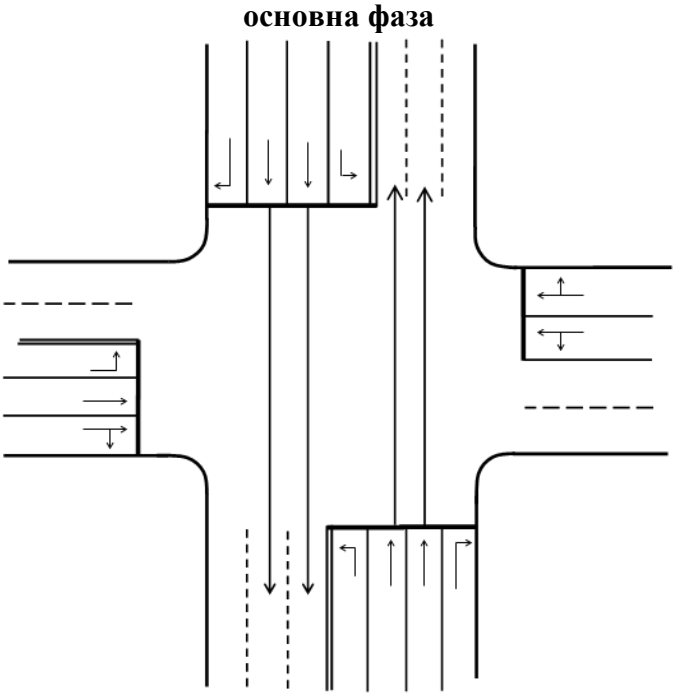
Пропускну здатність проїзної частини (рис. 4.4) розраховують за формулами (4.7–4.9):

$$P_б = P_{1,2} + P_3; \quad (4.7)$$

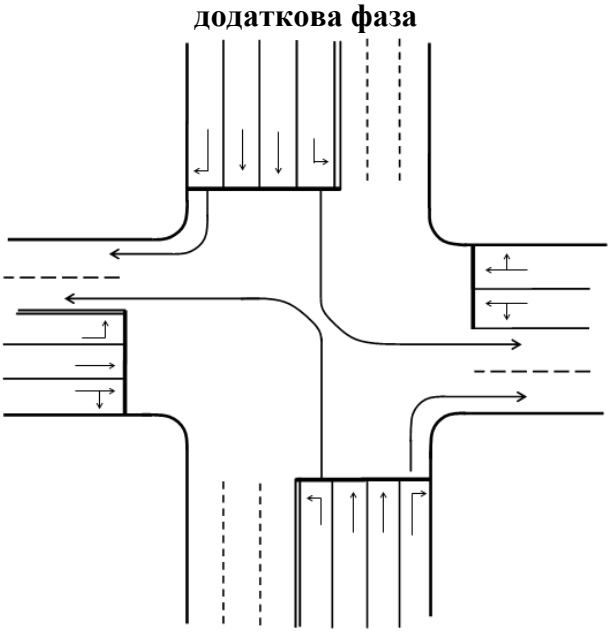
$$P_{1,2} = P_n(n-1); \quad (4.8)$$

$$P_3 = \frac{3600(t_{з(л)} - t_a)}{T_ц \cdot t_c}, \quad (4.9)$$

де $P_{1,2}$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску прямого і правоповоротного напрямків; $P_3$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску лівоповоротного напрямку.




*а*)




*б*)

**Рисунок 4.5** – Розподіл потоків різних напрямків по смугах з три- або чотиритактним регулюванням з додатковими секціями: *а* – основна фаза; *б* – додаткова фаза

**5-й випадок.** На перетині – 3 і більше смуг руху (рис. 4.5) з три- або чотиритактним регулюванням з додатковими секціями. Крайня права смуга відведена для пропуску правоповоротного потоку, крайня ліва – лівоповоротного. Потоки правоповоротного і лівоповоротного напряму пропускаються за додаткову фазу тривалістю $t_{з(л)}$ с, потоки прямого напряму пропускаються за основну зелену фазу тривалістю $t_з$ с.

Пропускну здатність проїзної частини (рис. 4.5) розраховують за формулами (4.10–4.12):

$$P_б = P_1 + P_2 + P_3; \quad (4.10)$$

$$P_1 = P_n(n-2); \quad (4.11)$$

$$P_2 = P_3 = \frac{3600(t_{з(л)} - t_a)}{T_ц \cdot t_c}, \quad (4.12)$$

де $P_1$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску прямого напряму; $P_2$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску правоповоротного напряму; $P_3$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску лівоповоротного напряму.

**6-й випадок.** На перетині – однією і більше смуг руху (рис. 4.6), за таких умов, регулювання здійснюється з почерговим пропуском потоків з кожної з вулиць або з окремих напрямків.

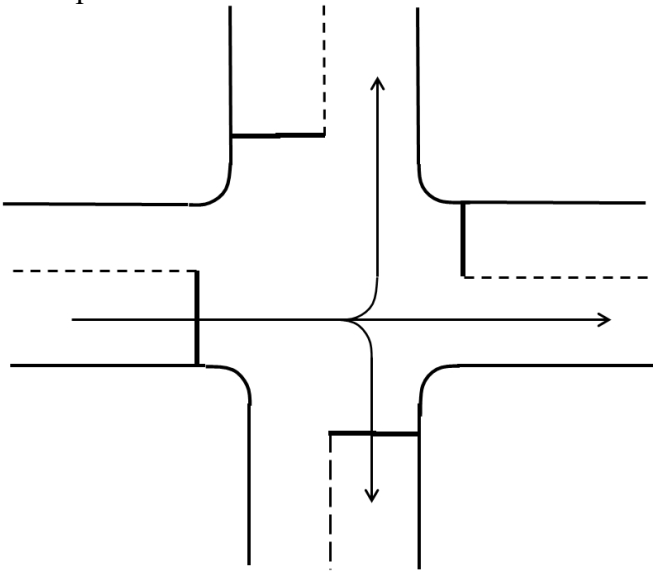


**Рисунок 4.6** – Організація руху з почерговим пропуском потоків з кожної з вулиць або з окремих напрямків впродовж однієї фази

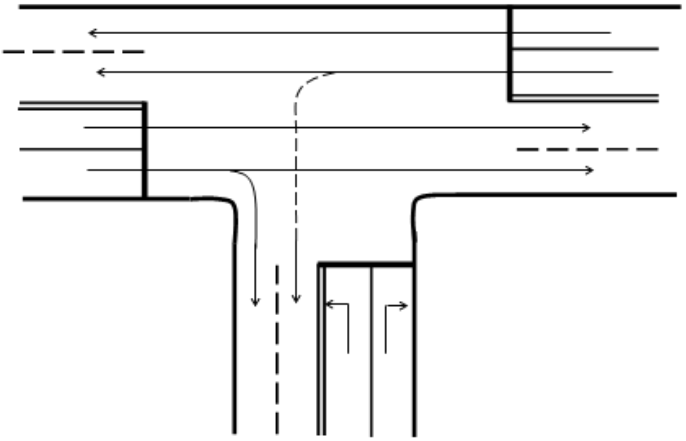
Пропускна здатність за умови повного розділення транспортних і пішохідних потоків (рис. 4.6) визначається пропускною здатністю однієї смуги $P_n$ і кількістю смуг $n$ за формулою:

$$P_б = P_n \cdot n = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c}. \quad (4.13)$$

Пропускну здатність Т-подібних перехресть визначають залежно від кількості тактів у циклі регулювання.

Для 2-тактного регулювання (рис. 4.7).

**1-й такт**



**2-й такт**

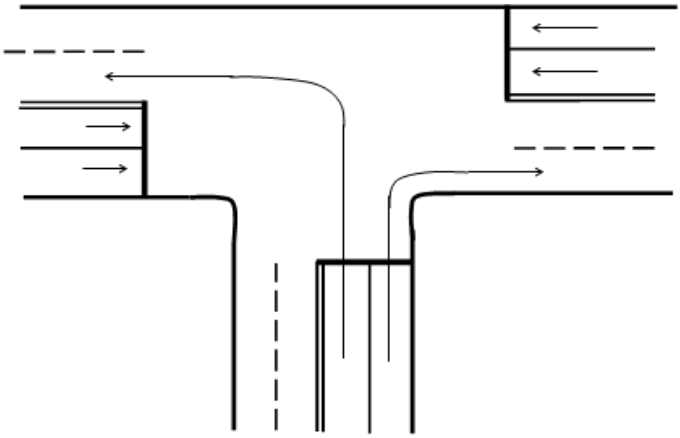


**Рисунок 4.7** – Розподіл потоків різних напрямків на Т-подібному перехресті для 2-тактного регулювання

Пропускна здатність проїзної частини визначається за формулами (4.14–4.16):
на перетинах 1 і 3:

$$P_б = P_n\eta; \quad (4.14)$$

на перетині 2 для $n = 2$:

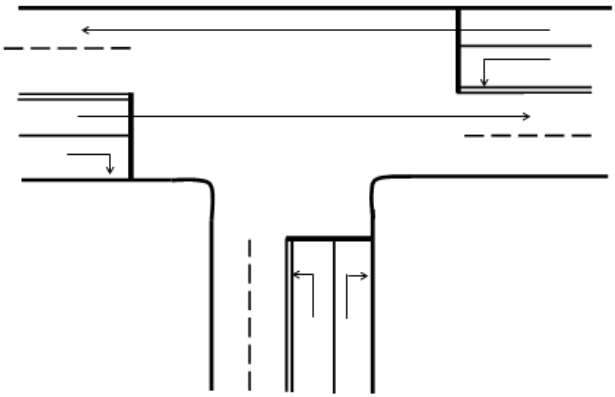
$$P_б = P_n\eta_л;\ \eta = f(\alpha); \quad (4.15)$$

для $n > 2$

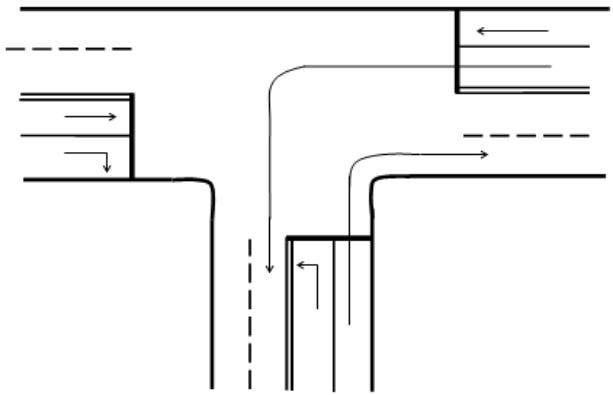
$$P_б = P_n\eta_л(n-1);\ \eta_л = \frac{N_з+N_л}{N_з}; \quad (4.16)$$

3-тактне регулювання (рис. 4.8).

**1-й такт**



**2-й такт**



**3-й такт**

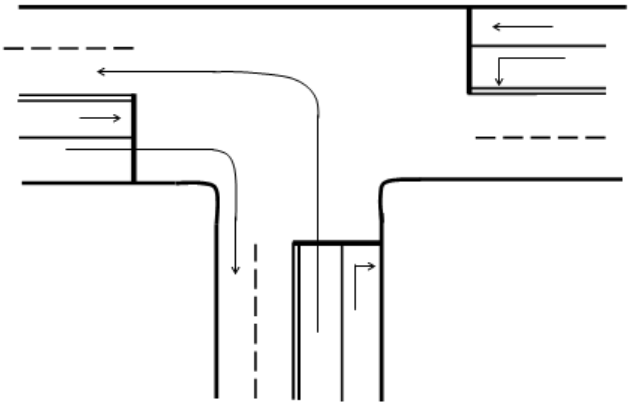


**Рисунок 4.8** – Розподіл потоків різних напрямків по смугах і фазах на Т-подібних перехрестях для 3-тактного регулювання

Пропускну здатність проїзної частини визначають за формулами (4.17–4.23):

на перетині 1:

$$P_б = P_1 + P_2; \quad (4.17)$$

на перетині 2:

$$P_б = P_1 + P_3; \quad (4.18)$$

на перетині 3:

$$P_б = P_2 + P_3; \quad (4.19)$$

$$P_1 = P_n \cdot (n - 1); \quad (4.20)$$

$$P_n = \frac{3600(t_{з(1)} - t_a)}{T_ц \cdot t_c}; \quad (4.21)$$

$$P_2 = \frac{3600(t_{з(2)} - t_a)}{T_ц \cdot t_c}; \quad (4.22)$$

$$P_3 = \frac{3600(t_{з(3)} - t_a)}{T_ц \cdot t_c}. \quad (4.23)$$

Розрахунок пропускної здатності перехрестя з урахування впливу трамвайного руху. Відповідно до вимог правил дорожнього руху, рейковим транспортним засобам надається перевага незалежно від напряму руху по головній дорозі.

Тривалість зайняття зеленої фази трамваєм залежить від розмірів перехрестя (відстань між стоп-лініями) $L_c$, довжини трамвайного поїзда $L_{mp}$, часу проходження ним перехрестя і частоти трамвайного руху $N_{mp}$.

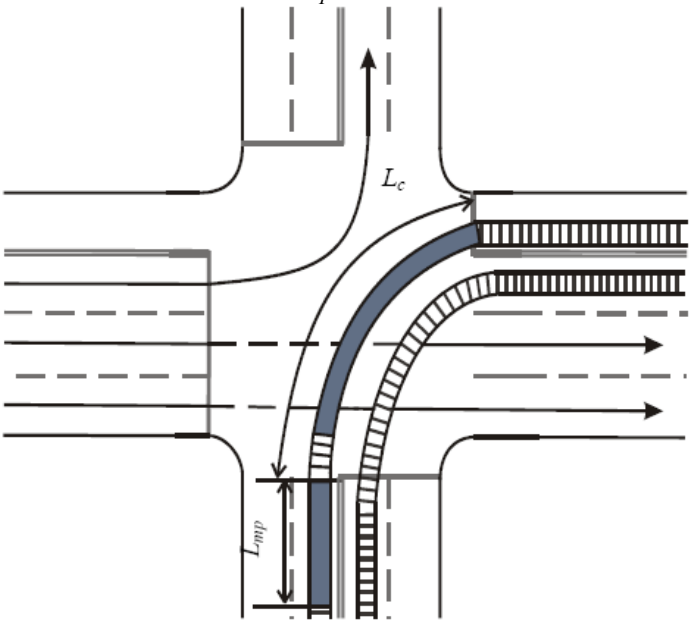



**Рисунок 4.9 –** Трамвайний рух, що пропускається за одну фазу з автомобільним транспортом

Час проходження перехрестя одним трамваєм визначається за формулою:

$$t_{mp} = \sqrt{\frac{2(L_c + L_{mp})}{a}}, \tag{4.24}$$

де $L_c$ – відстань між стоп-лініями; $L_{mp}$ – довжина трамвайного поїзда; $a$ – прискорення руху трамвая, $a$ = 1 м/с$^2$.

Загальний час пропуску трамваїв за годину складе:

$$\sum t_{mp} = N_{mp}\sqrt{\frac{2(L_c + L_{mp})}{a}}, \tag{4.25}$$

де $N_{mp}$ – інтенсивність руху трамваїв, од./год.

Для пропуску автомобілів за загальною тривалістю зеленої фази протягом години $3600(t_{з(1)} - t_a)/T_ц \cdot t_c$ залишається час, рівний:

$$\frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц} - N_{mp}\sqrt{\frac{2(L_c + L_{mp})}{a}}. \quad (4.26)$$

Тому формула розрахунку пропускної здатності однієї смуги проїзної частини матиме вигляд:

$$P_n = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c} - \frac{N_{mp}}{t_c}\sqrt{\frac{2(L_c + L_{mp})}{a}}. \quad (4.27)$$

Отже, правильне визначення пропускної здатності регульованого перехрестя дає змогу оцінити ефективність організації дорожнього руху, виявити можливі перевантаження транспортних потоків і запропонувати заходи щодо підвищення безпеки та пропускної здатності транспортного вузла.

## Завдання

1. Визначити пропускну здатність $P_n$ регульованого перехрестя для 2-о та 3-тактного світлофорного регулювання та різної кількості фаз.

2. Визначити рівень завантаження $Z_i$ автомобільної дороги для 2-о та 3-тактного регулювання та різної кількості фаз.

3. Результати розрахунків оформити у вигляді підсумкової таблиці.

## Послідовність виконання завдання

1. Визначити пропускну здатність $P_n$ регульованого перехрестя та рівнів завантаження дороги для двофазового регулювання згідно з індивідуальним завданням (дод. И, табл. И.1, И.2).

2. Розрахувати час циклу $T_ц$ для 2-о та 3-тактного світлофорного регулювання для досліджуваного перехрестя.

3. Визначити пропускну здатність однієї смуги $P_{ni}$ для кожного перетину та пропускну здатність $P_{бі}$ всієї *n*-смугової

проїзної частини, попередньо визначивши коефіцієнт $\eta_{п(л)}$, що враховує пропускну здатність смуги правоповоротного (лівоповоротного) руху.

## ПРИКЛАД розрахунку завдання
## Вихідні дані

Варіант завдання 0.

Кількість смуг проїзної частини на перетинах стоп-ліній:

Перетин 1 – $n$ = 4 смуги;

Перетин 2, 3 – $n$ = 3 смуги;

Перетин 4 – $n$ = 2 смуги.

Фактична інтенсивність руху на перехресті, авт./год:

| Перетин 1 | Перетин 2 | Перетин 3 | Перетин 4 |
|---|---|---|---|
| $N_{заг}$ = 1050<br>$N_{лів}$ = 150<br>$N_{прав}$ = 200<br>$N_{пр}$ = 700 | $N_{заг}$ = 650<br>$N_{лів}$ = 150<br>$N_{прав}$ = 200<br>$N_{пр}$ = 300 | $N_{заг}$ = 780<br>$N_{лів}$ = 100<br>$P_{прав}$ = 80<br>$N_{пр}$ = 600 | $N_{заг}$ = 450<br>$N_{лів}$ = 50<br>$N_{прав}$ = 100<br>$N_{пр}$ = 300 |

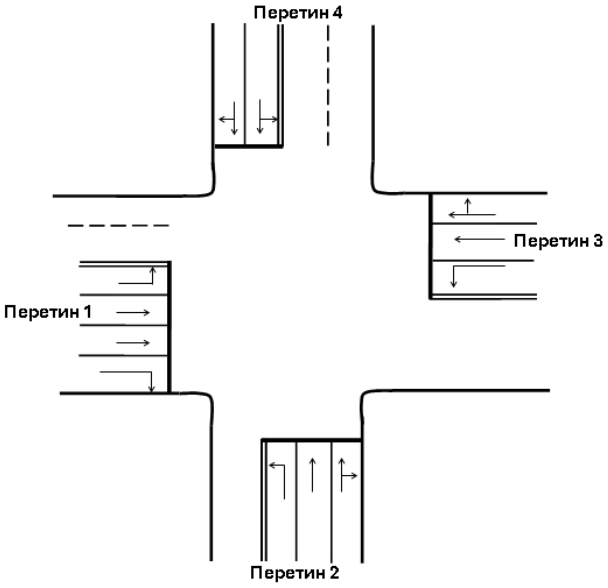
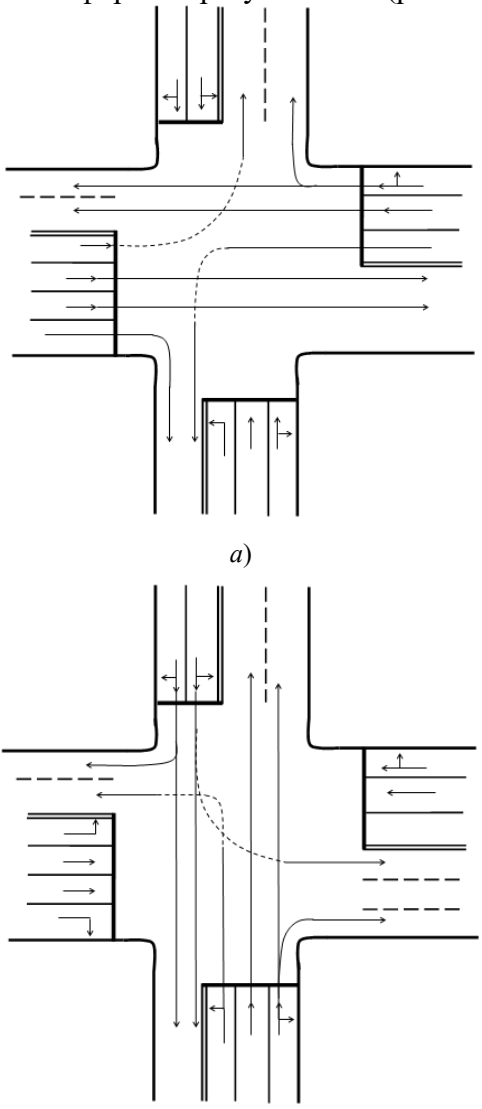



**Рисунок 4.10** – Схема досліджуваного перехрестя із нанесенням траєкторій та дозволених напрямків руху по смугах

2. Розраховуємо пропускну здатність для випадку двотактного світлофорного регулювання (рис. 4.11).



*а*)

*б*)

**Рисунок 4.11** – Схема двофазного роз'їзду на перехресті:
*а* – 1-й такт; *б* – 2-й такт

Розраховуємо час циклу $T_ц$ світлофорного регулювання за формулою (4.28):

$$T_ц = t_з + t_{ж} + t_ч + t_{ж}, \quad (4.28)$$

де $t_з$ – тривалість зеленого сигналу світлофора, с; $t_{ж}$ – тривалість жовтого сигналу світлофора, с; $t_ч$ – тривалість червоного сигналу світлофора, с.

$$T_ц = 24 + 3 + 14 + 3 = 44 \text{ с}.$$

**ПЕРЕТИН 1**

Визначаємо пропускну здатність однієї смуги $P_п$ (4.1) на перетині 1 та всієї 4-смугової проїзної частини $P_б$ (4.5), попередньо визначивши коефіцієнт $\eta_п$ (4.6), що враховує пропускну здатність смуги правоповоротного руху.

Пропускна здатність однієї смуги на перетині 1 визначається за формулою (4.1):

$$P_{п1} = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c},$$

де $T_ц$ – час циклу світлофорного регулювання, с; $t_з$ – тривалість зеленого сигналу світлофора, $t_з$ = 24 с; $t_a$ – час між включенням зеленого сигналу світлофора і перетинанням стоп-лінії першим автомобілем, $t_a$ = 2 с; $t_c$ – інтервал часу між автомобілями в процесі проходження стоп-лінії, $t_c$ = 3 с.

$$P_{п1} = \frac{3600(24 - 2)}{44 \cdot 3} = 600 \text{ авт./год.}$$

Визначаємо пропускну здатність всієї 4-смугової проїзної частини за формулою (4.5):

$$P_{б1} = \eta_п \cdot P_{п1}(n - 2),$$

де $N_{заг}$ – загальна кількість транспортних засобів, що проходять через стоп-лінію перетину за год, $N_{заг}$ = 1050 авт.; $N_{лів}$ – кількість транспортних засобів, що здійснюють лівий поворот за год, $N_{лів}$ = 200 авт.; $N_{прав}$ – кількість транспортних засобів на перетині, що здійснюють правий поворот за год, $N_{прав}$ = 150 авт.; $\eta_п$ – коефіцієнт, що враховує пропускну здатність смуги для правоповоротного руху.

Коефіцієнт, що враховує пропускну здатність смуги для правоповоротного руху, визначається за формулою (4.6):

$$\eta_n = \frac{N_{заг}+N_{прав}+N_{лів}}{N_{заг}},$$

$$\eta_n = \frac{1050+150+200}{1050} = 1{,}33,$$

$$P_{б1} = 1{,}33 \cdot 600(4-2) = 1596 \text{ авт./год.}$$

**ПЕРЕТИН 2**

Визначаємо пропускну здатність $P_{п2}$ (4.1) однієї смуги на перетині 2 та всієї 3-смугової проїзної частини $P_{б2}$ (4.3), попередньо визначивши коефіцієнт $\eta_л$ (4.4), що враховує пропускну здатність смуги лівоповоротного руху.

Визначаємо пропускну здатність однієї смуги на перетині 2 за формулою (4.1):

$$P_{п2} = \frac{3600(t_ч - t_a)}{T_ц \cdot t_c},$$

де $t_ч$ – тривалість червоного сигналу світлофора, $t_ч$ = 14 с.

$$P_{п2} = \frac{3600(14-2)}{44 \cdot 3} = 327 \text{ авт./год.}$$

Визначити пропускну здатність всієї 3-смугової проїзної частини за формулою (4.3):

$$P_{б2} = \eta_л \cdot P_{п2}(n-1), \ (\textit{2-й випадок})$$

де $n$ – кількість смуг руху на перетині стоп-лінії, $n$ = 3; $\eta_л$ – коефіцієнт, що враховує пропускну здатність смуги лівоповоротного руху.

Коефіцієнт, що враховує пропускну здатність смуги лівоповоротного руху визначаємо за формулою (4.4):

$$\eta_л = \frac{N_{заг}+N_{лів}}{N_{заг}},$$

де $N_{заг}$ – загальна кількість транспортних засобів, що проходять через стоп-лінію перетину за 1 год, $N_{заг}$ = 650 авт.; $N_{лів}$ – кількість транспортних засобів, що здійснюють лівий поворот за 1 год, $N_{лів}$ = 150 авт.

$$\eta_л = \frac{650+150}{650} = 1{,}23.$$

$$P_{б2} = 1{,}23 \cdot 327(3-1) = 804 \text{ авт./год}$$

**ПЕРЕТИН 3**

Визначаємо пропускну здатність однієї смуги $P_{п3}$ (4.1) на перетині 3 та всієї 3-смугової проїзної частини $P_{б3}$ (4.3), попередньо визначивши коефіцієнт $\eta_л$ (4.4), що враховує пропускну здатність смуги лівоповоротного руху.

Визначаємо пропускну здатність однієї смуги $P_{п3}$ на перетині 3 за формулою (4.1):

$$P_{п3} = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c},$$

де $t_з$ – тривалість зеленого сигналу світлофора, $t_з$ = 24 с;

$$P_{п3} = \frac{3600(24-2)}{44 \cdot 3} = 600 \text{ авт./год}$$

Визначаємо пропускну здатність $P_{б3}$ всієї 3-смугової проїзної частини за формулою (4.3):

$$P_{б3} = \eta_л \cdot P_{п3}(n-1),$$

де $n$ – кількість смуг руху на перетині стоп-лінії, $n$ = 3; $\eta_л$ – коефіцієнт, що враховує пропускну здатність смуги лівоповоротного руху.

Коефіцієнт, що враховує пропускну здатність смуги лівоповоротного руху визначаємо за формулою (4.4):

$$\eta_л = \frac{N_{заг} + N_{лів}}{N_{заг}},$$

де $N_{заг}$ – загальна кількість транспортних засобів, що проходять через стоп-лінію перетину за 1 год, $N_{заг}$ = 780 авт.; $N_{лів}$ – кількість транспортних засобів, що здійснюють лівий поворот за 1 год, $N_{лів}$ = 100 авт.

$$\eta_л = \frac{780+100}{780} = 1{,}13.$$

$$P_{б3} = 1{,}13 \cdot 600(3-1) = 1356 \text{ авт./год.}$$

**ПЕРЕТИН 4**

Визначаємо пропускну здатність однієї смуги $P_{п4}$ на перетині 4 за формулою (4.1):

$$P_{п4} = \frac{3600(t_ч - t_a)}{T_ц \cdot t_c},$$

де $t_ч$ – тривалість червоного сигналу світлофора, $t_ч$ = 14 с;

$$P_{п4} = \frac{3600(14-2)}{44 \cdot 3} = 327 \text{ авт./год.}$$

Визначаємо пропускну здатність $P_{б4}$ для всієї 2-смугової проїзної частини магістралі на перетині стоп-лінії за формулою (4.2):

$$P_{б4} = \eta \cdot P_{п4},$$

де $\eta$ – коефіцієнт, що знижує пропускну здатність через перешкоди від лівоповоротного руху залежно від частки лівого повороту $\alpha$, $\eta = f(\alpha)$.

Визначаємо частку лівоповоротного руху за формулою:

$$\alpha = \frac{N_{\text{лів}}}{N_{\text{заг}}} \cdot 100\%, \qquad (4.29)$$

$$\alpha = \frac{50}{450} \cdot 100 = 11{,}1\ \%.$$

Коефіцієнт $\eta$ приймаємо з табл. 4.1.

$$P_{б4} = 1{,}65 \cdot 327 = 540 \text{ авт./год.}$$

Визначаємо рівень завантаження $Z_i$ досліджуваних перетинів для двотактного світлофорного регулювання за формулою:

$$Z_i = \frac{N_{загі}}{P_{бі}} \leq 0{,}9. \qquad (4.30)$$

де $N_{загі}$ – загальна кількість транспортних засобів, що проходять через стоп-лінію відповідного перетину за 1 год.; $P_{бі}$ – пропускна здатність всієї проїзної частини відповідного перетину, авт./год.

$$Z_1 = \frac{N_{заг1}}{P_{б1}} = \frac{1050}{1596} = 0{,}66 < 0{,}9;$$

$$Z_2 = \frac{N_{заг2}}{P_{б2}} = \frac{650}{804} = 0{,}81 < 0{,}9;$$

$$Z_3 = \frac{N_{заг3}}{P_{б3}} = \frac{780}{1356} = 0{,}58 < 0{,}9;$$

$$Z_4 = \frac{N_{заг4}}{P_{б4}} = \frac{450}{540} = 0{,}83 < 0{,}9.$$

Розраховуємо пропускну здатність досліджуваного перехрестя (вузла) для випадку двотактного світлофорного регулювання за формулою:

$$Z_{вузла} = \frac{N_{загі}}{P_{бі}} < 0{,}9; \qquad (4.31)$$

$$Z_{вузла} = \frac{2930}{4296} = 0{,}68 < 0{,}9.$$

**Таблиця 4.2** – Результати розрахунку пропускної здатності і рівнів завантаження регульованих вузлів зводимо в таблицю.

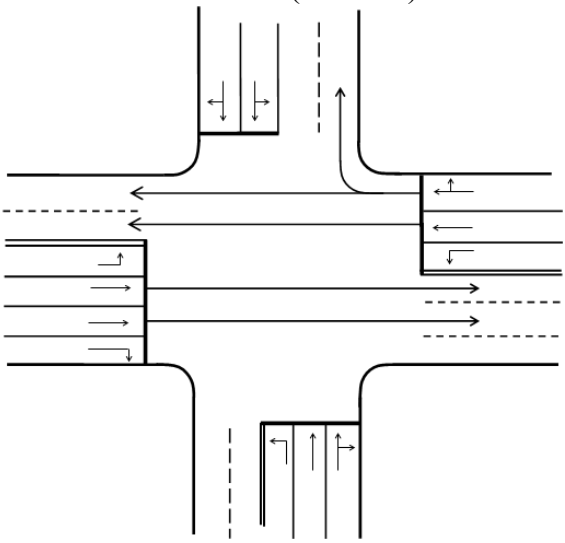
| № перетину | Напрямки руху | Фактична інтенсивність, авт./год. | 2 – тактне регулювання | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | пропускна здатність, $P_б$ авт./год | рівень завантаження, $Z$ | оцінка завантаження |
| 1 | Праворуч | 200 | | | |
| | Прямо | 700 | | | |
| | Ліворуч | 150 | | | |
| Всього в перетині | | 1050 | 1596 | 0,66 | < 0,9 |
| 2 | Праворуч | 200 | | | |
| | Прямо | 300 | | | |
| | Ліворуч | 150 | | | |
| Всього в перетині | | 650 | 804 | 0,81 | < 0,9 |
| 3 | Праворуч | 80 | | | |
| | Прямо | 600 | | | |
| | Ліворуч | 100 | | | |
| Всього в перетині | | 780 | 1356 | 0,58 | < 0,9 |
| 4 | Праворуч | 100 | | | |
| | Прямо | 300 | | | |
| | Ліворуч | 50 | | | |
| Всього в перетині | | 450 | 540 | 0,83 | < 0,9 |
| Разом по вузлу | | 2930 | 4296 | 0,68 | < 0,9 |

Рівень завантаження не повинен перевищувати для 2-тактного регулювання – 0,9. Порушення цих умов свідчить про вичерпання пропускної здатності магістралі на перетині стоп-лінії або перехресті в цілому.

**ВИСНОВОК.** За результатами розрахунків встановлено, що пропускна здатність досліджуваного перехрестя (вузла) для випадку двотактного світлофорного регулювання становить 0,68. Це свідчить про те, що пропускна здатність магістралі на перетині стоп-лінії, а також на вузлі в цілому, не вичерпана.

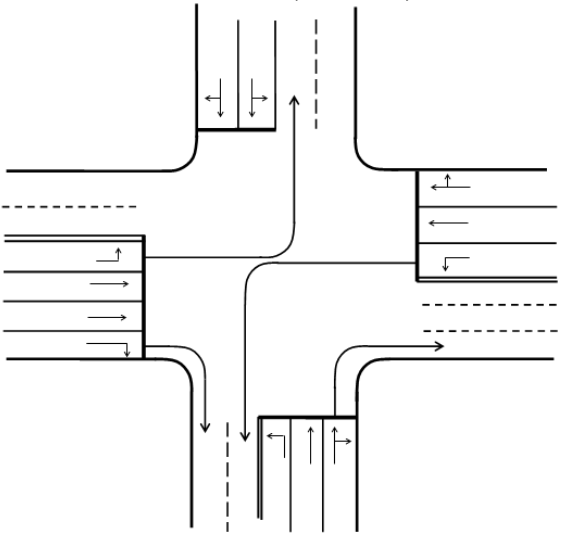
**3-тактне РЕГУЛЮВАННЯ**

**1-ий такт** ($t_1$ = 20 с)

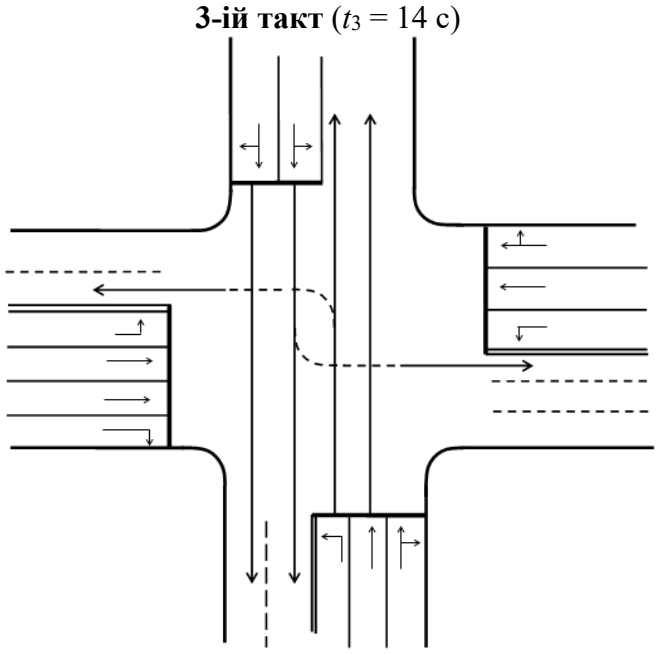


*а*)

**2-ий такт** ($t_2$ = 10 с)



*б*)




*в*)

**Рисунок 4.12** – Схема трифазового роз'їзду на перехресті: *а* – 1-й такт; *б* – 2-й такт; *в*– 3-й такт

Визначаємо час циклу $T_ц$ тритактного світлофорного регулювання за формулою (4.28):

$$T_ц = t_з + t_{ж} + t_ч + t_{ж} + t_з,$$

де $t_з$ – тривалість зеленого сигналу світлофора, с; $t_{ж}$ – тривалість жовтого сигналу світлофора, с; $t_ч$ – тривалість червоного сигналу світлофора, с;

$$T_ц = 20 + 3 + 10 + 3 + 14 + 3 = 53 \text{ с}.$$

**ПЕРЕТИН 1** (рис. 4.12 *а*)

Визначаємо пропускну здатність проїзної частини $P_{б1}$ для тритактного світлофорного регулювання за формулою (4.10):

$$P_{б1} = P_1 + P_2 + P_3,$$

де $P_1$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску в прямому напрямку; $P_2$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску правоповоротного напрямку; $P_3$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску лівоповоротного напрямку.

Розраховуємо пропускну здатність смуги, відведеної для пропуску в прямому напрямку $P_1$ за формулою (4.11):

$$P_1 = P_n(n-2).$$

де $P_n$ – пропускна здатність однієї смуги, авт.; $n$ – кількість смуг руху на перетині стоп-лінії.

Пропуску здатність однієї смуги визначаємо за формулою (4.12):

$$P_n = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c},$$

де $T_ц$ – час циклу світлофорного регулювання, $T_ц$ = 53 с; $t_з$ – тривалість зеленого сигналу світлофора першого такту світлофорного регулювання, $t_з$ = 20 с; $t_a$ – час між включенням зеленого сигналу світлофора і перетинанням стоп-лінії першим автомобілем, $t_a$ = 2 с; $t_c$ – інтервал часу між автомобілями в процесі проходження стоп-лінії, $t_c$ –3 с.

Пропускна здатність смуг, відведених для правоповоротного $P_2$ та лівоповоротного $P_3$ напрямків, визначається за формулою (4.12):

$$P_2 = P_3 = \frac{3600(t_{з(л)} - t_a)}{T_ц \cdot t_c}$$

$$P_n = \frac{3600(20-2)}{53 \cdot 3} = 408 \text{ авт./год};$$

$$P_1 = 2 \cdot P_n = 2 \cdot 408 = 816 \text{ авт/год};$$

$$P_2 = P_3 = \frac{3600(10-2)}{53 \cdot 3} = 181 \text{ авт./год};$$

$$P_{б1} = 816 + 181 + 181 = 1178 \text{ авт./год}.$$

**ПЕРЕТИН 2** (рис. 9.12 *в*)

Визначаємо пропускну здатність проїзної частини $P_{б2}$ за формулою (4.7):

$$P_{б2} = P_{1,3} + P_2,$$

де $P_{1,3}$ – пропускна здатність смуги прямого $P_1$ та лівоповоротного $P_3$ напрямків; $P_2$ – пропускна здатність правоповоротного напрямку.

Розраховуємо пропускну здатність смуг прямого $P_1$ та лівоповоротного $P_3$ напрямків за формулою (4.2) (***перший випадок***):

$$P_{1,3} = \eta \cdot P_n,$$

де $\eta$ – коефіцієнт, що знижує пропускну здатність через перешкоди від лівоповоротного руху залежно від частки лівого повороту $(\alpha)$, $\eta = f(\alpha)$; ; $P_n$ – пропускна здатність однієї смуги, авт.

Визначаємо частку лівоповоротного руху за формулою (4.29):

$$\alpha = \frac{N_{лів}}{N_{заг}} \cdot 100\ \%$$

$$\alpha = \frac{150}{650} \cdot 100 = 23{,}07\ \%.$$

Відповідно до табл. 4.1, приймаємо $\eta = 1{,}58$.

Пропускна здатність однієї смуги на цьому перетині визначається за формулою (4.1):

$$P_n = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c} = \frac{3600(14-2)}{53 \cdot 3} = 272 \text{ авт./год.}$$

Тоді

$$P_{1,3} = 1{,}58 \cdot 272 = 429 \text{ авт./год.}$$

Визначаємо пропускну здатність $P_2$ смуги, відведеної для пропуску правоповоротного напрямку, за формулою:

$$P_2 = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c} = \frac{3600(10-2)}{53 \cdot 3} = 181 \text{ авт./год.}$$

Тоді, пропускна здатність проїзної частини $P_{б2}$:

$$P_б = 429 + 181 = 610 \text{ авт./год.}$$

**ПЕРЕТИН 3**

Визначаємо пропускну здатність проїзної частини $P_{б3}$ на перетині 3 за формулою (4.7):

$$P_{б3} = P_{1,2} + P_3,$$

де $P_{1,2}$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску прямого $P_1$ і правоповоротного $P_2$ напрямків; $P_3$ – пропускна здатність смуг, відведених для пропуску лівоповоротного напрямку.

Пропускна здатність смуг, відведених для пропуску прямого $P_1$ і правоповоротного $P_2$ напрямків, визначається за формулою (4.8):

$$P_{1,2} = P_n(n-1),$$

де $P_n$ – пропускна здатність однієї смуги, авт.; $n$ – кількість смуг на перетині.

Пропускна здатність однієї смуги визначається за формулою (4.1):

$$P_n = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c},$$

$$P_3 = \frac{3600(t_{з(л)} - t_a)}{T_ц \cdot t_c}.$$

Визначаємо пропускну здатність однієї смуги на третьому перетині:

$$P_n = \frac{3600(20-3)}{53 \cdot 3} = 385 \text{ авт./год}$$

$$P_{1,2} = 385(3-1) = 770 \text{ авт./год;}$$

$$P_3 = \frac{3600(10-2)}{53 \cdot 3} = 181 \text{ авт./год;}$$

$$P_{б3} = 770 + 181 = 951 \text{ авт./год.}$$

**ПЕРЕТИН 4**

Визначаємо пропускну здатність проїзної частини $P_{б4}$ на перетині 4 (***1 випадок***) за формулою (4.2):

$$P_{б4} = \eta \cdot P_n,$$

$$\eta = f(\alpha).$$

Частка лівоповоротного руху визначається за формулою (4.29):

$$\alpha = \frac{N_{лів}}{N_{заг}} \cdot 100 \text{ \%},$$

$$\alpha = \frac{50}{450} \cdot 100 = 11{,}1 \text{ \%}.$$

Відповідно до табл. 4.1, приймаємо $\eta = 1{,}65$.

Пропускна здатність однієї смуги на четвертому перетині визначається за формулою (4.1):

$$P_n = \frac{3600(t_з - t_a)}{T_ц \cdot t_c} = \frac{3600(14-2)}{53 \cdot 3} = 272 \text{ авт./год.}$$

Тоді, пропускна здатність проїзної частини $P_{б4}$:

$$P_{б4} = 1{,}65 \cdot 272 = 449 \text{ авт./год.}$$

Визначаємо рівень завантаження досліджуваних перетинів для тритактного світлофорного регулювання за формулою (4.30):

$$Z_i = \frac{N_{загі}}{P_{бі}} \leq 0{,}85,$$

де $N_{загі}$ – загальна кількість транспортних засобів, що проходять через стоп-лінію відповідного перетину за 1 год; $P_{бі}$ – пропускна здатність всієї проїзної частини відповідного перетину, авт./год.

Рівень завантаження для 3-тактного регулювання не повинен перевищувати 0,85, як для окремого перетину, так і для вузла в цілому. Порушення цих умов свідчить про вичерпання пропускної здатності на перетині стоп-лінії або вузла в цілому.

$$Z_1 = \frac{N_{заг1}}{P_{б1}} = \frac{1050}{1178} = 0{,}89 > 0{,}85;$$

$$Z_2 = \frac{650}{610} = 1{,}07 > 0{,}85;$$

$$Z_3 = \frac{780}{951} = 0{,}82 < 0{,}85;$$

$$Z_4 = \frac{450}{449} = 1{,}0 > 0{,}85.$$

Розраховуємо пропускну здатність досліджуваного перехрестя (вузла) для випадку тритактного світлофорного регулювання за формулою (4.31):

$$Z_{вузла} = \frac{N_{загі}}{P_{бі}} < 0{,}85 \qquad (4.31)$$

$$Z_{вузла} = \frac{2930}{3188} = 0{,}92 > 0{,}85.$$

Результати розрахунку параметрів руху окремих перетинів і вузла в цілому заносимо в табл. 4.3.

**Таблиця 4.3** – Результати розрахунку параметрів руху окремих перетинів і вузла в цілому

| № перетину | Напрямки руху | Фактична інтенсивність, авт./год | 3 – тактне регулювання | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | пропускна здатність, $P_б$ авт./год | рівень завантаження, $Z$ | оцінка завантаження |
| 1 | Праворуч, $P_2$ | 200 | 181 | 1,10 | >0,85 |
| | Прямо $P_1$ | 700 | 816 | 0,86 | >0,85 |
| | Ліворуч $P_3$ | 150 | 181 | 0,83 | <0,85 |
| Всього на перетині | | 1050 | 1178 | 0,89 | >0,85 |
| 2 | Праворуч, $P_2$ | 200 | 181 | 1,10 | >0,85 |
| | Прямо $P_1$ | 300 | 429 | 1,05 | >0,85 |
| | Ліворуч $P_3$ | 150 | | | |
| Всього в перетині | | 650 | 610 | 1,07 | >0,85 |
| 3 | Праворуч, $P_2$ | 80 | 770 | 0,88 | >0,85 |
| | Прямо $P_1$ | 600 | | | |
| | Ліворуч $P_3$ | 100 | 181 | 0,55 | <0,85 |
| Всього в перетині | | 780 | 951 | 0,82 | <0,85 |
| 4 | Праворуч, $P_2$ | 100 | | | |
| | Прямо $P_1$ | 300 | | | |
| | Ліворуч $P_3$ | 50 | | | |
| Всього в перетині | | 450 | 449 | 1,00 | >0,85 |
| Разом по вузлу | | 2930 | 3188 | 0,92 | >0,85 |

**ВИСНОВОК.** Якщо рівень завантаження для 3-тактного регулювання на всіх перетинах більший від 0,85, це свідчить про те, що пропускна здатність магістралі на перетині стоп-лінії, а також на вузлі, в цілому вичерпана.

Для поліпшення роботи вузла потрібна перевірка оптимальності режиму регулювання, можливе збільшення кількості смуг руху в завантажених напрямках.

У результаті розрахунків визначено пропускну здатність регульованого перехрестя та рівень його завантаження. Встановлено, що при двотактному регулюванні перехрестя працює ефективно та має резерв пропускної здатності. При тритактному регулюванні спостерігається перевантаження

окремих напрямків, що свідчить про необхідність оптимізації режиму світлофорного регулювання або зміни організації руху.

### Питання для самоперевірки та контролю знань

1. Що розуміють під пропускною здатністю регульованого перехрестя?
2. Які основні фактори впливають на пропускну здатність транспортного вузла?
3. Як визначається пропускна здатність однієї смуги руху? Наведіть формулу та поясніть її складові.
4. Який фізичний зміст параметрів $t_з$, $t_а$, $t_с$ та $T_ц$?
5. Як впливає склад транспортного потоку (частка вантажних автомобілів та автобусів) на пропускну здатність?
6. Як визначається пропускна здатність перехрестя за наявності двох смуг руху?
7. Яку роль відіграє коефіцієнт $\eta$ і від чого він залежить?
8. Як визначається частка лівоповоротного руху та як вона впливає на пропускну здатність?
9. У яких випадках використовується коефіцієнт $\eta_л$ та як він обчислюється?
10. Як враховується вплив правоповоротного руху при розрахунках?
11. У чому особливості розрахунку пропускної здатності за наявності додаткових фаз світлофора?
12. Як визначається пропускна здатність для три- та чотиритактного регулювання?
13. Які особливості розрахунку пропускної здатності Т-подібних перехресть?
14. Як враховується вплив трамвайного руху на пропускну здатність перехрестя?
15. Як визначається час проходження перехрестя трамваєм?
16. Що таке рівень завантаження перехрестя і як він розраховується?

17. Які допустимі значення рівня завантаження для двотактного та тритактного регулювання?

18. Що свідчить про перевантаження перехрестя?

19. Які заходи можна запропонувати для підвищення пропускної здатності перехрестя?

20. Як впливає кількість фаз світлофорного регулювання на ефективність роботи перехрестя?

21. Чому збільшення кількості фаз може призводити до зниження пропускної здатності?

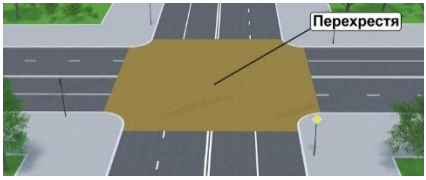
22. Як результати розрахунків використовуються для оцінки організації дорожнього руху?

## 4.2. Визначення пропускної здатності на нерегульованому перехресті та перехресті з круговим рухом

**Мета роботи:** набуття навичок з визначення пропускної здатності на нерегульованому перехресті та кільцевих вузлах.

### Теоретичні відомості

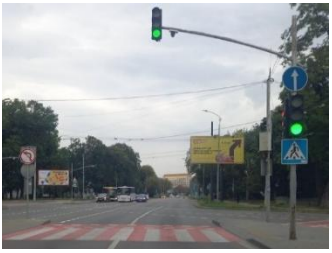
Місце перехрещення, прилягання або розгалуження доріг на одному рівні, межею якого є уявні лінії між початком заокруглень країв проїзної частини кожної з доріг називається ***перехрестям*** (рис. 4.13).



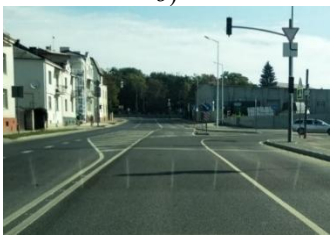

*а*)



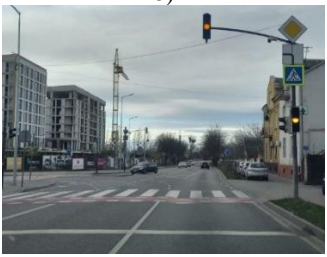
*б*)



*в*)



*г*)



*д*)



*е*)

**Рисунок 4.13 –** Різновиди перехресть
*а* – чотиристоронне перехрестя; *б* – перехрестя з круговим рухом; *в* – регульоване перехрестя; *г* – нерегульоване перехрестя;

Перехрестя, де черговість проїзду визначається сигналами світлофора чи регулювальника, вважається регульованим (рис. 4.13 *в*).

У разі вимкнення світлофора (рис. 4.13 *г*) або його роботи в режимі миготіння сигналу жовтого кольору (рис. 4.13 *д*) та відсутності регулювальника перехрестя вважається нерегульованим. На таких перехрестях водії повинні керуватись правилами проїзду нерегульованих перехресть та установленими на перехресті знаками пріоритету.

***Нерівнозначні перехрестя*** – це перехрестя де одна із доріг має тверде покриття (*вважається головною*), а інша не має покриття (*вважається другорядною*), або перед перетином рівнозначних доріг встановлені знаки пріоритету, що визначають порядок (*черговості*) проїзду цього перехрестя (рис. 4.13 *е*).

Планувальні рішення транспортних вузлів залежать від класу магістралей, що утворюють вузол та їх транспортного завантаження. Розрахунок пропускної здатності та рівнів завантаження необхідні для вибору найбільш раціонального способу організації руху за інтенсивності транспортних потоків, що склалась. В основу розрахунку пропускної здатності нерегульованих і саморегульованих вузлів покладена теорія руху транспортних потоків, що визначає закономірності розподілу інтервалів між автомобілями в транспортному потоці.

У реальних умовах пропускну здатність вулиці визначає найменша пропускна здатність однієї з її ділянок або перетинів (*перехресть, звужень проїзної частини, мостів, шляхопроводів, кривих у плані, підйомів, спусків, ділянок різкого зниження швидкостей руху, зон злиття і переплетення потоків*).

Для визначення пропускної здатності перехрестя розглянемо розрахункову схему руху автомобілів на вулицях, що перетинаються (рис. 4.14).

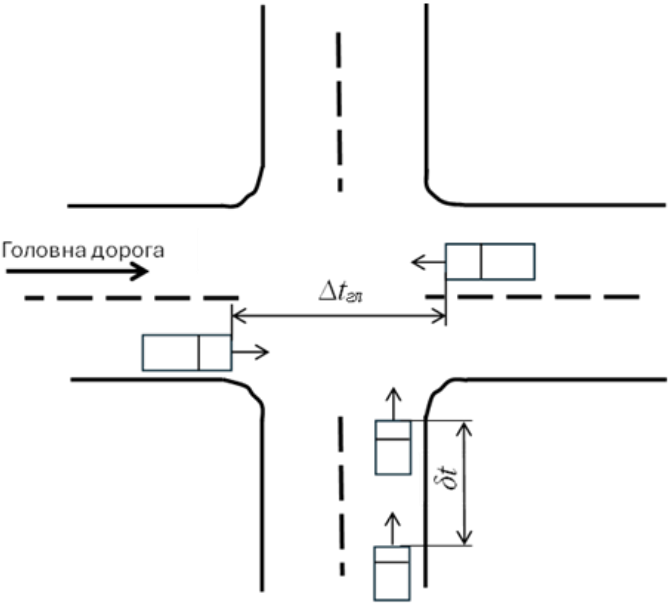



**Рисунок 4.14 –** Розрахункова схема перехрестя

На рисунку 4.14 зображена схема нерівнозначного перехрестя, тому, автомобілі другорядного напрямку перетинають головний потік лише за наявності в ньому достатньо великих проміжків часу для маневрування.

Відповідно до даних спостережень проміжок в головному потоці ($\Delta t_{гол}$) вважається достатнім для виконання маневру автомобілем другорядного напряму за умови, якщо $\Delta t_{гол} > \Delta t_{гр}$, де $\Delta t_{гр}$ – граничний інтервал між автомобілями в потоці на головній дорозі, у випадку появи якого автомобіль, що чекає на другорядній вулиці може виконати маневр перетину або злиття.

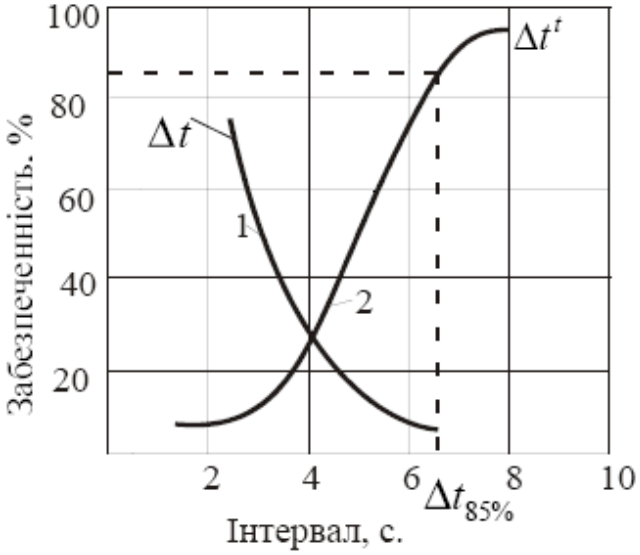



**Рисунок 4.15** – Визначення граничного інтервалу
1– знехтувані водіями інтервали; 2 – прийняті інтервали

У головному потоці є інтервали між автомобілями різної довжини, тому можуть з'являтись $\Delta t_{гол}$ у декілька разів більші, ніж $\Delta t_{гр}$. У цьому випадку за час одного проміжку можуть пройти декілька автомобілів другорядного напряму. Кількість автомобілів другорядної вулиці, що пройшли через основний потік протягом одного інтервалу $\Delta t_{гол}$, залежить від його тривалості. Величина цього інтервалу визначається з урахуванням того, що він буде прийнятний більш ніж для 85% водіїв і рівний $\Delta t_{гр}$ = 6,5 с (рис. 4.15).

Загальне число всіх автомобілів другорядного напрямку, що пройшли за час інтервалів $\Delta t_{гол} > \Delta t_{гр}$, дасть пропускну здатність перетину із заданою інтенсивністю головного напрямку.

Знаючи функцію розподілу інтервалів в основному потоці, можна визначити кількість інтервалів різної

тривалості $\Delta t_{гол}$ для пропуску $i$-ї кількості автомобілів і, отже, пропускну здатність другорядного напрямку за формулою:

$$P_{др} = \frac{N \cdot e^{-m\Delta t_{гр}}}{1-e^{-m\delta t}}, \quad (4.32)$$

де $P_{др}$ – максимальна пропускна здатність однієї смуги руху другорядного напрямку; $N$ – інтенсивність руху автомобілів по головній вулиці в двох напрямках; $e$ – основа натурального логарифма; $m$ – математичне очікування числа автомобілів в даному напрямку за одиницю часу (за секунду); $\delta t$ – інтервали між автомобілями, що входять в перетин з другорядної вулиці.

Згідно з дослідними даними $\delta t$ змінюється в межах від 4,2 до 2,2 с.

У випадку збільшення кількості легкових автомобілів $\delta t$ зменшується (табл. 4.4).

**Таблиця 4.4 –** Інтервали між автомобілями другорядного напрямку

| Склад потоків, що перетинаються | Довжина лінії злиття, м | | |
|---|---|---|---|
| | 30–40 | 50–75 | більше 150 |
| | Інтервали $\delta t$, с | | |
| 100% вантажних | 4,2 | 3,8 | 3,6 |
| 10% легкових | 4,1 | 3,7 | 3,5 |
| 25% легкових | 3,95 | 3,55 | 3,3 |
| 50% легкових | 3,7 | 3.3 | 2,9 |
| 75% легкових | 3,4 | 3,1 | 2,6 |
| 100% легкових | 3,1 | 2,8 | 2,2 |

Величина граничного інтервалу визначається залежно від швидкості руху в зоні переплетення і довжини лінії злиття (табл. 4.5).

**Таблиця 4.5** – Значення граничного інтервалу

| Швидкість руху в зоні перетинання, км/год | Довжина лінії злиття, м | | |
|---|---|---|---|
| | 35 | 55 | 130–185 |
| | Інтервали $\Delta t_{гр}$, с | | |
| 20 | 9,0 | 8,4 | 7,8 |
| 30 | 7,0 | 5,8 | 4,0 |
| 40 | 7,0 | 4,0 | 3.5 |
| 50 | 9,0 | 6,4 | 4,5 |
| 60 | 12 | 9,0 | 6,8– |
| 70 | – | 12 | 9,2 |

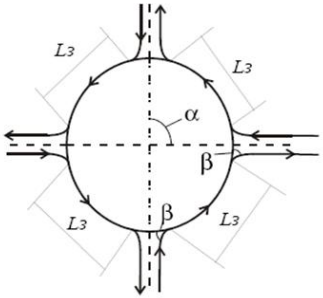
Математичне очікування числа автомобілів певного напрямку за одиницю часу визначається за формулою:

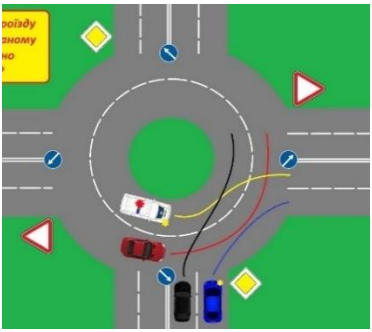
$$m = \frac{\sum N_i}{3600}, \qquad (4.33)$$

де $N_i$ – інтенсивність транспортних потоків на перехресті, авт./год.

Кільцевим саморегульованим вузлом називається вузол, в якому рух транспортних засобів здійснюється навколо центрального острівця в одному напрямку проти годинникової стрілки (рис. 4.13 *б*).

Частина кільцевого проїзду, на якому зливаються і розплітаються транспортні потоки, називається лінією злиття (рис. 4.16, 4.17). Під час злиття відбувається зміна смуг і напрямку руху.



*$L_з$* – лінії злиття

**Рисунок 4.15** – Схема кільцевого саморегульованого вузла (перехрестя з круговим рухом)

Пропускна здатність кільцевого саморегульованого вузла визначається пропускною здатністю лінії злиття. Вона визначається на підставі теорії транспортних потоків як для ділянки переплетення. На ділянках переплетення напрямки діляться на головний і другорядний. Маневр переплетення належить до найскладніших і складається з трьох видів маневрувань: злиття, зміни смуги і виходу з потоку (рис. 4.15).

На перетині транспортні потоки під час руху перетворені в злиття або відхилення під кутом (рис. 4.15).

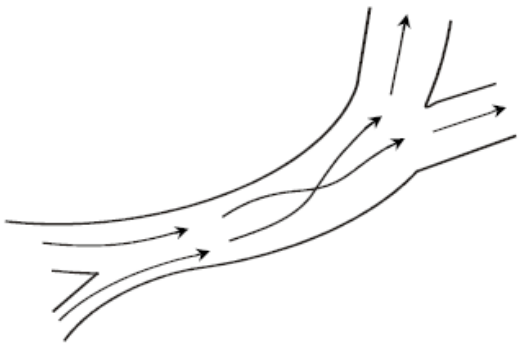


**Рисунок 4.16** – Ділянка переплетення транспортних потоків

Безпека руху і пропускна здатність ліній злиття визначаються їх довжиною. Довжину зони можна вважати достатньою, якщо вона дозволяє плавний вхід в головний потік під кутом $\beta$ не більше 10° і не обмежує маневри зміни смуги руху. Такі зони переплетення мають максимальну пропускну здатність. Маневр переплетення стає можливим, якщо в головному напрямку з'являються інтервали $\Delta t_{гол} > \Delta t_{гр}$. Максимальна пропускна здатність може бути отримана, якщо всі інтервали $\Delta t_{гол} > \Delta t_{гр}$ будуть повністю використані.

Якщо відома закономірність розподілу інтервалів між автомобілями в головному напрямку, то можна визначити кількість інтервалів $\Delta t_{гол} > \Delta t_{гр}$, а отже, і пропускну здатність зони переплетення за формулою:

$$P_{зл} = N\left(1 + \frac{e^{-m\Delta t_{гр}}}{1-e^{-m\delta t}}\right), \quad (4.34)$$

де $P_{зл}$ – пропускна здатність лінії злиття, од./год.

Пропускна здатність кільцевого вузла визначається за формулою:

$$P_{кв} = 2\bar{P}_{зл} \cdot \lambda, \quad (4.35)$$

де $\bar{P}_{зл}$ – пропускна здатність ліній злиття (середнє значення для вузла); $\lambda$ – коефіцієнт, що враховує інтенсивність правоповоротного руху.

Коефіцієнт, що враховує інтенсивність правоповоротного руху, визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{4} N'_{iзл} + \sum_{i=1}^{4} N_n}{\sum_{i=1}^{4} N'_{iзл}}, \quad (4.36)$$

де $N_n$ – інтенсивність правоповоротного руху на вулицях, що входять у вузол; $N_{зл}$ – загальна інтенсивність руху на вулицях, що входять у вузол.

Завантаженість перетинів другорядного напрямку $Z_i$ нерегульованого перехрестя визначається за формулою:

$$Z_i = \frac{N_i}{P_{др} \cdot k_б}, \quad (4.37)$$

де $N_i$ – інтенсивність руху в приведених одиницях (*значення $N_2$, $N_4$ згідно з інд. Завданням у табл. К.1*); $P_{др}$ – максимальна пропускна здатність однієї смуги руху другорядного напрямку; $k_б$ – коефіцієнт багатосмуговості (для $n$ =1, $k_б$ = 1; для $n$ = 2, $k_б$ = 1,9; для $n$ = 3, $k_б$ = 2,7; для $n$ = 4, $k_б$ = 3,5).

Завантаженість кожного перетину перехрестя з круговим рухом визначається за формулою:

$$Z_i = \frac{N'_i}{P_{злі}}, \quad (4.38)$$

де $N'_i$ – інтенсивність на лінії злиття $i$-го напрямку без правоповоротних потоків, авт./год; $P_{злі}$ – пропускна здатність лінії злиття $i$-го напрямку, од./год.

Рівень завантаження $Z_{кв}$ кільцевого вузла (перехрестя з круговим рухом) за формулою:

$$Z_{кв} = \frac{\sum_{i=1}^{4} N_{голі}}{P_{кв}}, \quad (4.39)$$

де $N_{голі}$ – інтенсивність руху транспортних засобів, що входять в перехрестя з круговим рухом у головному напрямку без врахування правоповоротних потоків, авт./год; $P_{кв}$ – пропускна здатність кільцевого вузла, авт./год.

**Примітка 1.** Для рівня завантаження $Z$ = 0,3–0,45 спостерігається найстійкіший за характеристиками руху стан потоку. Зміна смуг руху практично не обмежена. Для рівня завантаження $Z$ = 0,8 спостерігається граничне насичення потоку, рух потоку нестійкий, постійно утворюються затори, зміна смуг ускладнена, середня швидкість дорівнює 10–12 км/год, зростають транспортні витрати. За рівня завантаження $Z$ = 0,8 пропускна здатність практично вичерпана.

За умови коли $Z$ > 0,8, пропускна здатність вважається вичерпаною.

Чим ближче значення $Z$ до 1, тим вища щільність транспортного потоку, нижча швидкість, складніші умови руху. При $Z$ = 1 утворюється затор руху.

## Завдання

1. Визначити пропускну здатність $P_{др}$ нерегульованого перехрестя.
2. Визначити рівні завантаження перетинів другорядного напрямку $Z_i$.
3. Зробити висновок про вичерпаність пропускної здатності перетинів другорядного напрямку.
4. Визначити пропускну здатність кільцевого вузла $P_{кв}$ (перехрестя з круговим рухом).
5. Зробити висновок по роботі.

## Послідовність виконання завдання

Пропускну здатність нерегульованого перехрестя визначити згідно з індивідуальним завданням (дод. К, табл. К.1, К.2).

Варіант завдання вибирається згідно порядкового номера по списку.

1. Зобразити схему досліджуваного нерегульованого перехрестя (рис. 4.17) вказавши на ній кількість смуг згідно з індивідуальним завданням.

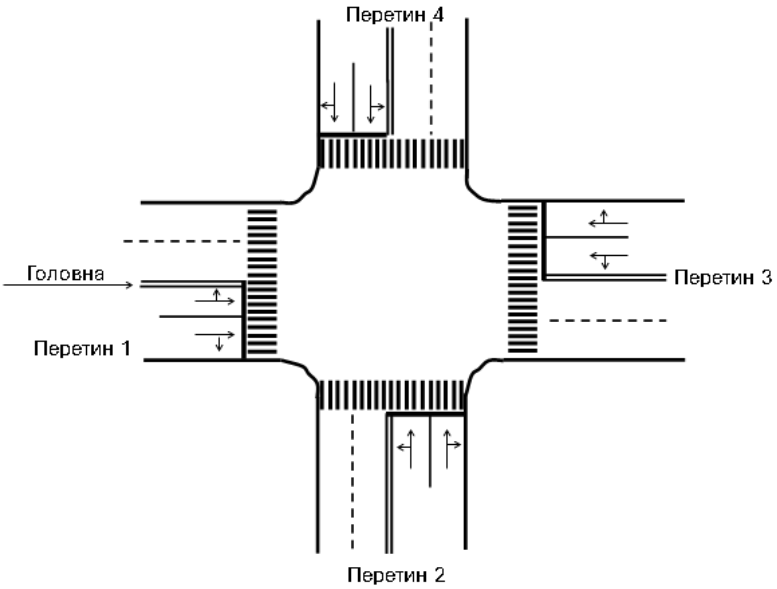



**Рисунок 4.17** – Схема досліджуваного нерегульованого нерівнозначного перехрестя

2. Визначити математичне очікування числа автомобілів головного напрямку часу за формулою (4.33).

3. Визначити максимальну пропускну $P_{др}$ здатність другорядного напрямку за формулою (4.32).

4. Визначити рівні завантаження перетинів другорядного напрямку $Z_i$ за формулою (4.37).

5. Зробити висновок про вичерпаність пропускної здатності перетинів другорядного напрямку.

Пропускну здатність кільцевого саморегульованого вузла визначити згідно з індивідуальним завданням (дод. К, табл. К.1, К.2).

Зобразити схему (рис. 4.18) кільцевого саморегульованого вузла (перехрестя з круговим рухом), указавши на ній інтенсивність руху згідно з індивідуальним завданням.

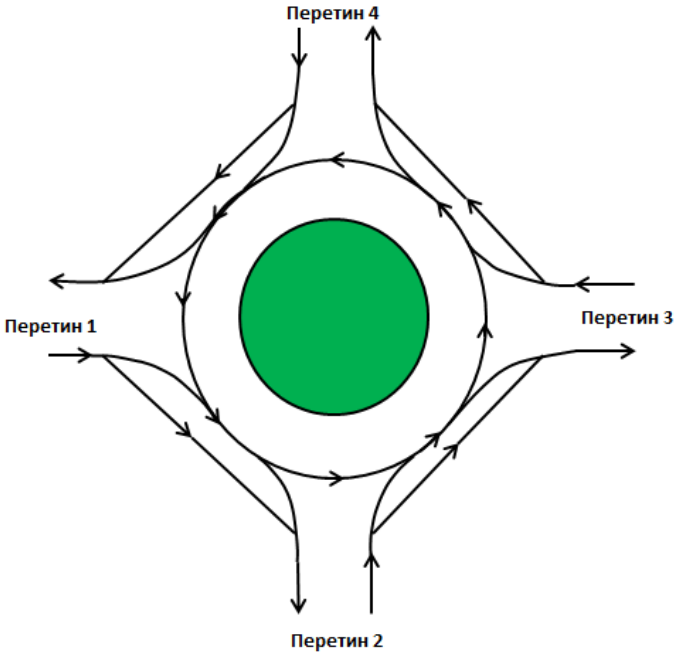



**Рисунок 4.18** – Схема кільцевого саморегульованого вузла (перехрестя з круговим рухом)

6. Для кільцевого саморегульованого вузла (перехрестя з круговим рухом) визначити математичне очікування числа автомобілів головного напрямку $m$ за формулою (4.33) та пропускну здатність лінії злиття $P_{злі}$ (4.34) без врахування правоповоротних потоків.

Інтервали між автомобілями $\delta t$, що входять в перетин з другорядної вулиці приймаємо згідно з дод. К, табл. К.1, значення граничного інтервалу приймаємо згідно з дод. К, табл. К.2.

7. Визначити рівень завантаження кожного перетину перехрестя з круговим рухом за формулою (4.38).

8. Визначити коефіцієнт $\lambda$, що враховує інтенсивність правоповоротного руху за формулою (4.36).

9. Визначити пропускну здатність кільцевого вузла за формулою (4.35).

10. Визначити рівень завантаження $Z_{кв}$ кільцевого вузла за формулою (4.39).

11. Зробити висновок про вичерпаність пропускної здатності кожного з перетинів досліджуваного перехрестя з круговим рухом та рівень завантаження кільцевого вузла $Z_{кв}$ й запропонувати заходи щодо їх покращення.

## ПРИКЛАД розрахунку завдання
### Вихідні дані

Варіант завдання 0.

1. Зображаємо схему досліджуваного перехрестя, вказавши на ній кількість смуг та інтенсивність руху $N_i$ згідно з індивідуальним завданням (рис. 4.19).

Існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях:

перетин 1 → $N_1$ = 550 авт./год;

перетин 2 → $N_2$ = 250 авт./год;

перетин 3 → $N_3$ = 450 авт./год;

перетин 4 → $N_4$ = 350 авт./год.

Відсоток легкового транспорту в потоці – 80%.

Кількість смуг руху в перетинах: (*згідно з інд. Завданням у табл. К.2*) перетин 1 = 2; перетин 2 = 2; перетин 3 = 2; перетин 4 = 2.

Довжина лінії злиття – 35 м.

Швидкість руху – 30 км/год.

У складі потоку, що перетинається, 25% легкових автомобілів.

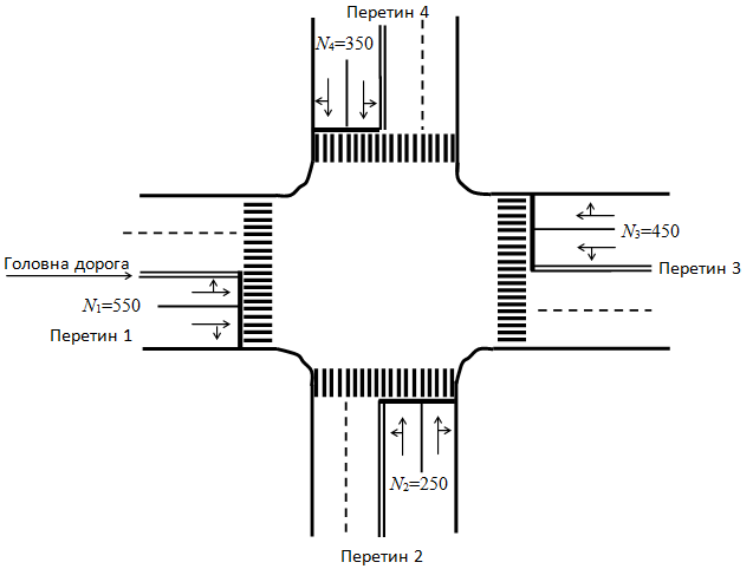



**Рисунок 4.19** – Розрахункова схема досліджуваного нерегульованого перехрестя

2. Визначаємо математичне очікування числа автомобілів головного напрямку за одиницю часу за формулою (4.33):

$$m = \frac{\sum N_i}{3600} = \frac{N_1 + N_3}{3600},$$

де $N_1$, $N_3$ – інтенсивність транспортних потоків на перехресті, авт./год

$$m = \frac{(550+450)}{3600} = 0{,}278.$$

3. Визначаємо максимальну пропускну здатність $P_{дp}$ другорядного напрямку за формулою (4.32):

$$P_{дp} = \frac{N \cdot e^{-m\Delta t_{гр}}}{1-e^{-m \cdot \delta t}},$$

де $N$ – інтенсивність руху автомобілів по головній вулиці в двох напрямках; $e$ – основа натурального логарифма, $e$ = 2,718; $m$ – математичне очікування числа автомобілів в даному напрямку за одиницю часу (за секунду); $\delta t$ – інтервали між автомобілями, що входять в перетин з другорядної вулиці (*табл. 4.4*), $\delta t$ = 3,95 с; $\Delta t_{гр}$ – граничні інтервали, $\Delta t_{гр}$ = 7,0 с.

$$P_{др} = \frac{1000 \cdot 2{,}718^{-0{,}278 \cdot 7}}{1 - 2{,}718^{-0{,}278 \cdot 3{,}95}} = \frac{142{,}87}{0{,}67} = 213{,}2 \approx 213 \text{ авт./год.}$$

4. Визначаємо рівні завантаження перетинів другорядного напрямку $Z_2$ і $Z_4$ за формулою (4.37):

$$Z_i = \frac{N_i}{P_{др} \cdot k_б},$$

$N_i$ – інтенсивність руху в приведених одиницях (*значення $N_2$, $N_4$ згідно з інд. Завданням у табл. К.1*); $P_{др}$ – максимальна пропускна здатність однієї смуги руху другорядного напрямку; $k_б$ – коефіцієнт багатосмуговості ($n$ = 2, отже $k_б$ = 1,9).

$$Z_2 = \frac{250}{213 \cdot 1{,}9} = 0{,}62;$$
$$Z_4 = \frac{350}{213 \cdot 1{,}9} = 0{,}86.$$

**ВИСНОВОК.** Оскільки $Z_2$ = 0,62 < 0,8 то пропускна здатність другого перетину не вичерпана. $Z_4$ = 0,86 > 0,8 – пропускна здатність четвертого перетину другорядного напрямку вичерпана.

6. Розраховуємо пропускну здатність кільцевого саморегульованого вузла (рис. 4.20) згідно з індивідуальним завданням (дод. К, табл. К.1, К.2).

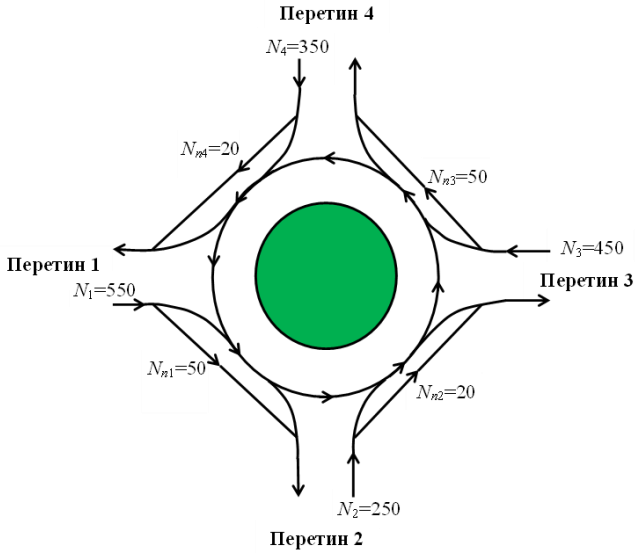
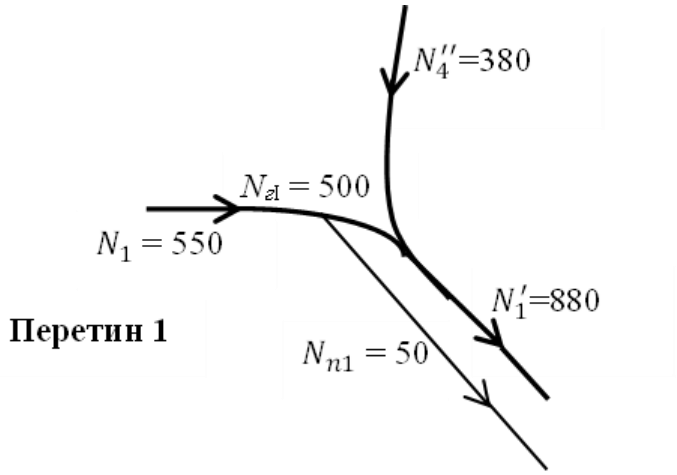



**Рисунок 4.20** – Розрахункова схема кільцевого саморегульованого вузла (перехрестя з круговим рухом)

Інтенсивність руху для правоповоротних потоків при в'їзді в перехрестя з круговим рухом згідно з індивідуальним завданням (табл. К.1, дод. К):

перетин 1 → $N_{n1}$ = 50 авт./год;
перетин 2 → $N_{n2}$ = 20 авт./год;
перетин 3 → $N_{n3}$ = 50 авт./год;
перетин 4 → $N_{n4}$ = 20 авт./год.

Для **перетину 1** визначаємо інтенсивність руху транспортних засобів у головному напрямку $N_{г\text{I}}$, $N_{г\text{I}} = N_1 - N_{n1}$ = 500 авт./год; інтенсивність на лінії злиття без правоповоротних потоків становить, $N_1' = N + N_4''$ = 880 авт./год.




Частка інтенсивності перетину 1

Визначаємо математичне очікування числа автомобілів головного напрямку $m$ за формулою (4.33) та пропускну здатність лінії злиття $P_{зл}$ (4.34) без врахування правоповоротних потоків. Інтервали між автомобілями $\delta t$, що входять в перетин з другорядної вулиці приймаємо $\delta t$ = 3,95 с (табл. К.1), значення граничного інтервалу приймаємо $\Delta t_{гр}$ = 7,0 с (табл. К.2).

$$m = \frac{N_i}{3600} = \frac{500}{3600} = 0{,}139.$$

Пропускну здатність лінії злиття (зони переплетення) $P_{зл}$ за формулою (4.34):

$$P_{зл} = N\left(1 + \frac{e^{-m\Delta t_{гр}}}{1-e^{-m\delta t}}\right),$$

де $P_{зл}$ – пропускна здатність лінії злиття, авт./год; $N$ – інтенсивність руху транспортних засобів у головному напрямку авт./год.

$$P_{зл1} = 500\left(1 + \frac{2{,}718^{-0{,}139\cdot 7{,}0}}{1-2{,}718^{-0{,}139\cdot 3{,}95}}\right) = 947 \text{ авт./год.}$$

Рівень завантаження **перетину 1** визначаємо за формулою (4.38):

$$Z_i = \frac{N_i'}{P_{злі}}.$$

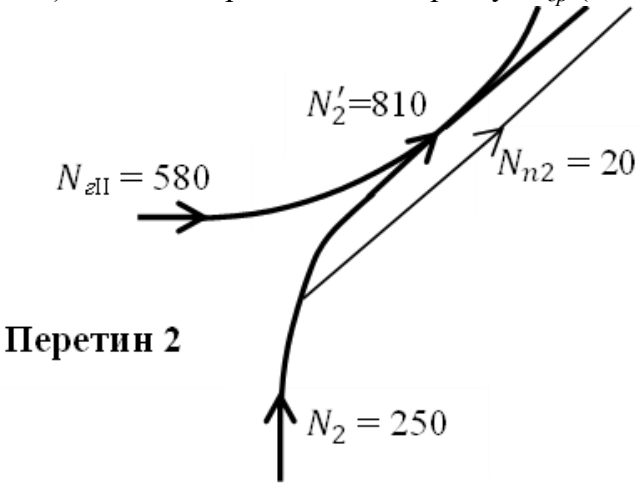
$$Z_1 = \frac{N_1'}{P_{зл1}} = \frac{880}{947} = 0{,}93.$$

На основі отриманого значення $Z_1$ зробити висновок про вичерпаність пропускної здатності лінії злиття перетину 1.

**Висновок.** Оскільки $Z_1$ = 0,93 > 0,8 – пропускна здатність лінії злиття вичерпана.

Аналогічні розрахунки виконуємо для перетинів 2, 3 і 4, попередньо встановивши для кожного з них інтенсивність у головному напрямку та на лінії злиття без правоповоротних потоків.

**Для перетину 2** інтенсивність в головному напрямку $N_{гII}$ становить, $N_{гII}$ = 580 авт./год; інтенсивність на лінії злиття без правоповоротних потоків $N_2'$ = 810 авт./год; інтервали між автомобілями $\delta t$, що входять в перетин з другорядної вулиці (табл. К.1); значення граничного інтервалу $\Delta t_{гр}$ (табл. К.2).




Частка інтенсивності перетину 2

Визначаємо математичне очікування $m$ числа автомобілів для **2 перетину** за формулою (4.33) та пропускну

здатність лінії злиття $P_{зл2}$ (4.34) без врахування правоповоротних потоків.

$$m = \frac{N_i}{3600} = \frac{580}{3600} = 0{,}161.$$

$$P_{зл2} = N\left(1 + \frac{e^{-m\Delta t_{гр}}}{1-e^{-m\delta t}}\right) = 580\left(1 + \frac{2{,}718^{-0{,}161\cdot 7{,}0}}{1-2{,}718^{-0{,}161\cdot 3{,}95}}\right) =$$

979авт./год.

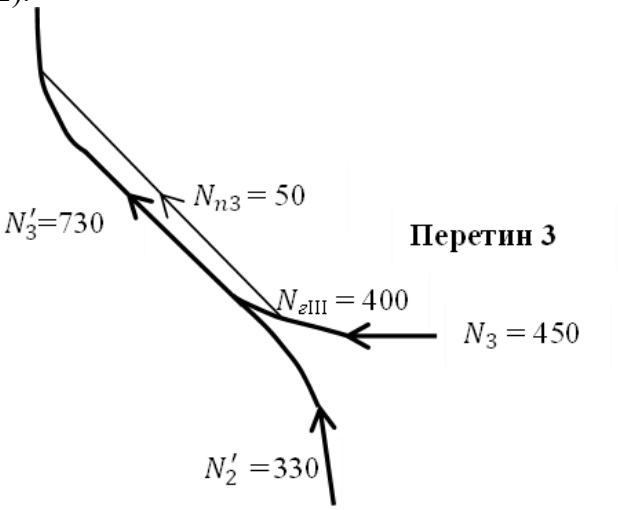
Визначаємо рівень завантаження **2 перетину** визначаємо за формулою (4.38):

$$Z_2 = \frac{N_2'}{P_{зл2}} = \frac{810}{979} = 0{,}83.$$

На основі отриманого значення $Z_2$ зробити висновок про вичерпаність пропускної здатності лінії злиття **2 перетину**.

**Висновок.** Оскільки $Z_2$ = 0,83 > 0,8 – пропускна здатність лінії злиття вичерпана.

**Для перетину 3** інтенсивність в головному напрямку $N_{гIII}$ становить $N_{гIII}$ = 400 авт./год; інтенсивність на лінії злиття без правоповоротних потоків $N_3'$ = 730 авт./год.; інтервали між автомобілями $\delta t$ = 3,95 с., що входять в перетин з другорядної вулиці (табл. К.1); значення граничного інтервалу $\Delta t_{гр}$ = 7,0 с. (табл. К.2).




Частка інтенсивності перетину 3

Визначаємо математичне очікування $m$ числа автомобілів для **3 перетину** за формулою (4.33) та пропускну здатність лінії злиття $P_{зл3}$ (4.34) без врахування правоповоротних потоків.

$$m = \frac{N_i}{3600} = \frac{400}{3600} = 0{,}111.$$

$$P_{зл3} = N\left(1 + \frac{e^{-m\Delta t_{гр}}}{1-e^{-m\delta t}}\right) = 400\left(1 + \frac{2{,}718^{-0{,}111\cdot 7{,}0}}{1-2{,}718^{-0{,}111\cdot 3{,}95}}\right) = 918 \text{ авт.}$$

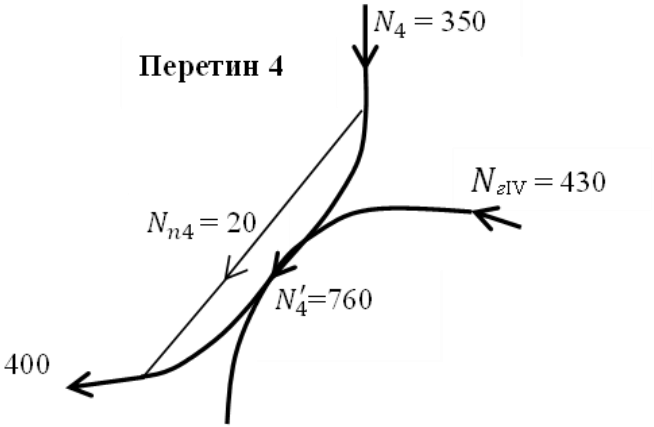
Рівень завантаження **3 перетину** визначаємо за формулою (4.38):

$$Z_3 = \frac{N_3'}{P_{зл3}} = \frac{730}{918} = 0{,}8.$$

На основі отриманого значення $Z_3$ зробити висновок про вичерпаність пропускної здатності лінії злиття для **3 перетину**.

**Висновок.** Оскільки $Z_3 = 0{,}8 = 0{,}8$ – пропускна здатність лінії злиття практично вичерпана, але для рівня завантаження спостерігається граничне насичення потоку, рух потоку нестійкий, постійно утворюються затори, зміна смуг ускладнена, середня швидкість дорівнює 10–12 км/год, зростають транспортні витрати.

**Для перетину 4** інтенсивність в головному напрямку $N_{гIV}$ становить $N_{гIV}$ = 430 авт./год; інтенсивність на лінії злиття без правоповоротних потоків $N_4'$ = 760 авт./год; інтервали між автомобілями, що входять в перетин з другорядної вулиці $\delta t$ = 3,95 с.; значення граничного інтервалу $\Delta t_{гр}$ = 7,0 с.




Частка інтенсивності перетину 4

Визначаємо математичне очікування $m$ числа автомобілів для **4 перетину** за формулою (4.33) та пропускну здатність лінії злиття $P_{зл4}$ (4.34) без врахування правоповоротних потоків.

$$m = \frac{N_i}{3600} = \frac{430}{3600} = 0{,}119.$$

$$P_{зл4} = N\left(1 + \frac{e^{-m\Delta t_{гр}}}{1-e^{-m\delta t}}\right) = 430\left(1 + \frac{2{,}718^{-0{,}119\cdot 7{,}0}}{1-2{,}718^{-0{,}119\cdot 3{,}95}}\right) = 929$$

авт./год.

Рівень завантаження 4 перетину визначаємо за формулою (4.38):

$$Z_4 = \frac{N'_4}{P_{зл4}} = \frac{760}{929} = 0{,}82.$$

На основі отриманого значення $Z_4$ робимо висновок про вичерпаність пропускної здатності лінії злиття перетину 4.

**Висновок.** Оскільки $Z_4$ = 0,82 > 0,8 – пропускна здатність лінії злиття вичерпана.

6. Визначаємо коефіцієнт $\lambda$, що враховує інтенсивність правоповоротного руху за формулою (4.36):

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{4} N'_{iзл} + \sum_{i=1}^{4} N_n}{\sum_{i=1}^{4} N'_{iзл}}$$

де $N_n$ – інтенсивність правоповоротного руху на вулицях, що входять у вузол; $N'_{ізл}$ – загальна інтенсивність руху на вулицях, що входять у вузол.

$$\lambda = \frac{880+810+730+760+50+20+50+20}{880+810+730+760} = \frac{3320}{3180} = 1{,}044.$$

7. Визначаємо пропускну здатність кільцевого вузла за формулою (4.35):

$$P_{кв} = 2\bar{P}_{зл} \cdot \lambda,$$

де $\bar{P}_{зл}$ – пропускна здатність ліній злиття (середнє значення для вузла); $\lambda$ – коефіцієнт, що враховує інтенсивність правоповоротного руху.

Пропускна здатність ліній злиття визначається (середнє значення для досліджуваного вузла):

$$\bar{P}_{зл} = \frac{P_{зл1} + P_{зл2} + P_{зл3} + P_{зл4}}{4}$$

$$\bar{P}_{зл} == \frac{947+979+918+929}{4} = 943{,}25 \approx 943 \text{ авт./год.}$$

Тоді, пропускна здатність кільцевого вузла:

$$P_{кв} = 2 \cdot 943 \cdot 1{,}044 = 1968{,}9 \approx 1969 \text{ авт.}$$

Визначаємо рівень завантаження кільцевого вузла за формулою (4.39):

$$Z_{кв} = \frac{\sum_{i=1}^{4} N_{гол_i}}{P_{кв}},$$

де $N_{гол_i}$ – інтенсивність руху транспортних засобів, що входять в перехрестя з круговим рухом у головному напрямку без врахування правоповоротних потоків, авт./год.; $P_{кв}$ – пропускна здатність кільцевого вузла, авт./год.

$$Z_{кв} = \frac{500+580+400+430}{1969} = 0{,}97.$$

**Висновок.** Рівень завантаження кільцевого вузла $Z_{кв}$ = 0,97>0,8, отже пропускна здатність кільцевого вузла вичерпана.

**Питання для самоперевірки та контролю знань**

1. Що називається перехрестям?
2. Які види перехресть ви знаєте?
3. Яке перехрестя називається регульованим?
4. Яке перехрестя називається нерегульованим?
5. Що таке пропускна здатність перехрестя?
6. Від чого залежить пропускна здатність нерегульованого перехрестя?
7. Що таке граничний інтервал $\Delta t_{гр}$?
8. Що називається лінією злиття?
9. Що таке кільцевий саморегульований вузол?
10. Що характеризує рівень завантаження перетину *Z*?
11. За якої умови пропускна здатність перехрестя вважається вичерпаною?

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кашканов А. А. Організація дорожнього руху/ А. А. Кашканов, В. П. Кужель. Вінниця : ВНТУ, 2017. 126 с

2. Організація та регулювання дорожнього руху : підручник / [О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов та ін.]; за заг. ред. В. П. Поліщука. Київ: Знання України, 2016. 467 с.

3. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. / О. О. Лобашов, О. В. Прасоленко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків : ХНАМГ, 2011. 221 с.

4. Парасюк В.М., Демків Р.Я., Когут В.М. Безпека дорожнього руху: навч. посіб. Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2022. 340 с.

5. Бакуліч О.О., Дзюба О.П., Єрохов В.І. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник. Київ: Знання України, 2012. 467с.

6. Мигаль Г. В., Протасенко О. Ф. Безпека та організація дорожнього руху: навч. посіб. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського, 2021. 85 с.

7. Безпека дорожнього руху : навчальний посібник / А. А. Кашканов, О. Г. Грисюк, І. І. Гуменюк. Вінниця : ВНТУ, 2017. 90 с.

8. Засоби організації дорожнього руху. *Дорожні знаки*: навч. Посіб. Вид. 2-ге, доповнене / В.В. Шевчук, О.М. Сукач., О.С. Миронюк. Львів: *Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*, 2025. 130 с.: іл. ISBN 978-617-8654-01-6

9. Шевчук В.В. Сукач О.М., Миронюк О.С. Правила та безпека дорожнього руху. Навч. практикум. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2022. 228 с.: іл.

10. Шевчук В.В., Сукач О.М., Миронюк О.С. Засоби організації дорожнього руху. Розділ Дорожні знаки: навч. посіб. Львів, 2021. 124 с. Деп. в ДНТБ України 21.04.2022, № 255 – РІД(н)Ук 2022 (з оприлюдненням).

11. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану : Навчальний посібник / КОВАЛЬ М.С. та ін.; за заг. Ред. Коваля М.С. Львів : ЛДУБЖД, 2023. 308с.

12. Настанова з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС України: затверджена наказом ДСНС України №432 від 27.06.2013 р.

13. ДСТУ 4100:2021 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування.

14. ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови.

15. ДСТУ 4092-2002 Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосовування та вимоги безпеки.

16. Шевчук В.В., Здобицький А.Я., Бачинська І.В., Головенко А.А. Визначення параметрів поперечної стійкості та гальмівного шляху автомобілів ОРС ЦЗ за різних режимів руху. Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-16 квітня 2026 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2026. С. 542-545.

17. Ірина БАЧИНСЬКА, Віктор ШЕВЧУК. Аналіз ДТП за участі транспортних засобів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни: Зб. наук. праць XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. Львів: ЛДУБЖД, 2026. С. 335-339.

18. Шевчук В.В., Піндер В.Ф., Бачинська І.В. Визначення параметрів поперечної стійкості вантажних автомобілів під час руху криволінійними ділянками дороги. Матеріали XIII-ої Міжнародної науково-технічної інтернет конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 15-17 квітня 2025 року : збірник

наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.] Вінниця: ВНТУ, 2025. С. 412-415. ISBN 978-617-8163-47-1 (PDF).

19. Ірина Бачинська, Віктор Шевчук. Поперечна стійкість автомобілів, як складова безпеки дорожнього руху. Міжнародна науково-практична конференція «Транспортні системи та технології»: тези доповідей, 15–16 травня 2025 року. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2025. С. 46–48 – Режим доступу: https://drive.google.com/drive/folders/1cuunzthh_ure2TQm154yi4bBPoaPraAq?usp =sharing, вільний. ISBN 978-966-994-056-8.

20. Шевчук В.В., Бачинська І.В. Дослідження параметрів обгону. Матеріали XVIII-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 20-22 жовтня 2025 року : збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.] Вінниця: ВНТУ, 2025. С. 518-521. ISBN 978-617-8163-71-6 (PDF).

21. Ірина БАЧИНСЬКА, Віктор ШЕВЧУК. Дослідження безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 грудня 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 180-181.

22. Ірина БАЧИНСЬКА, Віктор ШЕВЧУК. Методика дослідження кількісного аналізу дорожньо-транспортних пригод. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення : збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 грудня 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 211-212.

## Додаток А

Вихідні дані для розрахунку кількісного і якісного аналізу дорожньо-транспортних пригод

**Таблиця А.1**

Довжина дуги транспортної мережі $l_{i-j}$, км

| Позначення довжини дуги, $l_{i-j}$ | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $l_{1-2}$ | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 0,8 | 1,1 | 1,3 | 0,6 | 1,0 | 0,8 | 0,9 |
| $l_{2-3}$ | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 0,8 | 1,7 | 2,6 | 0,7 | 2,1 | 1,4 | 0,9 | 2,2 |
| $l_{2-4}$ | 1,9 | 2,2 | 1,4 | 2,3 | 1,1 | 0,6 | 2,0 | 1,5 | 1,8 | 1,7 | 1,4 |
| $l_{3-4}$ | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 1,6 | 0,5 | 1,3 | 1,1 | 1,2 | 1,7 | 0,4 | 0,6 |
| $l_{3-5}$ | 2,1 | 1,7 | 0,7 | 2,3 | 1,2 | 1,9 | 0,8 | 1,8 | 1,1 | 2,2 | 0,7 |
| $l_{3-8}$ | 2,7 | 1,9 | 2,5 | 1,3 | 2,6 | 3.2 | 3,5 | 2,4 | 1,6 | 2,4 | 2,5 |
| $l_{4-5}$ | 1,5 | 1,2 | 1,9 | 0,6 | 0,4 | 2,3 | 2,2 | 0,7 | 0,6 | 1,6 | 1,9 |
| $l_{4-6}$ | 2,3 | 3,2 | 1,4 | 3,4 | 1,9 | 1,2 | 2,7 | 2,6 | 3,1 | 2,5 | 1,4 |
| $l_{5-6}$ | 1,7 | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 0,9 | 1,8 | 0,6 | 0,7 | 2,1 | 2,3 | 1,2 |
| $l_{5-7}$ | 1,4 | 1,7 | 2,1 | 0,6 | 2,4 | 0,8 | 1,8 | 1,6 | 0,9 | 0,7 | 2,1 |
| $l_{6-7}$ | 1,2 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 1,2 | 1,7 | 1,4 | 1,6 | 2,0 | 2,4 |
| $l_{7-8}$ | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 2,4 | 2,6 | 1,8 | 0,9 | 2.1 | 2,3 | 0,8 | 2,0 |
| $l_{7-9}$ | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 0,6 | 0,7 | 1.2 | 1,6 | 1,3 | 1,4 | 0,9 | 1,0 |
| $l_{8-9}$ | 3,2 | 3,1 | 3,4 | 3,6 | 4,0 | 3,5 | 2,9 | 3,8 | 4,2 | 2,6 | 3,4 |

| Позначення довжини дуги, $l_{i-j}$ | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $l_{1-2}$ | 1,2 | 0,9 | 1,2 | 0,8 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | 0,7 | 0,8 | 0,6 |
| $l_{2-3}$ | 0,8 | 2,2 | 0,8 | 1,7 | 2,6 | 0,7 | 0,7 | 1,9 | 0,9 | 2,1 |
| $l_{2-4}$ | 2,3 | 1,4 | 2,3 | 1,1 | 0,6 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 1,7 | 1,5 |
| $l_{3-4}$ | 1,6 | 0,6 | 1,6 | 0,5 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 0,8 | 0,4 | 1,2 |
| $l_{3-5}$ | 2,3 | 0,7 | 2,3 | 1,2 | 1,9 | 0,8 | 0,8 | 1,7 | 2,2 | 1,8 |
| $l_{3-8}$ | 1,3 | 2,5 | 1,3 | 2,6 | 3.2 | 3,5 | 3,5 | 1,9 | 2,4 | 2,4 |
| $l_{4-5}$ | 0,6 | 1,9 | 0,6 | 0,4 | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 1,2 | 1,6 | 0,7 |
| $l_{4-6}$ | 3,4 | 1,4 | 3,4 | 1,9 | 1,2 | 2,7 | 2,7 | 3,2 | 2,5 | 2,6 |
| $l_{5-6}$ | 1,6 | 1,2 | 1,6 | 0,9 | 1,8 | 0,6 | 0,6 | 1,5 | 2,3 | 0,7 |
| $l_{5-7}$ | 0,6 | 2,1 | 0,6 | 2,4 | 0,8 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 0,7 | 1,6 |

**Продовження табл. А1**

| Позначення довжини дуги, $l_{i-j}$ | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $l_{6-7}$ | 2,1 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 1,2 | 1,7 | 1,7 | 2,2 | 2,0 | 1,4 |
| $l_{7-8}$ | 2,4 | 2,0 | 2,4 | 2,6 | 1,8 | 0,9 | 0,9 | 1,9 | 0,8 | 2.1 |
| $l_{7-9}$ | 0,6 | 1,0 | 0,6 | 0,7 | 1.2 | 1,6 | 1,6 | 1,1 | 0,9 | 1,3 |
| $l_{8-9}$ | 3,6 | 3,4 | 3,6 | 4,0 | 3,5 | 2,9 | 2,9 | 3,1 | 2,6 | 3,8 |

**Таблиця А.2**

Кількість ДТП за рік на перехрестях мережі, $n_{ДТПі}$, одиниць

| Позначення перехрестя | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | 5 | 7 | 4 | 2 | 3 | 6 | 3 | 2 | 3 | 6 | 3 |
| 3 | 6 | 3 | 5 | 8 | 4 | 7 | 11 | 15 | 7 | 13 | 8 |
| 4 | 9 | 4 | 9 | 5 | 6 | 4 | 7 | 9 | 4 | 6 | 5 |
| 5 | 4 | 5 | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 4 | 5 | 6 | 3 |
| 6 | 15 | 9 | 10 | 2 | 8 | 16 | 5 | 12 | 10 | 8 | 8 |
| 7 | 4 | 6 | 5 | 7 | 4 | 6 | 3 | 4 | 2 | 5 | 4 |
| 8 | 12 | 14 | 15 | 11 | 13 | 12 | 10 | 11 | 13 | 14 | 11 |

| Позначення перехрестя | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 6 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 3 | 7 | 11 | 15 | 7 | 13 | 8 | 7 | 8 | 4 | 15 |
| 4 | 6 | 7 | 9 | 4 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 9 |
| 5 | 7 | 1 | 4 | 5 | 6 | 3 | 7 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | 5 | 5 | 12 | 10 | 8 | 8 | 5 | 2 | 8 | 12 |
| 7 | 4 | 3 | 4 | 2 | 5 | 4 | 4 | 7 | 4 | 4 |
| 8 | 10 | 10 | 11 | 13 | 14 | 11 | 10 | 11 | 13 | 11 |

**Таблиця А.3**

Інтенсивність руху на дугах транспортної мережі, $N_{i-j}$, од./добу

| Позначення інтенсивності руху на дузі, $N_{i-j}$ | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $N_{1-2}$ | 700 | 550 | 800 | 500 | 450 | 550 | 650 | 700 | 980 | 850 | 450 |
| $N_{2-1}$ | 700 | 950 | 500 | 600 | 850 | 550 | 650 | 700 | 995 | 850 | 850 |
| $N_{2-3}$ | 550 | 200 | 800 | 800 | 450 | 600 | 650 | 600 | 900 | 650 | 450 |
| $N_{3-2}$ | 700 | 650 | 900 | 600 | 650 | 700 | 750 | 600 | 600 | 700 | 650 |
| $N_{2-4}$ | 800 | 700 | 900 | 500 | 650 | 900 | 750 | 700 | 500 | 800 | 650 |
| $N_{4-2}$ | 550 | 400 | 500 | 800 | 850 | 800 | 600 | 850 | 400 | 900 | 850 |
| $N_{3-4}$ | 600 | 400 | 500 | 450 | 500 | 250 | 600 | 200 | 300 | 450 | 500 |
| $N_{4-3}$ | 400 | 550 | 600 | 250 | 450 | 300 | 650 | 250 | 200 | 500 | 450 |
| $N_{3-5}$ | 500 | 300 | 200 | 250 | 300 | 200 | 450 | 250 | 400 | 150 | 300 |
| $N_{5-3}$ | 650 | 500 | 300 | 150 | 400 | 300 | 500 | 200 | 300 | 200 | 400 |
| $N_{3-8}$ | 300 | 300 | 700 | 300 | 150 | 300 | 200 | 150 | 250 | 350 | 150 |
| $N_{8-3}$ | 500 | 400 | 600 | 400 | 300 | 250 | 200 | 150 | 150 | 300 | 300 |
| $N_{4-5}$ | 500 | 500 | 550 | 550 | 800 | 500 | 450 | 700 | 200 | 600 | 800 |
| $N_{5-4}$ | 400 | 400 | 400 | 600 | 700 | 600 | 500 | 650 | 300 | 700 | 700 |
| $N_{4-6}$ | 600 | 250 | 350 | 500 | 150 | 450 | 300 | 300 | 550 | 350 | 150 |
| $N_{6-4}$ | 350 | 200 | 200 | 550 | 400 | 300 | 150 | 550 | 250 | 400 | 400 |
| $N_{5-6}$ | 650 | 900 | 500 | 600 | 550 | 150 | 150 | 250 | 650 | 550 | 550 |
| $N_{6-5}$ | 450 | 650 | 450 | 500 | 400 | 250 | 150 | 200 | 600 | 700 | 400 |
| $N_{5-7}$ | 450 | 450 | 550 | 550 | 400 | 250 | 150 | 200 | 600 | 700 | 400 |
| $N_{7-5}$ | 700 | 800 | 550 | 600 | 550 | 300 | 400 | 150 | 350 | 200 | 550 |
| $N_{6-7}$ | 570 | 800 | 300 | 400 | 350 | 500 | 700 | 250 | 550 | 350 | 350 |
| $N_{7-6}$ | 300 | 800 | 500 | 350 | 450 | 450 | 550 | 450 | 200 | 550 | 450 |
| $N_{7-8}$ | 500 | 600 | 350 | 450 | 200 | 350 | 150 | 250 | 350 | 150 | 200 |
| $N_{8-7}$ | 400 | 500 | 600 | 350 | 250 | 400 | 350 | 200 | 400 | 100 | 250 |
| $N_{7-9}$ | 500 | 250 | 300 | 400 | 250 | 300 | 400 | 200 | 550 | 100 | 250 |
| $N_{9-7}$ | 600 | 400 | 250 | 500 | 450 | 300 | 150 | 200 | 200 | 350 | 450 |
| $N_{8-9}$ | 350 | 200 | 350 | 250 | 500 | 300 | 150 | 250 | 300 | 250 | 50 |
| $N_{9-8}$ | 450 | 200 | 500 | 250 | 250 | 300 | 350 | 200 | 250 | 150 | 250 |

**Продовження табл. А3**

| Позначення інтенсивності руху на дузі, $N_{i-j}$ | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $\underline{N_{1-2}}$ | 550 | 500 | 450 | 550 | 650 | 700 | 960 | 800 | 500 | 850 |
| $N_{2-1}$ | 550 | 600 | 850 | 550 | 650 | 700 | 990 | 500 | 600 | 850 |
| $\underline{N_{2-3}}$ | 600 | 800 | 450 | 600 | 650 | 600 | 900 | 800 | 800 | 650 |
| $N_{3-2}$ | 700 | 600 | 650 | 700 | 750 | 600 | 600 | 900 | 600 | 700 |
| $\underline{N_{2-4}}$ | 900 | 500 | 650 | 900 | 750 | 700 | 500 | 900 | 500 | 800 |
| $N_{4-2}$ | 800 | 800 | 850 | 800 | 600 | 850 | 400 | 500 | 800 | 900 |
| $\underline{N_{3-4}}$ | 250 | 450 | 500 | 250 | 600 | 200 | 300 | 500 | 250 | 600 |
| $N_{4-3}$ | 300 | 250 | 450 | 300 | 650 | 250 | 200 | 450 | 300 | 650 |
| $\underline{N_{3-5}}$ | 200 | 200 | 450 | 250 | 400 | 150 | 300 | 300 | 200 | 450 |
| $N_{5-3}$ | 300 | 300 | 500 | 200 | 300 | 200 | 400 | 400 | 300 | 500 |
| $\underline{N_{3-8}}$ | 300 | 300 | 200 | 150 | 250 | 350 | 150 | 150 | 300 | 200 |
| $N_{8-3}$ | 250 | 250 | 200 | 150 | 150 | 300 | 300 | 300 | 250 | 200 |
| $\underline{N_{4-5}}$ | 500 | 500 | 450 | 700 | 200 | 600 | 800 | 800 | 500 | 450 |
| $N_{5-4}$ | 600 | 600 | 500 | 650 | 300 | 700 | 700 | 700 | 600 | 500 |
| $\underline{N_{4-6}}$ | 450 | 450 | 300 | 300 | 550 | 350 | 150 | 150 | 450 | 300 |
| $N_{6-4}$ | 300 | 300 | 150 | 550 | 250 | 400 | 400 | 400 | 300 | 150 |
| $\underline{N_{5-6}}$ | 150 | 150 | 150 | 250 | 650 | 550 | 550 | 550 | 150 | 150 |
| $N_{6-5}$ | 250 | 250 | 150 | 200 | 600 | 700 | 400 | 400 | 250 | 150 |
| $\underline{N_{5-7}}$ | 250 | 250 | 150 | 200 | 600 | 700 | 400 | 400 | 250 | 150 |
| $N_{7-5}$ | 300 | 300 | 400 | 150 | 350 | 200 | 550 | 550 | 300 | 400 |
| $\underline{N_{6-7}}$ | 500 | 500 | 700 | 250 | 550 | 350 | 350 | 350 | 500 | 700 |
| $N_{7-6}$ | 450 | 450 | 550 | 450 | 200 | 550 | 450 | 450 | 450 | 550 |
| $\underline{N_{7-8}}$ | 350 | 350 | 150 | 250 | 350 | 150 | 200 | 200 | 350 | 150 |
| $N_{8-7}$ | 400 | 400 | 350 | 200 | 400 | 100 | 250 | 250 | 400 | 350 |
| $\underline{N_{7-9}}$ | 300 | 300 | 400 | 200 | 550 | 100 | 250 | 250 | 300 | 400 |
| $N_{9-7}$ | 300 | 300 | 150 | 200 | 200 | 350 | 450 | 450 | 300 | 150 |
| $\underline{N_{8-9}}$ | 300 | 300 | 150 | 250 | 300 | 250 | 50 | 500 | 300 | 150 |
| $N_{9-8}$ | 300 | 300 | 350 | 200 | 250 | 150 | 250 | 250 | 300 | 350 |

**Примітка.** У чисельнику інтенсивність руху в прямому напрямку, в знаменнику – у зворотному

(наприклад: $\frac{N_{1-2}}{N_{2-1}}$, $\frac{N_{3-8}}{N_{8-3}}$, … , $\frac{N_{8-9}}{N_{9-8}}$).

**Таблиця А.4**

Кількість ДТП на дугах транспортної мережі, $n_{ДТПі\text{-}j}$ од.

| Позначення дуги *i-j* | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1–2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| 2–3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 6 | 5 | 5 | 4 |
| 2–4 | 2 | 5 | 2 | 2 | 5 | 4 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 3–4 | 2 | 3 | 6 | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 3–5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 |
| 3–8 | 5 | 6 | 4 | 7 | 4 | 8 | 5 | 6 | 7 | 6 | 7 |
| 4–5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 5 |
| 4–6 | 7 | 3 | 5 | 4 | 8 | 6 | 7 | 6 | 5 | 7 | 4 |
| 5–6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 |
| 5–7 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| 6–7 | 8 | 10 | 7 | 10 | 9 | 9 | 2 | 7 | 11 | 8 | 10 |
| 7–8 | 5 | 6 | 7 | 9 | 8 | 4 | 10 | 2 | 5 | 8 | 9 |
| 7–9 | 1 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 6 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 8–9 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 |

| Позначення дуги *i-j* | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1–2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 2–3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 |
| 2–4 | 5 | 2 | 5 | 2 | 5 | 4 | 1 | 2 | 2 | 5 |
| 3–4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 6 | 2 | 6 | 2 | 3 |
| 3–5 | 2 | 4 | 0 | 3 | 4 | 3 | 6 | 3 | 4 | 2 |
| 3–8 | 4 | 7 | 4 | 5 | 6 | 4 | 7 | 4 | 7 | 4 |
| 4–5 | 1 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| 4–6 | 8 | 4 | 8 | 7 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 8 |
| 5–6 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 5–7 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 6–7 | 9 | 10 | 9 | 8 | 10 | 7 | 11 | 7 | 10 | 9 |
| 7–8 | 8 | 9 | 8 | 5 | 6 | 7 | 5 | 7 | 9 | 8 |
| 7–9 | 5 | 4 | 5 | 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 |
| 8–9 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 |

## Додаток Б

Вихідні дані для визначення безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки

**Таблиця Б.1**

Коефіцієнт зчеплення для різного дорожнього покриття

| Дорожнє покриття | Коефіцієнт зчеплення $\varphi$ |
|---|---|
| Цементобетонне (Ц/Б) | 0,7–0,9 |
| Асфальтобетонне (А/Б) | 0,7–0,8 |
| Щебеневе (Щ) | 0,6–0,7 |

**Таблиця Б.2**

Характеристика ділянок дороги

| Показник | Ділянка | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Довжина ділянки *S*, км. | 1 | 1,55 | 1,25 | 1,62 | 2,34 | 1,15 | 1,87 | 2,78 | 1,36 | 2,55 | 1,35 | 1,62 |
| | 2 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,13 | 0,17 | 0,14 | 0,08 | 0,13 | 0,10 | 0,12 | 0,10 |
| | 3 | 2,25 | 2,50 | 2,81 | 2,92 | 2,85 | 2,95 | 2,65 | 3,0 | 3,05 | 2,45 | 2,81 |
| | 4 | 0,19 | 0,28 | 0,38 | 0,32 | 0,30 | 0,26 | 0,25 | 0,23 | 0,20 | 0,23 | 0,38 |
| | 5 | 2,80 | 2,70 | 2,95 | 2,45 | 2,55 | 2,36 | 2,47 | 2,05 | 2,11 | 2,36 | 2,95 |
| | 6 | 0,2 | 0,24 | 0,2 | 0,16 | 0,15 | 0,2 | 0,17 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,2 |

| Показник | Ділянка | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Довжина ділянки *S*, км. | 1 | 2,34 | 1,36 | 2,55 | 2,34 | 1,15 | 1,87 | 2,78 | 1,62 | 2,34 | 1,15 |
| | 2 | 0,13 | 0,13 | 0,10 | 0,13 | 0,17 | 0,14 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,17 |
| | 3 | 2,92 | 3,0 | 3,05 | 2,92 | 2,85 | 2,95 | 2,65 | 2,81 | 2,92 | 2,85 |
| | 4 | 0,32 | 0,23 | 0,20 | 0,32 | 0,30 | 0,26 | 0,25 | 0,38 | 0,32 | 0,30 |
| | 5 | 2,45 | 2,05 | 2,11 | 2,45 | 2,55 | 2,36 | 2,47 | 2,95 | 2,45 | 2,55 |
| | 6 | 0,16 | 0,18 | 0,22 | 0,16 | 0,15 | 0,2 | 0,17 | 0,2 | 0,16 | 0,15 |

## Продовження табл. Б.2

| Показник | Ділянка | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Поздовжній ухил на ділянці $i_{пов}$, % | 1 спуск | 3,2 | 1,5 | 3,5 | 2,5 | 3,2 | 1 | 1,5 | 1,6 | 4,5 | 1,3 | 3,5 |
| | 2 спуск | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 2,5 | 2,8 | 1,7 | 3,1 | 1,5 | 1,9 | 1,5 |
| | 3 підйом | 3,6 | 2,5 | 3,5 | 4,3 | 4,2 | 1,8 | 1,5 | 3,4 | 1 | 0,5 | 3,5 |
| | 4 підйом | 1,0 | 0,5 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 1,1 |
| | 5 підйом | 2,1 | 0,2 | 0 | 2,3 | 3,5 | 2,1 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2,3 | 1,0 |
| | 6 спуск | 0,8 | 0,4 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 0,2 | 1,6 | 1,7 | 0,5 | 1,2 |
| Покриття дороги | | А/Б | Ц/Б | щебінь | А/Б | Ц/Б | А/Б | щебінь | А/Б | Ц/Б | щебінь | А/Б |

| Показник | Ділянка | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Поздовжній ухил на ділянці $i_{пов}$, % | 1 спуск | 2,5 | 1,6 | 4,5 | 2,5 | 3,2 | 0 | 1,5 | 3,5 | 2,5 | 3,2 |
| | 2 спуск | 1,6 | 3,1 | 1,5 | 1,6 | 2,5 | 2,8 | 1,7 | 1,5 | 1,6 | 2,5 |
| | 3 підйом | 4,3 | 3,4 | 1 | 4,3 | 4,2 | 1,8 | 1,5 | 3,5 | 4,3 | 4,2 |
| | 4 підйом | 1,0 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 0,4 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| | 5 підйом | 2,3 | 1,5 | 1,8 | 2,3 | 3,5 | 2,1 | 1,3 | 0 | 2,3 | 3,5 |
| | 6 спуск | 1,3 | 1,6 | 1,7 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 0,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| Покриття дороги | | щебінь | Ц/Б | А/Б | щебінь | А/Б | Ц/Б | А/Б | щебінь | А/Б | Ц/Б |

**Таблиця Б.3**

Характеристика поворотів

| Показник | Ділянка | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Радіус кривої $R$, м | 2 | 80 | 70 | 65 | 80 | 100 | 90 | 54 | 82 | 62 | 75 | 65 |
| | 4 | 59 | 90 | 120 | 103 | 95 | 83 | 80 | 73 | 65 | 73 | 120 |
| | 6 | 130 | 150 | 125 | 100 | 95 | 128 | 106 | 114 | 139 | 168 | 125 |
| Поперечний ухил на ділянці $i_{non}$, % | 2 | 2,5 | 1,5 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 2,5 | 1,0 |
| | 4 | 1,5 | 2,0 | 1,3 | 1,0 | 1,8 | 1,0 | 1,9 | 2,5 | 2,1 | 1,0 | 1,3 |
| | 6 | 0,6 | 2,4 | 2,7 | 1,6 | 1,5 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 1,2 | 2,7 |

| Показник | Ділянка | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Радіус кривої $R$, м | 2 | 80 | 82 | 62 | 80 | 70 | 90 | 54 | 65 | 80 | 82 |
| | 4 | 103 | 73 | 65 | 59 | 90 | 83 | 80 | 120 | 103 | 73 |
| | 6 | 100 | 114 | 139 | 130 | 150 | 128 | 106 | 125 | 100 | 114 |
| Поперечний ухил на ділянці $i_{non}$, % | 2 | 0,6 | 1,0 | 1,2 | 2,5 | 1,5 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 0,6 | 1,0 |
| | 4 | 1,0 | 2,5 | 2,1 | 1,5 | 2,0 | 1,0 | 1,9 | 1,3 | 1,0 | 2,5 |
| | 6 | 1,6 | 1,0 | 0,5 | 0,6 | 2,4 | 1,3 | 1,0 | 2,7 | 1,6 | 1,0 |

**Таблиця Б.4**

Параметри автомобілів

| Показник | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Початкова швидкість $V_0$ на 1-ій ділянці, км/год | 24 | 31 | 32 | 34 | 19 | 20 | 34 | 25 | 21 | 30 | 24 |
| Прискорення $a$, м/с$^2$ | 0,8 | 0,7 | 0,45 | 0,51 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,48 | 0,5 | 0,6 | 0,8 |
| Висота центра тяжіння $h_{цт}$, м | 0,56 | 0,57 | 0,52 | 0,57 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,57 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| Ширина колії $B$, м | 1,35 | 1,23 | 1,38 | 1,44 | 1,36 | 1,22 | 1,35 | 1,44 | 1,35 | 1,32 | 1,35 |

| Показник | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Початкова швидкість $V_0$ на 1-ій ділянці, км/год | 31 | 32 | 34 | 25 | 30 | 24 | 31 | 20 | 34 | 25 |
| Прискорення $a$, м/с$^2$ | 0,7 | 0,45 | 0,7 | 0,48 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,48 |
| Висота центра тяжіння $h_{цт}$, м | 0,57 | 0,52 | 0,56 | 0,57 | 0,56 | 0,56 | 0,57 | 0,56 | 0,56 | 0,57 |
| Ширина колії $B$, м | 1,23 | 1,38 | 1,35 | 1,44 | 1,32 | 1,35 | 1,23 | 1,22 | 1,35 | 1,44 |

## Додаток В

Вихідні дані для розрахунку гальмівних властивостей автомобілів

**Таблиця В.1**

Індивідуальне завдання для розрахунку гальмівних властивостей автомобілів

| Варіант | Автомобіль | Початкова швидкість гальмування $V_1$, км/год | Тип покриття дороги | Час реакції водія, $t_1$, с | Час спрацювання гальм привода, $t'_2$, с | Час зростання сповільнення на сухій дорозі без вантажу, $t_{2нз}$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | KIA SPORTAGE | 60, 110 | А/Б | 0,40 | 0,05 | 0,15 |
| 1 | Renault Symbol | 60, 100 | А/Б | 0,40 | 0,05 | 0,15 |
| 2 | Renault Megane | 40, 80 | Щ | 0,60 | 0,08 | 0,15 |
| 3 | Renault Kango | 50, 80 | Гр | 0,50 | 0,05 | 0,20 |
| 4 | Mercedes-Benz Sprinter 2019 | 60, 120 | А/Б | 0,60 | 0,20 | 0,40 |
| 5 | Богдан А092 | 40, 90 | Ц/Б | 0,70 | 0,2 | 0,40 |
| 6 | Range Rover | 80, 130 | Ц/Б | 0,80 | 0,07 | 0,15 |
| 7 | Skoda Octavia | 60, 120 | А/Б | 0,45 | 0,08 | 0,15 |
| 8 | Toyota Corolla | 70, 130 | Ц/Б | 0,55 | 0,07 | 0,15 |
| 9 | Ford Transit Custom 2012 | 70, 130 | А/Б | 0,45 | 0,20 | 0,40 |
| 10 | Skoda Octavia | 60, 90 | Гр | 0,40 | 0,08 | 0,15 |
| 11 | МАЗ 5309J АЦП EN 1846-S-1-6-5000-10/3000-2 | 50, 90 | А/Б | 0,45 | 0,20 | 0,30 |
| 12 | SCANIA CP31 | 60, 110 | Ц/Б | 0,50 | 0,20 | 0,40 |
| 13 | КрАЗ-С20.2 | 30, 80 | Щ | 0,4 | 0,20 | 0,45 |

**Продовження табл. В1**

| Варіант | Автомобіль | Початкова швидкість гальмування $V_1$, км/год | Тип покриття дороги | Час реакції водія, $t_1$, с | Час спрацювання гальм привода, $t'_2$, с | Час зростання сповільнення на сухій дорозі без вантажу, $t_{2нз}$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | ISUZU АЦ-2,5-30-(NQR90)-537IS2 | 50, 110 | А/Б | 0,5 | 0,20 | 0,50 |
| 15 | Toyota Corolla | 70, 120 | Ц/Б | 0,7 | 0,07 | 0,15 |
| 16 | Богдан А70110 | 40, 80 | Щ | 0,5 | 0,20 | 0,40 |
| 17 | Daewoo Matiz | 40, 60 | Гр | 0,4 | 0,05 | 0,20 |
| 18 | Range Rover | 80, 130 | А/Б | 0,7 | 0,08 | 0,15 |
| 19 | Toyota Corolla | 50, 90 | Щ | 0,5 | 0,07 | 0,20 |
| 20 | Volkswagen Passat | 50, 85 | Гр | 0,6 | 0,06 | 0,35 |

**Примітка.** А/Б – асфальтобетон, Ц/Б – цементобетон, Щ – щебінь, Ґр. – ґрунт.

**Таблиця В.2**

Коефіцієнт зчеплення для різного дорожнього покриття

| Тип дорожнього покриття та його стан | Коефіцієнт зчеплення $\varphi$ |
|---|---|
| Цементобетонне: | |
| – сухе | 0,7–0,9 |
| – вологе | 0,4–0,6 |
| Асфальтобетонне: | |
| – сухе | 0,7–0,8 |
| – вологе | 0,3–0,6 |
| Щебеневе: | |
| – сухе | 0,6–0,7 |
| – вологе | 0,3–0,5 |
| Ґрунтове: | |
| – сухе | 0,5–0,6 |
| – вологе | 0,2–0,4 |
| Ожеледиця | 0,1–0,2 |

**Таблиця В.3**

Коефіцієнт ефективності гальмування $k_e$

| Тип автомобіля | Категорія автомобіля | без навантаження при $\varphi$ | | | | з повним навантаженням при $\varphi$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| Одиночні й автопоїзди | $M_1$ | 1,28 | 1,12 | 1,00 | 1,00 | 1,50 | 1,32 | 1,13 | 1,00 |
| | $M_2$ | 1,42 | 1,24 | 1,07 | 1,00 | 1,74 | 1,52 | 1,30 | 1,09 |
| | $M_3$ | 1,56 | 1,37 | 1,17 | 1,00 | 1,74 | 1,52 | 1,30 | 1,09 |
| Одиночні | $N_1$ | 1,45 | 1,27 | 1,09 | 1,00 | 1,96 | 1,71 | 1,47 | 1,22 |
| | $N_2$ | 1,37 | 1,20 | 1,03 | 1,00 | 1,96 | 1,71 | 1,47 | 1,22 |
| | $N_3$ | 1,28 | 1,12 | 1,00 | 1,00 | 1,96 | 1,71 | 1,47 | 1,22 |
| Автопоїзди з тягачами | $N_1$ | 1,66 | 1,46 | 1,25 | 1,04 | 1,96 | 1,71 | 1,47 | 1,22 |
| | $N_2$ | 1,60 | 1,40 | 1,20 | 1,00 | 1,96 | 1,71 | 1,47 | 1,22 |
| | $N_3$ | 1,56 | 1,37 | 1,17 | 1,00 | 1,96 | 1,71 | 1,47 | 1,22 |

Значення коефіцієнта ефективності гальмування $k_e$ наведені у табл. В.3. Категорія транспортного засобу вибирається згідно табл. В.4.

**Таблиця В.4**

Класифікація транспортних засобів

| Категорія | Тип автотранспортного засобу | Повна маса |
|---|---|---|
| $M_1$ | Автотранспортні засоби, призначені для перевезення пасажирів, з кількістю не більше 8 місць для сидіння (*крім водія*), і створені на їх базі модифікації з повною масою, що відповідає повній масі базової моделі | |
| $M_2$ | Те саме, такі, що мають більше 8 місць для сидіння (*крім місця для водія*) | До 5 т |
| $M_3$ | Те саме, такі, що мають більше 8 місць для сидіння (*крім місця для водія*) | Більше 5 т |
| $N_1$ | Одиночні автотранспортні засоби і автопоїзди, призначені для перевезення вантажів | До 3,5 т |
| $N_2$ | Одиночні автотранспортні засоби і автопоїзди, призначені для перевезення вантажів | 3,5–12 т |
| $N_3$ | Одиночні автотранспортні засоби і автопоїзди, призначені для перевезення вантажів | Більше 12 т |

**Таблиця В.5**

Власна і повна маса автомобіля

| Варіант | Автомобіль | Власна маса $Q$, кг | Повна маса $(Q+Q_в)$, кг |
|---|---|---|---|
| 0 | KIA SPORTAGE | 1514 | 2050 |
| 1 | Renault Symbol | 1070 | 1460 |
| 2 | Renault Megane | 1210 | 1685 |
| 3 | Renault Kango | 1140 | 1640 |
| 4 | ЛАЗ А292 | 17200 | 28300 |
| 5 | Range Rover | 2510 | 3050 |
| 6 | Skoda Octavia | 1235 | 1820 |
| 7 | ЛАЗ А152 | 9200 | 13300 |
| 8 | КрАЗ-65055 | 12300 | 30300 |
| 9 | КрАЗ-6230 | 12900 | 28000 |
| 10 | КрАЗ-С20.2 | 13020 | 33200 |
| 11 | Toyota Corolla | 1100 | 1655 |

**Продовження табл. В.5**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 12 | Daewoo Matiz | 851 | 1210 |
| 13 | Volkswagen Passat | 1420 | 1930 |
| 14 | Daewoo Lanos | 1035 | 1595 |
| 15 | Богдан А092 | 5250 | 8300 |
| 16 | Богдан А70110 | 11000 | 18600 |
| 17 | КрАЗ-В6.2Мех | 11100 | 17400 |
| 18 | КрАЗ-В12.2Мех | 12700 | 25000 |
| 19 | Lexus LX470 | 2270 | 3260 |
| 20 | Mercedes-Benz Sprinter 2019 | 2200 | 3500 |

## Додаток Г

Вихідні дані для визначення параметрів обгону транспортних засобів

**Таблиця Г.1**

Вихідні дані

| Варіант | Марка автомобіля, що обганяє | Довжина автомобіля, який обганяє $l_2$, мм | Швидкість автомобіля, що обганяє $V_1$, км/год | Марка автомобіля, якого обганяють | Довжина автомобіля, якого обганяють $l_3$, мм | Швидкість автомобіля, якого обганяю $V_2$, км/год |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | KIA SPORTAGE | 4 515 | 100 | Богдан А70110 | 11 960 | 65 |
| 1 | Renault Symbol | 4 354 | 95 | Богдан А092 | 7 430 | 60 |
| 2 | Renault Megane | 4 632 | 110 | Богдан А092.80 | 8 440 | 90 |
| 3 | Renault Kango | 4 282 | 90 | Богдан А601.10 | 10 630 | 85 |
| 4 | Mercedes-Benz Sprinter 311 | 5 267 | 100 | МАЗ 5309J АЦП EN 1846-S-1-6-5000-10/3000-2 | 9 100 | 80 |
| 5 | Toyota Corolla | 4 630 | 120 | SCANIA CP31 | 8 500 | 85 |

**Продовження табл. Г1**

| Варіант | Марка автомобіля, що обганяє | Довжина автомобіля, який обганяє $l_2$, мм | Швидкість автомобіля, що обганяє $V_1$, км/год | Марка автомобіля, якого обганяють | Довжина автомобіля, якого обганяють $l_3$, мм | Швидкість автомобіля, якого обганяю $V_2$, км/год |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Range Rover | 5 052 | 130 | Ford Transit Custom (модель Estate/Wagon L1H1) | 4 973 | 90 |
| 7 | Skoda Octavia | 4 689 | 110 | Ford Transit Custom (Модель Estate L2) | 5 340 | 95 |
| 8 | Ford Transit Custom (модель Estate/Wagon L1H1) | 4 973 | 110 | Neoplan Skyliner-2012 | 14 000 | 90 |
| 9 | Skoda Octavia | 4 709 | 120 | ISUZU АЦ-2,5-30-(NQR90)-537IS2 | 6 800 | 90 |
| 10 | Mercedes-Benz Sprinter 316 | 6 860 | 100 | Neoplan Cityliner | 12 240 | 90 |
| 11 | Mercedes-Benz Sprinter 319 | 6 967 | 110 | Neoplan Megaliner | 15 000 | 90 |

**Продовження табл. Г1**

| Варіант | Марка автомобіля, що обганяє | Довжина автомобіля, який обганяє $l_2$, мм | Швидкість автомобіля, що обганяє $V_1$, км/год | Марка автомобіля, якого обганяють | Довжина автомобіля, якого обганяють $l_3$, мм | Швидкість автомобіля, якого обганяю $V_2$, км/год |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | МАЗ 5309J АЦП EN 1846-S-1-6-5000-10/3000-2 | 9 100 | 85 | Mercedes-Benz Sprinter 316 | 6 860 | 60 |
| 13 | SCANIA CP31 | 8 500 | 85 | Богдан А601.10 | 10 630 | 50 |
| 14 | ISUZU АЦ-2,5-30-(NQR90)-537IS2 | 6 800 | 85 | ZAZ Lanos | 4 237 | 60 |
| 15 | Volkswagen Passat | 4 775 | 110 | Daewoo Lanos | 4 074 | 90 |
| 16 | Citroën C3 Aircross | 4 323 | 95 | Iveco Euro Cargo | 5 690 | 85 |
| 17 | Iveco Euro Cargo | 5 690 | 90 | Ford Transit Custom (Модель Estate L2) | 5 340 | 65 |
| 18 | Iveco EuroCargo 120-14 | 9 550 | 85 | Neoplan Skyliner-2012 | 14 000 | 60 |

**Продовження табл. Г1**

| Варіант | Марка автомобіля, що обганяє | Довжина автомобіля, який обганяє $l_2$, мм | Швидкість автомобіля, що обганяє $V_1$, км/год | Марка автомобіля, якого обганяють | Довжина автомобіля, якого обганяють $l_3$, мм | Швидкість автомобіля, якого обганяю $V_2$, км/год |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | Iveco EuroCargo 140E28 | 8 400 | 85 | ISUZU АЦ-2,5-30-(NQR90)-537IS2 | 6 800 | 60 |
| 20 | Honda CR-V 2023 | 4635 | 120 | Iveco EuroCargo 140E28 | 8 400 | 90 |

## Додаток Д

Вихідні дані для визначення параметрів поперечної стійкості автомобілів під час криволінійного руху

**Таблиця Д.1**

Характеристика дороги і швидкість руху автомобіля

| Показник | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Радіус повороту $R$, м | 400 | 500 | 210 | 260 | 250 | 325 | 180 | 220 | 290 | 350 | 280 |
| Тип покриття | сухий асфальт | сухий грунт | мокрий асфальт | щебінь | сухий бетон | мокрий грунт | мокрий грунт | сухий асфальт | сухий бетон | сухий асфальт | щебінь |
| Поперечний ухил, $i$ | 0,030 | 0,025 | 0,020 | 0,028 | 0,030 | 0,020 | 0,025 | 0,030 | 0,050 | 0,000 | 0,028 |
| Швидкість руху автомобіля $V$, км/год | 60<br>90 | 60<br>100 | 40<br>80 | 50<br>80 | 45<br>75 | 50<br>75 | 60<br>75 | 60<br>90 | 55<br>70 | 50<br>80 | 60<br>90 |

**Продовження табл. Д.1**

| Показник | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Радіус повороту $R$, м | 600 | 550 | 210 | 260 | 250 | 325 | 275 | 425 | 380 | 350 | 255 |
| Тип покриття | сухий асфальт | сухий грунт | мокрий асфальт | щебінь | сухий бетон | мокрий грунт | сухий бетон | мокрий грунт | мокрий грунт | сухий асфальт | щебінь |

| Показник | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Поперечний ухил, $i$ | 0,030 | 0,025 | 0,020 | 0,028 | 0,030 | 0,020 | 0,025 | 0,030 | 0,050 | 0,025 | 0,000 |
| Швидкість руху автомобіля $V$, км/год | 60<br>110 | 60<br>100 | 50<br>90 | 40<br>75 | 50<br>80 | 40<br>65 | 45<br>75 | 50<br>75 | 60<br>75 | 65<br>85 | 60<br>90 |

**Таблиця Д.2**

Конструктивні параметри автомобіля

| Показник | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Колія автомобіля $B$, м | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | 1,65 | 1,7 | 1,6 | 1,65 | 1,6 |
| Зміщення центра тяжіння $\Delta$, м | 0,32 | 0,34 | 0,58 | 0,3 | 0,3 | 0,26 | 0,33 | 0,26 | 0,32 | 0,33 | 0,32 |
| Висота центра тяжіння $h_{цт}$, м | 0,89 | 0,94 | 0,78 | 0,83 | 0,72 | 0,94 | 0,917 | 0,94 | 0,89 | 0,917 | 0,89 |

**Продовження табл. Д.2**

| Показник | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Колія автомобіля $B$, м | 1,7 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | 1,65 | 1,7 | 1,6 | 1,65 |
| Зміщення центра тяжіння $\Delta$, м | 0,34 | 0,57 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,26 | 0,33 | 0,26 | 0,32 | 0,33 |
| Висота центра тяжіння $h_{цт}$, м | 0,94 | 0,78 | 0,83 | 0,83 | 0,72 | 0,94 | 0,917 | 0,94 | 0,89 | 0,917 |

## Додаток Е

Вихідні дані для розрахунку пропускної здатності магістралі і рівня її завантаження

**Таблиця Е.1**

Існуюча інтенсивність руху в годину «пік», авт./годину

| Назва транспортних засобів | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Легкові автомобілі | 450 | 900 | 1270 | 510 | 430 | 1080 | 620 | 490 | 400 | 550 | 360 |
| Вантажні автомобілі ($g_н$<4т) | 80 | 90 | 95 | 55 | 70 | 80 | 50 | 75 | 80 | 60 | 60 |
| Вантажні автомобілі ($g_н$=4-8т) | 5 | 10 | 20 | 5 | 6 | 10 | 5 | 5 | 10 | 5 | 10 |
| Автобуси | 40 | 30 | 60 | 40 | 50 | 40 | 20 | 40 | 40 | 30 | 40 |
| Тролейбуси | 20 | 35 | 40 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 35 |
| Відстань між регульованими перехрестями $L_п$, м | 600 | 700 | 800 | 600 | 500 | 400 | 600 | 700 | 800 | 400 | 950 |
| Кількість смуг руху в одному напрямі, $n$ | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

| Назва транспортних засобів | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Легкові автомобілі | 350 | 1220 | 520 | 630 | 250 | 305 | 800 | 1550 | 1360 | 1350 |
| Вантажні автомобілі ($g_н$<4т) | 45 | 50 | 65 | 60 | 90 | 30 | 25 | 60 | 60 | 45 |
| Вантажні автомобілі ($g_н$=4-8т) | 20 | 5 | 6 | 10 | 5 | 5 | 10 | 5 | 10 | 20 |
| Автобуси | 30 | 60 | 40 | 50 | 40 | 20 | 40 | 30 | 40 | 30 |
| Тролейбуси | 40 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 35 | 40 |
| Відстань між регульованими перехрестями $L_п$, м | 860 | 950 | 450 | 670 | 520 | 740 | 700 | 900 | 950 | 860 |
| Кількість смуг руху в одному напрямі, $n$ | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

**Продовження табл. Е.1**

| Назва транспортних засобів | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Тривалість зеленої фази $t_з$, с | 27 | 25 | 28 | 28 | 30 | 24 | 27 | 26 | 25 | 28 | 30 |
| Тривалість жовтої фази $t_ж$, с | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| тривалість червоної фази $t_ч$ | 27 | 16 | 18 | 15 | 14 | 18 | 20 | 21 | 22 | 24 | 20 |

| Назва транспортних засобів | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Тривалість зеленої фази $t_з$, с | 35 | 36 | 38 | 37 | 40 | 35 | 30 | 32 | 40 | 28 |
| Тривалість жовтої фази $t_ж$, с | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| тривалість червоної фази $t_ч$ | 35 | 36 | 38 | 37 | 40 | 35 | 30 | 32 | 40 | 28 |

**Таблиця Е.2**

Значення коефіцієнта приведення

| Найменування транспортних засобів | Коефіцієнт приведення $K_{прj}$ |
|---|---|
| Легкові автомобілі | 1,0 |
| Вантажні автомобілі ($g_н < 4$ т) | 2,0 |
| Вантажні автомобілі ($g_н = 4–8$ т) | 2,5 |
| Вантажні автомобілі ($g_н > 8$ т) | 3,0 |
| Автобуси | 2,5 |
| Тролейбуси | 3,0 |
| Автопоїзди ($g_н < 12$ т) | 3,5 |

**Таблиця Е.3**

Розрахункові параметри вулиць і доріг міст

| Категорія дороги і вулиць | Розрахункова швидкість руху, км/год | Ширина смуги руху, м | Число смуг руху в 2-х напрямках |
|---|---|---|---|
| Магістральні дороги | | | |
| Швидкісного руху | 120 | 3,75 | 4–8 |
| Регульованого руху | 80 | 3,50 | 2–6 |
| Магістральні вулиці | | | |
| Загальноміського значення безперервного руху | 100 | 3,75 | 4–8 |
| Регульованого руху районного значення | 80 | 3,50 | 4–8 |
| Транспортно-пішохідні | 70 | 3,50 | 2–4 |
| Пішохідно-транспортні | 50 | 4,0 | 2 |
| Вулиці і дороги місцевого значення | 40 | – | – |
| Вулиці в житловій забудові | 40<br>30 | 3,0<br>3,0 | 2–3*<br>2 |
| Вулиці і дороги науково-виробничих, промислових і комунально-складських районів | 50<br>40 | 3,50<br>2,50 | 2–4<br>2 |
| Паркові дороги | 40 | 3,0 | 2 |

## Додаток Ж

Вихідні дані для розрахунку конфліктності транспортних потоків на перехрестях

**Таблиця Ж.1**

Інтенсивність пішохідних потоків на перехресті, піш./год

| Пішохідний потік | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $N_{П1}$ | 720 | 1070 | 630 | 700 | 630 | 1100 | 700 | 780 | 750 | 650 | 720 |
| $N_{П2}$ | 850 | 700 | 920 | 1270 | 1200 | 650 | 680 | 650 | 650 | 600 | 850 |
| $N_{П3}$ | 650 | 830 | 1150 | 600 | 840 | 820 | 250 | 530 | 650 | 650 | 650 |
| $N_{П4}$ | 770 | 600 | 700 | 900 | 600 | 690 | 750 | 900 | 540 | 1240 | 770 |

| Пішохідний потік | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $N_{П1}$ | 1070 | 630 | 700 | 700 | 780 | 750 | 650 | 1070 | 630 | 700 |
| $N_{П2}$ | 700 | 920 | 1270 | 680 | 650 | 650 | 600 | 700 | 920 | 1270 |
| $N_{П3}$ | 830 | 1150 | 600 | 250 | 530 | 650 | 650 | 830 | 1150 | 600 |
| $N_{П4}$ | 600 | 700 | 900 | 750 | 900 | 540 | 1240 | 600 | 700 | 900 |

**Таблиця Ж.2**

Інтенсивність транспортних потоків на перехресті, авт./год

| Транспортни потік | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $N_1$ | 720 | 600 | 650 | 700 | 800 | 510 | 480 | 750 | 550 | 620 | 800 |
| $N_2$ | 770 | 640 | 580 | 670 | 600 | 590 | 480 | 720 | 800 | 680 | 600 |
| $N_3$ | 550 | 440 | 750 | 800 | 640 | 730 | 750 | 500 | 600 | 650 | 640 |
| $N_4$ | 830 | 800 | 780 | 900 | 710 | 850 | 840 | 640 | 560 | 530 | 710 |
| $N_5$ | 80 | 140 | 70 | 100 | 70 | 150 | 50 | 130 | 90 | 70 | 70 |

| Транспортний потік | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $N_1$ | 510 | 550 | 620 | 600 | 650 | 700 | 800 | 620 | 800 | 720 |
| $N_2$ | 590 | 800 | 680 | 640 | 580 | 670 | 600 | 680 | 600 | 770 |
| $N_3$ | 730 | 600 | 650 | 440 | 750 | 800 | 640 | 650 | 640 | 550 |
| $N_4$ | 850 | 560 | 530 | 800 | 780 | 900 | 710 | 530 | 710 | 830 |
| $N_5$ | 150 | 90 | 70 | 140 | 70 | 100 | 70 | 70 | 70 | 80 |

| Транспортний потік | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $N_6$ | 60 | 80 | 40 | 160 | 40 | 90 | 100 | 80 | 70 | 150 | 40 |
| $N_7$ | 150 | 100 | 130 | 40 | 140 | 60 | 130 | 90 | 110 | 60 | 140 |
| $N_8$ | 70 | 80 | 100 | 70 | 90 | 80 | 90 | 60 | 140 | 80 | 90 |
| $N_9$ | 50 | 70 | 90 | 60 | 100 | 110 | 100 | 90 | 60 | 60 | 100 |
| $N_{10}$ | 70 | 90 | 60 | 90 | 100 | 80 | 80 | 70 | 90 | 90 | 100 |
| $N_{11}$ | 90 | 100 | 100 | 180 | 70 | 90 | 90 | 90 | 100 | 80 | 70 |
| $N_{12}$ | 80 | 110 | 110 | 100 | 80 | 60 | 100 | 100 | 80 | 110 | 80 |

**Продовження табл. Ж.2**

| Транспортний потік | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $N_6$ | 90 | 70 | 150 | 80 | 40 | 160 | 40 | 150 | 40 | 60 |
| $N_7$ | 60 | 110 | 60 | 100 | 130 | 40 | 140 | 60 | 140 | 150 |
| $N_8$ | 80 | 140 | 80 | 80 | 100 | 70 | 90 | 80 | 90 | 70 |
| $N_9$ | 110 | 60 | 60 | 70 | 90 | 60 | 100 | 60 | 100 | 50 |
| $N_{10}$ | 80 | 90 | 90 | 90 | 60 | 90 | 100 | 90 | 100 | 70 |
| $N_{11}$ | 90 | 100 | 80 | 100 | 100 | 180 | 70 | 80 | 70 | 90 |
| $N_{12}$ | 60 | 80 | 110 | 110 | 110 | 100 | 80 | 110 | 80 | 80 |

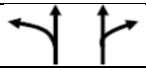
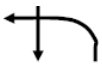
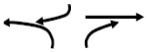
**Таблиця Ж.3**

Характеристика обсягів вантажного руху

| Варіант | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Питома вага вантажних автомобілів у потоці, % | 15 | 10 | 35 | 25 | 30 | 20 | 35 | 15 | 35 | 20 | 10 | 20 | 30 | 40 | 25 | 35 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |

**Таблиця Ж.4**

Відносна аварійність $K_i$ конфліктних точок на регульованому перехресті

| Взаємодія потоків | Схема руху | Значення $K_i$, ДТП/$10^6$ авт. |
|---|---|---|
| Розділення потоків без перешкод із інших смуг руху |  | 0,0001 |
| Розділення лівого поворотного потоку за наявності перешкод із інших смуг |  | 0,000102 |
| Перетинання лівого поворотного потоку з потоком прямого напрямку |  | 0,000048 |
| Перетинання автомобільних потоків із трамвайним рухом |  | 0,000207 |
| Злиття на одній смузі транспортних потоків |  | 0,000968 |

## Додаток И

Вихідні дані для розрахунку пропускної здатності регульованого перехрестя

**Таблиця И.1**

Фактична інтенсивність руху на перехресті в приведених одиницях, авт./год.

| Перетин | Напрям руху | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | ліворуч | 140 | 150 | 150 | 140 | 150 | 130 | 120 | 120 | 110 | 90 | 210 |
| | праворуч | 200 | 220 | 200 | 240 | 190 | 180 | 170 | 180 | 170 | 160 | 700 |
| | прямо | 700 | 840 | 700 | 720 | 680 | 670 | 660 | 670 | 690 | 700 | 170 |
| 2 | ліворуч | 140 | 190 | 150 | 150 | 150 | 130 | 120 | 110 | 110 | 130 | 220 |
| | праворуч | 200 | 210 | 200 | 230 | 190 | 180 | 170 | 190 | 220 | 180 | 300 |
| | прямо | 300 | 250 | 300 | 270 | 290 | 280 | 270 | 290 | 310 | 300 | 120 |
| 3 | ліворуч | 100 | 120 | 100 | 150 | 90 | 80 | 70 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| | праворуч | 80 | 90 | 80 | 70 | 70 | 60 | 50 | 80 | 80 | 90 | 600 |
| | прямо | 600 | 550 | 600 | 570 | 590 | 580 | 570 | 590 | 580 | 580 | 50 |
| 4 | ліворуч | 50 | 70 | 50 | 50 | 100 | 130 | 40 | 70 | 70 | 80 | 100 |
| | праворуч | 120 | 100 | 100 | 130 | 90 | 80 | 70 | 60 | 90 | 90 | 300 |
| | прямо | 300 | 320 | 300 | 310 | 290 | 280 | 270 | 310 | 290 | 300 | 160 |

| Перетин | Напрям руху | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | ліворуч | 220 | 230 | 240 | 190 | 180 | 170 | 180 | 170 | 160 | 130 |
| | праворуч | 840 | 750 | 720 | 680 | 670 | 660 | 670 | 690 | 700 | 180 |
| | прямо | 180 | 160 | 170 | 140 | 130 | 120 | 120 | 110 | 100 | 670 |
| 2 | ліворуч | 210 | 220 | 230 | 190 | 180 | 170 | 190 | 220 | 180 | 130 |
| | праворуч | 250 | 280 | 270 | 290 | 280 | 270 | 290 | 310 | 300 | 180 |
| | прямо | 110 | 120 | 130 | 90 | 80 | 70 | 70 | 80 | 90 | 280 |
| 3 | ліворуч | 90 | 100 | 70 | 70 | 60 | 50 | 80 | 80 | 90 | 80 |
| | праворуч | 550 | 580 | 570 | 590 | 580 | 570 | 590 | 580 | 580 | 60 |
| | прямо | 70 | 60 | 70 | 40 | 30 | 40 | 70 | 70 | 80 | 580 |
| 4 | ліворуч | 110 | 120 | 130 | 90 | 80 | 70 | 60 | 90 | 90 | 130 |
| | праворуч | 320 | 310 | 310 | 290 | 280 | 270 | 310 | 290 | 300 | 80 |
| | прямо | 140 | 130 | 120 | 140 | 130 | 120 | 120 | 110 | 90 | 280 |

**Таблиця И.2**

Кількість смуг *n* проїзної частини на перетинах стоп-ліній

| Перетин | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Зелена фаза $t_з$, с | 24 | 25 | 28 | 28 | 30 | 24 | 27 | 26 | 25 | 28 | 30 |
| Жовта фаза $t_ж$, с | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Червона фаза $t_ч$ | 14 | 16 | 18 | 15 | 14 | 18 | 20 | 21 | 22 | 24 | 20 |

| Перетин | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Зелена фаза $t_з$, с | 35 | 36 | 38 | 37 | 40 | 35 | 30 | 32 | 40 | 28 |
| Жовта фаза $t_ж$, с | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Червона фаза $t_ч$ | 35 | 36 | 38 | 37 | 40 | 35 | 30 | 32 | 40 | 28 |

## Додаток К

Вихідні дані для розрахунку пропускної здатності на нерегульованому перехресті та перехресті з круговим рухом

**Таблиця К.1**

Інтенсивність транспортних потоків на досліджуваному перехресті, авт./годину

| Транспортний потік | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $N_1$ | 550 | 600 | 650 | 500 | 500 | 510 | 580 | 550 | 560 | 620 | 550 |
| $N_{п1}$ | 50 | 50 | 50 | 60 | 55 | 45 | 60 | 50 | 45 | 80 | 50 |
| $N_2$ | 250 | 200 | 180 | 270 | 300 | 290 | 380 | 320 | 200 | 180 | 320 |
| $N_{п2}$ | 20 | 25 | 15 | 30 | 25 | 30 | 35 | 20 | 15 | 12 | 20 |
| $N_3$ | 450 | 440 | 350 | 400 | 440 | 430 | 450 | 500 | 400 | 450 | 500 |
| $N_{п3}$ | 50 | 40 | 50 | 25 | 25 | 30 | 50 | 50 | 45 | 35 | 45 |
| $N_4$ | 350 | 300 | 280 | 300 | 310 | 350 | 340 | 340 | 360 | 300 | 340 |
| $N_{п4}$ | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 50 | 40 | 40 | 50 | 20 | 25 |

| Транспортний потік | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $N_1$ | 560 | 620 | 600 | 650 | 500 | 550 | 600 | 650 | 620 | 550 |
| $N_{п1}$ | 50 | 60 | 45 | 50 | 45 | 50 | 40 | 50 | 80 | 50 |
| $N_2$ | 200 | 180 | 200 | 180 | 270 | 250 | 200 | 180 | 180 | 320 |
| $N_{п2}$ | 10 | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 20 | 15 | 12 | 20 |
| $N_3$ | 400 | 450 | 440 | 350 | 400 | 450 | 440 | 350 | 450 | 500 |
| $N_{п3}$ | 20 | 50 | 40 | 30 | 40 | 45 | 40 | 35 | 35 | 45 |
| $N_4$ | 360 | 300 | 300 | 280 | 300 | 350 | 300 | 280 | 300 | 340 |
| $N_{п4}$ | 50 | 45 | 25 | 20 | 20 | 30 | 30 | 35 | 20 | 25 |

**Таблиця К.2**

Вихідні дані для перехрестя

| Показник | Номер варіанта | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Перетин 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Перетин 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| Перетин 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Перетин 4 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Довжина лінії злиття, м | 35 | 55 | 160 | 35 | 55 | 160 | 35 | 55 | 160 | 35 | 35 |
| Швидкість руху, км/год | 30 | 40 | 50 | 60 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 30 | 30 |
| Склад у потоці легкових автомобілів, % | 25 | 50 | 75 | 100 | 0 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 | 25 |
| Перетин 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |

| Показник | Номер варіанта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Перетин 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| Перетин 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| Перетин 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Перетин 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Довжина лінії злиття, м | 55 | 160 | 35 | 55 | 160 | 35 | 55 | 35 | 35 | 160 |
| Швидкість руху, км/год | 40 | 50 | 60 | 20 | 30 | 40 | 50 | 30 | 30 | 50 |
| Склад у потоці легкових автомобілів, % | 50 | 75 | 100 | 0 | 10 | 25 | 50 | 100 | 25 | 75 |
| Перетин 1 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

**Навчальне видання**

**Віктор ШЕВЧУК**
**Олег ЛЯШУК**
**Олег МИРОНЮК**
**Олег СУКАЧ**

# ОРГАНІЗАЦІЯ ТА БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

навчальний посібник

Літературний редактор: **Галина ПАДИК**
Комп'ютерна верстка: **Віктор ШЕВЧУК**
**Маріанна КЛИМУС**
Друк: **Назарій ПЕТРОЛЮК**

Підписано до друку 10.11.2026 р.
Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 12,8.

Друк ЛДУБЖД
79007, Україна, м. Львів, вул. Клепарівська, 35
Тел. /факс: (032)233-24-79
E-mail: vnrd@ldubgd.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №7249 від 09.02.2021 р.