Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування
Кафедра транспортних технологій і технічного сервісу

02-02-188М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Методи та моделі організації дорожнього руху» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» галузі знань 27 «Транспорт» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості навчально-наукового
механічного інституту
Протокол №6 від 21.03.2023р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Методи та моделі організації дорожнього руху» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» галузі знань 27 «Транспорт» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Хітров І. О. – Рівне : НУВГП, 2023. – 50 с.

Укладач: Хітров І. О., доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, канд. техн. наук, доцент.

Відповідальний за випуск – Никончук В. М., в.о. завідувача кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, д-р. екон. наук.

Керівник групи забезпечення спеціальності – Кристопчук М. Є., доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, канд. техн. наук, доцент.

© І. О. Хітров, 2023
© НУВГП, 2023

ЗМІСТ

Вступ 4

Практична робота №1. Побудова моделі вулично-дорожної мережі на основі її характеристичних даних 5

Практична робота № 2. Аналіз досліджуваних умов побудованої моделі 7

Практична робота № 3. Графоаналітичний метод визначення балансу між параметрами дорожнього руху 11

Практична робота № 4. Побудова моделі підвищення пропускної здатності перехрестя регульованого руху 13

Практична робота № 45. Координоване управління транспортними потоками 15

Практична робота № 6. Моделювання умов безпечного проїзду складних ділянок дорожньої мережі 23

Практична робота № 7. Побудова моделі парковки та оцінка її ефективності 26

Рекомендована література 28

ВСТУП

Основним завданням при виконанні практичних робіт з навчальної дисципліни «Методи та моделі організації дорожнього руху» є ознайомлення з методиками проектування вулично-дорожньої мережі, особливостей застосування математичного апарату з відповідним програмним забезпеченням транспортного моделювання дорожнього руху і збору відповідної інформації за в розрізі освітньої компетентності ФК 07 «Здатність до управління транспортними потоками».

Передумовою для збору вихідних даних для виконання практичних робіт є проведення під керівництвом викладача кафедри транспортних технологій і технічного сервісу натурних спостережень під час спеціально відведеної практичної підготовки студентів.

Методичні вказівки містять короткі практичні рекомендації щодо обраного напрямку дослідження, встановлення закономірностей і методів оцінки дорожньої ситцації при рішенні інженерних завдань та моделюванні в програмному забезпеченні *PTV Vissim* (студентська версія).

Оцінювання результатів практичної роботи передбачає власне її виконання (виконання завдань теми заняття; оформлення індивідуального звіту з виконаної роботи) та наступним їх захистом (сумарна максимальна кількість балів за виконання практичних робіт – 50 балів). Студенти мають можливість додатково отримати бали за виконання індивідуальних завдань дослідницького характеру, а також можуть бути долучені до написання та опублікування наукових статей з тематики навчальної дисципліни «Методи та моделі організації дорожнього руху».

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ЇЇ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ДАНИХ

Мета: проаналізувати основні показники вулично-дорожньої мережі міста та охарактеризувати її функціональні властивості з моделюванням умов відтворення.

Короткі відомості

У більшості випадків вулично-дорожня мережа має фіксовану форму через характер місцевості, яку вона обслуговує; щільність і структура мережі вуличних районів зазвичай визначаються місцем розташування та історією. Форми мережі між центром міста та околицями відрізняються. Мережа, розташована в центрі, зазвичай має сітчасту структуру, в той час як мережа, розташована на околицях зазвичай мають розгалужену форму (Baorui 2020).

Розробка методу опису структурних відмінностей мереж за допомогою показників планування також є складним питанням. Традиційно, показники, прийняті в плануванні вуличної мережі, зазвичай пов'язані з геометрією мережі: відстань, щільність, площа тощо. Однак значення цих показників для двох типів мереж іноді можуть бути дуже близькими, навіть якщо існують величезні відмінності у структурі та функціях.

Рівень розвинення вулично-дорожньої мережі міста можна оцінити щільністю δ – відношення сумарної довжини мережі ΣL до площі території міста, яка обслуговується (Безлюбченко 2006, Швець 2018)

$$\delta = \frac{\sum l}{F}. \tag{1.1}$$

Наприклад, згідно ДБН 2.2-12 (2019) оптимальне значення щільності магістральної вуличної мережі складає 1,4-1,6 км/км^2 міської забудови для середнього за розмірами міста.

Типові концепції відображають повністю реконструйовану вулицю і не призначені для менш масштабних проектів модернізації вулиць. Там, де це можливо, вони включають специфічні модальні особливості, такі як велодоріжки і транзитні смуги, а також операційні альтернативи, такі як односторонній і двосторонній рух на проїжджій частині (Plan Facility 2013).

Розглянемо певні проектувальні альтернативи.

Альтернатива 1 (рис. 1.1): багатосмугова (без будівництва). Збереження існуючої конфігурації проїжджої частини (від бордюру до бордюру). Тротуари розширені до їх максимальної ширини в межах існуючої смуги відведення і не включає жодних спеціальних об'єктів.

Умови функціонування – табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Переваги і недоліки вулично-дорожньої мережі за першою альтернативою

Мобільність автотранспорту	Зберігає існуючі чотири смуги руху
	Транспортні засоби, що повертають ліворуч, блокують смуги руху
Пішохідна доступність	Вузькі тротуари
	Ширина тротуару недостатня для підтримки активної комерційної діяльності
Велосипедні доріжки	Відсутні велодоріжки на вулицях
	Покращення доступу для велосипедистів відбуватиметься за рахунок паралельного покращення маршрутів та покращення перехресть
	Велодоріжки можливі на узбіччях
Транзитне обслуговування	Збереження зовнішньої смуги для автобусів
Вартість	Відносно низька вартість утримання

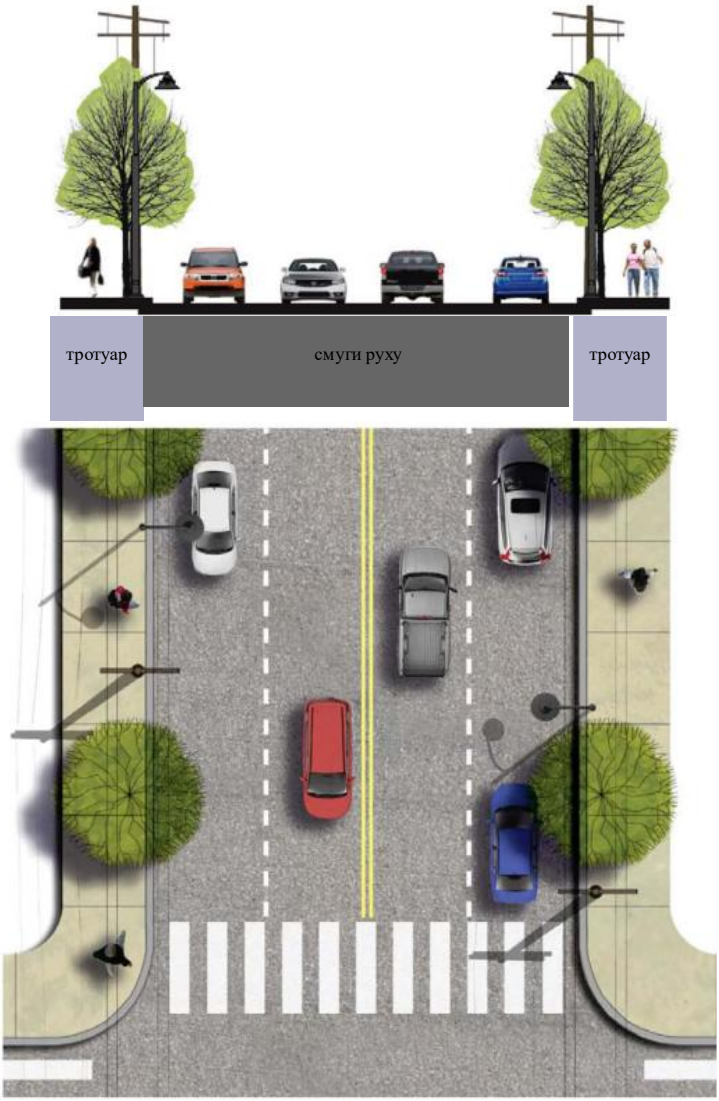


Рис. 1.1. Існуюча вулично-дорожня мережа
(фото з Plan Facility 2013)

Альтернатива 2 (рис. 1.2): багато смугова з велодоріжками. Передбачає одну наскрізну смугу в північному напрямку, одну наскрізну смугу в південному напрямку, двосторонній центральний лівоповоротний лівоповоротну смугу та велодоріжку в кожному напрямку. Тротуари будуть розширені до максимально можливої ширини в межах смуги відведення, що залишилася. Ширина тротуарів і ширина тротуарів і смуг руху може змінюватися по всьому коридору залежно від існуючої ширини від бордюру до бордюру.

Умови функціонування – табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Переваги і недоліки вулично-дорожньої мережі за першою альтернативою

Мобільність автотранспорту	Зменшено кількість смуг руху з чотирьох до трьох
	Зменшення пропускної здатності та збільшення часу в дорозі для наскрізних транспортних засобів
Пішохідна доступність	Вузькі (спарені) тротуари
	Ширина тротуару недостатня для підтримки активного вуличного ландшафту
Транзитне обслуговування	Потенційні конфлікти з велодоріжками
	Зменшена ширина смуги руху, особливо актуально для автобусів
Вартість	Помірні витрати на створення центральної смуги для лівого повороту та велосипедних доріжок
	Перехрестя та світлофори потрібно буде перелаштовувати
Інше	Центральна поворотна смуга пропонує можливості для елементів дизайну, включаючи обробку середньої смуги (наприклад, озеленення, пішохідний перехід, управління доступом)

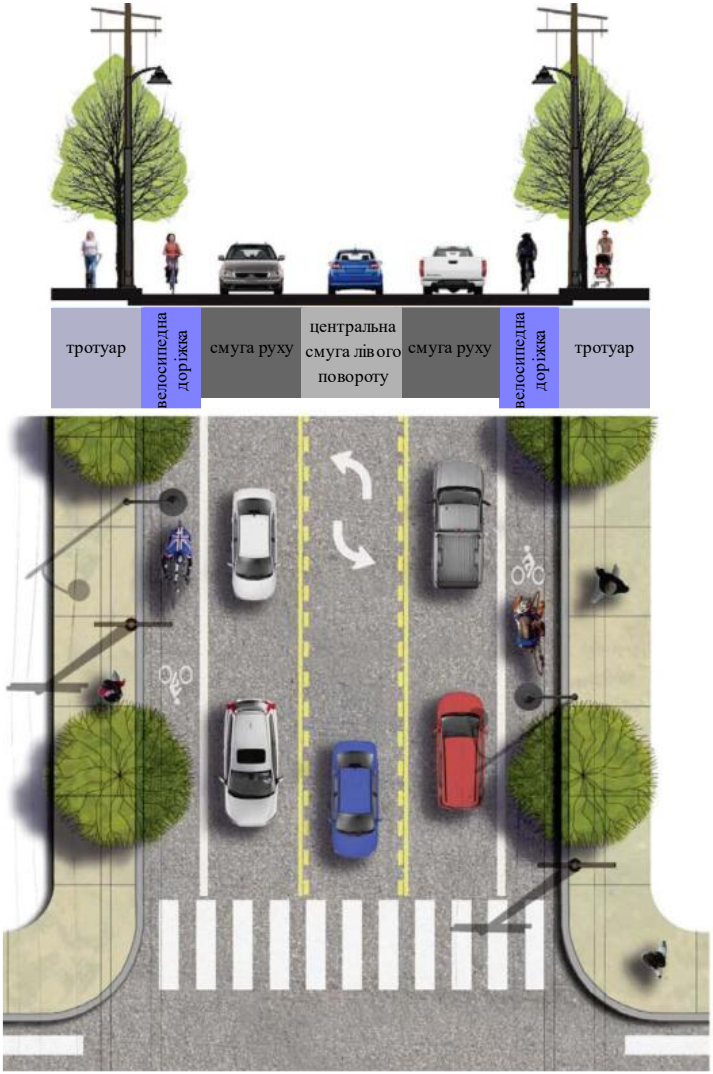


Рис. 1.2. Проектна вулично-дорожня мережа
(фото з Plan Facility 2013)

Іншою важливою характеристикою, що визначає зручність зв'язку вулично-дорожньою мережею є коефіцієнт непрямолінійності $K_{непр}$ маршруту і характеризує як співвідносяться довжини шляху l (наприклад, відстань між двома точками дорожньої мережі, або відстані між районом відправлення і районом прибуття за вулицями) до найкоротшої довжини цього ж шляху за повітряною лінією l_0 (Безлюбченко 2006, Литвин 2012, Швець 2018)

$$K_{непр} = \frac{l}{l_0}. \qquad (1.2)$$

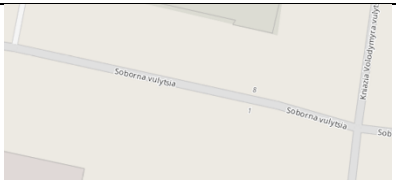
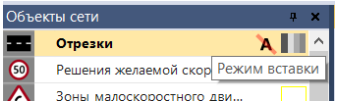
Усереднене розрахункове значення коефіцієнта непрямолінійності мережі складає $K_{непр}$ = 1,1-1,5.

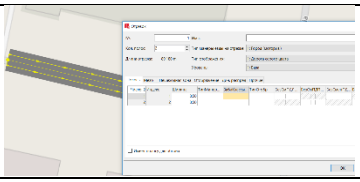
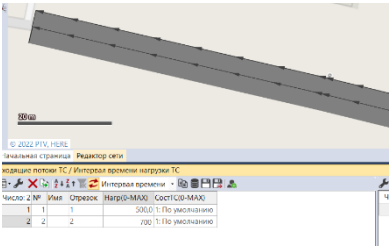
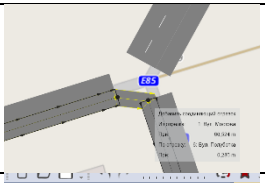
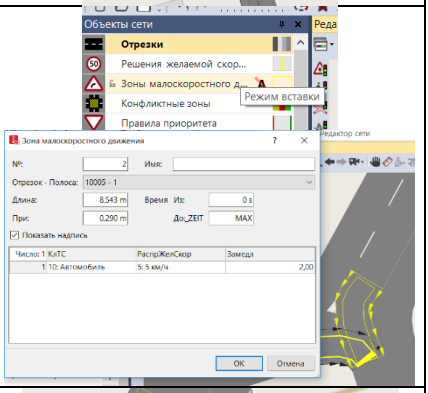
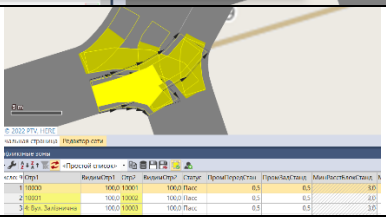
Згідно отриманих даних натурних спостережень здійснюємо побудову дорожньої мережі з прилеглим найближчим перехрестям за допомогою програмного забезпечення *PTV Vissim*, яке дозволяє побудувати мікроскопічну імітаційну модель для різних дорожніх ситуацій і транспортного забезпечення, провести аналіз показників, на основі яких можна прийняти обґрунтовано вірне рішення.

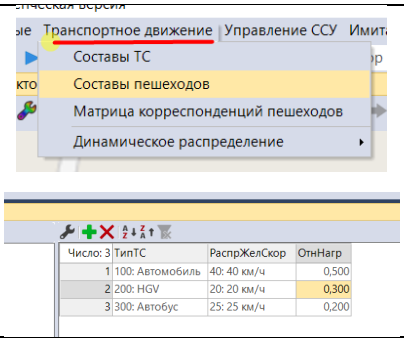
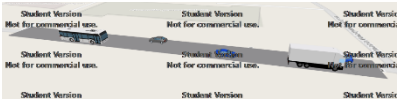
Послідовність побудови мережі в *PTV Vissim* – табл. 1.3

Таблиця 1.3

Послідовність етапів транспортного моделювання вулично-дорожньої мережі

Послідовність виконання операції в програмі	Відображення дій в *PTV Vissim*
На вбудованій карті знаходимо досліджувану ділянку вулиці з найближчим перехрестям.	
За допомогою панелі «об'єкти мережі» вибираємо вставку «відрізки» і будуємо смуги руху і задаємо її параметри	

(назву ділянки, ширину, кількість полос та ін.).	
В бічній панелі вибираємо «вхідні потоки транспортних засобів» і для побудованої мережі вносимо значення транспортного потоку згідно виконаних спостережень. Дані вносимо для кожного напряму	
Сполучаємо задані смуги руху між собою	
Задаємо зони мало швидкісного режиму руху за допомогою «Зони руху»	
Узгоджуємо правила перетину використавши «Конфліктні точки»	

Коригуємо склад транспортних потоків (за допомогою меню «Транспортний рух» і задаємо склад транспортних засобів для всіх потоків)	
Перевіряємо відповідність побудованої моделі за допомогою візуалізації використавши меню «Імітація»	

Завдання до практичної роботи №1

1. Ознайомитися з схемою мережі заданого району міста Рівне для якого будуть проводитися обстеження.

2. Обчислити площу території міста та щільність її вулично-дорожньої мережі.

3. Виміряти і графічно навести основні геометричні параметри вулично-дорожньої мережі (магістральної вулиці), перевірити отримані дані з нормативним документами.

4. Відтворити вулично-дорожню мережу в програмному забезпеченні *PTV Vissim*

5. Охарактеризувати вулично-дорожню мережу на предмет планувальних змін.

6. Захисти звіт.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте типи вулично-дорожньої мережі.

2. Як обчислити коефіцієнт не прямолінійності маршруту. Яке його нормативне значення?

3. За допомогою якого показника можна оцінити розвиненість вулично-дорожньої мережі міста?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖУВАНИХ УМОВ ПОБУДОВАНОЇ МОДЕЛІ

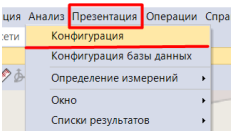
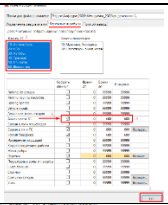
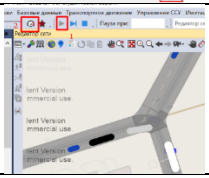
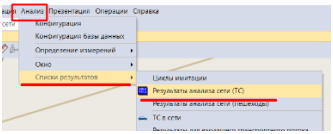
Мета: набути практичні навики виведення результатів досліджень з наступним їх аналізом.

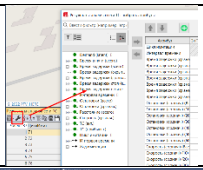
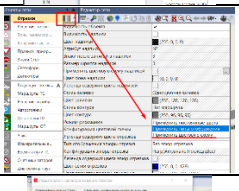
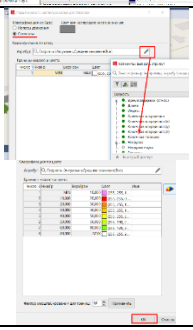
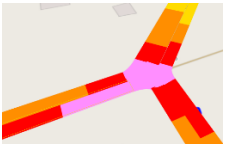
Короткі відомості

Використовуючи дані попередньої лабораторної роботи виконати аналіз побудованої моделі:

Таблиця 2.1

Послідовність дій для аналізу системи

Послідовність виконання операції в програмі	Відображення дій в *PTV Vissim*
Налаштувати для аналізу відтворену мережу (у верхньому меню вибираємо «Аналіз» з вкладкою «конфігурація».	
Вибираємо вкладку «кінцеві атрибути» та задаємо параметри конфігураційного аналізу	
Запускаємо імітацію процесу (для перевірки правильно введених параметрів і функціонування моделі).	
У верхньому меню вибираємо «Аналіз» з вкладкою «список результів» та вибираємо «Аналіз результатів мережі» і перевіряємо список із результатами мережі	

Для вибору додаткових парметрів використовуємо «вибір атрибутів» у цьому ж списку	
Будуємо картограми відрізків мережі (в бічній панелі «Відрізки» вибираємо редагувати графічні параметри.	
Задаємо необхідні параметри (наприклад, швидкість) і зберігаємо дані.	
Отримуємо картограму зміни параметрів (наприклад, зміну швидкості транспортного потоку). Аналогічно показуємо інші параметри.	

Завдання до практичної роботи №2

1. Вибрати мережу для досліджень з попередньої роботи.
2. Налаштувати систему для аналізу побудованої мережі.
3. Запустити імітацію процесу.
4. Налаштувати параметри перегляду моделі.
5. Побудувати картограми даних і проаналізувати дані.
6. Оформити і захистити звіт.

Контрольні запитання

1. Опишіть процес налаштування системи для аналізу побудованої мережі.
2. Опишіть процес побудови картограми.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ БАЛАНСУ МІЖ ПАРАМЕТРАМИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Мета: оцінка функціонування вулично-дорожньої мережі міста з використанням графоаналітичного методу визначення балансу між інтенсивністю та її пропускною спроможністю.

Короткі відомості

Транспортний потік включає в себе комбінацію поведінки водія та транспортного засобу. Оскільки поведінка водія є неоднорідною, транспортний потік також є неоднорідним за своєю природою. На нього впливають не тільки індивідуальні характеристики як транспортного засобу, так і людини, але і способом взаємодії між ними. Таким чином, транспортний потік через вулицю з певними характеристиками буде змінюватися як за місцем, так і в часі відповідно до змін у поведінці водія (припускається, що ці зміни знаходяться в певних діапазонах, які можна передбачити, наприклад, якщо максимально допустима швидкість на дорозі становить 60 км/год, можна припустити, що весь транспортний потік рухається зі середньою швидкістю 40 км/год, а не 100 чи 20 км/год.

Таким чином, сам транспортний потік має певні параметри, на основі яких можна спрогнозувати його характеристики. Ці параметри можна класифікувати наступним чином: вимірювання кількості, що включає в себе щільність та інтенсивність руху, та вимірювання якості, що включає в себе швидкість. Параметри транспортного потоку можуть бути макроскопічними, які характеризують транспортний потік в цілому, або мікроскопічними, які вивчають поведінку окремих транспортних засобів у потоці по відношенню один до одного (Mathew 2010).

Що стосується макроскопічних характеристик, то вони можуть бути згруповані як вимірювання кількості або якості, як описано вище, тобто потік, щільність і швидкість. Мікроскопічні характеристики включають в себе міру розділення, тобто швидкість руху або відстань між транспортними засобами, яка

може бути як часовою, так і просторовою. Фундаментальними характеристиками потоку є швидкість, потік і щільність, які розглядаються нижче.

Швидкість різних транспортних засобів буде змінюватися у часі та просторі. Для представлення цих змін можна визначити декілька типів швидкості. Важливими серед них є швидкість руху, швидкість подорожі, середня швидкість у часі та середня швидкість у просторі.

Спостережна швидкість може бути використана для проектування геометрії дороги, наприклад, горизонтальних і вертикальних поворотів, підйомів тощо. Аналіз аварійності, утримання доріг та заторів – це сучасні галузі інженерії дорожнього руху, які використовують дані про миттєву швидкість як основні вхідні дані.

Швидкість руху – це середня швидкість, яка підтримується на певному відрізку шляху під час руху транспортного засобу і визначається шляхом ділення довжини цього відрізку на час, протягом якого транспортний засіб перебував у русі. Тобто ця швидкість не враховує час, протягом якого транспортний засіб зупиняється або змушений чекати, поки попереду буде вільна дорога. Швидкість руху завжди буде більшою або дорівнюватиме швидкості руху, оскільки затримки не враховуються при обчисленні швидкості руху.

Існує практично два способи підрахунку кількості транспортних засобів на дорозі. Один з них – потік, який визначається як кількість транспортних засобів, що проїжджають певну точку на відрізку дороги або певну смугу чи напрямок дороги протягом встановленого часового інтервалу.

Зміни потоку також можна спостерігати від сезону до сезону (інтенсивність буде вищою за в літній період, але буде більш вираженою в сільській місцевості, ніж у міській).

Для дослідження параметрів транспортного потоку, які дозволяють враховувати зміну їх інтенсивності застосовуються багато методів, одним з яких є графоаналітичний або номограмний.

Класичний підхід описує зміну інтенсивності транспортного потоку від щільності, (причому одному і тому ж

значенню інтенсивності відповідають різні щільності (різні швидкості) – точка *A* та *B* на рис. 3.1. При збільшенні щільності потоку виникає «ударна хвиля», яка спрямована назустріч руху основного потоку, зменшуючи його швидкість, і впливаючи на зміну основних параметрів.

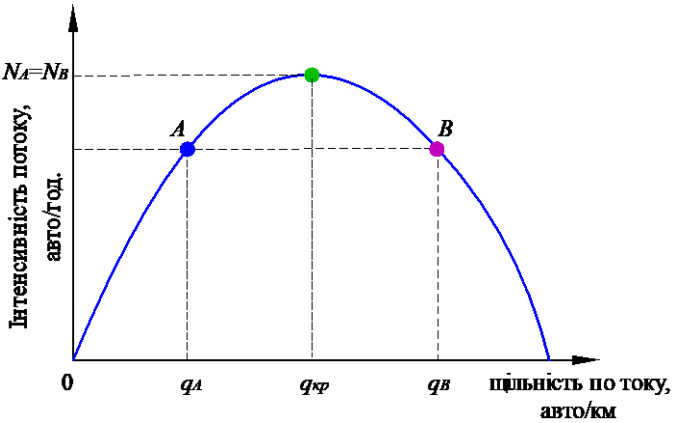


Рис. 3.1. Класична діаграма опису транспортного потоку

Вільний режим руху транспортного потоку характеризується тим, що щільність і інтенсивність зростають (точка *D* на рис. 3.2), тоді ліву частину графіка можна описати рівнянням (Абрамова 2018)

$$N_{max} = V \cdot q_{\text{кр}}. \tag{3.1}$$

Точка В [q_{max}; 0] відповідає максимальній щільності потоку (інтенсивність і швидкість рівні 0), праву частину діаграми можна побудувати виходячи із залежності (Абрамова 2018)

$$N_{max} = \text{c} \cdot (q_{max} - q_{\text{кр}}). \tag{3.2}$$

Отже, визначаючи координати точки переходу правої частині діаграми в ліву частину діаграми, можна отримати рівність (Абрамова 2018)

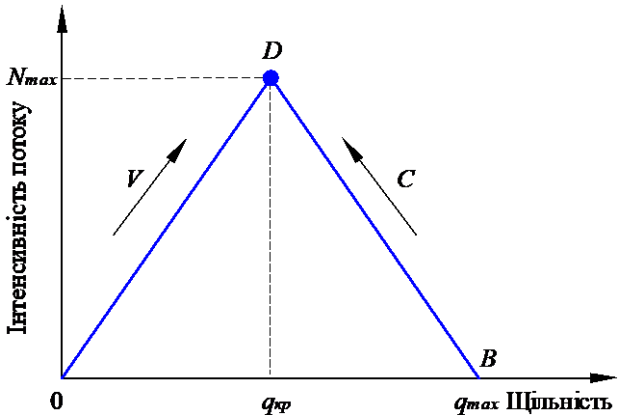


Рис. 3.2. Спрощена (трикутна) діаграма опису транспортного потоку

$$V \cdot q_{\text{кр}} = \text{c} \cdot (q_{max} - q_{\text{кр}}). \qquad (3.3)$$

При цьому діапазон зміни критичної щільності $q_{\text{кр}}$ (верхньої «+» і нижньої межі «-» – рис. 3.3) при відомій швидкості вільного руху $V_{\text{вр}}$ можна визначити як (Абрамова 2018)

$$q^{+}_{\text{кр}} = \frac{N^{+}_{\text{вх}}}{V_{\text{вр}}}; \qquad q^{-}_{\text{кр}} = \frac{N^{-}_{\text{вх}}}{V_{\text{вр}}}. \qquad (3.4)$$

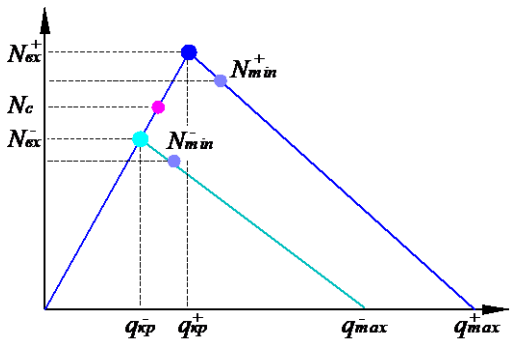


Рис. 3.3. Графоаналітичний метод опису транспортного потоку (Абрамова 2018)

В свою чергу швидкість поширення «ударної хвилі» с з урахуванням невизначеності можна визначити наступним співвідношенням (Абрамова 2018)

$$c^{+} = \frac{N_{\text{вх}}^{+}}{q_{\text{кр}}^{+} - \frac{N_{\text{вх}}^{+}}{V_{\text{вр}}}}; \qquad c^{-} = \frac{N_{\text{вх}}^{-}}{q_{\text{кр}}^{-} - \frac{N_{\text{вх}}^{-}}{V_{\text{вр}}}}. \tag{3.5}$$

Концентрація транспортних засобів, що виникає в щільному потоці, утворює «ударні хвилі», які рухаються назустріч основному потоку і впливають на зміну основних параметрів (Абрамова 2018)

$$N_{min}^{+} = (V_{\text{вр}} - c^{+}) \cdot q_{\text{кр}}^{+}; \qquad N_{min}^{-} = (V_{\text{вр}} - c^{-}) \cdot q_{\text{кр}}^{-}. \tag{3.6}$$

Завдання до практичної роботи №3

Послідовність виконання:

1. Досліджуємо схему ділянки дорожньої мережі та охарактеризуємо її параметри
2. Визначаємо інтенсивність транспортного потоку досліджуваної ділянки дорожньої мережі
3. Визначаємо щільність транспортного потоку як максимальну кількість транспортних засобів, які розташовані на перегоні (згідно досліджень)
4. Встановлюємо нормативні значення швидкості руху $V_{\text{вр}}$ та інтенсивності транспортного потоку при максимальній пропускній спроможності ділянки.
5. Розраховуємо значення критичної щільності для максимальної та мінімальної інтенсивності потоку
6. Розраховуємо швидкість «ударної хвилі» для обох варіантів зміни інтенсивності
7. Розраховуємо максимальну інтенсивність для кращого варіанту дорожнього руху на перегоні за середнім значенням критичної щільності N_c.
8. За результатами розрахунків будуємо графоаналітичну діаграму зміни щільності транспортного потоку від його інтенсивності (див. рис. 3.3). Формулюємо висновки.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ПЕРЕХРЕСТЯ РЕГУЛЬОВАНОГО РУХУ

Мета: набути загальних практичних навиків роботи в програмному середовищі Vissim, зокрема побудови перехрестя регульованого руху досліджуваної ділянки вулично-дорожньої мережі шляхом моделювання транспортних потоків і режимів світлофорних об'єктів.

Короткі теоретичні відомості

Моделювання допомагає спрогнозувати, як будуть функціонувати перехрестя та дороги у зв'язку зі змінами в дорожньому середовищі, і відіграє ключову роль у процесі прийняття подальших рішень.

Моделі перехресть дозволяють оцінити такі важливі показники, як інтенсивність руху (особливо при проектуванні новій дороги), можливі наслідки зміни та розвитку землекористування, ефективність перехрестя, а також низку інших факторів. Ці концепції лежать в основі найважливіших сфер дорожнього руху та транспортного планування (включаючи економічне обґрунтування великих проектів та процес отримання дозволів на будівництво).

Оптимізація транспортних потоків, підвищення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі і, особливо, перехресть неможлива без побудови математичного апарату з наступним моделюванням.

Вихідними даними для обробки результатів є проведення досліджень шляхом обліку розподілу потоку транспортних засобів на перехресті за перетином вулиць за відповідними напрямами (рис. 4.1).

Приймемо позначення транспортних потоків:

1. позначаємо кожні сторони перехрестя відповідними буквами А, Б, В, Г т.д.;

2. задаємо напрям кожного потоку через перехрестя арабськими цифрами – 1, 2, 3, 4 і т.д.;

2. вхідні потоки на перехресті розподіляться на вихідні потоки обраного напряму, які будуть позначені відповідно буквено-цифровим підписом (наприклад, вихідний потік А-1 – розподіл вхідного потоку першого напряму через перехрестя на сторону перехрестя (вулицю) А).

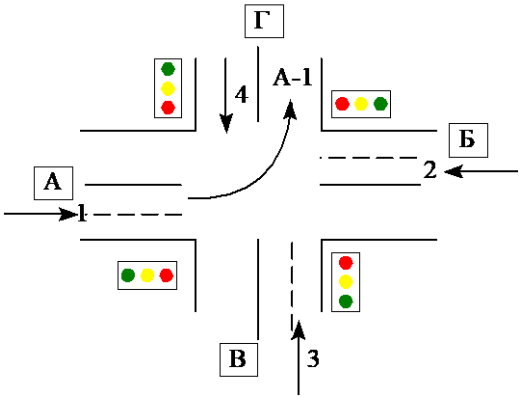


Рис. 4.1. Відображення напрямів транспортного потоку

Таким чином, ми отримаємо дані з вхідною інтенсивністю вхідного потоку кожного напряму (λ_i, i = (1…n) та його розподіл його інтенсивності у вихідні потоки (формуємо матрицю за напрямами кожного з них).

Для навчальних цілей можна прийняти, що транспортний потік (ймовірність проїзду певної кількості транспортних засобів через перехрестя) описується рівнянням Пуассона $P_n(t)$ (Григорук 2019)

$$P_n(t) = \frac{(\lambda_i t)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda_i t} \tag{4.1}$$

де λ_i – інтенсивність транспортного потоку за напрямами, $i = 1 \dots n$;

t – тривалість світлофорного циклу, сек;

n – кількість транспортних засобів, які проїжджають перехрестя за період t.

Наприклад, для розрахункового напряму спостережень – 1, кількість транспортних засобів, що проїжджають перехрестя за годину становить $n = 568$, а інтенсивність даного транспортного потоку становить $\lambda_i = 0{,}158$ авт./сек з загальною тривалістю світлофорного циклу $t = T = 120$ сек., рівнянням Пуассона $P_n(t)$ прийме вигляд (рис. 4.2).

Для оцінки міри розбіжності експериментального P_e і обраного теоретичного P_t розподілів використовується критерії згоди Пірсона χ^2 (хі-квадрат), його статистику обчислюють за формулою

$$\chi^2 = \sum_{N=1}^{R} \frac{(P_e - P_t)^2}{P_t} \tag{4.2}$$

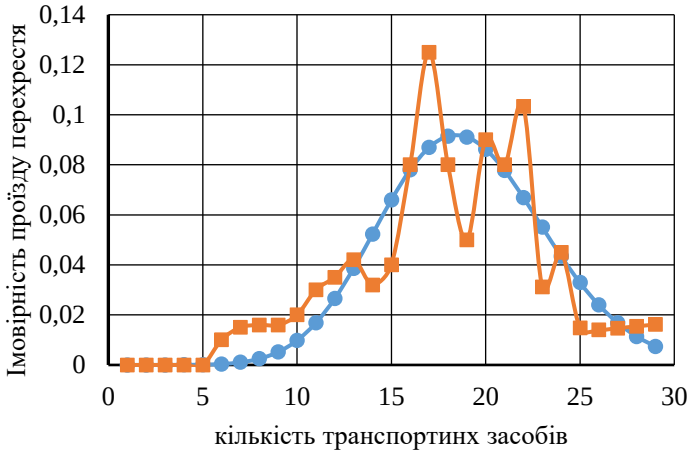


Рис. 4.2. Відповідність ймовірності проїзду транспортними засобами через перехрестя теоретичним (розрахунковим) і дослідним (спостережуваним) методом

Математичне сподівання випадкової величини (кількість транспортних засобів) орієнтовно рівне середньому значенню випадкової величини $\bar{n}$

$$\bar{n} = \lambda \cdot t \tag{4.3}$$

Охарактеризуємо кожну окрему смугу руху як одноканальну систему масового обслуговування СМО (кожен напрямок має певну кількість смуг руху в обраному напрямі, наприклад напрям 1 має дві смуги руху в одному напрямі) – табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Характеристика системи масового обслуговування напряму виділеної смуги руху

Показник	Вхідний потік за смугами руху				
	1-пр-С	1-лів-А	2-пр-А	2-лів-С	…
Тривалість дозвільного сигналу світлофор $t_з$					
Середній час обслуговування одного транспортного засобу $t_{об}$					
Інтенсивність обслуговування вхідного транспортного потоку за одну секунду $\mu = 1/t_{об}$					
Інтенсивність вхідного потоку λ_i					
Інтенсивність вхідного потоку за повний цикл світлофорного регулювання, $\lambda_{ці} = \lambda_i \cdot T$					
Інтенсивність обслуговування вхідного транспортного потоку за дозвільним сигналом світлофорного регулювання, $\mu_{ці} = \mu_i \cdot t_з$					
Завантаженість кожної смуги, $\rho_i = \frac{\lambda_{ці}}{\mu_{ці}}$					

Якщо при розрахунках параметр системи $\rho_i > 1$, це вказує на високу завантаженість каналу із наростаючим збільшенням

кількості транспортних засобів з утворенням черги внаслідок неможливості виконати маневр в одній фазі світлофорного регулювання (рекомендується зміна фаз регулювання із розмежуванням потоків).

Оптимізуємо пропускну здатність перехрестя за інтенсивностями обслуговування вихідних потоків за фазами регулювання з обмеженнями тривалості світлофорних циклів у вигляді цільової функції (наприклад, для розділеного трифазного регулювання)

$$P = A \cdot t_1 + B \cdot t_2 + C \cdot t_3 \rightarrow max \qquad (34.4)$$

з обмеженнями:

$$\begin{cases} \frac{\lambda_{ц1}}{\mu_{ц1}} \leq 0{,}95 \\ \frac{\lambda_{ц2}}{\mu_{ц2}} \leq 0{,}95 \\ \frac{\lambda_{ц3}}{\mu_{ц3}} \leq 0{,}95 \\ T_1 \leq T \leq T_2 \end{cases} \qquad (4.5)$$

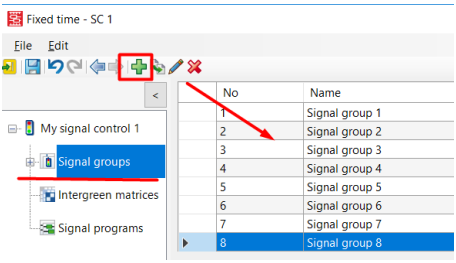
де A, B, C – коефіцієнти інтенсивності обслуговування вихідних потоків

Знайшовши розв’язок за допомогою «пошуку рішень» отримуємо нові значення тривалості фаз регулювання.

В програмному забезпеченні Vissim здійснюємо побудову перехрестя і з світлофорним режимом (за допомогою контролерів сигналів в наступній послідовності:

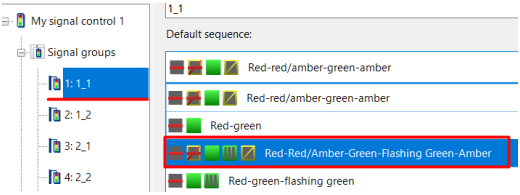
1. Вибираємо світлосигнальні пристрої (у верхньому меню вкладки «Управління сигнальними пристроями» далі «Світлосигнальні пристрої» і добавляємо їх.

2. Створюємо сигнальну групу із заданою кількістю світлофорних об’єктів (наприклад, 4 світлофорів для кожного напряму і для пішоходів).

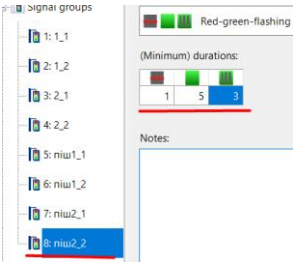


3. Для кожної створеної «Сигнальної групи» задаємо тип світлофора і відповідні тривалості світлофорних циклів:

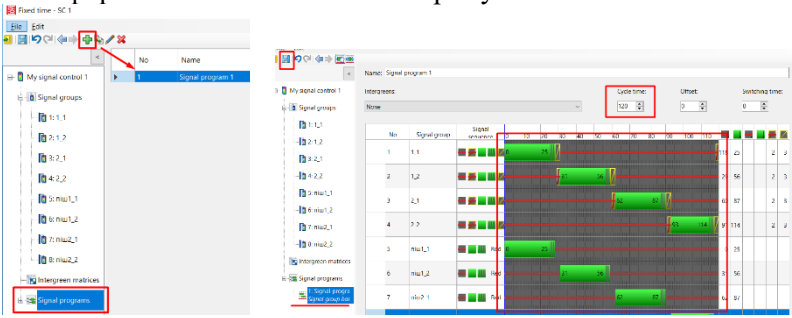
- для основного транспортного потоку



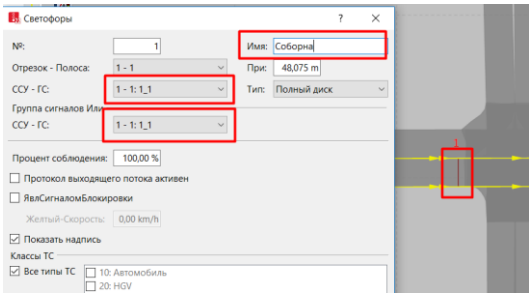
- для пішоходів



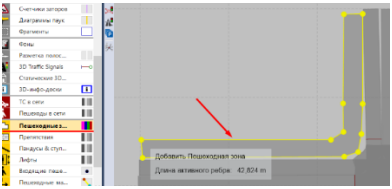
4. Встановлюємо необхідні параметри узгодження сигналів світлофорних об’єктів кожного напряму

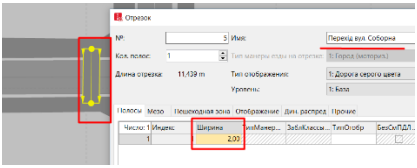


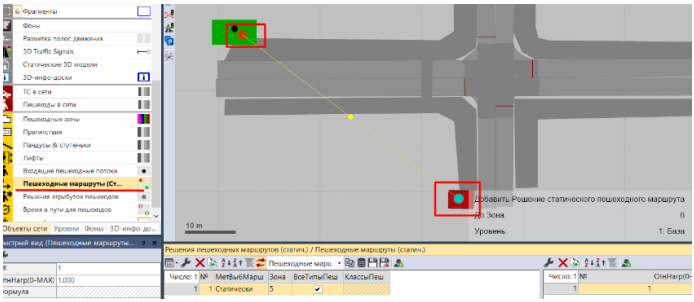
5. Встановлюємо на схемі перехрестя відповідні групи світлофорів з їх приналежністю до групи (основний чи пішохідний)

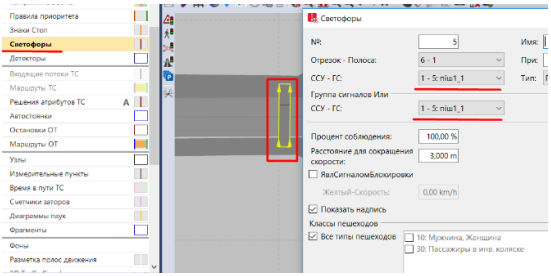


6. Формуємо пішохідну зону (натискаємо на бічну панель «пішохідна зона»), задавши напрям руху пішоходів, параметри транспортного потоку, світлофорний обєкт та інші параметри.

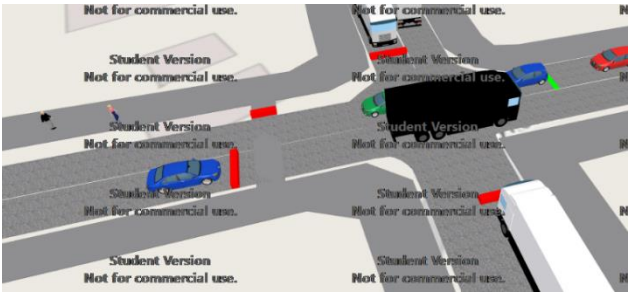








Збірігаємо зроблені зміни та перевіряємо імітацію руху транспортних засобів.



Завдання до практичної роботи №4

1. Ознайомитися з вулично-дорожньою мережею досліджуваного прехрестя в заданому районі міста Рівне (завдання видає викладач з поділом на групи).

2. Побудувати схематично перехрестя (приклад послідовності операцій описано вище) і отримати картку

спостережень дослідження транспортного потоку та його розподілу на перехресті (табл. 4.2).

3. Прибути у вказаний час на перехрестя і провести його спостереження протягом 1 години (ведеться, як правило відео-реєстрація).

Таблиця 4.2

Картка обліку транспортного потоку перехрестя

Загальний час циклу світлофора		секунд
- зелений		
- жовтий		
- червоний		

напрям 1	Зміна напряму руху	переключення світлофора											
Вид транспорту		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	…	*n*
легковий	прямо												
легковий	праворуч												
легковий	ліворуч												
вантажний	прямо												
вантажний	праворуч												
вантажний	ліворуч												
автобус	прямо												
автобус	праворуч												
автобус	ліворуч												
мікроавтобус	прямо												
мікроавтобус	праворуч												
мікроавтобус	ліворуч												

4. Обробити результати спостережень. Знайти розв’язок та підібрати оптимальні фази світлофорного регулювання.

5. У програмному забезпеченні побудувати перехрестя із світлофорними об’єктами і виконати оптимізацію. Звірити отримані результати.

6. Захистити звіт у встановлений термін.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

КООРДИНОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

Мета: дослідження, аналіз та оцінка впливу координованого управління транспортними потоками районування міста на зменшення транспортних затримок проїзду перехресть.

Короткі відомості

Удосконалене, координоване управління дорожнім рухом на рівні всієї мережі може допомогти збільшити її пропускну здатність, зменшити конкретні затори, частково покращити якість повітря та управляти наслідками дорожньо-транспортних пригод, а також великомасштабними подіями. Крім того, комунікація і «співпраця» між транспортними засобами може підвищити пропускну здатність і зменшити перешкоди в транспортному потоці.

Оптимізація режимів світлофорного регулювання носить науково-прикладний характер, неодноразові дослідження яких висвітлювалися науково спільнотою.

Оцінка ефективності світлофорного регулювання визначається такими критеріями як середня швидкість транспортного потоку, довжина черги, час проїзду перехресть, тривалість транспортної зупинки, ступінь використання мережі (Бакуліч 2012, Поліщук 2008, Ortuzar 2006, Пашкевич 2018).

Розроблено ряд методик визначення тривалості світлофорних циклів за довжиною черги транспортних засобів, зокрема пропонується встановлювати тривалості циклів світлофорного регулювання $T_ц$ за випадковою імовірністю прибуття транспорту до перехрестя і мінімізацією їх затримок (основоположником є британський фахівець Вебстер) (Public 2013, Ortuzar 2006)

$$T_ц = \frac{1{,}5 \cdot T_n + 5}{1 - \sum_{i=1}^{n} y_i}, \qquad (5.1)$$

де T_n – сума проміжних тактів, с; y_i – фазовий коефіцієнт регулювання; n – кількість фаз циклу регулювання.

Прибуття транспортних засобів до регульованого перехрестя відповідає імовірнісному характеру, тоді значення середньої затримки d при нещільних транспортних потоках описується виразом (Капский 2010, Cheng 2005, Трушевський 2016, Noland 1996)

$$d = \frac{T_ц \cdot (1-\lambda)^2}{2(1-\lambda \cdot x)} + \frac{x^2}{2 \cdot N \cdot (1-x)} - 0{,}65\left(\frac{T_ц}{N^2}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot x^{2+5\cdot\lambda} \qquad (5.2)$$

де λ – відношення тривалості дозвільного (зеленого) сигналу до тривалості циклу; x – ступінь насичення напряму руху; N – інтенсивність досліджуваного напряму руху, од/с.

Важливою вихідною характеристикою для оцінки регульованих перехресть є рівень (ступінь) наповнення напряму руху (Бакуліч 2012, Поліщук 2008, Ortuzar 2006, Cheng 2005)

$$x = \frac{N \cdot T_ц}{S \cdot t_з}, \qquad (5.3)$$

де S – потік насичення, од/с.

За результатами спостережень визначають інтенсивність транспортних потоків складних ділянок вулично-дорожньої мережі за обраними перехрестями.

З метою покращення функціонування мережі проводять зміну в роботі світлофорних об’єктів шляхом узгодженої роботи ряду світлофорів, що сприятиме реалізації безупинного проїзду перехрестя транспортними засобами за принципом «зеленої хвилі» (моделюється в програмному забезпеченні Excel).

Необхідними умовами впровадження координованого регулювання є наявність двох і більше смуг для руху транспортних засобів в кожному напрямку з насиченістю потоку не менше 70%, можливість синхронної забезпеченості циклового регулювання світлофорних об’єктів та середньої відстані між перехрестями в межах 800 метрів.

Графічне моделювання процесу координованого регулювання передбачає встановлення прийнятної швидкості координування транспортного потоку до наступного світлофорного об’єкту таким чином, щоб транспортні засоби підходили до перехрестя на зелений сигнал світлофора, тобто (Хітров 2021)

$$tga_1 = \frac{V_{пр}}{3{,}6 \cdot \mu_t \cdot M_s}, \qquad tga_2 = \frac{V_{зв}}{3{,}6 \cdot \mu_t \cdot M_s}, \tag{5.4}$$

де $V_{пр}$, $V_{зв}$ – розрахункова швидкість координування світлофорними об’єктами відповідно для прямого і зворотного напрямків руху магістральними вулицями, км/год; μ_t – горизонтальний масштабний коефіцієнт; M_s – масштабний коефіцієнт вертикальної осі графіку «час-шлях».

Прийнявши допущення, при русі транспортного засобу від початку дозвільного сигналу з j-го перехрестя до наступного (j+1)-го прибуде також на початок включення зеленого сигналу світлофора (з врахуванням фазового зсуву), при цьому (Хітров 2021)

$$t_{зс} = \frac{l_n}{V_k}, \tag{5.5}$$

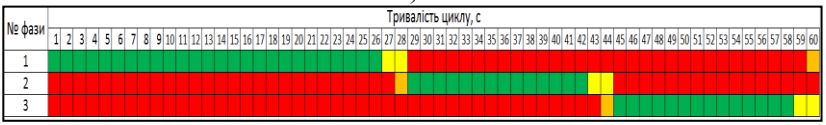
де l_n – довжина перегону, км; V_k – швидкість координування, км/год.

Ефективність координованого світлофорного регулювання значно залежить від дотриманням водіями рекомендованого швидкісного режиму руху в 40-50 км/год. (недотримання умов руху неодмінно призведе до збільшення кількості зупинок і збільшення загального часу руху).

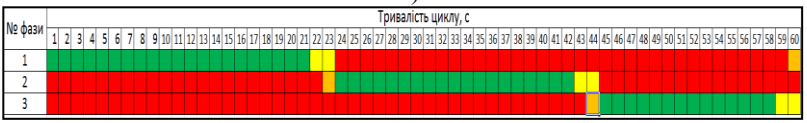
Залежно від довжини перегону і швидкості руху транспортних засобів задають фазовий зсув включення дозвільного сигналу світлофора. У випадку руху транспортних засобів з постійною швидкістю V_k від початкового (першого) перехрестя до наступного за проміжок часу $t_1 - t_2$ пройдуть всі перехрестя без зупинки.

Наведемо розрахункові параметри координованого регулювання світлофорними об’єктами (рис. 5.1).

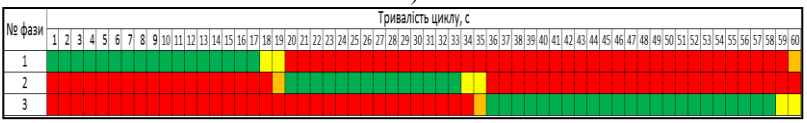
а)



б)



в)



г)

Рис. 5.1. Розрахункові циклограми світлофорних об’єктів з урахуванням координування проїзду перехресть без зсуву (а), зсув 8 сек. (б), зсув 26 сек. та зсув 41 секунда

Координоване регулювання передбачає узгоджену роботу світлофорних об’єктів таким чином, щоб транспортні засоби підходили до наступного світлофорного об’єкту на дозвільний (зелений) сигнал світлофора. Цього досягають відповідністю координування світлофорними циклами з імовірною швидкістю руху транспортного потоку до наступного перехрестя (рис. 5.2).

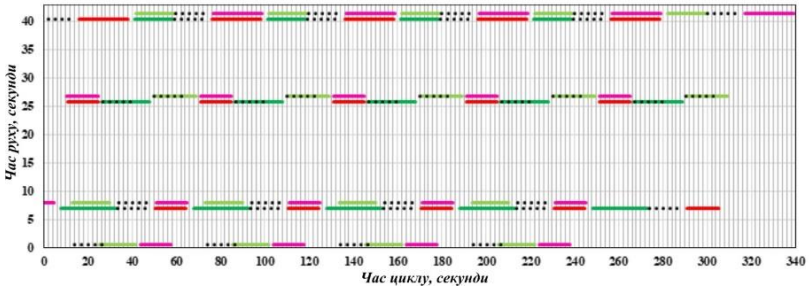


Рис. 5.2. Часове узгодження циклів регулювання для зниження транспортних затримок

Графік (див. рис. 5.2) відображає рух транспортних засобів між перехрестями у вигляді паралельних лінії за двома магістральними напрямами руху (в прямому і зворотному). Зелений колір вказує на дозволений рух (прямо і праворуч, а в двофазному циклі також і ліворуч), червоним кольором відображено рух транспорту другорядною дорогою, а чорними крапками на дозволений поворот ліворуч на магістралі.

Таким чином, для проїзду транспорту досліджуваної ділянки координоване регулювання зменшить час проїзду до 1,1-1,5 хв. при середній швидкості руху 50 км/год. і вказує на важливий соціальний ефект

Завдання до практичної роботи № 5

1. Ознайомитися з схемою перехрестя вулично-дорожньої мережі заданого району міста Рівне для якого будуть проводитися обстеження.

2. Обробивши результати спостережень визначають інтенсивність транспортних потоків складних ділянок вулично-дорожньої мережі за обраними перехрестями.

3. В програмному забезпеченні Exel (вихідний файл надає викладач) будується циклограма світлофорних об’єктів з урахуванням координування проїзду перехресть, а також часове узгодження циклів регулювання для зниження транспортних затримок.

4. Проаналізувати отримані результати, зробити висновки.

5. Захистити звіт у встановлений термін.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

МОДЕЛЮВАННЯ УМОВ БЕЗПЕЧНОГО ПРОЇЗДУ СКЛАДНИХ ДІЛЯНОК ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ

Мета: набути практичних навиків побудови моделі дорожньої ситуації з аналізом умови безпечного проїзду складних ділянок транспортної мережі шляхом удосконалення організації на них дорожнього руху.

Короткі відомості

Автомобільні дороги є надзвичайно важливими для економічного розвитку України. Перехрестя доріг є критичним місцем дорожньої мережі з точки зору пропускної здатності, рівня обслуговування та безпеки. Вони є місцем, де протилежні транспортні потоки постійно змінюються і, тим самим змінюють дорожню ситуацію (Денисенко 2018, Ренкас 2021). Особливо посилену увагу потребують перехрестя з близькими залізничними коліями.

Усі перехрестя доріг, які зустрічаються приблизно на одному рівні, що дозволяє здійснювати маневри транспорту, такі як злиття, розходження, перетинання, називаються перехрестями на рівні (Design). До них ставляться такі вимоги: зона конфлікту має бути невеликою; відносна швидкість і кут наближення транспортних засобів повинні бути невеликими; адекватна видимість; слід уникати різких змін; необхідно надати геометричні особливості; необхідно поставити відповідний дорожній знак; гарне освітлення; необхідно вжити окремих заходів для безпечного перетину перехрестя велосипедистами і пішоходами.

В якості вихідних даних для моделювання перехрестя використовувалися натурні спостереження за транспортними потоками: кількості транспортних засобів, їх розподілу на перехресті, накопичення при забороненому сигналі світлофора при очікуванні потяга (рис. 6.1).

З погляду організації безпеки дорожнього руху спостерігаються такі дорожні ситуації: утруднений роз’їзд;

недотримання траєкторії повороту транспортних засобів через габаритні особливості транспорту або вибору недостатньої траєкторії зміни напряму руху; вибір недостатнього радіусу заокруглення для повороту праворуч (особливо спостерігається в нічний час доби); складність виконання повороту ліворуч при забороненому сигналі залізничного переїзду (рис. 6.2).

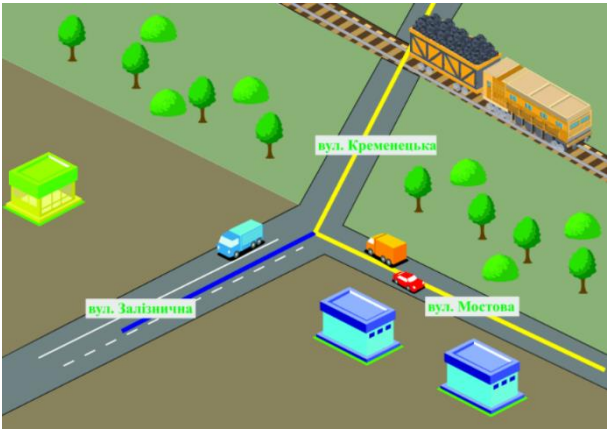


Рис. 6.1. Досліджуване перехрестя з близькими залізничними коліями

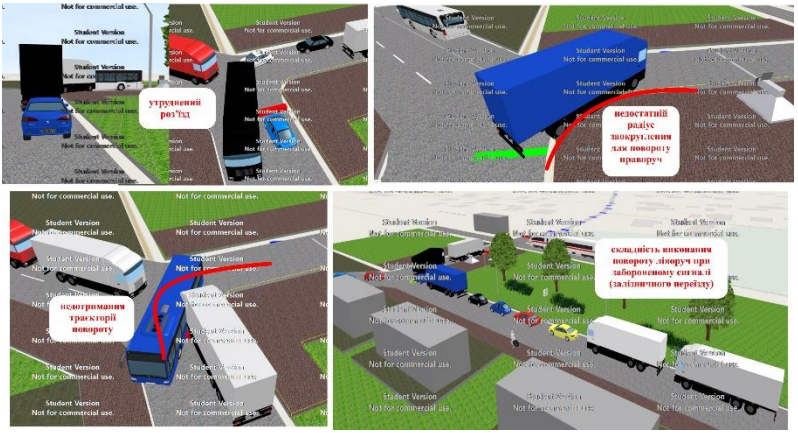


Рис. 6.2. Змодельовані можливі дорожні ситуації при проїзді перехрестя і на підступах до нього в *PTV Vissim*

Транспортний потік моделюється на основі різних параметрів, таких як розподіл смуги руху, склад транспортних засобів, контроль сигналів, наявності пішохідного руху тощо.

Послідовність виконання моделювання дорожньої ситуації – проїзду транспортних засобів через перехрестя і залізничні колії включає елементи:

1. Побудова смуги руху відрізками для створення перехрестя.
2. З’єднання заданих смуг руху між собою.
3. Побудова зони малошвидкісного режиму руху при перетину перехрестя.
4. Встановлення конфліктних точок перетину смуг руху (на даному перехресті черговість проїзду визначається знаками пріоритету – головна дорога перетин вул. Кременецька з вул. Мостова).
5. Розподіл вхідних транспортних потоків.
6. Вибір маршрутів руху транспортних засобів.
7. Формування складу транспортних потоків.
8. Побудова залізничної колії
9. Встановлення об’єктів світлофорного регулювання;
10. Візуалізація моделі (рис. 6.3).

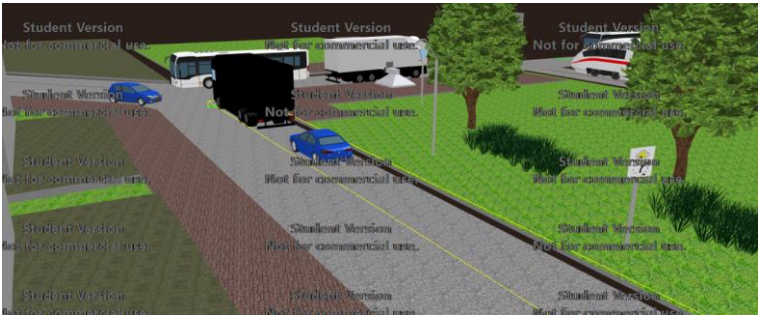
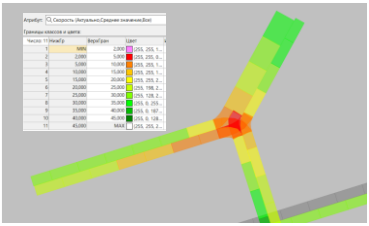


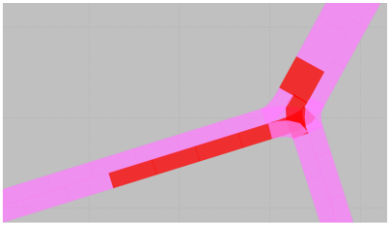
Рис. 6.3. Візуалізація побудованої моделі існуючого перехрестя

11. Аналіз показників, які впливають на безпечні умови проїзду перехрестя.

Для наочного відображення здійснимо діаграмну візуалізацію проїзду перехрестя залежно від швидкості руху транспорту (рис. 6.4, а) та часу його затримки (рис. 6.4, б).



а)



б)

Рис. 6.4. Діаграма зміни швидкості руху транспорту на перехресті (а) та часу затримки (б)

Аналіз діаграм показує:

- при під'їзді до перехрестя швидкість транспортного потоку зменшується до 20-25 км/год, досягаючи найменшого значення при проїзді перехрестя, особливо при повороті ліворуч до 5-10 км/год (виділено червоним кольором). Після проїду перехрестя швидкість зростає, що цілком очевидно.

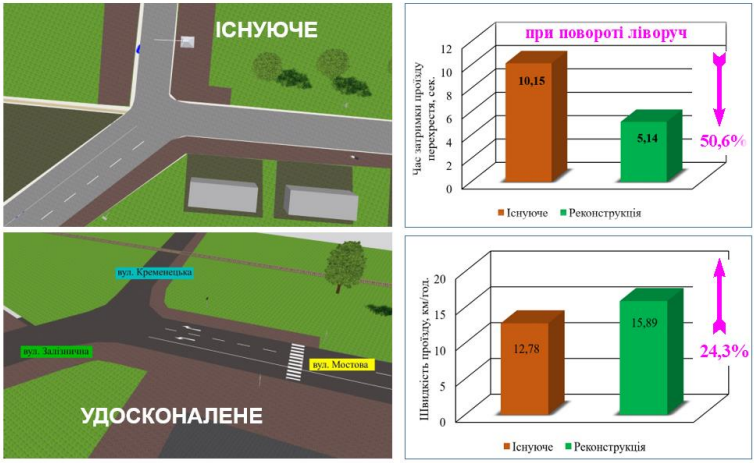
- при підході до перехрестя з головного напрямку руху спостерігається збільшення часу затримки транспортних засобів, особливо для повороту ліворуч (виділено червоним кольором).

12. Підвищення ефективності і безпечності проїзду перехрестя

Для того, щоб зменшити час проїзду перехрестя (особливо, при виконанні лівого повороту), зменшити ризик ДТП при зупинці транспортних засобів на дорозі під час очікування проїзду потяга, зручності роз'їзду транспорту, зручності переходу дороги пішоходами необхідно передбачити:

1. Дві смуги руху на головному напрямі;
2. Пішохідний перехід головного напряму;
3. Нанесення розмітки руху транспорту за смугами руху;
3. Облаштування сучасного освітлення.

Відобразимо дані зміни у вигляді реконструкції головного напряму із використанням того ж програмного забезпечення *PTV Vissim* студентська версія (рис. 6.5).



а) б)

Рис. 6.5. Схема (а) удосконалення головного напряму із нововведеннями та оцінка його ефективності (б)

Отже, запропоновані заходи покращать ефективність та безпечність проїзду перехрестя, особливо у випадку з близькими залізничними колями і вказують на позитивну тенденцію, а саме: зменшення часу затримки проїзду перехрестя при здійсненні лівого повороту більше 50% і збільшенні загальної швидкості руху транспорту на 24%.

Завдання до практичної роботи № 6

1. Дослідити проблемну ділянку транспортної мережі (завдання і вихідні дані видає викладач, або студент може самостійно запропонувати власний варіант проблемної ситуації та шлях її вирішення).

2. Побудувати вказану ділянку (приклад послідовності операцій описано вище), провести аналіз.

3. Повторно змоделювати умови покращення безпечності і провести аналіз. Зробити висновки

4. Захистити звіт.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ПАРКОВКИ ТА ОЦІНКА ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Мета: набути загальних практичних навиків роботи в програмному середовищі *PTV Vissim* з моделювання парковок з оцінкою ефективності прийнятих рішень.

Короткі відомості

Паркування є однією з головних проблем, що виникають у зв'язку зі збільшенням інтенсивності дорожнього руху (це наслідок розвитку транспорту). Зменшення вільного простору в містах збільшило попит на місця для паркування, особливо в таких районах, як центральний діловий район. Це також впливає на вибір виду транспорту. Це має великий економічний вплив.

Перш ніж вживати будь-яких заходів для покращення умов, необхідно мати дані про наявність місць для паркування, ступінь їх використання та попит на них. Це також необхідно для оцінки вартості паркування. Дослідження паркування покликані надати всю цю інформацію. Оскільки тривалість паркування різниться для різних транспортних засобів, для оцінки потреби в паркуванні використовуються різні статистичні дані.

Накопиченням парковки визначається кількістю транспортних засобів, припаркованих у певний момент часу (зазвичай це виражається кривою накопичення – графік, отриманий шляхом побудови залежності кількості зайнятих місць від часу).

Обсяг паркування – це загальна кількість транспортних засобів, припаркованих протягом певного періоду часу. При цьому не враховуються повторні заїзди транспортних засобів. Реєструється фактична кількість транспортних засобів, що в'їхали на територію.

Паркувальне навантаження показує площу під кривою накопичення. Його також можна отримати шляхом простого множення кількості транспортних засобів, що займають

паркувальну зону в кожний часовий інтервал, на часовий інтервал. Виражається в машино-годинах.

Середня тривалість паркування – це відношення загальної кількості мотогодин до кількості припаркованих транспортних засобів.

Оборот паркування – відношення кількості транспортних засобів, припаркованих протягом певного часу, до кількості доступних паркувальних місць. Він може бути виражений як кількість автомобілів на один паркомісце за певний проміжок часу.

Індекс паркування також називають заповнюваністю або ефективністю. Він визначається як відношення кількості місць, зайнятих за певний проміжок часу, до загальної кількості доступного простору. Він дає загальну оцінку того, наскільки ефективно використовується паркувальний простір.

Проілюструємо різні заходи на рис. 7.1, який показує тривалість, протягом якої зайнята кожна з клітинок (заштрихована частина – наприклад, автомобіль на парковці). Тепер можна побудувати графік накопичення, просто відмітивши кількість зайнятих комірок на часовому інтервалі 15, 30, 45 хв. і т.д.

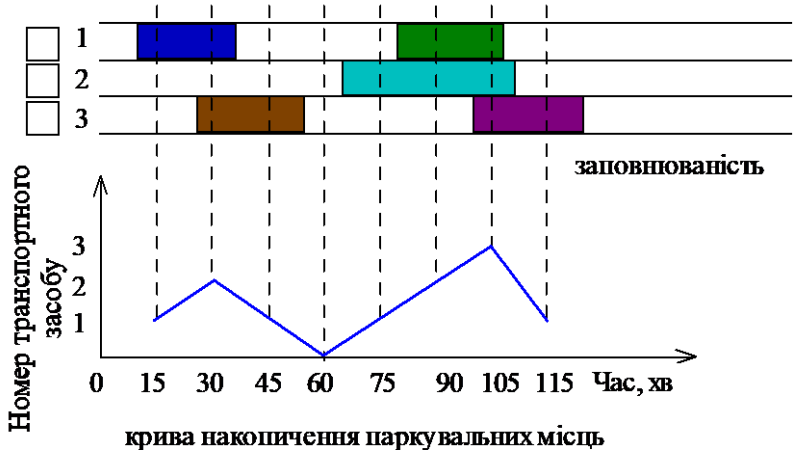


Рис. 7.1. Інтенсивність накопичення транспортних засобів на парковці (Mathew 2009)

Таким чином:

1. Об'єм (обсяг) парковки $Q_{пар}$ = 5 автомобілів.
2. Паркувальне навантаження $N_{нав}$ в часовому інтервалі

$$N_{нав} = (1+2+1+0+1+2+3+1)15/60 = 2{,}75 \text{ авт/год.}$$

3. Середня тривалість паркування $t_{пар}$

$$t_{пар} = P_{нав} / Q_{пар} = 2{,}75 / 5 = 33 \text{ хв.}$$

4. Індекс паркування $K_{пар}$

$$K_{пар} = (2{,}75 / 3 \cdot 2) \cdot 100\% = 45{,}83\%.$$

Планування парковок – це стратегія ефективної організації паркувальних місць. Паркінги, часто розташовані на автостоянках або спроектовані як багаторівневі паркувальні споруди, необхідні для систематичного зберігання транспортних засобів у громадських та приватних місцях. Параметри паркування відрізняються в різних країнах і урядах, і кожна з них розробила свої власні стандарти. Наприклад, паркувальні місця в США в середньому більші, ніж в Європі. Стратегії, які слід враховувати при плануванні паркування: напрямки руху, системи одностороннього або двостороннього руху, кут нахилу місць, тип транспортних засобів, що паркуються, а також включення пішохідних доріжок і елементів ландшафту (URL-6)

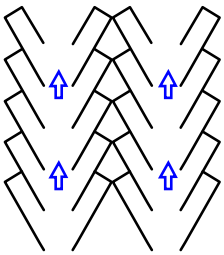
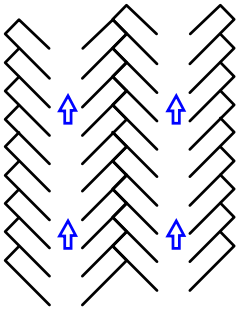
При плануванні автостоянок необхідно фактори слід враховувати розмір автостоянки, дорожнє покриття, кути нахилу паркувальних місць з урахуванням рівня обороту транспортних засобів, вимоги до доступності (наприклад, пандуси), дизайн освітлення, озеленення, водовідведення та загальний транспортний потік, в тому числі пішохідний тощо.

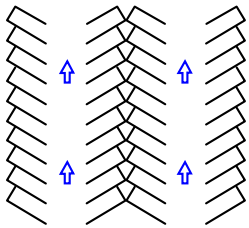
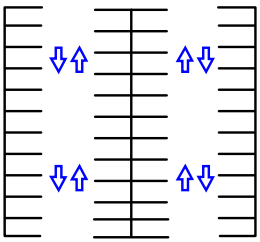
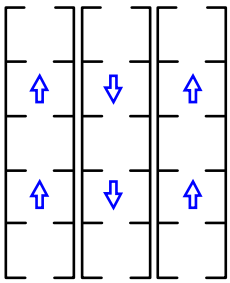
Ефективність використання простору (розмір і кут нахилу) є першочерговим завданням при проектуванні парковок для автобусів і вантажівок (табл. 7.1). Товщина дорожнього покриття повинна бути в центрі уваги, враховуючи можливе велике навантаження від цих транспортних засобів. На середньостатистичній автостоянці ці важкі види транспортних засобів, як правило, відведені для певних зон і рухаються по певних маршрутах навколо автостоянки.

План управління паркуванням виражає передбачуване управління використанням паркування на певному об'єкті нерухомості. Ці плани, як правило, є відповіддю на виявлені конкретні проблеми з паркуванням та дорожнім рухом. Він часто визначає розвиток або зміни в політиці, практиці та бюджеті для їх реалізації.

Таблиця 7.1

Типи паркувальних місць (за URL-6)

Тип паркувального місця	Схематичне зображення паркування	Особливості конструкції
Паркувальні місця під кутом 30°		Транспортні засоби на такому майданчику паркуються під кутом 30° до напрямку руху. Перевагою такого типу паркувальних місць є краща маневреність та зменшення затримок на трасі.
Паркувальні місця під кутом 45°		Паркувальний простір під кутом 45° може вмістити більше транспорту порівняно з паралельним паркуванням і паркуванням під кутом 30°. Це стало можливим завдяки збільшенню кута паркування. Паркувальний простір під кутом 45° також є легко маневреним, оскільки не вимагає від транспортних засобів різкого розвороту під час паркування.

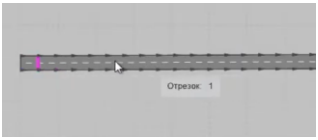
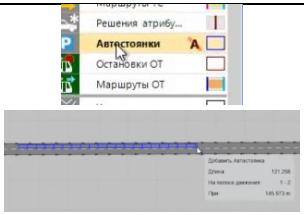
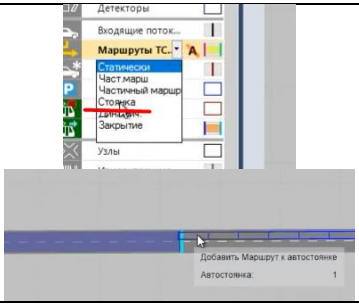
Паркувальні місця під кутом 60°		Паркувальні місця під кутом 60° зазвичай є чимось середнім між прямими та 45°. Його перевага полягає в тому, що він займає менше місця і дозволяє транспорту легко маневрувати на в'їзді та виїзді. Зазвичай транспортні засоби стоять під кутом 60° до напрямку руху.
Паркувальні місця під кутом 90°		Паркувальні місця під кутом 90° також відомі як перпендикулярне паркування. Ці місця розташовані під кутом 90° до напрямку руху. Найбільшим недоліком паркування під кутом 90° є те, що його складно виконати, і є ризик зіткненням з іншим транспортом.
Паралельні паркувальні місця		Розміщення транспорту на паралельному паркувальному майданчику - найскладніше завдання для будь-якого водія. Є багато речей, на які потрібно звернути увагу, наприклад, габарити транспортного засобу, наявність вільного місця та виконання декількох поворотів так, щоб не зачепити інших.

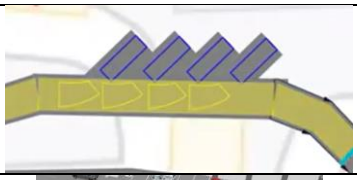
		Паркування в основному поширене на жвавих вулицях і в обмеженому просторі. Він передбачає паркування автомобіля паралельно та перед іншим.

Послідовність моделювання парковки в *PTV Vissim* – табл. 7.2

Таблиця 7.2

Послідовність етапів моделювання парковки

Послідовність виконання операції в програмі	Відображення дій в *PTV Vissim*
Будуємо відрізок дорожньої мережі і задаємо транспортний потік (використовується вже готовка побудована мережа з попередніх лабораторних робіт)	
Для побудови парковки вибираємо в бічному меню вкладку «Автостоянки» і задаємо значення параметрів паркови (загальної довжини, паркомісця, навпрям паркови тощо)	
Будуємо напрямок руху до доданої паркови, використовуючи меню «Маршрути – Стоянка» і задаємо напрям	

Будуємо мережу парковок відповідно до досліджень	
Здійснюємо візуалізацію парковки	

Завдання до практичної роботи № 7

1. Дослідити умови паркування транспортних засобів (завдання видає викладач, найчастіше обстежуються парковки біля великих супермаркетів, ринку, в місцях щільної високоповерхової будови).

2. Обстеження паркування проводяться для збору вищезгаданої статистики паркування (табл. 7.3). Найпоширенішими методами обстеження паркування є опитування на виїзді з парковки, вибірка з фіксованим періодом та опитування за номерними знаками.

Таблиця 7.3

Характеристика парковки

Назва парковки (об’єкта)	Загальна кількість паркомісць	Загальна площа, м^2	Загальна кількість автомобілів, шт.	Кількість автомобілів за 1 год.
ТЦ «Фуршет»	220	…	…	…
…	…	…	…	…

Після виконання спостереження заповнити табл. 7.4.

Таблиця 7.4

Оцінка попиту на паркування транспортних засобів
в ТЦ «Фуршет»

Час спостереження, год.	Загальна кількість паркомісць	Кількість паркомісць зайнятих автомобілями	Кількість паркомісць вільних (різниця)
11:10-12:10	220	120	100
…	…	…	…

3. Розрахувати: паркувальне навантаження, середню тривалість паркування, індекс паркування.

4. Зобразити схему паркування транспортних засобів.

5. Змоделювати і проаналізувати парковку в програмному забезпеченні *PTV Vissim.*

6. Надати висновки та пропозиції.

7. Захистити звіт.

Контрольні запитання

1. Що ми розуміємо під парковками і паркомісцями?

2. Якими показниками оцінюються парковки?

3. Опишіть переваги і недоліки типових схем паркування транспортних засобів?

4. Опишіть послідовність побудови парковки.

5. На що вказує «індекс парковки»?

6. Опишіть етапи побудови парковки в програмному забезпеченні *PTV Vissim.*

7. Як налаштувати праметри паркови і *PTV Vissim*?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Baorui Han, Dazhi Sun, Xiaomei Yu, Wanlu Song and Lisha Ding. Classification of Urban Street Networks Based on Tree-Like Network Features. Sustainability 2020, 12, 628.

Cheng D. X. Zong T. Z., Messer C. J. Development of an Improved Cycle Length Model over the Highway Capacity Manual 2000 Quick Estimation Method. *Journal of Transportation Engineering*. 2005. № 12. P. 890–897.

Design of intersection. Ilenia College of Engineering & Technology. URL: http://www.icet.ac.in/Uploads/Downloads/CE%20366%20TRAFFIC%20ENGINEERING%20AND%20MANAGEMENT.pdf

Guo H. Reliability analysis of pedestrian safety crossing in urban traffic environment. *Safety Science*. 2012. Vol. 50, Issue 4. P. 968–973. http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2011.12.027

Krystopchuk M. Change of drivers functional condition while moving along highways of different technical categories. *Transport technologies*. 2020. Vol. 1. № 1. pp. 22–32.

Mathew Tom. Fundamental parameters of traffic flow. Lecture notes in Transportation Systems Engineering. 2010. URL: https://www.civil.iitb.ac.in/tvm/1100_LnTse/501_lnTse/plain/plain.html

Noland R. Pedestrian travel times and motor vehicle traffic signals. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 1996. Т. 1553. №. 1. С. 28–33. http://dx.doi.org/10.3141/1553–04.

Ortuzar, J. de D., Willumsen, L. G. Modelling transport. Third edition. John Wiley & Sons Ltd., 2006. 499 p.

PTV Vissim: First Steps Tutorial. Germany. PTV Planung Transport Verkehr AG. 2021. P. 37

Public Transport Assignment. Transport Analysis Guidance: Department for Transport, London. 2013.

South Willamette Street Improvement: Plan Facility Design Alternatives. June 12, 2013. URL: https://eugene-or.gov/DocumentCenter/View/13161/Tech-Memo-7-South-Willamette-Street---Facility-Design-Alternatives?bidId=

Tom Mathew. Lecture notes in Transportation Systems Engineering. Parking. 2009. URL: https://www.civil.iitb.ac.in/tvm/nptel/581_Parking/web/web.html#x1-80003

URL-1. PTV Group Mobility. Youtube: веб-сайт. URL: https://www.youtube.com/c/PTVVision/videos.

URL-2. VISSIM Tutorial. Youtube: веб-сайт. URL: https://www.youtube.com/watch?v=gUwS_9KCoT0

URL-3. Vitalii Tereshchuk. Моделювання Vissim. Youtube: веб-сайт. URL: https://www.youtube.com/user/MrTervit/videos

URL-4. Характеристики транспортного потоку. Elib LNTU: веб-сайт. URL : https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%A1%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%20%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA/page10.html

URL-5. Модульне середовище для навчання Moodle. Хмельницький уаціональний університет. Khnu : веб-сайт. URL : https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/288559/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0%20%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20-%205.pdf

URL-6. Parking Layouts. Dimensions.com : веб-сайт. URL: https://www.dimensions.com/collection/parking-layouts

Абрамова Л. С., Капінус С. В. Визначення балансу між параметрами дорожнього руху. Комунальне господарство міст, 2018. Вип. 140. С. 91–97.

Організація та регулювання дорожнього руху / Бакуліч О. О. та ін. Київ : Знання України, 2012. 467 с.

Безлюбченко О. С., Завальний С. М., Гордієнко С. М. Планування міст і транспорт. Харків : ХНАМГ, 2006. 138 с.

ДБН 2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ : МРРБЖКГУ. 2019. 185 с.

ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Київ : МРРБЖКГУ. 2015. 113 с.

ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. Київ : МРРБЖКГУ. 2018. 185 с.

Денисенко О. В. Визначення затримок транспортних засобів на регульованому перехресті. *Комунальне господарство міст*, 2018, вип. 142. С. 83–90.

Капский Д. В. Навой Д. В. Методика определения экономических потерь при координированном регулировании движения транспортных и пешеходных потоков. *Вестник БНТУ*. 2010. № 4. С. 60–70.

Кашканов А. А., Кужель В. П. Організація дорожнього руху. Вінниця : ВНТУ, 2017. 125 с.

Литвин В. В., Грищенко Я. В. Транспортне планування міст. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів денної форми навчання напряму підготовки Транспортні технології. Дніпропетровськ : Державний ВНЗ «НГУ», 2012. 25 с.

Лобашов О. О., Прасоленко О. В. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху». посіб. Харків : ХНАМГ, 2011. 221 с.

Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Аналіз параметрів функціонування об’єктів транспортної інфраструктури на формування транспортних та пасажирських потоків у містах. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2018. № 1. С. 66–72.

Поліщук В. П., Дзюба О. П. Теорія транспортного потоку : методи та моделі організації дорожнього руху. Київ : Знання України, 2008. 175 с.

ПОР-218-141-2000. Порядок обліку руху транспортних засобів на автомобільних дорогах загального користування. Київ, Укравтодор. 2000. 25 с.

Потійчук О. Б. Піліпака Л. М. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Характеристика дорожнього руху і параметри транспортних потоків» з дисципліни «Моніторинг транспортних потоків». Рівне : НУВГП, 2013. 18 с.

Ренкас А. А., Руденко Д. В., Товарянський В. І. Підвищення ефективності функціонування перехресть з високоінтенсивними

транспортними та пішохідними потоками. *Вісник ЛДУБЖД*. №23, 2021, С. 61–67.

Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху: кн. 4 / Гаврилов Е. В. та ін.; за заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. Київ : Знання України, 2005. 452 с.

Солодкий А. И., Горев А. Э., Бондарева Э. Д. Транспортная инфраструктура. Москва : Издательство Юрайт, 2018. 290 с.

Трушевський В. Е. Удосконалення світлофорного регулювання при організації руху за окремими напрямками : дис. … канд. тех. наук: 05.22.01 / Національний транспортний університет. Київ. 2016. 150 с.

Форнальчик Є. Ю., Могила І. А., Трушевський В. Е., Гілевич В. В. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 236 с.

Хітров І. О., Цьонь О. П., Кристопчук М. Є., Почужевський О. Д. Аналіз транспортних затримок в центральній частині міста та шляхи їх зниження. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті.* 2021, №1 (16). С. 82-90.

Швець В. В., Кашканов В. А., Галіброда В. В. Оцінка функціонування вулично-дорожньої мережі м. Вінниці. *Вісник машинобудування та транспорту*. №1(7), 2018. С. 120–126.