

УДК 711.11

к.т.н., професор Осетрін М.М., Дворко О.М.,
Київський національний університет будівництва та архітектури

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ І ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ НЕРЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕТИНІВ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА

Проводиться історичний огляд і аналіз методів проектування та оцінки ефективності роботи нерегульованих перетинів на ВДМ міста.

Ключові слова: нерегульований перетин, пропускна здатність, граничний інтервал, напрям руху, інтенсивність руху транспорту, затримка руху.

Міським дорожньо-транспортним вузлом називають комплекс дорожньо-транспортних споруд, які влаштовуються на перетині міських шляхів сполучення – вулиць і доріг, рейкових видів транспорту, пішохідних шляхів тощо – і забезпечують відповідний комплекс потреб – пропуск транспорту і пішоходів, відведення дощової води, прокладення інженерних мереж.

Нерегульованим перетином міських вулиць і доріг називають перетинання або примикання їх на ВДМ міста, що не має засобів світлофорного регулювання.

Простим перетином міських вулиць і доріг називають перетинання або примикання їх на ВДМ міста, що не мають напрямних споруд і елементів (острівців, розмітки тощо), які організовують дорожній рух.

Передісторія розвитку методології проектування нерегульованих перетинів у світовій практиці

Історія розвитку методів проектування вузлів міських вулиць і доріг нерозривно пов'язана з історією автомобільного транспорту. Починаючи з 20-х рр. ХХ ст., внаслідок збільшення швидкості та інтенсивності дорожнього руху, питання забезпечення безпеки і пропускної здатності ВДМ в цілому набуло особливого значення. В цей період у США та країнах Зах. Європи вузли ВДМ міст - перетини і примикання - все ще здійснювались в одному рівні, але на них почали передбачати спеціальні заходи з підвищення безпеки руху та пропускної здатності [1]. У міжвоєнний період були проведені перші ґрунтовні дослідження умов і режимів руху автомобілів на дорогах і їх перетинах. Зокрема, такі дослідження було проведено в 1920 - 1923 рр. у США, Німеччині та Франції, результатом яких була розробка перших технічних умов на проектування перетинів автомобільних вулиць і доріг на ВДМ міста [2].

Заради підвищення безпеки руху і збільшення пропускної здатності перетинів вулиць і доріг в одному рівні в деяких країнах, починаючи з 1920-х рр почали влаштовувати *каналізовані перетини*, на яких для кожного напрямку руху виділялись самостійні смуги (канали), відділені один від одного островами (на висоту бордюрного каменю), смугами та розміткою проїзної частини. Такі перетини почали широко застосовувати у США, Німеччині, Великій Британії, Італії та інших країнах. А після Другої Світової війни - і в країнах колишнього СРСР. Такі вузли було побудовано на виходах з Москви в напрямку Харкова, Воронежа, Нижнього Новгорода (Горького), а також у містах країн Прибалтики (Естонія, Литва). В місті Києві каналізовані перетини широкого застосування не знайшли.

Особливим типом каналізованих перетинів в одному рівні є *кільцевий тип* вузла. Такі перетини в післявоєнний час почали широко застосовуватись у Великій Британії, Нідерландах, Німеччині, Швеції, США та ін. Кільцеві перетини відзначились поєднанням безпеки руху і пропускної здатності, що й обумовило їх поширення в містах цих країн [1].

Починаючи з 60-х рр. XX ст. почались комплексні дослідження роботи нерегульованих перетинів як у Західній Європі, так і в колишньому СРСР. Теоретичні дослідження у поєднанні із натурними обстеженнями ґрунтувались на застосуванні *теорії імовірності* [3]. Основоположниками в цій галузі досліджень є такі вчені, як В.Грабе [4], Дж. Хардерс [5] та В.Сіглох [6] (Німеччина), а також американець Б.Гріншилдс [7]. Хардерс на основі досліджень, які виконав В.Грабе, розробив процедуру визначення пропускної здатності нерегульованих перетинів, яка найточніше відображала дійсність.

Однією із перших наукових робіт в колишньому СРСР, присвячених вивченню функціонування нерегульованих перетинів, є робота Лобанова Є.М. [8]. В ній комплексно проаналізовано вплив планувального рішення нерегульованого перетину на його безпеку та пропускну здатність напрямків. Також була розроблена методика оцінки цих параметрів із застосуванням теорії імовірності.

Режим руху автомобілів на нерегульованих перетинах

На перетинах вулиць і доріг в одному рівні постійно відбуваються *розділення, злиття, перетинання і переплетення* транспортних потоків (рис.1) [2], [9]. Кожен із цих маневрів може бути здійснений лише за наявності тривалого інтервалу між автомобілями в конфліктному потоці. Величина цього інтервалу залежить від виду повороту, початкової швидкості руху маневрового потоку і швидкості руху по головній дорозі (вулиці). По головній дорозі інтервали між автомобілями розподілені нерівномірно, і тому водій у другорядному транспортному потоці вибирає той, який, на його думку, достатній для виконання маневру повороту чи перетинання головного потоку. Інтервал, що прийнятий одним

Вид маневру	Схема взаємодії потоків			
Відгалуження				
	Вправо	Вліво	Взаємне	Багатостороннє
Злиття				
	Справа	Зліва	Взаємне	Багатостороннє
Перетин				
	Справа	Зліва	Попутний	Зустрічний
Переплетення				
	Справа	Зліва	Взаємне	Багатостороннє

Рис. 1. Типи маневрових потоків потоків на нерегульованому перетині

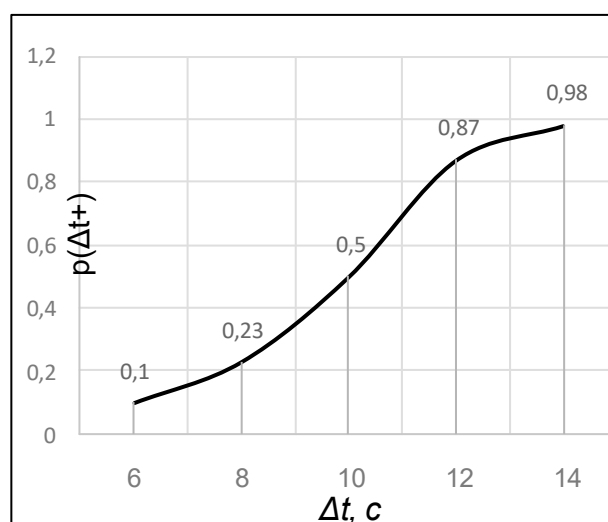


Рис. 2. Визначення величини прийнятого водіями граничного інтервалу по головній вулиці за даними спостережень

водієм, може бути відкинутий іншим. Відкинуті інтервали мають величину від 0 до $\Delta t_{\max}^-$, а прийняті - від $\Delta t_{\min}^+$ до ∞ . Ідея розділити прийняті (Δt^+) і відкинуті (Δt^-) інтервали між автомобілями головного потоку привела до визначення граничного проміжку часу (**граничного інтервалу Δt^{cp}**) (рис.2).

Граничним інтервалом між автомобілями головного потоку називають мінімальний часовий інтервал, який достатній для здійснення маневру автомобілями з другорядного потоку і приймається ними із заданою імовірністю. Класичне визначення цього поняття дали американські вчені Б.Гріншилдс і М.Рафф [7] наприкінці 1940-х років. Гріншилдс визначив граничний інтервал, як проміжок часу, що з однаковою імовірністю водії приймають і відкидають. Його можна визначити за медіаною розподілу, утвореного наступним чином:

$$p_{\Delta t^+} = \frac{n_{\Delta t^+}}{n_{\Delta t^-} + n_{\Delta t^+}} \quad (1)$$

де $n_{\Delta t^+}$ і $n_{\Delta t^-}$ - відповідно кількість прийнятих і відкинутих інтервалів;
 $p_{\Delta t^+}$ - імовірність прийняття інтервалу.

Це означає, що інтервал такої тривалості задовольняє лише 50 % водіїв. Проте для практичних розрахунків використовується граничний інтервал із забезпеченістю 85 % ($p_{\Delta t^+} = 0,85$, рис. 2). Співставлення значень Δt^{cp} , визначених при постійній інтенсивності руху по головній дорозі, але за різної інтенсивності по другорядній дорозі, показує, що основною умовою, яка впливає на вибір величини граничного інтервалу, є інтенсивність руху по головній вулиці. Проте, величина граничного інтервалу залежить і від планувальних факторів – достатніх радіусів на з'їздах, наявності перехідно-швидкісних смуг, забезпечення ви-

димості на перетині тощо. Кращим дорожнім умовам і чіткішій організації руху відповідатиме менше значення Δt^{cp} за інших рівних умов, а це в свою чергу позитивно відобразиться на пропускній здатності перетину.

В українських науково-практичних рекомендаціях наразі немає методики визначення величини Δt^{cp} , так само, як немає визначення планувальних факторів нерегульованого перетину, що впливають на величину граничного інтервалу на ВДМ міста. Тому однією із задач дослідження є застосування методики визначення величини Δt^{cp} за допомогою методу максимальної достовірності або іншими доступними методами (Logit-модель, Probit-аналіз, метод Гріншилдса)[3], а також перевірка результатів цього дослідження на практиці.

Пропускна здатність нерегульованих перетинів (класичне визначення за Є.М.Лобановим)

Перетин основного потоку чи вливання в нього із другорядної дороги можливе лише за наявності достатніх інтервалів між автомобілями в основному потоці. Кожному значенню інтенсивності руху головної дороги M відповідає певне число автомобілів другорядної дороги, яке може перетнути або влитися в головний потік. Кількість автомобілів другорядної дороги, які пройшли через перетин, залежить від того, наскільки повно використовуються інтервали між автомобілями головного потоку. Тому варто розрізняти декілька величин пропускної здатності (ПЗ) перетину (рис. 3):

Теоретична ПЗ - максимальна інтенсивність руху другорядної дороги (при даній інтенсивності головної), яка може бути досягнута за ідеальних умов (автомобілі у потоці не взаємодіють один з одним) за повного використання всіх інтервалів $\Delta t_{\text{гол}} \geq \Delta t^{cp}$ в головному потоці. Оскільки умови руху неідеальні, автомобілі в потоці відрізняються між собою за динамічними і геометричними характеристиками, то теоретична ПЗ є граничним відношенням інтенсивності руху доріг, що перетинаються. Розраховується теоретична ПЗ за формулою:

$$P_{\text{напр.}} = M \cdot \frac{e^{-\lambda \Delta t^{cp}}}{1 - e^{-\lambda \delta t}} \quad (2)$$

де M – інтенсивність руху по головній вулиці в обидві сторони, *авт/год*;

$\lambda = M/3600$ – математичне очікування інтенсивності M по головній вулиці, *авт/с*;

Δt^{cp} - граничний інтервал по головній вулиці, *с*;

δt - інтервал між автомобілями, які повертають з другорядної вулиці (т. зв. **інтервал слідування**), *с*.

Інтервал слідування δt на міських нерегульованих перетинах змінюється в широких межах – від 2,8 до 5,5 с. Ця величина, передусім, залежить від складу

потоків транспорту, і збільшується зі зростанням числа вантажних автомобілів у поворотному транспортному потоці [10].

Можлива ПЗ – максимальна інтенсивність руху другорядної дороги (при даній інтенсивності головної дороги) з урахуванням реальних умов руху на перетині за повного використання всіх інтервалів в головному потоці. Найточніше характеризує перетин практична пропускна здатність.

Практична ПЗ – максимальна інтенсивність руху другорядної дороги (при даній інтенсивності головної дороги) з урахуванням реальних умов руху на перетині і практичного використання інтервалів в головному потоці. Вона розраховується за формулою, яку запропонував Є.М.Лобанов у [8]:

$$P_{\text{напр.}} = M \left(\frac{A \cdot e^{-\beta_1 \lambda \Delta t^{\text{гп}}}}{1 - e^{-\beta_1 \lambda \delta t}} + \frac{B \cdot e^{-\beta_2 \lambda \Delta t^{\text{гп}}}}{1 - e^{-\beta_2 \lambda \delta t}} + \frac{C \cdot e^{-\beta_3 \lambda \Delta t^{\text{гп}}}}{1 - e^{-\beta_3 \lambda \delta t}} \right) \quad (3)$$

де $M, \lambda, \Delta t^{\text{гп}}, \delta t$ – те ж, що у формулі (2);

A, B, C – коефіцієнти, що характеризують різні частини потоку – вільні, частково зв'язані і зв'язані автомобілі. Коефіцієнт A визначають за формулою:

$$A = \xi_{\text{м}} e^{-\xi_{\text{п}}}$$

де $\xi_{\text{м}}$ – коеф., що враховує кількість повільних автомобілів (їх швидкість на 10-15 % менша від середньої швидкості потоку); $\xi_{\text{п}}$ – коеф., що враховує поздовжній ухил дороги і відстань від нього.

Коефіцієнт B розраховується за відповідним графіком. $C = 1 - A - B$

Коефіцієнти β_1, β_2 і β_3 характеризують щільність транспортного потоку.

$\beta_1 = 1 + 1,28 \cdot \lg A$; $\beta_2 = 3,5$; $\beta_3 = 5,7$ – для двосмугових проїзних частин вулиць

Розрахунок за формулою (3) дозволяє розрахувати пропускну здатність не всього перетину, а лише одного напрямку із другорядної вулиці, що перетинає чи вливається в потік по головній вулиці. Повна пропускна здатність перетину визначається як сума пропускної здатності по всім напрямкам.

Проте, на даний момент, в Україні немає методики визначення ПЗ прямих напрямків руху в межах перетину і зв'язку цієї величини із рядом планувальних факторів – положення перетину у схемі ВДМ, функціонального призначення прилеглої території, інтенсивності пішохідного руху, а також від співвідношен-

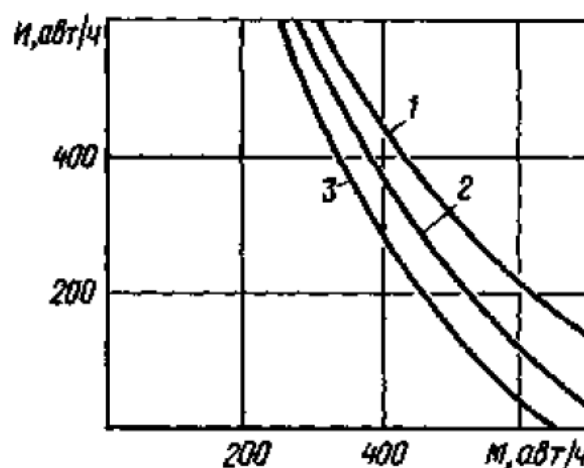


Рис. 3. Пропускна здатність одного напрямку руху нерегульованого перетину: 1 – теоретична, 2 – можлива, 3 – практична. Із джерела [9]

ня величин інтенсивності руху напрямків між собою. Також є сенс перевірити залежність ПЗ напрямків від інтенсивності руху по головній вулиці (рис. 3), оскільки встановлена вона була ще в 30-х рр. ХХ ст.

Методики проектування нерегульованих перетинів

Методи проектування нерегульованих перетинів в цілому базуються на застосуванні теорії імовірностей. На протязі останніх 50-60 років вони постійно вдосконалюються і оновлюються. Як уже було зазначено, найперші наукові підходи до проектування нерегульованих перетинів були розроблені у США, Німеччині та колишньому СРСР. При цьому треба відмітити великий вклад німецьких вчених і дослідників у даній галузі. У США основним документом, у якому відображена майже 60-річна практика дорожнього будівництва, є Highway Capacity Manual (HCM) [11], яке має вже шість видань (1950, 1965, 1985, 2000, 2010 та 2016 роки). У ньому представлена методологія проектування нерегульованих перетинів (рис. 4). На першому етапі проектування збираються вихідні дані – про геометрію перетину, існуючої чи прогнозованої інтенсивності транспортних та пішохідних потоків з урахуванням частки вантажних автомобілів та громадського транспорту. На відміну від німецької методики [12], американська включає в себе ще й оцінку впливу на нерегульований перетин світлофорні об'єкти (СО), що розташовані поруч (на думку німецьких вчених, це лише ускладнює розрахунки, проте вплив, що СО мають на нерегульований перетин, незначний). Наступним етапом проектування йде визначення типів конфліктних потоків та граничних інтервалів, що напряму залежать від них. Чим більше пріоритетних потоків перетинають автомобілі другорядного потоку, тим більший граничний інтервал, і як наслідок, менша базова пропускна здатність (БПЗ). Під БПЗ приймається ПЗ другорядного потоку, якому доводиться перетинати лише один пріоритетний потік. У [12] БПЗ розраховується за формулою:

$$G_i = \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600} \left[t_g - \frac{t_f}{2} \right]} \quad (4)$$

де G_i – БПЗ другорядного потоку i , *прив. од./год*;

q_p – розрахункова інтенсивність пріоритетного напрямку, *авт/год*;

t_g – середній граничний інтервал, *с*;

t_f – середній інтервал слідування (див. формулу (2)), *с*.

У зарубіжній практиці (зокрема у США та Німеччині) використовується критерій, за допомогою якого можна об'єктивно оцінити, а головне співставити якісні параметри руху для транспортного вузла [13]. Цей показник називається

рівень обслуговування (level of service – **LOS**). LOS показує безпеку, комфортність, свободу, швидкість та затримку руху на ВДМ міста, об'єднуючи ці параметри в одну, просту в розрахунках та зрозумілу широкій аудиторії шкалу [14].



Рис. 4. Методика проектування і оцінки ефективності роботи нерегульованих перетинів за Highway Capacity Manual 2000/2010 (США)

У США рівень обслуговування став основним критерієм оцінки якості організації дорожнього руху (ОДР) та був включений у нормативні документи. Критерії LOS використовуються для оцінки умов руху як у програмах моделювання ВДМ, так і у вузькоспеціалізованих програмах проектування перетинів і транспортних розв'язок. Сфера використання цього критерію охоплює всі стадії містобудівної діяльності у США – планування, проектування та експлуатацію [15]:

- планування – оцінка якості обслуговування при довгострокових прогнозах та стратегічному планування транспортних систем;
- проектування – оцінка транспортного обслуговування при середніх та довгострокових прогнозах, визначення розрахункових параметрів транспортних споруд, що забезпечують задану якість обслуговування;

- експлуатація – визначення рівня обслуговування при заданих дорожньо-транспортних умовах, розробка заходів ОДР.

Принципово важливим напрямком розвитку концепції LOS у США оголошено створення методів т.зв. «комплексної оцінки рівня обслуговування» (**multi-modal LOS**), що розглядає сумісний рух транспорту на ВДМ міста – легкового, пасажирського, велосипедного, а також пішоходів. Завданням MMLOS є встановлення того, як зміна рівня обслуговування одного користувача впливає на рівень обслуговування іншого (інших) [14], [15], [16].

В Україні наразі відсутні нормативи визначення показників LOS для транспортних споруд. Для практичних розрахунків цих показників доцільно користуватись німецькими Нормами для інтегрованого планування транспортних мереж (RIN 2008), Посібником для оцінки дорожніх інженерних споруд (HBS-2001/2009), а також американським посібником [11].

Як у США, так і в Німеччині основним показником LOS є рівень *затримки руху*. Він розраховується за формулою:

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T \left[\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{V_x}{c_{m,x}} \right)}{450T}} \right] + 5 \quad (5)$$

де d – рівень затримки, *с/авт*;

V_x – інтенсивність руху розглядуваного напрямку, *авт/год*;

$c_{m,x}$ – пропускна здатність розглядуваного напрямку, *авт/год*;

T – час спостережень, *год* ($T=0,25$ для 15-хв періоду)

LOS не визначається для всього перетину. Рівень затримки для нерегульованих перетинів визначається обчисленням (ф-ла 5) або вимірюванням відповідних затримок руху для кожного із напрямків на перетині. [11], [12]. У табл.1 приведена шкала LOS за рівнем затримки руху для нерегульованих перетинів, що регламентовані відповідними нормативами обох країн [11], [16].

Таблиця 1.

Показники LOS за рівнем затримки руху

HCM-2010 (США)		HBS-2001 (Німеччина)	
LOS	Рівень затримки, с/авт	LOS	Рівень затримки, с/авт
A	0 – 10	A	<10
B	10 – 15	B	<20
C	15 – 25	C	<30
D	25 – 35	D	<45
E	35 – 50	E	>45
F	>50	F	-

На рис. 5 – 9 показано розрахунок показників нерегульованого перетину Дарницького бульвару та вул. А.Малишка у м.Києві.

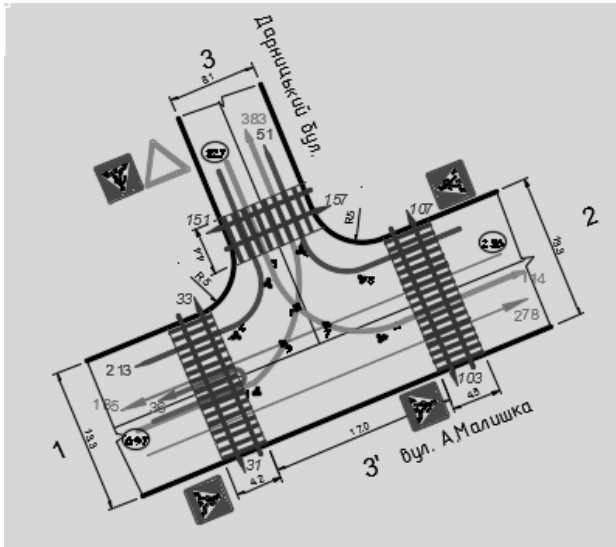


Рис. 5. Розрахункова схема перетину Дарницький бульв. – вул. А.Малишка

Розрахунок базової пропускної здатності				
Другорядний напрям	q_p , авт/год	t_g , с	t_f , с	G_i , авт/год
3 1(правий)	213	5	3	975,4
2 3(правий)	51	5	2	1701,1
1 3(лівий)	383	7	3	668,0
3 2(лівий)	114	6	2	1535,5
Перерахунок базової пропускної здатності				
Другорядний напрям	q_p , авт/год	$t_{c,x}$, с	$t_{f,x}$, с	G_i , авт/год
3 1(правий)	213	6,26	3	824,7
2 3(правий)	0	0,00	0	726,4
1 3(лівий)	383	3,25	2	1267,9
3 2(лівий)	114	6,04	4	871,2

Рис. 6. Розрахунок базової пропускної здатності та її коригування після уточнення граничного інтервалу

Ефект імпедансу								
Другорядний напрям	$V_{c,1-3}$, авт/год	$C_{m,1-3}$, авт/год	$V_{c,3-1}$, авт/год	$C_{m,3-1}$, авт/год	$p_{0,1-3}$	$p_{0,3-1}$	f_k	$C_{m,3-2}$, авт/год
Rank3 (3 - 2)	(1 - 3) (4, Rank2)	(3 - 1) (9, Rank2)						
	871,2	383	1267,9	213	824,7	0,698	0,742	0,517
	726,4	51	726,4			0,930		

Пішохідний імпеданс											
Другорядний напрям	$V_{p,3-3}$, піш/с	L, м	S_{niw} , м/с	t_{niw} , с	t_c , с	v_x	w, м	f_{pb}	$p_{p,x}$	f_k	$C_{m,3-2}$, авт/год
Rank3 (3 - 2)											
	871,2	0,08551	8,1	1,09	7,89	15,35	1,26	4,05	0,00131	0,999	0,517
											450

Рис. 7. Перерахунок пропускної здатності напрямку 3-2 з урахуванням ефекту імпедансу

Пропускна здатність спільних смуг					
Другорядний підхід 3					
V_1 (3-1), авт/год	V_2 (3-2), авт/год	Σv	$C_{m,3-1}$, авт/год	$C_{m,3-2}$, авт/год	C_{SH} , авт/год
213	114	328	824,7	450	639
Головний підхід 1					
$p_{0,j}$	$V_{i1,(1-2)}$, авт/год	V_{i2} , авт/год	$S_{i1,(1-2)}$, авт/год	S_{i2} , авт/год	$p^*_{0,j}$
0,698	278	0	2000	0	0,649
0,930	278	0	2000	0	0,919

Рис. 8. Визначення пропускної здатності спільних смуг на другорядних напрямках

5.Пропускна здатність заблокованого періоду				
Рух	p_x	$V_{c,u,x}$ авт/год	$C_{p,x}$	C_{plat}
1	0,867			
4(1-3)	-		1267,9	1267,9
7(3-2)	0,933	0	871,2	813,1
8	0,933			
9(3-1)	-		824,7	824,7
10	0,9333			
11	0,9333			
12	0,867			

Рис. 9. Пропускна здатність напрямків руху під час «блокування» руху на сусідніх світлофорах

Таблиця 2.
Приведена пропускна здатність напрямків руху на перетині, розраховані за методикою HCM-

Напрямок руху	Приведена пропускна здатність (авт/год)
3-1	825
3-2	450
2-1	-
2-3	726,4
1-3	1268
1-2	-
1-1	-

Таблиця 3.
Результати оцінки ПЗ напрямків руху на перетині із використанням методів, що наведені у HCM-2000, HBS-2001 та формул Є.М.Лобанова

Напрямок руху	Теоретична ПЗ (ф-ла (2))	Практична ПЗ (ф-ла (3))	Прив. ПЗ за HCM-2010	БПЗ за HBS-2001 (ф-ла (4))
3-1 (прав.)	975	310	824,7	856
3-2 (лів.)	635	317	450	636
2-1 (прям.)	-	-	-	-
2-3 (прав.)	726	-	726	726
1-3 (лів.)	635	-	1268	1429
1-2 (прям.)	-	-	-	-

Аналізуючи результати розрахунків табл. 3, можна зробити висновки, що:

- розрахунки в цілому значно відрізняються, що вносить певну невизначеність в оцінці ПЗ напрямків руху на перетині;
- неможливість оцінити практичну ПЗ правих напрямків на перетині;
- неможливо оцінити ПЗ прямих напрямків;
- легкість обчислення, які можна автоматизувати;
- можливість адаптації під українські нормативні документи;
- урахування всіх характеристик дорожнього руху в одну компактну модель оцінки.

Після того, як розраховано ПЗ, визначається затримка руху за (5)

Таблиця 4.

Визначення затримки руху та рівня обслуговування (LOS) напрямків

Напрямок руху	Затримка руху, с/авт	LOS, HCM-2010	LOS, HBS-2001
3-1 (прав.)	10,9	B	B
3-2 (лів.)	15,7	B	B
2-1 (прям.)	-	-	-
2-3 (прав.)	10,3	B	B
1-3 (лів.)	9,1	A	A
1-2 (прям.)	-	-	-

Визначивши рівні обслуговування, можна зробити висновки щодо якості ОДР на перетині:

- затримки руху напрямків перетину знаходяться в найвищих позиціях градації LOS (рівні A та B), тобто перетин функціонує ефективно;
- розрахунки затримок руху, виконані за різними методиками, знаходяться в межах однієї градації.

ВИСНОВКИ:

Проаналізувавши методи проектування і оцінки ефективності роботи нерегульованих перетинів на ВДМ міста із застосуванням інтегрального критерію рівня обслуговування (LOS), можна підсумувати наступне:

- відсутність у вітчизняних нормативних документах і науково-практичних рекомендаціях методики визначення граничного інтервалу Δt^{sp} та інтервалу слідування δt для напрямків руху на нерегульованому перетині і необхідність постановки відповідної задачі у рамках наукової роботи;
- відсутність методики визначення ПЗ прямих напрямків у межах нерегульованого перетину і відсутність у наведених розрахункових формулах (2 – 5) коефіцієнтів впливу пішохідного руху на величину ПЗ перетину. Для цього доцільно застосувати методи, що наведені у документах [11] і [12];
- відсутність визначення поняття «межа перетину» в контексті межі переходу від «перегону вулиці» до «перетину»;
- пропозиції, представлені у нормативних документах [11] (США) і [12] (Німеччина), дає змогу оцінити ефективність проектного рішення нерегульова-

ного перетину із введенням одного інтегрального показника, що включає в себе задані критерії ефективності роботи транспортного вузла;

– відсутність у вітчизняних рекомендаціях і нормативних документах оцінки ефективності роботи нерегульованого перетину з урахуванням взаємного впливу різних користувачів вулично-дорожньої мережі – легкових і вантажних автомобілів, маршрутного пасажирського транспорту, велосипедистів і пішоходів;

– застосування концепції multimodal LOS (MMLOS) [14] забезпечує відслідковування зв'язку між показниками рівня обслуговування всіх учасників дорожнього руху, розділеного на види транспорту. У перспективі це дає змогу автоматизувати керування дорожнім рухом на рівні всієї ВДМ міста із застосування одного комп'ютеризованого центру управління.

Список використаної літератури:

1. В.А. Гохман, В.М. Визгалов и др. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. – М.: Издательство Высшая школа, 1977 г. – 320 с.
2. Лобанов Е.М., Визгалов В.М. и др. Проектирование и изыскания пересечений автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1972 г. – 230 с.
3. А.Г. Левашев. Отчёт о научно-исследовательской работе «Организация дорожного движения на кольцевых и нерегулируемых пересечениях». – Иркутск, 2006 г. – 30 с.;
4. Grabe W. Leistungsermittlung von nicht lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten des Straßenverkehrs / Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen. Neue Folge. Heft 11. Kirschbaum Verlag, Bielfeld, 1954.
5. Harders J. Grenz- und Folgezeitlücken als Grundlage für die Berechnung der Leistungsfähigkeit von Landstrassen / Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 216 Hrsg.: Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßebau, Bonn, 1968.
6. Siegloch W. Die Leistungsermittlung an Knotenpunkten ohne Lichtsignalsteuerung / Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 154. Hrsg.: Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßebau, Bonn, 1973.
7. Greenshields B.D., Shapiro D., Ericksen E.L. Traffic Performance at Urban Street Intersections. Technical Report No. 1, Yale Bureau of Highway Traffic, 1947;
8. Лобанов Е.М. Исследование пропускной способности нерегулируемых узлов автомобильных дорог в одном уровн», дис. к.т.н. – М.: МАДИ, 1965 г. – 270 т.
9. Метсон Т.М., Смит У.С., Хард Ф.В. Организация движения, Перевод с английского. – М.: НТИ Министерства автотранспорта РСФСР, 1960 г. – 463 с.
10. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990 . – 238 с.

11. Highway Capacity Manual-2000, TRB – Washington, D.C., 2000 – 1189 p.
12. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001). – Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen, Koeln, Januar 2002.
13. <http://transspot.ru/2016/04/25/uroven-obslyzhivaniya-i-maksimalnyezaderzhki-na-svetoforax/>.
14. Multimodal Level of Service Analysis For Urban Streets National Cooperative Highway Research. Project 3 – 70, FY 2003 - [http:// www4.trb.org / trb/ crp.nsf / All+Projects/ NCHRP+3-70](http://www4.trb.org/trb/crp.nsf/All+Projects/NCHRP+3-70).
15. Трофимов А.В. Оценка условий организации дорожного движения на базе системы показателей уровней обслуживания (Level of service) – Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени развития, №22. – И.: НИ ИГТУ, 2014 г. – 161 с.
16. А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Н.: Наука, 2004 г. – 266 с.

Аннотация

Проводится исторический обзор и анализ методов проектирования нерегулируемых пересечений на УДС города.

Ключевые слова: Нерегулируемое пересечение, пропускная способность, граничный интервал, направление движения, интенсивность движения транспорта, задержка движения.

Annotation

Conducted a historical review and analysis of design methods, of unregulated intersections on city road-street network.

Keywords: Unregulated intersection, movement capacity, critical gap, movement direction, intensity of movement, movement delay