

## ВРАХУВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ПІШОХІДНОГО ПОТОКУ У РОЗРАХУНКАХ РЕЖИМУ РОБОТИ СВІТЛОФОРНОГО ОБ’ЄКТА

© Гілевич В. В., Могила І. А., Міхоцький О. С., 2017

Досліджено затримки транспорту та пішоходів за різних інтенсивностей їх руху та різної тривалості дозвільного сигналу для пішоходів на регульованих перехрестях. Встановлено, що за певних співвідношень між цими інтенсивностями використання традиційного підходу до розрахунку тривалості пішохідної фази неадекватно відображає фактичну потребу в ній. Запропоновано враховувати одночасно ці співвідношення у розрахунках режимів роботи світлофорних об’єктів.

**Ключові слова:** регульований пішохідний перехід, затримка транспортних засобів, імітаційна модель.

V. Hilevych, I. Mohyla, O. Mikhots'kyu

## CONSIDERING THE INTENSITY OF PEDESTRIAN FLOW REGIME IN THE CALCULATION OF TRAFFIC LIGHT OBJECT

Traffic and pedestrian delays within different volumes of flows and different duration of pedestrian green light were examined during the simulation of signalized pedestrian crossing. It was determined that usage of habitual approach for calculation of pedestrian stage duration is not expedient in certain proportions between volume of traffic and pedestrian flows. It was proposed to use these parameters for calculation of traffic lights operating mode.

**Keywords:** signalized pedestrian crossing, vehicle delay, simulation model.

**Формулювання проблеми.** Відомо, що врахування інтенсивностей транспортних і пішохідних потоків на регульованих перехрестях у розрахунках режимів роботи світлофорів – складне для вирішення завдання, актуальність якого збільшується із зростанням інтенсивності перших і других потоків. Погіршує ситуацію і те, що в Україні сьогодні немає чітких вимог щодо введення організаційних заходів на пішохідних переходах для підвищення їх безпеки [1]. Чинний нормативний документ [2] ґрунтується на [3]. Останній був розроблений ще у 70-ті рр. минулого століття. Донині істотно зросли пішохідні потоки, транспортні засоби (ТЗ) стали динамічнішими і відчутно зросла їхня кількість на вулично-дорожній мережі міст. Неврахування цього в організації руху пішоходів зумовлює необґрунтовані затримки як пішоходів, так і ТЗ.

З урахуванням цього виникла необхідність дослідити, як впливають різні співвідношення між інтенсивностями транспортних та пішохідних потоків на затримки за різних режимів роботи світлофорів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Світлофорне регулювання пішохідного руху застосовують з метою забезпечення можливості пропуску пішоходів через проїзну частину за умов їх безпеки. До такого методу організації цього руху доводиться вдаватися у разі досягнення транспортним потоком (ТП) певної критичної інтенсивності. При цьому кількість інтервалів у ТП, достатніх для перетину проїзної частини пішоходами (прийнятних інтервалів), стає все меншою, що зумовлює труднощі у доланні пішоходами проїзної частини на переході.

Гарантією того, що пішохід використає прийнятний для нього інтервал і не зробить помилки в оцінці дорожньо-транспортної ситуації, є дотримання вимоги: тривалість очікування прийнятного інтервалу (що відповідає затримці пішохода) не повинна перевищувати критичного часу очікування [4]. Невиконання цієї вимоги є передумовою виникнення аварійної ситуації чи дорожньо-транспортної пригоди. Це, зрештою, визначає потребу світлофорного регулювання як засобу створення у ТП штучних інтервалів, необхідних для проходу пішоходів.

Крім інтенсивності транспортного руху, на рішення про введення світлофорного регулювання впливає також інтенсивність пішохідного руху. Умови застосування пішохідних світлофорів для регулювання руху на переході з урахуванням співвідношень між інтенсивностями руху транспорту і пішоходів наведено у ДСТУ 4092-2002 [2] (рис. 1).

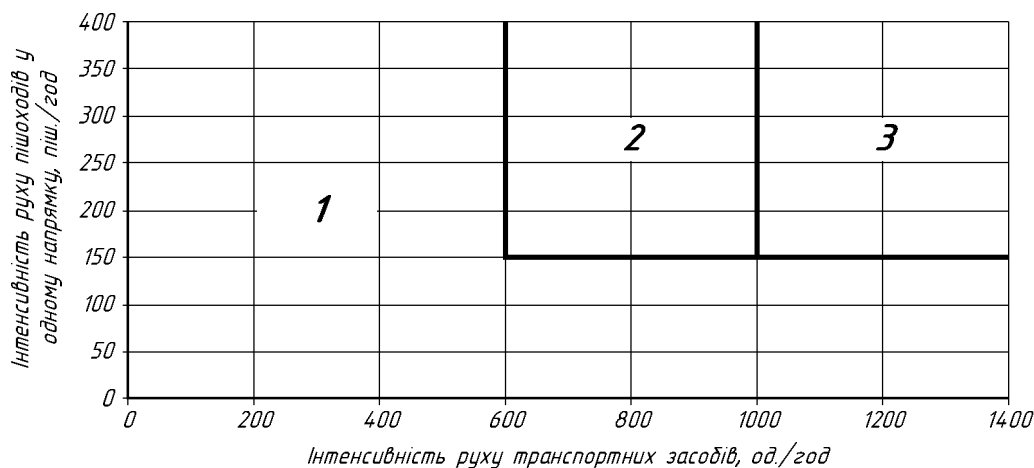


Рис. 1. Умова застосування пішохідних світлофорів для регулювання руху по пішохідному переходу на перехресті (1 – нерегульований пішохідний перехід, 2 – регульований пішохідний перехід через вулицю без розділової смуги, 3 – регульований пішохідний перехід через вулицю з розділовою смугою)

Відомо, що тривалість, необхідна пішоходам для переходу проїзної частини, визначають за формулою [5–8]:

$$t_{niu} = 5 + \frac{B_{nc}}{V_{niu}}, \quad (1)$$

де  $B_{nc}$  – ширина проїзної частини, яку проходять пішоходи в  $i$ -й фазі регулювання, м;  $V_{niu}$  – розрахункова швидкість руху пішоходів (приймається 1,2–1,4 м/с [9, 10]).

Ця формула не враховує інтенсивність пішохідного потоку. Однак за високої інтенсивності руху пішоходів під час горіння заборонного сигналу для них утворюються значні черги, і частина людей не встигають перейти вулицю протягом горіння дозвільного сигналу світлофора.

З усіх проаналізованих літературних джерел лише у [9] наведено формули, у яких в розрахунках мінімальної тривалості дозвільного сигналу для пішоходів враховано їхню інтенсивність:

$$t_{niu} = 3,2 + \frac{B_{nc}}{V_{niu}} + \left( 0,81 \frac{n_{niu}}{W_{niu}} \right); \text{ при } W_{niu} > 3,0 \text{ м}; \quad (2)$$

$$t_{niu} = 3,2 + \frac{B_{nc}}{V_{niu}} + (0,27 n_{niu}); \text{ при } W_{niu} \geq 3,0 \text{ м}, \quad (3)$$

де 3,2 – час реакції пішоходів на зміну сигналів і початок їх руху, с;  $n_{niu}$  – кількість пішоходів, які перетинають пішохідний перехід за певний період часу, піш;  $W_{niu}$  – ефективна ширина пішохідного переходу, м.

Параметр  $n_{niu}$  можна знайти за співвідношенням [9]:

$$n_{niu} = \frac{N_{niu}(T_{\zeta} - t_{ef.niu})}{4T_{\zeta}}, \quad (4)$$

де  $N_{niu}$  – інтенсивність руху пішоходів, піш./год;  $T_{\zeta}$  – тривалість світлофорного циклу, с;  $t_{ef.niu}$  – ефективна тривалість дозвільного сигналу для руху пішоходів, с.

За формулами (2–4) важко зрозуміти, що автор має на увазі під мінімальною та ефективною тривалістю дозвільного сигналу для пішоходів і яка між ними різниця.

У публікації [7] є спроба опосередковано врахувати інтенсивність пішохідного потоку під час розрахунку дозвільного сигналу для пішоходів. Тут автор оперує такими поняттями, як “кількість рядів пішоходів”, до розрахунку яких входить “число пішоходів у групі”, яке, своєю чергою, залежить від інтенсивності пішохідного руху.

**Формулювання мети дослідження.** Очевидно, що незначне продовження дозвільного сигналу світлофора для пішоходів з інтенсивним рухом дає змогу пропустити більшу їх кількість без помітного погіршення умов руху для автомобілів. Метою дослідження є знаходження такого співвідношення між інтенсивність руху перших та других, за якого можна розрахувати (уточнити) режими роботи світлофорів, що мінімізує затримки руху.

**Виклад основного матеріалу.** Моделювали роботу регульованих пішохідних переходів з використанням програмного продукту VISSIM, результатом імітації у якому є просторова анімація руху ТЗ і пішоходів. Визначали різні показники і параметри, зокрема розподіл тривалості руху транспорту і пішоходів, тривалості очікування, довжини черг, тривалості затримок, характеристики окремих автомобілів тощо [11].

Створено модель регульованого пішохідного переходу: побудовано ділянку вулиці завдовжки 365 м, на відстані 300 м від початку ділянки запроєктовано пішохідний перехід завширшки 4 м. Модель передбачала рух ТЗ та пішоходів односторонніми (рис. 2).

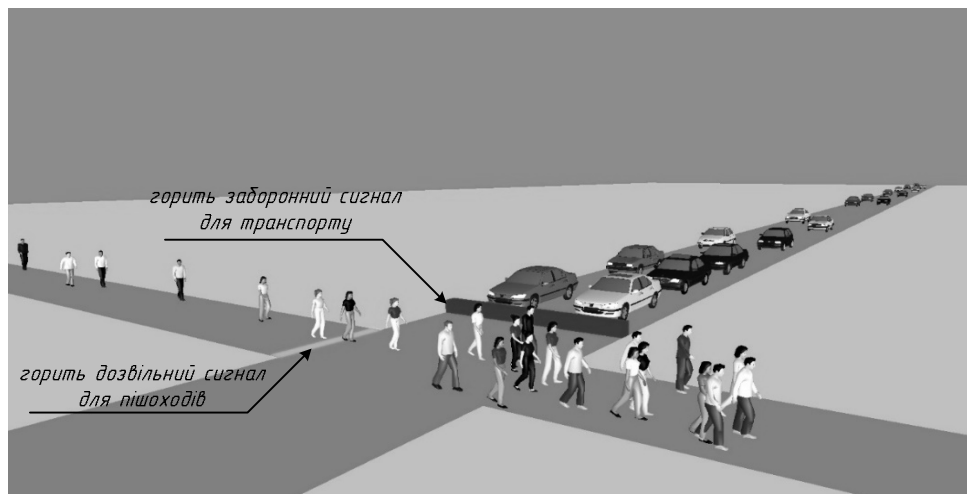


Рис. 2. Скрін-шот імітаційної моделі регульованого пішохідного переходу в середовищі VISSIM

Початкові дані для моделювання рух пішоходів на регульованому переході:

- фазові коефіцієнти транспортного напрямку (0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9);
- інтенсивність пішохідного потоку (500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 піш./год);
- кількість смуг для руху транспорту (2, 3, 4).

У результаті моделювання отримано середні значення затримок ТЗ і пішохідних потоків.

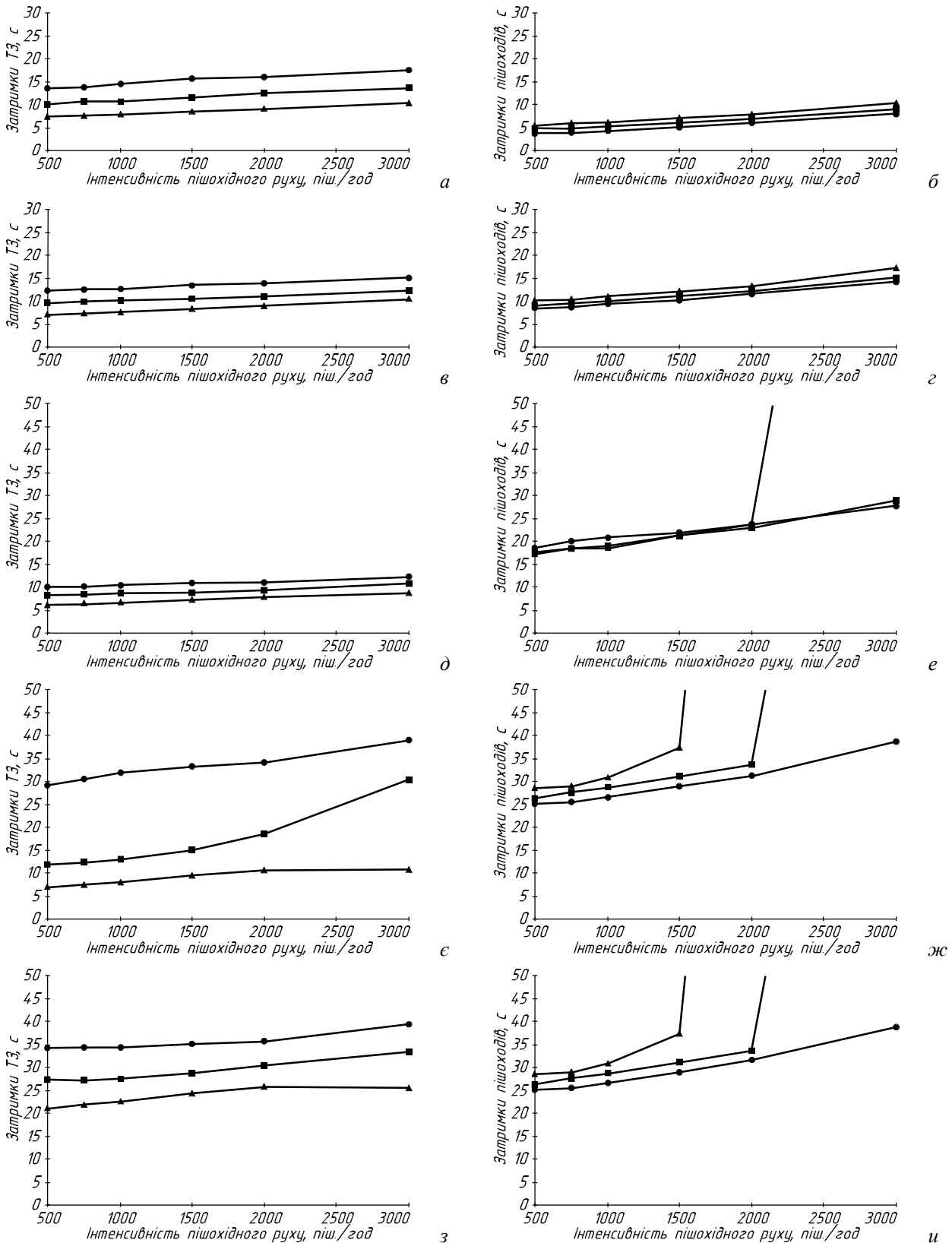


Рис. 3. Залежності затримок  $T_3$  та пішоходів від інтенсивності пішохідного руху за фазового коефіцієнта транспортного напрямку: а, б – 0,1; в, г – 0,3; д, е – 0,5; є, ж – 0,7; з, и – 0,9 (■ – без зміни тривалості дозвільного сигналу для пішоходів, ● – збільшення тривалості дозвільного сигналу для пішоходів на 5 с, ▲ – зменшення тривалості дозвільного сигналу для пішоходів на 5 с)

Моделювання виконували за змін інтенсивності ТП, інтенсивності пішохідного потоку та кількості смуг для руху. Розрахунки тривалості світлофорних циклів проводили за методикою, наведеною в [5–6]. При цьому було прийнято, що тривалість терплячого очікування пішоходів не повинна перевищувати 60 с. Досліджено зміну тривалостей затримок ТЗ і пішоходів для скорегованого світлофорного циклу (збільшення та зменшення тривалості дозвільного сигналу для пішоходів на 5 с). У результаті отримано середні затримки ТЗ та пішоходів (рис. 3) (для прикладу наведено тривалості затримок за 3-х смуг руху транспорту; затримки тривалістю понад 50 с на графіках не показані).

З наведеного можна зробити висновок, що за фазових коефіцієнтів ТП, менших за 0,3, незалежно від інтенсивності пішохідного потоку та кількості смуг для руху транспорту, не спостерігається істотного їх впливу на затримки руху (рис. 3). При цьому зміна тривалості дозвільного сигналу для пішоходів істотно не впливає на затримки. Це вказує на те, що за таких умов руху можна розглядати можливість влаштування нерегульованого переходу або регульованого переходу із кнопкою виклику зеленого сигналу.

Зовсім інші результати отримано при фазових коефіцієнтах 0,7 та 0,9 (рис. 3). Так, для 2-х смуг руху за інтенсивності, меншій за 1500 піш./год, не доцільно змінювати тривалість дозвільного сигналу для пішоходів, оскільки їх затримки істотно не зменшуються. Таке спостерігається за інтенсивності до 2000 піш./год при 3-х та 4-х смугах руху.

Збільшення дозвільного сигналу для пішоходів на 5 с показує свою ефективність за інтенсивностей пішохідного руху, більших за 2000 піш./год та при 3-х або 4-х смугах руху. Це пояснюється тим, що транспортні затримки зростають у межах 5 секунд, що є прийнятним, а затримки пішохідного руху значно зменшуються, тобто уся група пішоходів, що накопичується біля краю проїзної частини за час дії заборонного сигналу, повністю проходить пішохідний перехід на зелений сигнал світлофора.

Зазначимо, що у цьому дослідженні розглянуто пішохідний потік, який прямує в одному напрямку, у якому відсутні зустрічні конфлікти між пішоходами під час перетину ними проїзної частини. Очевидно, що це впливатиме на швидкість та тривалість їхнього переходу.

**Висновки.** Отримані результати моделювання роботи регульованого пішохідного переходу вказують на потребу коригування тривалості дозвільного сигналу для пішоходів. Це дасть змогу зменшити транспортні та пішохідні затримки і раціонально використовувати ці переходи та зменшити можливі конфлікти між пішоходами та ТЗ.

1. Толлок О. В. Удосконалення нормативної бази застосування різних типів пішохідних переходів на перегонах міських вулиць / О. В. Толлок, О. О. Божко, В. О. Уразбаєв, О. В. Калінін // Вісник ДААТ. – Донецьк, 2014. – № 1. – С. 13–20. 2. Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки: ДСТУ 4092-2002. – [чинний від 2002-06-03]. – К.: Держстандарт України, 2002. – 21 с. – (Державний стандарт України). 3. Руководство по регулированию дорожного движения в городах. – М.: Стройиздат, 1974. – 97 с. 4. Буга П. Г. Организация пешеходного движения в городах: учеб. пособ. для вузов / П. Г. Буга, Ю. Д. Шелков. – М.: Высшая школа, 1980. – 232 с. 5. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ “Академкнига”, 2005. – 279 с. 6. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / [О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов та ін.]; за заг. ред. В.П. Поліщука. – К.: Знання України, 2012. – 467 с. 7. Трушевський В.Е. Удосконалення світлофорного регулювання при організації руху за окремими напрямками: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.22.01 “Транспортні системи” / В’ячеслав Едуардович Трушевський. – К., 2015. – 150 с. 8. Анфилец С. В. Комплексное решение проблемы пешеходных переходов / С. В. Анфилец, В. Н. Шуть // Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. – 2011. – № 6(71). – С. 128–130. 9. Левашев А. Г. Проектирование регулируемых пересечений: учеб. пособие / А. Г. Левашев, А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 216 с. 10. Капский Д. В. Рекомендации по разработке режимов светофорного регулирования на пешеходных переходах / Д. В. Капский, Е. Н. Ком // Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference RelStat’05 Transport and Telecommunication. – 2006. Vol. 7, No 3. – P. 496–503. 11. Руководство пользователя программы VISSIM 5.10. [Электронный ресурс]. – СПб.: А+С Консалт, 2009. – 542 с.