

УДК 625.745.8

О.Л.Гончар

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ.

1. Постановка проблеми. Зовнішнє освітлення (ЗО) міста є важливою та невід'ємною складовою інженерно-транспортної інфраструктури міста. Про важливість ЗО говорить факт наявності в ДБН України окремого розділу, присвяченого питанням нормування ЗО [1]. В останніх законах та нормативно-правових актах України на проблеми ЗО вказано як в контексті розробки невідкладних заходів по зменшенню ДТП, так і в складі розв'язання питань благоустрою територій [2, 3].

2. Вихідні передумови. Ще в 90-х роках минулого століття видатним українським світлотехніком Г.Б. Бухманом була запропонована ідея створення нової наукової дисципліни - "Системотехніки", в якій систему освітлення в цілому (проекування, будівництво, експлуатація) відносить до розряду найбільшої складності - до біотехнічних систем [4]: "Будучи одним із розробників ДБН В.2.3-5-2001, Г.Б. Бухман, як ніхто інший, бачив необхідність як більш детального розв'язання питань освітлення вулиць, доріг, площ, пішохідних зон, садово-паркових комплексів, реклами, так і в складі єдиної біотехнічної системи". Адже головною функцією ЗО є забезпечення життєдіяльності міста в темний період доби, або в умовах недостатньої видимості: це і

- забезпечення нормального функціонування вулично-дорожньої мережі;
- створення комфортних та безпечних умов для учасників дорожнього руху;
- рекламна, маркетингова та туристична складова.

Крім того якісне ЗО сприяє:

- зменшенню обсягів споживання електроенергії та паливно-мастильних матеріалів (що вкрай актуально в умовах економічної кризи);
- зменшенню експлуатаційних витрат;
- покращенню екологічної ситуації (зменшення нагріву атмосфери, шкідливих викидів (утилізація відходів), ефекту світлового забруднення неба);
- підвищенню ділової, туристичної та інвестиційної активності.

3. Постановка завдання. Ґрунтуючись на аналізі ДТП, дослідженнях закордонних та власних, стану аварійності на дорогах в залежності від рівня освітлення нами поставлене завдання з пошуку сучасних методів підвищення ефективності зовнішнього освітлення міст. Прийнятий на сьогодні розподіл

передбачає технологічні, технічні та психоемоційні методи. Проте, на нашу думку, доцільним на сьогодні є поділ їх за сферами застосування: на містобудівні (раціональне планувальне рішення розміщення освітлювальних установок (ОУ) в залежності від умов та інтенсивності руху його учасників та комп'ютерне моделювання варіантів рішення) і фотометричні (визначення раціональних режимів роботи ЗО, використання енергозберігаючих технологій, покращення оптико-механічних характеристик світильників, розробка сучасних методів керування).

4. Проведене дослідження. Внаслідок (ДТП) суспільству завдаються непоправні збитки. Незважаючи на те, що за даними прес-служби ДАІ МВС України кількість ДТП після введення нових ставок штрафів знизилась в цілому по Україні на 30-40% в порівнянні з аналогічним періодом минулого року, кількість ДТП в темний період доби (включно з вранішніми та вечірніми сутінками) продовжує залишатись на високому рівні (біля 28%). За даними Міжнародної комісії з освітлення (МКО) 750-880 тис. людей щорічно гине на дорогах внаслідок ДТП [10]. Біля половини цієї кількості припадає на Африканський континент. Тому в 2007 р. МКО з метою розробки рекомендацій з покращення безпеки в темний період доби провела спеціальне дослідження ситуації серед країн, що розвиваються. В лідерах по % нічних ДТП виявилися Бангладеш, Зімбабве, Ботсвана – відповідно 22, 19 та 10 %. Звичайно такі цифри частково можна пояснити більшою тривалістю дня для цих країн (а сутінки – навпаки довші), проте враховуючи загальну кількість ДТП, рівень автомобілізації, порівняння буде не на користь України (таб.1, рис. 1).

Таблиця 1

Частка вечірніх ДТП за 2007 рік.

Країна	Кількість ДТП в темний період доби, %
Україна	26,5
Бангладеш	29,3
Зімбабве	33,4
Ботсвана	37,6

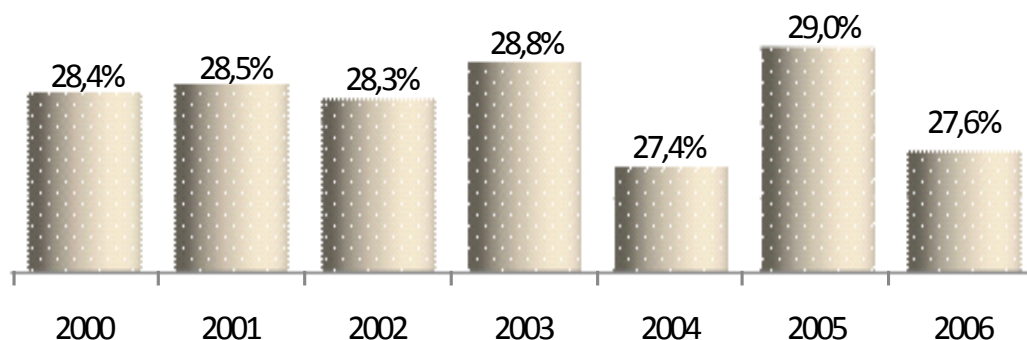


Рис. 1 Динаміка нічних ДТП по Україні.



Рис. 2 Графік залежності кількості ДТП в транспортних вузлах від встановленої питомої потужності.

Окремо було вивчене питання впливу ЗО на пропускну здатність магістралі [6]. Як показано на рис.2,3 з початком сутінок тільки 16% екіпажів

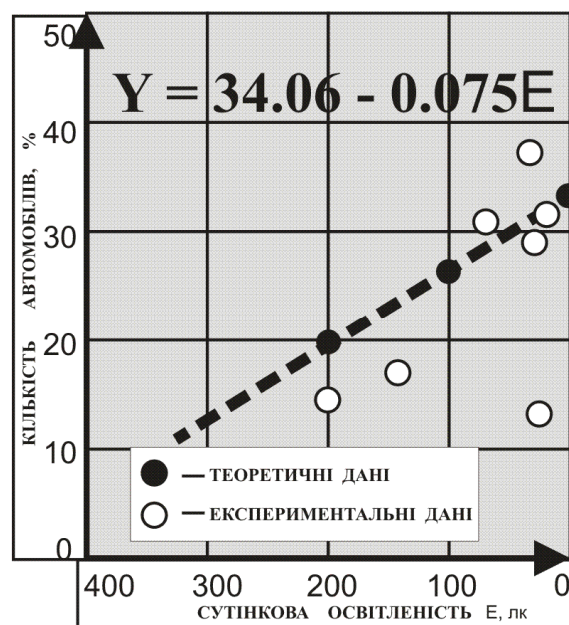
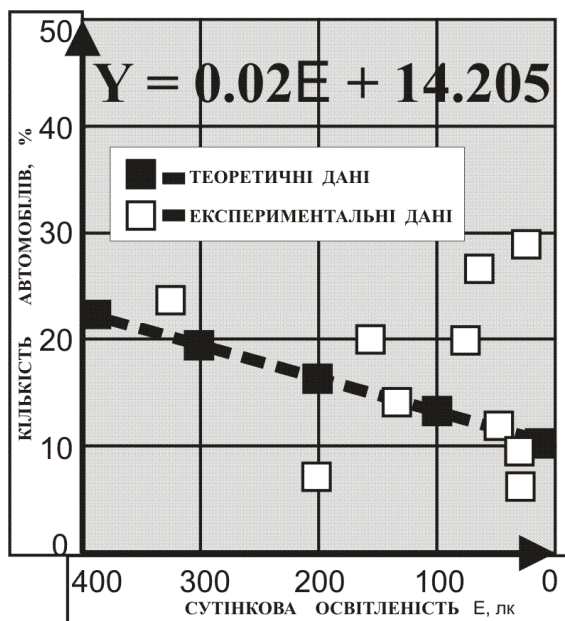


Рис. 3, 4 Графіки розподілу автомобілів по смугам руху.

використовують 3-у смугу і лише 27% - четверту, в той час, як при

нормальному денному освітленні спостерігається використання цих смуг на рівні 20%. Цю обставину необхідно враховувати при розрахунках пропускну здатності міських вулиць, коли піки міського руху збігаються з періодами сутінок, з введенням відповідних коефіцієнтів.

Проте не завжди зменшення кількості ДТП пов'язане з покращенням ЗО. Найбільш правильні результати дає метод порівняння кількості дорожніх пригод за певний проміжок часу до та після удосконалення системи ЗО вулиці. Для цього МКО використовує формулу

$$r = \frac{a}{b} \cdot \frac{A}{B},$$

де **B** – кількість денних ДТП до проведення удосконалення ЗО;

A – те ж після проведення удосконалення,

b – кількість нічних ДТП до проведення удосконалення,

a – те ж після проведення удосконалення.

Якщо $r = 1$, то реконструкція системи освітлення не дає ніякого ефекту. Якщо $r = 0,4$, то це означає, що після удосконалення ЗО кількість ДТП знизилась на 60%.

За методикою, викладеною в [7] та на основі статистичних даних ДАІ за 2000 р. нами зроблено аналіз ДТП за місяцями, тижнями, днями, годинами, типами та причинами порушень. Побудовано планограму ДТП, графіки режимів роботи ЗО, варіаційні графіки небезпеки для характерних зон для кожного періоду доби (день, ніч, вечірні та ранішні сутінки), частина з них зображена на рис. 5.

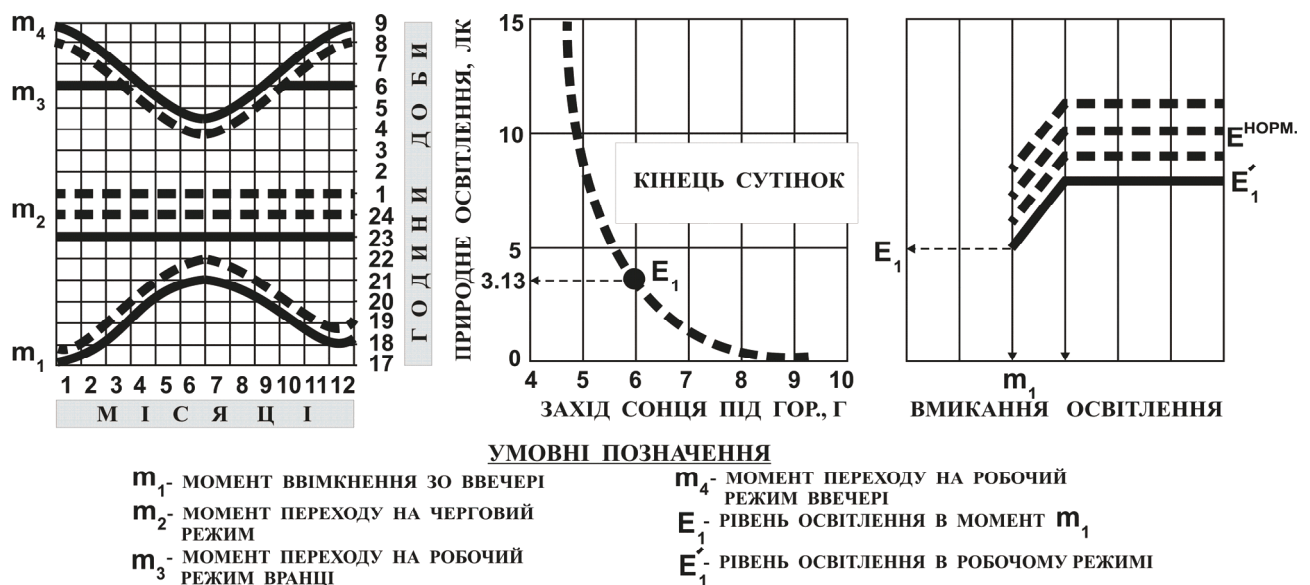


Рис. 5 Графіки режимів роботи ЗО, вечірньої та нічної освітленості.

В 1998 р. нами зроблено доповідь [8], в якій вперше намічено шлях оптимізації проектування систем зовнішнього освітлення в містах України. Починати роботу, на нашу думку, слід з розробки генерального плану ЗО міста [9]. Піонером може стати Київ. Проте передумовою цієї копіткої праці має бути розробка спеціальних норм для Києва, як це зроблено для Москви.

Весь процес, на наш погляд, доречно розбити на 3 етапи:

- існуюче становище;
- перша черга забудови за проектом планування і забудови;
- розрахунковий термін проекту планування.

В документі має бути максимально детально виписано особливості проектування пішохідних переходів, розв'язок в різних рівнях, тунелів, пішохідних зон (парків, скверів, площ, місць масового відпочинку). В ході роботи детально проаналізовано ЗО Привокзальної площі в Києві після її реконструкції в 1998 році, Поштової площі з усім комплексом інженерно-транспортної інфраструктури, Софіївської та Михайлівської площі включно із скверами, єдиної пішохідної вулиці Києва – Андріївського узвозу. Спільними недоліками діючого освітлення для цих об'єктів є:

- незбалансованість мінімальних та максимальних рівнів освітленості, внаслідок чого виникають ділянки небезпеки де освітленість менше нормативної на тлі явного наднормування окремих елементів,
- слабкий акцент на архітектурних та містобудівних домінантах,
- недостатнє використання декоративно-паркового арсеналу світильників, та оптико-волоконної техніки [12].

Варто зазначити, що серед кількості всіх ДТП, пов'язаних з наїздами на нерухомі перешкоди, 35% складають наїзди на освітлювальні опори. Тільки в м. Києві в 2001 р. таких наїздів було зафіксовано біля 2994, а в 2002 – 2924, тобто близько 100 ДТП кожного дня пов'язано з наїздами на освітлювальні опори. Це зайвий раз доводить, що проектантам слід звернути особливу увагу на застосування високих опор для освітлення транспортних розв'язок в різних рівнях та розробити відповідні методи [13]. Переваги установок освітлення на високих опорах: покращення видимості в полі зору водія та архітектурного вигляду транспортного вузла (рис.6), зменшення засліплюючої дії джерел світла; забезпечення високої рівномірності розподілу освітлення по проїзній частині; розширення поля зору водія, що дозволяє йому збільшити швидкість руху; покращення видимості в тумані; опори, віднесені за проїзну частину, не є перешкодами транспорту - тому немає необхідності в огорожі навколо них; і

нарешті, в світильниках на високих опорах збирається менше пилуки та бруду, а це здешевлює обслуговування освітлювальної арматури.

Враховуючи те, що понад 90% необхідної інформації водій отримує через зорове сприйняття, будь-яке поліпшення умов видимості дозволяє підвищити безпеку руху [14]. Водій повинен мати чітку уяву про напрямок і характер вулиці чи дороги, наявність на ній перетинів, пішоходів і транспорту, можливих перешкод, уяву про своє положення відносно загальної дорожньої ситуації.

Тому, на наш погляд, доцільно підпорядкувати розташування світильників виконанню цілей організації дорожнього руху і полегшенню зорового сприйняття водіїв. Цю задачу можна вирішити шляхом введення відповідного світлового коду (СК) [15]. Питання, насамперед, полягає в тому, де необхідно вводити СК. На рис. 7б зображено приклад використання СК на розв'язці ромбовидного типу, а на примиканні "труба" (рис.7в) ЗО запроектовано за традиційними принципами. Для освітлення перехрещення "лист конюшини" з однопутними з'їздами використано різнобарвні джерела світла (світлодіодні лампи легко вирішують цю задачу) на опорах 9,5 та 30м (рис.7а).

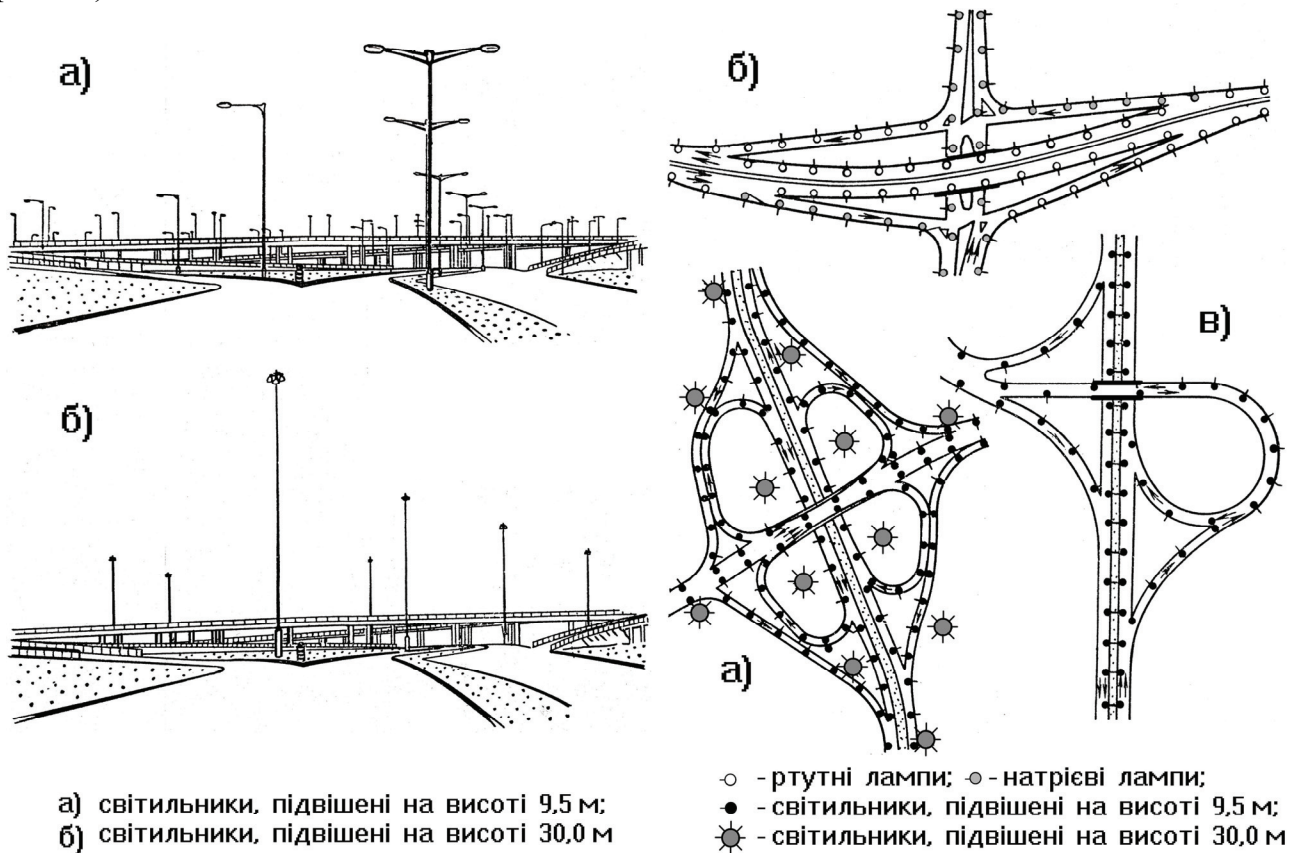


Рис. 6 Використання високих опор.

Рис. 7 Використання високих опор та світлового коду

Частина з рекомендацій по освітленню пішохідних просторів та транспортних розв'язок (врахування інтенсивності руху пішоходів, рекомендації по використанню різних джерел світла) була втілена в [1], одним із розробників яких був співавтор статті к.т.н. Євген Олександрович Рейцен.

Найчастіше у містах зустрічаються: пішохідні переходи, зупинки міського пасажирського транспорту, в'їзди (виїзди) із стоянок, АЗС, перехрестя, транспортні розв'язки, вулиці з одnobічним рухом - ці місця з точки зору організації і безпеки дорожнього руху відзначаються найбільшою ентропією (невизначеністю).

Загальними принципами для освітлення ПП можуть бути наступні [16]:

- освітлення, що забезпечує сприйняття пішоходів у вигляді зворотних силуетів (рис. 8а);
- освітлення, що забезпечує збільшення горизонтальної освітленості безпосередньо на пішохідному переході за допомогою одного або двох бічних прожекторів, розміщених на тротуарі, або одного світильника, розміщеного зверху над ПП (рис. 8б);
- ЗО, що забезпечує видимість перешкод у вигляді прямих силуетів (рис. 8в).

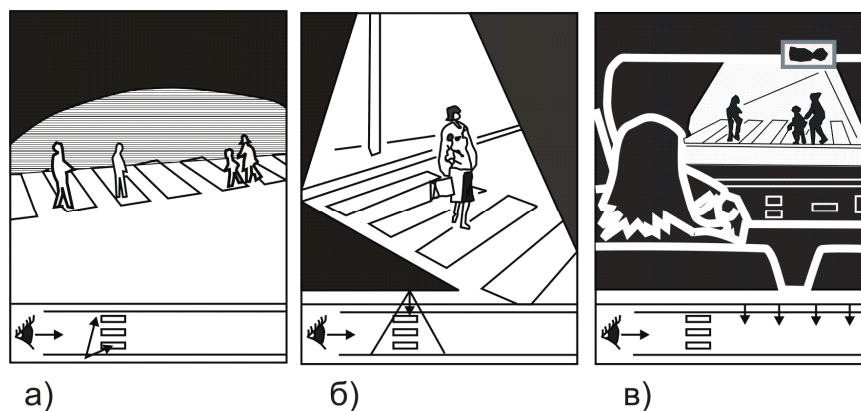


Рис. 8 Способи освітлення ПП.

З 2001 р. Україна перейшла на нормування зовнішнього освітлення за своїм ДБН В 2.3-5-2001 [1], в якому вперше враховується інтенсивність руху пішоходів. Нормовані показники: середня яскравість дорожнього покриття $L_{\text{дп}}=0,2-2,0$ кд/м²; середня горизонтальна освітленість для тротуарів, пішохідних містків, підземних пішохідних переходів, тунелів і т. ін. $E=1-125$ лк. Основні джерела світла: натрієві лампи високого та низького тиску, ДРЛ, металогалогенні лампи (МГЛ). На сучасному етапі доцільним є введення в нормативні документи додаткового співвідношення між

інтенсивністю руху транспорту та інтенсивністю руху пішоходів для корекції норм освітлення (таб.2).

Таблиця 2.

**Співвідношення інтенсивностей руху пішоходів і транспорту
при штучному освітленні вулиць.**

Інтенсивність руху пішоходів через ділянку магістралі завдовжки 1км, люд/год	Інтенсивність руху транспорту в обох напрямках , од/год			
	< 150	150-500	500-1000	1000-2000 ≥
< 150	0,006-150	0,002-1,0	0,001-0,3	≤ 0,0005-0,150
150-500	1-500	0,3-3,33	0,150-1,0	≤ 0,07-0,58
500-1000	3,33-1000	1,0-6,66	0,5-2,0	≤ 0,25-1,0
1000-2000 ≥	6,66-2000	2,0-13,33	1,0-4,0	≤ 0,5-≥2,0

У таблиці. 2 кожному співвідношенню P/N - інтенсивність пішоходів / інтенсивність транспорту, вказаному в елементах таблиці, може бути поставлена у відповідність вірогідність ДТП з пішоходами залежно від питомої встановленої потужності зовнішнього освітлення. Наприклад, найбільшу вірогідність ДТП з пішоходами при штучному освітленні має магістраль з відношенням P/N в межах $\leq 0.5 \div \leq 2.0$, потім $0 \div \leq 4.0$ і т.д. На графіках (рис.5-6) показані встановлені нами залежності кількості ДТП на кожних 10^6 перетинах магістралі пішоходами від співвідношення P/N і різній питомій потужності світлового потоку, апроксимовані нами кривими Пірсона. Коефіцієнт апроксимації показав високий ступінь збіжності [17].

На думку багатьох фахівців більш точним показником якості освітлення є видимість, проте через складність розрахунків цей параметр поки що не використовується в нормативах.

Визначення видимості осьової розмітки за формулою

$$L = 173R \frac{(E(P_1 - P_p))^{0.654}}{(P_p E + G)^{0.327}},$$

де L – видимість,

P_1 - коефіцієнт яскравості осьової розмітки,

P_p - коефіцієнт яскравості покриття ,

E – освітленість,

G – засліплення водія,

R – ширина смуги розмітки наведено в [11].

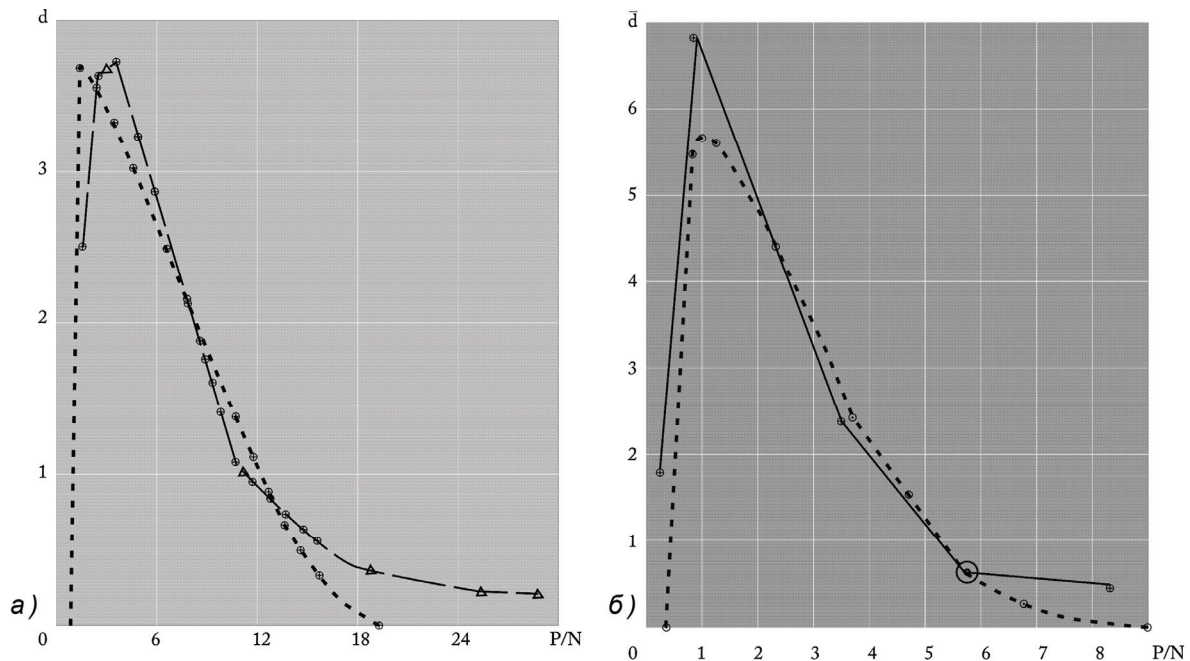


Рис. 9 Залежність кількості ДТП на кожних 10^6 перетинів магістралі пішоходами від співвідношення P/N і питомої потужності світлового потоку.

Підвищення інтенсивності міського руху значно знизило пропускну здатність магістралей та вузлів, що викликає необхідність удосконалення транспортних розв'язок та пошуку нових рішень. Одним із таких рішень є будівництво транспортних тунелів, яких на сьогодні тільки в Києві запроектовано шість. При проектуванні освітлення тунелів необхідно враховувати особливості адаптаційних можливостей людського зору [18].

У в'їзних зонах тунелю вдень вирішальним чинником зниження контрастної чутливості виявляється осліплююча дія зовнішнього оточення в'їзного порталу. Оскільки зменшення контрасту відбувається тільки за рахунок яскравості та вуалюючої пелени, можна розрахувати необхідні обмеження яскравості оточення в'їзного порталу, що створює цю вуаль.

Для автомобілів величина осліплюючого навколишнього поля може бути обмежена зверху і з боків кутом 20° , знизу – 10° (мал. 10).



Рис. 10 Поле зору водія при в'їзді до тунелю.

За фотометричною моделлю, яка описує очікувану яскравість сонячного і хмарного неба протягом року і дня, може бути приблизно розрахована яскравість вуалі та вірогідна частота її появи для кожного в'їзду в Т. Результати розрахунку узагальнюються у вигляді характеристичної кривої блискості, за якою може бути визначена вірогідна яскравість вуалі у будь-яку пору року.

Ефективним засобом покращення ЗО міст, який набув широкого застосування в розвинених країнах і сьогодні знаходить своїх прихильників в Україні, є роздільна система освітлення [19]. Проте в нас вона використовується лише вздовж деяких головних вулиць безперервного руху (наприклад частина Броварського проспекту в районі ст. м. Лісова) у вигляді розташування на одній опорі різновисоких світильників. Проте арсенал методів є досить широким і залежить головним чином від фантазії проектувальника. Це може бути і використання тросового закріплення світильників як для освітлення пішохідних просторів так і для освітлення проїзної частини, і закріплення світильників на фасадах будинків (в районі щільної забудови історичної частини), і використання для транспортної та пішохідної зон окремих опор. Для освітлення пішохідної зони в місцях відпочинку доцільно використовувати декоративні світильники та опори, світильники з автономним забезпеченням.

Деякі схеми роздільного освітлення наведено на рис.12

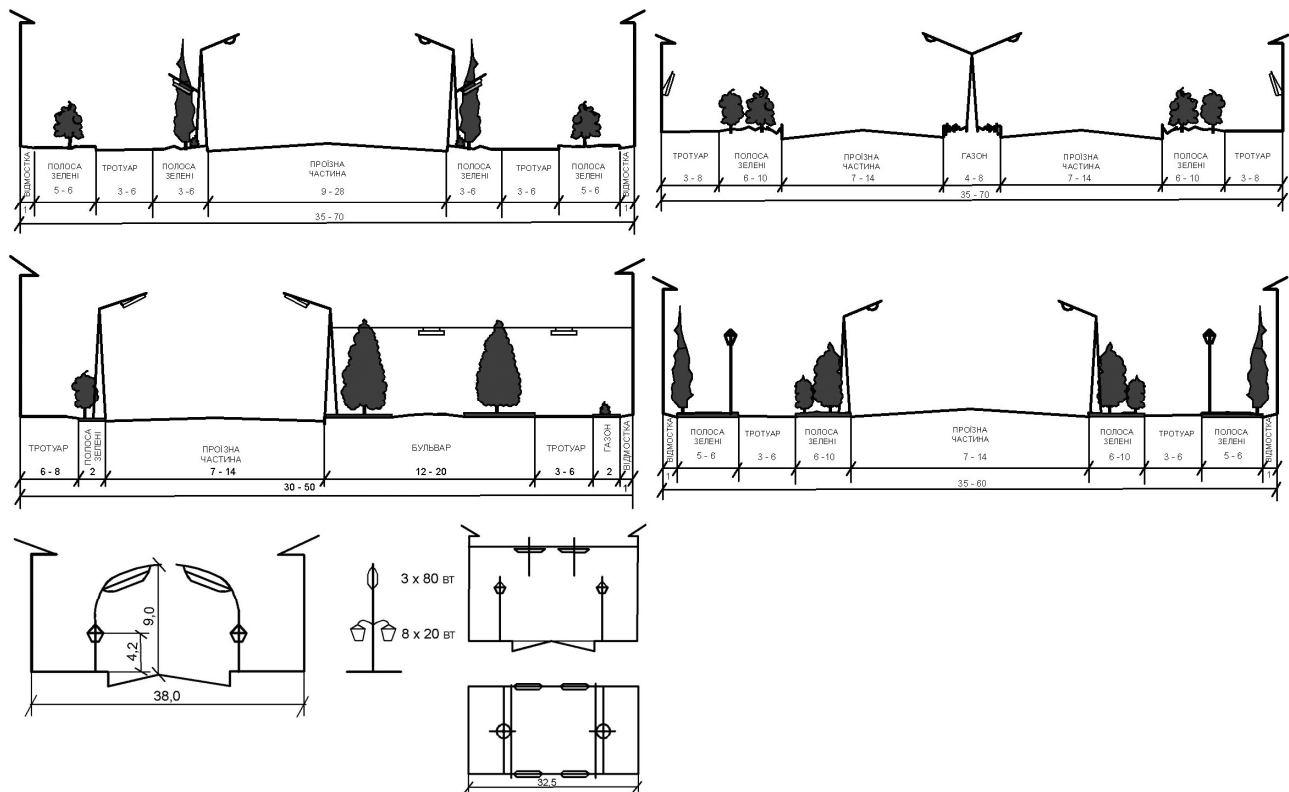


Рис. 12 Схеми роздільного освітлення вулиць.

На сьогоднішній день просто неможливо обійтись без комп'ютерного моделювання проектних рішень. Проте для України стоїть проблема програмного забезпечення. Нами використовувались безкоштовні програми Dialux та Light-in-Night Road. На жаль нормативи, закладені в них, не відповідають українським і для проектних значень потрібно вводити поправочні коефіцієнти, але можливість промоделювати освітлення, отримати наочну картинку в 3D значно полегшує роботу розробника.

5. **Висновки.** Проведені дослідження дозволили визначити сучасні методи покращення ЗО міста. Містобудівними та фотометричними заходами можливо не лише розв'язати це завдання, а і найактуальніші на сьогоднішній день проблеми економії та екології. Застосування співвідношення "інтенсивність пішоходів/інтенсивність транспорту", розрахунковий показник видимості мають бути враховані в майбутніх нормативних документах. Там же необхідно викласти саму методику розрахунку ЗО, схеми можливих проектних рішень і докладні рекомендації по ним.

В наступних дослідженнях слід зосередити свою увагу на удосконаленні розрахунків видимості і її співвідношень з пороговим контрастом та блискістю.

Цікавим та актуальним є дослідження освітлення як біотехнічної системи [20].

Актуальною залишається проблема впливу ЗО на безпеку руху. За отриманими нами результатами спостерігається зворотня залежність між рівнем освітленості та кількістю ДТП. Проте як правильно замічено в [21] за статистикою частка ДТП в вечірній час зі світлом перевищує кількість ДТП без роботи освітлення. Отже проблема чекає свого вирішення. Крім того за висновками експертів та історичним досвідом (економічна криза західних країн 70-х р. минулого ст..) освітлення не може бути статтею економії бюджетних коштів, тому що збитки від ДТП значно перевищують витрати на освітлення.

Література.

1. ДБН України. Вулиці та дороги населених пунктів. ДБН В.2.3-5-2001.- К.- 2001, 50с.
2. Розпорядження КМУ від 30.10. 2008 р. N 1384-р "Про схвалення Концепції Державної цільової програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху на 2009-2012 роки".
3. Закон України від 06.09.2005 № 2807-IV " Про благоустрій населених пунктів" ст.1, 13, 21.
4. Рейцен Е.А. Светотехник от Бога.- Світло люкс.- №12, 2005.
5. Рейцен Е.А., Гончар О.Л. Влияние наружного освещения на безопасность дорожного движения // Містобудування та територіальне планування. –К.: КНУБА. – 2001. – Вип. 9. – С. 220-228.
6. Гончар О.Л., Рейцен Е.А. Влияние наружного освещения на пропускную способность магистрали.
7. Рейцен Е.А., Кучеренко Н.Н. Режим работы наружного освещения и безопасность движения.- Світло люкс.- №1, 2007.
8. Гончар О.Л., Рейцен Є.О. Про оптимізацію проектування систем зовнішнього освітлення у містах України // Доповідь на 59-й науково-практичній конференції.- К.- КДТУБА.-1998.
9. Гончар О.Л., Кучеренко Н.Н., Рейцен Е.А. Генеральный план наружного освещения города. - Світло люкс.- № 12-2003.
10. Technical Report.- Road Transport Lighting for Developing Countries.- CIE 180:2007.
11. Гончар О.Л., Розвиток нормативної бази зовнішнього освітлення в містах України // Містобудування та територіальне планування. –К.: КНУБА. – 2003. – Вип. 16. – С. 45-51.
12. Гончар О.Л., Рейцен Є.О. Проектування зовнішнього освітлення пішохідних зон // Доповідь на 60-й науково-практичній конференції.- К.- КДТУБА.-1999.

13. Рейцен Є.О., Гончар О.Л. Освітлення міських транспортних розв'язок.- Світло люкс.- №4, 2003.
14. Рейцен Е.А., Гончар О.Л. Наружное освещение и безопасность дорожного движения // Материалы VIII международной научно-практической конференции, - Екатеринбург, 2002, С. 36-48.
15. Гончар О.Л., Рейцен Є.О. Проектування зовнішнього освітлення пішохідних зон // Матеріали III-ї науково-технічної конференції.- Т.-ТДТУ ім. І.Пулюя.-2008.- с.81-88.
16. Рейцен Е.А., Казимирова Н.Н., Обеспечение безопасности дорожного движения в больших городах при искусственном освещении / Проблемы больших городов, Выпуск 9, М.: МГЦНТИ, 1989, 24 с.
17. Рейцен Е.А., Гончар О.Л. Современные методы искусственного освещения пешеходных переходов в городах.- Світло люкс.- №2, 2009.
18. Гончар О.Л., Кучеренко Н.Н., Рейцен Е.А. Освещение туннелей. - Світло люкс.- № 6-2004.- с.19-21., № 2-2005.- с.14-17.
19. Гончар О.Л., Кучеренко Н.Н., Рейцен Е.А. Раздельная система наружного освещения. - Світло люкс.- № 12-2003.
20. Говоров Ф.П. Освещение городов: проблемы и перспективы, взгляд на концепцию. - Світло люкс.- № 2-2009.
21. Рейцен Е.А. Наружное освещение города и безопасность дорожного движения "Світло" № 2-2002, с. 38-40.

Анотація.

В статті розглянуто методи покращення зовнішнього освітлення міст: містобудівні та фотометричні. Зроблено акцент на містобудівних методах та шляхах їх впровадження (нормативна база, генплан зовнішнього освітлення), визначено їх переваги та недоліки, особливості застосування в сучасних умовах.

Аннотация.

В статье рассмотрено методы улучшения наружного освещения городов на современном этапе: градостроительные и фотометрические. Сделано акцент на градостроительных методах и пути их применения (нормативная база, генплан наружного освещения), указано на их преимущества и недостатки, особенности применения в современных условиях.