

ФОРМУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ПОКРИТТЯ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПІШОХІДНИХ ШЛЯХІВ

Розглянута система формування інноваційного енергоефективного покриття тротуарів, алей та вулиць, з врахуванням містобудівних критеріїв організації пішохідних шляхів .

Ключові слова: фотоелектричні панелі, «сонячні» дороги, фотовольтаїка, енергоефективність, пішохідний рух, покриття пішохідних шляхів.

Рівень швидкого освоєння міських територій потребує докорінного перегляду основ енергозбереження (як в контексті паливних ресурсів, так і понятті соціально-економічних : затрат часу, грошей, особистої енергії). Рух- це основна складова нашого життя. Відсоток забезпечення дорожнім покриттям транспортної інфраструктури говорить про високий рівень мобільності, то чому б не використати існуюче полотно як основу для енергоефективності щодо забезпечення комунальних потреб міста?

На даний момент прототипом енергоефективних пішохідних шляхів від сонячної енергії можна назвати дослідження в Університеті Джорджа Вашингтона, що триває з осені. 2013 року[1]. Тротуар має 27 сонячних напівпрозорих пішохідних плит -панелей включених в накладки. Плитки містять фотоелектричні технології для перетворення сонячного світла в електрику, яке в свою чергу живить 450 світлодіодів. У поєднанні, пішохідні панелі мають середню пікову потужність в 400 Вт (максимальна кількість енергії, яке може бути вироблено в ідеальних умовах).

Також місцева влада в Кембриджі і Фулхемі, Великобританії та Австралії, Госфорд вирішили створити «легкі» пішохідні доріжки, що світяться в темряві, оскільки поверхня являє собою смарт-покриття для існуючих шляхів. Вони містять спеціальні мінерали, які поглинають ультрафіолетове світло протягом дня і випускають м'яке світіння в темний час доби.

Варто зазначити, що перше в світі сонячного шосе було відкрито у Франції, в помірній зоні сонячної радіації, в селі Тоуроувре (Нормандія). Проїжджа частина складала всього один кілометр (0.6 миль), на 2800 квадратних метрів фотогальванічних елементів, яких достатньо для освітлення вуличних ліхтарів [2].

Згодом в 2014 році було відкрито 70 м «сонячних» велосипедних шляхів в Амстердамі, Нідерланди. У перший рік було вироблено близько 3000 кіловат-годин (кВт-ч) електроенергії. Цього достатньо для живлення середнього будинку. При поточній оптовій ціні у Великобританії (близько 40 фунтів стерлінгів за мегават-годину), за ті ж 3 млн € можна купити близько 65 мільйонів кіловат-годин електроенергії, що достатньо для живлення близько 21 000 будинків протягом року.

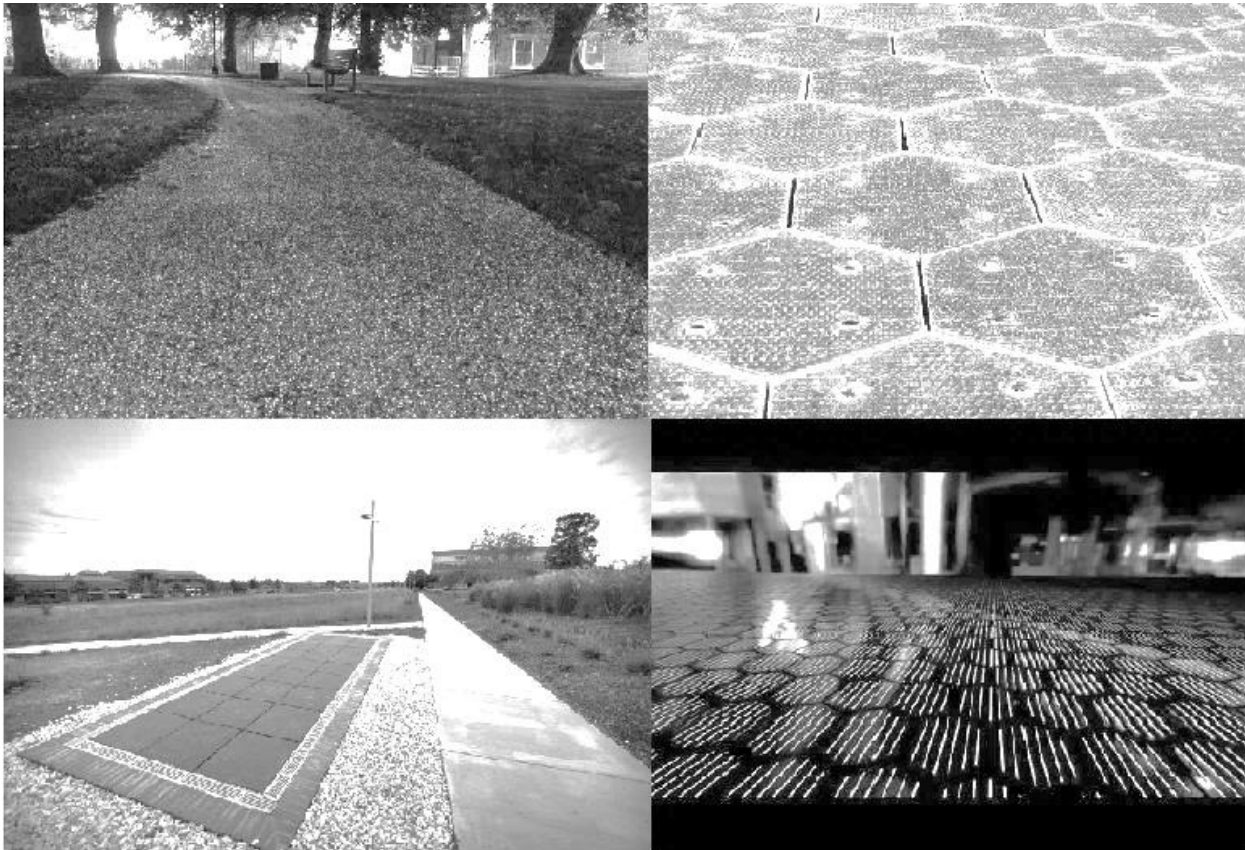


Рис.1. Світовий досвід фотоелектричних пішохідних шляхів США та Великобританії

Оскільки конструкція дороги передбачає постійні експлуатаційні навантаження, то встановлення фотоелектричних пластин без захисту є неможливим. Тобто така дорога передбачає особливу дорожню одягу, яка буде складатися з спеціалізованих шарів зовнішнього прозорого покриття, шару електроніки та підоснови, що передбачатиме внутрішні комунікації. Пішохідна сонячна панель може бути також оснащена системою підігріву для захисту покриття від снігу і льоду. У майбутньому електромобілі зможуть заряджати свої акумулятори, отримуючи харчування прямо з покриття або на парковках, що зробить електричний транспорт більш практичним. Панелі можуть стати основою «розумної» дороги, яка сама буде стежити за безпекою руху, запобігати утворенню заторів [3].

У яскравий сонячний день кожна така панель буде видавати близько 7 кВт/год електричної енергії, а 1 км таких двохсмугових тротуарів може забезпечити електрикою 100 будинків. Крім генерації електроенергії пішохідні сонячні панелі оснащені світлодіодним підсвічуванням і спеціальною системою управління (АСУДР). З їхньою допомогою буде позначатися розмітка і виводитися різна інформація для водіїв, попереджаючи знизити швидкість на небезпечних ділянках.

Через високу собівартість фотоелектричних доріг, доцільним є використання суміжних проектів покриття окремих смуг. Тобто поєднання стандартного асфальтового покриття з влаштування фотоелементів лише на пішохідних шляхах. Найбільш доцільним є поєднання таких смуг на тротуарах та велопарковках, на окремих смугах громадського простору пішохідних площ.

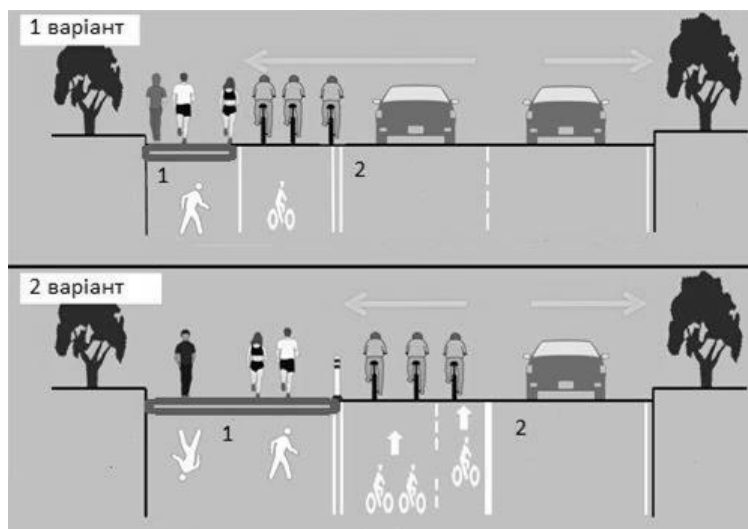


Рис. 2. Схема гібридних фотоелектричних тротуарів та доріжок :
1 – фотоелектричні панелі, 2- асфальтне покриття

Даний вид доріг є також доцільним для реконструкції пішохідних вулиць та тротуарів історично-сформованих центрів. Постійна підтримка експлуатаційної якості пішохідних шляхів гарантує швидкий доступ до будь-яких стратегічних, історико-культурних і адміністративних центрів, вільні точки доступу WI-FI, інтелектуальних навігаційних пристроїв і інтерактивних табло, а також збільшує туристичну і інвестиційну привабливість країни.

За основу формування покриття фотоелектричних панелей варто взяти дублюючу модель формування пішохідних шляхів як прототип. Для оцінки умов руху пішохода у містах або окремих планувальних зонах введено поняття питомого пішохідного потоку, що характеризує величину пішохідного навантаження, а також рівень технічного розвитку магістралей, що віднесені до питомої території міста, вираженої в радіанах, тобто центральний кут в 1 рад

рівний $180/\pi = 57,3^\circ$ (при радіально-кільцевій формі території і радіальній структурі)

$$N = S\gamma = \frac{1}{2}aR\gamma; \quad S = \frac{1}{2}aR$$

Тоді для радіальної структури:

$$P_{з.в.} = \frac{1}{2}\alpha R p \gamma k_o k_H k_\Gamma k_3 I q \quad (1)$$

З умови, що $P_{з.в.} > P_{\min}$ і формули (1) основний параметр секторної зони впливу магістралі - кут сектора буде рівний, рад:

$$\alpha_1 \leq \frac{2P_{\min} q}{p \gamma R k_o k_H k_\Gamma k_3}, \quad (2)$$

де N - населення сектора, тис. люд.;

S - територія сектора, км²;

γ - щільність населення, тис. люд/км²;

α_1 - кут сектора, рад (град.);

a - відстань поміж двома найближчими структурно сформованими магістралями, км;

R - радіус сектора, км;

p - пішохідна рухливість населення в загальноміському центрі (місто-центр), на 1 жителя за добу, - 0,25-0,5;

k_o - коефіцієнт розсіювання пішохідного потоку - 0,5-1;

k_H - коефіцієнт добової нерівномірності пішохідного потоку - 1,5-2,5;

k_Γ - коефіцієнт, що враховує рельєф сектора, - 1,1-1,2;

k_3 - коефіцієнт запасу пішохідної пропускної здатності - 1,2-1,3;

q - коефіцієнт щільності (група) пішоходів - 1,5.

З ростом величини міста підвищуються щільність населення і величина радіуса освоєної території, тобто зростає пішохідний потік при деякому зниженні ступеня тяжіння в напрямку центру міста, тим самим розрахунковий пішохідний потік (P_{\min}) скорочується розміром зони впливу магістралі, утворюючи пішохідні площі. При цьому збереження пішохідної системи магістралей обмежується умовою максимальних витрат часу на переміщення: $t_p < t_{\max}$.

Тоді для секторної зони впливу ця умова можна уявити як:

$$t_{max} \geq t_c + \frac{t_\rho}{2} + t_{yn} = \frac{R - \frac{b}{2}}{V_c} + \frac{(R - b)\alpha_2}{2V_\rho} + t_\gamma, \quad (3)$$

де α_2 - кут зони впливу за критерієм обмеження витрат часу на пішохідне переміщення, рад (град);

V_c – швидкість пішохідного сполучення по основній магістралі руху, м/хв;

V_ρ - швидкість пішохідного сполучення по запроєктованій магістралі, м/хв;

t_c – час пішохідного переміщення по основній магістралі руху, хв;

t_ρ - час пішохідного переміщення по запроєктованій магістралі руху, хв;

$t_{вул}$ - час пішохідного переміщення по вулицям і дорогам, хв;

b – відстань між запроєктованими магістралями руху, км.

Тоді згідно (3):

$$t_{max} = \frac{R - \frac{b}{2}}{V_c} - t_{yn} = \frac{Ra_2}{2V_\rho}$$

$$\text{де } a_2 = \frac{2V_\rho t_\rho}{R-b} It_{max} - \frac{R - \frac{b}{2}}{V_c} - t_{yn} \quad (4)$$

Граничні значення зони впливу структурно формуючих запроєктованих магістралей встановлюються за умовами (2) і (4) і в цих обмеженнях визначається a_0 - остаточна величина кута зони впливу з урахуванням умов місцевості, рельєфу функціонального використання території сектора пішохідного обслуговування та інших факторів.

Аналіз результатів розрахунку структуроформуючих мережі магістралей з радіальною структурою показав, що максимальний розмір зони впливу для основних магістралей $\alpha = 90^\circ$ припустимо в містах з чисельністю 250-500 тис. Чол., в яких доцільно створення 4-променевої системи магістралей з двома кільцевими (хордовими) магістралями. Тобто в містах з населенням 100-250 тис. люд. при максимально допустимих витратах часу на сполучення з центром 17-20 хв. необхідно влаштування пішохідних магістралей на відстані 5-6 км один від одного, а за умовою розрахункового мінімального пішохідного потоку - на відстані 3-5 км.

Структуроформуючу пішохідну систему міста-центру, розраховану за фактором пішохідного обслуговування центрального району, необхідно перевірити на відповідність розмірам пішохідних потоків, що виникають в період «входу-виходу» в місто-центр.

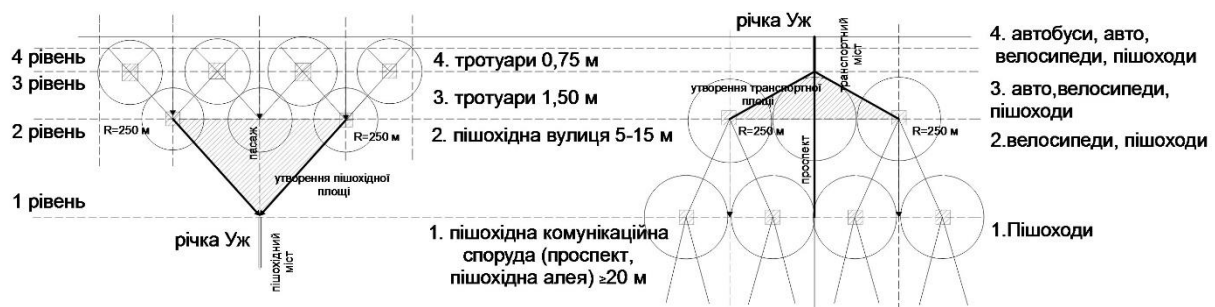


Рис.3. Формування мережі фотоелектричних панелей пішохідних шляхів на прикладі м.Ужгорода

Висновки : Енергоефективність дорожнього покриття як складова транспортної інфраструктури передбачає нові можливості управління і використання енергії для потреб комунального господарства. Впровадження суміжної моделі «енергетичних» пішохідних шляхів дасть можливість оптимізувати процеси освітлення, відсутності ожеледиці, системи управління світлофорами та ін.

Список використаної літератури:

1. US Department of Transportation, Solar Roadways. August 25, 2009.
2. <https://arstechnica.com/cars/2016/12/worlds-first-solar-road-opens-in-france/> International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology
3. ISJAEЕ № 2(46) (2007), Andreev V.M., Nanotechnology for solar photovoltaics, с. 93-98.
4. Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи використання енергії та палива в Україні з нетрадиційних та відновлюваних джерел.//Бюл. "Новітні технології в сфері нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії", Київ: АТ "Укренергозбереження", 1999.- №2, - С.30-38.
5. Highway Capacity Manual – 2000. Chapter 18 – Pedestrians, 27 pp.

Аннотация

Рассмотрена система формирования инновационного энергоэффективного покрытия тротуаров, аллей и улиц, с учетом градостроительных критериев организации пешеходных путей.

Ключевые слова: фотоэлектрические панели, «солнечные» дороги, фотовольтаика, энергоэффективность, пешеходное движение, покрытие пешеходных путей.

Annotation

The system of the innovative energy coating sidewalks, alleys and streets, taking into account the criteria organization of urban pedestrian paths.

Keywords: photovoltaic panels, "solar" road Photovoltaics, Energy Efficiency, walking, hiking paths cover.