

УДК 628.971.6

ДЗІКЕВИЧ А. В., ІВАНОВА М., С., ОЛЕЙНИКОВА І. В.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

РОЗРОБКА АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КОМПЛЕКСУ ОСВІТЛЕННЯ ПІШОХІДНОГО ПЕРЕХОДУ

Мета. Обґрунтування та проєктування автономного комплексу освітлення для пішохідного переходу з підвищеною енергоефективністю. Впровадження альтернативних джерел енергії з розробкою відповідного дизайну. Застосування флуоресцентних та люмінофорних покриттів для створення єдиної автономної та безпечної системи. Використання джерел світла спеціалізованого спектру, як метод підвищення функціональності створюваного комплексу.

Методика. Комплексний підхід, який поєднує специфічні джерела випромінювання з унікальними елементами дорожнього покриття для створення безпечної пішохідної зони. Інноваційне впровадження сучасних альтернатив джерел енергії в ділянки з підвищеною потребою живлення, значно підвищуючи ступінь енергоефективності. Сучасний інструментарій комп'ютерних програм із 3Д моделювання відкриває необмежені можливості для створення дизайну моделі автономного комплексу освітлення. Перш за все, ініціатива спрямована на створення безпечних умов для пішоходів, які перебувають у зоні високої аварійності внаслідок суттєвої шкоди енергетичній інфраструктурі країни.

Результати. Комплексна робота над системою дозволила значно знизити аварійність небезпечних ділянок утворених у результаті критичної ситуації з масовим енергопостачанням. Проєкт не обмежується лише вирішенням функціональних задач, але і пропонує унікальне дизайнерське рішення. Даний комплекс значно переважає інші наявні розробки, адже забезпечує автономне замкнуту самостійну систему, включно з енергоживленням. Поєднання ультрафіолетового випромінювання та люмінофорного покриття є інноваційним технічним рішенням та естетично-гармонійним із погляду дизайну.

Наукова новизна. Цей проєкт інтегрує ряд технологій, які раніше застосовувалися, як окремі рішення. Уперше багато технічних компонентів об'єднані для освітлення пішохідного переходу за допомогою єдиного взаємопов'язаного комплексу. Перевага полягає в тому, що ця система є енергонезалежною, що вкрай важливо в сучасному світі. Характерний дизайн, розроблений відповідно до застосованих технологій, вдало поєднується з усіма компонентами комплексу. Встановлення світловідбиваючих покриттів створить додаткові світлові акценти та приверне увагу транспортних засобів до пішохідного переходу.

Практична значимість. Через неналежне освітлення, яке пов'язане з частими відключеннями електроенергії, нині на дорогах трапляється багато аварій. Завдяки синтезу багатьох технологій і розвитку самодоповнюючої системи комплекс зможе сприяти частковому вирішенню поточної проблеми. Масове встановлення даного світлотехнічного комплексу на вулиці міст дасть змогу досягти потрібної освітленості та створити безпечний простір для пішоходів. Перевагами спроектованого дизайну системи освітлення є стійкість та ергономічність самої конструкції. Ультрафіолетові джерела випромінювання будуть створювати не лише саме освітлення, а і слугуватимуть, як підживлення сонячних панелей. Ефективне конструкторське рішення розміщення самих сонячних панелей забезпечують постійний усесторонній доступ природнього світла до них. Запропоновані в роботі використання елементів, що самостійно світяться, а саме флуоресцентної та люмінофорної фарб, створить додаткове світлове рішення, яке покращить видимість для пішохода та водія, а також стане візуально привабливим доповненням самого комплексу.

Ключові слова: автономний світлотехнічний комплекс; джерело УФ-випромінювання; флуоресцентне та люмінофорне покриття; сонячні панелі; світлодизайн.

Вступ. На сьогодні через часті відключення електроенергії в Україні трапляються вимкнення світлофорів та вуличного освітлення, як наслідок виникнення масштабних ДТП. У зв'язку з цим статистика ДТП різко зросла, так лише 7 листопада 2022 року сталося понад

600 дорожньо-транспортних пригод, внаслідок чого загинули семеро людей, а 71 особа дістала травми [1]. Проектування правильного освітлення пішохідних переходів є актуальним в умовах реконструкції автомобільних доріг по всій країні.

При нестабільній роботі джерел освітлення доводиться знаходити нові сучасні рішення. У нашому проєкті ми пропонуємо сонячні батареї, як автономні джерела живлення. З іншого боку, батареї не зможуть жити потужний прожектор, який освітлюватиме вулиці, тому ми використовуємо ультрафіолет, який активується через звичайний датчик руху, коли хтось до нього наближається.

У проєкті створюється повний комплекс, що включає джерело ультрафіолетового світла, сонячну батарею та ліхтар із підсвічуванням. Таке джерело випромінювання потрібно для створення світіння люмінофорного покриття пішохідного переходу та для роботи акумулятора, який заряджається при освітленні ультрафіолетом.

Проєкт має закриту енергоефективну систему, оскільки вона не потребує зовнішнього споживання електроенергії, лише сонячне світло. Увімкнення джерела ультрафіолетового світла вирішує багатофункціональну задачу.

У роботі було враховано ряд факторів, які впливають на якість світіння люмінесцентного покриття [2] та визначено найоптимальніший варіант у даній системі.

Використання автономних джерел живлення для освітлення в тому числі і вуличного вже досліджувалося рядом вчених [3]. Було досліджено ефективність сонячних панелей та розроблено вуличні світильники з їх використанням. І хоч дані дослідження були досить ефективними з технічного боку, але вони мають широке поле для розвитку, а саме створення сучасного дизайну та збільшення міцності й ергономічності конструкції. Використання ультрафіолетового випромінювання в освітленні досліджувалося такими вченими: А.О. Семенов, О.М. Дуган, Г.М. Кожушко, С.Г. Кислиця та інші.

Постановка завдання. Розробити світлову систему, яка створить візуальний ефект на дорозі та слугуватиме, як акцентне та декоративне освітлення. Забезпечити автономність живлення системи шляхом використання альтернативних невичерпних енергетичних джерел. Створити сучасний ергономічний дизайн, який буде лаконічно поєднуватися з технологічністю проєкту.

Цей проєкт є критично важливим, оскільки зараз місто втрачає електроенергію, тому надзвичайно важливо підвищити безпеку, наскільки це можливо, використовуючи методи, які не споживають багато енергії.

Результати дослідження. Робота по розробці автономної енергоефективної системи освітлення пішохідного переходу проводилася по трьом основним напрямках:

1. Поєднання різних видів випромінювання для створення системи освітлення зони пішохідного переходу. Для цього використовувалися джерело загального спектру, що слугує основним вуличним освітленням; елемент з ультрафіолетовим випромінюванням та люмінесцентне покриття, як компонент дорожньої розмітки.

2. Забезпечення автономності живлення системи.

3. Створення відповідного ергономічного дизайну використовуючи актуальні новітні тенденції вуличного світлодизайну.

Конструкція розробленої системи складається з: основного джерела світла, опори, елемента з УФ-випромінюванням, сонячних панелей з акумуляторними батареями та люмінесцентного покриття. Система вирішує проблему нестабільності енергопостачання, яка існує сьогодні в нашій країні. Також, створений проєкт має на меті підвищити візуальний світловий контраст у небезпечних зонах.

На рис. 1 зображена 3Д-модель автономної системи освітлення пішохідних переходів із позначенням усіх конструктивних елементів та їхніх назв. Для проектування даної розробки

використовувалася комп'ютерна програма Blender, оскільки вона має широкий функціонал для створення тривимірних об'єктів і просторів, що дозволяє візуалізувати креативні дизайнерські ідеї.

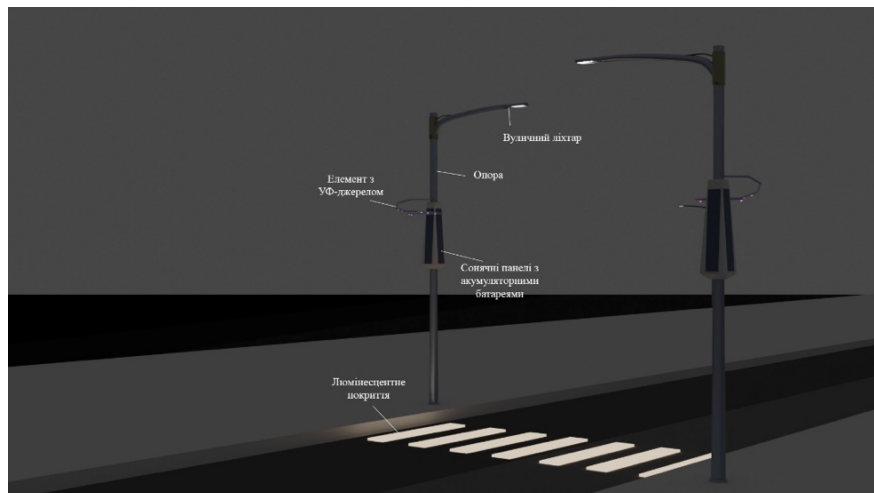


Рис. 1. Складові автономної системи освітлення пішохідного переходу

Згідно з правилами дорожнього руху кожен автомобіль повинен пригальмувати при наближенні до пішохідного переходу, однак це робиться не завжди й це пов'язано з недостатньою освітленістю переходу. Люмінофорна частина дорожнього маркера продовжуватиме світитися, навіть якщо поблизу нікого немає, що інформуватиме водіїв про пішохідний перехід. Для усвідомлення необхідності повної зупинки водій має зафіксувати появу людини в даній зоні, в чому йому допоможе ультрафіолетове випромінювання, яке освітлює пішохода в зоні очікування.

Оскільки через фізичні властивості ультрафіолет є невидимим для людини, джерела світла з уф-променями створюють із використанням крайнього видимого спектру. Завдяки цьому створюється візуальний світловий ефект, що слугуватиме не лише підвищенню функціональності, а і зміні зовнішнього вигляду готових пристроїв. Використання такого спеціалізованого випромінювання створить широке поле для створення креативного сучасного дизайну.

На сьогодні вже почали створювати різні види ламп, що містять ультрафіолетове випромінювання, які у своєму функціоналі використовують його особливості. Світильники з використанням ультрафіолету відрізняється від звичайного перш за все зовнішнім виглядом та безпосередньо спектром випромінювання. У таких лампах спектр випромінювання містить і довжини хвиль ультрафіолету (200–400 нм) і крайні видимі для людини (400–500 нм), у результаті чого, людина може спостерігати візуальний ефект – кольорове світло.

Ультрафіолетове випромінювання можна застосовувати в різних напрямках освітлення, включаючи й зовнішнє освітлення. УФ-лампи пропонують енергоефективне, яскраве світло в багатьох галузях промисловості таких, як виробництво, виробництво чистих приміщень або зон, перевірка якості та багато інших застосувань, які потребують добре освітленого середовища.

За рахунок того, що під ультрафіолетом різні біологічні елементи випромінюють невелике біле світіння, можна створити певний світловий акцент та привернути увагу. Саме ця властивість даного випромінювання стала основою для його використання у якості додаткового освітлення в зоні пішохідного переходу. Також ультрафіолет супроводжується синьо-фіолетовим світлом, що є відмінним по кольору від загального вуличного освітлення.

Освітлення створюється не лише джерелами світла, що вимагають електричного живлення, а і світловими елементами такими, як люмінесцентне покриття.

Залежно від типу використовуваного флуоресцентного пігменту фарби, що світяться, поділяють на флуоресцентні, люмінесцентні або світловідбиваючі. Люмінесцентні фарби виділяють зібрану світлову енергію в темряві; світловідбиваючі фарби використовуються для дорожньої розмітки та дорожніх знаків; флуоресцентні фарби сяють лише в ультрафіолетовому світлі. Фосфоресцентні фарби, що світяться в темряві містять шкідливий фосфор; однак в останні роки фосфор замінили люмінофором [4].

Поряд із явищем природного світіння сучасні люмінесцентні покриття мають практично ідентичний ефект. Іншими словами, відповідно до їхнього основного принципу, вони поглинають енергію, а потім її випромінюють. І при денному світлі, і під впливом УФ-випромінювання ці світлові компоненти сяють.

Люмінофор – унікальний пігмент, який використовується в люмінесцентних фарбах. Цей пігмент функціонує, як акумулятор, накопичуючи світло та випромінюючи світло в темряві. Фарбі потрібно лише від 15 до 40 хвилин, щоби «зарядитися» від природного або штучного світла та почати сяяти до 8 годин. Неважливо, скільки часу світиться поверхня під дією світла, півгодини чи цілий день. В обох ситуаціях тривалість дії буде однаковою [5].

Флуоресцентна фарба під назвою «Сигнальна флуоресцентна фарба для бетону» призначена для використання на мінеральних поверхнях на відкритому повітрі. Приклади використання такої фарби зображено на рис. 2. На бетонній поверхні ця фарба висихає, утворюючи міцне захисне покриття. Цей шар має дуже яскравий колір. Кольори сигналів використовуються для позначення місць із високим рівнем аварій або для гарантування безпеки промислових секторів. Флуоресцентна фарба для бетону стійка до погодних умов і механічних навантажень. Більшу частину складу фарби становить двокомпонентна акрилова основа з унікальним додаванням флуоресцентного порошку [6].



Рис. 2. Приклади застосування флуоресцентної фарби

Перший у світі освітлений перехід зебри, що привертає увагу та є екологічно вигідним рішенням для зменшення ризиків дорожнього руху, створений у голландському місті Ербек. Starpath – це поверхнева обробка доріжок, яка збирає сонячну енергію вдень і вивільняє її вночі, завдяки чому частинки на рівні землі виблискують. Ця фарба є екологічною заміною вуличному освітленню та ідеально підходить для використання на велосипедних доріжках завдяки своїм властивостям проти ковзання [7].

Цей продукт реагує на природне освітлення, а саме, коли навколишній простір темніше, то світла стає більше, а якщо світліше, то навпаки. Дана властивість може виконувати функцію

додаткового джерела випромінювання до вже існуючих світлотехнічних систем. Продукт швидко й легко адаптується під уже існуючі дорожні покриття [7].

На рис. 3 зображено приклад використання люмінесцентних елементів у вигляді пішохідного переходу для доповнення дорожнього простору. В результаті застосування такого покриття було зафіксовано збільшення уваги учасників дорожнього руху та відповідно підвищено безпеку даної ділянки міського простору.



Рис. 3. Приклад застосування люмінесцентних елементів для пішохідного переходу

На естакадах, тунелях, шахтах, підземних коридорах і метро флуоресцентні фарби використовуються для створення когнітивних позначок; наклейки, що світяться в темряві, направляють відвідувачів під час дослідження печер; тощо [8]. Візьмемо, наприклад, перший велосипедний маршрут у Польщі, який світить вночі завдяки сонячному світлу, яке збирається впродовж дня (рис. 4). Явище люмінесценції пов'язане з особливостями речовини, яка використовується для створення треку. Він передбачає поглинання видимого світла, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання з простору. Також ця інновація підвищує безпеку водіїв уночі [8].

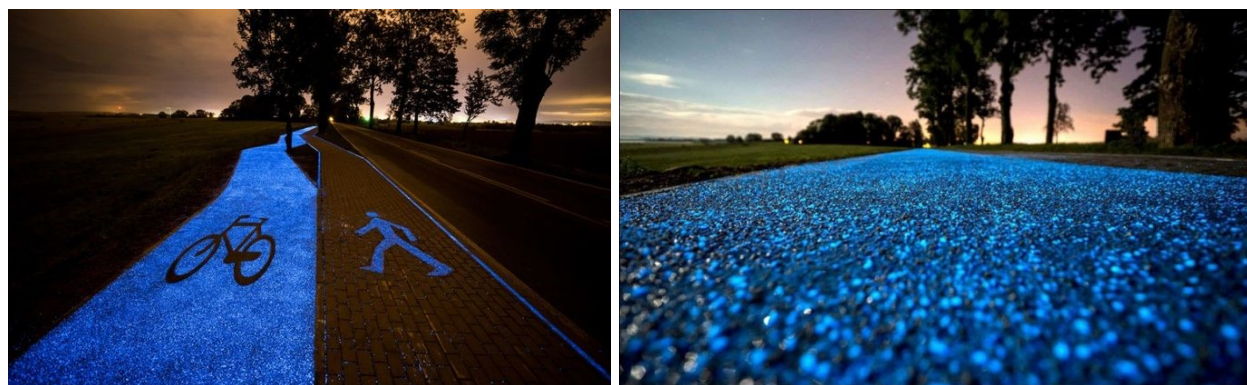


Рис. 4. Метод застосування люмінофорного елемента в Польщі

Також люмінесцентні покриття використовуються, як дорожні покажчики, наприклад, в Нідерландах уже є такі елементи, які використовуються, як альтернатива нічному освітленню. Дана фарба пройшла численні етапи розробки, була перевірена на довговічність і показала, що добре функціонує в реальних умовах. Крім того, Україна застосувала люмінесцентну фарбу, зокрема, на трасі Київ-Чоп (рис. 5) [9].

У 2015 році на вулицях Леннокса та Лібертона, США тестували світловий пішохідний перехід із широкими білими та флуоресцентними жовтими лініями, які можна було побачити

на відстані 92 м. Мета смуги на пішохідному переході – попередити водіїв про те, що він дійсно є, а саме такі смуги підвищують рівень обережності. Щоб змінити поведінку водіїв, важливо підвищити видимість та усвідомлення наявності пішохідних переходів. Водії повинні бути більш обізнаними щодо них і мати більше часу, щоб зменшити швидкість і відреагувати [10]. На рис. 6. зображено пішохідний перехід із таким покриттям.

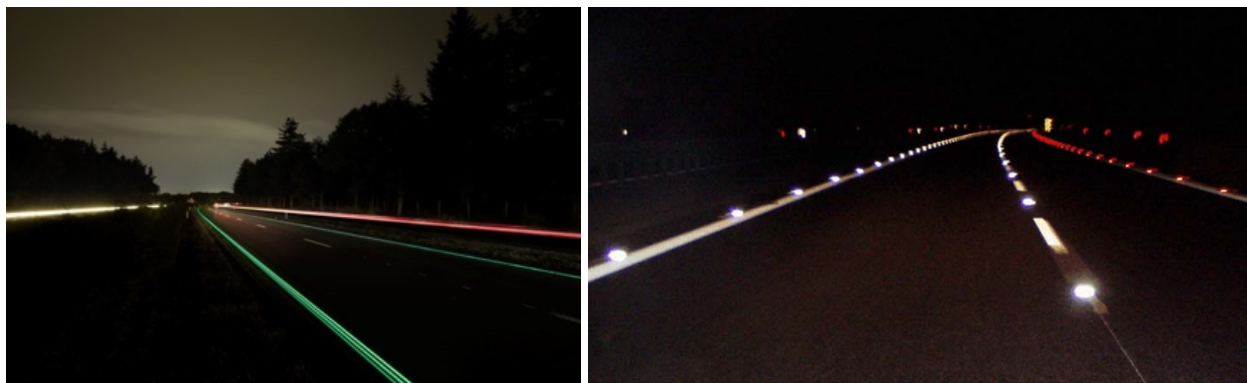


Рис. 5. Приклад використання люмінесцентної розмітки на дорозі



Рис. 6. Приклад експериментального дослідження варіанту флуоресцентного переходу

Якщо досліджувати питання кольору, то варто проаналізувати інтенсивність світла на різних довжинах хвиль для люмінесцентного пішохідного переходу. У фарбі, що використовується для покриття доріг присутні світловідбиваючі скляні кульки. Явище відбивання світла мікрочастинками досліджується за допомогою рефлектрометрії. Кожний квадратний метр фарби повинен відбивати 150 мілікандел світла при освітленні в 1 люкс.

На попередньому зображенні (рис. 7) зебри добре видно, що фарба на підлозі виглядає значно менш яскравою, ніж дорожній знак. Це пояснюється тим, що чутливість очей знижується, коли світло жовте, а не, наприклад, синьо-зелене. Незважаючи на те, що інтенсивність світла однакова для всіх відтінків, чутливість ока до кольорів досягає максимуму в синьо-зеленому спектрі [11]. Це підтверджує діаграма залежності довжини хвилі випромінювання та чутливості ока, що зображена на рис. 8. Аналіз показав, що більшість розміток на пішохідному переході пофарбовані в білий колір.



Рис. 7. Варіант застосування люмінесцентного пішохідного переходу

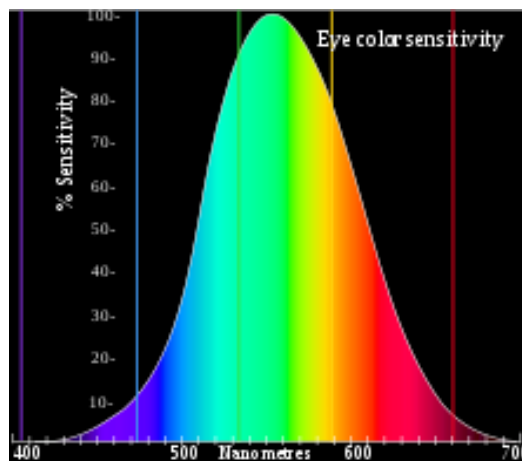


Рис. 8. Діаграма чутливості ока до світла різних кольорів

У даному проєкті джерелами автономного живлення виступають сонячні батареї. Сонячні панелі перетворюють сонячну енергію в електрику. Відбувається цей процес наступним чином: сонячне світло активує фотоелектричні перетворювачі, які генерують струм і накопичують його в батареях.

Сонячні панелі є збірними конструкціями, розміри яких впливають на потужність у виробленні електроенергії. Модульна система здатна варіювати розміри панелей залежно від необхідної потреби. Їх універсальність пояснюється тим, що їх можна встановлювати в будь-якому кліматі, хоч їх ефективність залежить від погодних умов. Адже в Україні в зимовий час виробляється в 4–5 разів менше електроенергії, ніж влітку. Взагалі, територіальне розташування України та її кліматичного поясу вдало підходить для встановлення та застосування сонячних електростанцій.

Переваги сонячних панелей обґрунтували вибір автономного джерела живлення. Раніше запропоновані конструкції сонячних панелей мали ряд недоліків серед яких: погана міцність конструкції, одностороння спрямованість панелі, непостійне потрапляння сонячних променів протягом світлового дня, неергономічний дизайн. На рис. 9 зображено існуючі аналоги запропонованих рішень.

Розроблена в даній роботі конструкція вирішує перераховані недоліки. Розташування спроектовано таким чином, щоби забезпечити оптимальну стійкість конструкції та максимальний доступ сонячного світла до її поверхні. Водночас сонячні панелі розташовані з чотирьох сторін опори лампи під кутом близько 75 градусів. Оскільки немає рухомих частин,

сонячні панелі можуть прослужити 30 років і більше. Сонячних модулів достатньо, щоби забезпечити роботу та енергонезалежність.



Рис. 9. Приклади аналогів джерел світла

На рис. 10. зображено приклад розробленої системи освітлення в дії.

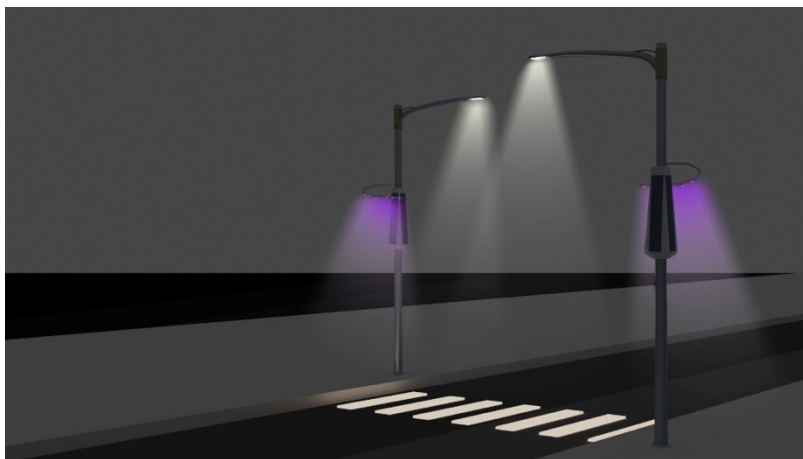


Рис. 10. 3Д-модель автономної системи освітлення пішохідного переходу спроектована в програмі Blender

Ультрафіолетове джерело спрацьовує, коли пішохід наближається до встановленого датчика руху, освітлюючи його, а також люмінесцентне покриття та дорогу. Зворотний відлік для вимкнення джерела світла розпочнеться після того, як людина з'явиться в зоні дії датчику руху [12]. Завдяки поглиненій енергії люмінесцентне покриття все одно буде яскраво світитися навіть за відсутності джерел випромінювання.

Наразі існуюче освітлення та фари водіїв не матимуть потрібного впливу на люмінофор. Ультрафіолетове світло є відповіддю на цю проблему, оскільки воно освітлює поверхню, роблячи все одразу видимим, коли хтось наближається до джерела світла, і воно вмикається.

Висновки. Запропоновано використання енергоефективної автономної системи для освітлення пішохідних переходів, як важливої складової інфраструктури міста. Було розроблено автономний комплекс освітлення для пішохідного переходу. Суттєвою перевагою проєкту є універсальність, що дозволяє встановлювати дану систему на вже існуючі конструкції освітлення таких зон.

Розглянуто технологію створення люмінісцентного покриття для використання у якості освітлення. Обґрунтовано доцільність впровадження сонячних панелей в якості автономного джерела живлення комплексу. Для отримання максимальної ефективності роботи системи енергопостачання був розроблений відповідний дизайн конструкції.

Застосування різних видів випромінювання створює енергоефективний комплекс із замкненим циклом перетворення енергії. У роботі обґрунтовано доцільність використання даного комплексу. Він значно знизить споживання електроенергії, що є особливо актуальним у нинішній ситуації.

References

1. Na dorohakh Ukrainy protiahom doby stalos ponad 600 DTP – MVS [Over 600 traffic accidents occurred on the roads of Ukraine during the day – Ministry of Internal Affairs]. URL: <https://fakty.com.ua/ua/proisshestvija/20221109-na-dorogah-ukrayiny-protyagom-doby-stalos-ponad-600-dtp-mvs/> [in Ukrainian].
2. Bi, Y., Pei, J., Chen, Z. (2021). Preparation and characterization of luminescent road-marking paint. *Int. J. Pavement Res. Technol.* 14:, 252–258. <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0229-3>.
3. Malushenko, A. S. (2022). Rozrobka svitylnyka dla vulychnoho osvittlenia iz avtonomnym zhyvleniam na osnovi fotoelektrychnykh peretvoriuvachiv soniachnoi enerhii [Development of a lamp for street lighting with autonomous power based on photoelectric converters of solar energy: bachelor's qualification work]. Ternopil: TNTU. 58 p. [in Ukrainian].
4. Liuminofor – tse svitlonakopychuiuchy pihment [Luminophore is a light-accumulating pigment]. "EPOXY RESIN SLAB and HOBBY company "Epoxy Ukraine". URL: <https://hobby.kiev.ua/a290960-lyumino-for-eto-svetonakopitelnyj.html> [in Ukrainian].
5. Kasparova, M., Chebotarova, I. Liuminestentni ta fluorestentni farby dla oformlennia polihrafichnoi produktsii [Luminescent and fluorescent paints for the design of printing products.] *Print multimedia & web.* P. 49–50. URL: <https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/20389/1/KasCheb4950.pdf> [in Ukrainian].
6. Signal fluorescent paint for concrete. Official site FABRAVA. URL: <https://fabrava.com/signal-fluorescent-paint-for-concrete>.
7. Luminous zebra crossing glows all night. (2016). URL: <https://www.eta.co.uk/2016/11/28/luminous-zebra-crossing/>
8. Biggs, J. (2016). Poland builds a solar-powered bike path that glows a ghostly blue. URL: <https://techcrunch.com/2016/10/07/poland-builds-a-solar-powered-bike-path-that-glows-a-ghostly-blue/>
9. LKQ ELIT (2018). Shumova ta liuministentna rozmitka na dorohakh Ukrainy? [Noise and fluorescent markings on

Література

1. На дорогах України протягом доби сталося понад 600 ДТП – МВС. URL: <https://fakty.com.ua/ua/proisshestvija/20221109-na-dorogah-ukrayiny-protyagom-doby-stalos-ponad-600-dtp-mvs/>
2. Bi Y., Pei J., Chen Z. Preparation and characterization of luminescent road-marking paint. *Int. J. Pavement Res. Technol.* 2021. 14. P. 252–258. <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0229-3>.
3. Малушенко А. С. Розробка світильника для вуличного освітлення із автономним живленням на основі фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії: кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопіль: ТНТУ, 2022. 58 с.
4. Люмінофор – це світлонакопичуючий пігмент. "СМОЛА ЕПОКСИДНА SLAB та HOBBY компанія "Епоксі Україна". URL: <https://hobby.kiev.ua/a290960-lyumino-for-eto-svetonakopitelnyj.html>.
5. Каспарова М., Чеботарьова І. Люмінесцентні та флуоресцентні фарби для оформлення поліграфічної продукції. *Print multimedia & web.* С. 49–50. URL: <https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/20389/1/KasCheb4950.pdf>.
6. Signal fluorescent paint for concrete. Official site FABRAVA. URL: <https://fabrava.com/signal-fluorescent-paint-for-concrete>.
7. Luminous zebra crossing glows all night. 2016. URL: <https://www.eta.co.uk/2016/11/28/luminous-zebra-crossing/>
8. Biggs J. Poland builds a solar-powered bike path that glows a ghostly blue. 2016. URL: <https://techcrunch.com/2016/10/07/poland-builds-a-solar-powered-bike-path-that-glows-a-ghostly-blue/>
9. Шумова та люмінісцентна розмітка на дорогах України? LKQ ELIT. 2018. URL:

the roads of Ukraine?]. URL: <https://www.elit.ua/news-and-stock/news/2716-shumova-ta-lyuminiscentna-rozmitka-na-dorogah-ukrayini/> [in Ukrainian].

10. Ma, K. (2015). City tests fluorescent crosswalk. URL: <https://www.stalberttoday.ca/local-news/city-tests-fluorescent-crosswalk-1289947>.

11. Which color is better for a pedestrian crossing, yellow or white? Official site Quora. URL: <https://www.quora.com/Which-color-is-better-for-a-pedestrian-crossing-yellow-or-white>.

12. Ivanova, M. S., Oleinikova, I. V. (2021). Intelektualna systema upravlinnia v osvitlenni pishokhidnykh perekhodiv dlia pidvyshchennia enerhoefektyvnosti [Intelligent control system in the lighting of pedestrian crossings to increase energy efficiency]. *Tekhnologii ta inzhynirynh = Technologies and Engineering*, 3: 9–17. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.3.1> [in Ukrainian].

<https://www.elit.ua/news-and-stock/news/2716-shumova-ta-lyuminiscentna-rozmitka-na-dorogah-ukrayini/>

10. Ma K. City tests fluorescent crosswalk. 2015. URL: <https://www.stalberttoday.ca/local-news/city-tests-fluorescent-crosswalk-1289947>.

11. Which color is better for a pedestrian crossing, yellow or white? Official site Quora. URL: <https://www.quora.com/Which-color-is-better-for-a-pedestrian-crossing-yellow-or-white>.

12. Іванова М. С., Олейнікова І. В. Інтелектуальна система управління в освітленні пішохідних переходів для підвищення енергоефективності. *Технології та інжиніринг*. 2021. №3. С. 9–17. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.3.1>.

DZIKEVYCH ANNA

Department of Design, Kyiv National University of
Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3661-324X>
E-mail: adzikevich22@gmail.com

IVANOVA MARHARYTA

Department of Design, Kyiv National University of
Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7484-7317>
E-mail: ukrainianpaintress@gmail.com

OLENIKOVA IRYNA

PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Department of Applied Physics and Higher Mathematics,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1756-5203>
Scopus Author ID: 57191975872
E-mail: olejnikova.iv@knutd.com.ua

DZIKEVYCH A. V., IVANOVA M. S., OLENIKOVA I. V.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**THE DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS, ENERGY-EFFICIENT
PEDESTRIAN CROSSING LIGHTING COMPLEX**

Purpose. Justification and design of a self-contained complex for a pedestrian crossing with increased energy efficiency. Introduction of alternative energy sources with appropriate design. Application of fluorescent and phosphor coatings to create a single autonomous and safe system. Use of specialised spectrum light sources as a method of enhancing the functionality of the built complex.

Methodology. The comprehensive approach, which combines specific radiation sources with unique pavement elements to create a safe pedestrian zone. Innovative introduction of modern alternative energy sources in areas with higher power demand, significantly increasing energy efficiency. Modern computer software tools with 3D modeling offer unlimited possibilities for the design of a model autonomous lighting complex. Above all, the initiative aims to create a safe environment for pedestrians in the high-crash area due to the significant damage to the country's energy infrastructure.

Findings. The comprehensive work on the system has significantly reduced the hazardous areas created by the critical mass energy supply situation. The project is not limited to solving functional problems, but also offers a unique design solution. The complex is far superior to other designs available, as it provides a self-contained system, including a power supply. The combination of ultraviolet light and phosphor coating is an innovative technical solution and aesthetically harmonious in terms of design.

Originality. This project integrates a variety of technologies previously used as standalone solutions. For the first time, many technical components are combined to illuminate a pedestrian crossing through a single interconnected complex. The advantage is that the system is energy-independent, which is essential in today's world. The characteristic design, based on the technology used, blends in well with all the components of the complex. The installation of reflective coverings will create additional lighting accents and draw the attention of vehicles to the pedestrian crossing.

Practical value. Due to inadequate lighting associated with frequent blackouts, there are now many accidents on the roads. Through the synthesis of many technologies and the development of a self-sustaining system, the complex will be able to contribute to a partial solution to the current problem. The mass installation of this lighting complex on city streets will achieve the desired illumination and create a safe space for pedestrians. The benefits of the lighting system's design are its stability and the ergonomics of the structure itself. The UV light sources will not only create the light itself but will also serve as a feed for the solar panels. The efficient design of the placement of the solar panels themselves will ensure that natural light is always fully accessible. The proposed use of self-luminous elements in the work, namely fluorescent and luminophore paint, will create an additional lighting solution that will improve visibility for pedestrians and drivers, as well as being a visually appealing addition to the complex itself.

Keywords: self-contained lighting system; UV light source; fluorescent and luminophore coating; solar panels; light design.