

УДК 535-7

ЯЦЕНКО А. С., ОЛЕЙНІКОВА І. В.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

**ВИКОРИСТАННЯ ОПТОВОЛОКНА ЯК СКЛАДОВОЇ
ЗАГАЛЬНОГО ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ
СТВОРЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО РІВНЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

Мета. Розробити нову систему освітлення спортивних дитячих комплексів. Запровадження розробленої технології дозволить покращити стан освітленості вуличних спортивних майданчиків без створення світлового забруднення та збільшення додаткових енергоефективних витрат.

Методика. Комбінована методика технології використання двох типів джерел світла, а саме: малопотужних світлодіодних прожекторів та оптоволокна з єдиним джерелом світла дозволяє створити енергоефективну систему освітлення полів. Запропоноване рішення може бути використано для повного освітлення вуличних дитячих комплексів. Підбір параметрів системи освітлення здійснювався на прикладі реального спортивно-дитячого комплексу.

Результати. Виконані вимірювання реальних параметрів існуючого спортивного майданчика та врахування його геометрії дозволило нас розрахувати світлові параметри джерел світла, підібрати відповідні матеріали та створити повну модель освітлення. Розроблена нова технологія освітлення спортивно-дитячих комплексів, покращено рівень освітлення спортивних споруд без створення світлового забруднення.

Наукова новизна. Вперше було запропоновано комбіновану технологію освітлення спортивно-дитячих майданчиків з допомогою використовуючи оптоволокна та світлодіодних прожекторів. Запровадження розробленої технології дозволить покращити стан освітленості подібних споруд без створення зайвого світлового навантаження на мешканців, що знаходяться поруч з майданчиком. При цьому таке освітлення не призведе до збільшення додаткових енергетичних витрат.

Практична значимість. На сьогоднішній момент більшість вуличних спортивно-розважальних майданчиків позбавлені будь-якого освітлення. Запропоноване комплексне рішення може бути прилаштовано до будь-якої вже існуючої системи освітлення полів. Вона є найбільш ефективною та електрично безпечною оскільки оптоволокно проводить не електричний струм, а світло. Саме джерело світла може бути розташовано віддалено в захищеному від вандалів місці.

Ключові слова: спортивні майданчики; спорт; вуличне освітлення; оптоволокно; світлодіодні джерела світла; стадіон.

Вступ. В системі зовнішнього освітлення економія електроенергії у більшості випадків досягається шляхом зменшення кількості освітлювальних приладів, а не покращення їх енергоефективності. В багатьох випадках зони фізичної активності та відпочинку дітей та молоді залишаються не освітленими, що негативно впливає на здоров'я нації. Але з іншого боку надмірна освітленість деяких місцевостей негативно впливає на психіку людей та створює світлове забруднення навколишнього середовища.

Нині доведено, що використання оптоволокна дає можливість забезпечити уникнення фізичних пошкоджень вразі несподіваного відказу. Оптоволокно завдяки своїм фізичним властивостям дозволяє розмістити на великій відстані джерело світла до якого можливо під'єднати більше ніж одне оптичне волокно. Це у свою чергу дозволяє забезпечити захист від крадіжок та створення розгалуженої мережі освітлення. Більш того пошкодження одного з елементів оптоволокна не впливає на режим роботи інших складових систем освітлення.

Постановка завдання. Мета роботи – розробити нову систему освітлення спортивного дитячого комплексів використовуючи технологію поєднання оптоволокна та світлодіодних джерел світла, адже на сьогоднішній момент більшість вуличних спортивно-розважальних

майданчиків не освітлюються. Запровадження розробленої технології дозволить створити двокомпонентну систему освітлення вуличних спортивних споруд. Комбінація систем оптоволоконного та LED освітлення не призведе до збільшення енерговитрат, а спеціальне розташування джерел світла не буде створювати додаткового світлового забруднення.

Результати досліджень. Для дослідження було обрано конкретний об'єкт – дитячий-спортивний комплекс, який розташований на бульварі Лесі Українки 27. Цей комплекс містить в собі елементи футбольного та баскетбольних полів. Спостереження показали що освітленість цього комплексу у вечірній період доби відсутня. Навіть за таких умов це поле використовується для гри ввечері. Цим самим створюються небезпечні умови експлуатації та негативний вплив на психічний та фізичний стан дітей.

Проведений аналіз оздоблення даного майданчика дозволив запропонувати для освітлення такого поля використання оптоволоконної системи. Вона включає в себе: джерело світла, оптоволоконні кабелі бокового та торцевого світіння.

В якості оптоволоконна була обрана марка українського бренду Південне місто. Кабель бокового світіння Solidcore вже використовується для підсвічування периметру басейнів і фонтанів; підсвічування ніш або карнизів у інтер'єрному, ландшафтному та архітектурному дизайні. Економічність, простота обслуговування і монтажу, точна передача кольорової температури – незаперечні переваги перед традиційними видами підсвічування. Оптоволоконно може служити заміною неонових трубок в освітленні рекламних вивісок та вітрин.

Розглянемо докладніше принцип за яким оптоволоконно може проводити світло. Оптоволоконно це система, яка складається з двох трубок та Серцевини, що розташована вздовж осі оптоволоконна (рис. 1). Принцип роботи побудований на фізичному явищі повного внутрішнього відбиття. Світло, потрапляючи в середину оптоволоконна, після багатьох відбивань не виходить за межі оболонки та передається вздовж неї. Таким чином потік світла без змін виходить з іншого торця оптоволоконна. В разі бічного світіння можливо отримати повністю освітлене оптоволоконно [1].

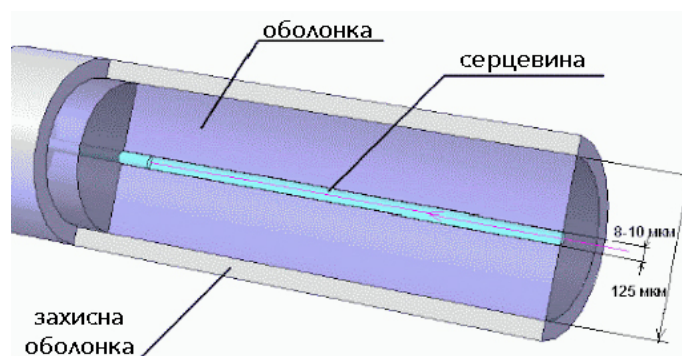


Рис. 1. Будова оптоволокона

На сьогоднішній день технологія оптоволоконної системи набула широкого поширення, її стали використовувати не лише в якості декору а й з функціональної точки зору. Оптичне волокно починають використовувати в освітленні музеїв, лікарень, житлових приміщень, офісних будівель та підземних приміщень [2–6]. При певних умовах оптоволоконно стає єдиним рішенням освітлення, як, наприклад в басейнах, фонтанах та інших архітектурних спорудах з водою.

Зараз вже існують норми для освітлення професійних футбольних полів, які ураховують при проектуванні багато різних факторів в тому числі наявність камер та великої кількості глядачів. При цьому варто урахувати, що середня швидкість професійного гравця більша ніж у звичайної дитини. Тобто інтенсивність гри жвавіша, цеу свою чергу призводить

до збільшення зорової роботи всіх учасників матчу, та створює потребу у якісних світильниках з гарною кольоровою передачею.

Існують три системи професійного освітлення полів: система чотирьох щогл, система шести/восьми та лінійна система.

Система чотирьох щогл розповсюджена в нашій країні так і за кордоном (рис. 2). З допомогою цієї системи стадіони освітлюють прожекторами які встановлюються на чотирьох високих щоглах, розташованих в кутах поля, позаду розмітки. Цю систему використовують з метою, щоб воротар зміг побачити м'яч перед воротами, а не силует, тобто створює достатньо об'ємно освітлення. Прожектори цієї системи освітлення спрямовані на все поле і створюють, необхідний рівень освітлення в горизонтальній та вертикальній площині, освітлення проходить через повздовжню вісь поля. При такому направленні прожектори створюється задовільна рівномірність освітлення в межах поля. Висота установки прожекторів розраховується залежно від відстані між щоглами по довжній осі поля.

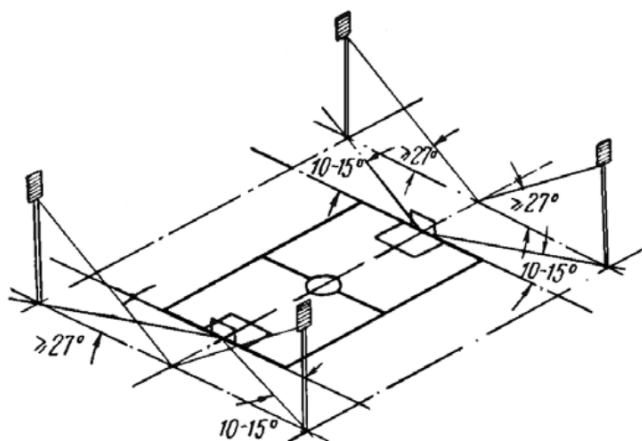


Рис. 2. Розташування освітлення у системі чотирьох щогл

Основи щогл повинні розміщатися за межами розмітки поля настільки, щоб кут між самою щоглою, центром воріт та розміткою поля складав 15° . При наявності трибун для вболівальників прожекторні щогли рекомендовано розміщувати позаду або зверху трибуни. Перевагою цієї технології освітлення являється її низька вартість у порівнянні з іншими системами. Це зумовлено меншим числом щогл, ціна яких складає ключову частину загальної вартості.

Основним недоліком характерним для цієї системи являється утворення трьох тіней пов'язаних з обмеженим числом джерел світла. Система чотирьох щогл не є доцільною для освітлення великих стадіонів, але для маленьких полів вона є універсальною.

Це обумовлено тим, що для освітлення маленького простору не потребує багато освітлювальних приладів, які важко розмістити на чотирьох щоглах.

У випадках освітлення великого простору краще використовувати систему шести/восьми щогл (рис. 3), які встановлені уздовж бічних сторін поля. Така система має кращі тінестворюючі властивості, оскільки кількість прожекторних батарей зростає і тіні від гравців стають м'якшими.

Однак сліпуча дія цієї системи вища ніж при чотирьох щоглах, в наслідок великої кількості світильників в полі зору гравця. При створенні освітлення великих полів за цією системою достатньо легко збільшити рівень освітленості просто збільшити кількість прожекторів. Щогли у цій системі можуть бути тонкі та легкі опори, встановлених близько до розмітки поля та розміщатись нижче ніж в інших системах. При цьому вигідність цієї системи полягає в запобіганні створення провалів освітлення та сірих зон на території спортивного поля.

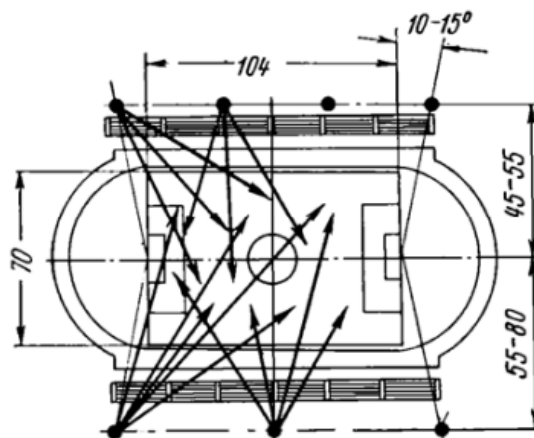


Рис. 3. Система шести/восьми щогл

Другою системою яка пропонується для освітлення малих стадіонів є лінійна система освітлення (рис. 4). Для освітлення стадіонів великої прощі з врахуванням трибун прожектори встановлюють з двох бічних сторін поля. Ця система має вигляд суцільної або переривчастої лінії. В такому випадку пристворені освітлення необхідно щоб край джерела світла знаходився за лінією воріт для створення об'ємного зображення в межах всього поля. Для малих площ доцільно замінити прожектори на більш енергоефективні світлодіодні стрічки або взагалі на оптоволоконні системи. Перевагою цієї системи являється створення рівномірності освітлення поля, гравці та глядачі відчують комфортні умови, що створюються на стадіоні при вживанні освітлення за цією системою. Значним недоліком цієї системи для освітлення великих полів являється велика протяжність щогл освітлення, що займають значну частину поля зору практично при будь-якому положенні гравців на полі. Але ця проблема вирішується при застосуванні її на маленькі стадіони. Прожектори створюють підвищену сліпучу дію на гравців, що призводить до так званого ефекту «зникнення м'яча», тобто коли траєкторія м'яча йде вище лінії освітлення і він абсолютно зникає з поля зору [7].

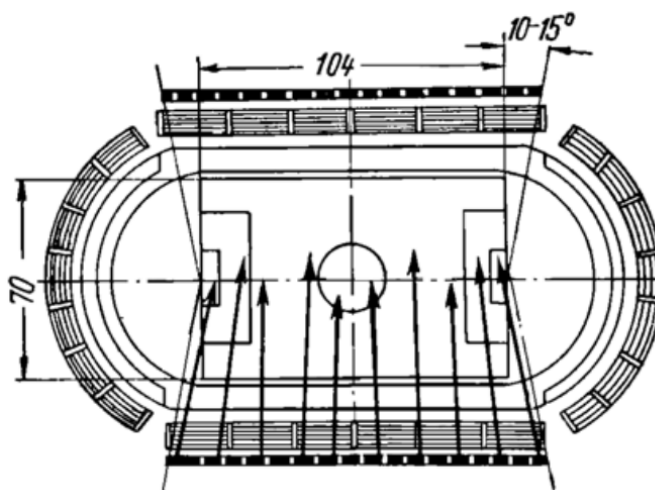


Рис. 4. Лінійна система освітлення стадіонів

Для адаптації норм освітлення професійних стадіонів для створення спортивно-дитячих комплексів було зроблено такі зміни: спрощення інтенсивності світлового потоку, зменшення вартості світильників, шляхом використання дешевших технологій.

Оскільки обраний спортивний майданчик має захисний паркан, для створення освітлення була обрана система чотирьох щогл. Тобто світильники будуть розміщатись в кутах поля і розміщатись на паркані самого майданчика. Допоміжним освітленням буде слугувати оптоволокно розміщене по периметру майданчика. За нормами ДБН В.2.5-28:2018 освітлення спортивного майданчика має бути не менше 50 ЛК [8].

Через те, що основні світильники будуть розміщені по кутах на паркані, рекомендовано зробити їх з урахуванням можливості зарядки від сонячних панелей. А вже розміщення сонячних систем на даху будівлі не потребує ніяких нотаріальних дозволів. Великою перевагою сонячних панелей є можливість використання їх у якості резервного джерела живлення. Потрібно тільки під'єднати акумулятор [9].

Оптоволокно завдяки своїм властивостям являється універсальним додатковим освітленням, адже воно не створює пульсацію, точно передає кольоровий спектр джерела світла, не нагрівається та має достатньо тривалий термін використання.

Джерело світла для оптоволокна являється LED через свою довгу тривалість роботи та стійкість до зміни температур. Розрахунки показали, що для освітлення даного майданчика можна використати LED проєктор на 16W. З кольоровою температурою в 600K, що достатньо при створенні комфортних зорових для дітей на майданчику. Однак індустрія розвивається, і на ринок виходить інноваційна технологія OLED [10], яка у порівнянні з іншими системами не вимагають фонового підсвічування, тому вони можуть відображати глибокі чорні кольори, використавши набагато менше енергії [11]. Також варто не виключати можливість використання лазерів, які останнім часом стали більш доступними для придбання. Переваги їх з точки зору інтенсивності не підлягають сумніву.

Для створення освітлення вже існуючого поля були поєднані дві системи освітлення чотирьох щогл та лінійна. В якостях щогл використовується вже існуючий паркан, висота якого дозволяє розмістити невеличкі прожектори при цьому не порушуючи норми освітлення полів. Як джерела світла були обрані світлодіодні прожектори, які мають низьку вартість, легкі у монтуванні та експлуатаційні, а також можуть бути замінені на прожектори з сонячною панеллю (рис. 5).



Рис. 5. Запропонована візуалізація освітлення

Лінійне освітлення було створено з допомогою використання як торцевого, так і бічного оптоволокна для створення задовільненого рівня освітленості.

Висновки. Розроблена система освітлення спортивного дитячого комплексів використовуючи технологію оптоволокна та світлодіодних джерел світла. Проведені дослідження проходження декількох видів світлових хвиль від різних за природою джерел світла через оптоволокно діаметр якого знаходиться в певному діапазоні. Виявлено що інтенсивність світіння по всій довжині оптоволокна є рівномірною, яскравість та кольорова

температура джерела світла залишається без змін при проходженні оптоволоконом. Запропонована методика освітлення спортивних майданчиків дозволить розв'язати питання фізичного виховання молоді оскільки збільшить час експлуатації стадіонів в темну пору доби. Розроблена система є найбільш енергоефективною та екологічною безпечною з урахуванням розміщення поля біля житлових будинків.

References

1. Charles Uzoanya Ndujiuba, Samuel Ndueso John, Kayode Onasoga (2014). Optic Fibericity – The New Era Lighting. *International Journal of Energy Engineering*. 2014. P. 71.
2. Chong, K. K. and Wong, C. W. (2009). General formula for on-axis sun tracking system and its application in improving tracking accuracy of solar collector. *Solar Energy*, Vol. 83, No. 3, P. 298–305.
3. Couture, P., Nabbus, H., Al-Azzawi, A., Havelock, M. (2011). Improving passive solar collector for fiber optic lighting. In: *Proceedings of the IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC '11)*, P. 68–73.
4. Gude, V. G., Nirmalakhandan, N., Deng, S., Maganti, A. (2014). Low temperature desalination using solar collectors augmented by thermal energy storage. *Applied Energy*, Vol. 91, No. 1, P. 466–474.
5. Xue, X., Zheng, H., Su, Y., Kang, H. (2011). Study of a novel sunlight concentrating and optical fibre guiding system. *Solar Energy*, Vol. 85, No. 7, P. 1364–1370.
6. Ullah, I. and Shin, S. (2014). Highly concentrated optical fiber-based daylighting systems for multi-floor office buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 72, P. 246–261.
7. Lyashenko, O. M., Vasylyeva, Yu. O. (2015). Metodichni vkazivky do praktychnykh znan i samostiynoyi roboty z dystsypliny [Methodical instructions to practical knowledge and independent work on discipline]. *Комп'ютерне проектування освітлення спортивних споруд = Computer-aided design of sports facilities lighting*, Kharkiv, P. 7–10 [in Ukrainian].
8. DBN V.25.5-28:2018. Pryrodne i shtuchne osvittlenia [Natural and artificial lighting]. P. 79 [in Ukrainian].
9. Boldyrev, A. A., Komar, V. O. Dotsilnist vykorystannia soniachnykh panelei perevahy ta nedoliky [The feasibility of using solar panels advantages and disadvantages]. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/28772/8993.pdf?sequence=3&isAllowed=y> [in Ukrainian].
10. Vasyliiev, O. OLED: zatyshshia pered ryvkom? [OLED: calm before the jerk?]. URL: <https://www.elec.ru/articles/oled-zatishe-pered-ryvkom/> [in Ukrainian].

Література

1. Charles Uzoanya Ndujiuba, Samuel Ndueso John, Kayode Onasoga. Optic Fibericity – The New Era Lighting. *International Journal of Energy Engineering*. 2014. P. 71.
2. Chong K. K. and Wong C. W. General formula for on-axis sun tracking system and its application in improving tracking accuracy of solar collector. *Solar Energy*. 2009. Vol. 83, No. 3. P. 298–305.
3. Couture P., Nabbus H., Al-Azzawi A., Havelock M. Improving passive solar collector for fiber optic lighting. In: *Proceedings of the IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC '11)*. 2011. P. 68–73.
4. Gude V. G., Nirmalakhandan N., Deng S., Maganti A. Low temperature desalination using solar collectors augmented by thermal energy storage. *Applied Energy*. 2014. Vol. 91, No. 1. P. 466–474.
5. Xue X., Zheng H., Su Y., Kang H. Study of a novel sunlight concentrating and optical fibre guiding system. *Solar Energy*. 2011. Vol. 85, No. 7. P. 1364–1370.
6. Ullah I. and Shin S. Highly concentrated optical fiber-based daylighting systems for multi-floor office buildings. *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 72. P. 246–261.
7. Ляшенко О. М., Васильєва Ю. О. Методичні вказівки до практичних знань і самостійної роботи з дисципліни. *Комп'ютерне проектування освітлення спортивних споруд*. Харків, 2015. С. 7–10.
8. ДБН В.25.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. С. 79.
9. Болдирев А. А., Комар В. О. Доцільність використання сонячних панелей переваги та недоліки. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/28772/8993.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
10. Васильєв О. OLED: затишшя перед ривком? URL: <https://www.elec.ru/articles/oled-zatishe-pered-ryvkom/>

11. Ivanova, M., Oleinikova, I., Zaika, N., Slitiuk, O. (2021). Vykorystannia oled tekhnolohii u dyzaini [Use of oled technology in design]. *Aktualni problemy suchasnoho dyzainu = Current issues of modern design*, P. 158–159 [in Ukrainian].

11. Іванова М., Олейнікова І., Заїка Н., Слітюк О. Використання oled технологій у дизайні. *Актуальні проблеми сучасного дизайну*. 2021. С. 158–159.

YATSENKO ALINA

Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1422-3796>
e-mail: atsenkoalina@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

ЯЦЕНКО А. С., ОЛЕЙНИКОВА И. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТОВОЛОКНА КАК СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ОБЩЕГО
ВНЕШНЕГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО УРОВНЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

Цель. Разработать новую систему освещения спортивных детских комплексов. Введение разработанной технологии позволит улучшить состояние освещенности уличных спортивных площадок без создания светового загрязнения и увеличения дополнительных энергоэффективных расходов.

Методика. Комбинированная методика технологии использования двух типов источников света, а именно: маломощных светодиодных прожекторов и оптоволокну с единственным источником света позволяет создать энергоэффективную систему освещения полей. Предложенное решение может быть использовано для полного освещения уличных детских комплексов. Подбор параметров системы освещения осуществлялся на примере реального спортивно-детского комплекса.

Результаты. Выполненные измерения реальных параметров существующей спортивной площадки и учета его геометрии позволило нам рассчитать световые параметры источников света, подобрать соответствующие материалы и создать полную модель освещения. Разработана новая технология освещения спортивно-детских комплексов, улучшен уровень освещения спортивных сооружений без создания светового загрязнения.

Научная новизна. Впервые было предложено комбинированную технологию освещения спортивно-детских площадок с помощью использования оптоволокну и светодиодных прожекторов. Введение разработанной технологии позволит улучшить состояние освещенности подобных сооружений без создания лишней световой нагрузки на жителей, находящихся рядом с площадкой. При этом такое освещение не приведет к увеличению дополнительных энергетических затрат.

Практическая значимость. На сегодняшний момент большинство уличных спортивно-развлекательных площадок лишены всякого освещения. Предложенное комплексное решение может использоваться в любой уже существующей системе освещения полей. Она является наиболее эффективной и электрически безопасной поскольку оптоволокну проводит не электрический ток, а свет. Сам источник света может быть расположен удаленно в защищенном от вандалов месте.

Ключевые слова: спортивные площадки; спорт; уличное освещение; оптоволокну; светодиодные источники света; стадион.

YATSENKO A. S., OLENIKOVA I. V.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**USING OPTIC FIBER AS PART OF GENERAL AMBIENT LIGHTING
TO MAXIMIZE ENERGY EFFICIENCY**

Purpose. *To develop a new lighting system for children's sports complexes. The introduction of the developed technology will improve the state of illumination of outdoor sports grounds without creating light pollution and increasing additional energy-efficient costs.*

Methodology. *The combined technique of the technology of using two types of light sources, namely: low-power LED floodlights and optical fiber with a single light source, allows you to create an energy-efficient field illumination system. The proposed solution can be used for full illumination of street children's complexes. The selection of the parameters of the lighting system was carried out on the example of a real sports and children's complex.*

Findings. *The performed measurements of the real parameters of the existing sports ground and taking into account its geometry allowed us to calculate the light parameters of light sources, select the appropriate materials and create a complete lighting model. A new lighting technology for sports and children's complexes has been developed, the level of lighting of sports facilities has been improved without creating light pollution.*

Originality. *For the first time, a combined technology of illumination of sports and children's playgrounds was proposed using optical fiber and LED floodlights. The introduction of the developed technology will improve the state of illumination of such structures without creating an unnecessary light load on residents who are near the site. Moreover, such lighting will not lead to an increase in additional energy costs.*

Practical value. *Today, most outdoor sports and entertainment venues are devoid of any lighting. The proposed complex solution can be used in any existing field lighting system. It is the most efficient and electrically safe because the optical fiber does not conduct electricity, but light. The light source itself can be located remotely and protected from vandals.*

Keywords: *sports grounds; sports; street lighting; fiber optic; LED light sources; stadium.*