

УДК 685.34:687.016:796.06

TECHNOLOGICAL ADAPTATION OF REFLECTIVE MATERIALS IN THE SYSTEM OF CONTEMPORARY FOOTWEAR DESIGN

ТЕХНОЛОГІЧНА АДАПТАЦІЯ СВІТЛОВІДБИВНИХ МАТЕРІАЛІВ У СИСТЕМІ СУЧАСНОГО ВЗУТТЄВОГО ДИЗАЙНУ

Kernesh V.P./Кернеш В.П.*Lecturer of Fashion Technologies department, KNUTD, PhD. /**доцент кафедри Технології моди КНУТД, к.т.н.**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0572-4107>***Kuzina N.V./Кузіна Н.В.***Postgrad, Dept. of Fashion Tech. /аспірантка кафедри технології моди.**ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2586-3762>***Dubrovina M.V./Дубровина М.В.***Grad. Stud., Dept. of Fashion Tech. /магістрант кафедри технології моди.**Kyiv National University of Technologies and Design/**Київський національний університет технологій та дизайну,**Ukraine /Україна*

Анотація. У статті розглянуто технічні аспекти впровадження світловідбивних елементів у конструкцію сучасного взуття. Проаналізовано раціональні зони їх розміщення з урахуванням конструкції виробу та умов видимості у темний час доби. Визначено основні типи матеріалів і технологічних рішень, що забезпечують надійну фіксацію та довговічність відбиваючих компонентів без погіршення ергономічних характеристик виробу. Оцінено вплив світловідбивних елементів на масу, гнучкість і експлуатаційні властивості взуття, а також окреслено перспективи застосування LED-технологій у комбінації з пасивними матеріалами.

Ключові слова: світловідбивні елементи, дизайн взуття, технології, візуальна безпека, інноваційні матеріали, урбаністичне середовище, технології видимості.

Abstract. The article examines the technical aspects of implementing reflective elements in the design of modern footwear. Rational zones for their placement are analyzed, taking into account the structure of the product and visibility conditions in low-light environments. The main types of materials and technological solutions ensuring reliable fixation and durability of reflective components without compromising the ergonomic characteristics of the product are identified. The influence of reflective elements on the weight, flexibility, and operational properties of footwear is evaluated, and the prospects for integrating LED technologies in combination with passive materials are outlined.

Keywords: reflective elements, footwear design, technologies, safety, innovative materials, LED systems.

Вступ.

Розвиток технологій у сфері дизайну взуття зумовлює необхідність поєднання естетики з безпекою користувача, особливо у міських умовах, де пішоходи, велосипедисти та користувачі персонального транспорту часто пересуваються в умовах недостатнього освітлення. Світловідбивні елементи (рефлективи) відіграють важливу роль у підвищенні пасивної видимості

людини, перетворюючись на засіб візуальної комунікації між пішоходом і водієм. Для досягнення максимального ефекту відбиття необхідно не лише вибрати відповідний матеріал, а й визначити оптимальні ділянки розміщення, забезпечити технологічну сумісність із конструкцією взуття та зберегти його експлуатаційні властивості[1].

Методи досліджень. У статті використано комплексний підхід, що поєднує аналітичні, експериментальні, матеріалознавчі та порівняльні методи.

Основний текст.

Технічна інтеграція світловідбивних елементів у конструкцію взуття потребує комплексного підходу, який враховує особливості виробничих процесів, властивості матеріалів та експлуатаційні умови готового виробу. При розробці таких моделей важливо не лише забезпечити високу видимість користувача, а й зберегти ергономічність, комфорт і довговічність взуття. Рациональне розміщення світловідбивних деталей визначається біомеханікою руху стопи та особливостями сприйняття світла у темний час доби. Найдоцільніше розташовувати рефлексиви в передній (носковій), боковій (берці) і п'ятковій частинах, які утворюють найбільший кут відбиття у напрямку фар автомобіля. Ці зони під час ходи або бігу перебувають у постійному русі, що створює ефект «пульсації» відблиску, підсилюючи динамічну видимість людини[2].

З технологічного погляду інтеграція таких елементів можлива без суттєвих змін у традиційному процесі виготовлення взуття. Зокрема, термотрансферні плівки або стрічки можуть наноситися на стадії оздоблення верху взуття — після крою, але до остаточного складання. Вони не потребують додаткових швів і можуть поєднуватися з традиційними текстильними або синтетичними матеріалами. Пришивні або накладні панелі з рефлексивної тканини чи гнучкого пластику легко інтегруються у конструкцію за допомогою швейних машин, не потребуючи спеціалізованого обладнання. Такий підхід зберігає міцність швів і дозволяє створювати знімні елементи для сезонного використання або брендової персоналізації (рис.1.)[3].



Рисунок 1- Схема технічної інтеграції світловідбивних елементів у конструкцію взуття

Для масового виробництва особливо ефективним є метод інтеграції світловідбивних мікрогранул у полімерну масу (EVA) під час лиття підшви або зовнішнього задника. Це дозволяє отримати матеріал із вбудованими відбиваючими властивостями без потреби у додатковому кріпленні. Таке рішення забезпечує високу стійкість до стирання, вологості та механічних навантажень, що є важливим для дитячого, робочого чи туристичного взуття.

З ергономічного боку пасивні технології (тканинні, плівкові, полімерні) практично не впливають на масу виробу — збільшення не перевищує 3–5%, а гнучкість конструкції залишається на рівні стандартних моделей. Натомість LED-системи, хоча й забезпечують максимальну видимість (до 500 м), вимагають складнішої конструкції: герметизації електронних модулів, встановлення акумуляторів, кабелів і контролерів. Це ускладнює процес складання та збільшує вагу взуття на 70–100 грамів на пару, тому такі рішення доречні переважно у fashion-сегменті або демонстраційних колекціях.

Перспективним напрямом є розробка гібридних систем, які поєднують пасивну ретрорефлексію з люмінесцентними або наноструктурними покриттями. Такі матеріали можуть забезпечувати ефект накопичення світла без потреби у джерелах живлення, що відповідає сучасним тенденціям енергоефективності та екологічності. Зокрема, застосування біорозкладних полімерів з мікрогранулами TiO_2 або Al_2O_3 відкриває можливість виробництва екомоделей з тривалим терміном служби та мінімальним впливом на довкілля (табл.1.) [3-4].

Таблиця 1: Технічні параметри інтеграції світловідбивних технологій у конструкцію взуття [2-5]

Тип технології та матеріал	Технічні характеристики (метод, параметри, умови)	Основні переваги / недоліки та сфера застосування
Термотрансферні плівки (ЗМ™, ПУ/ПЕТ, 0,15–0,25 мм)	Нанесення під тиском 150–170°C протягом 15–20 с; коеф. відбиття 400–500 cd/lx·m²; вплив на масу +2–3%; температурна стійкість –20...+80°C	+ Висока гнучкість, легкість; не потребує швів; – Середня зносостійкість. Застосування: спортивне, міське взуття
Пришивні панелі (поліестер/нейлон, 0,4–0,6 мм)	Стандартне машинне шиття (голка №110–120); коеф. відбиття 300–450; вплив на масу +4–5%; температурна стійкість –30...+90°C	+ Міцність, довговічність; – Потрібна обробка швів. Застосування: туристичне, дитяче, робоче взуття
Модульні елементи (липучки, магніти, пластик/тканина, 1–2 мм)	Механічне кріплення або фіксація магнітом; коеф. відбиття 250–400; вплив на масу +3–4%; температурна стійкість –20...+60°C	+ Знімність, легка заміна; – Менша довговічність фіксації. Застосування: адаптивне, сезонне взуття
Інтегровані полімери (TPU/EVA з TiO₂, Al₂O₃, шар 2–4 мм)	Лиття під тиском при 160–180°C; коеф. відбиття 200–350; вплив на масу +1–2%; температурна стійкість –40...+100°C	+ Висока стійкість до стирання, вологості; – Неможливість ремонту. Застосування: робоче, дитяче, outdoor
LED-система (гнучка плата + LED-діоди)	Вбудована конструкція з живленням Li-ion 3,7В; активне світіння до 500 м; вплив на масу +8–10%; температурна стійкість –10...+50°C	+ Максимальна видимість, ефектність; – Підвищена вага, складність обслуговування. Застосування: fashion, демонстраційні колекції
Тип технології та матеріал	Технічні характеристики (метод, параметри, умови)	Основні переваги / недоліки та сфера застосування

Впровадження світловідбивних елементів у сучасне взуття не лише узгоджується з існуючими технологічними процесами, а й стимулює їх подальшу модернізацію. Завдяки адаптації матеріалів, удосконаленню методів кріплення та оптимізації конструкції можливо створювати вироби, які одночасно відповідають критеріям безпеки, комфорту, естетики та інноваційності.

Висновок.

Проведений аналіз доказує, що технічна інтеграція світловідбивних елементів у конструкцію взуття є ефективним способом підвищення безпеки користувачів без шкоди для ергономічності та комфорту виробу. Застосування термотрансферних плівок, пришивних панелей, модульних елементів і полімерів із ретрорефлективними домішками дозволяє адаптувати технологію до різних типів взуття — від спортивного до робочого. Пасивні рішення (тканини, плівки, полімери) демонструють мінімальний вплив на масу та гнучкість, тоді як LED-системи потребують точкової інтеграції через складність конструкції. Перспективним напрямом є розробка гібридних систем на основі біополімерів і нанопокриттів, що поєднують енергоефективність, довговічність і екологічність, сприяючи створенню інноваційного та безпечного взуття нового покоління.

Література.

1.Дзикович Т., Галавська Л., Діденко А., Олефіренко С. Світловідбиваючий одяг – мода та безпека. // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного дизайну» (Київ, КНУТД, 25 квітня 2024 р.). – Київ: Київський національний університет технологій та дизайну, 2024.

2.Стандарти сертифікації світловідбивних матеріалів в Україні. // Замки, відпочинок, подорожі по Україні, 2020. – URL: <https://clipr.cc/9YnPF> (дата звернення: 24.10.2025).

3.Costello T. M., Wogalter M. S. Reflective trim on clothing: Desirability

indicated by purchase. // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. – 2007. – Vol. 51, No. 20. – P. 1340–1343

4. Cherunova I., Park Y., Yoon H. Development of infrared reflective textiles and simulation of infrared camouflage performance. // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, No. 6. – Art. 4043. – MDPI. – DOI: <https://doi.org/10.3390/app13064043>

5. Agresta C., Brown A. M., Gough V., Nunns M., Dixon S. J. Running injury paradigms and their influence on footwear design. // Frontiers in Sports and Active Living. – 2022. – Vol. 4. – Art. 871870. – DOI: <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.871870>