

УДК 687.01:004.8

DOI <https://doi.org/10.32782/uad.2026.1.20>**Люклян Надія Романівна,**

аспірант, асистент кафедри мистецтва та дизайну костюма  
Київського національного університету технологій та дизайну  
ORCID ID: 0000-0001-9598-8119  
n.r.lyuklyan@gmail.com

**Пашкевич Калина Лівіанівна,**

доктор технічних наук, декан факультету дизайну,  
професор кафедри мистецтва та дизайну костюма  
Київського національного університету технологій та дизайну  
ORCID ID: 0000-0001-6760-3728  
pashkevich.kl@knutd.edu.ua

## СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ДИЗАЙНУ СМАРТОДЯГУ

*Стаття присвячена дослідженню сучасних інноваційних рішень комплексного дизайну смартодягу з урахуванням естетичних, ергономічних, конструктивних і безпекових характеристик виробу. У роботі сформульовано критерії оцінювання взаємозв'язку естетичних та ергономічних характеристик смартодягу, зокрема забезпечення комфорту і свободи рухів за умови гармонійності форми, пропорційності та анатомічної відповідності силуету, збалансованості технологічних і декоративних елементів, цілісності художнього образу виробу, а також інтуїтивності та зрозумілості використання його функціональних складових. Оцінювання відповідності виробів конструктивним і безпековим характеристикам охоплює надійність і міцність конструктивних рішень, оптимальне розташування технологічних елементів з урахуванням анатомічних особливостей користувача, захист електронних компонентів, стійкість виробу до експлуатаційних і кліматичних впливів, відповідність сучасним стандартам безпеки матеріалів і технологій, а також захист даних і бездротового зв'язку. Узгодженість конструктивних характеристик з естетичними аналізується через забезпечення цілісності художнього образу виробу, баланс між візуальною присутністю технологічних елементів та естетичною привабливістю, а також гармонію пропорцій і деталей у масштабі виробу. Теоретичні положення підтверджуються аналізом сучасних прикладів, у яких технологічні компоненти інтегруються безпосередньо в текстиль і шви за допомогою гнучких сенсорів, провідних ниток і мініатюрних модулів, а також застосовуються інноваційні матеріали зі змінними властивостями, зокрема формою, кольором або термочутливими мембранами. Отримані результати можуть бути використані у наукових дослідженнях, освітньому процесі та практичній діяльності з проєктування смартодягу з метою підвищення його споживчої цінності, ергономічної якості, функціональної ефективності та конкурентоспроможності на ринку.*

**Ключові слова:** *смарттехнології, смартодяг, інноваційні тканини, дизайн одягу, чоловічий та жіночий одяг, мода.*

### **Liuklian Nadiia, Pashkevych Kalyna. CONTEMPORARY INNOVATIVE SOLUTIONS FOR INTEGRATED SMART CLOTHING DESIGN**

*The article is devoted to the study of contemporary solutions in integrated smart clothing design, taking into account the aesthetic, ergonomic, structural, and safety characteristics of the product. The paper formulates criteria for evaluating the interrelation between the aesthetic and ergonomic characteristics of smart clothing, including the provision of comfort and freedom of movement while maintaining harmonious form, proportionality, and anatomical conformity of the silhouette, balanced integration of technological and decorative elements, integrity of the artistic image of the product, as well as intuitiveness and clarity in the use of its functional components. The assessment of compliance with structural and safety characteristics encompasses the reliability and durability of structural solutions, optimal placement of technological elements considering the anatomical characteristics of the user, protection of electronic components, resistance to operational and climatic influences, compliance with contemporary safety standards for materials and technologies, as well as data protection and wireless communication security. The consistency of structural characteristics with aesthetic aspects is analyzed through*

*ensuring the integrity of the artistic image of the product, maintaining a balance between the visual presence of technological elements and aesthetic appeal, and achieving harmony of proportions and details at the scale of the product. The theoretical provisions are supported by an analysis of contemporary examples in which technological components are integrated directly into textiles and seams using flexible sensors, conductive threads, and miniature modules, as well as by the application of innovative materials with variable properties, including shape, color, or thermoresponsive membranes. The obtained results may be applied in scientific research, educational processes, and practical smart clothing design activities aimed at enhancing consumer value, ergonomic quality, functional efficiency, and market competitiveness.*

**Key words:** *smart technologies, smart clothing, innovative textiles, clothing design, menswear and womenswear, fashion.*

**Вступ.** Якість і функціональність сучасних продуктів визначаються їх здатністю задовольняти потреби користувача, а також забезпечувати надійність і довговічність під час експлуатації. Розробка продукту в дизайні ґрунтується на взаємоз'язку естетичних, ергономічних, безпекових та конструктивних характеристик. Зокрема, естетичні характеристики формують сприйняття виробу користувачем, визначають його привабливість, рівень задоволення та емоційний вплив. Ергономічні характеристики, у свою чергу, описують взаємодію користувача з виробом, забезпечують комфорт, зручність і відповідність фізіологічним потребам людини. Безпекові характеристики підтримують експлуатацію продукту без ризику травм для користувача та шкоди довкіллю, а конструктивні – визначають основну структуру виробу та параметри, які забезпечують виконання його функцій і досягнення ключових експлуатаційних показників [1]. Важливим аспектом проектування є узгодженість усіх характеристик, за якої жодна з них не знижує ефективність іншої. Зокрема, ергономічність не повинна погіршувати естетичні характеристики виробу, технологічні елементи не мають знижувати рівень безпеки, а конструкція повинна одночасно забезпечувати як функціональність, так і привабливий зовнішній вигляд.

З огляду на сучасний етап розвитку дизайну продуктів, що характеризується активною інтеграцією цифрових і смарт-технологій у повсякденні вироби, особливо актуальним стає питання узгодження традиційного дизайну із технологічними інноваціями. У цьому контексті смартодяг постає як один із найбільш показових прикладів,

у якому технологічна складова часто створює певні обмеження для поєднання естетичних та інших характеристик виробу. Через це дизайнери стикаються з необхідністю балансувати між функціональністю та привабливим зовнішнім виглядом, що іноді ускладнює створення гармонійного і комфортного продукту. Саме тому важливо застосовувати комплексний підхід до проектування смартодягу, який передбачає одночасне врахування естетичних, ергономічних, конструктивних і безпекових характеристик виробу.

**Матеріали та методи.** Методологія дослідження ґрунтується на аналітичному та системному підходах до оцінювання смартодягу як об'єкта комплексного дизайну. Смартодяг розглядається як цілісний продукт, у якому естетичні, ергономічні, безпекові та конструктивні характеристики взаємодіють між собою та визначають загальну якість виробу.

На першому етапі дослідження було визначено критерії оцінки якості смартодягу шляхом систематизації ключових його характеристик у взаємопов'язані групи. Запропоновані критерії дозволили оцінювати рівень збалансованості між зовнішньою привабливістю, комфортністю використання, безпекою та функціональною доцільністю виробів.

Другий етап передбачав аналіз сучасних розробок смартодягу, створених у період з 2021 до 2025 року. Оцінювання здійснювалося відповідно до визначених критеріїв з метою виявлення зразків смартодягу, які найбільш повно відповідають вимогам комплексного дизайну.

**Результати.** Для визначення сучасних рішень, що застосовуються для розв'язання проблем комплексного дизайну смартодягу, доцільно об'єднати ключові характеристики

виробу у взаємопов'язані групи: естетичні та ергономічні, конструктивні та безпекові, а також естетичні та конструктивні.

Узгодження естетичних та ергономічних характеристик є одним із ключових аспектів дизайну смартодягу, де естетичні характеристики визначають загальне сприйняття виробу користувачем та формуються через гармонійність композиційних і кольорових рішень моделі, узгодженість форм та пропорцій її складових [2–3]. Ергономічні характеристики, у свою чергу, відповідають за комфорт та зручність носіння, свободу рухів, правильне розташування технологічних елементів та адаптацію виробу до анатомічних особливостей тіла [4]. До критеріїв оцінки якості поєднання естетичних та ергономічних характеристик смартодягу можна віднести:

– *збереження комфорту та свободи рухів при гармонійності форми* – виріб забезпечує ергономічну посадку і одночасно виглядає естетично та привабливо;

– *пропорційність та анатомічна відповідність* – форма виробу відповідає фізіологічним особливостям користувача, підкреслює силует та не створює дискомфорт;

– *баланс технологічних та декоративних елементів* – сенсори, модулі та декоративні деталі інтегровані так, щоб підтримувати загальну естетику та не обмежувати свободу рухів і комфорт користувача;

– *естетична цілісність виробу* – кольорові рішення, фактура та композиція деталей узгоджені з ергономічними характеристиками, створюють приємне візуальне та тактильне сприйняття;

– *інтуїтивність та зрозумілість використання* – користувач легко орієнтується у функціональних елементах виробу, при цьому цілісність дизайну не порушується.

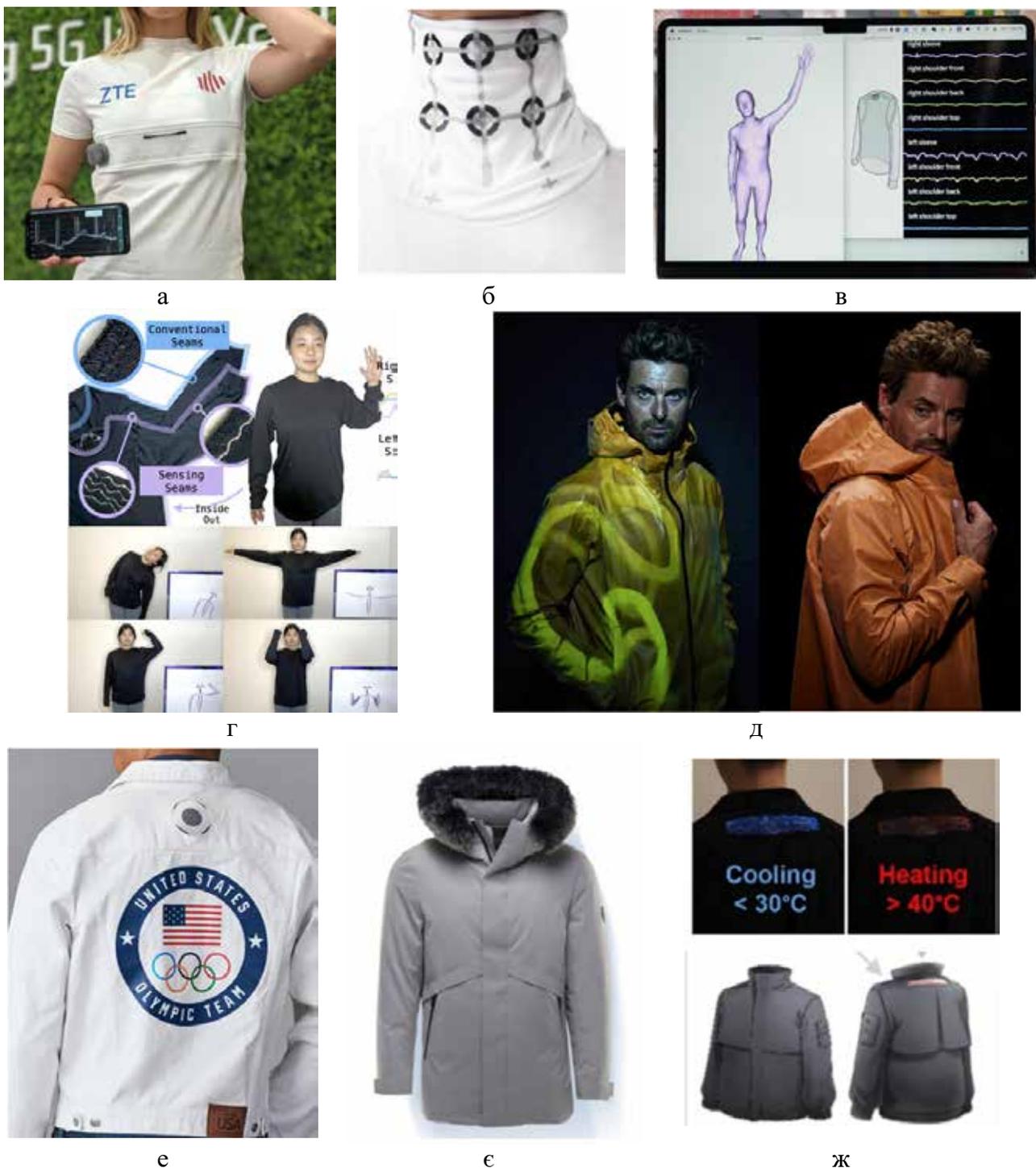
Яскравими прикладами, у яких вдало поєднані естетичні та ергономічні характеристики є смартфутболка YouCare компанії ZTE Corporation для виявлення ключових біопоказників тіла людини (рис. 1 а) [5] та піжама для моніторингу сну, розроблена науковцями з University of Cambridge (рис. 1 б) [6]. У смартфутболці полімерні

сенсори інтегровані в текстильний матеріал, що дозволяє забезпечувати свободу рухів користувача, зберігає пропорційний і гармонійний силует, а мініатюрний блок для збору даних розміщений у центральній вставці передньої частини виробу надає інтуїтивне й зрозуміле користування. Натомість у піжамі датчики деформації інтегровані у комір, повторюють анатомічні контури шиї й вдало поєднуються з формою та матеріалом виробу, підтримуючи як комфорт та естетичну цілісність дизайну.

Ще доцільними прикладами гармонійного поєднання естетичних та ергономічних характеристик є розробки дослідників з Cornell University: футболка з моделлю штучного інтелекту (рис. 1 в) [7] та сорочка з технологією SeamPose для відстеження пози користувача у верхній частині тіла (рис. 1 г) [8]. У смартфутболці сенсорні провідні нитки інтегровані в шви горловини, рукавів і бокових частин, а у сорочці SeamPose струмопровідні шви розташовані вздовж конструктивних ліній плечей і рукавів, що дозволяє зберегти вигляд традиційних трикотажних виробів, забезпечити комфорт, свободу рухів та анатомічну відповідність без візуального перевантаження технологічними елементами.

Естетичні характеристики куртки Firefly Jacket бренду Vollebak (рис. 1 д) [9] формується через динамічну зміну кольорів залежно від умов освітлення завдяки поєднанню флуоресцентної та фосфоресцентної мембран. Водночас багат шарова структура тканини забезпечує водонепроникність і вітростійкість, що підвищує ергономічну придатність виробу для тривалого носіння в різних погодних умовах.

Також слід виділити приклади у категорії виробів, які підтримують контроль температури тіла та інтелектуальне управління мікрокліматом: смарткуртки RL Cooling компанії Ralph Lauren (рис. 1 е) [10], Heptathlon Black Technology Down Jacket виробника Sundance (рис. 1 є) [11] та смарткуртку дослідників з American Chemical Society та Laboratory for Artificial Intelligence in Design under InnoHK Research Clusters



**Рис. 1. Приклади смартрозробок з узгодженістю естетичних та ергономічних характеристик:**  
 а – футболка YouCare компанії ZTE Corporation (Гонконг та Шеньчжен, Китай) та партнерів з Італії та Ізраїлю, червень 2021 р.; б – піжама для моніторингу сну, University of Cambridge (Кембридж, Велика Британія), лютий 2025 р.; в – футболка з моделлю ШІ, Cornell University (Ітаці, США), квітень 2025 р.; г – сорочка з технологією SeamPose, Cornell University (Ітаці, США), жовтень 2024 р.; д – куртка Firefly Jacket зі зміною кольору, Vollebak (Лондон, Велика Британія), березень 2024 р.; е – куртка із системою охолодження температури RL Cooling компанії Ralph Lauren (Нью-Йорк, США), липень 2021 р.; є – смарткуртка Sundance Heptathlon Black Technology з підгрівом, функцією масажу та зарядки гаджетів, Sundance (Китай), грудень 2022 р.; ж – смарткуртка з технологією ШІ, American Chemical Society (США), Laboratory for Artificial Intelligence in Design under InnoHK Research Clusters (Гонконг, Китай), лютий 2025 р.

(рис. 1 ж) [12]. Технологічні елементи цих виробів інтегровані безпосередньо у крій і текстильні матеріали, при цьому зовнішньо вони можуть бути помітними, однак завдяки пропорційним розмірам, продуманому розташуванню та вдало підібраній кольоровій гамі всі компоненти гармонійно вписані в загальний дизайн. Функціональні модулі курток забезпечують інтуїтивне та зрозуміле використання та не створюють дискомфорт для користувача.

Конструктивні та безпекові характеристики смартодягу є тісно пов'язаними, оскільки правильне конструктивне рішення виробу безпосередньо впливає на захист користувача та надійність його функціонування. Конструкція визначає розташування технологічних елементів, форму та міцність виробу, способи кріплення сенсорів та модулів живлення, а безпекові характеристики забезпечують захист від фізичних ризиків (травмування, опіків, подразнень) та цифрових загроз, зокрема втрати або неконтрольованого доступу до даних, які збирають сенсори [4]. Основними критеріями оцінки узгодження конструктивних та безпекових характеристик смартодягу є:

– *надійність та міцність конструкції* – шви, кріплення, модулі та сенсори витриму-

ють розтягнення, згинання та повторні навантаження, не створюючи ризику пошкодження або травмування користувача;

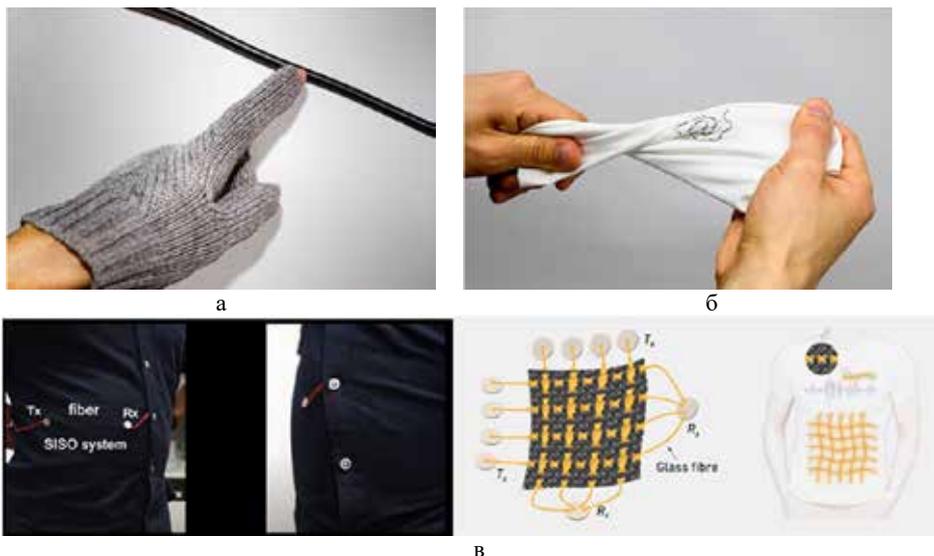
– *правильне розташування технологічних елементів* – батареї, сенсори, дроти та інші компоненти не створюють точок тиску, ризику опіків або подразнень, враховуються анатомічні особливості користувача;

– *захист електронних компонентів і стійкість до експлуатаційних умов* – ізоляція та захист від вологи, ударів, механічних пошкоджень, перегріву, коротких замикань; компоненти зберігають безпечність і функціональність у різних температурах, вологості та під час активного використання;

– *відповідність стандартам безпеки матеріалів і технологій* – використані тканини та електронні компоненти сертифіковані, безпечні для шкіри та здоров'я користувача;

– *захист даних і бездротового зв'язку* – надійне збирання, збереження та передача інформації зі сенсорів, запобігання втраті або несанкціонованому доступу до даних.

До прикладів узгодження конструктивних та безпекових характеристик належать розробки дослідників з Purdue University: безбатарейна захисна рукавичка для безпеки під час роботи з електрикою (рис. 2 а)



**Рис. 2.** Приклади смартрозробок з узгодженістю конструктивних та безпекових характеристик: технологія бездротового живлення Purdue University (Вест-Лафайетт, США): а – рукавичка для безпеки при роботі з електрикою, б – пов'язка із системою кардіомоніторингу; в – футболка, що використовує звукові хвилі для вимірювання дотику, тиску та руху користувача, ETH Zurich (Цюрих, Швейцарія)

та текстильна пов'язка з системою кардіомоніторингу (рис. 2 б) [13]. Використання бездротового живлення від Wi-Fi/радіохвиль усуває потребу в батареях, зменшуючи ризик перегріву, коротких замикань і механічного пошкодження. Захист електроніки від вологи та зносу гарантується ультрагідрофобним покриттям, а передача біометричних даних здійснюється через стабільні бездротові канали з мінімізацією втрат і ризиків несанкціонованого доступу.

Ще одним прикладом є футболка компанії ETH Zurich (рис. 2 в) [14] з матеріалу SonoTextile, що використовує звукові хвилі для вимірювання дотику, тиску та руху користувача. Вплетені у тканину мікроскопічні скляні волокна забезпечують міцність і гнучкість конструкції, не створюють точок тиску чи ризику подразнень, зберігають функціональність під час деформацій і активного використання, а бездротова передача даних у реальному часі підтримує надійний та безпечний збір і обробку інформації.

У смартодязі естетичні та конструктивні характеристики формують основу зрозумілого візуального та функціонального сприйняття виробу користувачем. Конструктивні рішення визначають розташування технологічних елементів, форму та міцність виробу, а естетичні характеристики підкреслюють доречність цих елементів у загальному образі. У результаті досягається цілісність виробу, гармонійність силуету та пропорцій, а також зрозумілість його функціонального наповнення [4]. До критеріїв оцінки взаємозв'язку конструкції та естетичних характеристик смартодязу можна віднести:

– *цілісність образу через конструктивні рішення* – елементи конструкції (шви, кріплення, модулі) органічно вписані в загальний дизайн виробу, підтримуючи стильовий образ;

– *баланс між видимістю технологічних елементів і естетичною привабливістю* – сенсори та модулі видно лише там, де це доречно для сприйняття функцій або стилю, не порушуючи цілісності образу;

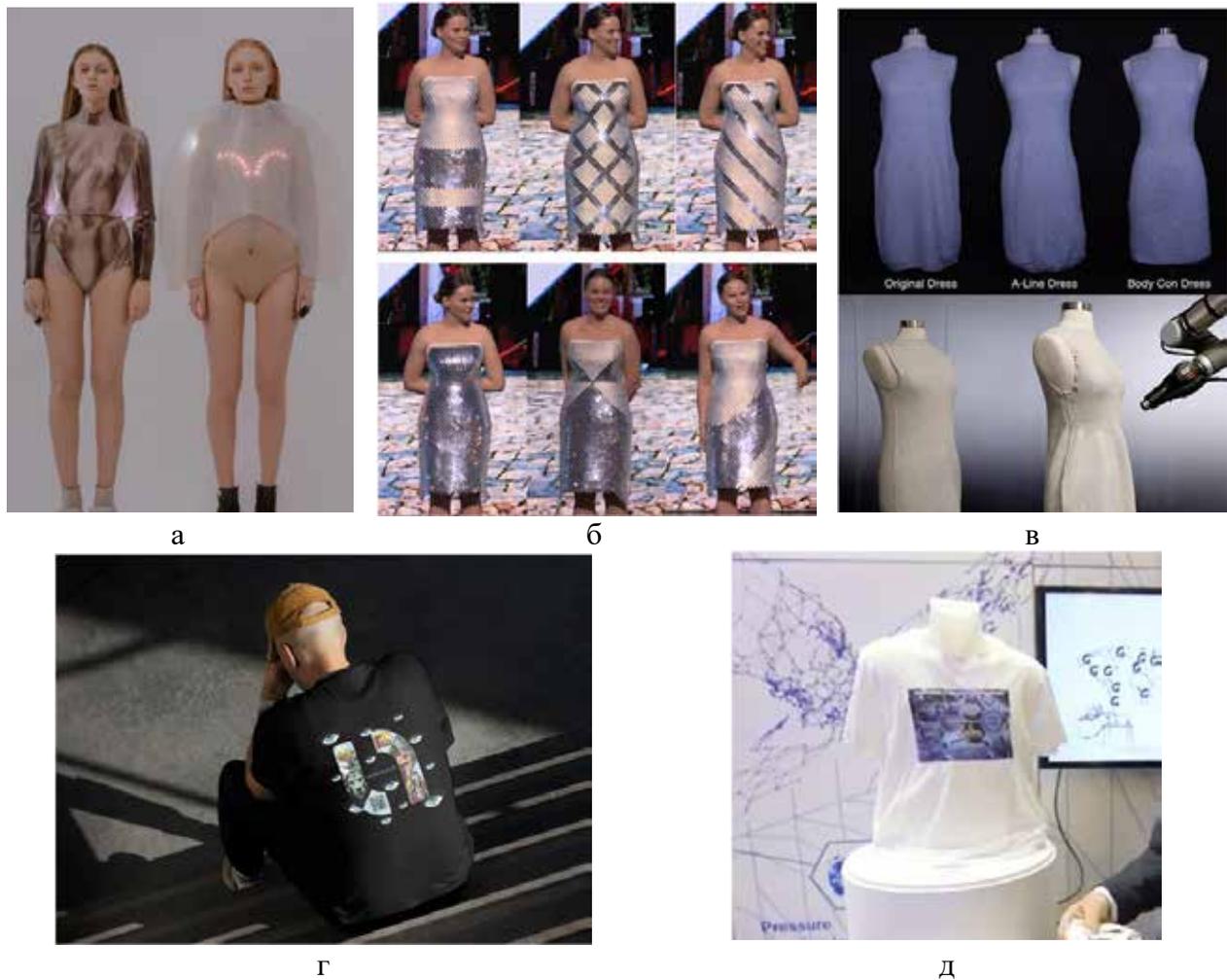
– *гармонія пропорцій і деталей у масштабі виробу* – розмір і розташування кон-

структивних і технологічних елементів підтримують візуальну збалансованість виробу, підкреслюючи стиль та образ.

Прикладами смартодязу з гармонійним поєднання конструктивних та естетичних характеристик є інтерактивні боді Emotional Clothing дизайнерки Iga Węglińska (рис. 3 а) [15] та цифрова інтерактивна сукня Project Primrose, розроблена Adobe Research у співпраці з Christian Cowan (рис. 3 б) [16]. У боді Emotional Clothing термохромні тканини, світлодіоди й провідні нитки інтегровані безпосередньо у форму виробів та розташовані з урахуванням анатомії тіла, що забезпечує цілісність силуету й візуальну збалансованість, а видимі світлові та колірні ефекти мають смислове навантаження, оскільки відображають емоційний стан користувача. У сукні Project Primrose декоративна поверхня сформована з PDLC-елементів – гнучких рідкокристалічних пелюсток, інтегрованих у текстильну основу. Зміна кольору й візерунків у реальному часі підтримує естетичну привабливість, а технологічні елементи залишаються візуально впорядкованими та пропорційними формі сукні. Баланс між видимістю технології та дизайном досягається завдяки модульному розташуванню пелюсток, що формують художній образ.

Ще одним прикладом є 4D-трикотажна сукня, розроблена дослідниками Massachusetts Institute of Technology Self-Assembly Laboratory (рис. 3 г) [17]. Виріб демонструє цілісність образу завдяки безшовній конструкції, сформованій методом комп'ютеризованого в'язання, де формоутворення закладене безпосередньо в структуру матеріалу. Термочутливі нитки, програмно розміщені у визначених зонах, забезпечують керовану зміну форми під впливом тепла, створюючи складки й об'ємні елементи без додаткових конструктивних деталей.

Вартими уваги також є інноваційні розробки: футболка Avery Dennison з доповненою реальністю (рис. 3 в) [18] та смарт-футболка VTT з інтегрованим сенсорним екраном (рис. 3 г) [19]. Футболка Avery Dennison має вбудовану плетену NFC-нашивку, яка дозволяє активувати доповнену



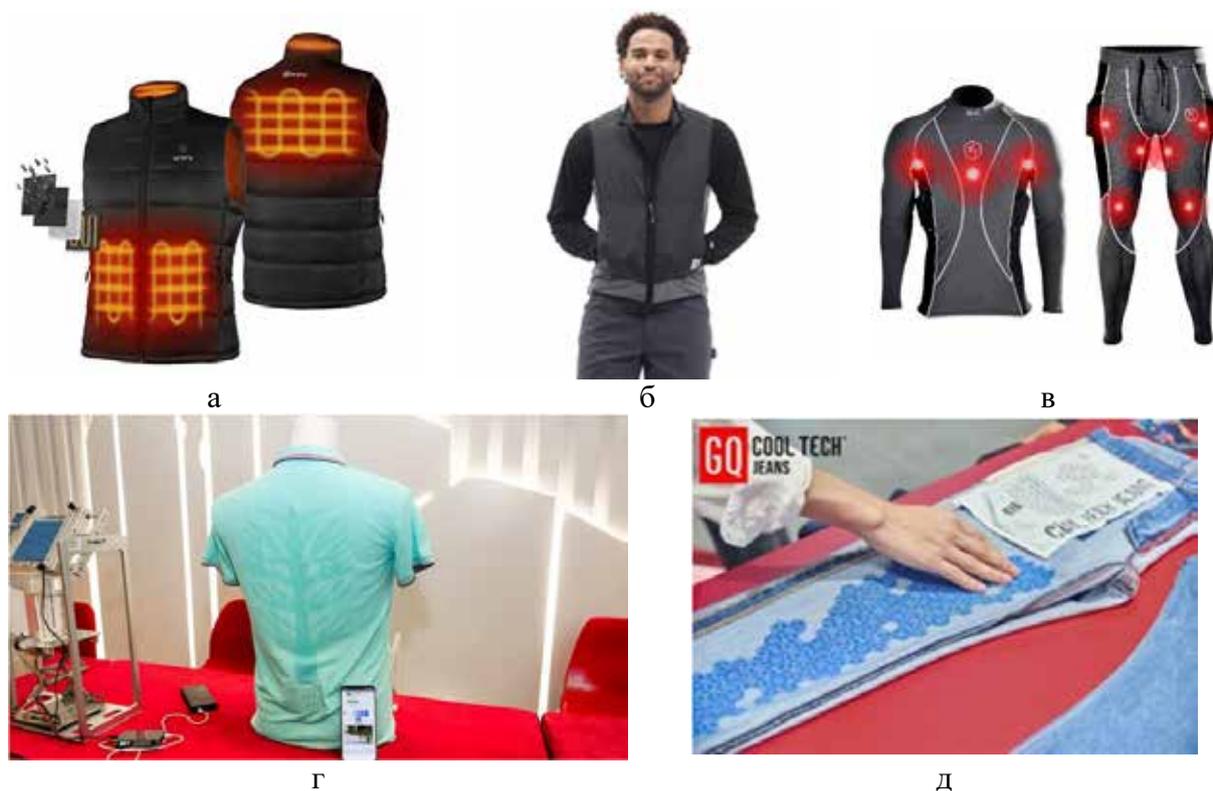
**Рис. 3. Приклади смартрозробок з узгодженістю конструктивних та естетичних характеристик: а – інтерактивне боді дизайнерки Iga Węglińska (Краків, Польща), грудень 2021 р.; б – інтерактивна сукня Project Primrose компанії Adobe Research, (Сан-Франциско, США), жовтень 2023 р.; в – 4D-трикотажна сукня, що змінює форму під дією тепла, Massachusetts Institute of Technology Self-Assembly Laboratory (Кембридж, США), січень 2024 р.; г – футболка з доповненою реальністю Avery Dennison (Ментор, США), січень 2024 р.; д – смартфутболка дослідників з VTT Research (Еспоо, Фінляндія), лютий 2022 р.**

реальність за допомогою QR-коду або смартфона, при цьому нашивка виглядає як декоративний принт, підкреслюючи естетичність дизайну. У смартфутболці VTT сенсорний екран інтегрований в текстильний матеріал за допомогою гнучкої графенової технології, а електроди для ємнісного дотику надруковані на матеріалі у вигляді декоративного малюнка, що одночасно виконує функціональну роль і підтримує візуальну привабливість виробу.

На сьогоднішній день серед численних інноваційних розробок можна виділити смартодяг, який відповідає більшості критеріям щодо узгодженості естетичних,

ергономічних, безпекових і конструктивних характеристик, а саме:

– вироби з підігрівом, такі як жилети Orogo Heated Apparel (рис. 4 а) [20] та Carhartt X-1 (рис. 4 б) [21], костюм Н.Е.А.Т. (рис. 4 в) [22]. Ці приклади забезпечують комфорт і свободу рухів завдяки анатомічній посадці, зонованому розташуванню нагрівальних елементів та легким матеріалам, що не обмежують рухів. Пропорції та розміщення деталей підкреслюють силует користувача, а технологічні модулі інтегровані без порушення загальної естетики, зберігаючи цілісність образу. Конструкція надійна і безпечна: батареї та нагрівальні елементи захищені від перегріву,



**Рис. 4.** Приклади смартрозробок, що відповідають критеріям оцінки взаємозв'язку естетичних, ергономічних, безпекових і конструктивних характеристик: а – жилет з підігрівом компанії Ororo Heated Apparel (Лас-Вегас, США), березень 2021 р.; б – жилет з підігрівом Carhartt (Дірборн, США), лютий 2023 р.; в – костюм з підігрівом стартапу Н.Е.А.Т. (Грейт-Фоллс, США), серпень 2021 р.; г – футболка для створення дихаючого і сухого мікроклімату шкіри користувача, Hong Kong Polytechnic University (Гонконг, Китай), серпень 2024 р.; д – джинси з охолоджувальним ефектом GQ Cool Tech, HeiQ (Швейцарія) та GQ Apparel (Таїланд), серпень 2024 р.

вологи та механічних пошкоджень, а матеріали сертифіковані та безпечні для шкіри. Керування через мобільні додатки забезпечує інтуїтивне використання і точне налаштування рівня нагріву відповідно до фізіологічних потреб користувача. Шви, кріплення та модулі органічно вписані у дизайн, зоноване розташування нагрівальних елементів підтримує візуальну пропорційність і стильовий образ, поєднуючи функціональність із привабливим зовнішнім виглядом;

– вироби з охолоджувальним ефектом, такі як футболка з активним керуванням потовиділенням, розроблена науковцями з Hong Kong Polytechnic University (рис. 4 г) [23] та джинси GQ Cool Tech компаній HeiQ та GQ Apparel (рис. 4 д) [24]. Дані приклади забезпечують комфорт і свободу рухів завдяки продуманій формі та матеріалам, що повторюють анатомічні контури тіла, а технологічні еле-

менти (штучні «потові залози», мембрани Omni Cool Dry, біо-базований полімер HeiQ Cool) не обмежують рухи та не порушують пропорційності виробу. У футболці електронні компоненти керуються низьковольтною напругою та ізольовані від шкіри, а у джинсах полімер HeiQ Cool активується контактним і не потребує додаткового живлення, що виключає ризик перегріву чи травмування. Крім того, баланс між видимістю технологічних і декоративних елементів підтримує гармонію пропорцій та загальну композицію виробу, підтверджуючи відповідність критеріям поєднання конструкції та естетики.

**Висновки.** У роботі здійснено аналіз сучасних інноваційних рішень, що застосовуються для розв'язання проблем комплексного дизайну смартодягу. Визначено основні характеристики виготовлення виробів та систематизовано їх у взаємопов'язані групи:

естетичні та ергономічні, конструктивні та безпекові, а також естетичні та конструктивні. Для кожної з груп сформульовано критерії оцінювання виробів, які характеризують якість їх проектування та виготовлення. На основі аналізу розробок смартодягу 2021–2025 рр. виявлено основні рішення, які забезпечують високий рівень якості продукції. Визначено, що взаємозв'язок естетичних та ергономічних характеристик у сучасних розробках досягається завдяки таким рішенням, як інтеграція технологічних компонентів у структуру матеріалів, крій і шви, функціонально обґрунтоване розташування сенсорів у доступних зонах та застосуванню інноваційних матеріалів із підвищеними захисними й візуальними властивостями. Відповідність критеріям узгодження

конструктивних та безпекових характеристик забезпечується застосуванням бездротового живлення, захищених каналів передачі даних, міцних і гнучких матеріалів, а також оптимальним розташуванням сенсорів і модулів з урахуванням анатомічних особливостей користувача. Узгодження конструкції та естетичних характеристик реалізується через включення технологічних компонентів у формоутворення та образ виробу як композиційно значущих елементів. Встановлено, що серед сучасних інноваційних розробок найбільш повною мірою сукупності визначених критеріїв відповідає смартодяг з функціями підігріву та охолодження, який демонструє збалансоване поєднання естетичних, ергономічних, безпекових та конструктивних характеристик.

#### Література:

1. Zunjic A., Tsaklis P. V., Yue X. G. The relationship between ergonomics, safety and aesthetics in the design of consumer products and systems. *Nova Science Publishers Inc.: Hauppauge, NY, USA*. 2017.
2. Колосніченко М.В., Пашкевич К.Л. Мода і одяг. Основи проектування та виробництва одягу : навчальний посібник. Київ : КНУТД, 2018. 238 с.
3. Мица В., Домбровська О. Функції одягу та вимоги до якості: від фізичного до цифрового. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2025. № 347(1). С. 256-262. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-34>
4. Lopez X., Afrin K., Nepal, B. Examining the design, manufacturing and analytics of smart wearables. *Medical Devices & Sensors*. 2020. №3(3). e10087. DOI: <https://doi.org/10.1002/mds3.10087>
5. YouCare is born: the T-shirt that saves lives using 5G is now a reality. *ZTE* : webpage. URL: <https://www.zte.com.cn/global/about/news/20210629e3.html> (дата звернення: 02.01.2026).
6. Tang C., Yi W., Xu M., Jin Y., Zhang Z., Chen X., Occhipinti L. G. A deep learning-enabled smart garment for accurate and versatile monitoring of sleep conditions in daily life. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2025. № 122(7). e2420498122. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2420498122>
7. Loday K. SeamPose Powered by XIAO nRF52840, Repurposing Seams for Upper-Body Pose Tracking with Smart Clothing. *Seed Studio*. 2025. URL: <https://www.seedstudio.com/blog/2024/10/29/seampose-powered-by-xiao-nrf52840-repurposing-seams-for-upper-body-pose-tracking-with-smart-clothing/> (дата звернення: 02.01.2026).
8. Halfacree G. SeamPose Turns Shirt Seams Into Smart, Wireless Capacitive Sensors for Pose Estimation. *Hackster.io*. 2025. URL: <https://www.hackster.io/news/seampose-turns-shirt-seams-into-smart-wireless-capacitive-sensors-for-pose-estimation-a828f5bbeaba> (дата звернення: 02.01.2026).
9. Vollebak is back with new glow-in-the-dark 'FIREFLY' jacket. *Designboom* : webpage. URL: <https://www.designboom.com/technology/vollebak-firefly-jacket-color-shifting-membranes-03-15-2024/> (дата звернення: 02.01.2026).
10. High-tech vest monitors lung function. *Fraunhofer-Gesellschaft* : webpage. URL: <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2022/august-2022/high-tech-vest-monitors-lung-function.html> (дата звернення: 02.01.2026).
11. ISPO Award Winner 2023: Haglöfs Spitz Down Hood Jacket. *INSPO* : webpage. URL: <https://www.ispo.com/en/promotion/ispo-award-winner-heptathlon-black-technology-down-jacket> (дата звернення: 04.01.2026).
12. Jacket uses AI to keep you comfortable. *ScienceDaily* : webpage. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2025/02/250213143538.htm> (дата звернення: 04.01.2026).
13. Forget wearables: Future washable smart clothes powered by Wi-Fi will monitor your health. *Purdue* : webpage. URL: <https://www.purdue.edu/newsroom/archive/releases/2021/Q2/forget-wearables-future-washable-smart-clothes-powered-by-wi-fi-will-monitor-your-health.html> (дата звернення: 05.01.2026).

14. Elhardt Chr. Detecting exhaustion with smart sportswear. *ETH Zurich*. 2023. URL: <https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2023/03/detecting-exhaustion-with-smart-sportswear.html> (дата звернення: 05.01.2026).
15. Iypeh J. Iga Węglińska's Emotional Clothing responds to bodily stress to encourage mindfulness. *STIR World*. 2022. URL: <https://www.stirworld.com/see-features-iga-weglinkas-emotional-clothing-responds-to-bodily-stress-to-encourage-mindfulness> (дата звернення: 05.01.2026).
16. How Adobe's Project Primrose and Christian Cowan created a runway showstopper for NY Fashion Week. *Research Adobe* : webpage. URL: <https://research.adobe.com/news/how-adobes-project-primrose-and-christian-cowan-created-a-runway-showstopper/> (дата звернення: 07.01.2026).
17. Aouf R. S. MIT's 4D-Knit Dress changes shape in response to heat. *Dezeen*. 2024. URL: <https://www.dezeen.com/2024/02/09/4d-knit-dress-mit-ministry-of-supply/> (дата звернення: 07.01.2026).
18. NRVLD @ Art Basel. *Apparel Solution* : webpage. URL: <https://apparelsolutions.averydennison.com/en/perspectives/nrvld-art-basel> (дата звернення: 07.01.2026).
19. Lawson M. #TechTuesday: A touchscreen on your t-shirt! *Graphene Flagship*. 2022. URL: <https://graphene-flagship.eu/materials/news/techtuesday-a-touchscreen-on-your-t-shirt/> (дата звернення: 07.01.2026).
20. Men's Classic Heated Vest – Black. *Ororo Wear* : webpage. URL: <https://www.ororowear.com/products/men-heated-vest-black> (дата звернення: 09.01.2026).
21. Keenan T., King R.J. DBusiness Daily Update: Dearborn's Carhartt Launches AI Heated Vest, and More. *DBusiness* : webpage. URL: <https://www.dbusiness.com/daily-news/dbusiness-daily-update-dearborns-carhartt-launches-ai-heated-vest-and-more/> (дата звернення: 09.01.2026).
22. The Most Advanced Heated Based-Layer Available. *H.E.A.T.* : webpage. URL: <https://heatinc.com/pages/one-layer-garment> (дата звернення: 09.01.2026).
23. Staff Writer. And Now Electrically-Activated Sportswear with Nature-Inspired Active Perspiration Function. *Texfash*. 2024. <https://texfash.com/research/and-now-electrically-activated-sportswear-with-nature-inspired-active-perspiration-function> (дата звернення: 09.01.2026).
24. HeiQ and GQ Apparel bring biobased cooling to denim in Thailand. *HeiQ* : webpage. URL: <https://www.heiq.com/news/heiq-and-gq-apparel-bring-biobased-cooling-to-denim-in-thailand/> (дата звернення: 09.01.2026).

#### References:

1. Zunjic, A., Tsaklis, P. V., & Yue, X. G. (2017). The relationship between ergonomics, safety and aesthetics in the design of consumer products and systems. Nova Science Publishers Inc.: Hauppauge, NY, USA.
2. Kolosnichenko, M. V., & Pashkevych, K. L. (2018). *Moda i odiah. Osnovy proektuvannia ta vyrobnytstva odiahu* [Fashion and clothing. Basics of clothing design and production]. Kyiv : KNUTD. [in Ukrainian].
3. Mytsa, V., & Dombrovska, O. (2025). Funktsii odiahu ta vymohy do yakosti: vid fizychnoho do tsyfrovoho [Clothing functions and quality requirements: from physical to digital]. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences* [in Ukrainian].
4. Lopez, X., Afrin, K., & Nepal, B. (2020). Examining the design, manufacturing and analytics of smart wearables. *Medical Devices & Sensors*, 3(3), e10087.
5. YouCare is born: the T-shirt that saves lives using 5G is now a reality. *ZTE* : webpage. Retrieved from: <https://www.zte.com.cn/global/about/news/20210629e3.html> (last accessed: 02.01.2026).
6. Tang, C., Yi, W., Xu, M., Jin, Y., Zhang, Z., Chen, X., ... & Occhipinti, L. G. (2025). A deep learning-enabled smart garment for accurate and versatile monitoring of sleep conditions in daily life. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(7), e2420498122.
7. Loday K. SeamPose Powered by XIAO nRF52840, Repurposing Seams for Upper-Body Pose Tracking with Smart Clothing. *Seed Studio*. 2025. Retrieved from: <https://www.seedstudio.com/blog/2024/10/29/seampose-powered-by-xiao-nrf52840-repurposing-seams-for-upper-body-pose-tracking-with-smart-clothing/> (last accessed: 02.01.2026).
8. Halfacree G. SeamPose Turns Shirt Seams Into Smart, Wireless Capacitive Sensors for Pose Estimation. *Hackster.io*. 2025. Retrieved from: <https://www.hackster.io/news/seampose-turns-shirt-seams-into-smart-wireless-capacitive-sensors-for-pose-estimation-a828f5bbeaba> (last accessed: 02.01.2026).
9. Vollebak is back with new glow-in-the-dark 'FIREFLY' jacket. *Designboom* : webpage. Retrieved from: <https://www.designboom.com/technology/vollebak-firefly-jacket-color-shifting-membranes-03-15-2024/> (last accessed: 02.01.2026).
10. High-tech vest monitors lung function. *Fraunhofer-Gesellschaft* : webpage. Retrieved from: <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2022/august-2022/high-tech-vest-monitors-lung-function.html> (last accessed: 02.01.2026).

11. ISPO Award Winner 2023: Haglöfs Spitz Down Hood Jacket. *INSPO* : webpage. Retrieved from: <https://www.ispo.com/en/promotion/ispo-award-winner-heptathlon-black-technology-down-jacket> (last accessed: 04.01.2026)
12. Jacket uses AI to keep you comfortable. *ScienceDaily* : webpage. Retrieved from: <https://www.sciencedaily.com/releases/2025/02/250213143538.htm> (last accessed: 04.01.2026).
13. Forget wearables: Future washable smart clothes powered by Wi-Fi will monitor your health. *Purdue* : webpage. Retrieved from: <https://www.purdue.edu/newsroom/archive/releases/2021/Q2/forget-wearables-future-washable-smart-clothes-powered-by-wi-fi-will-monitor-your-health.html> (last accessed: 04.01.2026).
14. Elhardt Chr. Detecting exhaustion with smart sportswear. *ETH Zurich*. 2023. Retrieved from: <https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2023/03/detecting-exhaustion-with-smart-sportswear.html> (дата звернення: 05.01.2026).
15. Iypeh J. Iga Węglińska's Emotional Clothing responds to bodily stress to encourage mindfulness. *STIR World*. 2022. Retrieved from: <https://www.stirworld.com/see-features-iga-weglińskas-emotional-clothing-responds-to-bodily-stress-to-encourage-mindfulness> (last accessed: 05.01.2026)
16. How Adobe's Project Primrose and Christian Cowan created a runway showstopper for NY Fashion Week. *Research Adobe* : webpage. Retrieved from: <https://research.adobe.com/news/how-adobes-project-primrose-and-christian-cowan-created-a-runway-showstopper/> (last accessed: 07.01.2026).
17. Aouf R. S. MIT's 4D-Knit Dress changes shape in response to heat. *Dezeen*. 2024. Retrieved from: <https://www.dezeen.com/2024/02/09/4d-knit-dress-mit-ministry-of-supply/> (last accessed: 07.01.2026).
18. NRVL D @ Art Basel. *Apparel Solution* : webpage. Retrieved from <https://apparelsolutions.averydennison.com/en/perspectives/nrvld-art-basel> (last accessed: 07.01.2026).
19. Lawson M. #TechTuesday: A touchscreen on your t-shirt! *Graphene Flagship*. 2022. Retrieved from: <https://graphene-flagship.eu/materials/news/techtuesday-a-touchscreen-on-your-t-shirt/> (last accessed: 07.01.2026).
20. Men's Classic Heated Vest – Black. *Ororo Wear* : webpage. Retrieved from: <https://www.ororowear.com/products/men-heated-vest-black> (last accessed: 09.01.2026).
21. Keenan T., King R.J. DBusiness Daily Update: Dearborn's Carhartt Launches AI Heated Vest, and More. *DBusiness* : webpage. Retrieved from: <https://www.dbusiness.com/daily-news/dbusiness-daily-update-dearborns-carhartt-launches-ai-heated-vest-and-more/> (last accessed: 09.01.2026).
22. The Most Advanced Heated Based-Layer Available. *H.E.A.T.* : webpage. Retrieved from: <https://heatinc.com/pages/one-layer-garment> (last accessed: 09.01.2026).
23. Staff Writer. And Now Electrically-Activated Sportswear with Nature-Inspired Active Perspiration Function. *Texfash*. 2024. Retrieved from <https://texfash.com/research/and-now-electrically-activated-sportswear-with-nature-inspired-active-perspiration-function> (last accessed: 09.01.2026).
24. HeiQ and GQ Apparel bring biobased cooling to denim in Thailand. *HeiQ* : webpage. Retrieved from: <https://www.heiq.com/news/heiq-and-gq-apparel-bring-biobased-cooling-to-denim-in-thailand/> (last accessed: 09.01.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 17.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 12.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 01.04.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)