

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-363-68>

УДК 687.01:687.15:004.8:004.92

КУЛЕШОВА СВІТЛАНА

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-2361-2950>

e-mail: kuleshovas@khmnu.edu.ua

ОРТИНСЬКИЙ ВАДИМ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0009-0008-3998-0276>

e-mail: Arty.vadym@gmail.com

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДИЗАЙН-ПРОЄКТУВАННЯ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ (повідомлення 1)

В роботі наведено результати досліджень психофізіологічних аспектів для дизайн-проектів цифрового адаптивного одягу для осіб з ампутаціями кінцівок. Автори досліджують, як цифрове 3D моделювання допомагає створювати адаптивні швейні вироби, що враховують не лише анатомічні особливості, а й емоційний стан та сприйняття адресних споживачів. У роботі застосовано модель FEA (функціональність, експресивність, естетика) для розробки інклюзивних рішень швейних виробів, які сприяють реабілітації та втеченості ветеранів і цивільних. Використання сучасних 3D-технологій та систем САПР дозволяє оптимізувати дизайн цифрових адаптивних швейних виробів, мінімізуючи фізичний дискомфорт та соціальну стигматизацію. Особлива увага приділяється формуванню науково обґрунтованих критеріїв адаптивності, що поєднують технічну ергономіку з психологічною підтримкою особистості. Дослідження підкреслює важливість персоналізованого підходу у створенні сучасного інтерактивного адаптивного одягу в умовах цифрової трансформації модної індустрії.

Ключові слова: психофізіологія, цифровий адаптивний одяг, інклюзивний дизайн одягу, реабілітація осіб з ампутаціями, 3D-симуляція одягу, САПР VStitcher; людиноцентричний дизайн.

SVITLANA KULESHOVA, VADYM ORTYNSKYI

Khmelnitskyi National University

PSYCHOPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF DESIGN OF SEWING PRODUCTS (message 1)

The study substantiates the relevance of implementing a psychophysiological approach in the design of digital adaptive clothing for individuals with amputations, driven by the need for social inclusion and the resocialization of veterans and civilians under martial law in Ukraine. It is determined that such clothing functions not only as a utilitarian object but also as a tool for shaping nonverbal identity and providing psychological support. A scientific definition of the psychophysiology of digital adaptive clothing is formulated as an interdisciplinary field that investigates the relationship between mental processes, physiological reactions (thermoregulation, phantom pain), and the digital parameters of 3D models. This approach makes it possible to transform virtual objects into tools for real rehabilitation.

A mathematical adaptation model based on the objective function of maximizing the integral indicator of psychophysiological comfort is proposed. The model considers a vector of design parameters (volume, silhouette, contact zones) as well as weighting coefficients reflecting the significance of indicators depending on the type of amputation and product use scenarios. The conceptual FEA model (Functional, Expressive, Aesthetic) is adapted to the digital environment. It is established that successful inclusive design requires synergy between the technical basis (access to prosthetics), expressive needs (confidence, autonomy), and aesthetic parameters (photorealism, avoidance of a "medicalized" appearance).

An integral functionality formula (FDAC) is developed, combining a modified utilitarian component with a psychosocial rehabilitation block and the technological effect of visualization. This emphasizes the priority of the consumer's psychological protection over the purely physical functions of the product. Consumer needs are parameterized within the VStitcher CAD environment, where theoretical requirements are linked to specific digital tools such as Tension & Pressure Maps (for analyzing pressure on the residual limb) and Animation Player (for visualizing autonomy during dressing). This approach implements the concept of "Zero Waste & Human-Centric Design," enabling the creation of perfectly fitted garments without physical fittings.

Keywords: psychophysiology, digital adaptive clothing, inclusive fashion design, amputee rehabilitation, 3D garment simulation, VStitcher CAD, human-centered design.

Стаття надійшла до редакції / Received 28.01.2026

Прийнята до друку / Accepted 18.02.2026

Опубліковано / Published 26.03.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Кулешова Світлана, Ортинський Вадим

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

У сучасному науковому та практичному дискурсі все більше уваги приділяється проблемам інклюзивного дизайну, цифрової інтеграції та персоналізації продуктів для людей з особливими потребами [1-11, 13-17]. Одним із перспективних напрямів є розробка цифрового адаптивного одягу, який здатен враховувати індивідуальні анатомічні та функціональні особливості людей з ампутаціями. У зв'язку з цим виникає потреба в глибокому психофізіологічному аналізі певної групи споживачів, що дозволяє розробляти не просто естетично привабливі, а й зручні, безпечні, психологічно підтримуючі цифрові рішення адаптивних швейних виробів з перспективою їх виготовлення.

Аналіз досліджень та публікацій

Обґрунтування актуальності дослідження психофізіологічних аспектів у дизайні цифрового адаптивного одягу для осіб з ампутаціями базується на трьох стратегічних векторах: соціальній інклюзії, цифровій трансформації реабілітації та нейроергономії.

1. Соціально-гуманітарний контекст (Проблема ідентичності) висвітлено у дослідженнях авторів [3, 6, 9, 16]. У 2024–2025 роках через наслідки воєнних дій в Україні кількість осіб з ампутаціями значно зросла, що потребує нових підходів до їхньої ресоціалізації. Одяг є інструментом формування невербальної ідентичності. Дослідження психологічного сприйняття власного образу («Body Image») після травми дозволяє дизайнеру створювати одяг, що мінімізує депресивні стани та сприяє впевненості у публічному просторі [15].

2. Технологічна необхідність (Цифрова інклюзія). Сучасне проектування швейних виробів зміщується у площину 3D-моделювання (CLO3D, Browzwear). Проте стандартні аватари не враховують специфіку осіб з інвалідністю, що доведено у дослідженнях [5, 11]. Актуальність подальших досліджень полягає у розробці віртуальних систем оцінки, які на етапі ескізу дозволяють передбачити: сенсорний відгук, тобто моделювання тиску тканини на куку (зону підвищеної чутливості); візуальну компенсацію, яка передбачає динамічну оцінку того, як одяг приховує або гармонійно інтегрує протез у загальний силует; фізіологічну валідність та нейроергономічні аспекти майбутніх адаптивних виробів.

3. Ампутація супроводжується зміною терморегуляції, порушенням кровообігу та появою фантомних болів [13, 14]. Актуальність дослідження полягає у переході від суто естетичного дизайну до нейроергономічного проектування. Віртуальне середовище дозволяє протестувати адаптивні елементи (магнітні застібки, розширювачі) з урахуванням обмеженої моторики, що критично для збереження психоемоційної рівноваги користувача (уникнення роздратування при одяганні).

4. Економічна доцільність. Розробка адаптивного одягу «вживу» є дорогою та енерговитратною для маломобільних груп [1, 3, 11, 13]. Дослідження психофізіології у віртуальному просторі дозволяє реалізувати концепцію «Zero Waste & Human-Centric Design», де виріб максимально відповідає потребам конкретної людини – адресного споживача без численних фізичних примірок.

Таким чином, актуальність дослідження зумовлена необхідністю подолання розриву між технічними можливостями 3D-проекування та специфічними психоемоційними і фізіологічними потребами людей з ампутаціями. Створення науково обґрунтованої моделі цифрового одягу дозволить не лише оптимізувати процес виробництва, а й забезпечити високу якість життя та психологічний комфорт кінцевого споживача.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є дослідження психофізіологічних аспектів дизайн-проекування цифрового адаптивного одягу для адресного споживача з особливими потребами.

Об'єкт дослідження – процес дизайн-проекування цифрових адаптивних швейних виробів.

Предмет дослідження – швейні вироби для психофізіологічної адаптації та реабілітації адресних споживачів з особливими потребами.

Виклад основного матеріалу

Дане дослідження є продовженням одного із перспективних напрямків, яке проводиться науковцями кафедри Технології і конструювання швейних виробів Хмельницького національного університету у галузі проектування адаптивного багатофункціонального одягу [2-3, 6, 11, 13, 15-17].

Психофізіологія одягу – це галузь кваліметрії враження на рівні перцептивних відчуттів споживача, що виникла з потреб розв'язання галузевих проблем, проектування одягу і методології сучасних фізіології, психосеміотики, психосемантики [16].

Предметом психофізіологічного дослідження швейних виробів стає специфіка відчуттів різних модальностей при сприйнятті одягу. Відчуття психофізичної комфортності тканин, психологічні особливості сприйняття і вплив форми і силуету виробу, відчуття кольору та його сприйняття в одязі відносяться до області психофізики сприйняття одягу. Це дозволило інформаційну модель реакції на швейний виріб, як складову адресного проектування одягу, представити включеннями підмножин подразників і емоцій в процес дизайн-проекування (ДП):

$$ДП \supseteq E \cup T \cup Kl \cap I \cup Pv \cup Cn \cap P \cup \Pi, \quad (1)$$

де подразник (стимул): E – економічний; T – технічний; Kl – культурний.

Емоції споживача: I – інтуїтивні; Pv – поведінкові; Cn – споглядальні.

P – реакція;

Π – сприйняття (перцепція).

Отже процес сприйняття (Π) як функцію підмножин враження (I_0) доцільно розглянути на основі виявлення мотиваційних характеристик поведінки споживачів:

$$\Pi = fI_0 \quad (2)$$

Таким чином, основним вектором інтегративного застосування вражень від моделі одягу для оцінки попиту споживачів є осмислення різних властивостей швейного виробу через його сприйняття в ході прийняття проектних рішень [13, 16].

Психофізіологія у контексті цифрового адаптивного одягу – це міждисциплінарний науково-прикладний напрям, що вивчає взаємозв'язок психічних процесів, фізіологічних реакцій організму та цифрово змодельованих параметрів одягу з метою створення комфортних, функціональних і психологічно

підтримуючих віртуальних моделей швейних виробів, адаптованих до індивідуальних особливостей адресного споживача.

У цьому контексті психофізіологія розглядається як інструмент для: аналізу тілесного сприйняття цифрового одягу (відчуття комфорту, напруження, балансу, обмеження або свободи рухів у цифровому середовищі); оцінювання емоційних і когнітивних реакцій користувача на цифровий образ (рівень прийняття власного тіла, впевненість, тривожність, мотивація до взаємодії); врахування фізіологічних особливостей (залишкова чутливість, асиметрія тіла, особливості моторики, взаємодія з протезами); оптимізації параметрів дизайну (форма, об'єм, лінії членування, зони тиску, варіативність конструкції) на основі реакцій нервової та м'язової систем; формування безпечного й інклюзивного цифрового середовища, яке мінімізує сенсорне перевантаження та підтримує психоемоційний комфорт.

Тобто, психофізіологія у сфері цифрового адаптивного одягу є науковим підґрунтям персоналізованого дизайну, що дозволяє трансформувати цифрові моделі одягу з абстрактних 3D-об'єктів у засоби реальної фізичної та психологічної адаптації людини, зокрема осіб з ампутаціями.

У межах даного дослідження психофізіологія розглядається як методологічна основа аналізу взаємодії адресного споживача з цифровими моделями адаптивного одягу. Вона забезпечує комплексне вивчення психічних, сенсорних і фізіологічних реакцій осіб з ампутаціями на цифрово-змодельовані параметри одягу в процесі віртуальної примірки та візуалізації.

Психофізіологічний підхід у дослідженні передбачає:

- аналіз суб'єктивного тілесного сприйняття цифрового одягу (відчуття комфорту, свободи рухів, рівноваги та просторової орієнтації);
- оцінювання емоційних і когнітивних реакцій споживачів на цифровий образ (рівень прийняття образу, впевненість, емоційний стан, готовність до використання адаптивного одягу);
- урахування індивідуальних фізіологічних особливостей (асиметрія тіла, залишкова чутливість, особливості взаємодії з протезами, моторні обмеження);
- дослідження впливу конструктивно-композиційних параметрів цифрового одягу (форма, об'єм, лінії членування, локальні зони контакту) на психофізіологічний комфорт адресного споживача;
- оптимізацію дизайнерських рішень шляхом кореляції віртуальних параметрів одягу з психофізіологічними показниками.

У даному дослідженні психофізіологічний підхід використовується як інструмент системного аналізу взаємодії людини з цифровими моделями адаптивного одягу. Він спрямований на виявлення закономірностей між психічними та фізіологічними реакціями споживачів з ампутаціями і параметрами віртуально змодельованих конструктивно-композиційних рішень одягу. Застосування психофізіологічного підходу дозволяє сформувати науково обґрунтовані критерії адаптивності цифрового одягу та підвищити ефективність подальшого проектування фізичних виробів, таблиця 1.

Таблиця 1

Взаємозв'язок психофізіологічних показників адресного споживача та параметрів дизайну цифрового адаптивного одягу

Психофізіологічний показник	Характеристика показника	Дизайнерські параметри цифрового одягу	Функціональне значення
Відчуття комфорту	Суб'єктивна оцінка зручності та відсутності напруження	Об'єм, посадка, припуски на вільне облягання	Забезпечення фізичного та психоемоційного комфорту
Тілесне сприйняття	Усвідомлення форми та меж власного тіла	Силует, членування форми, пропорції	Підвищення прийняття власного образу
Сенсорна чутливість	Реакція на зони контакту та тиску	Локалізація швів, зон прилягання, модульність	Запобігання сенсорному дискомфорту
Емоційна реакція	Рівень впевненості, зниження тривожності	Колір, ритм, візуальна цілісність	Психологічна підтримка користувача
Моторна адаптація	Здатність до вільних рухів	Конструкція рукавів, застібок, трансформацій	Підвищення функціональності виробу
Взаємодія з протезом	Узгодженість одягу з протезною системою	Асиметрія конструкції, змінні елементи	Оптимізація експлуатаційних властивостей
Когнітивна зрозумілість	Легкість сприйняття та керування	Інтерфейс віртуальної примірки, варіативність	Зменшення когнітивного навантаження

Наступним етапом дослідження здійснено формалізацію психофізіологічної адаптації цифрового одягу. З метою підсилення технічної складової дослідження запропоновано узагальнену модель адаптації цифрового одягу, що ґрунтується на кореляції психофізіологічних показників споживача з параметрами дизайну проєктованого швейного виробу. Процес адаптації цифрового одягу описується цільовою функцією психофізіологічного комфорту:

$$A = \arg \max_D \left(\sum_{i=1}^n \omega_i \cdot P_i(D) \right), \quad (3)$$

де A – оптимізований адаптивний варіант цифрового одягу;

D – вектор дизайнерських параметрів (об'єм, посадка, силует, конструктивна асиметрія, зони контакту, колірні рішення тощо);

P_i – нормалізовані психофізіологічні показники адресного споживача;

ω_i – вагові коефіцієнти значущості відповідних показників;

n – кількість оцінюваних психофізіологічних параметрів.

Цільова функція спрямована на максимізацію інтегрального показника комфорту, що враховує як фізіологічні, так і психологічні реакції адресного споживача під час взаємодії з віртуальним середовищем.

Оптимізований адаптивний варіант цифрового одягу – це результат алгоритмічної обробки множини дизайнерських рішень, що забезпечує максимальне значення інтегрального показника психофізіологічного комфорту споживача за заданих обмежень антропометричних, функціональних та емоційно-психологічних характеристик. Запропоновано вектор дизайнерських параметрів майбутнього цифрового адаптивного швейного виробу:

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\} \quad (4)$$

це формалізована сукупність змінних, що описують конструктивно-композиційні та візуально-ергономічні характеристики цифрового одягу, зокрема: об'ємно-силуетні параметри; посадку та ступінь прилягання; силуетну форму; конструктивну асиметрію; локалізацію зон контакту; колірні та візуальні рішення.

Вектор D використовується як керований параметр у процесі оптимізації адаптивного дизайну.

Вагові коефіцієнти значущості відповідних показників ω_i – це безрозмірні коефіцієнти, які визначають відносну важливість кожного психофізіологічного показника в інтегральній оцінці адаптивності цифрового одягу. Значення ω_i встановлюються з урахуванням: типу ампутації; функціональних потреб споживача; сценарію використання виробу; пріоритетів комфорту (фізіологічного чи психологічного).

Кількість оцінюваних психофізіологічних параметрів n – це кількість показників, що характеризують психічні, сенсорні та фізіологічні реакції споживача під час взаємодії з цифровим адаптивним одягом, зокрема рівень комфорту, емоційний стан, тілесне сприйняття та моторну адаптацію.

У низці наукових досліджень [8, 9, 10] представлено приклади адаптації моделі функціональних, експресивних та естетичних потреб споживачів (FEA), яка була започаткована Lamb and Kallal (1992), з метою глибшого розуміння розробниками складної взаємодії між властивостями продукту та мотивами споживачів, що впливають на вибір одягу. Концептуальною основою FEA для дизайну одягу є твердження, що одяг задовольняє три основні категорії потреб: функціональні (комфорт, захист), експресивні (самовираження, статус, груповий зв'язок) та естетичні (краса, стиль, візуальна привабливість).

Сучасні дизайнери використовують цю модель для створення одягу, який одночасно виконує практичні функції, дозволяє споживачу самовиражатися та приваблює візуально, задовольняючи таким чином повний спектр потреб.

У даному дослідженні пропонується застосувати FEA (Functional, Expressive, Aesthetic) для розробки адаптивного одягу в умовах війни в Україні, що дозволить дизайнерам комплексно вирішувати проблеми інклюзивності, забезпечуючи ветеранам та цивільним із пораненнями гідність і комфорт. Нижче запропоновано адаптацію трьох категорій FEA до потреб адресних споживачів з втраченими чи травмованими кінцівками у вигляді структурованої послідовності.

1. Функціональні потреби (Functional): це технічна база, спрямована на самостійність та фізичний комфорт споживача:

1.1. Доступ до протезів: тандем штанів та рукавів із прихованими застібками (блискавки, магніти, липучки) для легкого регулювання кукси або налаштування механізмів протеза без зняття одягу.

1.2. Легкість одягання: використання еластичних вставок та регульованих елементів, що дозволяють вдягатися однією рукою або сидячи в кріслі колісному.

1.3. Гігієна та медичний догляд: Проектування розрізів у місцях, де найчастіше встановлюються апарати зовнішньої фіксації або дренажі, як це реалізовано в проєкті Міністерства оборони України «Паунок пораненого».

2. Експресивні потреби (Expressive): цей аспект стосується соціальної ідентифікації та психологічного стану споживача:

2.1. Впевненість та гідність: одяг допомагає ветеранам відчувати себе повноцінними членами суспільства, не приховуючи травму, а інтегруючи її в особистий стиль.

2.2. Стирання бар'єрів: дизайн одягу має на меті зменшити стигматизацію, роблячи адаптивні рішення швейних виробів візуально непомітними або, навпаки, акцентними, що підкреслюють силу духу (наприклад, колекції брендів Andreas Moskin та Sidletskiy на Ukrainian Fashion Week 2025/26).

2.3. Приватність: можливість самостійно вдягатися повертає почуття автономії та приватності.

3. Естетичні потреби (Aesthetic): зовнішній вигляд, що відповідає сучасним трендам:

3.1. Стиль понад функцію: сучасна українська адаптивна мода відходить від образу «медичного виробу» на користь стильних образів, які не поступаються стандартним лінійкам модного одягу.

3.2. Матеріали та декор: використання якісних тканин, вишивки для людей з порушенням зору та трендових кольорів, що дозволяє користувачеві виражати себе через моду.

Таким чином, модель FEA (Functional, Expressive, Aesthetic) є гнучким інструментом, який можна адаптувати для оцінки потреб як фізичного, так і цифрового одягу. Оцінювання візуального сприйняття цифрового адаптивного одягу представлено у вигляді схеми, яка ілюструє інтеграцію трьох вимірів, враховуючи специфіку цифрового середовища та психофізіологічні аспекти споживачів з ампутаціями в Україні (рис. 1).

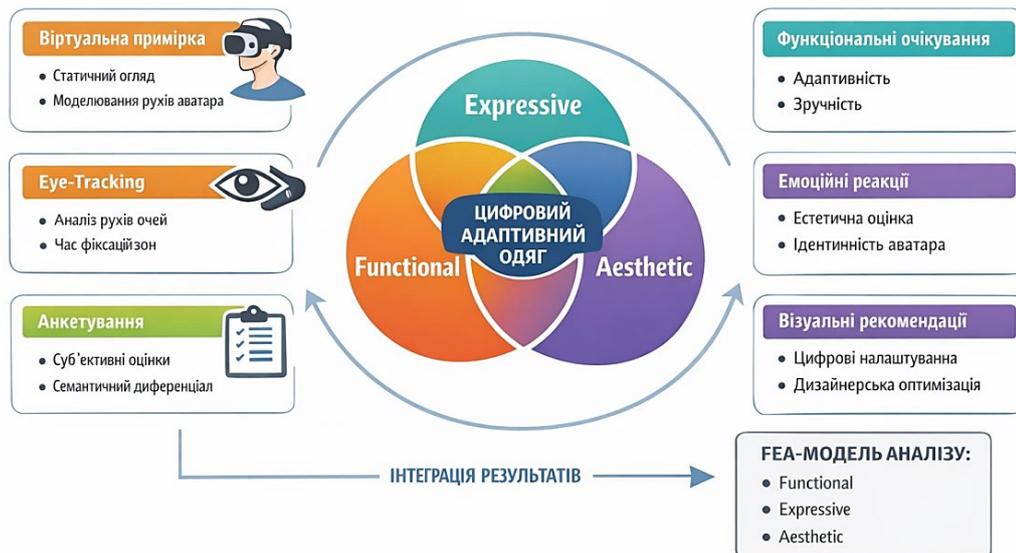


Рис. 1. Оцінювання візуального сприйняття цифрового адаптивного одягу (згенеровано з використанням Google Gemini [18])

Рисунок 1 містить три великі кола, що перетинаються (діаграма Венна), кожне з яких представляє один із вимірів моделі FEA (Functional, Expressive, Aesthetic). У центрі перетину цих кіл знаходиться «Цифровий адаптивний одяг».

1. Функціональні потреби (ліве коло). Фокус категорії: ергономіка та сумісність.

Ключові аспекти: легкість використання AR/VR, швидкість завантаження, адаптація до цифрової анатомії аватара, інтерактивні елементи.

2. Експресивні потреби (верхнє коло). Фокус категорії: психологія та соціальна ідентичність.

Ключові аспекти: відчуття гідності, автономії, впевненості у віртуальному просторі, відповідність стилю та ролі, самовираження, подолання фізичних обмежень.

3. Естетичні потреби (праве коло). Фокус категорії: візуальне сприйняття та якість.

Ключові аспекти: реалістичність візуалізації, висока якість текстур, сучасний дизайн (трендовість), динамічні ефекти, відсутність «медичного» вигляду.

Перетин вимірів: Functional + Aesthetic: ініціює вирішення потреби в оптимізованій 3D-геометрії, це цифрові прототипи адаптивних швейних виробів, які виглядають реалістично, не повинні перевантажувати обчислювальні ресурси.

Functional + Expressive: ініціює вирішення потреби в адаптивних рішеннях певного асортименту моделей швейних виробів, які дозволять споживачу самостійно «вдягати» аватар та відчувати себе незалежним.

Expressive + Aesthetic: ініціює вирішення потреби в кастомізації – можливості змінювати кольори та текстури, щоб цифровий адаптивний одяг відображав особистість споживача у віртуальному світі.

Ця схема підкреслює, що успішний дизайн цифрового адаптивного одягу вимагає збалансованого врахування всіх трьох аспектів для успішної технічної реалізації проекту.

На сьогодні вже існують приклади застосування ключових ініціатив FEA в Україні (2025–2026): Ukrainian Fashion Week: Програма «Одяг із функцією» (FW25-26) впроваджує нову етику дизайну, де інклюзивність є стандартом. У державному секторі: Міноборони забезпечує поранених спеціалізованими комплектами одягу (майки, шорти, штани з розрізами), що пройшли тестування у шпиталях.

Локальні бренди: [Physical Level](#), [SVD Denim](#), [Adapting.studio](#) та інші також активно впроваджують FEA-модель у свої колекції. Тобто цифровий адаптивний одяг стає засобом, що дозволяє ветеранам з ампутуваними чи ушкодженими кінцівками відчувати себе повноцінними учасниками віртуальних просторів, де фізичні обмеження нівелюються технологічними можливостями. Класифікація функцій одягу для даної категорії споживачів зміщується від захисту тіла до захисту психіки та соціальної інтеграції.

Грунтуючись на наукових дослідженнях [2, 3, 6, 8-10, 12, 13, 15-17] та специфіці потреб військових з ампутуваними чи ушкодженими кінцівками, та на основі інтеграції ключових аспектів FEA, сформовано класифікацію функцій цифрового адаптивного одягу, яка структурована за ключовими аспектами інклюзивності, таблиця 2.

Класифікація функцій цифрового адаптивного одягу для військових з ампутованими чи ушкодженими кінцівками

Категорія функцій цифрового адаптивного одягу	Конкретна функція	Опис та психофізіологічне значення
Психологічні та реабілітаційні	Підтримка інклюзивності	Можливість створювати віртуальні образи, що нівелюють фізичні обмеження, допомагаючи у прийнятті нового образу тіла.
	Психологічний захист	Використання одягу як інструменту подолання екзистенційних загроз та наслідків бойових травм.
	Віртуальна автономія	Здатність демонструвати легкість маніпуляцій з одягом у цифровому просторі, що знижує рівень тривожності.
Соціально-естетичні	Соціальна ідентичність	Одяг як засіб демонстрації статусу ветерана, активної особистості та належності до професійної спільноти.
	Художньо-естетична виразність	Створення інклюзивних образів, що замінюють «медичний» контекст протеза на стильний візуальний код.
	Культурна комунікація	Трансляція національних символів та персональних цінностей через цифрові принти та текстири.
Технологічні та інтерактивні	AR-інтеграція	Створення динамічних ефектів навколо протеза, що перетворюють його на частину інтерактивного дизайну.
	Динамічна адаптація	Здатність цифрового виробу змінювати вигляд (колір, форму) залежно від оточення або настрою користувача.
	Синхронізація	Можливість візуального відображення даних з сенсорів протеза або біометричних показників військового.
Утилітарно-цифрові	Цифрова ергономіка	Відповідність віртуальної моделі (mesh) специфічній анатомії кукси та механіці руху протеза.
	Ігрова функція	Використання адаптивного одягу як елемента персоналізації аватара у метавесвітах та тренажерах-симуляторах.

Ключовими висновками запропонованої інтеграції є наступні складові:

1. Безбар'єрність. Основною перевагою цифрових моделей адаптивних швейних виробів є можливість створювати персоналізовані образи, які недосяжні у фізичному світі через обмеження матеріалів чи анатомії.
2. Ресоціалізація. Цифровий одяг стає своєрідним «містком» між фізичною травмою та соціальною активністю у віртуальних середовищах.
3. Екологічність та ресурсоефективність. Цифрові прототипи інклюзивних швейних виробів дозволяють точно спроектувати та візуалізувати адаптивні функціональні вузли перед їх фізичним виготовленням, що мінімізує відходи.

На основі аналізу концептуальних положень дослідження щодо трансформації функцій одягу від фізичних до цифрових та специфіки потреб військових з ампутованими чи ушкодженими кінцівками, класифікацію функцій цифрового адаптивного одягу представлено у вигляді інтегральної формули. Ця формула ілюструє, що підсумкова цінність цифрового продукту (F_{total}) є синергією технічних, психологічних та соціальних складових. Формула функціональності цифрового адаптивного одягу (F_{DAC}) має наступний вигляд:

$$F_{DAC} = \sum (f_{Ph} \cdot K_{inc}) + (f_{Ps} + f_{Soc}) \cdot I_{virt} + E_{tech} \quad (5)$$

Дешифрування компонентів формули:

1. $f_{Ph} \cdot K_{inc}$ – Модифікована утилітарна складова:
 f_{Ph} (Physical features) – базові фізіолого-гігієнічні та захисні функції.
 K_{inc} (Inclusivity coefficient) – коефіцієнт інклюзивності, що адаптує конструкцію під параметри 3D-протеза та анатомію кукси (цифрова ергономіка).
2. $(f_{Ps} + f_{Soc}) \cdot I_{virt}$ – Блок психосоціальної реабілітації:
 f_{Ps} (Psychological protection) – функція психологічного захисту та подолання екзистенційних загроз.
 f_{Soc} (Social identity) – функція соціальної ідентифікації та трансляції статусу ветерана.
 I_{virt} (Virtual interaction) – показник інтерактивності (AR/VR), що дозволяє створювати образи, недосяжні у фізичному світі.
3. E_{tech} – Технологічний ефект, що виражає реалістичність візуалізації (PBR-текстури), динамічну адаптацію та синхронізацію елементів одягу з віртуальним середовищем.

Запропонована у дослідженні формула функціональності цифрового адаптивного одягу (F_{DAC}) має ряд практичних значень для військових.

По перше, це пріоритет психології. На відміну від стандартного одягу, де домінують утилітарні функції, у цій формулі вага психологічного захисту (f_{Ps}) та інклюзивної підтримки (I_{virt}) є критичною для подолання стигми.

По друге, це автономія адресного споживача через цифровізацію. Формула враховує можливість «ігрової функції» та «динамічної адаптації», що дозволяє військовому експериментувати зі своїм образом у метавесвітах, де фізичні обмеження нівелюються.

По третє, це ресурсоефективність. Оскільки E_{tech} включає мінімізацію обчислювальних ресурсів, це забезпечує швидкий доступ до реабілітаційних симуляцій навіть на мобільних пристроях.

На останньому етапі дослідження розроблено концептуальну схему інтеграції, яка поєднує аспекти адаптованої моделі FEA (Functional, Expressive, Aesthetic), складові класифікації вимог до цифрового одягу та технічні інструменти розробки цифрових прототипів моделей одягу у САПР VStitcher із психофізіологічними потребами адресних споживачів з ампутованими чи ушкодженими кінцівками. Ця таблиця зв'яже теоретичні вимоги з конкретним інструментарієм VStitcher для створення інклюзивного продукту, таблиця 3.

Таблиця 3

Параметризація потреб адресного споживача у САПР VStitcher

Аспект моделі FEA	Вимоги (згідно з класифікацією)	Інструмент / Функція у VStitcher	Технічна реалізація для адресного споживача з особливими потребами
Functional (Функціональний)	Ергономічність та конструктивна цілісність	Tension & Pressure Maps	Аналіз тиску тканини на куксу та протез; перевірка свободи руху при зміні пози аватара.
	Технологічність складання	Smart Seams & Fasteners	Моделювання магнітних застібок та роз'ємних швів; налаштування властивостей з'єднань (stiffness).
	Адаптивність геометрії	Parametric Avatar (Alvanon integration)	Створення асиметричного аватара з імпортованим 3D-протезом як жорсткого об'єкта.
Expressive (Експресивний)	Соціальна ідентичність та статус	3D Styling & Layers	Створення нашарувань (Layering), що приховують або підкреслюють протез відповідно до побажань.
	Психологічний комфорт	Animation Player (V-Ray)	Візуалізація процесу самостійного одягання (через розрізи) для підтвердження автономії користувача.
	Комунікативність дизайну	Cloud Integration (Lotta/Stylezone)	Спільний перегляд моделі одягу з споживачем для отримання фідбеку на етапі прототипування.
Aesthetic (Естетичний)	Реалістичність візуалізації	U3M Materials / Physics Styling	Використання фізичних параметрів тканини (bend, stretch) для реалістичного драпірування на протезі.
	Художня виразність	Artwork & Print Positioning	Точне розміщення принтів (напр., Самчиківського розпису) на асиметричних деталях крою.
	Якість текстур та ефектів	PBR Texturing & Displacement Maps	Імітація фактур (неопрен, мембрана), що приховують технічні деталі протеза, зберігаючи модний вигляд.

Висновки з даного дослідження

і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В дослідженні обґрунтовано актуальність впровадження психофізіологічного підходу в дизайн-проектування цифрового адаптивного одягу для осіб з ампутованими чи ушкодженими кінцівками, що зумовлено потребою в соціальній інклюзії та ресоціалізації ветеранів і цивільних в умовах воєнного стану в Україні. Визначено, що такий одяг виступає не лише утилітарним об'єктом, а й інструментом формування невербальної ідентичності та психологічної підтримки.

Сформульовано наукове визначення психофізіології цифрового адаптивного одягу як міждисциплінарного напрямку, що досліджує взаємозв'язок між психічними процесами, фізіологічними реакціями (терморегуляція, фантомні болі) та цифровими параметрами 3D-моделей одягу. Це дозволяє трансформувати віртуальні об'єкти у засоби реальної реабілітації.

Запропоновано математичну модель адаптації, що базується на цільовій функції максимізації інтегрального показника психофізіологічного комфорту. Модель враховує вектор дизайнерських параметрів (об'єм, силует, зони контакту) та вагові коефіцієнти значущості показників, що залежать від типу ампутації та сценаріїв використання виробу.

Адаптовано концептуальну модель FEA (Functional, Expressive, Aesthetic) для цифрового середовища. Встановлено, що успішний інклюзивний дизайн одягу вимагає синергії технічної бази (доступ до протезів), експресивних потреб (впевненість, автономія) та естетичних параметрів (фотореалізм, відхід від «медичного» вигляду).

Розроблено інтегральну формулу функціональності (F_{DAC}), яка поєднує модифіковану утилітарну складову з блоком психосоціальної реабілітації та технологічним ефектом візуалізації. Це підкреслює пріоритетність психологічного захисту адресного споживача над суто фізичними функціями швейного виробу.

Здійснено параметризацію потреб адресного споживача в середовищі САПР VStitcher, де теоретичні вимоги пов'язані з конкретними цифровими інструментами, такими як Tension & Pressure Maps (для аналізу тиску на куксу) та Animation Player (для візуалізації автономії при одяганні). Такий підхід реалізує концепцію «Zero Waste & Human-Centric Design», дозволяючи створювати ідеально підігнані адаптивні швейні вироби без фізичних примірок.

Перспективними напрямками розвитку тематики психофізіологічного дизайн-проекування цифрового адаптивного одягу є інтеграція з AR/VR та Метавесвітами. Цифровий адаптивний одяг дозволяє ветеранам з особливими потребами нівелювати фізичні обмеження у віртуальних середовищах. Перспективи включають: віртуальну автономію: розробку симуляторів-тренажерів, де користувач може відпрацьовувати навички самостійного одягання через віртуальні аватари.

Ще одним перспективним напрямком є реалізація концепції «Zero Waste & Human-Centric Design». Дослідження психофізіології у віртуальному просторі створює підґрунтя для економічно доцільного виробництва. Це дозволяє реалізувати персоналізований дизайн без численних фізичних примірок, що критично для маломобільних груп населення. Хмарна інтеграція (наприклад, через Stylezone) дозволить залучати споживача до процесу проєкування в режимі реального часу для отримання миттєвого фідбеку.

Також перспективною є формування нової етики інклюзивної моди. Розвиток тематики сприятиме переходу від сприйняття адаптивного одягу як «медичного виробу» до повноцінного fashion-сегменту, де інклюзивність є стандартом. Одяг майбутнього має фокусуватися на захисті психіки та соціальної інтеграції, транслюючи статус ветерана як активної особистості.

Ці напрями дозволять трансформувати цифрові моделі адаптивних швейних виробів з абстрактних 3D-об'єктів у реальні інструменти фізичної та психологічної реабілітації.

Література

1. Venkatesan S. Beyond barriers: A narrative review of disability and fashion / S. Venkatesan // World Journal of Advanced Research and Reviews, 2025, 26(03), 1843-1863 DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.26.3.2321>
2. Розроблення інформаційно-структурної моделі проєкування адаптивного одягу для людей з травматичними ураженнями кінцівок / О.М.Луцевська, Л.В.Буханцова, Л.В.Краснюк, Д.А. Ковальчук // Вісник ХНУ. Технічні науки. - 2025. - № 6. - С.1-16.
3. Adaptive clothing design: from focus group evaluation to functional prototypes / L. Bukhantsova, O. Lushevskaya, D. Kovalchuk, O. Zakharkevich, L. Krasniuk, O. Ditkovska, O. Yantsalovskyi, S. Kuleshova, G. Shvets // Fibres and Textiles. Online. 2025-10-03T08:12:56Z. ISSN 1335-0617. Dostupné z: <https://doi.org/10.15240/tul/008/2025-4-001>.
4. Evaluating psychological effects of amputation through virtual reality embodiment: a study on anxiety and body appreciation / Aina Manzano-Torra, Bruno Porras-Garcia and José Gutiérrez-Maldonado // Journal of Clinical Medicine, 2024, 13(23), 7079; <https://doi.org/10.3390/jcm13237079>
5. Rana M. R. I. Adaptive apparel for people with disabilities: A systematic literature review and future research agenda / M. R. I. Rana, K. McBee-Black, I. S. Swazan // International Journal of Consumer Studies. – 2024. – Volume 48. – Issue 3. – DOI: <https://doi.org/10.1111/ijcs.13057>
6. Lebedinska O. The strategy of ensuring the psychological comfort of adaptive rehabilitation garments / O. Lebedinska, S. Kuleshova, O. Lushevskaya, L. Bukhantsova, V. Tsisar // ARTTE. – 2024. – Vol 12 No 2 June. – P. 94-101. https://drive.google.com/file/d/1mPXpIOEa4_3_Zb7AboqXbxN4YIJJ735h/view
7. Digital methods in the development of adaptive clothing for people with disabilities / M. Irovan, L. Indrie, V. Frunze, E. Florea-Burduja, A. Raru // Industria Textila. Special issue on Digital transformation. 2023, vol. 74, no. 1. DOI: 10.35530/IT.074.01.202295
8. Assistive Devices and Clothing: Exploring Adaptive Clothing Needs for Women with Lower Limb Prostheses Using the FEA Model / Mastourah Al Asmari, Mirahan Farag Zedan // Open Journal of Applied Sciences, 2024, 14, 2901-2922 <https://www.scirp.org/journal/ojapps>
9. Chae M. Gender differences in adaptive clothing: applying functional, expressive, and aesthetic (FEA) needs of people with movement impairments // International Journal of Fashion Design, Technology and Education. – 2022. – 15(3). – P. 360–370. <https://doi.org/10.1080/17543266.2022.2071468>
10. Application of the Functional, Expressive and Aesthetic Consumer Needs Model: assessing the clothing needs of adolescent girls with disabilities / Bailey Stokes & Catherine Black // International Journal of Fashion Design, Technology and Education Vol 5, No 3
11. Adaptive clothing design for injured people / L. Bukhantsova, O. Lushevskaya, D. Kovalchuk, O. Zakharkevich, L. Krasniuk, Y. Koshevko, O. Khasanova and O. Bazylchuk // Fibres and Textiles 31(3-4), 2024, 21-31. DOI: 10.15240/tul/008/2024-3/4-003. http://vat.ft.tul.cz/2024/3_4/VaT_2024_3_4_3.pdf.

12. Мица В. Функції одягу та вимоги до якості: від фізичного до цифрового / В. Мица, О. Домбровська // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 2025. 347(1), 256-262. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-34>
13. Аналітичний огляд сучасного стану напрацювань з проєктування адаптивних реабілітаційних виробів / С. Кулешова, О. Лушчевська, О. Лебединська, О. Слободенюк, Д. Ковальська // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2023. – 319 (2). 181-188. DOI 10.31891/2307-5732-2023-319-1-181-188 <https://heraldts.khmnmu.edu.ua/index.php/heraldts/article/view/795/812>
14. Проєктування функціонального одягу для пацієнтів лікарень із врахуванням умов його експлуатації / О. В. Колосніченко, К. Л. Пашкевич, Н. В. Остапенко, Н. Р. Люклян, М. В. Колосніченко // Art and design. – 2022. – №3(19). – С. 72–87. – DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2022.3.6>
15. Ковальчук Д.А. Оцінювання емоційного стану користувачів адаптивного спортивного одягу для осіб з протезуванням // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, 20 листопада 2025 р. – Хмельницький: ХНУ, 2025. С. 119 – 124.
16. Kuleshova S. Improvement of the methodology for assessing the clothing psychological comfort using semantic differential / S. Kuleshova, O. Zakharkevich, Y. Koshevk, G. Shvets // Vlákna a textile. – 2021. – № 28(1). – P. 45-55.
17. Лебединська О. П. Удосконалення процесів проєктування адаптивних виробів для жінок молодшої вікової групи в художній системі «Колекція» в стилі Sport-casual : кваліфікаційна робота магістра : 182 Технології легкої промисловості / О. П. Лебединська ; Хмельниц. нац. ун-т. – Хмельницький, 2023. – 90 с. URI <https://elar.khmnmu.edu.ua/handle/123456789/15452>
18. Google Gemini [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gemini.google.com/> (Дата звернення: 2.01.2026).

References

1. Venkatesan S. Beyond barriers: A narrative review of disability and fashion / S. Venkatesan // World Journal of Advanced Research and Reviews, 2025, 26(03), 1843-1863 DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.26.3.2321>
2. Rozroblennia informatsiino-struktornoj modeli proiektuvannia adaptivnoho odiahu dlia liudei z travmatychnymy urazhenniamy kintsivok / O.M.Lushchevska, L.V.Bukhantsova, L.V.Krasniuk, D.A. Kovalchuk // Visnyk KhNU. Tekhnichni nauky. - 2025. - № 6. - S.1-16.
3. Adaptive clothing design: from focus group evaluation to functional prototypes / L. Bukhantsova, O. Luschevska, D. Kovalchuk, O. Zakharkevich, L. Krasniuk, O. Ditkovska, O. Yantsalovskyi, S. Kuleshova, G. Shvets // Fibres and Textiles. Online. 2025-10-03T08:12:56Z. ISSN 1335-0617. Dostupne z: <https://doi.org/10.15240/tul/008/2025-4-001>.
4. Evaluating psychological effects of amputation through virtual reality embodiment: a study on anxiety and body appreciation / Aina Manzano-Torra, Bruno Porras-Garcia and José Gutiérrez-Maldonado // Journal of Clinical Medicine, 2024, 13(23), 7079; <https://doi.org/10.3390/jcm13237079>
5. Rana M. R. I. Adaptive apparel for people with disabilities: A systematic literature review and future research agenda / M. R. I. Rana, K. McBee-Black, I. S. Swazan // International Journal of Consumer Studies. – 2024. – Volume 48. – Issue 3. – DOI: <https://doi.org/10.1111/ijcs.13057>
6. Lebedinska O. The strategy of ensuring the psychological comfort of adaptive rehabilitation garments / O. Lebedinska, S. Kuleshova, O. Luschevska, L. Bukhantsova, V. Tsisar // ARTTE. – 2024. – Vol 12 No 2 June. – P. 94-101. https://drive.google.com/file/d/1mPXpIOEa4_3_Zb7AboqXbxN4YIJJ735h/view
7. Digital methods in the development of adaptive clothing for people with disabilities / M. Irovan, L. Indrie, V. Frunze, E. Florea-Burduja, A. Raru // Industria Textila. Special issue on Digital transformation. 2023, vol. 74, no. 1. DOI: 10.35530/IT.074.01.202295
8. Assistive Devices and Clothing: Exploring Adaptive Clothing Needs for Women with Lower Limb Prostheses Using the FEA Model / Mastourah Al Asmari, Mirahan Farag Zedan // Open Journal of Applied Sciences, 2024, 14, 2901-2922 <https://www.scirp.org/journal/ojapps>
9. Chae M. Gender differences in adaptive clothing: applying functional, expressive, and aesthetic (FEA) needs of people with movement impairments // International Journal of Fashion Design, Technology and Education. – 2022. – 15(3). – P. 360–370. <https://doi.org/10.1080/17543266.2022.2071468>
10. Application of the Functional, Expressive and Aesthetic Consumer Needs Model: assessing the clothing needs of adolescent girls with disabilities / Bailely Stokes & Catherine Black // International Journal of Fashion Design, Technology and Education Vol 5, No 3
11. Adaptive clothing design for injured people / L. Bukhantsova, O. Luschevska, D. Kovalchuk, O. Zacharkevich, L. Krasniuk, Y. Koshevk, O. Khasanova and O. Bazylchuk // Fibres and Textiles 31(3-4), 2024, 21-31. DOI: 10.15240/tul/008/2024-3/4-003. http://vat.ft.tul.cz/2024/3_4/VaT_2024_3_4_3.pdf.
12. Mytsa V. Funktsii odiahu ta vymohy do yakosti: vid fizychnoho do tsyfrovoho / V. Mytsa, O. Dombrovska // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 2025. 347(1), 256-262. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-34>
13. Analitichnyi ohliad suchasnoho stanu napratsiuvan z proiektuvannia adaptivnykh rehabilitatsiinykh vyrobiv / S. Kuleshova, O. Lushchevska, O. Lebedynska, O. Slobodienuk, D. Kovalska // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. – 2023. – 319 (2). 181-188. DOI 10.31891/2307-5732-2023-319-1-181-188 <https://heraldts.khmnmu.edu.ua/index.php/heraldts/article/view/795/812>
14. Proiektuvannia funktsionalnoho odiahu dlia patsiientiv likaren iz vrakhuvanniam umov yoho ekspluatatsii / O. V. Kolosnichenko, K. L. Pashkevych, N. V. Ostapenko, N. R. Liuklian, M. V. Kolosnichenko // Art and design. – 2022. – №3(19). – S. 72–87. – DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2022.3.6>
15. Kovalchuk D.A. Otsiniuvannia emotsiinoho stanu korystuvachiv adaptivnoho sportyvnoho odiahu dlia osib z protezuvanniam // Resursovberihaiuchi tekhnolohii lehkoi, tekstylnoi i kharchovoi promyslovosti: zbirnyk tez dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh ta studentiv, 20 lystopada 2025 r. – Khmelnytskyi: KhNU, 2025. S. 119 – 124.
16. Kuleshova S. Improvement of the methodology for assessing the clothing psychological comfort using semantic differential / S. Kuleshova, O. Zakharkevich, Y. Koshevk, G. Shvets // Vlákna a textile. – 2021. – № 28(1). – P. 45-55.
17. Lebedynska O. P. Udoskonalennia protsesiv proiektuvannia adaptivnykh vyrobiv dlia zhinok molodshoi vikovoi hrupy v khudozhnii systemi «Kolektsiia» v styli Sport-casual : kvalifikatsiina robota mahistra : 182 Tekhnolohii lehkoi promyslovosti / O. P. Lebedynska ; Khmelnyts. nats. un-t. – Khmelnytskyi, 2023. – 90 s. URI <https://elar.khmnmu.edu.ua/handle/123456789/15452>
18. Google Gemini [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://gemini.google.com/> (Data zvernennia: 2.01.2026).