

FASHION
INDUSTRY

ІНДУСТРІЯ
МОДИ
UKRAINE

№2. 2026



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

Індустрія моди. Fashion Industry

№ 2, 2026 / Issue 2, 2026
DOI: 10.30857/2706-5898.2026.2

Наукове фахове видання / Scientific Specialized Edition

Періодичність виходу: 4 разів на рік / Issued: 4 times a year

Дата заснування / Founded: 1921 р.

Київ / Kyiv 2026

Засновником видання «Індустрія моди. Fashion Industry» є

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Фаховий науково-виробничий журнал «Індустрія моди. Fashion Industry» – це єдине інформаційне видання галузі, історія якого почалась з назви "Легка промисловість" і було інформаційним флагманом легкої промисловості. Журнал «Індустрія моди. Fashion Industry» є його правонаступником, тому буде послідовно і віддано продовжувати його традиції. Українською мовою журнал видається з 1960 року.

№ 2, 2026

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого ЗМІ: Серія КВ №23909-13749Р від 19.04.2019 р.

Журнал зареєстровано як суб'єкт у сфері друкованих медіа – ідентифікатор R30-07201 (Рішення Національної Ради від 09.04.2026 р. №1033).

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 993 від 24.07.2002 р.

Журнал входить до переліку наукових фахових видань України згідно Наказу Міністерства освіти та науки України №1471 від 26.11.20) до категорії Б за наступними спеціальностями:

132 – Матеріалознавство

161 – Хімічні технології та інженерія

182 – Технології легкої промисловості

ISSN: 2706-588X
e ISSN: 2706-5898

Журнал зареєстровано в Міжнародному центрі періодичних видань (ISSN International Centre, Париж, Франція)

Журнал реферується та індексується у наступних міжнародних базах даних: Національна бібліотека України ім.В.І. Вернадського, Google Scholar, Репозитарій КНУТД, ІАС «Українська наукова періодика», Crossref

Засновник і видавець:

Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, 01011, м. Київ, вул. Мала Шияновська, 2

Головний редактор:

Остапенко Наталія Валентинівна – докторка технічних наук, професорка, Лауреат Національної премії України імені Бориса Патона, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

**Заступник
головного редактора:**

Колосніченко Марина Вікторівна – докторка технічних наук, професорка, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

**Відповідальний
редактор:**

Редько Яна Володимирівна – докторка технічних наук, професорка, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Фаховий науково-виробничий журнал «Індустрія моди. Fashion Industry» є періодичним виданням, в якому публікуються наукові, науково-популярні, науково-навчальні, науково-методичні, науково-публіцистичні, оглядові та інформаційні статті щодо потенціалу та тенденцій розвитку ринку індустрії моди, текстильної промисловості та суміжних галузей, а також рекламні матеріали.

Журнал «Індустрія моди» створено з метою: інформування про стан та умови розвитку індустрії моди та суміжних галузей; публікування статей, що розкривають сучасний стан наукових знань у галузі; інформаційного супроводу діяльності підприємств галузі.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

01011, м. Київ, вул. Мала Шияновська, 2, корп. 1, к. 1-0295

тел./факс: +38 (044) 280-75-52

e-mail: im@knu.edu.ua; <https://im.knu.edu.ua>

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну, протокол № 10 від 29.05.2026 р.

Матеріали друкуються мовою оригіналу. Відповідальність за переклад, достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв, назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей. Переклади та переклади статей дозволяються лише за згодою автора (-ів) та редакції.

The owner of "Індустрія моди. Fashion Industry" is

KYIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

The specialized scientific and industrial journal "Fashion Industry" is the only dedicated information publication in the sector, with a history dating back to 1921, when it was founded under the title "Light Industry" and served as a leading information platform for the light industry.

The journal "Fashion Industry" is its legal successor and will consistently and faithfully continue its established traditions. The journal has been published in Ukrainian since 1960.

Issue 2, 2026

The state registration of print media is: Certificate KB №23909–13749P, dated on 18 April 2019.

The magazine is registered as an entity in the field of print media – identifier R30-07201 (Decision of the National Council dated April 9, 2026 No. 1033).

License for publishing activity is ДК №993, originating date 24.07.2002.

The journal is included in the List of Scientific Professional Publications of Ukraine in accordance with the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 1471 dated November 26, 2020, and is classified under Category B in the following specialties:

132 – Materials Science

161 – Chemical Technologies and Engineering

182 – Light Industry Technologies

ISSN: 2706-588X
e ISSN: 2706-5898

The journal is registered in ISSN International Centre, Paris.

The journal is abstracted and indexed in the V. I. Vernadsky National Library of Ukraine, Google Scholar, Repository of Kyiv National University of Technologies and Design, Information and Analytical System Ukrainian Scientific Periodicals, and Crossref.

Owner and Publisher:

Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, 01011, Kyiv, 2, Mala Shyianovska Str.

Editor-in-Chief:

Ostapenko Natalia – Doctor of Technical Sciences, Professor, Laureate of the National Prize of Ukraine named after Boris Paton.

Deputies Editor-in-Chief:

Kolosnichenko Maryna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Laureate of the State Prize of Ukraine in the field of science and technology.

Executive Editor:

Redko Yana – Doctor of Technical Sciences, Professor.

The specialized scientific and industrial journal "Fashion Industry" is a periodical publication that features scientific, popular science, educational, methodological, analytical, review, and informational articles addressing the potential and development trends of the fashion industry market, the textile industry, and related sectors, as well as promotional materials.

The journal "Fashion Industry" was established with the aim of: providing information on the current state and development conditions of the fashion industry and related fields; publishing articles that reflect the current state of scientific knowledge in the field; and supporting the informational needs of industry enterprises.

EDITORIAL OFFICE:

01011, Ukraine, Kyiv, 2, Mala Shyianovska Str., office 1-0295

Tel./fax: +38 (044) 280-75-52

e-mail: im@knutd.edu.ua; <https://im.knutd.edu.ua>

Recommendations from Science Council of Kyiv National University of Technologies and Design, Protocol № 10 originating date 29.05.2026.

Articles are published in the original language. The authors are responsible for the translation, authenticity of facts, quotations, proper names, geographic names, names of enterprises and other information. The Editorial Office's and author's consent is needed prior to republishing or translating the articles.

ВІДОМОСТІ ПРО ЧЛЕНІВ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ
фахового науково-виробничого журналу
«Індустрія моди. Fashion Industry»

Остапенко Наталія Валентинівна – докторка технічних наук, професорка, декан факультету мистецтв і моди, Лауреат Національної премії України імені Бориса Патона, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *головний редактор*; ORCID 0000-0002-3836-7073, Scopus ID: 57191843580.

Колосніченко Марина Вікторівна – докторка технічних наук, професорка, професорка кафедри моди та стилю, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *заступник головного редактора*; ORCID 0000-0003-0020-3214, Scopus ID: 24076493500.

Редько Яна Володимирівна – докторка технічних наук, професорка, професорка кафедри технологій моди, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *відповідальний редактор*; ORCID 0000-0001-7284-6898, Scopus ID: 14058988300.

Галавська Людмила Євгеніївна – докторка технічних наук, професорка, начальник науково-дослідної частини, Лауреат Національної премії України імені Бориса Патона, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна; ORCID 0000-0002-6994-6641, Scopus ID: 57200291293.

Гараніна Ольга Олександрівна – докторка технічних наук, професорка, завідувачка кафедри технології моди, Лауреат Національної премії України імені Бориса Патона, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна; ORCID 0000-0002-4715-3851, Scopus ID: 57204472215.

Первая Наталія Володимирівна – докторка технічних наук, професорка, професорка кафедри технології моди, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна; ORCID 0000-0002-5086-3926, Scopus ID: 57208470971.

Колосніченко Олена Володимирівна – докторка мистецтвознавства, професорка, професорка кафедри моди та стилю, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна; ORCID 0000-0001-5665-0131, Scopus ID: 55791007500.

Панасюк Ігор Васильович – доктор технічних наук, професор, декан факультету інженерії та інформаційних технологій, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна; ORCID 0000-0001-6671-4266, Scopus ID: 57219251131.

Залобовський Марк Геннадійович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри механічної інженерії, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна; ORCID 0000-0002-9183-2771, Scopus ID: 57216820108.

Кулешова Світлана Геннадіївна – докторка технічних наук, професорка, завідувачка кафедри технології і конструювання швейних виробів, Хмельницький національний університет, Україна; ORCID 0000-0003-2361-2950, Scopus ID: 57195260301.

Рябчиков Микола Львович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технологій легкої промисловості, Луцький національний технічний університет, Україна; ORCID 0000-0002-9382-7562, Scopus ID: 54405773500.

Синюк Олег Миколайович – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, Хмельницький національний університет, Україна, ORCID 0000-0002-9615-0729, Scopus ID: 57216753943.

Щербань Юрій Юрійович – доктор технічних наук, професор, заступник директора з академічних питань та інформатизації, Київський фаховий коледж прикладних наук, Україна, ORCID 0000-0001-5024-8387, Scopus ID: 57216948016.

Daiva Mikucioniene – PhD, Full Professor, заступник декана з наукової роботи факультету механічної інженерії та дизайну, Каунаський технологічний університет технологій, Литва, ORCID 0000-0002-2219-2643, Scopus ID: 11439797000.

Tatjana Spahiu – PhD, Associated Prof., керівник навчальної групи «Технологія та дизайн одягу», Політехнічний університет Тирани, Албанія; ORCID: 0000-0002-8959-6677, Scopus ID: 57197814827.

Vladimir Bajzik – PhD, Associated Prof., декан факультету текстильної інженерії, Технічний університет м. Ліберець, Чеська Республіка, ORCID 0000-0002-0390-0755, Scopus ID: 6602491651.

Ján Kosiba – PhD, doc. Ing., заступник декана факультету інженерії, Словацький університет сільськогосподарства у м. Нітра, Словацька Республіка, ORCID 0000-0002-4213-6374, Scopus ID: 36486690100.

Pavol Liptai – PhD, Associated Prof., доцент факультету матеріалів, металургії та переробки, Кошицький технічний університет, Словацька Республіка, ORCID 0000-0001-8197-6627, Scopus ID: 56006964600.

ЗМІСТ

1.	Остапенко Н., Третьякова Л., Бородина Н. База даних інформаційної системи вибору засобів індивідуального захисту	6
2.	Арабулі С., Галавська Л., Свидло О., Арабулі А. Сучасна концепція дизайн-технологічного проектування одягу для захисту від електромагнітного випромінювання УФ діапазону	24
3.	Дворжак В., Рубанка М., Залюбовський М., Воляник О., Кошель С. Застосування маніпуляторів промислових роботів на підприємствах легкої промисловості	33
4.	Кравченко К., Лозовенко С., Білоцька Л., Водзінська О. Використання алгоритмів штучного інтелекту та Google Colab для автоматизації розрахунку кусків матеріалів у настили	41
5.	Мамченко Я., Гавриш Л., Навольська Л., Олійник Г. Теоретико-методологічні основи проектування захисного комплексу військового льотчика	50
6.	Бойко Г., Мережко Н., Головенко Т. Декоративна вишивка як інструмент формування естетичних і експлуатаційних властивостей конопляного текстильного матеріалу для деталей верху взуття	61

TABLE OF CONTENTS

1.	Ostapenko N., Tretiakova L., Borodina N. Database of the information system for selecting personal protective equipment	6
2.	Arabuli S., Halavska L., Svydlo O., Arabuli A. Modern concept of design and technological engineering of clothing for protection against electromagnetic radiation in the UV range	24
3.	Dvorzhak V., Rubanka M., Zaliubovskyi M., Volianyk O., Koshel S. Application of industrial robot manipulators at light industry enterprises	33
4.	Kravchenko K., Lozovenko S., Bilotska L., Vodzinska O. Use of artificial intelligence algorithms and Google Colab for automating the calculation of material pieces into spreads	41
5.	Mamchenko Ya., Havrish L., Navolska L., Oliinyk H. Theoretical and methodological foundations of designing a protective kit for a military pilot	50
6.	Boiko H., Merezhko N., Holovenko T. Decorative embroidery as a tool for shaping the aesthetic and performance properties of hemp textile material for footwear upper components	61

Стаття надійшла до редакції /
Received 17.02.2026

Прийнята до друку /
Accepted 12.03.2026

Опубліковано /
Published 29.05.2026

УДК 681.518:658.589
<https://doi.org/10.30857/2706-5898.2026.2.1>

ОСТАПЕНКО НАТАЛІЯ

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

e-mail: ostapenko.nv@knuud.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-3836-7073>

ТРЕТЯКОВА ЛАРИСА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського», Україна

e-mail: loratr79@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5244-746X>

БОРОДИНА НАТАЛІЯ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського», Україна

e-mail: borodina.nataliia@edu.kpi.ua

<https://orcid.org/0000-0002-5942-5658>

БАЗА ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Мета. Розробка бази даних за видами засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) на підставі узагальнення та систематизації показників захисту, ергономічності, надійності, умов вибору та використання. Головним критерієм вибору ЗІЗ є скерованість на мінімізацію ризиків виникнення нещасних випадків на виробництві.

Методи. База даних призначена до організованого належним способом накопичення та збереження певних видів інформації, від початкової до вихідної, яку отримано за результатами пошуку та розрахунків. Запропонована база даних реляційного типу, модель якої забезпечує набір взаємозв'язків, цілісність інформації та математичні методи її обробки. Для реалізації формалізованого підходу використано елементи факторного та кластерного аналізу.

Результати. У статті сформульовано основні положення до проектування бази даних, як основного складника інформаційно-пошукової системи вибору засобів індивідуального захисту. Визначено складові елементи системи індивідуального захисту, сформовано показники, вимоги та обмеження за критеріями, які встановлено в нормативних документах. Це дало можливість запропонувати структуру бази даних, як основного складника інформаційно-пошукової системи вибору засобів індивідуального захисту.

Сформовано групи показників за функціональною ознакою, характеристиками їх різновидів, конструктивними елементами зі вказівкою можливих додаткових ризиків у використанні. Встановлено, що ефективність вибору ЗІЗ базується на аналізі результатів моніторингу умов праці безпосередньо на робочих місцях та визначено основні показники моніторингу. Згруповано різновиди ЗІЗ за призначенням, професійною спрямованістю, їх комплектністю та умовами використання. Виокремлено найпоширеніший вид ЗІЗ – захисний одяг, проаналізовано його композиційний і конструктивно-технологічний устрій та додаткові вироби, які посилюють захисні властивості.

Наукова новизна. Наукове обґрунтування створення інформаційної бази даних полягає в потребі класифікувати, узгодити та прогнозувати доцільність вибору ЗІЗ залежно від видів і рівнів ризиків, показників умов праці та індивідуальних особливостей працівників. Класифікація ЗІЗ здійснена на підставі факторного аналізу показників, які визначають ефективність використання ЗІЗ, та їх кластерному об'єднанню. Це дало можливість об'єднати ЗІЗ в однорідні групи на підставі схожості їхніх характеристик.

Практична значимість. Запропонована база даних реляційного типу призначена до створення інформаційно-пошукової системи. Результати досліджень скеровані на зберігання та поширення інформації про захисні вироби та композиційно-конструктивні складники захисних комплектів.

Запропонована база даних сприяє розробці удосконалених інформаційних систем з метою надання розширеної інформації до реалізації та використання новітніх видів ЗІЗ. Впровадження результатів досліджень забезпечить наукову підтримку для вирішення широкого класу завдань, пов'язаних зі зниженням рівня професійного ризику на виробництві.

Ключові слова: систематизація; моніторинг; умови праці; надійність; ризик у використанні; захисний одяг.

DATABASE OF THE INFORMATION SYSTEM FOR SELECTING PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

OSTAPENKO NATALIYA¹, TRETIKOVA LARISA², BORODINA NATALIYA²

¹Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

²National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

Purpose. The objective is to develop a database of PPE (personal protective equipment) types based on the generation and systematization of indicators related to protection, ergonomics, reliability, and the conditions for their selection and use. The main criteria for choosing PPE are the focus on minimizing the risks of accidents at work.

Methodology. The database is intended for the structured accumulation and storage of specific types of information, ranging from initial to output data obtained through searches and calculations. The proposed database is of a relation type, with a model that ensures a system of interconnections, information integrity, and the application of mathematical methods for data processing. Elements of factor and cluster analysis were used to implement the formalized approach.

Results. The article outlines the key principles for designing a database as a core component of an information-retrieval system for selecting personal protective equipment. The structural elements of the personal protection system are identified, and indicators, requirements, and constraints are defined in accordance with the criteria established in regulatory documents. Groups of indicators are organized according to their functional characteristics, the features of their variants, and their structural components, with attention to protentional additional risks associated with their use. It is establishing that the effectiveness of PPE selection is grounded in the analysis of workplace condition monitoring results and the main monitoring indicators are identified. Types of PPE are classified according to their purpose, professional application, completeness, and conditions of use. The most common type of PPE (protecting clothing) is examined in detail, including its compositional and structural-technological design, as well as supplementary items that enhance its protective properties.

Scientific novelty. The scientific rationale for developing an information database lies in the need to classify, harmonize, and forecast the appropriateness of selecting PPE depending on the types and risk levels, workplace condition indicators, and the individual characteristics of workers. The classification of PPE was carried out on the basis of a factor analysis of indicators that determine the effectiveness of the use of PPE, and their cluster combination. This made it possible to combine PPE into homogeneous groups based on the similarity of their characteristics.

Practical value. The proposed relational-type database is intended to serve as the foundation for an information-retrieval system. The research results are aimed at preserving and disseminating information on protective products and the compositional – structural components of protective ensembles. The developed database supports the creation of advanced information systems designed to provide expanded data for the implementation and use of modern types of PPE. Implementing research results will provide scientific support for solving a wide range of tasks related to reducing occupational risk in production.

Keywords: systematisation; monitoring, working conditions, reliability, risk in use, protective clothing.

Вступ. Наявна тенденція до розроблення та застосування різноманітних видів і типів засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) з використанням високотехнологічних матеріалів, сучасних технологій виготовлення та методів проектування

зумовлюють розробку інформаційних систем спеціального призначення задля зберігання та поширення інформації про захисні вироби та композиційно-конструктивні складники захисних комплектів.

Відповідно до діючого законодавства обов'язки щодо вибору ЗІЗ покладено на представників вищого менеджменту організації, належне виконання яких дає змогу зменшити ризики виникнення нещасних випадків і підвищити безпеку праці [1]. Галузеві норми видачі ЗІЗ, у яких наведено мінімальний перелік часто застарілих видів ЗІЗ, сформовано на апріорних уявленнях, без глибинних наукових обґрунтувань, визначених методів вибору та критеріїв оцінки ефективності їх використання. Щорічна інформація стосовно виникнення нещасних випадків під час виробничої діяльності свідчить, що одна з основних їх причин – недосконалість, низька ефективність, невідповідність захисних властивостей рівням ризику та відмова від невикористання ЗІЗ. З-поміж причин виникнення нещасних випадків невідповідність ЗІЗ становить до десяти відсотків [2].

Нині не сформульовано загального підходу щодо комплексного вибору ЗІЗ, а рівень теоретико-методологічного забезпечення обмежено впливає на практичне розв'язання зазначених завдань. Прийняття рішень представником вищого менеджменту під час вибору системи індивідуального захисту поряд з відповідальністю за здоров'я та працездатність працівників, пов'язано з суттєвими матеріальними витратами. Як показують щорічні звіти підприємств, на придбання ЗІЗ витрачається до 80% від загальних кошторису на охорону праці [3]. Це є підставою до прийняття обґрунтованих управлінських рішень, які впливають на результативність господарської діяльності.

Системи індивідуального захисту працівників належать до складної організаційної системи з великою кількістю підсистем, елементів і взаємозв'язків між ними. Це зумовлено видами надання інформації про окремі складники системи, які мають поряд з кількісними дискретними параметрами багато виразів у вигляді нерівності, ймовірних та логічних змінних. Приведення до одного рішення складників різного виду можна реалізувати на підставі створення інформаційної автоматизованої системи. Сучасні інформаційні та комунікаційні технології дають можливість створити

стійку надійну систему обміну інформацією в управлінні безпекою, а також забезпечити узгодження управлінських рішень та фінансових операцій з розподілу ресурсів на охорону праці [4]. Такий підхід дає можливість структурувати проблему, виокремити основні та додаткові цілі, оцінити альтернативи щодо досягнення поставлених цілей та проаналізувати прийняті рішення.

Створення автоматизованої інформаційної системи, яка містить інформаційну базу (банк) даних, програми реалізації математичних методів оцінки та прогнозування, передбачає участь у ході обробки інформації людини та комп'ютерних засобів. Основною функцією інформаційної системи є збереження великого обсягу даних та їх постійне оновлення. База даних призначена до організованого належним чином накопичення та збереження певних видів інформації, зазвичай від початкової до вихідної, яку отримано за результатами пошуку та розрахунків. Від професійного відбору та повноти інформації, яку розміщено в базі даних, залежить обґрунтованість рішень під час вибору ЗІЗ. Створення та формалізація бази даних, яка є важливішим елементом будь-якої інформаційної системи, є основним завданням діяльності фахівців в галузі дизайну та швейного виробництва. Наукове обґрунтування під час створення інформаційної бази даних полягає в потребі класифікувати, узгодити та прогнозувати доцільність вибору ЗІЗ залежно від рівнів ризиків, показників умов праці та індивідуальних особливостей працівників. Бази даних доцільно створювати за професійним призначенням або за окремими видами ЗІЗ. Як свідчить теоретичний аналіз та практичний досвід авторів, вирішити ефективно такі завдання можливо під час об'єднання діяльності фахівців і досконалої інформаційної системи.

Актуальність теми зумовлена нагальною потребою в забезпеченні працівників новітніми надійними ЗІЗ, які в змозі обмежити вплив окремих або комплексу небезпек під час одночасного їх впливу до прийнятного рівня.

Аналіз попередніх досліджень. Асортимент та якісні показники сучасних

виробів захисного призначення безперервно розширюється та удосконалюється. За останні роки зростає спрямованість національних стандартів на поліпшення стану безпеки праці відповідно до Європейських норм. Необхідно відзначити, що в країнах Європейського Союзу система безпеки праці розглядається як важливий та обов'язковий компонент загальної системи управління виробництвом, який спрямовано на створення безпечних та нешкідливих умов праці [5]. З'явилось розуміння, що відсутність високого рівня безпеки та охорони здоров'я призводить до відсутності на робочих місцях кваліфікованих працівників через нещасні випадки чи професійні захворювання, що впливає на соціально-економічні витрати. Економічні збитки виникають безпосередньо на підприємстві та позначаються на відповідних системах соціального забезпечення та державних фінансах [6].

У статті [7] оцінювалися кілька способів зниження рівнів професійних ризиків. Визначено, що застосуванням ЗІЗ у поєднанні з навчанням працівників і відповідним адміністративним контролем дає кращі результати порівняно з традиційними методами управління охороною праці в організації. Підкреслено, що результативність цих заходів залежить від компетентності посадових осіб, які здійснюють контроль, а також від правильного вибору захисних виробів, їх належного підбору, постійного носіння та належного обслуговування.

Результати дослідження, які наведено в статті [8] засвідчили, що правильний підбір ергономічних ЗІЗ, навчання та тренінги працівників щодо використання ЗІЗ, підвищують безпеку праці, зменшують динаміку виникнення нещасних випадків під час виконання складних завдань.

Питанням удосконалення методів проектування, виготовлення та систематизації ЗІЗ присвячено низку монографій, в яких сформульовано та вирішено базові завдання та способи створення вискоелективних засобів захисту працівників [9–11]. Новітні методи проектування ЗІЗ орієнтуються на використання комп'ютерних тримірних моделей сканування тіла та голови людини.

Автори статті [12] використали 3D сканер тіла для розрахунку відстані та об'ємів повітряних прошарків між шарами одягу пожежників та отримали обґрунтовані рекомендації для дизайнерів на розміри припусків для плечових виробів. Це дає можливість покращити повітропроникність костюма пожежника та призвести до потенційного зниження випадків теплового перенапруження.

Особливість проектування ЗІЗ органів дихання полягає в змінності у широкому діапазоні багатьох параметрів: антропометричних характеристик обличчя людини; мінливості показників умов праці; зміни у фізіологічному та ментальному станах людини, яка використовує ЗІЗ. 3D модель голови використана до моделювання різних форм лицевої маски, обчислення контуру обтюратора маски, площі контакту з обличчям і смуги обтюратора [13]. Отримані данні дають можливість розробити рекомендації для дизайнерів щодо форми та елементів респіратора, перевірити захисні властивості дослідного зразку, що буде сприяти збільшенню тривалості виконання робіт без негативних наслідків.

Актуальній проблемі зменшення небезпек для користувачів ЗІЗ та обмеженням додаткових ризиків, виникнення яких спричинено недосконалістю у проектуванні та виготовленні, присвячено низку статей. Більшість захисних комплектів, які складаються з окремих ЗІЗ, за своїми властивостями є ізолювальними або герметичними, що створює додаткове статичне навантаження, погіршує теплообмінні процеси. Вочевидь процеси теплообміну між людиною та навколишнім середовищем часто є визначальними для тривалості безперервної роботи, продуктивності праці та стану здоров'я людини. У статті [14] проаналізовано вплив на здоров'я працівників виконання робіт у різних видах захисного одягу (ЗО) з системами охолодження та без них. Підкреслено, що охолодження після 15 хв роботи з високою інтенсивністю суттєво покращує фізичний стан працівників і сприяє виконанню складних завдань. Порушення теплового стану працівників у ЗІЗ за зовнішньої температури більш як

30 °C призводить до зниження продуктивності праці та спричиняє виникнення нещасних випадків [15]. Автори статті [16] запропонували нову конструкцію охолоджуючого жилету у комплекті з ЗІЗ, який зменшує тепловий стрес, не збільшуючи метаболічних потреб під час робіт за підвищених температур. Використання таких видів захисних комплектів дає можливість збільшити тривалість виконання робіт в умовах теплових впливів, що важливо під час робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

У статті [17] розглянуто проблеми використання комплектів ЗО та респіраторів. Відомо, що респіратори створюють додаткові ризики для працівників через зростання опору дихання. Автори проаналізували три види респіраторів і дійшли висновку, що через зростання опору дихання погіршується тепловий стан працівників, зменшується працездатність, що призводить до відмов у використанні розглянутих моделей респіраторів.

Актуальні питання щодо потреби у інноваційному розвитку методів проектування та виробництва захисних виробів в Україні розглянуті в [18]. Автори наголошують, що за наявності певного виробничого потенціалу розвитку, нагальними проблемами стають автоматизація та комп'ютеризація таких процесів.

У статті [19] проаналізовано основний асортимент ЗО та запропоновано способи систематизації окремих елементів за різними класифікаційними угрупованнями, описано їх функціонально-конструктивні особливості, запропоновано варіанти розміщення та технологічні особливості їх виготовлення. Запропонована структура бази даних призначена до інформаційної системи проектування, використання якої дає змогу вибрати та адаптувати окремі елементи швейних виробів під потреби певної професійно-службової виробничої діяльності.

Наведений огляд літературних джерел показує різноманіття проблем, які виникають у ході проектування та застосування ЗІЗ. Незважаючи на вимоги, які наведено в нормативних документах,

прийнятих в постанові роки щодо реалізації безпечних і нешкідливих умов праці та зменшення ризиків виникнення нещасних випадків, працедавці не в змозі забезпечити прийнятний рівень індивідуального захисту також через відсутність відповідної інформації. Для заповнення цієї прогалини зростає потреба у розробці інформаційних систем з метою надання розширеної новітньої інформації для реалізації досконалих ЗІЗ.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є розробка бази даних за видами ЗІЗ на підставі узагальнення та систематизації показників захисту, ергономічності, надійності, умов вибору та використання. Головним критерієм вибору ЗІЗ є скерованість на зменшення ризику виникнення нещасних випадків на виробництві.

Результати дослідження та їх обговорення. Інформаційна система розглядається як середовище, в якому впроваджено автоматизовану обробку інформації у поєднанні з телекомунікаційними системами. Електронна інформаційна система окрім участі певних виконавців (оператор і програмісти) передбачає вибір технічної платформи, програмного забезпечення, бази даних, яка перебуває в ході безперервного змінення та корегування. Авторами розроблено окремі інформаційні системи ЗІЗ, які можна поділити за критерієм призначення, а саме інформаційно-довідкові та інформаційно-пошукові системи професійного спрямування [20, 21]. Для створення бази даних використано систему реляційного типу, в якій дані зберігаються в табличному вигляді, у кожному рядку наведено окремий показник, а стовпці містять характеристики цього показника.

Вибір елементів системи індивідуального захисту охоплює два основних етапи:

1 етап – аналіз доцільності застосування ЗІЗ, який базується на результатах моніторингу умов праці на робочих місцях з подальшим визначенням небезпек та оцінюванням ризиків;

2 етап – безпосередній персональний вибір та умови застосування ЗІЗ працівниками під час визначеної діяльності.

Використання та заміна ЗІЗ відбуваються безперервно, в той же час наявна система планування, обліку та звітності передбачає змінення показників господарської діяльності підприємства одноразово кожного календарного року. Відповідно вибір ЗІЗ потрібно здійснювати у перспективі, беручи до уваги чималі витрати на їх закупівлю. Прийняття управлінських рішень щодо формування системи захисту передбачає використання математичних методів: експертних оцінок; факторного аналізу; структурної оптимізації; прогнозування. На кожному етапі потрібно брати до уваги досвід попереднього вирішення таких завдань, новітні розробки та тенденції у пропозиціях ЗІЗ, а також вимоги нормативних документів на певних виробництвах стосовно охорони та безпеки праці.

За призначенням ЗІЗ поділяють на види залежно від зони захисту людського тіла, окремих частин та органів: ЗО, засоби для захисту голови, обличчя, очей, органів дихання, рук, ніг, які використовують окремо або у комплекті [22]. Кожен з таких видів має певну кількість типів та різновидів, які розрізняються за призначенням і характеристиками. Такий підхід дає можливість використовувати та

адаптувати їх під потреби практично будь-якої професійно-виробничої діяльності. Основним нормативним документом, який визначає вимоги безпеки стосовно особливостей проектування, виробництва та реалізації ЗІЗ на території Європейського Союзу є Регламент Європейського Парламенту і Ради (ЄС) № 2016/425 [23]. На підставі цього документу розроблено відповідний вітчизняний Технічний регламент з безпеки ЗІЗ [24], в якому передбачено показники за якими потрібно вибирати ЗІЗ. Маючи на увазі такі вимоги, формуємо підбір раціональної структури комплектів ЗІЗ за такими критеріями (таблиця 1).

Складність конструкції зазвичай визначається категорією ризику та рівнем надійності захисних виробів. Як відомо, ризик – це кількісна або якісна оцінка небезпеки, яка може спричинити несприятливі наслідки. Ризик визначається як поєднання імовірності виникнення та наслідку від впливу небезпеки. Конструкції ЗІЗ прийнято розрізняти залежно за трьома категоріями ризику: мінімальний, середній, суттєвий (високий). Висновки про прийнятність використання певної категорії ризику, наведені з обґрунтуванням у таблиці 2.

Таблиця 1

Основні вимоги та призначення ЗІЗ

Вимоги	Відповідність (призначення)	Вимоги до застосування та розробки	Позитивні наслідки
Захисні властивості	Зменшення певного рівня ризику	Робота в шкідливих умовах, за невідповідності нормативним показникам	Зменшення травмувань та нещасних випадків
Рівень і клас захисту	Класи захисту повинні відповідати визначеним категоріям ризику	Наявність шкідливих чинників з різними ступенями ризику	Зменшення днів непрацездатності
Безпека у використанні	Усі незручності, які спричинено використанням ЗІЗ, мінімізують та обмежують додаткові ризики	Застосування відповідних матеріалів, конструкцій та технологій виготовлення	Підвищення продуктивності праці
Матеріали до виготовлення	Забезпечення компліментарності для здоров'я у використанні	Відповідність характеристик матеріалу	Уникнення негативного впливу на здоров'я, алергічних реакцій, подразнень шкіри
Зручність та ергономічність	Відповідність розміру, правильність розташування на статурі працівника	Наявність розмірних ознак та конструктивних елементів регулювання і кріплення	Використання працівником упродовж визначеного часового інтервалу
Надійність конструкції	Зберігання задекларованих захисних властивостей	Дотримання вимог до використання, очищення, зберігання	Збільшення тривалості використання, зменшення додаткових витрати

Таблиця 2

Категорії ризиків

Категорія ризику	Ступінь ризику	Показники ризику		
		Можливі небезпеки	Імовірність виникнення	Важкість наслідків
Категорія 1	Мінімальна	Поверхнєве механічне пошкодження; контакт з миючими засобами; тривалий контакт з водою; контакт з гарячими поверхнями, з температурою до 50 °С; пошкодження очей через вплив сонячного світла	Можливо один раз на рік	Незначне ушкодження, легкий нещасний випадок
Категорія 2	Середня	Шкідливий шум; шкідливі хімічні речовини; запилення повітря; шкідливі аерозолі; ультрафіолетове випромінювання гарячі поверхні від 50 °С	Принаймні один раз на рік	Нещасний випадок середньої важкості
Категорія 3	Суттєва	Речовини небезпечні для здоров'я; шкідливі біологічні агенти; іонізуюче випромінювання; середовища з температурою повітря щонайменше 100 °С; середовища з низькою температурою від мінус 20 °С; падіння з висоти; ураження електричним струмом	Кількох разів на півроку	Нещасний випадок легкої та середньої важкості

Найважливіша вимога до сучасних ЗІЗ – безвідмовне виконання своїх захисних функцій на певному проміжку часу. Відповідно показниками надійності є гарантований період використання, зберігання та очищення без втрати захисних властивостей. Необхідний рівень надійності можна забезпечити тільки під час впровадження певних заходів – передусім на стадії проєктно-технологічної розробки, а також під час використання та зберігання. У таблиці 3 надано категорії ЗІЗ.

Таблиці для бази даних доцільно створювати за кількома напрямками: за

професійним призначенням; за окремими видами ЗІЗ. Оскільки існує низка нормативних документів стосовно вимог до ЗІЗ певного професійного призначення, наприклад медичних працівників, зварювальників, електротехнічних працівників, будівельників, шахтарів та інших професійних груп, відповідна інформація надається. Наукове обґрунтування для створення бази даних за вибраним видом ЗІЗ полягає в потребі передбачити та прогнозувати низку їх показників та можливостей використання (таблиця 4).

Таблиця 3

Конструкції ЗІЗ за категоріями складності, ризику, надійності

Категорія конструкції	Категорія ризику	Категорія надійності	Призначення	Тип виконання і комплектність
Нескладна конструкція	Категорія 1. Мінімальна. Травма малоімовірна	ЗІЗ разового використання (Робоча зміна, до механічного пошкодження)	Щоденні, регламентні роботи. Ліквідація після аварійних забруднень	Одношаровий ЗО для регламентних робіт, протипилові респіратори, рукавички, окуляри відкриті, протिशумові вкладки.
Конструкція середньої складності	Категорія 2. Середня. Травма можлива	ЗІЗ з обмеженим строком використання: до 10 робочих змін, до забруднення чи промокання	Виконання професійних обов'язків у шкідливому середовищі	Ізолювальний ЗО, респіратори протиаерозольні з фільтрами, рукавички, окуляри, навушники
Конструкція високої складності	Категорія 3. Суттєва. Травма передбачувана	ЗІЗ багаторазового використання (до 10–15 циклів очищення)	Під час ліквідації аварій, пожеж, роботи у шкідливих умовах 2 і 3 ступеня	Герметичний, екрануючий одяг, гідрокостюми, протигази, дихальні апарати, маски до зварювання.

Класифікація ЗІЗ за професійною спрямованістю

Професія	Захисні властивості одягу	Ризик, небезпеки	Вимоги до матеріалу і конструкції	Комплектність
Шахтар	Від механічних ушкоджень, загального виробничого забруднення, води, теплозахисний	Ризик категорії 3. Температура від 26 °С, вугільний пил, волога 100%, рух повітря, недостатній рівень освітленості, підвищена важкість та напруженість	2–3 шари матеріалів, ізолювальний костюм (штани і куртка)	Каска, респіратор, навушники, налокітники, наколінники
Зварювальник	Від бриз розплавлених металів, випромінювання	Ризик категорії 3. Шкідливі гази, пил і випари, підвищена температура, струм, електрична дуга, ультрафіолетове випромінювання	Вогнестійкий, пилонепроникний. Костюм (напівкомбінезон або куртка, штани)	Каска, яка захищає голову, очі, обличчя, респіратор, рукавички
Будівельник	Від механічних та хімічних ушкоджень (фарба, клей, органічні розчинники). Світло-відбивні елементи	Ризик категорії 3. Падаючі предмети, робота на висоті, хімічні речовини, несприятливі кліматичні умови, обмежена видимість	З підвищеними фізико-механічними характеристиками матеріалу і швів. Теплозахисний. Стабільний до впливу хімічних речовин	Каска від механічних ударів, окуляри від механічних часток, рукавички від механічних небезпек. Протипилові респіратор з фільтром. Навушники, наколінники, налокітники
Пожежник	Тепловідбивний одяг, газонепроникний, від механічних ушкоджень	Ризик категорії 3. Падіння, удари гострих предметів, відкритого загоряння, іскри, хімічні рідини, вода, високі температури, підвищене теплове випромінювання	З підвищеними фізико-механічними характеристиками матеріалів і швів, водонепроникний, термостійкий до високих температур (до 400 °С), стабільний до впливу хімічних речовин. Конструкція тепловідвідна	Каска, яка захищає голову, очі, обличчя, шию. Пояс пожежника. Термозахисні рукавички, протигаз
Медпрацівник	Ізолювальний одяг разового використання	Ризик категорії 2. Контакт зі шкідливими до здоров'я хімічними та біологічними речовинами	Пилонепроникний, герметизація швів. Запобігання проникненню або дифузії патогенних мікроорганізмів. Обмежений час використання	Захист голови, обличчя, окуляри, респіратор, рукавички
Електро-технічний працівник	Ізолювальний, діелектричний, від електричних ушкоджень	Ризик категорії 3. Електричний струм і напруга.	Діелектричні властивості, поверхневий опір від 10^{14} Ом. Періодичні випробування діелектричних властивостей упродовж всього строку використання	Діелектрична каска, рукавички, взуття, окуляри від електричної дуги.
	Екрануючий, від електричних ушкоджень	Ризик категорії 2. Електричне і магнітне поля	Тришаровий матеріал, поверхневий шар струмопровідний	Захист голови, рук, ніг, окуляри,

Продовження табл. 4

Професія	Захисні властивості одягу	Ризик, небезпеки	Вимоги до матеріалу і конструкції	Комплектність
Харчова промисловість	Від хімічних і біологічних ушкоджень	Ризик категорії 2. Робота зі швидкопсувними харчовими продуктами та сировиною, що підлягає подальшій промисловій обробці Ризик категорії 1. Робота в гарячому цеху чи ресторані	Повітропроникний матеріал та елементи вентиляції	Шапка, рукавички, респіратор
Чисті приміщення	Ізольовальний для мінімізації забруднення від працівника, з антистатичними властивостями	Ризик категорії 1. Забруднення продукції: пил, електричні заряди	Утримує частинки, які виділяє працівник, матеріал не створює власних частинок, максимально закриває поверхню тіла	Шапка, респіратор, рукавички, бахіли, антиелектростатичні браслети

Результативність функціонування системи охорони праці на підприємстві передусім оцінюють за показниками виробничого травматизму. Під час розробки управлінських рішень з питань придбання відповідних ЗІЗ потрібно попередньо виявити потенційні небезпеки, можливі наслідки від реалізації кожної з небезпек, їх вплив на працівників та виробничий процес з подальшим визначенням величин ризиків. Таку інформацію отримують у ході моніторингу умов праці на робочих місцях. Принципова відмінність

моніторингу в охороні праці полягає в тому, що моніторинг розглядається і як спостереження, і як основа для фіксації шкідливих чинників. Наявність шкідливих чинників створює загрози для здоров'я працівників та призводить до ризиків виникнення нещасних випадків [25]. Оскільки ЗІЗ призначені для захисту від однієї чи кількох небезпек, відповідно до прийнятої нині термінології в охороні праці під небезпекою розуміємо шкідливий чинник (таблиця 5).

Таблиця 5

Перелік основних небезпек на робочих місцях

Чинники небезпеки	Найменування небезпек
Фізичні	Температура повітря на робочому місці, холодні та гарячі предмети, штучне освітлення, ультрафіолетові, інфрачервоне, сонячне випромінювання, іонізуючі випромінювання, електростатичне поле, струм, напруга, електричне і магнітне поле змінної частоти, шум
Механічні	Травмування: порізи, проколи, падіння з висоти, падіння на слизькі поверхні, локальні вібрації, перенесення вантажів, рухові частини обладнання
Хімічні	Пил, аерозолі, випари, гази, дим, хімічні речовини (вода, мастила, нафтопродукти, кислоти, засоби до очищення, засоби дезактивації, органічні розчинники, фарби), засоби пожежогасіння
Біологічні	Патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, грибки) а також макроорганізми (тварини, кліщі, та отруйні рослини)
Ергономічні (додаткові)	Ручне переміщення вантажів, порушення теплообмінних процесів, недосконалість ЗІЗ, незручні робочі положення тіла працівника, обмеження зони огляду, обмеження комунікацій зв'язку
Аварійні ситуації	Техногенні та екологічні аварії

Виявлені небезпеки неможливо ліквідувати одночасно, тому заходи щодо вибору та заміни ЗІЗ потрібно планувати в певній послідовності, залежно до величини ризику (таблиця 6).

Як засвідчив досвід, ЗІЗ, які призначені для щоденних робіт, не забезпечують

відповідного рівня захисту під час ліквідуванні аварійних ситуацій та їх наслідків. Для робіт у потенційно пожежо-вибухонебезпечних середовищах потрібно застосовувати ЗІЗ, які не створюють додаткових джерел до виникнення електричної дуги, здатної спричинити займання вибухонебезпечної

суміші. ЗІЗ потрібно обладнати візуальними способами сигналізації (фотометричними та колориметричними) про присутність рятівника, а також звуковою сигналізацією, яка подає сигнал за відсутності достатнього рівня захисту. Такі ЗІЗ повинні мати підвищену механічну міцність, високий тепловий опір, захищати від проникнення рідини чи пари, мати термозахисні властивості, обмежуючи імовірність виникнення опіків. Відповідно особливі вимоги висувають до ЗІЗ, які призначені до використання в надзвичайних ситуаціях (таблиця 7).

Розглянемо основні підходи для створення інформаційної бази даних для найпоширенішого виду ЗІЗ. ЗО є базовим складником у будь-якому захисному комплекті. Слід зазначити, що поняття «спеціальний одяг або спецодяг» у ході гармонізації та впровадження Європейських стандартів замінено на «одяг захисний». ЗО – одяг, який закриває або замінює власний одяг та призначено до захисту від однієї або кількох видів небезпек [26]. Під час вибору ЗО та інших ЗІЗ першочергово потрібно керуватися стандартами системи безпеки (таблиця 8).

Таблиця 6

Приклад оцінювання робочого місця за результатами моніторингу

Наявні (потенційні небезпеки)	Можливі наслідки впливу	Імовірність впливу на працівника	Рівень ризику	Ергономічні навантаження
Механічні	Травмування	Незначна	категорія 1	суттєві
Фізичні	Опіки, порушення теплообмінних процесів, професійні захворювання	Можлива	категорія 2	суттєві
Хімічні	Захворювання дихальних органів, отруєння	Нерегулярна	категорія 2	незначні
Біологічні	Інфекційні захворювання	Можлива	категорія 2	незначні

Таблиця 7

Комплекти ЗІЗ для робіт в надзвичайних ситуаціях

Потенційно можливі аварійні ситуації	Небезпеки та наслідки	Категорія ризику	Вид захисного одягу	Комплектність
Пожежа	Небезпека здоров'ю, опіки, травмування	Категорія 3	Костюм пожежника	Каска, пояс пожежника, термозахисні рукавички, протигаз
Вибухи	Небезпека для здоров'я, опіки, травмування	Категорія 3	Газонепроникний одяг	Шолом комбінований, термозахисні рукавички, дихальний апарат чи протигаз
Викид хімічних речовин	Небезпека для здоров'я, умови до виникнення професійних захворювань	Категорія 3	Костюм від хімічних ушкоджень, газонепроникний	Каска, окуляри, рукавички, автономні дихальні апарати
Розливи хімічних речовин	Отруєння, опіки, ураження дихання	Категорія 2	Костюм від хімічних ушкоджень, водонепроникний	Каска, рукавички, респіратор
Радіаційна аварія	Вплив радіаційного випромінювання, викиди радіоактивних речовин	Категорія 3	Костюм ізольовальний від радіоактивного ураження, захисні накидки від гамма випромінювання	Каска, окуляри, рукавички, респіратор
Робота на висоті	Вплив несприятливих погодних умов, травмування	Категорія 2	Одяг від механічних ушкоджень зі страхувальним запобіжним поясом	Каска

Класифікація захисного одягу за захисними властивостями

Вид захисного одягу	Захисні властивості	Основні характеристики, вимоги	Можливі додаткові ризики у використанні
Від механічних ушкоджень	Від проколів, порізів стирання	Підвищений рівень фізико-механічних характеристик матеріалів і швів	Підвищена маса виробу > 3 кг
Від хімічних ушкоджень	Від розчинів хімічних, поверхнево-активних речовин	Непроникність рідких субстанцій, водонепроникний матеріал	Порушення теплообмінних процесів
Від електричних ушкоджень	Струм, електрична дуга	Матеріали з високим електричним опором	Невідповідність розмірних ознак
Від статичної електрики	Від накопичення електростатичних зарядів	Антистатична тканина чи покриття, електричний опір < 10^8 Ом	Порушення теплообмінних процесів
Екрануючий	Від впливу електромагнітного поля	Поверхневий струмопровідний шар	Невідповідність розмірних ознак
Від розплавлених бризок металу та інфрачервоного випромінювання	Від конверторного тепла, теплового випромінювання іскри, бризків розпеченого металу, окалини	Поверхневий вогнестійкий шар, підвищений рівень фізико-механічних характеристик	Підвищена маса виробу > 3 кг, обмежена тривалості безперервного використання
Теплозахисний	Під час робіт в умовах коливань температурних режимів	Пакета матеріалів і вентиляційні елементи забезпечують виведення залишків пароподібної та крапельно-рідкої вологи	Невідповідність розмірних ознак
Від радіоактивного ураження	Від радіоактивних забруднень. Від рентгенівського та β -випромінювання	Під час робіт на радіаційно-небезпечних підприємствах	Порушення теплообмінних процесів, підвищена маса виробу > 3 кг
Пилонепроникний	Від пилу скловолокна і азбесту	Під час робіт в запиленому середовищі	Накопичення зарядів статичної електрики
Газонепроникний	Від шкідливих газів, парів, аерозолів та хімічних речовин, які реєструють у надзвичайних ситуаціях під час рятувальних робіт ліквідації аварій	У комплекті з іншим спорядженням в умовах високих температур та токсичних середовищ. Поверхневий шар – вогнезахисна поліамідна тканина з подвійним покриттям з ПВХ	Підвищена маса виробу, погіршенням комунікативного зв'язку, порушенням координації рухів рук
Сигнальний одяг	Підвищення видимості в темний період доби	Флуоресцентний світло-відбивний шар	Невідповідність розмірних ознак
Одяг зварювальника	Захищає від іскор, бризок розплавленого металу, високих температур та УФ-випромінювання	Костюма з вогнестійкого матеріалу [27]	Порушення теплообмінних процесів, порушенням координації рухів рук

Вибору типу, конструкції, рівня надійності, моделей ЗО з потрібними додатковими елементами регулювання передуює визначення: місця використання; виробничо-кліматичних умов; професійної діяльності працівника; результатів моніторингу показників умов праці на робочому місці; переліку типових рухів та робочих положень. Конструкція ЗО є визначальним чинником під час реалізації необхідного рівня захисних властивостей (таблиця 9).

Рівень надійності та терміни використання ЗО головним чином залежать від фізико-механічних характеристик матеріалів, ергономічних характеристик моделі та технологій з'єднання елементів одягу (таблиця 10).

Види ЗО розрізняють за модельним рядом, композиційним та конструктивно-технологічним рішенням (таблиця 11). Кожен вид та модель ЗО мають додаткові елементи, які призначено до реалізації певних функцій: адаптації до розмірних ознак; зросту; фіксації положення та

запобіганню переміщення частин виробу від час змінення положення тіла; не обмеження робочих рухів і фізіологічних потреб працівника та іншими ергономічними

вимогами. Докладну інформаційну базу додаткових елементів, з якими проєктують ЗО, наведено в [19].

Таблиця 9

Класифікація захисного одягу за типами конструктивного виконанням

Конструкція одягу	Призначення	Використання	Комплектність
Одяг герметичний, ізолюючий з примусовою вентиляцією	Повна ізоляція працівника від дії агресивного (невідомого складу) середовища	В аварійних умовах під час наявності невизначених шкідливих речовин	Дихальний апарат
Одяг герметичний, ізолюючий без примусової вентиляції	Ізоляція працівника від дії агресивного середовища та температурного впливу	В умовах забруднення повітря аміаком, хлором, кислотами високої концентрації (до 80%)	Протигазова маска з відповідним фільтром, засоби захисту рук і ніг
Одяг ізолювальний костюми	Захист від потрапляння на шкіру рідких шкідливих хімічних, радіоактивних речовин	На виробництвах у роботі з розчинами лугів, кислот, органічних розчинників, нафтопродуктів середньої концентрації	Респіратор, засоби захисту рук, голови і ніг
Фільтрувальний	Захист від потрапляння на шкіру пилу, зараженого повітря, шкідливих хімічних, радіоактивних речовин	До тривалих робіт у забрудненому середовищі	Респіратор, засоби захисту рук і ніг
Технологічний	Захисту від зовнішніх та внутрішніх часток	До роботи в технологічно чистих приміщеннях	Засоби захисту рук, голови, респіратор.
Спеціальний захисний, негерметичний	Захист від промислового пилу, електромагнітного випромінювання, інше	Під час роботи з відповідними шкідливими чинниками	Респіратор, засоби захисту рук і ніг, голови, очей
Одяг разового використання	Захист від потрапляння на шкіру пилу, аерозолів, шкідливих біологічних, хімічних, речовин, після аварійних забруднень	Під час контакту з хімічними та біологічними речовинами низької та середньої концентрації	Респіратор, засоби захисту рук і ніг, голови, обличчя

Таблиця 10

Класифікація захисного одягу за терміном використання

Призначення	Гарантований термін використання	Категорія ризику. Умови праці	Тип виконання	Умови очищення, ремонтнопридатність
Одяг багаторазового використання	Тривалий періоду, відповідно до ТУ	Категорія ризику 2–3. Шкідливі умови, контакт з агресивними речовинами середньої та високої концентрації	Герметичні, ізолювальні, фільтрувальні	До 15...20 циклів очищення. Дрібний ремонт
Одяг з обмеженим строком використання	2–5 робочих змін	Категорія ризику 1–2. Захист від біологічно активних речовин, води та рідких розчинів хімічних речовин	Захисний, не герметичний	До 2–5 циклів очищення. Використання до промокання, механічного ушкодження
Одяг одноразового використання	Робоча зміна	Категорія ризику 1. Захист під час контакту зі шкідливими речовинами низької та середньої концентрації	Технологічні, спеціальний захисний	До механічного ушкодження

Таблиця 11

Класифікація видів моделей захисного одягу

Вид моделі	Ділянки тіла, які захищаються ЗО	Конструктивні елементи для регулювання і кріплення
Куртка	Шия, плечовий пояс, тулуб	Застібка, кишеня, кокетка, вентиляційний елемент
Комбінезон	Всі ділянки тіла	Застібка, планка застібки, еластична тасьма, манжети
Напівкомбінезон	Живіт, пахова складка, стегно ноги	Бретелі, застібка, кишеня, еластична тасьма
Штани	Нижня частина живота, пахова складка, стегно ноги	Пояс, застібка, кишеня
Жилет	Верхню частину тулуба	Застібка, кишеня, сигнальні (світловідбивачі) елементи
Халат	Тулуб, Живіт, пахова складка, стегно	Застібка, кишеня, рельєфний шов
Фартух	частина тулуба спереду	Застібка, зав'язка, пояс
Накидка	Поверх основного одягу для додаткового захисту від шкідливих чинників	Застібка, зав'язка

Будь який ЗО не буде повною мірою захищати у разі відсутності додаткових виробів, які класифікують як «засоби захисту рук, плеча та передпліччя». Застосування додаткових засобів захисту зумовлено нерівномірним впливом небезпек на окремі зони тіла людини, а також особливостями людського організму, який по різному реагує на вплив різноманітних небезпек. До найчутливіших і болісних зон тіла належать голова, суглоби, статеві органи, пальці рук і ніг, зап'ястя, коліно та щиколотка. Доцільно зазначити, що вибір додаткових засобів захисту рук, плеча та передпліччя, їх форми та розміру, а також сумісності з основним ЗО ґрунтується на

підставі результатів моніторингу умов праці, оцінки ризиків впливу небезпеки на окремі зони тіла (таблиця 12).

Доцільно прийняти до уваги, що комплектування ЗО додатковими засобами потрібно здійснювати на варіативних підставах, оскільки підвищення захисних властивостей та функціональності одночасно призводить до підвищення маси виробу, його вартості та створює додаткові ризики через додаткове статичне навантаження та обмеження рухів. Раціональний вибір ЗО та додаткових засобів захисту є спільним процесом, беручи до уваги певні обмеження, чим обґрунтовано спільну інформаційну базу даних з іншими видами ЗІЗ.

Таблиця 12

Засоби захисту рук, плеча та передпліччя

Вид засобу захисту	Частина тіла, яку захищають	Небезпеки та ушкодження	Застосування
Рукавички	Пальці та долоні руки	Механічні: порізи, удари, проколи. Хімічні: розчини хімічних речовин, води, нафтопродуктів, виробничі забруднення. Біологічні: мікроорганізми. Термічні: підвищені (більше 45 °C) і низькі температури -10 >T > 10 °C	Захист пальців рук і долоні
Нарукавники	Нижня частина плечей та ліктьової ділянки	Загальні тверді забруднення, пил, високі температури, іскри, бризки розплавлених речовин	Захисту рук (ліктьової ділянки) від механічного пошкодження, стирання, іскор, інших несприятливих чинників
Налокітники	Ліктьова ділянка	Незручні робочі положення. Травмування ліктьового і плечового суглобів	Захист ліктьової ділянки під час виконання робіт зі статичним навантаженням на руки та плечовий пояс
Наплічники	Плечі, шия	Травмування плечового суглобів	Підвищене механічне навантаження
Назап'ястники	Зап'ястя	Динамічне механічне навантаження	Переміщення вантажів
Антиелектростатичні браслети	Захист від електростатичного поля	Накопичення електростатичних зарядів	Нейтралізація електростатичних зарядів, які накопичені на тілі людини, через заземлення

На підставі опису предметної області визначено основні та додаткові інформаційні таблиці бази даних (таблиці 13–15).

Поряд з таблицями для ЗО база даних містить аналогічні таблиці для всіх видів ЗІЗ, оскільки за наявності на робочих місцях кількох небезпек потрібно підбирати комплект ЗІЗ, який розглядається як єдиний цілісний захисний засіб.

Створення бази даних дає можливість переходу до розроблення програмного забезпечення, яке виконує роботу з даними: введення, видалення, пошук інформації, вибірку потрібних даних залежно від вимог замовника. Реалізація проекту, який передбачає впровадження сучасних технологій у створенні бази даних, дає можливість виконувати підбір ЗІЗ в автоматизованому режимі.

Таблиця 13

Глосарій основних таблиць бази даних

Назва таблиці	Опис інформації в таблиці
Основні вимоги та призначення ЗІЗ	Наведено відповідно до технічного регламенту основні вимоги та рекомендації стосовно розробки і застосування ЗІЗ
Категорії ЗІЗ за складністю, ризиком, надійністю	Наведено відповідно до технічного регламенту класифікація ЗІЗ за рівнем надійності, комплектності, складністю виконання, які відповідають рівням ризиком на робочих місцях
Класифікація ЗІЗ за професійною спрямованістю	Наведено передбачувані небезпеки, основні захисні властивості, вимоги, комплектність відповідно до Типових норм
Класифікація небезпек на робочих місцях	Наведено перелік основних небезпек, для обмеження впливу яких потрібно застосовувати ЗІЗ
Комплекти ЗІЗ для аварійних ситуацій	Наведено інформацію про потенційно можливі аварійні ситуації, основні небезпеки та ризики під час їх виникнення та ліквідації. Визначено види ЗІЗ.

Таблиця 14

Глосарій основних таблиць бази даних для захисного одягу

Назва таблиці	Опис інформації в таблиці
Класифікація ЗО за захисними властивостями	Наведено види ЗО відповідно до ДСТУ 7239-2011, його захисні властивості, характеристики, вимоги, можливі додаткові ризики
Класифікація ЗО за типами конструктивного виконання	Наведено конструкцію ЗО, призначення, умови використання та додаткові ЗІЗ
Класифікація ЗО за строком використання	Інформація про гарантований термін використання, рівень ризику, умови очищення, ремонтнопридатність
Класифікація видів моделей ЗО	Інформація про види моделей, ділянки тіла, які захищаються ЗО, конструктивні елементи для регулювання та кріплення
Засоби захисту рук, плеча та передпліччя	Інформація про види засобів захисту, ділянки тіла, які захищаються, можливі небезпеки та ушкодження, умови застосування

Таблиця 15

Глосарій додаткових таблиць бази даних

Назва таблиці	Опис інформації в таблиці
Виробники ЗІЗ	Компанії, які виробляють захисний одяг, характеристики якого наведено в основних таблицях
Країна виробника	Країна, де знаходяться компанії, які виробляють відповідний ЗІЗ
Державні стандарти стосовно ЗІЗ	Перелік стандартів до ЗІЗ
Галузеві нормативно-правові акти	Галузеві норми безкоштовної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту
Інформація про вартість виробу	Вартість окремих виробів і комплектів
Інформація про результати моніторингу у замовника	Перелік небезпек, рівні ризиків, умови використання ЗІЗ
Інформація про професійну спрямованість замовника	Галузева та професійна орієнтація працівників
Інформація про антропометричні дані працівників	Інформація про розмірні ознаки виробів

Висновки. Впровадження Європейських і міжнародних стандартів в українське законодавство зумовлює трансформації в системі виробничої безпеки, яка буде базуватися та оцінюватися на основі мінімізації ризиків виникнення нещасних випадків. У міжнародній практиці управління ризиками здійснюються на підстав моніторингу умов праці, ідентифікації небезпек та оцінки ризиків з подальшим вибором способів їх зменшення. Нині система індивідуального захисту працівників є основним способом обмеження ризиків на українських підприємствах. Роботодавець повинен придбати ефективні, безпечні та якісні ЗІЗ, які відповідають вимогам Технічного регламенту, щоб забезпечити «гарантований захист» працівників від впливу визначених небезпек. У статті запропоновано класифікації показників ЗІЗ та форми їх надання, які є основою бази даних інформаційної системи з вибору ЗІЗ. База даних є основним елементом будь-якої інформаційної системи, оскільки її структура та наповнення інформацією визначають результативність та якість функціонування системи. У статті проаналізовано

та узагальнено: основні вимоги, які містять державні стандарти та регламенти; категорії ЗІЗ за складності конструкції, ризику та надійності; характеристики ЗІЗ за захисними властивостями та професійною спрямованістю. Сформульовано процедуру вибору комплектів засобів індивідуального захисту до роботи в шкідливих умовах праці.

Визначено критеріїв вибору захисного одягу, як основного елементу у будь-якому комплекті, а саме: захисні властивості; конструктивне виконання; термін використання; моделі; розташування додаткових елементів. Наведені результати аналітичних досліджень сприяють створенню логічної моделі даних, яка є основою до вирішення завдань обробки даних в інформаційній системі.

Впровадження інформаційних технологій в охороні праці дасть можливість суттєво підвищити ефективність вибору заходів безпеки, покращити процес управління ризиками і контроль його результативності, прискорити прийняття управлінських рішень щодо забезпечити працівників новітніми ефективними ЗІЗ.

Література

1. DSTU ISO 45001:2019. Менеджмент охорони здоров'я та безпеки праці. Вимоги та настанови щодо застосування. [Чинний від 2019-12-26]. Вид. офіц. Київ: Держнаглядокхоронпраці, 2019. 26 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.
2. Вісин О. О., Клименко М. Б. Система обліку і аналізу інцидентів як засіб зниження виробничого травматизму. *Науковий вісник ДонНТУ*. 2024. № 1(12) С. 69-77. DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2024-1-12-69-77>.
3. Tretiakova L., Mitiuk L., Ilchuk O., Rebuel E. A management decision-making algorithm for planning activities to reduce the production risk level. *Labour Protection Problems in Ukraine*. 2022. No. 38. P. 3-10. DOI: <https://doi.org/10.36804/nndipbop.38-3-4.2022.3-10>.
4. Юрчук Н. П. Інформаційні системи і технології як інновація у системі управління бізнес-процесами. *Ефективна економіка*. 2018. № 5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6323> (дата звернення: 09.02.2026).
5. Andersen L. Health Promotion and Chronic Disease Prevention at the Workplace. *Annual Review of*

References

1. DSTU ISO 45001:2019 Menedzhment okhorony zdorovia ta bezpeky pratsi. Vymohy ta nastanovy shchodo zastosuvannya [Health and safety management. Requirements and guidelines for application]. Effective from 2019-12-26. Official edition. Kyiv: Derzhnahliadokhonorpratsi. 26 p. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004 [in Ukrainian]
2. Visyn, O. O., & Klymenko, M. B. (2024). Systema obliku i analizu intsydentiv yak zasib znyzhennia vyrobnychoho travmatyzmu [Incident reporting and analysis system as a means of reducing occupational injuries]. *Scientific Bulletin of Donetsk National Technical University*, 1(12), 69-77. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2024-1-12-69-77> [in Ukrainian]
3. Tretiakova, L., Mitiuk, L., Ilchuk, O., & Rebuel, E. (2022). A management decision-making algorithm for planning activities to reduce the production risk level. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 38 (3-4), 3-10. <https://doi.org/10.36804/nndipbop.38-3-4.2022.3-10>.
4. Yurchuk, N. P. (2018). Informatsiini systemy i tekhnolohii yak innovatsiia u systemi upravlinnia biznes-protsesamy [Information systems and technologies as an innovation in the business process management system]. *Efektivna ekonomika*, (5). <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6323> [in Ukrainian].
5. Andersen, L. (2024). Health Promotion and Chronic Disease Prevention at the Workplace. *Annual Review of*

of *Public Health*. 2024. No. 45(1). P. 337–357. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurevpublhealth-060222-035619>.

6. Кружилко О. Є., Володченко Н. В., Ткалич І. М., Дзюрбан М. Г., Богданова О. В. Методичні та практичні аспекти обґрунтування управлінських рішень з безпеки праці на основі оцінки ризиків. *Проблеми охорони праці в Україні*. 2023. № 39 (1-2), С. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.36804/nndipbop.39-1-2.2023.10-15>.

7. Кружилко О., Володченко Н., Майстренко В., Ткалич І., Полукаров О. Дослідження впливу заходів ієрархії контролю на професійний ризик. *Проблеми охорони праці в Україні*. 2021. № 37 (3). С. 8-13. DOI: <https://doi.org/10.36804/nndipbop.37-3.2021.8-13>.

8. Smith T. D, Mondal K., Lemons K., Mullins-Jaime C., Dyal M. A., DeJoy D. M. Relationships between effective safety training, safety knowledge and personal protective equipment related behaviors among firefighters. *Journal of Safety Research*. 2024. Vol. 90, P. 137-143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.06.010>.

9. Struminska T, Prasol S. I., Kolosnichenko E. V., Chuprina N. V., Ostapenko N. V. Designing of special clothing based on experimental researches of material properties. *Vlákna a textil – Fibres and Textiles*. 2019. No. 4, P. 84-95. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14843>.

10. Остапенко Н. В., Колосніченко О. В., Колосніченко М. В. та ін. Вироби спеціального і військового призначення: дизайн і технології: монографія. Київ: КНУТД, 2021. 236 с. URL: <https://odnb.odessa.ua/vnn/book/11651>.

11. Третякова Л. Д., Селіверстов А. Є. Новітні рішення проблеми індивідуального захисту працівників атомних електричних станцій: монографія. Київ: Лібра, 2016. 217 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42892>.

12. Boisvert R., McQuerry M., Schofield S. Relationship between firefighter protective clothing design ease and heat stress. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2024. No. 36 (5). P. 836–848. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCST-11-2023-0160>.

13. Cheberyachko S., Tretiakova L, Kolosnichenko M., Ostapenko N. Designing filtering half-masks. *Vlákna a textile – Fibres and Textiles*. 2020. No. 27(3). P. 82-89. URL: http://vat.ft.tul.cz/Archive/VaT_2020_3.html.

14. Bach A. J., Thepaksorn P., Thepaksorn E. K. et al. Practical cooling interventions for preventing heat strain in indoor factory workers in Thailand. *American Journal industrial medicine*. 2024. No. 67. P. 556-561. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajim.23589>.

15. Han S., Dong L., Weng Y., Xiang J. Heat exposure and productivity loss among construction workers: a meta-analysis. *BMC Public Health*. 2024.

Public Health, 45(1), 337–357. <https://doi.org/10.1146/annurevpublhealth-060222-035619>.

6. Kruzhylo, O., Volodchenkova, N., Tkalych, I., Dziurban, M., & Bohdanova, O. (2023). Metodichni ta praktichni aspekty obgruntuvannya upravlinskykh rishen z bezpeky pratsi na osnovi otsinky ryzykiv [Methodological and practical aspects of substantiating management decisions on labor safety based on risk assessment]. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 39(1-2), 10–15. <https://doi.org/10.36804/nndipbop.39-1-2.2023.10-15> [in Ukrainian].

7. Kruzhylo, O., Volodchenkova, N., Maistrenko, V., Tkalych, I., & Polukarov, O. (2021). Doslidzhennia vplyvu zakhodiv iierarkhii kontroliu na profesiyni ryzyk [Research on the impact of control hierarchy measures on occupational risk]. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 37(3), 8-13. <https://doi.org/10.36804/nndipbop.37-3.2021.8-13> [in Ukrainian].

8. Smith, T. D., Mondal, K., Lemons, K., Mullins-Jaime, C., Dyal, M. A., & DeJoy, D. M. (2024). Relationships between effective safety training, safety knowledge and personal protective equipment related behaviors among firefighters. *Journal of Safety Research*, (90), 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.06.010>.

9. Struminska, T, Prasol, S. I., Kolosnichenko, E. V., Chuprina, N. V., & Ostapenko, N. V. (2019). Designing of special clothing based on experimental researches of material properties. *Vlákna a textil – Fibres and Textiles*, 4, 84-95. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14843>.

10. Ostapenko, N. V., Kolosnichenko, O. V., Kolosnichenko, M. V. et al. (2021). Vyroby spetsialnogo i viiskovoho pryznachennia: dyzain i tekhnolohii [Special and military products: design and technology]. Kyiv: KNUITD. 236 p. <https://odnb.odessa.ua/vnn/book/11651> [in Ukrainian].

11. Tretiakova, L. D., & Seliverstov, A. Ye. (2016). Novitni rishennia problemy individualnogo zakhystu pratsivnykiv atomnykh elektrychnykh stantsii [The latest solutions to the problem of individual protection for nuclear power plant workers]. Kyiv: Libra. 217 p. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42892> [in Ukrainian].

12. Boisvert, R., McQuerry, M., & Schofield, S. (2024). Relationship between firefighter protective clothing design ease and heat stress. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 36 (5), 836–848. <https://doi.org/10.1108/IJCST-11-2023-0160>.

13. Cheberyachko, S., Tretiakova, L, Kolosnichenko, M., & Ostapenko, N. (2020). Designing filtering half-masks. *Vlákna a textile – Fibres and Textiles*, 27(3), 82-89. http://vat.ft.tul.cz/Archive/VaT_2020_3.html.

14. Bach, A. J., Thepaksorn, P., Thepaksorn, E. K. et al. (2024). Practical cooling interventions for preventing heat strain in indoor factory workers in Thailand. *American Journal industrial medicine*, 67(6), 556-561. <https://doi.org/10.1002/ajim.23589>.

15. Han, S., Dong, L., Weng, Y., Xiang, J. (2024). Heat exposure and productivity loss among construction workers: a meta-analysis. *BMC Public*

No. 24 (1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20744-x>.

16. Sainiyom P., Saengsirisuwan V., Leow C. H. W., Lee J. K. W. Novel cooling vest with personal protective equipment alleviates heat strain without increasing metabolic demands in the heat. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 2026. No. 52 (1). P. 19-30. DOI: <https://doi.org/10.5271/sjweh.4261>.

17. Broznitsky N., Shum M., Kinniburgh D., Lichty D., Tiu S, Toic T., Zadunayski T., Cherry N. A field investigation of 3 masks proposed as respiratory protection for wildland firefighters: a randomized controlled trial in British Columbia, Canada. *Annals of Work Exposures and Health*. 2024. Vol. 68, No. 9. P. 906–918. DOI: <https://doi.org/10.1093/annweh/wxae073>.

18. Goncharenko O. G., Anishchenko V. A., Sirenko K. Yu. Methodical Approach to the evaluation of innovation Capacity of Ukraine's light industry. *Science and Innovation*. 2020. Vol. 16, No. 2. P. 31-41. DOI: <https://doi.org/10.15407/scine16.02.031>.

19. Остапенко Н. В., Мамченко Я. О. Вироби спеціального та військового призначення: формотворчі та конструктивні особливості. *Art and design*. 2023. № 2 (22). С. 196–213. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2023.2.17>.

20. Третякова Л., Прокопенко І. Інформаційні технології для дизайн-проекування, обліку і вибору окулярів. *Актуальні проблеми сучасного дизайну: матеріали наук. конф.* (Київ, КНУТД, 04 квітня 2025 р.). Київ, КНУТД, 2025. С. 114-118. URL: <https://designconference.knutd.edu.ua/>

21. Третякова Л., Качинська Н. Розробка мобільного додатку для медичних працівників лікарні. *Актуальні проблеми сучасного дизайну: матеріали наук. конф.* (Київ, КНУТД, 25 квітня 2024 р.). Київ, КНУТД, 2024. Т. 2. С. 377-382. URL: <https://designconference.knutd.edu.ua/arxiv/>

22. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. [Чинний від 2011-08-01]. 6 с. URL: https://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf.

23. Regulation (EU) 2016/425 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2016 on personal protective equipment and repealing Council Directive 89/686/EEC (Text with EEA relevance). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/425/oj/eng>.

24. Технічний регламент засобів індивідуального захисту: Постанова Кабінету міністрів України від 21.08.2017 р. № 771. 50 с. URL: https://tecko.com.ua/uploads/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE-%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B/ZIZ_PKMU_771.pdf.

25. Kruzhilko O., Maystrenko V., Tkalych I., Polukarov Yu., Kalinchyk V. P., Neklonskyi I., Ryzhchenko. O. Study of the harmful factors influence on the occupational risk level: the example

Health, 24 (1). <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20744-x>.

16. Sainiyom, P., Saengsirisuwan, V., Leow, C. H. W., & Lee, J. K. W. (2026). Novel cooling vest with personal protective equipment alleviates heat strain without increasing metabolic demands in the heat. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 52 (1), 19-30. <https://doi.org/10.5271/sjweh.4261>.

17. Broznitsky, N., Shum, M., Kinniburgh, D., Lichty, D., Tiu, S., Toic, T., Zadunayski, T., & Cherry, N. (2024). A field investigation of 3 masks proposed as respiratory protection for wildland firefighters: a randomized controlled trial in British Columbia, Canada. *Annals of Work Exposures and Health*, 68(9), 906–918. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxae073>.

18. Goncharenko, O. G., Anishchenko, V. A., & Sirenko, K. Yu. (2020). Methodical Approach to the evaluation of innovation Capacity of Ukraine's light industry. *Science and Innovation*, 16(2), 31-41. <https://doi.org/10.15407/scine16.02.031>.

19. Ostapenko, N. V., & Mamchenko, Ya. O. (2023). Vyroby spetsialnoho ta viiskovoho pryznachennia: formotvorchi ta konstruktivni osoblyvosti [Special and military products: molding and design features]. *Art and design*, 2(22), 196–213. <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2023.2.17> [in Ukrainian].

20. Tretiakova, L., & Prokopenko, I. (2025). Informatsiini tekhnolohii dlia dyzain-proiektuvannia, obliku i vyboru okuliariv. [Information technology for design, accounting and selection of eyeglasses]. *Aktualni problemy suchasnoho dizainu: materialy nauk. konf.*, Kyiv, KNUTD, April 04, 2025 (pp. 114-118). <https://designconference.knutd.edu.ua/> [in Ukrainian].

21. Tretiakova, L., & Kachynska, N. (2024). Rozrobka mobilnoho dodatku dlia medychnykh pratsivnykiv likarni [Development of a mobile application for hospital medical staff]. *Aktualni problemy suchasnoho dizainu: materialy nauk. konf.*, Kyiv, KNUTD, April 25, 2024 (vol. 2, pp. 377-382). <https://designconference.knutd.edu.ua/arxiv/> [in Ukrainian].

22. DSTU 7239:2011 Systema standartiv bezpeky pratsi. Zasoby indyvidualnoho zakhystu. Zahalni vymohy ta klasyfikatsiia [Personal protective equipment. General requirements and classification]. Effective from 2011-08-01. 6 p. https://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf [in Ukrainian].

23. Regulation (EU) 2016/425 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2016 on personal protective equipment and repealing Council Directive 89/686/EEC (Text with EEA relevance). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/425/oj/eng>.

24. Cabinet of Ministers of Ukraine (2017). Tekhnichniy rehlement zasobiv indyvidualnoho zakhystu [Technical regulations for personal protective equipment: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 21, 2017 No. 771]. 50 p. https://tecko.com.ua/uploads/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE-%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B/ZIZ_PKMU_771.pdf [in Ukrainian].

25. Kruzhilko, O., Maystrenko, V., Tkalych, I., Polukarov, Yu., Kalinchyk, V.P., Neklonskyi, I., & Ryzhchenko, O. (2022). Study of the harmful factors influence on the occupational risk level: the example

of the Ukrainian mining industry. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 2022. No. 110/1. P. 35-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.7029>.

26. ДСТУ EN ISO 13688:2016 Одяг захисний. Загальні вимоги (EN ISO 13688:2013, IDT; ISO 13688:2013, IDT). [Чинний від 2017-10-01]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67538.

27. ДСТУ EN ISO 11611:2016 Одяг захисний для використання під час зварювання та суміжних процесів. (EN ISO 11611:2015, IDT; ISO 11611:2015, IDT). [Чинний від 2017-10-01]. 15 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71626.

of the Ukrainian mining industry. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 110(1). 35-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.7029>.

26. DSTU EN ISO 13688:2016 Odiah zakhysnyi. Zahalni vymohy (EN ISO 13688:2013, IDT; ISO 13688:2013, IDT) [Protective clothing. General requirements]. Effective from 2017-10-01. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67538 [in Ukrainian]

27. DSTU EN ISO 11611:2016 Odiah zakhysnyi dlia vykorystannia pid chas zvariuvannia ta sumizhnykh protsesiv (EN ISO 11611:2015, IDT; ISO 11611:2015, IDT) [Personal Protective clothing for use during welding and related processes]. Effective from 2017-10-01. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71626 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції /
Received 16.03.2026

Прийнята до друку /
Accepted 30.03.2026

Опубліковано /
Published 29.05.2026

УДК 674.8:614.84
<https://doi.org/10.30857/2706-5898.2026.2.2>

АРАБУЛІ СВІТЛАНА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: arabuli.si@knutd.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-1049-8255>

ГАЛАВСЬКА ЛЮДМИЛА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: galavska.ly@knutd.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-6994-6641>

СВИДЛО ОЛЕКСАНДР

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: svydlo.os@knutd.edu.ua

АРАБУЛІ АРСЕНІЙ

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: arabuli.a@knutd.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-2583-4998>

СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ ДИЗАЙН-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ОДЯГУ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ УФ ДІАПАЗОНУ

Мета. Розробка дизайн-технологічних рішень для сучасного одягу з високим рівнем захисту від ультрафіолетового (УФ) випромінювання (так званий UPF-одяг), що поєднує функціональні та естетичні концепції.

Методи. У роботі застосовано системний підхід та міждисциплінарний аналіз, що поєднує fashion технології, технології текстилю та дизайн-ергономічні рішення. Проведено аналіз наукових джерел щодо впливу УФ випромінювання на організм людини та функціональні властивості матеріалів; огляд та порівняння колекцій UPF-одягу сучасних брендів за категоріями та технологічними характеристиками; художньо-проектний аналіз форм, композицій та кольорової гами.

Результати. Аналіз сучасних підходів до дизайну UPF-одягу показав, що ефективний захист від УФ-випромінювання досягається через комбінацію матеріалів із високим UPF-рівнем, конструкторсько-технологічних рішень (наявність капюшонів, напіврукавичок, подовжених рукавів). Дослідження колекцій провідних брендів дозволило класифікувати дизайнерські стратегії за категоріями: спеціальні, fashion, outdoor та масмаркет; визначити ключові характеристики кожної категорії та оцінити співвідношення функціональності й естетики. Експериментальна реалізація конструктивних рішень дозволила виготовити прототипи одягу для захисту від УФ-випромінювання. Запропоновані конструкції забезпечують максимальне покриття тіла, належний рівень захисту та за естетичними, ергономічними (конструктивними) та технологічними показниками якості відповідають сучасним вимогам до одягу для захисту від УФ-випромінювання.

Наукова новизна. Дослідження підтверджує, що дизайн UPF-одягу є міждисциплінарною галуззю, у якій синтезуються fashion-дизайн, функціональні властивості матеріалів, технології та дизайн-ергономічні рішення. Сформовано підхід до класифікації дизайнерських рішень у сфері UPF-одягу за категоріями брендів і рівнями захисту, що є інструментом для подальшої інтеграції дизайнерських рішень та ефективності захисту у комплексне науково-практичне дослідження. Визначено оптимальні принципи проектування одягу для захисту від УФ випромінювання у контексті міждисциплінарної взаємодії fashion-дизайну та текстильних технологій.

Практичне значення. Результати дослідження можуть бути використані для розробки колекцій UPF-одягу, що поєднують високий рівень захисту (UPF 30–50+), комфорт і сучасний дизайн. Класифікація брендів, матеріалів та технологій дозволяє оптимізувати вибір текстильних

матеріалів у відповідності до рівня захисту та конструкції, а також підвищити конкурентоспроможність продукції на ринку.

Ключові слова: UPF-одяг; електромагнітне випромінювання, захист від ультрафіолетового випромінювання; fashion-дизайн; дизайн-концепція; функціональність; конструкції; технології; міждисциплінарний дизайн; матеріали.

MODERN CONCEPT OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING OF CLOTHING FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION IN THE UV RANGE

ARABULI SVITLANA, HALAVSKA LIUDMYLA,
SVYDLO OLEKSANDR, ARABULI ARSENI
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Purpose. Development of design-technological solutions for modern clothing with a high level of protection against ultraviolet (UV) radiation (so-called UPF clothing), combining functional and aesthetic concepts.

Methodology. The work uses a systematic approach and interdisciplinary analysis that combines fashion technologies, textile technologies, and design-ergonomic solutions. An analysis of scientific sources on the impact of UV radiation on the human body and the functional properties of materials was conducted; a review and comparison of UPF clothing collections of modern brands by categories and technological characteristics; an artistic and design analysis of forms, compositions, and colors was conducted.

Results. Analysis of modern approaches to the design of UPF clothing showed that effective protection against UV radiation is achieved through a combination of materials with a high UPF level, constructive and technological solutions (the presence of hoods, half-gloves, extended sleeves). Research into the collections of leading brands allowed us to classify design strategies by categories: special, fashion, outdoor and mass market; to identify the key characteristics of each category and to assess the ratio of functionality and aesthetics. Experimental implementation of constructive solutions allowed us to produce prototypes of clothing for protection against UV radiation. The proposed designs provide maximum body coverage, an appropriate level of protection, and in terms of aesthetic, ergonomic (constructive) and technological quality indicators, they meet modern requirements for clothing for protection against UV radiation.

Scientific novelty. The study confirms that the design of UPF clothing is an interdisciplinary field that synthesizes fashion design, functional properties of materials, technologies and design-ergonomic solutions. An approach to classifying design solutions in the field of UPF clothing by brand categories and levels of protection has been developed, which is a tool for further integration of design solutions and protection effectiveness into a comprehensive scientific and practical study. Optimal principles for designing clothing for protection against UV radiation in the context of interdisciplinary interaction of fashion design and textile technologies have been determined.

Practical significance. The results of the study can be used to develop UPF clothing collections that combine a high level of protection (UPF 30–50+), comfort and modern design. The classification of brands, materials and technologies allows to optimize the choice of textile materials with protection levels and structures, and increase the competitiveness of products in the market.

Keywords: UPF clothing; electromagnetic radiation; ultraviolet protection; fashion design; functionality; construction; technology; design-concept; interdisciplinary design; materials.

Вступ. Ультрафіолетове (УФ) випромінювання є частиною електромагнітного випромінювання з довжиною хвиль в діапазоні від 100 до 400 нм. Воно становить незначну частку сонячного спектра, проте характеризується високим рівнем біологічної активності та суттєвим впливом на живі організми і їх метаболічні процеси. Сонячне опромінення чинить на організм людини як стимулюючий, так і шкідливий вплив,

залежно від дози та тривалості експозиції. Зокрема, під дією УФ-променів у шкірі відбувається синтез вітаміну D, який відіграє ключову роль у підтриманні кальцієвого гомеостазу та проявляє антиоксидантні властивості. Крім того, УФ випромінювання має виражену бактерицидну дію, сприяючи інактивації широкого спектра патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій, вірусів і грибів [1].

Водночас надмірне сонячне опромінення становить серйозну загрозу для здоров'я людини. Біологічна реакція організму на УФ випромінювання визначається дозою опромінення, яка залежить від інтенсивності та тривалості впливу. УФ випромінювання може призводити до негативних біологічних ефектів – фотодерматитів, фотостаріння шкіри та ризику онкологічних захворювань (World Health Organization). За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щороку у світі реєструється понад 130 тисяч випадків захворювання на злоякісну меланому шкіри, при цьому до 90% випадків пов'язані з надмірною дією УФ радіації [2–4].

Ризики для здоров'я, зумовлені впливом УФ випромінювання, можуть бути істотно зменшені за умови дотримання комплексу профілактичних заходів, рекомендованих національними та міжнародними організаціями. Використання засобів індивідуального захисту, зокрема одягу та головних уборів, що забезпечують максимальне покриття поверхні тіла, визнається одним із найбільш ефективних способів профілактики негативного впливу УФ випромінювання [4]. Водночас сучасні вимоги до одягу передбачають не лише високий рівень захисту від УФ випромінювання, але й відповідність актуальним модним тенденціям, ергономічність, комфортність та естетичну привабливість. Це зумовлює необхідність розгляду дизайну захисного одягу як міждисциплінарної сфери, що інтегрує принципи fashion-дизайну, матеріалознавства та текстильних технологій.

Актуальність дослідження посилюється тим, що більшість традиційних підходів до захисту від УФ випромінювання зосереджені переважно на косметичних або медичних засобах, тоді як дизайнерський потенціал одягу як ефективного та тривалого захисного рішення залишається недостатньо реалізованим. Сучасний дизайн UPF-одягу вимагає науково обґрунтованого формоутворення, продуманих композиційних і кольорово-пластичних рішень, а також інтеграції інноваційних матеріалів, що не знижують естетичної цінності виробу.

Аналіз попередніх досліджень. УФ випромінювання є ключовим фактором

ризiku для шкіри, що спричиняє сонячні опіки, передчасне старіння та рак шкіри [5, 6]. Найбільш ефективним засобом захисту є використання одягу з високим УФ-захистом (UPF 50+), який покриває значну частину тіла [7, 8]. Розробка UPF-одягу передбачає врахування фізико-хімічних та структурних властивостей тканин, а також використання синтетичних або натуральних УФ-поглиначів [1, 4, 9, 10]. Також важливими є колір, структура переплетення та щільність тканини, що впливають на коефіцієнт УФ-захисту [11]. Для підвищення ефективності захисту використовують функціоналізацію тканин, наприклад, методом кубових барвників для бавовняних матеріалів, що забезпечує UPF 50+ без втрати кольору та фізичних властивостей тканини [12]. Також розробляються модифіковані головні убори та костюми для різних груп користувачів з урахуванням термофізіологічного та сенсорного комфорту [13–15]. Авторами роботи [16] у ході досліджень доведено вплив оптичних характеристик текстильного матеріалу на його екрануючі властивості щодо дії УФ випромінювання. Виявлено, що текстильні полотна насичених темних кольорів дозволяють досягнути екрануючих властивостей на рівні «Дуже хороший захист». При цьому рівень UPF світлих ненасичених кольорів змінюється від 10 до 35 зі збільшенням насиченості кольору [16].

Значна кількість наукових досліджень присвячена визначенню факторів, що впливають на здатність текстильних матеріалів блокувати УФ випромінювання. У роботі [11] досліджено вплив конструкції тканини та її кольору на коефіцієнт захисту від УФ. Встановлено, що найбільший вплив на показник UPF має колір матеріалу, тоді як структурні характеристики тканини відіграють важливу роль у випадку використання світлих тканин.

Постановка завдання. Аналіз наукових праць свідчить, що сучасні підходи до УФ-захисту поєднують знання про наслідки впливу УФ-променів, сучасні текстильні матеріали з функцією УФ-захисту, функціональний дизайн одягу для забезпечення ефективного та комфортного захисту людини. Тому дослідження, спрямовані на аналіз

і вдосконалення дизайну виробів для захисту від УФ випромінювання, є актуальними з позицій сучасної модної індустрії та сприяють формуванню нового напрямку у fashion-дизайні, орієнтованого на поєднання захисної функції, художньої виразності та технологічної інноваційності.

Об'єкти і методи дослідження. Об'єктом дослідження є процес дизайн-технологічного проектування UPF-одягу на основі дизайн-концепції та аналізу колекцій, представлених сучасними брендами у категоріях спеціального, fashion, outdoor та масмаркет-сегментів. Предметом дослідження є UPF-одяг. Методи дослідження включали аналіз наукових джерел та літератури – вивчення впливу УФ випромінювання на організм людини та сучасних підходів до проектування захисного UPF-одягу; огляд і класифікація колекцій UPF-одягу – систематизація дизайнерських рішень за категоріями брендів, рівнем UPF та функціонально-технологічними характеристиками; художньо-проектний аналіз – дослідження форм, орнаментів, кольорових рішень та композиційних структур у сучасному дизайн-проектуванні; експериментальне дизайн-технологічне проектування – створення прототипів виробів, визначення функціональної ефективності конструктивних елементів.

Результати дослідження та їх обговорення. UPF-захисні вироби класифікують за ступенем поглинання УФ випромінювання. Основні стандарти визначають UPF (Ultraviolet Protection Factor) – показник, що характеризує здатність тканини блокувати УФ промені. Високі значення UPF (30+) вказують на ефективний захист, рекомендований для тривалого перебування під прямими сонячними променями.

Дизайн UPF-захисних виробів значною мірою базується на принаймні трьох технологічних підходах:

- використання синтетичних полімерів (поліефір, поліамід) з додаванням УФ-стабілізаторів або мінеральних компонентів (оксид титану, діоксид кремнію), що забезпечують високий рівень захисту через відбивання та поглинання УФ-променів;

- застосування нанопокриттів та барвників, що змінюють спектральну

відбивну здатність тканини. Сучасний напрям, який дозволяє підвищити UPF без значного впливу на структурні та фізичні властивості матеріалу;

- використання щільних текстильних переплетень, двошарових конструкцій та поєднання різних типів текстильних матеріалів мінімізують наскрізне проникнення УФ випромінювання.

Сучасний дизайн виробів для захисту від УФ випромінювання є міждисциплінарним феноменом, що поєднує функціональний, технологічний та естетичний виміри. Інноваційні матеріали, конструктивні рішення та актуальні дизайнерські підходи обумовлюють формування нової генерації захисних виробів, які відповідають вимогам сучасного ринку, активного способу життя та посиленого фокусу на здоров'ї та сталості.

UPF-одяг включає фуфайки, легкі куртки, штани та головні убори – деякі виробники поєднують класичні силуети з інноваційними матеріалами, зберігаючи комфорт і легкість. Колір і графічні мотиви часто відповідають стилю outdoor та active lifestyle. Не менш важливими елементами є аксесуари з UPF-захистом, а саме: сонцезахисні парасольки, шарфи та косинки з UPF-фільтрами стають не тільки утилітарним, а й fashion-елементом, що дозволяє користувачеві підкреслювати індивідуальність. На сьогоднішній день дизайнери інтегрують UPF-захист у повсякденний гардероб, використовуючи декоративні мотиви та тканини з високим рівнем UPF, що дозволяє поєднувати моду з практичністю.

Основними викликами у сфері виготовлення виробів для захисту людини від УФ випромінювання є:

- забезпечення балансу між захисними функціями та комфортом;

- відсутність єдиних міжнародних стандартів UPF-маркування;

- екологічні обмеження у виробництві матеріалів.

Наступний етап розвитку UPF-одягу полягає у інтеграції smart-текстильних матеріалів (розширення сенсорних властивостей, зміна UPF під дією сонячного світла) та масштабуванні технологій UPF захисту у повсякденний fashion-масмаркет.

Сучасний ринок UPF-одягу демонструє багаторівневий підхід до захисту від УФ, який відображається у чотирьох основних категоріях: спеціальні, fashion, outdoor та масмаркет.

Спеціальні бренди концентруються на виробках із високим сертифікованим UPF-захистом:

- Coolibar (США) – UPF 50+, одяг та аксесуари з медично сертифікованим захистом, ефективність зберігається після багаторазових прань.

- Heliades (США) – UPF 50+, fashion-аксесуари, OEKO-TEX® сертифікація, екологічні тканини.

- iQ-UV (Німеччина) – UPF 50+, одяг з перероблених тканин.

- *Fashion-бренди* поєднують UPF-захист з дизайнерською естетикою та стилем:

- Cabana Life (США) – пляжний та сімейний стиль, UPF 50+, захист після багаторазових прань.

- JuJa (Нідерланди) – дитячий одяг, UPF 50+, мінімалістичний стиль для повсякденного носіння.

Outdoor-категорія інтегрує UPF-захист у продукцію для активного відпочинку:

- **Columbia Sportswear (США)** – використовує технології Omni-Shade®, що забезпечують UPF 30–50+. Вироби поєднують функціональність для outdoor-активностей та сучасний спортивний дизайн.

- Patagonia (США) – до UPF 50+, outdoor-одяг із перероблених матеріалів, дихаючі та функціональні тканини.

- **The North Face (США)** – орієнтований на активний туризм, поєднує захисні властивості (UPF 30–50) із технологіями терморегуляції та вологовідведення.

Масмаркет забезпечує доступність UPF-одягу для широкого споживача:

- UNIQLO (Японія) – UPF 30–50+, повсякденний одяг із технологією *UV Cut*;

- Playshoes (Німеччина) – повсякденний дитячий одяг та купальники, UPF 50+, яскраві кольорові рішення;

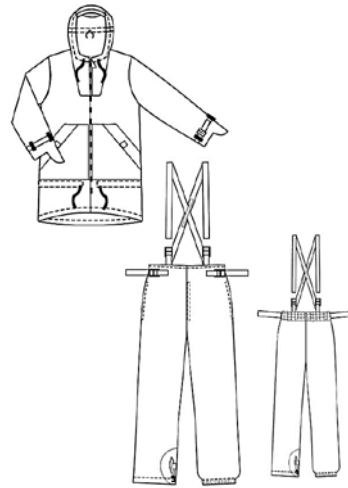
- **H&M (Швеція)** – UV-protect лінії з UPF 30–40, орієнтовані на повсякденне використання; доступний стиль та функціональність для широкого кола споживачів.

- **Zara (Іспанія)** – інтегрує легкі тканини з UV-захистом у сезонні колекції fashion, поєднуючи модні тренди та базовий рівень захисту (UPF 30).

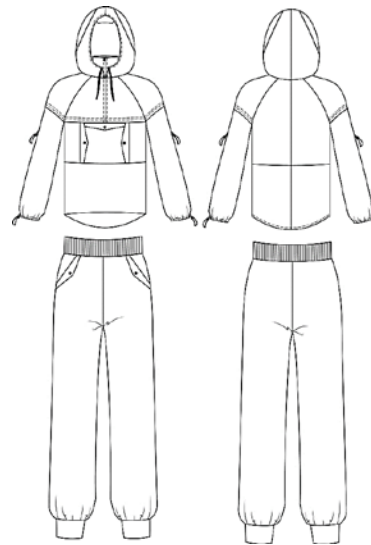
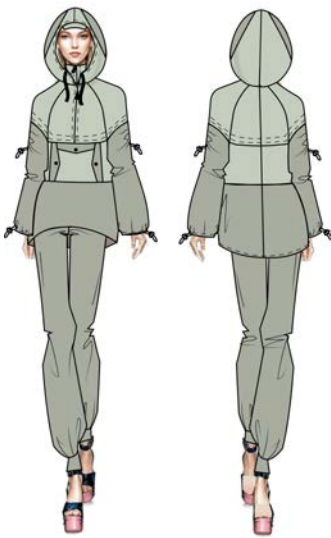
За результатами системного аналізу конструктивних рішень одягу для захисту від УФ випромінювання розроблено та виготовлено три моделі одягу, призначеного для експлуатації в умовах інтенсивного сонячного опромінення (рис. 1). Особливу увагу приділено поєднанню функціональних та дизайнерських аспектів: використання сучасних матеріалів із високим UPF-рівнем, високим рівнем повітро- та паропрохідності, стійких до механічних впливів піску, пилу, рослинності, поєднується з продуманими композиційними, кольорово-пластичними та конструкторсько-технологічними рішеннями, що забезпечують естетичну цілісність та ергономічність виробів.

Геометрія виробів та раціональна структура окремих елементів із регульованими параметрами (капюшонів, манжет, захисних вставок, подовжених рукавів тощо) дозволяють забезпечити свободу руху та комфорт при тривалому носінні, водночас максимізуючи площу захисного покриття. Запропоновані моделі одягу поєднують функціональні та дизайнерські підходи, забезпечуючи максимальне покриття тіла та ефективний захист шкіри. Моделі представляють собою костюм, що складається з куртки та штанів із бретелями й без відповідно та характеризуються інноваційними конструктивними рішеннями, що підвищують ергономічність, зручність та естетичну привабливість виробу.

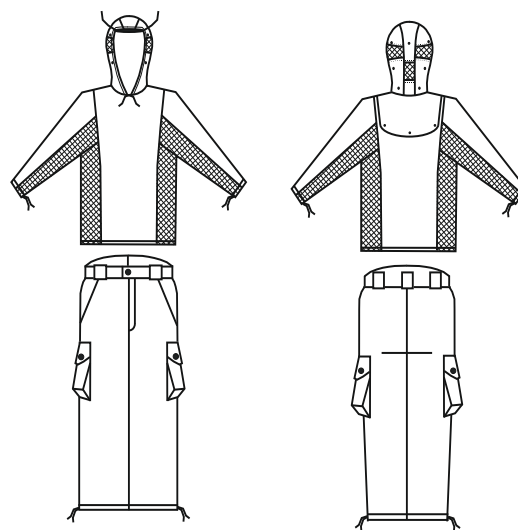
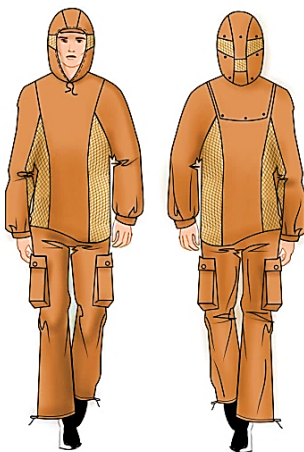
Куртка моделі 1 (рис. 1) має вшивний капюшон із козирком, що забезпечує надійний захист голови, шиї та вух від УФ опромінення. Для регулювання об'єму лицьового вирізу та фіксації капюшона на голові застосовані прокладені по його контуру куліски, що дозволяють адаптувати виріб до індивідуальних анатомічних особливостей користувача. Рукава куртки завершуються вшивними напіврукавицями, які закривають зовнішню поверхню кисті руки, що значно підвищує ефективність захисту при тривалому перебуванні на сонці.



Модель 1



Модель 2



Модель 3

а

б

Рис. 1. Ескіз (а), технічний рисунок (б) костюму для захисту від УФ випромінювання

Куртка моделі 2 (рис. 1) прямого силуету складається з переду, спинки, з центральною застібною «блискавкою», яка доходить до нагрудної накладної кишені з клапанами, які застібаються на кнопки. Рукав типу реглан, по низу якого прокладена куліска. Це дозволяє регулювати об'єм рукава та підлаштувати його розміри до особливостей тіла людини. Куртка з вшивним капюшоном. Для регулювання об'єму лицьового вирізу та фіксації капюшона на голові застосовані прокладена по його контуру куліска. Штани прямого силуету з пришивним поясом та манжетами по низу штанів.

В манжетах штанів прокладена куліска, за рахунок якої можливе регулювання об'єму штанів по низу. Наявність кулісок в елементах костюму дозволяє максимально пристосовувати розміри виробу до розмірів тіла людини. Фіксація виробу на тілі людини забезпечить максимальне стабільне покриття тіла людини одягом з максимальним захистом від УФ випромінювання.

Куртка костюму моделі 3 (рис. 1) складається з переду й спинки без бокових швів та з бочками, які виготовлені із сітки. На спинці – пришивна відлітна кокетка, яка у нижній частині закріплюється на 3 пластмасові кнопки та закриває верхню частину спинки, виготовлену із сітки. Рукава трьохшовні, передня та задня нижні частини яких виготовлені із сітки з можливістю регулювання обхвату по низу рукава за рахунок прокладеної куліски. Капюшон вшивний з козирком, складається з декількох частин, три частини – із сітки. За рахунок куліски, прокладеної по капюшону, регулюється об'єм лицьового вирізу та фіксація капюшона на голові. До частини капюшону на кнопки пристібається знімна деталь, яка дозволяє закривати частини капюшону із сіткою від впливу сонячного випромінювання. Штани костюму з пришивним поясом. Штани з боковими кишенями з підкрійним бочком та з об'ємними накладними кишенями типу

«портфель» з клапанами, які настроєні в зоні бічних швів. По низу штанів прокладена куліска, за рахунок якої можливе регулювання об'єму штанів.

Завдяки інтеграції функціональних та дизайнерських принципів запропоновані вироби є прикладом сучасного підходу до проєктування сонцезахисного одягу, який відповідає не лише фізіологічним потребам користувача, але й сучасним вимогам fashion-дизайну та технологічним стандартам легкої промисловості.

Висновки. Проведені дослідження підтвердили, що одяг є одним із найефективніших засобів захисту шкіри від надмірного УФ опромінювання, а конструктивні й дизайнерські рішення визначають його функціональну ефективність та конкурентоспроможність. Запропоновані конструкторсько-технологічні рішення моделей UPF-одягу забезпечують комплексний захист, гармонійно поєднуючи ергономіку, естетику та технологічну інноваційність.

Концептуальною основою формування асортиментних рядів одягу для захисту від дії УФ випромінювання є варіативне поєднання конструктивних параметрів виробів та їх функціональних елементів, спрямоване на підвищення рівня захисних властивостей і надійності експлуатації. У процесі дизайн-проєктування особливу увагу приділено оптимізації конфігурації конструктивних вузлів, ступеню покриття поверхні тіла та інтеграції додаткових захисних елементів, що забезпечують ефективний захист шкіри від УФ випромінювання.

Це дослідження було профінансовано Міністерством освіти і науки України в рамках науково-технічного проєкту № РС/64-2024 від 30.09.2024, що реалізовувався за рахунок зовнішнього інструменту допомоги Європейського Союзу для виконання зобов'язань України у Рамковій програмі Європейського Союзу з наукових досліджень та інновацій «Горизонт 2020».

Література

1. Gayathri N., Das S. UV protection finishes and its effects on textiles. *Asian Dyer*. 2018. No. 15. P. 47–52.

References

1. Gayathri, N., & Das, S. (2018). UV protection finishes and its effects on textiles. *Asian Dyer*, 15, 47–52.

2. Holick M. Biological Effects of Sunlight, Ultraviolet Radiation, Visible Light, Infrared Radiation and Vitamin D for Health. *Anticancer Research*. 2016. Vol. 36, No. 3. P. 1345–1356.
3. Офіційний сайт Всесвітньої організації здоров'я. URL: https://www.who.int/uv/uv_and_health/
4. Kibria G., Repon M. R., Hossain M. F., Islam T., Jalil M. A., Aljabri M. D., Rahman M. M. UV-blocking cotton fabric design for comfortable summer wears: factors, durability and nanomaterials. *Cellulose*. 2022. No. 29 (14). P. 7555–7585.
5. Singh B., Gahlot M., Rani A. Development of UV Protective Clothing for College Going Girls. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2019. No. 8(6). P. 1614–1621.
6. Ida O., Usman A., Leila E. Sun protection: A comprehensive 2022 dermatologic review. *Journal of Family Medicine and Disease Prevention*. 2023. No. 9(1). Art. 154.
7. Harrison S. L., Buettner P. G., Nowak M. J. Sun-protective clothing worn regularly during early childhood reduces the number of new melanocytic nevi: the North Queensland Sun-Safe Clothing Cluster randomized controlled trial. *Cancers*. 2023. No. 15(6). Art. 1762.
8. Das B. R. UV radiation protective clothing. *Open Textile Journal*. 2010. No. 3. P. 14–21.
9. Alam I. K., Moury N. N., Islam M. T. Synthetic and natural UV protective agents for textile finishing. *Sustainable Practices in the Textile Industry*. 2021. P. 207–235.
10. Saha B., Saha A., Das P., Kakati A., Banerjee A., Chattopadhyay P. A comprehensive review of ultraviolet radiation and functionally modified textile fabric with special emphasis on UV protection. 2024.
11. Dubrovski P. D., Golob D. Effects of woven fabric construction and color on ultraviolet protection. *Textile Research Journal*. 2009. No. 79(4). P. 351–359. DOI: <https://doi.org/10.1177/0040517508090490>.
12. Арабулі С. І., Власенко В. І., Труба А. А., Арабулі А. Т. Захист від шкідливого ультрафіолетового випромінювання: практичне застосування кубових барвників для функціоналізації бавовняних тканин. *Індустрія моди. Fashion Industry*. 2022. № 3–4. С. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2022.3.2>.
13. Труба А., Внукова О. М., Арабулі А. Т., Арабулі С. І. Вплив сировинного складу текстилю на екрануючі властивості щодо дії УФ-випромінювання. Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн технологій KyivTex&Fashion (Київ, 21 жовтня 2021 року). Київ: КНУТД, 2021. С. 101–102.
14. Арабулі С. І., Арабулі А. Т., Труба А. А. Головні убори для захисту від шкідливого УФ випромінювання. *Індустрія моди. Fashion Industry*. 2021. № 4. С. 42–50. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19738>.
2. Holick, M. (2016). Biological Effects of Sunlight, Ultraviolet Radiation, Visible Light, Infrared Radiation and Vitamin D for Health. *Anticancer Research*, 36(3), 1345–1356.
3. Official website of the World Health Organization. URL: https://www.who.int/uv/uv_and_health/
4. Kibria, G., Repon, M. R., Hossain, M. F., Islam, T., Jalil, M. A., Aljabri, M. D., & Rahman, M. M. (2022). UV-blocking cotton fabric design for comfortable summer wears: factors, durability and nanomaterials. *Cellulose*, 29(14), 7555–7585.
5. Singh, B., Gahlot, M., & Rani, A. (2019). Development of UV Protective Clothing for College Going Girls. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 8(6), 1614–1621.
6. Ida, O., Usman, A., & Leila, E. (2023). Sun protection: A comprehensive 2022 dermatologic review. *Journal of Family Medicine and Disease Prevention*, 9(1), 154.
7. Harrison, S. L., Buettner, P. G., & Nowak, M. J. (2023). Sun-protective clothing worn regularly during early childhood reduces the number of new melanocytic nevi: the North Queensland Sun-Safe Clothing Cluster randomized controlled trial. *Cancers*, 15(6), 1762.
8. Das, B. R. (2010). UV radiation protective clothing. *Open Textile Journal*, 3, 14–21.
9. Alam, I. K., Moury, N. N., & Islam, M. T. (2021). Synthetic and natural UV protective agents for textile finishing. *Sustainable Practices in the Textile Industry*, 207–235.
10. Saha, B., Saha, A., Das, P., Kakati, A., Banerjee, A., & Chattopadhyay, P. (2024). A comprehensive review of ultraviolet radiation and functionally modified textile fabric with special emphasis on UV protection.
11. Dubrovski, P. D., & Golob, D. (2009). Effects of woven fabric construction and color on ultraviolet protection. *Textile Research Journal*, 79(4), 351–359.
12. Arabuli, S. I., Vlasenko, V. I., Truba, A. A., & Arabuli, A. T. (2022). Zakhyst vid shkidlyvoho ultrafioletovoho vyprominiuvannia: praktychne zastosuvannia kubovykh barvnykiv dlia funktsionalizatsii bavovnyanykh tkanyn. *Industriia mody [Protection from harmful ultraviolet radiation: practical application of vat dyes for functionalization of cotton fabrics]*. *Industriia mody. Fashion Industry*, 3–4, 53–61. <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2022.3.2> [in Ukrainian].
13. Truba, A., Vnukova, O. M., Arabuli, A. T., & Arabuli, S. I. (2021). Vplyv syrovynnoho skladu tekstyliu na ekranuiuchi vlastyvoli shchodo dii UF-vyprominiuvannia [The influence of the raw material composition of textiles on the shielding properties against UV radiation]. *Zbirnyk tez dopovidei V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii tekstyl'nykh ta feshn tekhnolohii KyivTex&Fashion* (October 21, 2021). Kyiv: KNU TD. P. 101–102 [in Ukrainian].
14. Arabuli, S. I., Arabuli, A. T., & Truba, A. A. (2021). Holovni ubory dlia zakhystu vid shkidlyvoho UF vyprominiuvannia [Hats to protect against harmful UV radiation]. *Industriia mody. Fashion Industry*, 4, 42–50. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19738> [in Ukrainian].

15. Арабулі А. Т., Арабулі С. І., Власенко В. І. Конструкторсько-технологічні рішення одягу для захисту від дії УФ випромінювання. Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн технологій *KyivTex&Fashion* (31 жовтня 2019 р., Київ). Київ: КНУТД, 2019. С. 56–60. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14768>.

16. Арабулі С. І., Арабулі А. Т., Труба В. С., Левицька Д. Р. Дослідження екрануючих властивостей текстильних матеріалів щодо дії ультрафіолетового випромінювання. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки*. 2020. № 6 (152). С. 19–28. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/18560>.

15. Arabuli, A. T., Arabuli, S. I., & Vlasenko, V. I. (2019). Konstruktorsko-tekhnologichni rishennia odiahu dlia zakhystu vid dii UF vyprominiuvannia [Design and technological solutions for clothing to protect against UV radiation]. *Zbirnyk materialiv III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii tekstylnykh ta feshn tekhnolohii KyivTex&Fashion* (October 31, 2019, Kyiv). Kyiv: KNUTD. P. 56–60. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14768> [in Ukrainian].

16. Arabuli, S. I., Arabuli, A. T., Truba, V. S., & Levytska, D. R. (2020). Doslidzhennia ekranuiuchykh vlastyvostei tekstylnykh materialiv shchodo dii ultrafioletovoho vyprominiuvannia [Research on the screening properties of textile materials regarding the action of ultraviolet radiation]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Seriya Tekhnichni nauky – Bulletin of the Kyiv National University of Technology and Design. Series Technical Sciences*, 6 (152), 19–28. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/18560> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції /
Received 27.04.2026Прийнята до друку /
Accepted 25.05.2026Опубліковано /
Published 29.05.2026УДК 62-529:67/68.05:621.865.8
<https://doi.org/10.30857/2706-5898.2026.2.3>**DVORZHAK VOLODYMYR**Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
e-mail: dvorzhak.vm@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-1693-9106>**RUBANKA MYKOLA**Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
e-mail: rubanka.mm@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-2367-0333>**ZALIUBOVSKYI MARK**Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
e-mail: zalyubovskiy.mg@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-9183-2771>**VOLIANYK OLEKSII**Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
e-mail: volianyky.ov@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-7278-0910>**KOSHEL SERHII**Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
e-mail: koshel.so@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-7481-0186>

APPLICATION OF INDUSTRIAL ROBOT MANIPULATORS AT LIGHT INDUSTRY ENTERPRISES

Purpose. Kinematic analysis and computer modelling of a 3D manipulator for the automation of technological operations at light industry enterprises.

Methodology. The study uses the method of vector coordinate transformation, in which links are represented as free vectors and characteristic points as radius vectors; the method of kinematic analysis of structural groups; methods of computer simulation and visualisation using the Mathcad software environment and the principles of structural analysis of Assur groups; and the method of parametric synthesis of a mechatronic system.

Results. A mathematical model of the position functions of the end effector was obtained, and the workspace, or operating zone, of the manipulator was visualised. Kinematic constraints related to the minimum and maximum rotation angles of the links were established, which is critical for optimising the interaction between the robot and the object. A mechatronic control system based on an Arduino microprocessor platform and servomotors of active kinematic pairs is presented. A program code, or sketch, was developed for accurate scaling of control signals using the $\text{map}()$ function, which makes it possible to implement smooth and coordinated movements of the end effector.

Scientific novelty. Analytical methods for studying multi-link spatial mechanisms with specific kinematic constraints have been improved.

Practical value. The obtained research results provide the possibility of automating such processes as cutting, sewing and packaging, thereby increasing production accuracy and productivity. Analytical expressions were obtained for solving the forward kinematics problem and accurately determining the position of the working tool in space. The obtained results can be used in solving the inverse kinematics problem for the complete automation of trajectory planning for the movements of industrial robot manipulators.

Keywords: 3D manipulator; spatial mechanism; kinematic analysis; computer modelling; mechatronic system; Arduino; servomotor; light industry; forward kinematics; trajectory planning.

ЗАСТОСУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРІВ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

ДВОРЖАК ВОЛОДИМИР, РУБАНКА МИКОЛА, ЗАЛЮБОВСЬКИЙ МАРК,
ВОЛЯНИК ОЛЕКСІЙ, КОШЕЛЬ СЕРГІЙ

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

Мета. Проведення кінематичного аналізу та комп'ютерного моделювання 3D-маніпулятора для автоматизації технологічних операцій на підприємствах легкої промисловості.

Методика. У роботі використано метод векторного перетворення координат, де ланки представлені у вигляді вільних векторів, а характерні точки – як радіус-вектори; метод кінематичного аналізу структурних груп; метод комп'ютерної симуляції та візуалізації (для моделювання використано програмне середовище Mathcad та принципи структурного аналізу груп Асура); метод параметричного синтезу мехатронної системи.

Результати. Отримано математичну модель функції положення виконавчого органу та візуалізацію робочого простору (зони обслуговування) маніпулятора. Встановлено кінематичні обмеження щодо мінімальних і максимальних кутів повороту ланок, що є критичним для оптимізації взаємодії робота з об'єктом. Представлено мехатронну систему керування на базі мікропроцесорної платформи Arduino та сервоприводів активних кінематичних пар. Розроблено програмний код (скетч) для точного масштабування керуючих сигналів за допомогою функції $\tan()$, що дозволяє реалізувати плавні та скоординовані рухи виконавчого органу.

Наукова новизна. Вдосконалено аналітичні методи дослідження багатоланкових просторових механізмів зі специфічними кінематичними обмеженнями.

Практична значимість. Одержані результати досліджень забезпечують можливість автоматизації таких процесів, як розкроювання, зшивання та пакування, що підвищує точність і продуктивність виробництва. Отримано аналітичні вирази для розв'язання прямої задачі кінематики та точного визначення положення робочого інструмента у просторі. Одержані результати досліджень можуть бути використані при розв'язанні зворотної задачі кінематики для повної автоматизації планування траєкторій рухів маніпуляторів промислових роботів.

Ключові слова: промисловий робот; маніпулятор; кінематичний аналіз; комп'ютерне моделювання; легка промисловість.

Introduction. At the present stage of industrial development, widespread computerisation and the implementation of CAD software have ensured the leading role of analytical methods in the study of mechanisms [1, 7–10]. In light industry, the automation of production processes using industrial robot manipulators (pneumatic, electric, hydraulic or servo-driven) is becoming increasingly important for improving efficiency [2]. The application of robotic systems makes it possible to automate complex operations such as cutting and sewing materials, applying markings, including logos and sizes, producing complex seams, such as pockets and folds, and packaging finished products [2]. The use of manipulators not only increases production speed and accuracy, which directly affects product quality, but also makes it possible to significantly

reduce waste [3], minimise errors and lower labour costs [2, 4]. Since most modern industrial robots are multi-link manipulators controlled by microprocessor controllers, the development and investigation of their mathematical and computer models for optimising technological motions is a relevant task [2, 5, 11, 12].

Purpose of the study is to conduct kinematic analysis and computer modelling of a 3D manipulator developed for the needs of light industry, using modern software packages, in particular Mathcad, and vector algebra methods to optimise its working processes.

Analysis of previous studies. The current state of industrial robotics is characterised by the transition to fully computerised design and the implementation of analytical methods for studying mechanisms using CAD software. The

vast majority of modern industrial robots are multi-link manipulators controlled by microprocessor controllers and equipped with specialised end effectors for performing technological operations [2, 5].

In the scientific literature, the fundamental aspects of the theory of mechanisms and machines, including the classification of mechanisms, are presented in the works of O. Koreniako, Ya. Kinytskyi and other researchers. An important stage in the design of such systems is solving motion planning problems, which in robotics are divided into forward and inverse kinematics problems [5]. The forward kinematics problem makes it possible to determine the position of the working tool for given rotation angles of the links, whereas the inverse kinematics problem involves calculating the required angles to reach a target point [5, 13].

Research conducted, in particular, at the Department of Mechanical Engineering of Kyiv National University of Technologies and Design emphasises the effectiveness of the vector modelling method, in which the links of a mechanism are represented as free vectors, while characteristic points, namely the centres of kinematic pairs, are represented as radius vectors [1]. This approach, combined with the use of transformation matrices, including rotation and translation matrices, in the Mathcad environment significantly simplifies the analysis of spatial mechanisms, enabling parallel calculations and real-time motion visualisation [1].

Special attention in previous studies has been paid to the development of 3D models of manipulators at the Department of Mechanical Engineering of KNUTD [2]. In particular, manipulators whose structure corresponds to planar mechanisms of the second class according to Assur's classification and which have several degrees of freedom were considered [5]. The conducted studies made it possible to determine the operating zones, or workspace, and kinematic constraints, which is important for preventing problems when performing complex motions [2].

Another important area is the synthesis of mechatronic control systems (MCS), which combine mechanical, energy and information

components [6]. In the works of B. Orlovskyi, the use of Arduino-type platforms and servomotors for implementing active kinematic pairs of the manipulator is substantiated. Such systems are programmed using special codes, or sketches, which makes it possible to scale signals from potentiometers for precise control of the rotation angles of servomotor shafts [6].

Problem statement. Despite the existing developments in the field of industrial robotics and computer modelling of mechanisms, the improvement of mathematical models for specific technological operations in light industry, such as the formation of complex seams, marking, cutting and packaging, remains insufficiently studied. These operations require an integrated approach that combines kinematic analysis, vector modelling, computer simulation and the synthesis of mechatronic control systems. Therefore, research aimed at developing a mathematical and computer model of a 3D manipulator, determining its workspace, analysing kinematic constraints and substantiating the principles of precise control of the end effector is a relevant task.

Methodology. To achieve the stated purpose and solve the research objectives, an integrated approach was applied, combining methods of theoretical mechanics, vector algebra and mechatronic synthesis. The research process was based on the following methods: the method of vector coordinate transformation, the method of kinematic analysis of structural groups, the method of computer simulation and visualisation, and the method of parametric synthesis of a mechatronic system.

Method of vector coordinate transformation. This method was selected as the main approach for developing the mathematical model of the manipulator. Its essence consisted in representing each movable link of the manipulator as free vectors $P_{i,j}$, while the characteristic points, namely the centres of kinematic pairs, were represented as radius vectors P_k originating from the base reference point P_l . To describe the spatial position of the links, a right-handed coordinate system was used with the corresponding unit vectors of the axes [1, 2].

Mathematical modelling in the Mathcad environment. To solve the forward kinematics

problem, mathematical models were developed to describe the position functions of the links depending on the generalised coordinates, namely the rotation angles of the driving rocker arms φ_1 and φ_2 (Fig. 1). The calculations were performed using rotation matrices T_X , T_Y , T_Z about the coordinate axes. In particular, the following specific user-defined Mathcad functions were used:

- for rotating a vector by a given angle:

$$\rho_K(r_1, \varphi_K, l_2) = T_K(\varphi_K) \cdot e_r \cdot l_2;$$

- for determining angular parameters between vectors:

$$Kut(l_1, l_2, l_3) = \arccos\left(\frac{l_1^2 + l_2^2 - l_3^2}{2 \cdot l_1 \cdot l_2}\right);$$

- parameters $W_{3_4_5}$, $W_{7_8_3}$, $W_{9_{10}_6}$, which determine the assembly variants of Assur groups.

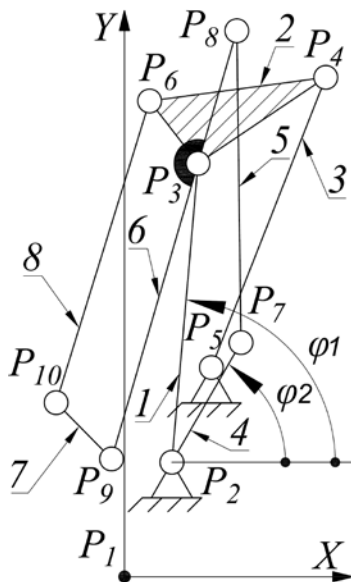


Fig. 1. Computational diagram of the manipulator kinematic scheme [5]

Kinematic analysis of structural groups. The study was carried out on the basis of Assur's classification, in which the manipulator was considered as a second-class planar mechanism consisting of driving links and connected two-link groups, for example, groups 2–3, 5–6, and 7–8 (Fig. 1). This made it possible to determine the position functions for each group step by step through a system of vector equations.

Method of computer simulation and visualisation. Based on the obtained mathematical expressions, a computer model of

the kinematic scheme was constructed in the Mathcad software environment (Fig. 2).

By varying the setting angles of the driving links and the magnitude of their stroke, the following operations were performed:

- construction of the trajectories of characteristic points of the moving links;
- visualisation of the operating zone, or workspace, which was marked on the graphs with the symbol "x";
- verification of kinematic constraints to determine the maximum and minimum rotation angles of the links.

Method of parametric synthesis of a mechatronic system. To ensure control of the manipulator, methods for synthesising mechatronic modules were applied, combining mechanical, energy and information components. The control implementation mechanism included:

- the use of an Arduino microprocessor platform and servomotors for active kinematic pairs.
- the development of specialised program code, or a sketch, in which the *map()* function was used to scale analogue signals from potentiometers, ranging from 0 to 1023, to the values of the rotation angles of servomotor shafts, ranging from 0 to 180°.
- the introduction of time delays using the *delay()* function to stabilise system operation.

Research results and discussion. As a result of the study conducted at the Department of Mechanical Engineering of KNUTD, a 3D model of a manipulator intended for the automation of technological operations in light industry was developed and analysed. The developed manipulator has three degrees of freedom and consists of a rotary platform, which provides rotation about the vertical axis, and eight movable links forming revolute kinematic pairs (Fig. 1). In terms of its structure, it is a second-class planar mechanism according to Assur's classification, with two driving links.

1. Mathematical model of the manipulator kinematics

To analyse the motions of the manipulator, a mathematical model was developed based on the method of vector coordinate transformation in accordance with the vector diagram of the mechanism (Fig. 3).

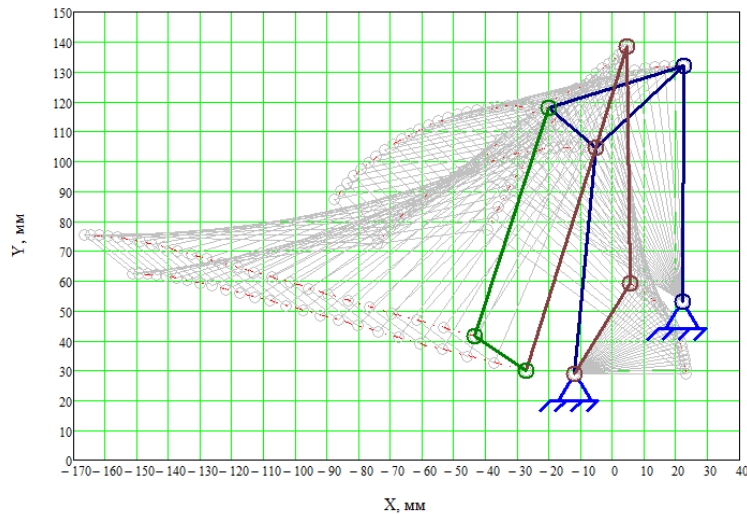


Fig. 2. Mathcad visualisation of the manipulator kinematic scheme superimposed on the trajectories of characteristic points [5]

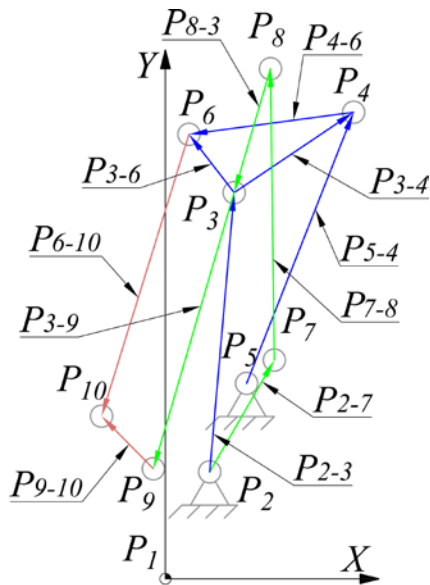


Fig. 3. Vector diagram of the manipulator

The links are represented as free vectors P_{i-j} , while the characteristic points, namely the joint centres, are represented as radius vectors P_k . The rotation angles of the driving rocker arm φ_1 and φ_2 , are used as the generalised coordinates of the mechanism.

The main analytical expressions obtained in the study for determining the position functions are as follows [1, 2, 5]:

$$\begin{aligned} P_{2-3}(\varphi_1) &:= \rho_z(e_x, \varphi_1, l_{2-3}); \\ P_3(\varphi_1) &:= P_2 + P_{2-3}(\varphi_1), \end{aligned} \quad (1)$$

where e_x is the unit vector of the abscissa axis; l_{i-j} are the lengths of the moving links corresponding to vectors P_{i-j} ; ρ_z is a Mathcad function for vector rotation [5].

$$\begin{aligned} P_{5-3}(\varphi_1) &:= P_3(\varphi_1) - P_5; \\ U_{3-5-4}(\varphi_1) &:= Kym(P_{5-3}(\varphi_1), l_{5-4}, l_{4-6}), \end{aligned} \quad (2)$$

where Kym is a Mathcad function for determining the angle between vectors [5]; U_{3-5-4} is the angle between P_{5-3} and P_{5-4} .

$$\begin{aligned} P_{5-4}(\varphi_1) &:= \\ \rho_z(P_{5-3}(\varphi_1), -W_{3-4-5} \cdot U_{3-5-4}(\varphi_1), l_{5-4}); \\ P_4(\varphi_1) &:= P_5 + P_{5-4}(\varphi_1), \end{aligned} \quad (3)$$

where W_{3-4-5} is a parameter that determines the assembly configuration of group 3-4-5.

$$\begin{aligned} U_{4-3-6}(\varphi_1) &:= Kym(l_{3-4}, l_{3-6}, l_{4-6}); \\ P_{3-4}(\varphi_1) &:= P_4(\varphi_1) - P_3(\varphi_1), \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} P_{3-6}(\varphi_1) &:= \rho_z(P_{3-4}(\varphi_1), U_{4-3-6}(\varphi_1), l_{3-6}); \\ P_6(\varphi_1) &:= P_3(\varphi_1) + P_{3-6}(\varphi_1), \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} P_{2-7}(\varphi_2) &:= \rho_z(e_x, \varphi_2, l_{2-7}); \\ P_4(\varphi_2) &:= P_2 + P_{2-7}(\varphi_2); \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} P_{3-7}(\varphi_1, \varphi_2) &:= P_7(\varphi_2) - P_3(\varphi_1), \\ U_{7-3-8}(\varphi_1, \varphi_2) &:= \\ Kym(P_{3-7}(\varphi_1, \varphi_2), l_{3-8}, l_{7-8}), \end{aligned} \quad (7)$$

where U_{7-3-8} is the angle between P_{3-7} and P_{3-8} .

$$P_{3_8}(\varphi_1, \varphi_2) := \rho_Z(P_{3_7}(\varphi_1, \varphi_2), -W_{7_8_3} \cdot U_{7_3_8}(\varphi_1, \varphi_2), l_{3_8}) \quad (8)$$

where $W_{7_8_3}$ is a parameter that determines the assembly configuration of group 7-8-3.

$$P_8(\varphi_1, \varphi_2) := P_3(\varphi_1) + P_{3_8}(\varphi_1, \varphi_2); \quad (9)$$

$$P_{3_9}(\varphi_1, \varphi_2) := \rho_Z(P_{3_8}(\varphi_1, \varphi_2), U_{8_3_9}, l_{3_9}); \quad (10)$$

$$P_9(\varphi_1, \varphi_2) := P_3(\varphi_1) + P_{3_9}(\varphi_1, \varphi_2),$$

where $U_{8_3_9}$ is the angle between P_{3_8} and P_{3_9} .

$$P_{6_9}(\varphi_1, \varphi_2) := P_9(\varphi_1, \varphi_2) - P_6(\varphi_1);$$

$$U_{9_6_{10}}(\varphi_1, \varphi_2) := \quad (11)$$

$$Kym(P_{6_9}(\varphi_1, \varphi_2), l_{6_{10}}, l_{9_{10}}),$$

where $U_{9_6_{10}}$ is the angle between P_{6_9} and $P_{6_{10}}$.

$$P_{6_{10}}(\varphi_1, \varphi_2) := \rho_Z\left(P_{6_9}(\varphi_1, \varphi_2), -W_{9_{10_6}} \cdot U_{9_6_{10}}(\varphi_1, \varphi_2), l_{6_{10}}\right), \quad (12)$$

where $W_{9_{10_6}}$ is a parameter that determines the assembly configuration of group 9-10-6.

$$P_{10}(\varphi_1, \varphi_2) := P_6(\varphi_1) + P_{6_{10}}(\varphi_1, \varphi_2);$$

$$P_{9_{10}}(\varphi_1, \varphi_2) := P_{10}(\varphi_1, \varphi_2) - P_9(\varphi_1, \varphi_2). \quad (13)$$

The derived equations for the groups of links make it possible to fully describe the spatial position of link 7, which acts as the holder of the working tool.

2. Computer simulation and visualisation in Mathcad

Based on the developed mathematical models, a computer model was created in the Mathcad environment. The visualisation plot makes it possible to clearly observe the kinematic scheme of the manipulator superimposed on the trajectories of motion of its characteristic points (Fig. 4).

Trajectory analysis. During modelling, it was established that changes in the angles φ_1 and φ_2 , as well as in the magnitude of their stroke, directly affect the shape of the trajectory of connecting rod 7. This makes it possible to program the manipulator to produce complex curvilinear seams or to apply markings with high accuracy.

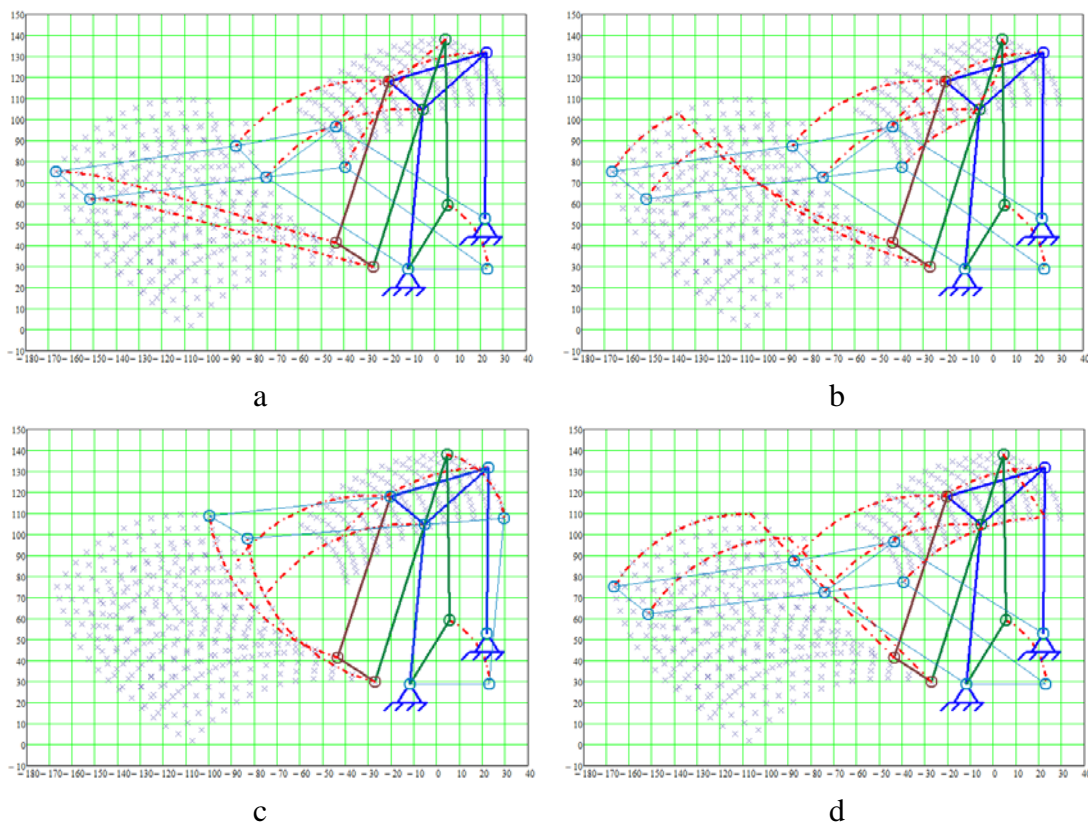


Fig. 4. Mathcad visualisation plots of the manipulator [2]

Operating zone, or workspace. In the plots (Fig. 4), the zones in which the manipulator can perform movements are marked with the symbol “x”. The analysis of this zone makes it possible to determine the kinematic constraints, namely the minimum and maximum rotation angles of the links at which the mechanism remains operational and avoids dead points. Calculation of the operating zone is necessary to ensure efficient interaction between the robot and the object within the specified working volume.

3. Parametric synthesis of the control system

Control of the developed manipulator is implemented as a mechatronic system based on an Arduino controller and four servomotors of active kinematic pairs. The software component, or sketch, ensures the conversion of input signals from the operator or sensors into the motion of the links [6].

The main scaling mechanism is the *map()* function, which converts ADC data ranging from 0 to 1023 into the rotation angles of servomotor shafts ranging from 0 to 180°: $potent1 = map(potent1, 0, 1023, 0, 180)$.

To stabilise the movements and prevent jerks, the code includes time delays, *delay(2)*, which ensures smooth displacement of the gripper between technological points. This approach to control synthesis makes it possible to flexibly adapt the manipulator to various operations, from fabric cutting to the packaging of finished products.

Conclusions. As a result of the conducted study, an important scientific and applied task related to the automation of technological processes at light industry enterprises was solved through the development and analysis of a 3D manipulator. Based on the obtained results, the following conclusions can be drawn:

1. A 3D model of a multi-link manipulator with three degrees of freedom and eight movable links was developed. The manipulator

is intended to perform such operations as cutting, sewing materials, applying markings and packaging finished products. The use of such a system makes it possible to increase production productivity and accuracy while reducing labour costs.

2. The method of vector coordinate transformation was applied to construct the mathematical model of the manipulator, which made it possible to represent its links as free vectors and the centres of kinematic pairs as radius vectors. This allowed analytical expressions to be obtained for solving the forward kinematics problem and for accurately determining the position of the working tool in space.

3. A computer model was created in the Mathcad environment, by means of which the kinematic scheme was visualised and the trajectories of characteristic points were investigated. The performed analysis made it possible to determine the operating zones, or workspace, and to establish kinematic constraints related to the minimum and maximum rotation angles of the links, which is critical for optimising the interaction between the robot and the object.

4. A mechatronic control system based on an Arduino microprocessor platform and servomotors of active kinematic pairs was synthesised. The developed program code, or sketch, ensures accurate scaling of control signals using the *map()* function, which makes it possible to implement smooth and coordinated movements of the end effector.

Further research in this area should focus on conducting an in-depth dynamic analysis of industrial robot manipulator structures using modern CAD software, as well as on developing algorithms for solving the inverse kinematics problem to achieve full automation of motion trajectory planning.

Література

1. Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем маніпуляторів промислових роботів. *Актуальні проблеми інженерної механіки: тези доп. V Міжнар. наук.-практ. конф. (22–25 трав. 2018 р., Одеса)*. Одеса: ОДАБА, 2018. С. 77-79.

References

1. Dvorzhak, V. M. (2018). *Skhemotekhnichne modeliuвання kinematychnykh skhem manipulatoriv promyslovykh robotiv* [Scheme-technical modeling of kinematic schemes of industrial robot manipulators]. *Actual problems of engineering mechanics: abstracts of reports of the 5th International scientific and practical conference* (pp. 77-79). Odesa: OSACE [in Ukrainian].

2. Дворжак В. М. Комп'ютерна симуляція маніпулятора. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали XIII Міжнар. наук.-практ. конф.* (25–26 трав. 2023 р., Чернігів). Чернігів: НУ "Чернігівська політехніка", 2023. С. 302–303.
3. Рубанка М. М., Місяць В. П. Відходи легкої промисловості, способи переробки та області подальшого використання. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2015. № 4 (88). С. 34–39.
4. Білашов К. Ю., Ковальов Ю. А., Рубанка М. М. Аналіз використання робототехнічних пристроїв для автоматизації роботи з настільними комплексами на швейних виробництвах. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. № 6.2 (359). С. 129–134.
5. Дворжак В. М., Орловський Б. В., Попов В. М. Кінематика 3D маніпулятора з ручним керуванням. *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг: тези доп. V Міжнар. наук.-практ. конф.* (4 листоп. 2021 р., Київ). Київ: КНУТД, 2021. С. 45–46.
6. Орловський Б. В., Дворжак В. М., Попов В. М. Синтез мехатронної системи керування маніпулятором з ручним керуванням. *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг: тези доп. V Міжнар. наук.-практ. конф.* (4 листоп. 2021 р., Київ). Київ: КНУТД, 2021. С. 49–50.
7. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Комп'ютерне моделювання та синтез типового механізму технологічних машин. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2014. № 5. С. 103–108.
8. Орловський Б. В. Мехатроніка в галузевому машинобудуванні. Київ: КНУТД, 2018. 416 с.
9. Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем просторових чотириланкових кривошипно-коромислових механізмів технологічних машин. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки*. 2016. № 2. С. 18–26.
10. Dvorzhak V. M. Scheme-technical modeling of kinematic schemes of industrial robot. *Advanced Problems of Engineering Mechanics: Proc. of the 5th Int. Sci.-Prac. Conf.* Odesa: OSACE, 2018. P. 77–79.
11. Craig J. J. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. 4th ed. Pearson, 2017. 408 p.
12. Spong M. W., Hutchinson S., Vidyasagar M. *Robot Modeling and Control*. Wiley, 2020. 496 p.
13. Corke P. *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB*. 2nd ed. Springer, 2017. 693 p.
2. Dvorzhak, V. M. (2023). *Kompiuterna symuliaciia manipulatora [Computer simulation of a manipulator]. Integrated quality assurance of technological processes and systems: materials of the XIII International scientific and practical conference* (pp. 302-303). Chernihiv: NU "Chernihivska politekhnika" [in Ukrainian].
3. Rubanka, M. M., Misiats, V. P. (2015). *Vidkhody lehkoi promyslovosti, sposoby pererobky ta oblasti podalshoho vykorystannia [Waste of light industry, types of recycling and the follow-use]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnologii ta dizainu. Seriia Tekhnichni nauky*, 4 (88), 34-39 [in Ukrainian].
4. Bilashov, K. Yu., Kovalov, Yu. A., Rubanka, M. M. (2025). *Analiz vykorystannia robototekhnichnykh prystroiv dlia avtomatyzatsii roboty z nastylochnymy kompleksamy na shveinykh vyrobnytstvakh [Analysis of manipulators usage for automation of work with laying complexes in sewing production]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriia tekhnichni nauky*, 2 (6 (359), 129-134 [in Ukrainian].
5. Dvorzhak, V. M., Orlovskiy, B. V., & Popov, V. M. (2021). *Kinematyka 3D manipulatora z ruchnym keruvanniam [Kinematics of a 3D manipulator with manual control]. Mechatronic systems: innovations and engineering: abstracts of reports of the V-th International scientific and practical conference* (pp. 45-46). Kyiv: KNU TD [in Ukrainian].
6. Orlovskiy, B. V., Dvorzhak, V. M., & Popov, V. M. (2021). *SynteZ mekhatronnoi systemy keruvannia manipulatorom z ruchnym keruvanniam [Synthesis of a mechatronic control system for a manipulator with manual control]. Mechatronic systems: innovations and engineering: abstracts of reports of the V-th International scientific and practical conference* (pp. 49-50). Kyiv: KNU TD [in Ukrainian].
7. Orlovskiy, B. V., & Dvorzhak, V. M. (2014). *Kompiuterne modeliuвання ta synteZ typovoho mekhanizmu tekhnolohichnykh mashyn [Computer modeling and synthesis of a typical mechanism of technological machines]. Visnyk KNU TD [Bulletin of KNU TD]*, (5), 103-108[in Ukrainian].
8. Orlovskiy, B. V. (2018). *Mekhatronika v haluzevomu mashynobuduvanni [Mechatronics in branch mechanical engineering]. Kyiv: KNU TD*. 416 p. [in Ukrainian].
9. Dvorzhak, V. M. (2016). *Skhemotekhnichne modeliuвання kinematychnykh skhem prostorovykh chotyrylankovykh kryvoshypno-koromyslovykh mekhanizmiv tekhnolohichnykh mashyn [Scheme-technical modeling of kinematic schemes of spatial four-link crank-rocker mechanisms of technological machines]. Visnyk KNU TD. Tekhnichni nauky*, (2), 18-26 [in Ukrainian].
10. Dvorzhak, V. M. (2018). *Scheme-technical modeling of cinematic schemes of manufacturers of industrial works. Advanced Problems of Engineering Mechanics: Proc. of the 5th Int. Sci.-Prac. Conf.* (pp. 77-79). Odesa: OSACE [in Ukrainian].
11. Craig, J. J. (2017). *Introduction to Robotics: Mechanics and Control* (4th ed.). Pearson [in English].
12. Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2020). *Robot Modeling and Control*. Wiley [in English].
13. Corke, P. (2017). *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB* (2nd ed.). Springer [in English].

КРАВЧЕНКО КАТЕРИНА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: kkravcheno@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-2230-5958>

ЛОЗОВЕНКО СВІТЛАНА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: lozovenko.sv@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0724-963X>

БІЛОЦЬКА ЛАРИСА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: bilocka.lb@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-4077-4417>

ВОДЗІНСЬКА ОКСАНА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: vodzinska.oi@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-1246-7156>

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА GOOGLE COLAB ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ КУСКІВ МАТЕРІАЛІВ У НАСТИЛИ

Мета. Дослідження особливостей взаємодії технолога швейного виробництва, який не володіє навичками програмування, зі штучним інтелектом (ChatGPT) для автоматичної генерації Python-коду. Робота спрямована на розв'язання задач комбінаторної оптимізації щодо раціонального підбору кусків матеріалів у настилі з метою мінімізації міжлекальних відходів та кінцевих залишків у межах концепції цифровізації виробництва Індустрія 4.0.

Методика. У дослідженні застосовано комплексний підхід, що включає методи системного аналізу для опису обмежень розкрійного процесу, методологію промпт-інжинірингу для формування запитів до штучного інтелекту, а також методи комбінаторної оптимізації (задача про ранець Knapsack Problem) для розрахунку варіантів поєднань рулонів тканини мовою Python у середовищі Google Colab.

Результати. Досліджено особливості використання штучного інтелекту як інструменту підтримки прийняття рішень для автоматизації складних технологічних розрахунків у швейному виробництві. Сформовано методика раціонального підбору кусків матеріалів (рулонів) у настилі за допомогою ШІ. На основі розробленого промпту згенеровано працездатний код за допомогою ChatGPT. Використання цього алгоритму дозволило виконати необхідний розрахунок за лічені хвилини. Математичний перебір забезпечив мінімальні кінцеві залишки матеріалу (від 0,01 м до 0,12 м на рулон), що повністю відповідає встановленому початковому обмеженню.

Наукова новизна. Теоретично обґрунтовано та практично реалізовано концепцію використання промпт-інжинірингу як інструменту безкодового програмування для вирішення специфічних задач підготовчо-розкрійного виробництва. Доведено можливість ефективного використання сучасних текстових алгоритмів ШІ як систем підтримки прийняття інженерних рішень у галузі легкої промисловості.

Практична значущість. Запропонована методика забезпечує високу доступність складних обчислювальних алгоритмів для підприємств малого та середнього бізнесу, які не мають можливості впроваджувати дорогі спеціалізовані модулі комерційних САПР. Розроблений шаблон промпту є універсальним інструментом, який може бути легко адаптований для розрахунку будь-яких видів текстильних матеріалів та різних асортиментних груп (корсетних виробів, спортивного чи дитячого одягу) шляхом зміни вхідних параметрів у хмарному середовищі Google Colab.

Впровадження результатів дослідження у виробничий процес дозволяє суттєво підвищити коефіцієнт використання матеріалів, знизити собівартість готових виробів та мінімізувати вплив людського фактора на етапі планування розкрою. Крім того, методика має високий потенціал для використання у навчальному процесі при підготовці майбутніх фахівців індустрії моди.

Ключові слова: штучний інтелект; швейне виробництво; розрахунок кусків матеріалів у настили; комбінаторна оптимізація; Google Colab; ChatGPT.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS AND GOOGLE COLAB FOR AUTOMATING THE CALCULATION OF MATERIAL PIECES INTO SPREADS

KRAVCHENKO KATERYNA, LOZOVENKO SVITLANA,
BILOTSKA LARYSA, VODZINSKA OKSANA
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Purpose. To study the features of interaction between an apparel technologist without programming skills and Artificial Intelligence (ChatGPT) for the automatic generation of Python code. The research is aimed at solving combinatorial optimization tasks regarding the rational selection of material pieces into spreads to minimize inter-pattern waste and end remnants within the framework of the Industry 4.0 production digitalization concept.

Methodology. The study utilizes a comprehensive approach including systems analysis methods to describe cutting-room process constraints, prompt engineering methodology to form queries for AI, and combinatorial optimization methods (the Knapsack Problem) to calculate options for combining fabric rolls using Python in the Google Colab environment.

Results. The features of using Artificial Intelligence as a decision support tool for automating complex technological calculations in apparel manufacturing were investigated. A methodology for the rational selection of material pieces (rolls) into spreads using AI was developed. Based on the developed prompt, a workable code was generated using ChatGPT. Using this algorithm allowed for the necessary calculation within a few minutes. Mathematical iteration ensured minimal end material remnants (from 0.01 m to 0.12 m per roll), which fully complies with the established initial constraint of no more than 0.15 m.

Scientific novelty. The concept of using prompt engineering as a no-code programming tool for solving specific tasks in cutting-room production was theoretically justified and practically implemented. The possibility of effectively using modern AI text algorithms as decision support systems in the light industry was proven.

Practical significance. The proposed methodology ensures high accessibility of complex computational algorithms for small and medium-sized enterprises that lack the resources to implement expensive specialized modules of commercial CAD systems. The developed prompt template is a universal tool that can be easily adapted for calculating any type of textile material and various assortment groups (lingerie, sportswear, or children's wear) by changing the input parameters in the Google Colab cloud environment. Implementing the research results into the production process allows for a significant increase in the material utilization rate, reduces the cost of finished products, and minimizes the impact of the human factor at the stage of cutting planning. Furthermore, the methodology has high potential for use in the educational process for training future specialists in the fashion industry.

Keywords: artificial intelligence; apparel manufacturing; calculation of material pieces into spreads; combinatorial optimization; Google Colab; ChatGPT.

Вступ. В умовах сучасної цифровізації виробництва використання штучного інтелекту (ШІ) стає критично важливим для розв'язання прикладних задач, що виникають у технологічних процесах (зокрема, у межах концепції Індустрії 4.0). Швейна галузь не є винятком, оскільки вона

потребує нових інструментів для підвищення ефективності, насамперед на етапі підготовчо-розкрійного виробництва, що підтверджується сучасними дослідженнями оптимізації процесів розкрою. Застосування передових цифрових інструментів та методів машинного навчання дозволяє

оптимізувати планування виробництва, покращити управління запасами, оптимізувати розкрійні плани та підвищити прозорість логістичних процесів [1–3].

Аналіз попередніх досліджень. Центральною проблемою підготовчо-розкрійного виробництва швейних підприємств є раціональне планування розкрою, яке безпосередньо впливає на собівартість готового виробу [4, 5]. Оскільки витрати на матеріал складають від 40% до 60% загальної вартості одягу, навіть незначне покращення показників використання тканини призводить до суттєвої економії ресурсів [2, 3].

Задача раціонального підбору кусків матеріалів у настили для мінімізації залишків тканини із дотриманням технологічних обмежень є складною комбінаторною проблемою, яка математично класифікується як NP-складна і часто розглядається як варіація класичної задачі про ранець (Knapsack Problem) або задачі про розкрій запасів (Cutting Stock Problem), для розв'язання яких традиційно застосовують методи лінійного цілочисельного програмування, евристичні та генетичні алгоритми [2, 3, 6–9].

Традиційні методи розрахунку у швейному виробництві характеризуються високою трудомісткістю та значними часовими витратами [10]. Необхідність одночасного врахування некротної довжини рулонів, технологічних обмежень щодо висоти та дотримання глобального балансу для всієї партії матеріалів перетворює це завдання на складну комбінаторну задачу, де людський фактор та обмеженість обчислювальних можливостей часто призводять до утворення нераціональних залишків тканини. Це питання детально висвітлено у фундаментальних працях з дослідження операцій та побудови узагальнених цільових функцій швейного профілю [11–16].

Практична реалізація теоретичних моделей у швейній промисловості пройшла шлях від ручного підбору варіантів до використання високоспеціалізованого програмного забезпечення, зокрема, інтелектуальних систем автоматизованого проектування (САПР). Проте, як свідчить

аналіз джерел, проблема доступності та гнучкості цих інструментів залишається актуальною. Більшість комерційних САПР мають вбудовані модулі для розрахунку кусків, але вони часто є закритими системами, які важко адаптувати під специфічні умови конкретного підприємства або навчального процесу [10].

Одним із поширених напрямків досліджень є використання універсальних математичних пакетів та мов програмування для створення власних рішень, наприклад, методів динамічного програмування з використанням чотирикутних нерівностей [17]. Однак такий підхід вимагає від технолога високого рівня математичної підготовки.

Незважаючи на значні успіхи у розробці складних математичних моделей та спеціалізованого програмного забезпечення, залишаються невирішеними питання доступності цих інструментів та можливості їх оперативного використання технологами на реальних виробництвах, особливо у сегменті малого та середнього бізнесу. Більшість наявних рішень вимагають або високовартісного впровадження спеціалізованих модулів САПР, або глибоких знань у галузі лінійного програмування. Таким чином, виникає потреба у розробці методики, яка б дозволила фахівцю швейного профілю використовувати потужність сучасних алгоритмів штучного інтелекту через інтерфейси природної мови [8, 18]. Недостатньо вивченими є питання структуризації промпт-запитів для ШІ, які б дозволяли коректно враховувати специфічні технологічні обмеження швейного виробництва (такі як глобальний баланс рулонів та жорстка гранична висота настилу) при автоматичному написанні коду. Це визначає необхідність розробки доступної методики автоматизації розрахунку кусків матеріалів у настили за допомогою зв'язки «ChatGPT – Google Colab» [19, 20].

Мета дослідження: вивчення особливостей того, як фахівець без знань програмування може за допомогою звичайних засобів (текстових пояснень, фото та таблиць) ставити складні технологічні завдання

штучному інтелекту; оцінка можливостей ШІ як інтерпретатора виробничих задач та генератора алгоритмів (Python-коду для Google Colab) для розв'язання задач комбінаторної оптимізації, зокрема раціонального підбору кусків матеріалу в настили з метою мінімізації відходів.

Постановка завдання. Враховуючи вищевикладене, завдання полягає у розробці та реалізації методики раціонального підбору кусків матеріалів (рулонів) у настили, що має на меті одночасне виконання кількох критичних умов:

1. Пошук таких комбінацій довжин розкладок у межах кожного рулону, щоб кінцевий залишок не перевищував встановлену технологічну норму.

2. Забезпечення того, щоб сумарна кількість полотен у кожному настилі не перевищувала технічні можливості обладнання.

3. Робота з рулонами тканини, довжина яких не є кратною довжині настилів, та використання комбінованих розкладок для різних розміро-зростів.

4. Виконання не тільки підбору варіантів для кожного окремого куска, а й знаходження такого спільного рішення для всієї партії матеріалів, яке б задовольняло обмеження по всіх настилах одночасно.

5. Реалізація розрахунку технологом, який не має навичок кодування, шляхом формулювання завдання природною мовою для штучного інтелекту, що виступає інтерпретатором умови та генератором обчислювального алгоритму (Python-коду).

Результати дослідження та їх обговорення. У ході дослідження можливості взаємодії технолога зі штучним інтелектом для розв'язання сформульованої технологічної задачі було розглянуто конкретне завдання розрахунку кусків матеріалів у настили для партії пальтових виробів, наведене в методичних вказівках для виконання лабораторної роботи №5 «Розрахунок кусків тканин у настили» з дисципліни Технології швейних виробів (Частина 1). Слід зазначити, що виконання завдання лабораторної роботи, згідно з робочою програмою дисципліни розраховане на 2 заняття (4 аудиторні години) ручних розрахунків традиційними методами.

Вихідні дані для розрахунків:

Довжини розкладок для різних комбінацій розміро-зростів:

- 88/170 – 84/164 (двокомплектна розкладка) – 4,99 м;

- 92/164 – 88/158 (двокомплектна розкладка) – 5,12 м;

- 92/170 – 88/164 (двокомплектна розкладка) – 5,40 м;

- 88/158 (однокомплектна розкладка) – 2,84 м.

Довжини наявних кусків матеріалу: 65,4 м; 45,0 м; 20,4 м; 49,0 м; 51,5 м; 58,7 м; 53,3 м.

Технологічні обмеження настилів по висоті:

- настил 1 – не більше 20 полотен;

- настил 2 – не більше 20 полотен;

- настил 3 – не більше 20 полотен;

- настил 4 – не більше 10 полотен.

Допустимий залишок матеріалу не більше 0,15 м для кожного куска.

З математичної точки зору задача ідентифікується як варіація комбінаторної оптимізації типу Knapsack Problem із додатковими обмеженнями на місткість (висоту) настилів [10].

Для вирішення завдання дослідження обрано ChatGPT. Процес взаємодії з генеративною мовною моделлю базувався на методології промпт-інжинірингу, що полягає у цілеспрямованому конструюванні вхідних запитів для отримання найбільш точного, технологічно коректного та оптимізованого результату [18]. Ефективність генерації алгоритму розрахунку кусків матеріалу безпосередньо залежить від глибини деталізації та структурованості промпту, оскільки ШІ потребує чіткої формалізації виробничих обмежень, які зазвичай формулюються технологом на основі емпіричного досвіду. Структура мінімально-необхідного запиту для ШІ має системний характер і повинна містити п'ять обов'язкових архітектурних компонентів:

1. Визначення ролі та контексту – завдання специфічного профілю для нейромережі. Це звужує простір пошуку рішень моделі до професійної предметної області.

2. Формалізація вихідних даних – подання точних параметрів партії матеріалів у вигляді масивів даних.

3. Жорсткі та гнучкі технологічні обмеження – чітке окреслення граничних умов розкрою.

4. Математична та логічна інструкція завдання – рекомендації до обчислень.

5. Специфікація вихідного формату – програмування структури фінального звіту.

Особливістю дослідження стало те, що користувач не мав професійних навичок програмування. Постановка задачі здійснювалася за допомогою простих інструментів природною мовою: через текстові пояснення, Word-документи, фотографії таблиць та знімки екрана. Користувач пояснював та уточнював штучному інтелекту особливості розрахунку: базові довжини, параметри рулонів для компонування, наявні технологічні обмеження, критерії допустимого залишку та бажану структуру вихідної таблиці.

Встановлено, що необхідною умовою для коректної комунікації з ШІ є максимальна чіткість і структурованість формулювання запитів. Дослідження показало, що неймережа значно краще інтерпретує задачу, якщо передача даних (таблиць або зображень) супроводжується детальним текстовим роз'ясненням логіки технологічного розрахунку. Важливим фактором успішної взаємодії із ШІ стало не лише формулювання математичної задачі, а й детальне пояснення структури вихідної виробничої документації. Зокрема, користувач окремо уточнив, що результат необхідно оформити у вигляді таблиці з такими полями: код куска; довжина куска; використані настили; сумарна довжина; залишок матеріалу; підсумок по кількості полотен у кожному настилі.

На основі отриманого опису ChatGPT згенерував працездатний Python-код для середовища Google Colab (рис. 1).

```

4. Python-код (готовий для Google Colab)
Скопіюй ЦЕ:

Python
import itertools
import pandas as pd

# Вхідні дані
lengths = [4.99, 5.12, 5.40, 2.84]
max_heights = [20, 20, 20, 10]

rolls = [65.4, 45.0, 20.4, 49.0, 51.5, 58.7, 53.2]

tolerance = 0.15

results = []

# Перебір
for roll in rolls:
    found = False

    for a in range(max_heights[0] + 1):
        for b in range(max_heights[1] + 1):
            for c in range(max_heights[2] + 1):
                for d in range(max_heights[3] + 1):

                    total = (
                        a * lengths[0] +
                        b * lengths[1] +
                        c * lengths[2] +
                        d * lengths[3]
                    )

                    if total <= roll:
                        remainder = round(roll - total, 3)

                        if remainder <= tolerance:
                            results.append({
                                "Рулон": roll,
                                "4.99м": a,
                                "5.12м": b,
                                "5.40м": c,
                                "2.84м": d
                            })

```

Рис. 1. Python-код для середовища Google Colab

Подальша робота користувача полягала у копіюванні коду в Colab та запуску обчислень без необхідності самостійного програмування.

Алгоритм виконував повний перебір комбінацій із 2, 3 та 4 настилів, здійснював перевірку залишку матеріалу, контроль обмежень по висоті настилів, глобальну

перевірку використання настилів та сортування варіантів за критерієм мінімального залишку. Саме така деталізація дала можливість штучному інтелекту не лише сформувати математичний алгоритм, а й автоматично підготувати звіт у зручному і зрозумілому для користувача-технолога вигляді (рис. 2).

variants_limited.csv
Электронная таблица

Ти можеш візуалізувати мені таблицю цих даних?

Так, можу 🙌
Я візуалізую саме ту таблицю, про яку ти говориш — у чистому, акуратному вигляді, щоб ти могла використати її в роботі.

Таблиця підбору настилів

Код куска	Довжина, м	Настил 1	Настил 2	Настил 3	Настил 4	Сума, м	Залишок, м
65,4	65,40	9 / 44,91	4 / 20,48	–	–	65,39	0,01
45,0	45,00	5 / 24,95	–	–	7 / 19,88	44,83	0,17
20,4	20,40	3 / 14,97	–	1 / 5,40	–	20,37	0,03
49,0	49,00	–	4 / 20,48	–	10 / 28,40	48,88	0,12
51,5	51,50	–	9 / 46,08	1 / 5,40	–	51,48	0,02
58,7	58,70	2 / 9,98	–	9 / 48,60	–	58,58	0,12
53,3	53,30	2 / 9,98	–	8 / 43,20	–	53,18	0,12

Підсумок по настилах

- Настил 1 — 23 полотна !
- Настил 2 — 20 полотен
- Настил 3 — 18 полотен
- Настил 4 — 10 полотен

Рис. 2. Результати автоматизованого розрахунку підбору кусків матеріалів у настили, згенеровані ШІ

Аналіз отриманої таблиці підбору кусків у настили показав високу точність обчислень (мінімальний відсоток залишків) при використанні ШІ в порівнянні з традиційними методами розрахунку. Генерація результатів зайняла близько 30 с, що підтверджує гіпотезу про суттєве скорочення витрат часу розрахунків.

Однак, практичні результати продемонстрували, що не всі теоретично можливі комбінації безпроблемно проходять перевірку жорстких обмежень. Частина варіантів із чотирьох настилів відсікалася через перевищення допустимої висоти або неможливість одночасного комбінування всіх рулонів матеріалу. У результаті користувачу було запропоновано компромісні рішення:

– або незначно перевищити допустиму висоту окремого настилу з подальшим його технологічним поділом на два настили безпосередньо на розкрійному столі;

– або допустити більший залишок тканини для забезпечення фізичної можливості розкрою всієї партії.

Таким чином, попри високу ступінь автоматизації, остаточне рішення залишається за фахівцем – технологом швейного підприємства. ШІ оптимізує математичний простір варіантів, проте експерт повинен оцінювати та обирати компромісні рішення (наприклад, балансувати між незначним перевищенням висоти настилу та збільшенням залишків матеріалу), виходячи з критеріїв загальної економічної доцільності.

За результатами дослідження авторами було розроблено уніфіковану методику раціонального підбору кусків матеріалів у настили та сформовано шаблон оптимального запиту (промпту) для технолога швейного підприємства:

Роль та контекст: «Я не програміст, тому прошу пояснювати все максимально просто. У мене є задача зі швейного виробництва: потрібно раціонально підібрати куски матеріалів (рулони) у настили, щоб мінімізувати залишки тканини».

Вихідні дані (заповнюються користувачем):

– базові довжини настилів (довжини розкладок): [наприклад: 4.99; 5.12; 5.40; 2.84];

– довжини рулонів тканини: [наприклад: 65.4; 45.0; 20.4; 49.0; 51.5; 58.7; 53.3].

Технологічні обмеження:

– максимальна висота настилів (кількість полотен): [наприклад: Настил 1 – до 20; Настил 2 – до 20; Настил 3 – до 20; Настил 4 – до 10];

– допустимий залишок: не більше [наприклад: 0.15 м];

– умова комбінування: можна поєднувати [наприклад: 2, 3 або 4] різні довжини настилів в одному рулоні.

Завдання для ШІ:

1. Напиши Python-код для Google Colab, який розв'язує цю задачу (типу Knapsack Problem) з урахуванням глобального балансу всіх рулонів одночасно.

2. Поясни покроково, як мені запустити цей код (КРОК 1, КРОК 2...), якщо я ніколи раніше не користувався середовищем програмування.

3. Сформулюй результат строго у вигляді таблиці з такими колонками: Код куска | Довжина, м | Настил 1 | Настил 2 | Настил 3 | Настил 4 | Сума, м | Залишок, м.

4. Вимоги до таблиці:

– у клітинках настилів пиши: «кількість полотен / сумарна довжина»;

– якщо настил не використовується – став «-»;

– всі значення округлюй до 2 знаків після коми;

– додай підсумок: окремо порахуй сумарну кількість полотен, використаних у кожному настилі.

Висновки. Дослідження підтвердило, що інтегроване використання «ChatGPT – Google Colab» дозволяє технологам швейного виробництва без навичок програмування успішно автоматизувати складні технологічні розрахунки. Штучний інтелект ефективно виконує роль інтерпретатора виробничої задачі, трансформуючи запити природною мовою у працездатний програмний код.

Впровадження алгоритмічного підходу до розрахунку кусків матеріалу дозволяє суттєво скоротити час виконання задачі. Процес ручного підбору варіантів, який зазвичай триває від кількох годин до днів, завдяки ШІ-автоматизації зводиться до лічених хвилин.

Застосування ШІ дає змогу ефективно розв'язувати задачі типу Knapsack Problem, враховуючи «глобальний баланс» усіх настилів одночасно, що забезпечує мінімізацію залишків текстилю за умови суворого дотримання технологічних обмежень щодо висоти настилів.

Встановлено, що точність та релевантність результату безпосередньо залежить від якості вхідного запиту. Найбільш коректні алгоритми ШІ генерує за умови детального поєднання текстових роз'яснень, чіткого технологічного контексту та деталізованого опису бажаного формату вихідної таблиці. Розроблена методика та шаблон промпту дозволяють уніфікувати цей процес для підприємств галузі.

Попри високу ступінь автоматизації, остаточне рішення залишається за людиною-оператором (технологом). ШІ діє як потужна система підтримки прийняття рішень, надаючи оптимальні варіанти, проте оцінка інженерних і технологічних компромісів на виробництві вимагає фахового аналізу з огляду на загальну економічну та технічну доцільність.

Напрямок подальших досліджень у контексті масштабованості розробленого підходу є адаптація та апробація запропонованої методики для багатоасортиментних швейних виробництв (зокрема, підприємств із випуску корсетних виробів, спортивного одягу або складного дитячого асортименту). Оскільки робота з

різними асортиментними групами передбачає урахування специфічних фізико-механічних властивостей матеріалів (таких як еластичність, товщина, схильність до зсуву полотен у настилі) та використання більш широкого спектра комбінованих розкладок, перспективним є розширення математичної моделі III новими змінними

параметрами. Це дозволить уніфікувати створені шаблони промпт-запитів для гнучкого переналаштування обчислювальних алгоритмів у середовищі Google Colab під технічні обмеження та специфіку розкряю будь-яких видів текстильних матеріалів.

Література

1. Luca C. The role of Industry 4.0 technologies in textile manufacturing process optimization. 2025. URL: https://www.researchgate.net/publication/390704582_The_Role_of_Industry_40_Technologies_in_Textile_Manufacturing_Process_Optimization.
2. Ünal C., Yüksel A. D. Cut order planning optimisation in the apparel industry. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2020. Vol. 28, № 1. P. 8–14. URL: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-3fdb995e-5b09-4c92-9fc4-7485420a610e>.
3. Xu Y., Thomassey S., Zeng X. Optimization of garment sizing and cutting order planning in the context of mass customization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2020. Vol. 108. P. 3347–3361. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04866-w>.
4. Березненко С. М., Водзінська О. І., Білоцька Л. Б., Лозовенко С. Ю. Технології експериментального та підготовчо-розкрійного виробництв швейної галузі: навч. посіб. Київ: КНУТД, 2023. 340 с. ISBN 978-617-7763-17-7. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/24485>.
5. Березненко С. М., Білоцька Л. Б., Водзінська О. І., Донченко С. В. Основи технологій експериментального та підготовчо-розкрійного виробництв: навч. посіб. К.: КНУТД, 2017. 171 с.
6. Tsao Y. C., Vu T. L., Liao L. W. Hybrid heuristics for the cut ordering planning problem in apparel industry. *Computers & Industrial Engineering*. 2020. Vol. 149. Article 106790. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106790>.
7. Al-Mahmud S., Cano J. A., Campo E. A. Optimizing cut order planning: a comparative study of heuristics, metaheuristics, and MILP algorithms. *International Journal of Production Management and Engineering*. 2025. Vol. 13, № 1. URL: <https://polipapers.upv.es/index.php/IJPME/article/view/2196>.
8. Malashin I., Martysyuk D., Tynchenko V., Gantimurov A. Machine learning in polymeric technical textiles: a review. *Polymers*. 2025. Vol. 17, № 9. Art. 1172. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym17091172>.
9. Daniyan I., Ayodeji S. P., Ale F. et al. Development of a linear integer programming model for solving cutting stock problem in the manufacturing

References

1. Luca, C. (2025). The role of Industry 4.0 technologies in textile manufacturing process optimization. URL: https://www.researchgate.net/publication/390704582_The_Role_of_Industry_40_Technologies_in_Textile_Manufacturing_Process_Optimization.
2. Ünal, C., & Yüksel, A. D. (2020). Cut order planning optimisation in the apparel industry. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 28 (1), 8–14. URL: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-3fdb995e-5b09-4c92-9fc4-7485420a610e>.
3. Xu, Y., Thomassey, S., & Zeng, X. (2020). Optimization of garment sizing and cutting order planning in the context of mass customization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, (108), 3347–3361. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04866-w>.
4. Bereznenko, S. M., Vodzinska, O. I., Bilotska, L. B., & Lozovenko, S. Yu. (2023). *Tekhnolohii eksperymentalnoho ta pidhotovcho-rozkriinoho vyrobnytsia shveinoi haluzi* [Technologies of experimental and cutting-room production of the apparel industry: textbook]. Kyiv: KNUTD. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/24485> [in Ukrainian].
5. Bereznenko, S. M., Bilotska, L. B., Vodzinska, O. I., & Donchenko, S. V. (2017). *Osnovy tekhnolohii eksperymentalnoho ta pidhotovcho-rozkriinoho vyrobnytsia* [Fundamentals of technologies of experimental and cutting-room production: textbook]. Kyiv: KNUTD. 171 p. [in Ukrainian].
6. Tsao, Y. C., Vu, T. L., & Liao, L. W. (2020). Hybrid heuristics for the cut ordering planning problem in apparel industry. *Computers & Industrial Engineering*, (149), 106790. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106790>.
7. Al-Mahmud, S., Cano, J. A., & Campo, E. A. (2025). Optimizing cut order planning: a comparative study of heuristics, metaheuristics, and MILP algorithms. *International Journal of Production Management and Engineering*, 13 (1). URL: <https://polipapers.upv.es/index.php/IJPME/article/view/2196>.
8. Malashin, I., Martysyuk, D., Tynchenko, V., & Gantimurov, A. (2025). Machine learning in polymeric technical textiles: a review. *Polymers*, 17 (9), 1172. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym17091172>.
9. Daniyan, I., Ayodeji, S. P., Ale, F. et al. (2024). Development of a linear integer programming model for solving cutting stock problem in the manufacturing

industry. *Procedia CIRP*. 2024. Vol. 130. P. 656–661. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.087>.

10. Tsao Y. C., Hung C. H., Vu T. L. Hybrid heuristics for marker planning in the apparel industry. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2021. Vol. 46. P. 6559–6574. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05210-1>.

11. Noor A., Saeed M. A., Ullah T., Uddin Z. A review of artificial intelligence applications in apparel industry. *Journal of The Textile Institute*. 2022. Vol. 113, № 9. P. 1798–1810. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405000.2021.1880088>.

12. Hillier F. S., Lieberman G. J. Introduction to Operations Research. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014. 1008 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/221704741_Introduction_To_Operations_Research.

13. Білоцька Л. Б., Білей-Рубан Н. В. Основні підходи до формалізації узагальнених цільових функцій в завданнях швейного виробництва. *Науковий вісник Мукачівського технологічного інституту*. 2008. № 5. С. 36–39.

14. Білоцька Л. Б., Лозовенко С. Ю. Моделювання об'єктів швейного виробництва. *Збірник матеріалів II Міжнародної наукової конференції текстильної та фешн технології KyivTex&Fashion*, 1-2 листопада 2018 р. Київ: Київський національний університет технологій та дизайну, 2018. С. 89–93.

15. Волчек О. Л., Лозовенко С. Ю., Білоцька Л. Б. Використання інтелектуальних систем у промисловому виробництві одягу. *Збірник матеріалів II Міжнародної наукової конференції текстильної та фешн технології KyivTex&Fashion*, 1-2 листопада 2018 р. Київ: КНУТД, 2018. С. 199–203.

16. Меренич В., Симкін А., Стегура О. Використання методу динамічного програмування для розв'язання задачі про розбиття на підвідрізки. *Матеріали конференцій МЦНД* (14.06.2024; Суми, Україна). Суми, 2024. С. 202–204. URL: <https://archives.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/article/view/4>.

17. Yao F. F. Efficient Dynamic Programming Using Quadrangle Inequalities. *Proceedings of the Twelfth Annual ACM Symposium on Theory of Computing*. 1980. P. 429–435. URL: https://cse.hkust.edu.hk/mjg_lib/bibs/DPSu/DPSu.Files/p429-yao.pdf.

18. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson, 2021. 1168 p.

19. Google Colab Documentation. URL: <https://colab.research.google.com/>

20. ChatGPT: мовна модель штучного інтелекту компанії OpenAI. URL: <https://chatgpt.com/>

industry. *Procedia CIRP*, (130), 656–661. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.087>.

10. Tsao, Y. C., Hung, C. H., & Vu, T. L. (2021). Hybrid heuristics for marker planning in the apparel industry. *Arabian Journal for Science and Engineering*, (46), 6559–6574. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05210-1>.

11. Noor, A., Saeed, M. A., Ullah, T., & Uddin, Z. (2022). A review of artificial intelligence applications in apparel industry. *Journal of The Textile Institute*, 113 (9), 1798–1810. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405000.2021.1880088>.

12. Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2014). Introduction to Operations Research (10th ed.). New York: McGraw-Hill Education. 1008 p. Available at: https://www.researchgate.net/publication/221704741_Introduction_To_Operations_Research.

13. Bilotska, L. B., & Bilei-Ruban, N. V. (2008). Osnovni pidkhody do formalizatsii uzahalnenykh tsilovykh funksi v zavdanniakh shveinoho vyrobnytstva [The main approaches to the formalization of generalized objective functions in the tasks of apparel manufacturing]. *Naukovyi visnyk Mukachivskoho tekhnolohichnoho instytutu*, (5), 36–39 [in Ukrainian].

14. Bilotska, L. B., & Lozovenko, S. Yu. (2018). Modeliuvannya ob'ektiv shveinoho vyrobnytstva [Modeling of apparel manufacturing objects]. *Zbirnyk materialiv II Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii tekstylnoi ta feshn tekhnolohii KyivTex&Fashion*, November 1-2, 2018 (pp. 89–93). Kyiv: KNUITD [in Ukrainian].

15. Volchek, O. L., Lozovenko, S. Yu., & Bilotska, L. B. (2018). Vykorystannya intelektualnykh system u promyslovomu vyrobnytstvi odiahu [Use of intelligent systems in industrial garment production]. *Zbirnyk materialiv II Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii tekstylnoi ta feshn tekhnolohii KyivTex&Fashion*, November 1-2, 2018 (pp. 199–203). Kyiv: KNUITD [in Ukrainian].

16. Merenych, V., Symkin, A., & Stehura, O. (2024). Vykorystannya metodu dynamichnoho prohramuvannya dlia rozv'iazannya zadachi pro rozbytta na pidvidrizky [Using the method of dynamic programming to solve the problem of dividing into subsegments]. *Materialy konferentsii MCND*, 14.06.2024; Sumy, Ukraine (pp. 202–204). URL: <https://archives.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/article/view/4> [in Ukrainian].

17. Yao, F. F. (1980). Efficient Dynamic Programming Using Quadrangle Inequalities. *Proceedings of the Twelfth Annual ACM Symposium on Theory of Computing*, 1980, 429–435. URL: https://cse.hkust.edu.hk/mjg_lib/bibs/DPSu/DPSu.Files/p429-yao.pdf.

18. Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson. 1168 p.

19. Google Colab Documentation. URL: <https://colab.research.google.com/>

20. ChatGPT: movna model shtuchnoho intelektu kompanii OpenAI [ChatGPT: language model of artificial intelligence by OpenAI company]. URL: <https://chatgpt.com/> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції /
Received 20.04.2026

Прийнята до друку /
Accepted 25.05.2026

Опубліковано /
Published 29.05.2026

УДК 687.17:355.48:629.7
<https://doi.org/10.30857/2706-5898.2026.2.5>

МАМЧЕНКО ЯНА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: mamchenko.yo@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-6075-1285>

ГАВРИШ ЛЕОНІД

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: havrysh.lt@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0009-0009-6582-5111>

НАВОЛЬСЬКА ЛІЛЯ

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: navolska.ly@knuud.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0002-0244-0371>

ОЛІЙНИК ГАЛИНА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
e-mail: tokar.gm@knuud.com.ua
<https://orcid.org/0000-0002-7471-7325>

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ЗАХИСНОГО КОМПЛЕКТУ ВІЙСЬКОВОГО ЛЬОТЧИКА

Мета. Метою дослідження є формування системного комплексного теоретико-методологічного підходу до дизайн-розробки захисного комплексу військового льотчика з урахуванням умов професійної діяльності, впливу небезпечних і шкідливих факторів, ергономічних, функціональних, конструктивно-технологічних та естетичних вимог.

Методика. Методика дослідження базується на комплексному міждисциплінарному підході, що охоплює аналіз наукових джерел з дизайну, ергономіки, матеріалознавства, авіаційної медицини, текстильної інженерії та військової авіації; систематизацію чинників професійного середовища; узагальнення вимог до структури, функцій і взаємосумісності складових захисного комплексу.

Основні результати. У дослідженні обґрунтовано необхідність комплексного підходу до проєктування захисного комплексу льотчика як багатокомпонентної системи. Визначено ключові групи чинників, що впливають на дизайн-розробку виробів: специфіка професійної діяльності, обмеженість простору кабіни, характер типових поз і рухів, вплив небезпечних та шкідливих факторів, вимоги до матеріалів, взаємосумісність елементів комплексу та їх інтеграція з технічним оснащенням. Запропоновано структуру теоретико-методологічного підходу та системну модель дизайн-розробки захисного комплексу військового льотчика.

Наукова новизна полягає у формуванні системного комплексного теоретико-методологічного підходу до дизайн-розробки захисного комплексу льотчика військової авіації на основі узагальнення взаємозв'язків у системі «зовнішнє середовище – військовий льотчик – дизайн захисного комплексу».

Практична значимість полягає у можливості використання запропонованого підходу під час передпроектних досліджень, формування вимог до виробів, розробки структури комплексу, добору матеріалів і пошуку раціональних композиційно-конструктивних рішень для створення сучасного захисного екіпірування військових льотчиків.

Ключові слова: спеціальний одяг; захисний комплект льотчика; військова авіація; дизайн-розробка; ергономіка; функціональність; композиційно-конструктивне рішення; матеріали.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF DESIGNING A PROTECTIVE KIT FOR A MILITARY PILOT

MAMCHENKO YANA, HAVRISH LEONID, NAVOLSKA LILIIA, OLIINYK HALYNA
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Purpose. *The purpose of the study is to develop a systematic theoretical and methodological approach to the design of a protective kit for a military aviation pilot, taking into account the conditions of professional activity, the impact of hazardous and harmful factors, and ergonomic, functional, structural-technological, and aesthetic requirements.*

Methodology. *The research methodology is based on an integrated interdisciplinary approach, including the analysis of scientific sources in design, ergonomics, materials science, aviation medicine, textile engineering, and military aviation; the systematization of professional environment factors; and the generalization of requirements for the structure, functions, and compatibility of the components of the protective kit.*

Main results. *The study substantiates the need for a comprehensive, multi-component approach to designing a pilot's protective kit. The key groups of factors influencing the design development are identified, including: the specifics of professional activity; confined cockpit space; typical postures and movements; the impact of hazardous and harmful factors; material requirements; compatibility of kit elements; and their integration with technical equipment. A theoretical and methodological approach and a system model for the design and development of a military aviation pilot's protective kit are proposed.*

Scientific novelty. *The scientific novelty lies in the development of a systematic theoretical and methodological approach to the design of a military aviation pilot's protective kit, based on the generalization of relationships within the system "external environment – military pilot – protective kit design".*

Practical significance. *The practical significance of the study consists in the possibility of applying the proposed approach to pre-design research, the formulation of product requirements, the development of the kit structure, the selection of materials, and the identification of rational compositional and structural solutions for creating modern protective equipment for military pilots.*

Keywords: *special clothing; pilot protective kit; military aviation; design development; ergonomics; functionality; compositional and structural solutions; materials.*

Вступ. Ключовим призначенням комплексу екіпірування військового льотчика є забезпечення ефективного захисту організму військовослужбовця від дії небезпечних і шкідливих чинників зовнішнього середовища. У цьому контексті одяг виконує не лише бар'єрну функцію, а й відіграє важливу роль у підтриманні стабільного фізіологічного стану, зокрема через формування контрольованого мікроклімату, необхідного для збереження теплового балансу, а також забезпечує комфортні умови функціонування організму в умовах змінних навантажень і специфічних параметрів середовища

Захисний комплект призначений для створення і підтримання сприятливих умов функціонування організму як під час польоту, так і на наземних етапах діяльності, забезпечуючи адаптацію до екстремальних

факторів, належний рівень працездатності та безпеки військовослужбовця, зокрема у надзвичайних та аварійних ситуаціях. Додатково, сучасні комплекти екіпірування мають відповідати підвищеним вимогам щодо ергономічності, функціональності, сумісності з бортовим обладнанням та іншими елементами спорядження, а також забезпечувати свободу рухів, надійність і зручність експлуатації в широкому діапазоні кліматичних і експлуатаційних умов.

Не менш значущою є естетична виразність та образно-комунікативна функція захисного комплексу, що виконує роль засобу візуальної комунікації. Зовнішній вигляд військової форми забезпечує ідентифікацію авіатора, відображає його приналежність до відповідного роду військ, а також сприяє формуванню єдиного професійного образу. Узгодженість

стилістичного рішення, структурна цілісність і гармонійна взаємодія композиційно-конструктивних елементів виробів і комплексу в цілому формують візуальний образ, що репрезентує професіоналізм, дисциплінованість і бойову готовність військово-службовця. Окрім цього, візуальний образ військового льотчика є важливою складовою інформаційної та іміджевої політики Збройних сил, формуючи відповідне сприйняття як у самих військовослужбовців, так і серед цивільного населення, а також представників союзних армій і міжнародних організацій [1]. Дослідження зазначеної проблематики потребує комплексного підходу, що зумовлено сталою тенденцією розвитку авіаційної галузі, дизайну та технологій, зокрема вдосконаленням технічного оснащення та його складових елементів, розширенням асортименту захисних виробів, впровадженням інноваційних матеріалів, удосконаленням конструктивних і функціонально-технологічних рішень, а також використанням сучасних методів проектування і технологій виготовлення тощо. З огляду на викладене, розробка функціонального, естетико-ергономічного, технологічно досконалого, ефективного, надійного та високоякісного одягу військового призначення, який відповідає встановленим вимогам та умовам експлуатації, є складним багатоетапним процесом, що базується на наукових засадах і потребує системного та комплексного підходу.

Аналіз досліджень та постановка завдання. Комплексний та системний підхід до проектування ґрунтується на всебічному аналізі умов професійної діяльності, що дає змогу обґрунтовано визначити раціональні конструктивно-технологічні рішення, формувати пакет матеріалів, враховуючи фурнітуру, розробляти ефективні способи технологічної обробки виробу, а також забезпечувати урахування взаємозв'язків між усіма елементами комплексу як цілісної системи захисту. Дизайн-ергономічне проектування виробів захисного комплексу військового льотчика, з урахуванням специфіки його експлуатації в реальних умовах, є складним багатоетапним і взаємопов'язаним процесом, якому передують

формування концептуального підходу до розробки, детальний аналіз складових елементів та встановлення їхніх взаємозалежностей і функціональних зв'язків. Відомо, що дизайнерська діяльність має міждисциплінарний характер і потребує інтеграції знань із суміжних галузей, а в окремих випадках – залучення фахівців різного профілю до реалізації проєктних рішень. Це особливо актуально під час розробки захисних виробів військового призначення, які мають відповідати широкому спектру вимог, зокрема ергономічних, захисних, естетичних, функціональних, технологічних тощо.

Науково-дослідні роботи, що стосуються льотного одягу та структури комплектів екіпірування льотчиків військової авіації, а також їх випробування і сертифікація, здійснюються спеціалізованими науково-дослідними інститутами та лабораторіями. У міжнародному контексті до таких установ належать, зокрема, Науково-дослідна лабораторія Повітряних Сил США (The Air Force Research Laboratory, AFRL) [2, 3], Науково-дослідний інститут екологічної медицини армії США (U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine, USARIEM) [4, 5]. В Україні відповідні дослідження виконуються Державним науково-дослідним інститутом авіації, Центральним науково-дослідним інститутом Збройних Сил України (ЦНДІ ЗСУ), Державним концерном «Укроборонпром», а також Центром метрології та стандартизації Міністерства оборони України [1].

Дослідженню сучасних моделей льотного одягу та інших захисних виробів для військових льотчиків, а також напрямів їх удосконалення присвячено наукові праці закордонних науковців – J.R. Keiser [6], P.R. Sinclair [7], а також вітчизняних дослідників О.М. Рудковського, В.В. Федоренка, А.Д. Черненка [8], І.М. Ключнікова, О.М. Марченка, А.Г. Єрилкіна [9], В.М. Дурача, Л.Г. Ніколайчук [10]. У своїх працях вони розглядають питання підвищення функціональності, ергономічності, захисних властивостей тощо льотного екіпірування, а також обґрунтовують підходи до його

проектування з урахуванням сучасних вимог авіаційної галузі.

Проблематика функціональності та ергономічного забезпечення виробів військового призначення, включаючи їх психофізіологічну, гігієнічну та антропометричну відповідність, розглядається у працях Eun-Jin Jeon, Jeong rim Jeong, Hee-Eun Kim, S. Park, Hee-cheon You [11], D. Gupta [12], A. Schmidt, R. Paul, E. Classen, J. Beringer [13], D.J. Carr, C.A. Wilson [14].

Дослідження, присвячені дизайну та конструктивному вирішенню виробів з метою забезпечення комфорту використання, максимального рівня захисту та збереження рухливості військовослужбовця, представлені у працях J. Huck, O. Maganga, Y. Kim [15]. Антропометричні аспекти, зокрема особливості тривалої роботи в сидячому положенні та вплив факторів робочого середовища на зміну окремих розмірних характеристик, що позначається на продуктивності праці та фізіологічному стані користувача, розглядаються у дослідженнях K.D. Morris [16], S. Bragança та співавторів [17]. Отримані результати обґрунтовують необхідність забезпечення динамічної відповідності одягу та адаптації виробів шляхом застосування раціональних композиційно-конструктивних і технологічних рішень [1].

Узагальнення проаналізованих джерел засвідчує, що попри значну кількість досліджень, присвячених окремим аспектам спеціального одягу, ергономіки та захисних матеріалів, питання комплексної дизайн-розробки захисного комплексу льотчика військової авіації як цілісної системи залишається недостатньо опрацьованим. Зокрема, відсутнє узгоджене теоретико-методологічне підґрунтя, яке б інтегрувало функціональні, ергономічні, конструктивно-технологічні та композиційно-естетичні параметри у єдину систему проектування.

Матеріали та методи дослідження. Методологічну основу дослідження становить комплексний міждисциплінарний підхід, що поєднує положення дизайну, матеріалознавства, ергономіки, авіаційної техніки та авіаційної медицини. У процесі дослідження використано методи аналізу та

узагальнення наукових джерел, систематизації чинників професійної діяльності військового льотчика, а також структурно-функціонального аналізу складових захисного комплексу. Здійснено дослідження умов експлуатації, включаючи клімато-географічні, технічні та ергономічні аспекти, аналіз типових рухів і поз авіатора, особливостей взаємодії з обладнанням кабіни, а також впливу небезпечних і шкідливих факторів на організм військовослужбовця. Використано аналіз наукових джерел щодо властивостей сучасних текстильних матеріалів, інноваційних технологій (зокрема smart-матеріалів, електронного текстилю, нанотехнологій), а також методи систематизації та узагальнення для визначення вимог до захисного екіпірування льотчиків. Особливу увагу приділено аналізу антропометричних, психофізіологічних і медичних характеристик, що визначають вимоги до конструкції та функціональності виробів.

Сучасне матеріалознавство тісно пов'язане з розвитком технологічних інновацій і підходів, які формують окремий напрям методологічних досліджень. Активне впровадження новітніх технологій у сфері текстильної інженерії зумовлює суттєві зміни властивостей текстильних матеріалів, сприяє підвищенню їх функціональності та розширенню експлуатаційних можливостей, що є особливо актуальним для створення військового одягу для льотчиків. Інноваційні досягнення у галузі матеріалознавства пов'язані з розробленням і впровадженням інтелектуальних матеріалів, зокрема електронного текстилю (e-textiles), матеріалів з антибактеріальними властивостями, підвищеною стійкістю до ультрафіолетового випромінювання, а також використанням нанотехнологій для виробів військового та спеціального призначення. Зазначені напрями активно досліджуються як вітчизняними науковцями – С.І. Арабулі, В.І. Власенко, Н.П. Супрун, О.П. Кизимчук, М.В. Колосніченко та ін. [18–20], так і зарубіжними дослідниками – R.M. Aileni, L. Chiriac [21], G. Ehrmann [22], A. Angelucci, M. Cavicchioli [23], T. Blachowicz, G. Ehrmann [24], Y. Li, Q. Qiu, Y. Yang, H. Zhang [25].

Аналіз наукових джерел свідчить, що питання дизайн-розробки військового одягу для льотчиків як об'єкта проектної діяльності залишається недостатньо опрацьованим як у вітчизняному, так і в міжнародному науковому просторі. Відсутність цілісного системного підходу до проектування таких виробів зумовлює необхідність проведення поглиблених міждисциплінарних досліджень, спрямованих на вдосконалення візуально-композиційних характеристик, пропорційних рішень і членувань захисних виробів без зниження їх захисних властивостей.

Результати досліджень та їх обговорення. Проведений аналітичний огляд дозволяє окреслити багатокомпонентну проблематику дизайну одягу для військових льотчиків і формує теоретичну основу для подальших наукових досліджень. Опрацювання джерельної бази засвідчує, що застосування теоретико-методологічного підходу сприяє формуванню цілісного уявлення про об'єкт дослідження – одяг для льотчиків військової авіації – у поєднанні зі комплексом наукових знань, що базуються на тісній інтеграції дизайну і технологій, ергономіки, матеріалознавства, інженерії, авіаційної галузі, а також психофізіологічних і проектних аспектів [1]. Застосування комплексного підходу до дизайн-розробки комплексу для льотчика військової авіації дало змогу впорядкувати взаємозв'язки в системі формування сучасних дизайн-рішень, а також представити її у вигляді структурно-алгоритмічної моделі (рис. 1). Запропонована структура охоплює як етапи передпроектного аналізу, так і ключові аспекти проектування одягу та інших виробів військового призначення для авіаторів; розглянемо її.

Ергономіка виступає одним із ключових компонентів теоретико-методологічного підходу [26], оскільки визначає відповідність технічних і конструктивних рішень можливостям та потребам людини. Вона охоплює параметри авіаційної техніки, авіоніки та оснащення кабіни повітряного судна (розміри, розташування елементів,

матеріали тощо), забезпечуючи зручність користування та ефективну взаємодію в системі «зовнішнє середовище – військовий льотчик – дизайн захисного комплексу».

Вагоме значення має також аналіз умов професійної діяльності, що формується під впливом сучасних технологій, складних авіаційних систем і супроводжується дією небезпечних чинників, висуваючи підвищені вимоги до фізичних і психофізіологічних характеристик льотного складу.

Проектування військового одягу для льотчиків повинно базуватися на врахуванні специфіки службової діяльності та експлуатаційних умов, зокрема клімато-географічних факторів, характеру рухів і робочих поз, режиму служби та її тривалості, а також поширених травм і професійних захворювань [1]. Крім того, необхідним є врахування умов взаємодії льотчика з бортовим обладнанням, системами керування та засобами життєзабезпечення, що визначає вимоги до сумісності складових комплексу, їх функціональності та зручності використання.

Оцінка експлуатаційних факторів також включає вплив небезпечних і шкідливих чинників середовища, що зумовлює вибір матеріалів, конструктивних рішень і технологій виготовлення виробів. Сукупність зазначених аспектів формує підґрунтя для обґрунтованого визначення параметрів захисного комплексу, забезпечення його ергономічності, надійності та ефективності в умовах реальної експлуатації.

Виконання військових обов'язків пов'язане з підвищеним рівнем безпеки, зумовленим імовірністю впливу шкідливих і небезпечних чинників середовища, зокрема екологічних. Повітряні сили належать до видів військ із високим рівнем ризику для особового складу, що визначає професійну діяльність льотчика як небезпечну, а за ступенем перевищення гігієнічних нормативів – таку, що може варіюватися залежно від характеру виконуваних завдань [1].

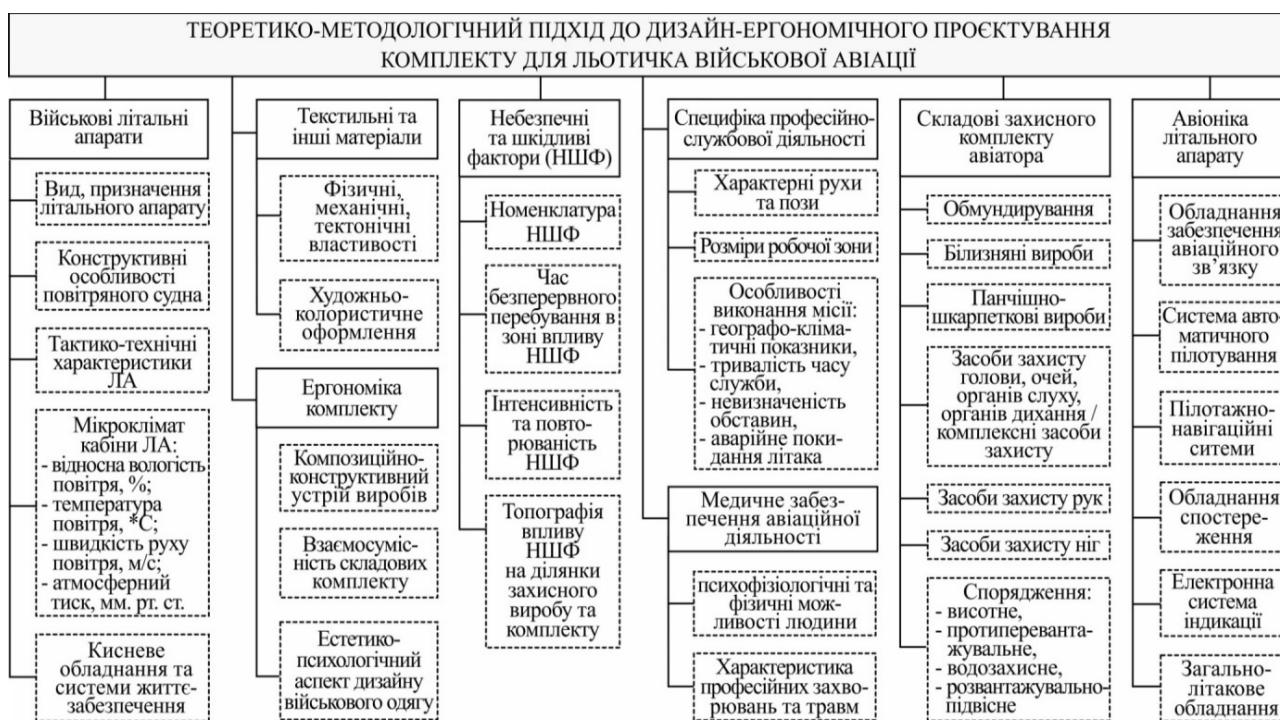


Рис. 1. Теоретико-методологічний підхід до дизайн-розробки комплексу для льотчика військової авіації

Суттєвою особливістю професійної діяльності військового льотчика є обмежений внутрішній простір кабіни літального апарата, що зумовлює тривале перебування у фіксованій, переважно сидячій позі та істотно обмежує рухову активність під час польоту. Це обумовлює необхідність урахування динаміки рухів і статичних навантажень, які формуються в умовах тривалої експлуатації та визначають вимоги до конструктивної організації виробів, їх об'ємно-просторової форми, параметрів та розміщення складових елементів як окремих виробів, так і комплексу в цілому.

У цьому контексті важливим є попередній аналіз типових рухів і робочих поз військовослужбовця, який впливає на ергономічність, композиційно-конструктивну структуру, вибір матеріалів і технологічних рішень, а також забезпечення динамічної відповідності виробів. Такий підхід дозволяє визначити зони підвищених навантажень і локального тиску на тіло як у статичних, так і в динамічних умовах [1].

У сукупності зазначені фактори формують вимоги до об'ємно-просторового та конструктивного вирішення льотного одягу і складових комплексу, забезпечуючи

його ергономічність, відсутність надмірного тиску на окремі ділянки тіла, збереження доступу до систем керування та інтеграцію з системами життєзабезпечення.

Виявлені чинники доцільно систематизувати за такими групами:

- **експлуатаційні** (умови польоту, температурні та барометричні впливи, обмеженість простору кабіни);
- **антропометричні та ергономічні** (поза, рухи, тривалість навантажень, взаємодія з обладнанням);
- **захисні** (вплив небезпечних і шкідливих факторів, необхідність термо-, вогне- та механічного захисту);
- **конструктивно-технологічні** (особливості матеріалів, вузлів, способів з'єднання);
- **композиційно-естетичні** (цілісність образу, візуальна ідентифікація, узгодженість елементів комплексу).

Така систематизація створює підґрунтя для формування цілісного підходу до дизайн-проєктування захисного комплексу льотчика як інтегрованої системи.

На основі проведеної систематизації доцільно представити узагальнену концептуальну модель системного підходу

до дизайн-розробки захисного комплексу льотчика військової авіації, що відображає взаємозв'язки між ключовими чинниками та проектними рішеннями (рис. 2).

Запропонована модель дозволяє розглядати процес дизайн-розробки не як лінійну послідовність рішень, а як багатовимірну систему взаємопов'язаних факторів, що забезпечує підвищення ефективності, узгодженості та адаптивності захисного комплексу до умов експлуатації.

При проектуванні військового одягу для льотчиків важливим етапом є виявлення та аналіз небезпечних і шкідливих факторів із подальшим визначенням зон їхнього впливу на окремі ділянки виробів комплексу, що слугує основою для формування обґрунтованих вимог до конструкції та

властивостей одягу. Умови професійної діяльності льотчиків характеризуються дією фізичних, хімічних, біологічних і психофізіологічних факторів, які відрізняються змінною інтенсивністю, тривалістю впливу та можливістю комплексної взаємодії [1].

До найбільш поширених належать коливання атмосферного тиску, значні перевантаження, інтенсивний шум, вібрації, вплив продуктів згоряння палива, несприятливі мікрокліматичні умови (зміни температури, вологості та тиску), світлові перевантаження (відблиски, пульсація світла), ультразвукові коливання, електромагнітні поля, радіаційне випромінювання, а також підвищений ризик пожеж тощо.



Рис. 2. Системна модель дизайн-розробки захисного комплексу для льотчика військової авіації

Зональний аналіз дозволяє визначити ділянки одягу, що зазнають найбільшого навантаження (тертя, стирання, розтягнення, забруднення, впливу вологи та світлопогоди) [1], і на цій основі раціоналізувати конструктивні та технологічні рішення шляхом удосконалення деталей виробів, обґрунтованого вибору їх параметрів та розміщення, а також диференційованого підбору матеріалів, посилення окремих зон, раціонального розміщення швів і функціональних елементів.

Професійно-службова діяльність льотчика військової авіації характеризується високим рівнем психоемоційної напруженості та потребує спеціальної підготовки, спрямованої на формування психічної стійкості, витривалості й готовності до прийняття виважених рішень у складних і небезпечних умовах, що відзначаються динамічністю обстановки та підвищеною відповідальністю [1, 27]. Окрім цього, діяльність льотчика супроводжується комплексним нервово-психічним навантаженням, що зумовлене інтелектуальною, сенсорною та емоційною

напругою, особливостями режиму служби, монотонністю окремих операцій, а також перенапруженням функціональних систем організму. Характерною ознакою такого навантаження є його тривала та комбінована дія, що формується під впливом сукупності різномірних чинників.

Важливу роль у професійній діяльності льотчика відіграє зоровий аналізатор, через який надходить основний обсяг інформації. Це обумовлено необхідністю безперервного контролю показників приладів кабіни та одночасного спостереження за зовнішнім простором. За складних метеорологічних умов можливе виникнення зорових ілюзій, що здатні призводити до спотворення сприйняття просторових орієнтирів і втрати орієнтації [1]. Застосування сучасних шоломів із системами доповненої реальності значно розширює можливості управління літальним апаратом і підвищує ефективність контролю параметрів польоту. Водночас такі технології збільшують навантаження на зорову систему, що може спричинити швидку втомлюваність, зниження концентрації уваги та потребує врахування цих факторів при проектуванні складових елементів екіпірування.

Важливою складовою підходу є врахування положень авіаційної медицини, яка охоплює фізіологічні можливості людини, а також наслідки впливу небезпечних і шкідливих чинників, зокрема професійні захворювання та травматизм. Діяльність льотчика супроводжується значними емоційними й інтелектуальними навантаженнями, зумовленими напруженням режимом служби, складністю керування літальним апаратом, необхідністю просторової орієнтації та оперативної обробки великого обсягу інформації [27].

Постійне перетворення приладових даних у просторові уявлення, а також поєднання сенсорних і аналітичних процесів висувають високі вимоги до швидкості реакції, уваги, координації рухів і психоемоційної стійкості льотчика. Аналіз професійних ризиків і травм відіграє важливу роль у розвитку дизайну захисного комплексу, орієнтованого на забезпечення максимальної безпеки та збереження працездатності військовослужбовця.

Формування теоретико-методологічного підходу передбачає також урахування характеристик авіаційної техніки, зокрема її тактико-технічних параметрів, функціональних можливостей і умов експлуатації, які безпосередньо впливають на вимоги до захисного комплексу льотчика. Сучасні літальні апарати функціонують як інтегровані системи, що поєднують електронні та цифрові технології, забезпечуючи керування та контроль польоту. Важливим чинником є й мікроклімат кабіни, який регулюється та підтримується на оптимальному рівні навіть за екстремальних зовнішніх умов [1]. Сукупність цих факторів визначає склад і структуру захисного комплексу, обумовлюючи вибір його елементів залежно від сезонних і кліматичних умов, типу літального апарата та специфіки виконуваних завдань, а також впливає на композиційно-конструктивну організацію і параметри окремих складових виробів.

До складу екіпірування військового льотчика входить обмундирування, яке охоплює білизняні вироби та засоби захисту голови, рук, ніг, органів дихання, зору й слуху, а також спеціальне спорядження, зокрема висотні, протиперевантажувальні, водозахисні, рятувально-підвісні та розвантажувальні системи [1]. Важливою вимогою є узгодженість і взаємосумісність усіх елементів комплексу, що забезпечує ефективний захист льотчика, коректну взаємодію з обладнанням кабіни, а також підтримання необхідних умов життєдіяльності й працездатності під час виконання завдань у повітрі та на землі. Це особливо актуально в аварійних ситуаціях, зокрема під час вимушеного покидання літального апарата.

Запропонований системний теоретико-методологічний підхід до дизайн-розробки захисного комплексу військового льотчика ґрунтується на комплексному дослідженні технічного оснащення та тактико-технічних характеристик різновидів літаків, авіоніки й бортового обладнання, а також на аналізі медичного забезпечення польотів, фізіологічних можливостей організму та особливостей функціонування його систем. Важливими складовими є вивчення властивостей

текстильних та інших матеріалів, включаючи їх художньо-колористичні характеристики, дослідження умов і специфіки професійної діяльності, впливу небезпечних і шкідливих чинників та формування відповідних вимог до виробів. Підхід також передбачає системний аналіз структури захисного комплексу, умов його комплектування, композиційно-конструктивних і технологічних рішень, а також забезпечення взаємосумісності всіх складових. Це дає змогу узагальнити вимоги до виробів і комплексу в цілому, обґрунтувати їх характеристики та забезпечити узгодженість елементів екіпірування з технічними засобами на етапі дизайн-проектування.

Таким чином, проведений аналіз забезпечує можливість переходу від розгляду окремих чинників до їх системного узагальнення та інтеграції в єдиний теоретико-методологічний підхід, який слугує основою для комплексної дизайн-розробки захисного комплексу льотчика військової авіації, враховуючи взаємозв'язки між експлуатаційними, ергономічними, конструктивно-технологічними та функціональними аспектами.

Висновки. У результаті проведеного дослідження сформовано системний комплексний теоретико-методологічний підхід до дизайн-розробки захисного комплексу військового льотчика, який ґрунтується на узагальненні взаємодії елементів системи «зовнішнє середовище – військовий льотчик – дизайн захисного комплексу». Запропонований підхід забезпечує розгляд процесу проектування військового одягу в контексті історичних, соціокультурних, економічних і технологічних трансформацій, що впливали на формування багатокomпонентної структури захисного екіпірування.

Встановлено, що визначальними структурними складовими підходу є аналіз

характеристик військових літальних апаратів та їх бортових систем, дослідження текстильних і допоміжних матеріалів, урахування медико-фізіологічних аспектів, вивчення особливостей професійної служби льотчика, а також систематизація даних щодо впливу небезпечних і шкідливих чинників та ергономічних вимог до складових комплексу.

Отримані результати створюють підґрунтя для формування художньо-композиційних і конструктивних рішень, визначення умов комплектування та забезпечення взаємосумісності елементів екіпірування з метою підвищення ефективності захисту та цілісності образу військового льотчика. Запропонований підхід також дає змогу обґрунтувати вимоги до структури комплексу та характеристик його складових на етапі дизайн-розробки, що актуалізує подальші дослідження у напрямі удосконалення композиційно-конструктивної організації захисного одягу військового призначення.

Запропонований підхід базується на інтеграції експлуатаційних, ергономічних, захисних, конструктивно-технологічних та композиційно-естетичних чинників у межах єдиної проектної системи; може бути використаний як методична основа для подальших наукових досліджень і практичної розробки сучасного захисного екіпірування. Новостворена системна модель створює передумови для розгляду захисного комплексу не як сукупність окремих виробів, а як цілісної функціонально та композиційно узгодженої системи, яка формує основу для подальшого розвитку методів адаптивного та інтегрованого проектування спеціального одягу військового призначення.

Література

1. Мамченко Я.О. Дизайн військового одягу для льотчиків: еволюція, типології, проектні практики: дис. ... д-ра філософії: 022 Дизайн. Київ, 2025. 390 с.
2. The Air Force Research Laboratory. URL: <https://www.afrl.af.mil/> (accessed: 16.05.2023).

References

1. Mamchenko, Ya. O. (2025). *Dyzain viiskovoho odiahu dlia lotchykiv: evoliutsiia, typolohii, proiektni praktyky* [Design of military clothing for pilots: evolution, typologies, and design practices]: PhD dissertation (022 Design). Kyiv, 390 p. [in Ukrainian].
2. The Air Force Research Laboratory (2023). Available at: <https://www.afrl.af.mil/> (accessed: 16.05.2023) [in English].

3. Evaluation of Nomex Flight Suits and Undergarments. Technical Report AFRL-RX-TP-2017-01316. U.S. Air Force Research Laboratory, 2017.

4. Army Research Institute of Environmental Medicine (USARIEM). URL: <https://usariem.health.mil/> (accessed: 17.07.2024).

5. Evaluation of Cold Weather Clothing Systems. Technical Report T19-3. U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine, 2019.

6. Keiser J. R. Evaluation of Protective Clothing for Cold Weather Flying Operations. USAF Technical Report USAFSAM-TR-09-03. 2009.

7. Sinclair P.R., Fraser J.F. Evaluation of Aircrew Clothing and Equipment for High Altitude Operations. Defence Research and Development Canada Technical Report DRDC Toronto CR 2003-085. 2003.

8. Рудковський О. М., Федоренко В. В., Черненко А. Д., Оборнев С. І. Проблеми розвитку бойового екіпірування солдата як єдиного комплексу для Збройних Сил України. *Збірник наукових праць Військової академії*. Одеса: ВА, 2016. Вип. № 2 (6). С. 50–59.

9. Ключніков І. М., Єрилкін А. Г., Марченко О. М. Тенденції удосконалення екіпіровки військового льотчика. *Наука і техніка Повітряних Сил ЗСУ*. 2017. № 1 (26). С. 27–29.

10. Дурач В. М., Ніколайчук Л. Г. Напрями удосконалення спецодягу для військовослужбовців ЗСУ як підвищення їх безпеки. *Формування та перспективи розвитку підприємницьких структур в рамках інтеграції до європейського простору: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 24 березня 2021 р.* Полтава: Полтавський державний аграрний університет, 2021. С. 100–102.

11. Jeon E.-J., Jeong Rim J., Kim H.-E., Park S., You H.-Ch. An ergonomic design of flight suit pattern according to wearing characteristics. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2011. Vol. 55, Iss. 1. P. 1316–1320. DOI: <https://doi.org/10.1177/1071181311551460>.

12. Gupta D. Design and engineering of functional clothing. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2011. Vol. 36, No. 4. P. 327–335.

13. Schmidt A., Paul R., Classen E., Morlock S., Beringer J. Comfort testing and fit analysis of military textiles. *Performance Testing of Textiles*. 2016. P. 25–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100570-5.00003-7>.

14. Carr D. J., Wilson C. A., Laing R. M. Anthropometric methods for the successful design of military clothing and equipment. *Advances in Military Textiles and Personal Equipment*. Cambridge, 2012. P. 49–63. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857095572.1.49>.

15. Huck J., Maganga O., Kim Y. Protective overalls: Evaluating garment design and fit. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 1997. Vol. 9, Iss. 1. P. 45–61.

3. Evaluation of Nomex Flight Suits and Undergarments (2017). Technical Report AFRL-RX-TP-2017-01316. U.S. Air Force Research Laboratory. [in English].

4. Army Research Institute of Environmental Medicine (USARIEM) (2024). Available at: <https://usariem.health.mil/> (accessed: 17.07.2024). [in English].

5. Evaluation of Cold Weather Clothing Systems (2019). Technical Report T19-3. U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine [in English].

6. Keiser, J. R. (2009). Evaluation of Protective Clothing for Cold Weather Flying Operations. USAF Technical Report USAFSAM-TR-09-03. [in English].

7. Sinclair, P. R., & Fraser, J. F. (2003). Evaluation of Aircrew Clothing and Equipment for High Altitude Operations. Defence Research and Development Canada Technical Report DRDC Toronto CR 2003-085. [in English].

8. Rudkovskiy, O. M., Fedorenko, V. V., Chernenko, A. D., & Oborniev, S. I. (2016). Problemy rozvytku boiovoho ekipiruvannya soldata yak yedynoho kompletu dlia Zbroinykh Syl Ukrainy [Problems of development of soldier combat equipment as an integrated system for the Armed Forces of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoi akademii*, 2(6), 50–59 [in Ukrainian].

9. Kliushnikov, I. M., Yerylkin, A. H., & Marchenko, O. M. (2017). Tendentsii udoskonalennia ekipirovky viiskovoho lotchyka [Trends in improving military pilot equipment]. *Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl ZSU*, 1(26), 27–29 [in Ukrainian].

10. Durach, V. M., & Nikolaichuk, L. H. (2021). Napriamy udoskonalennia spetsodiyahu dlia viiskovosluzhbovtziv ZSU yak pidvyshchennia yikh bezpeky [Directions for improving special clothing for Ukrainian military personnel to enhance their safety]. *Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference "Formation and Prospects of Development of Entrepreneurial Structures in the Context of European Integration"*, Poltava, March 24, 2021 (pp. 100–102). Poltava: Poltava State Agrarian University [in Ukrainian].

11. Jeon, E.-J., Jeong Rim, J., Kim, H.-E., Park, S., & You, H.-Ch. (2011). An ergonomic design of flight suit pattern according to wearing characteristics. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 55(1), 1316–1320. DOI: <https://doi.org/10.1177/1071181311551460> [in English].

12. Gupta, D. (2011). Design and engineering of functional clothing. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 36(4), 327–335 [in English].

13. Schmidt, A., Paul, R., Classen, E., Morlock, S., & Beringer, J. (2016). Comfort testing and fit analysis of military textiles. In: *Performance Testing of Textiles*, 25–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100570-5.00003-7> [in English].

14. Carr, D. J., Wilson, C. A., & Laing, R. M. (2012). Anthropometric methods for the successful design of military clothing and equipment. In: *Advances in Military Textiles and Personal Equipment*, 49–63. Cambridge. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857095572.1.49> [in English].

15. Huck, J., Maganga, O., & Kim, Y. (1997). Protective overalls: Evaluating garment design and fit. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 9(1), 45–61 [in English].

16. Morris K. D., Ashdown S. P. Partnerships in practice: Producing new design knowledge with users when developing performance apparel products. *Fashion Practice*. 2018. Vol. 10, Iss. 3. P. 328–353. DOI: <https://doi.org/10.1080/17569370.2018.1507149>.
17. Bragança S., Carvalho M., Arezes P.M., Ashdown S. P. Work-wear pattern design to accommodate different working postures. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2017. Vol. 29, No. 3. P. 294–313. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCST-05-2016-0063>.
18. Kolosnichenko O. V., Ostapenko N. V., Struminska T. V., Barabash M. Yu., Leonov D. S., Skliarenko N. V., Lutsker T. V., Remenieva T. V., Oliinyk H. M., Navolska L. V., Kolosnichenko M. V. Peculiarities of nanostructured fabrics for operation under thermal impact. *Nanosistemi, nanomateriali, nanotehnologii*. 2024. Vol. 22, No. 4. P. 1001–1015. DOI: <https://doi.org/10.15407/nnn.22.04.1001>.
19. Блюм Я. Б., Пірко Я. В., Круподьорова Т. А., Даниленко І. А., Ємець А. І., Власенко В. І., Березненко С. М., Кучеренко В. І., Арабулі С. І., Смертенко П. С., Наумов В. В. Патент України № 141094 Спосіб одержання текстильного матеріалу з наночастинками срібла. Опубл. 25.03.2020. Бюл. № 6/2020. Заявка № u 2019 08291 від 16.07.2019.
20. Arabuli S., Arabuli A., Kyzymchuk O., Tunakova V., Bajzik V. et al. Shielding properties of hybrid knitted fabrics: reflection and absorption. *Journal of Industrial Textiles*. 2025. Vol. 55. DOI: <https://doi.org/10.1177/15280837241313351>.
21. Aileni R. M., Chiriac L. Composed techniques for obtaining of the 3D hybrid composites for attenuation of electromagnetic field. *TEXTEH Proceedings*. 2019. P. 208–211.
22. Ehrmann G., Ehrmann A. Electronic textiles. *Encyclopedia*. 2021. Vol. 1, Iss. 1. P. 115–130. DOI: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1010013>.
23. Angelucci A., Cavicchioli M., Cintorrino I.A., Lauricella G., Rossi C., Strati S., Aliverti A. Smart textiles and sensorized garments for physiological monitoring: A review. *Sensors*. 2021. Vol. 21, Iss. 3. Article 814. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21030814>.
24. Blachowicz T. et al. Textile-based sensors for biosignal detection and monitoring. *Sensors*. 2021. Vol. 21, No. 18. Art. 6042. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21186042>.
25. Qiu Q., Chen S., Li Y., Yang Y., Zhang H., Quan Z., Qin X., Wang R., Yu J. Functional nanofibers embedded into textiles for durable antibacterial properties. *Chemical Engineering Journal*. 2020. Vol. 384. Article 123241.
26. Raji R.K., Luo Q., Liu H. Ergonomics in fashion engineering and design: Pertinent issues. *Work*. 2021. Vol. 68, Iss. 1. P. 87–96. DOI: <https://doi.org/10.3233/WOR-203274>.
27. Gradwell D., Wilkinson E. *Ernsting's aviation and space medicine*. Boca Raton: CRC Press, 2021. 904 p.
16. Morris, K. D., Ashdown, S. P. (2018). Partnerships in practice: Producing new design knowledge with users when developing performance apparel products. *Fashion Practice*, 10(3), 328–353. DOI: <https://doi.org/10.1080/17569370.2018.1507149> [in English].
17. Bragança, S., Carvalho, M., Arezes, P. M., & Ashdown, S. P. (2017). Work-wear pattern design to accommodate different working postures. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 29(3), 294–313. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCST-05-2016-0063> [in English].
18. Kolosnichenko, O. V., Ostapenko, N. V., Struminska, T. V., Barabash, M. Yu., Leonov, D. S., Skliarenko, N. V., Lutsker, T. V., Remenieva, T. V., Oliinyk, H. M., Navolska, L. V., & Kolosnichenko, M. V. (2024). Peculiarities of nanostructured fabrics for operation under thermal impact. *Nanosistemi, nanomateriali, nanotehnologii*, 22(4), 1001–1015. DOI: <https://doi.org/10.15407/nnn.22.04.1001> [in English].
19. Blium, Ya. B., Pirko, Ya. V., Krupodorova, T. A., Danylenko, I. A., Yemets, A. I., Vlasenko, V. I., Berезненко, S. M., Kucherenko, V. I., Arabuli, S. I., Smertenko, P. S., & Naumov, V. V. (2020). Ukraine patent no. 141094. *Sposib oderzhannia tekstylnoho materialu z nanochastynkamy sribla* [Method for producing a textile material with silver nanoparticles]. Published March 25, 2020 [in Ukrainian].
20. Arabuli, S., Arabuli, A., Kyzymchuk, O., Tunakova, V., Bajzik, V. et al. (2025). Shielding properties of hybrid knitted fabrics: reflection and absorption. *Journal of Industrial Textiles*, (55). DOI: <https://doi.org/10.1177/15280837241313351> [in English].
21. Aileni, R. M., & Chiriac, L. (2019). Composed techniques for obtaining of the 3D hybrid composites for attenuation of electromagnetic field. *TEXTEH Proceedings* (pp. 208–211) [in English].
22. Ehrmann, G., & Ehrmann, A. (2021). Electronic textiles. *Encyclopedia*, 1(1), 115–130. DOI: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1010013> [in English].
23. Angelucci, A., Cavicchioli, M., Cintorrino, I. A. et al. (2021). Smart textiles and sensorized garments for physiological monitoring: A review. *Sensors*, 21(3), 814. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21030814> [in English].
24. Blachowicz, T. et al. (2021). Textile-based sensors for biosignal detection and monitoring. *Sensors*, 21(18), 6042. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21186042> [in English].
25. Qiu, Q., Chen, S., Li, Y. et al. (2020). Functional nanofibers embedded into textiles for durable antibacterial properties. *Chemical Engineering Journal*, 384, 123241 [in English].
26. Raji, R. K., Luo, Q., & Liu, H. (2021). Ergonomics in fashion engineering and design: Pertinent issues. *Work*, 68(1), 87–96. DOI: <https://doi.org/10.3233/WOR-203274> [in English].
27. Gradwell, D., Wilkinson, E. (2021). *Ernsting's aviation and space medicine*. Boca Raton: CRC Press. 904 p. [in English].

БОЙКО ГАЛИНА

Херсонський національний технічний університет, Україна
e-mail: galina_boyko_86@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-8773-5525>

МЕРЕЖКО НІНА

Державний торговельно-економічний університет, Україна
e-mail: n.merezhko@knute.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-3077-9636>

ГОЛОВЕНКО ТЕТЯНА

Луцький національний технічний університет, Україна
e-mail: t.holovenko@lutsk-ntu.com.ua
<https://orcid.org/0000-0002-1792-9364>

ДЕКОРАТИВНА ВИШИВКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ ЕСТЕТИЧНИХ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНОПЛЯНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХУ ВЗУТТЯ

Мета. Дослідження естетичних, функціональних та експлуатаційних властивостей текстильного матеріалу з конопляного волокна для верху взуття, а також обґрунтування впливу параметрів декоративної вишивки на формостійкість, зносостійкість та якість виробу.

Методи. У роботі використано методи критичного аналізу, систематизації та узагальнення наукових публікацій і нормативно-довідкових джерел у галузі текстильного та взуттєвого виробництва. Застосовано експериментальні, органолептичні та порівняльні методи дослідження властивостей конопляного тканого полотна й готового взуття. Проектування моделей та декоративних орнаментів здійснено із використанням графічного моделювання, технологічних підходів виготовлення текстильного взуття та аналізу параметрів вишивки.

Результати. Досліджено вплив кількості, щільності та розміру стібків декоративної вишивки на формостійкість, пластичність, зносостійкість і ергономічні властивості конопляного тканого полотна для верху взуття. Встановлено, що декоративна вишивка виконує не лише естетичну, а й зміцнювальну функцію, сприяючи підвищенню стійкості матеріалу до деформацій та механічних навантажень. Визначено, що використання дрібних стібків розміром 1-2 мм, зокрема оптимального розміру 1,8 мм, забезпечує рівномірний натяг тканини, високу чіткість орнаменту, покращення формостійкості та зносостійкості виробу без суттєвого погіршення його гнучкості й комфортності. За результатами досліджень розроблено колекцію моделей конопляного текстильного взуття з елементами української національної вишивки, адаптованої до умов експлуатації виробів. Встановлено, що розроблене взуття характеризується високими естетичними показниками, стійкістю кольору вишивки до прання, незначною залишковою деформацією та високими показниками водостійкості й вологопоглинання.

Наукова новизна. Обґрунтовано взаємозв'язок параметрів декоративної вишивки зі структурно-механічними, експлуатаційними та естетичними властивостями конопляного текстильного взуття. Вперше визначено оптимальні параметри декоративного стібка як чинника підвищення формостійкості та експлуатаційної надійності текстильних взуттєвих матеріалів на основі конопляного волокна.

Практична значимість. Отримані результати можуть бути використані у виробництві екологічного текстильного взуття для підвищення його якості, довговічності, ергономічних та естетичних характеристик. Запропоновані технологічні рішення сприяють поєднанню

традиційних елементів української вишивки із сучасними підходами до проектування конкурентоспроможної продукції на основі натуральних рослинних волокон.

Ключові слова: конопляне полотно; текстильне взуття; декоративна вишивка; формостійкість; експлуатаційні властивості; естетичні властивості; стібок; зносостійкість.

DECORATIVE EMBROIDERY AS A TOOL FOR SHAPING THE AESTHETIC AND PERFORMANCE PROPERTIES OF HEMP TEXTILE MATERIAL FOR FOOTWEAR UPPER COMPONENTS

BOIKO HALYNA¹, MEREZHKO NINA², HOLOVENKO TETYANA³

¹ Kherson National Technical University, Ukraine

² State University of Trade and Economics, Ukraine

³ Lutsk National Technical University, Ukraine

Purpose. Study of the aesthetic, functional, and performance properties of hemp fiber textile material for footwear uppers, as well as substantiation of the influence of decorative embroidery parameters on shape stability, wear resistance, and product quality.

Methods. The study employed methods of critical analysis, systematization, and generalization of scientific publications and regulatory-reference sources in the field of textile and footwear manufacturing. Experimental, organoleptic, and comparative research methods were applied to evaluate the properties of hemp woven fabric and finished footwear. The design of footwear models and decorative ornaments was carried out using graphic modeling, technological approaches to textile footwear manufacturing, and comparative analysis of embroidery parameters.

Results. The influence of the number, density, and size of embroidery stitches on the shape stability, flexibility, wear resistance, and ergonomic properties of hemp woven fabric intended for footwear uppers was investigated. It was established that decorative embroidery performs not only an aesthetic but also a reinforcing function, contributing to increased resistance of the material to deformation and mechanical stress. The study determined that the use of small stitches measuring 1–2 mm, particularly the optimal size of 1.8 mm, ensures uniform fabric tension, high ornament clarity, improved shape stability, and enhanced wear resistance without significantly reducing flexibility and comfort. Based on the obtained results, a collection of hemp textile footwear models with elements of traditional Ukrainian embroidery adapted to footwear operating conditions was developed. The developed footwear demonstrated high aesthetic indicators, color fastness of embroidery during washing, insignificant residual deformation, and high water resistance and moisture absorption properties.

Scientific novelty. The relationship between decorative embroidery parameters and the structural-mechanical, performance, and aesthetic properties of hemp textile footwear was substantiated. For the first time, optimal embroidery stitch parameters were determined as a factor in improving the shape stability and operational reliability of textile footwear materials based on hemp fiber.

Practical significance. The obtained results can be applied in the production of environmentally friendly textile footwear to improve its quality, durability, ergonomic, and aesthetic characteristics. The proposed technological solutions contribute to the integration of traditional Ukrainian embroidery elements into the modern design of competitive products made from natural plant-based fibers.

Keywords: hemp fabric; textile footwear; decorative embroidery; shape stability; performance properties; aesthetic properties; stitch; wear resistance.

Вступ. Сучасний розвиток текстильної та взуттєвої промисловості орієнтований на створення екологічно безпечних, функціональних і конкурентоспроможних виробів із використанням натуральної сировини та інноваційних технологій оздоблення. Особливу увагу сьогодні приділяють

матеріалам природного походження, які поєднують високі гігієнічні властивості, міцність і здатність до біодеградації. Одним із перспективних видів сировини для виготовлення тканих текстильних матеріалів верху взуття є конопляне волокно, що характеризується високою

зносостійкістю, повітропроникністю, вологообміном та екологічністю [1]. Водночас сурові конопляні тканини мають певні недоліки, зокрема недостатню формостійкість та схильність до деформацій під час тривалої експлуатації взуття [2].

Одним із ефективних способів покращення експлуатаційних властивостей текстильних матеріалів є використання декоративної вишивки. Вишивка здатна виконувати не лише естетичну функцію, а й технологічну, тобто локально зміцнювати структуру тканини, підвищувати її формостійкість, зносостійкість та опір механічним навантаженням. Особливого значення набуває дослідження впливу параметрів вишивки, зокрема розміру, щільності та частоти стібків, на фізико-механічні й ергономічні властивості конопляного тканого полотна для верху взуття.

Актуальність даної роботи полягає у необхідності поєднання сучасних вимог до якості та функціональності взуття з відродженням українських національних традицій декоративного оздоблення. Використання орнаментів, характерних для різних регіонів України, дозволяє не лише підвищити естетичну цінність виробу, а й сформувати унікальний дизайн екологічного текстильного взуття на основі натуральних матеріалів.

Аналіз попередніх досліджень. Питання використання натуральних волокон у текстильній та взуттєвій промисловості останніми роками набуває особливої актуальності у зв'язку зі зростанням попиту на екологічно безпечні та біорозкладні матеріали. Серед перспективних видів рослинної сировини значну увагу дослідників привертає конопляне волокно, яке характеризується високою міцністю, зносостійкістю, гігроскопічністю та добрими гігієнічними властивостями. Дослідження функціональних і ергономічних властивостей конопляних тканин показали, що структура переплетення та тип пряжі суттєво впливають на показники міцності, стирання та формостійкості матеріалу [3]. У наукових працях, присвячених властивостям тканин конопляних матеріалів, встановлено, що зміна структури переплетення дозволяє регулювати жорсткість, стійкість

до деформації та довговічність текстильних виробів [4]. Зокрема, дослідники зазначають, що щільні полотняні переплетення забезпечують вищу міцність і стабільність форми порівняно з більш рельєфними структурами.

Окремий напрям досліджень стосується удосконалення властивостей конопляних тканин шляхом модифікування їх структури та поверхні [5]. Встановлено, що оброблення конопляних волокон хітозаном, силіконовими композиціями та іншими модифікаторами дозволяє покращити м'якість, стабільність структури, зносостійкість і здатність до фарбування [6]. Водночас деякі способи оброблення можуть підвищувати жорсткість матеріалу та впливати на його пластичність та екологічність.

Важливим аспектом сучасних досліджень є використання декоративного оздоблення як функціонального елемента зміцнення текстильних матеріалів [7, 8]. Науковці відзначають, що текстильні структури з локальним ущільненням здатні ефективніше протидіяти механічним навантаженням та деформаціям під час експлуатації. Щільність розташування ниток, характер переплетення та рівномірність натягу безпосередньо впливають на формостійкість виробів і їх довговічність.

Разом із тим аналіз наукових джерел показав, що питання використання декоративної вишивки як засобу локального зміцнення сурового конопляного тканого полотна для верху взуття залишається недостатньо дослідженим. У наявних роботах переважно розглядаються загальні механічні властивості конопляних тканин або декоративні аспекти вишивки без комплексного аналізу впливу параметрів стібка на експлуатаційні характеристики взуттєвих текстильних матеріалів. Недостатньо вивченим також є вплив щільності, частоти та розміру стібків на формостійкість, пластичність і ергономічні властивості конопляного текстильного матеріалу. Отже, аналіз попередніх досліджень підтверджує доцільність проведення комплексного дослідження впливу декоративної вишивки на властивості сурового конопляного тканого полотна для верху взуття. Особливо

актуальним є обґрунтування раціональних параметрів вишивки, які забезпечуватимуть поєднання високих естетичних показників, формостійкості та комфортності експлуатації взуттєвих виробів з текстилю.

Постановка завдання. На основі аналізу наукових джерел встановлено, що сурові конопляні ткани полотна є перспективним матеріалом для виготовлення екологічного текстильного взуття завдяки своїй високій міцності, гігроскопічності та зносостійкості [9, 10]. Проте одним із основних недоліків таких матеріалів залишається недостатня формостійкість у процесі тривалої експлуатації взуття, особливо в місцях постійного згинання та механічного навантаження. Існуючі способи підвищення жорсткості та стабільності форми часто передбачають використання додаткових синтетичних зміцнювальних матеріалів або хімічних обробок, що може погіршувати екологічність і гігієнічні властивості виробу. У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних технологічних рішень, здатних одночасно забезпечити зміцнення конопляного полотна, збереження його ергономічних характеристик та підвищення естетичної привабливості взуття.

Одним із перспективних напрямів вирішення зазначеної проблеми є використання декоративної вишивки, як функціонального елемента локального армування деталей верху текстильного взуття. Водночас недостатньо дослідженим залишається вплив параметрів вишивки (розміру, щільності, частоти стібків) на фізико-механічні, ергономічні, естетичні властивості та надійність сурового конопляного тканого полотна для верху взуття. Тому завданням даної роботи є дослідження впливу параметрів декоративної вишивки на формостійкість, пластичність, зносостійкість та ергономічні властивості конопляного взуття, а також розроблення раціональних параметрів оздоблення для створення конкурентоспроможних моделей текстильного взуття з українською національною вишивкою.

Методи дослідження. У роботі застосовано комплекс теоретичних, експериментальних та органолептичних методів дослідження, спрямованих на визначення

впливу декоративної вишивки на властивості сурового конопляного тканого полотна для верху взуття. Теоретичні дослідження базувалися на аналізі наукових праць у галузі текстильного матеріалознавства, технології взуттєвого виробництва та декоративного оздоблення текстильних матеріалів. Для проектування орнаментів української національної вишивки використано графічний редактор Autodesk AutoCAD 2022, за допомогою якого створено цифрові моделі декоративних елементів та виконано їх адаптацію до конструкції деталей верху взуття. Експериментальні дослідження проведено на зразках сурового конопляного тканого полотна з декоративною вишивкою різної щільності, частоти та розміру стібків. Оцінювання впливу параметрів вишивки на якість матеріалу здійснено шляхом визначення формостійкості, гнучкості, зносостійкості, рівномірності натягу тканини та стійкості до деформацій. Органолептичним методом оцінено естетичні та ергономічні властивості готових виробів, зокрема чіткість орнаменту, гармонійність композиції, комфортність носіння та стан поверхні тканого полотна після оздоблення. Отримані результати узагальнено у вигляді порівняльного аналізу та профілограми, що дозволило визначити раціональні параметри декоративної вишивки для підвищення експлуатаційних властивостей конопляного взуття.

Результати дослідження та їх обговорення. Для виготовлення експериментальних зразків текстильного взуття використано сурове конопляне ткане полотно без додаткового оброблення, вибілення та фарбування, що дозволило максимально зберегти природні властивості матеріалу та забезпечити екологічність готового виробу. З метою підвищення естетичних і функціональних характеристик взуття на основі попередніх досліджень розроблено колекцію моделей текстильного взуття з використанням декоративної української вишивки. Орнаменти дібрано відповідно до традицій вишивання окремих регіонів України, зокрема Херсонщини, Київщини, Харківщини, Волині та Львівщини, а також створено узагальнену модель «Україна-Єдина!».

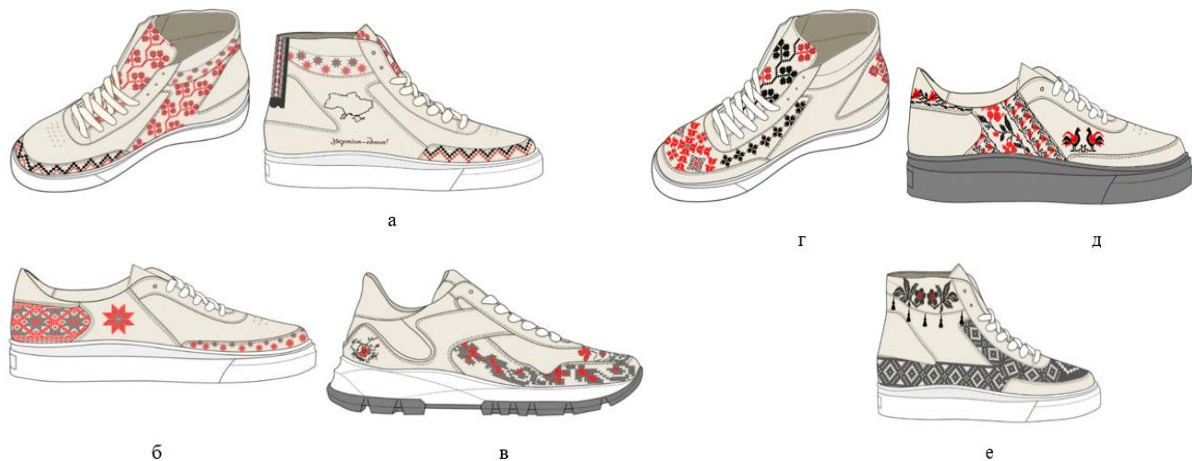


Рис. 1. Макети розробленого конопляного взуття з національною декоративною вишивкою: а) Україна-Єдина!, б) Київщина, в) Харківщина, г) Волинь, д) Херсонщина, е) Львівщина

Важливим чинником забезпечення якості розробленого взуття є раціональне розміщення вишивки на деталях крою. Декоративні елементи нанесено не суцільним полотном, а локально, у зонах можливої втрати формостійкості під час експлуатації, а саме в ділянках підноски, задника та бічних частин взуття. Такий підхід дозволив поєднати декоративну функцію вишивки зі зміцненням тканого полотна в місцях найбільшого навантаження. Нанесення орнаменту виконано на етапі розкрою деталей із урахуванням припусків на шви та конструктивних особливостей моделі, що забезпечило збереження композиційної цілісності вишивки у готовому виробі. Технологія виготовлення розробленого взуття базувалася на принципах екологічності, ергономічності та забезпечення високих експлуатаційних властивостей.

Збереження формостійкості взуття залежить від багатьох чинників: вибору матеріалів, зшивання та формування деталей верху, обробки, тощо. Естетичні властивості, також формуються на всіх етапах процесу виготовлення взуттєвих товарів. Таким чином, з метою визначення раціональних параметрів декоративної вишивки, що забезпечують оптимальне поєднання формостійкості, естетичності та експлуатаційної якості текстильних взуттєвих виробів, проведено комплекс досліджень основних факторів впливу вишивки на властивості конопляного тканого полотна.

Для обґрунтування раціонального розміщення декоративної вишивки на деталях

верху взуття та оцінювання її впливу на формостійкість і естетичні властивості виробу розроблено проекти крою з нанесеними елементами орнаменту. На рисунках 2 та 3 представлено схеми розташування вишивки на деталях крою та готові елементи верху взуття з декоративним оздобленням, що дозволяє оцінити особливості композиційного розміщення орнаменту й технологічного виконання вишивки.

Подальший етап дослідження передбачав виготовлення експериментальних деталей крою та оцінку впливу декоративної вишивки на формостійкість, пластичність, зносостійкість і ергономічні властивості матеріалу в умовах експлуатації взуття. Особливу увагу приділено зонам найбільшого механічного навантаження – підноску, заднику та бічним частинам верху взуття, де вишивка виконувала не лише естетичну, а й зміцнювальну функцію. Перші вишиті орнаментом елементи відрізнялися частотою, кількістю та розміром стібка з метою визначення оптимальних параметрів вишивки (рис. 4).

Рисунок 4 демонструє зразки вишивки, виконані на суровій конопляній тканині, призначеній для виготовлення верху взуття. Представлені орнаменти відрізняються кількістю стібків, частотою їх розташування та розміром, що безпосередньо впливає на фізико-механічні та експлуатаційні властивості матеріалу.



Рис. 2. Проект крою деталей розробленого взуття з декоративною вишивкою



Рис. 3. Деталі крою розробленого взуття з нанесеною декоративною вишивкою



а) (2,0-1,2 мм) б) (2,4-1,8 мм) / в) (1,8-1,0 мм) г) (2,4-2,0 мм)
Рис. 4. Декоративна вишивка з різною кількістю, частотою і розміром стібка

У зразках (рис. 4 а, г) із більшою кількістю та високою частотою дрібних стібків спостерігається ущільнення структури тканини. Такий спосіб оздоблення підвищує локальну жорсткість матеріалу, зменшує його розтяжність і деформацію під час експлуатації. Для верху взуття це є позитивним фактором, оскільки забезпечує кращу формостійкість деталей та підвищує стійкість до механічних навантажень. Водночас надмірна щільність вишивки (рис. 4 г) може знижувати гнучкість тканини та погіршувати повітропроникність, що впливає на комфортність взуття.

Орнаменти (рис. 4 б, в) з меншою частотою розташування стібків і більшими проміжками між ними менше змінюють початкову структуру конопляної тканини. У таких випадках матеріал зберігає природну еластичність, м'якість і здатність до повітрообміну. Однак недостатня кількість стібків не забезпечує достатнього зміцнення поверхні тканини, тому декоративний шар менш ефективно підвищує зносостійкість верху взуття.

Розмір стібка також має суттєвий вплив на якість матеріалу. Дрібні стібки (рис. 4 а, в) забезпечують рівномірний розподіл навантаження між нитками основи та підкання, завдяки чому зменшується ризик локального пошкодження тканини. Крім того, дрібна вишивка створює більш цілісну структуру поверхні та підвищує стійкість до стирання. Великі стібки (рис. 4 б, г) формують виразніший рельєф і декоративний ефект, однак можуть створювати локальні зони напруження, що при багаторазовому згинанні взуття здатне призводити до деформації або послаблення ниток тканини. Для сурової конопляної тканини, яка характеризується високою міцністю, але порівняно невеликою пластичністю, оптимальним є поєднання середньої щільності вишивки та помірного розміру стібка. Такий підхід дозволяє підвищити декоративність і зносостійкість матеріалу без суттєвого погіршення гнучкості та ергономічних властивостей верху взуття. Отже, варіювання кількості, частоти та розміру стібків є важливим технологічним чинником, що визначає не

лише естетичні характеристики вишивки, а й експлуатаційну якість конопляної тканини у виробках взуттєвого призначення.

Рисунок 5 демонструє варіанти оздоблення сурової конопляної тканини для верху взуття із різною щільністю та розміром стібка, виконаних по криволінійному контуру для підноска взуття. Представлені зразки дають можливість оцінити вплив параметрів вишивки на структурний стан тканини, її формостійкість та експлуатаційні характеристики.

У фрагменті рисунка 5 (а) спостерігається щільне розташування дрібних зигзагоподібних стібків. Такий тип вишивки забезпечує рівномірне закріплення краю тканини та створює додаткове ущільнення матеріалу вздовж контурної лінії. Для деталей верху взуття це має важливе значення, оскільки зменшується ризик осипання тканини, підвищується стійкість до стирання та покращується здатність матеріалу зберігати форму під час багаторазових згинань. Водночас висока щільність стібків локально підвищує жорсткість конопляної тканини, що може зменшувати її пластичність у зоні вигину.

Зразок (рис. 5 б) характеризується більшим розміром стібка та помірною щільністю їх розташування. Такий варіант створює менш жорстке закріплення тканини, завдяки чому верх взуття зберігає кращу гнучкість і комфортність при носінні. Разом із тим зменшується рівень армування матеріалу, тому стійкість до механічних навантажень і деформацій є нижчою порівняно зі щільною вишивкою.

У фрагменті на (рис. 5 в) показано найбільш розріджене розташування стібків із відносно великим кроком між елементами. Такий спосіб оздоблення практично не впливає на загальну м'якість і повітропроникність конопляної тканини, однак забезпечує менше зміцнення контурної ділянки. За умов експлуатації взуття це може призводити до швидшого зношування країв деталей, особливо в місцях постійного згинання та тертя.

Аналіз рисунка свідчить, що щільність і розмір стібка є важливими параметрами, які визначають баланс між декоративністю,

міцністю та ергономічністю матеріалу верху взуття. Для сурової конопляної тканини оптимальним є використання стібків середнього розміру із помірною щільністю, що дозволяє забезпечити достатнє

зміцнення конструкції без надмірного підвищення жорсткості матеріалу. Це сприяє підвищенню довговічності взуття та збереженню комфортних властивостей виробу під час експлуатації.

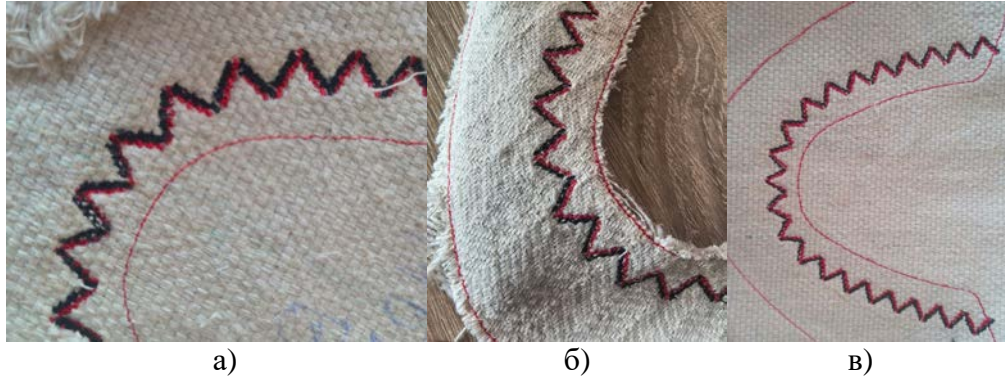


Рис. 5. Декоративна вишивка з різною щільністю і розміром стібка



Рис. 6. Розташування карти від напису. Шрифт, раціональний розмір, для читабельності та естетики

Рисунок 6 демонструє варіанти розташування декоративних елементів: контурного зображення карти та текстового напису, на суровій конопляній тканині, призначеній для виготовлення верху взуття. Основну увагу приділено впливу розміщення вишивки, розміру шрифту та щільності стібків на естетичні й експлуатаційні характеристики матеріалу.

У першому зразку (рис. 6 а) карта та напис розташовані на значній відстані один від одного, що забезпечує чітке візуальне розділення композиційних елементів. Така побудова сприяє кращій читабельності напису та зменшує локальне ущільнення тканини, оскільки навантаження від вишивки рівномірніше розподіляється по поверхні матеріалу. Для верху взуття це позитивно впливає на гнучкість деталей і знижує ризик утворення жорстких зон.

У фрагменті (рис. 6 б) спостерігається мінімалістичне розташування елементів із меншим розміром напису та меншою насиченістю вишивки. Такий підхід найменше впливає на початкову структуру тканини, зберігаючи її природну м'якість, повітропроникність і пластичність. Проте надто дрібний шрифт або недостатня щільність стібків можуть погіршувати читабельність напису та знижувати виразність декоративного оформлення. Важливим чинником є також розмір і щільність стібка, використаного для виконання напису та контурів. Дрібні та часті стібки забезпечують чіткість ліній і кращу деталізацію графічних елементів, але одночасно сильніше ущільнюють структуру тканини. Більші стібки формують м'якший вплив на матеріал, однак можуть знижувати точність контурів і естетичну виразність композиції.

Отже, аналіз наведених рисунків свідчить, що раціональне розташування декоративних елементів, оптимальний розмір шрифту та помірна щільність стібків є важливими умовами забезпечення як естетичної привабливості, так і належних експлуатаційних властивостей сурової конопляної тканини для верху взуття. Найбільш ефективним є композиційне рішення, за якого декоративні елементи рівномірно розподілені по поверхні матеріалу та не створюють надмірного локального ущільнення тканини.

Для більш обґрунтованого вибору раціональних параметрів декоративної вишивки та встановлення її впливу на експлуатаційні властивості текстильного взуття проведено порівняльний аналіз зразків із різним розміром стібків. Особливу увагу приділено оцінюванню змін у формостійкості, пластичності, зносостійкості та ергономічних характеристиках розробленого взуття з модифікованого конопляного волокна. Отримані результати узагальнено у вигляді таблиці 1, де наведено порівняння впливу різних розмірів стібків вишивки на основні споживні властивості виробів.

Таблиця 1

Дослідження впливу розмірів стібка вишивки на якість розробленого текстильного взуття

№ з/п	Властивість взуття	Розмір стібків вишивки	
		(3–5 мм)	(1–2 мм)
1	Стійкість вишивки до прання та механічних навантажень	Менша через більшу ймовірність деформації стібків. Швидше стирається на місцях вигину розробленого взуття.	Вища завдяки щільнішій структурі вишивки. Вишивка стійкіша до механічних впливів.
2	Пластичність	Зменшує пластичність конопляного текстилю.	Мінімально впливає на пластичність тканого полотна.
3	Чіткість малюнка	Менша деталізація, грубіший зовнішній вигляд. Підходить для простих орнаментів.	Висока деталізація, акуратний зовнішній вигляд. Дозволяє створювати складні, витончені візерунки.
4	Зручність носки взуття з вишивкою	Може спричинити дискомфорт через нерівності.	Гладка поверхня, комфортне носіння.
5	Відчуття ваги взуття	Менша через меншу кількість ниток.	Трохи більша через щільність стібків.
6	Рівномірність натягу тканого полотна та вишивки	В місцях вигину або натягу тканого полотна може швидше втрачати свою форму через заломы та пошкодження великими стібками. Через менш щільну структуру такі хрести гірше фіксують форму, що призводить до провисання чи втрати початкової форми.	Рівномірно розподіляють натяг тканого полотна, що краще зберігає форму, навіть при інтенсивних згинаннях. Зміцнюють ткане полотно, запобігаючи швидкому розтягуванню чи деформації.

Результати, наведені у таблиці 1, свідчать, що розмір стібків декоративної вишивки суттєво впливає на формостійкість, зносостійкість та ергономічні властивості розробленого текстильного взуття. Зокрема, встановлено, що дрібні стібки (1–2 мм) забезпечують більш рівномірне зміцнення структури конопляного тканого полотна, підвищують його стійкість до деформацій та сприяють збереженню початкової форми виробу під час експлуатації. Натомість збільшення розміру стібків (3–5 мм) призводить до зниження рівномірності навантаження на матеріал, появи локальних зон напруження та погіршення показників формостійкості.

З метою більш детального оцінювання впливу розміру стібків вишивки на комплекс споживних властивостей розробленого взуття проведено органолептичне дослідження експертами поверхні деталей крою з нанесеними орнаментами різної деталізації. Експертами здійснено бальну оцінку (за 5-бальною шкалою) таких показників, як стійкість вишивки до прання та механічних навантажень, пластичність тканого полотна верху, чіткість малюнка, зручність носіння, відчуття ваги взуття та рівномірність натягу тканини і вишивки. Рівень впливу кожного параметра на якість виробу оцінено в межах від «не має негативного впливу» до «суттєвий вплив», що дозволило кількісно

інтерпретувати якісні характеристики матеріалу. На основі отриманих експертних даних побудовано профілограму (рис. 7), яка наочно відображає порівняльний вплив різних розмірів стібків (1–2 мм та 3–5 мм) на комплекс споживних властивостей розробленого взуття. Побудовано профілограму,

що дозволила візуалізувати узагальнені результати оцінювання та визначити найбільш раціональні параметри декоративної вишивки для забезпечення оптимального поєднання формостійкості, ергономічності та естетичних характеристик виробів.



Рис. 7. Профілограма органолептичного дослідження якості тканого полотна верху взуття з вишивкою різною за розміром стібка

З профілограми (рис. 7) видно, що маленькі стібки вишивки (1–2 мм) краще впливають на споживні властивості розробленого конопляного взуття. Вишивка такого розміру покращує формостійкість тканого полотна верху взуття завдяки більш рівномірному зміцненню та збереженню пластичності, тоді як великі розміри стібків можуть знижувати формостійкість через локальні жорсткі зони та схильність до заломів. Плюс покращується естетичність та зносостійкість готових взуттєвих виробів. Спираючись на обґрунтовані висновки, для декорування тканого полотна верху розробленого взуття обрано розмір орнаментів вишивки від 1 мм до 2 мм. Варіація розмірів маленького стібка вишивки буде залежить від деталізації вишивки, її місця розташування та крою. В основному у декоруванні тканого полотна верху використано розмір стібка вишивки 1,8 мм.

З метою перевірки впливу застосованих параметрів декоративної вишивки на якісні показники тканини верху проведено оцінювання готового текстильного взуття. Розроблену модель конопляного взуття «Україна-Єдина!» з національною декоративною вишивкою наведено на рис. 8.

Розроблене конопляне взуття з декоративною національною вишивкою (рис. 8) пройшло перевірку в умовах виробництва з метою оцінювання його споживчих та експлуатаційних характеристик. У процесі дослідження аналізували естетичні показники виробу, зокрема якість виконання вишивки, виразність орнаменту, інтенсивність кольорової гами, поєднання вишивки з текстильним матеріалом та рівномірність натягу тканини. Окрему увагу приділено показникам надійності, а саме міцності швів, стійкості вишивки до зношування, здатності виробу зберігати форму, його гнучкості та

масі. Крім того, визначено ергономічні властивості взуття, серед яких досліджували вологопоглинання, стійкість текстильних

елементів до дії вологи та збереження кольору після прання. Узагальнені результати оцінювання наведено в таблиці 2.



Рис. 8. Конопляне взуття моделі «Україна-Єдина» з національною декоративною вишивкою

Таблиця 2

Оцінка якості текстильного взуття моделі «Україна-Єдина» з декоративною вишивкою

№ з/п	Властивість, од.вим.	Показник
<i>Естетичні властивості</i>		
1.	Якість вишивки	Стібок рівний, відсутність дефектів, обрив ниток відсутній.
2.	Чіткість малюнка	Чіткий.
3.	Насиченість кольорів	Насичені, ярко виражені.
4.	Гармонія тканого полотна з вишивкою	Національні орнаменти та їх кольорова гама гармонують на конопляному тканому полотні природних кольорів.
5.	Рівномірність натягу тканого полотна та вишивки	Відсутність зморшок та перекосу тканого полотна, вишивка рівномірна та функціонально розташована. Натяг вишивки та тканому полотні відсутній.
<i>Властивості надійності</i>		
1.	Міцність швів, Н	260
2.	Зносостійкість вишивки (стійкість кольору до зносу), бали (1–5)	5
3.	Розмір взуття	39
4.	Вага пари взуття, г	630
5.	Гнучкість, циклів	40500
6.	Загальна деформація задника, мм	ліва н/п 1,2 права н/п 1,1
7.	Залишкова деформація задника, мм	ліва н/п 0,2 права н/п 0,2
8.	Загальна деформація підноска, мм	ліва н/п 0,8 права н/п 0,9
9.	Залишкова деформація підноска, мм	ліва н/п 0,1 права н/п 0,1
<i>Ергономічні властивості</i>		
1.	Водостійкість текстильних елементів, мм вод. ст./с	1025
2.	Вологопоглинання за 30 хв, %	20
3.	Кольоростійкість під час прання, бали	5

За результатами оцінювання споживчих властивостей розробленого конопляного взуття з декоративною вишивкою (табл. 2)

встановлено, що виріб характеризується належними експлуатаційними та естетичними показниками. Дослідження показали

здатність взуття зберігати форму в процесі використання, при цьому залишкова деформація задника та підноски незначна і становить 0,1–0,2 мм. Декоративна вишивка гармонійно поєднується з фактурою конопляного тканого полотна, підсилюючи його натуральний зовнішній вигляд та виразність дизайнерського рішення. Орнамент і кольорове оформлення вишивки забезпечують естетичну привабливість моделі, а використані нитки характеризуються стійкістю до прання, оскільки після оброблення не спостерігалася втрата кольору чи линяння. Маса готового виробу відповідає встановленим нормативним вимогам. Показник вологопоглинання після 30 хв занурення у воду становить 20% від загальної маси, що підтверджує високі гігієнічні властивості матеріалу. Водночас поєднання конопляного волокна у структурі тканини, щільного переплетення та компактного розміщення елементів вишивки сприяло підвищенню водостійкості взуття, значення якої досягало 1025 мм вод. ст./с.

Висновки. У результаті проведених досліджень обґрунтовано доцільність використання сирового конопляного тканого полотна для виготовлення текстильного взуття з декоративною українською вишивкою. Використання необробленого конопляного матеріалу без вибілення та фарбування дозволило зберегти природні властивості волокна, забезпечити екологічність виробу та підвищити його гігієнічні характеристики. У роботі розроблено колекцію моделей текстильного взуття оздобленого вишивкою з використанням українських національних орнаментів, характерних для різних регіонів України, а також створено узагальнену модель «Україна-Єдина!». Встановлено, що застосування декоративної вишивки не лише підвищує естетичну привабливість виробів, а й позитивно впливає на окремі експлуатаційні властивості текстильного верху взуття.

Дослідження показали, що раціональне розміщення вишивки на деталях крою має важливе значення для забезпечення формостійкості та довговічності взуття. Найбільш ефективним є локальне нанесення орнаменту в зонах найбільшого механічного

навантаження, у ділянках підноски, задника та бічних частин. Такий підхід забезпечує одночасне виконання декоративної та зміцнювальної функцій вишивки без надмірного ущільнення матеріалу.

Встановлено, що параметри декоративної вишивки суттєво впливають на фізико-механічні, ергономічні та естетичні властивості конопляного тканого полотна. Зі збільшенням щільності та кількості стібків підвищується формостійкість і зносостійкість матеріалу, однак надмірне ущільнення погіршує пластичність і повітропроникність тканини. Орнаменти з меншою щільністю стібків краще зберігають природну м'якість і гнучкість матеріалу, але забезпечують нижчий рівень зміцнення поверхні. За результатами порівняльного аналізу встановлено, що найбільш раціональними для оздоблення текстильного взуття є дрібні стібки розміром 1–2 мм. Такий розмір забезпечує рівномірний розподіл навантаження між нитками тканини, сприяє збереженню формостійкості виробу, підвищує стійкість вишивки до стирання та забезпечує високу чіткість орнаменту. Великі стібки (3–5 мм) формують виразніший декоративний ефект, однак створюють локальні зони напруження, що може призводити до деформації тканини у процесі експлуатації.

Органолептична оцінка та побудована профілограма підтвердили переваги використання дрібних стібків для декоративного оздоблення конопляного взуття. Встановлено, що вишивка розміром 1–2 мм забезпечує оптимальне поєднання естетичності, ергономічності, гнучкості та експлуатаційної надійності виробу. Для виготовлення розроблених моделей рекомендовано застосовувати середній розмір стібка близько 1,8 мм залежно від складності орнаменту та конструкції деталей крою.

Проведене оцінювання готового взуття моделі «Україна-Єдина!» підтвердило високі показники якості виробу. Встановлено, що декоративна вишивка характеризується чіткістю малюнка, рівномірністю натягу та стійкістю кольору до прання й механічного впливу. Взуття зберігає форму в процесі експлуатації, а залишкова деформація задника та підноски не перевищує 0,1–

0,2 мм. Дослідження ергономічних властивостей показали, що розроблене взуття з деталями верху з конопляного текстильного матеріалу характеризується високими гігієнічними показниками. Вологопоглинання після 30 хв занурення у воду становило 20% від загальної маси, що свідчить про добрі вологообмінні властивості матеріалу. Водночас щільне переплетення конопляного полотна та компактне розташування елементів вишивки забезпечили високий рівень водостійкості – 1025 мм вод. ст./с.

Література

1. Бойко Г. А., Головенко Т. М., Максимченко Ю. О., Слущинський Є. О. Формування властивостей волокон технічних конопель придатних для виготовлення текстильного взуття. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2024. № 4 (91). С. 202–213. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.4.26>.
2. Вировець В.Г., Баранник В.Г., Гілязетдінов Р.Н. та ін. Коноплі: монографія. Суми : Видавничий будинок "Еллада". 2011. 384 с.
3. Vasile S., Vermeire S., Vandepitte K., Troch V., De Raeve A. Effect of Weave and Weft Type on Mechanical and Comfort Properties of Hemp–Linen Fabrics. *Materials*. 2024. Vol. 17, No. 7. Article 1650. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma17071650>.
4. Karaduman N. S. Experimental Investigation of the Effect of Weave Type on the Mechanical Properties of Woven Hemp Fabric/Epoxy Composites. *Journal of Composite Materials*. 2022. Vol. 56, No. 8. P. 1255–1265. DOI: <https://doi.org/10.1177/00219983221075416>.
5. Misnon M. I., Islam M. M., Epaarachchi J. A., Lau K. T. Analyses of Woven Hemp Fabric Characteristics for Composite Reinforcement. *Materials & Design*. 2015. Vol. 66, Part A. P. 82–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.10.037>.
6. Zhang H., Zhang L. M. Improving the Dyeing Properties and Softness of Hemp Fabric Using Chitosan and Epoxy Modified Silicone Oil. *Journal of the Textile Institute*. 2010. Vol. 101, No. 4. P. 325–331. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405000802435061>.
7. Corbin A. C., Soulat D., Ferreira M., Labanieh A. R., Abghary M. J. et al. Towards Hemp Fabrics for High-Performance Composites: Influence of Weave Pattern and Features. *Composites Part B: Engineering*. 2020. Vol. 181. Article 107582. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107582>.
8. Jovančić P., Jocić D., Molina R., Julia M. R. The Influence of Surface Modification on Related Functional Properties of Wool and Hemp. *Materials Science Forum*. 2007. Vol. 555. P. 525–530. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.494.283>.

Отримані результати підтверджують перспективність використання сурового конопляного тканого полотна та декоративної української вишивки у виробництві сучасного екологічного текстильного взуття. Розроблені технологічні рішення дозволяють забезпечити оптимальне поєднання естетичних, експлуатаційних та ергономічних властивостей виробів та можуть бути рекомендовані для подальшого впровадження у виробництво текстильного взуття на основі текстильних матеріалів з натуральних рослинних волокон.

References

1. Boiko, H. A., Holovenko, T. M., Maksymchenko, Yu. O., & Sluchynskiy, Ye. O. (2024). Formuvannya vlastyvostei volokon tekhnichnykh konopel prydatnykh dlia vyhotovlennia tekstylnoho vzuttia [Formation of properties of industrial hemp fibers suitable for textile footwear production]. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, 4(91), 202–213. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.4.26> [in Ukrainian].
2. Vyrovets, V. H., Barannyk, V. H., Hiliazetdinov, R. N. et al. (2011). *Konopli* [Hemp: monograph]. Sumy: Vydavnychiy budynok "Ellada". 384 p. [in Ukrainian].
3. Vasile, S., Vermeire, S., Vandepitte, K., Troch, V., & De Raeve, A. (2024). Effect of weave and weft type on mechanical and comfort properties of hemp–linen fabrics. *Materials*, 17(7), 1650. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma17071650>.
4. Karaduman, N. S. (2022). Experimental investigation of the effect of weave type on the mechanical properties of woven hemp fabric/epoxy composites. *Journal of Composite Materials*, 56(8), 1255–1265. DOI: <https://doi.org/10.1177/00219983221075416>.
5. Misnon, M. I., Islam, M. M., Epaarachchi, J. A., & Lau, K. T. (2015). Analyses of woven hemp fabric characteristics for composite reinforcement. *Materials & Design*, 66(A), 82–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.10.037>.
6. Zhang, H., & Zhang, L. M. (2010). Improving the dyeing properties and softness of hemp fabric using chitosan and epoxy modified silicone oil. *Journal of the Textile Institute*, 101 (4), 325–331. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405000802435061>.
7. Corbin, A. C., Soulat, D., Ferreira, M., Labanieh, A. R., Abghary, M. J. et al. (2020). Towards hemp fabrics for high-performance composites: Influence of weave pattern and features. *Composites Part B: Engineering*, 181, 107582. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107582>.
8. Jovančić, P., Jocić, D., Molina, R., & Julia, M. R. (2007). The influence of surface modification on related functional properties of wool and hemp. *Materials Science Forum*, 555, 525–530. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.494.283>.

9. Примаков О. А. Сучасне коноплярство: особливості, ефективність, перспективи. *Агро Еліта*. 2018. № 4 (63). С. 24–26.

10. Міщенко С. В., Мохера Ю. В. Наукове забезпечення розвитку коноплярства у XXI столітті: колективна монографія. Суми: ФОП Цьома С.П., 2024. 210 с. DOI: <https://doi.org/10.48096/monograph.2024>.

9. Prymakov, O. A. (2018). Suchasne konopliarstvo: osoblyvosti, efektyvnist, perspektyvy [Modern hemp growing: features, efficiency, prospects]. *Ahro Elita*, 4 (63), 24–26 [in Ukrainian].

10. Mishchenko, S. V., & Mokhera, Yu. V. (2024). *Naukove zabezpechennia rozvytku konopliarstva u XXI stolitti: kolektyvna monohrafiia* [Scientific support for hemp industry development in the 21st century: collective monograph]. Sumy: FOP Tsoma S. P. 210 p. DOI: <https://doi.org/10.48096/monograph.2024> [in Ukrainian].



«KyivTex&Fashion»

***Маємо честь запросити Вас до участі у
X Міжнародній конференції текстильних
та фешн технологій***

Дата проведення: 15 жовтня 2026 р.

**Місце проведення: Київський національний університет
технологій та дизайну (Україна, м. Київ, вул. Мала Шияновська (Не-
мировича-Данченка), 2, корпус 1, поверх 4, Зал Вченої Ради)**

Мета проведення: обмін науковими досягненнями в галузі текстильної та легкої промисловості та практичним досвідом застосування інноваційних розробок.

Основні напрями конференції:

- Проблеми та перспективи розвитку фешн-індустрії.
- Сучасні аспекти матеріалознавства та технологій в текстильній та фешн-індустрії.
- Інформаційні технології та інновації в текстильній та фешн-індустрії.
- Актуальні питання підготовки фахівців для індустрії моди.

Мови конференції: українська, англійська

e-mail: kyivtextfashion.knutd.edu.ua

ІНДУСТРІЯ МОДИ

Комп'ютерний набір та макетування КРИВОНОС Олена
Відповідальний редактор РЕДЬКО Яна
Відповідальний за поліграфічне виконання ОВЕЧКІНА Лілія

Підп. до друку 29.05.2026. Формат 60×84 1/8.
Ум. друк. арк. 8,82. Облік. вид. арк. 6,9. Наклад 100 пр. Зам. ____.

Видавець і виготовлювач Київський національний університет технологій та дизайну.
вул. Мала Шияновська, 2, м. Київ, 01011, Україна.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого ЗМІ:
Серія KB №23909-13749P від 19.04.2019 р.

Журнал зареєстровано як суб'єкт у сфері друкованих медіа – ідентифікатор R30-07201
(Рішення Національної Ради від 09.04.2024 р. №1033).

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 993 від 24.07.2002.

FASHION INDUSTRY

Computer Typesetting & Modeling KRYVONOS Olena
Executive Editor REDKO Yana
Responsible for printing OVECHKINA Liliia

Printing proof 29.05.2026. Format 60×84 1/8.
Conditional sheet 8.82. Calculated sheet 6.9. Circulation 100 copies. Order N ____.

KNUTD Instant Printing Department.
Mala Shyianovska Street, 2, Kyiv, 01011, Ukraine.

Certificate KB №23909-13749P від 19.04.2019 р.

Print media identifier R30-07201, 09.04.2026.

Certificate ДК № 993, 24.07.2002.