

**МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (УКРАЇНА)
ГУМАНІСТИЧНО-ПРИРОДНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ЯНА ДЛУГОША
В МІСТІ ЧЕНСТОХОВІ (ПОЛЬЩА)**

**ISSN (print) 2617-0833
ISSN (online) 2617-0841**

**Міжнародний науковий журнал
«ОСВІТА І НАУКА»**

**ПРИРОДНИЧІ ТА ТЕХНІЧНІ НАУКИ
ГУМАНІТАРНІ ТА СУСПІЛЬНІ НАУКИ
ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ**

Виходить два рази на рік

Випуск 1(40) 2026

МУКАЧЕВО-ЧЕНСТОХОВА

господарствах різних форм власності Львівського р-ну Львівської обл.

Список використаних джерел

1. Картопля. Практична енциклопедія / за ред. П. С. Теслиука, М. Ю. Власенка, М. Й. Шевчука. Луцьк, 2003. 300 с.
2. Картопля / за ред. В. В. Кононученка, М. Я. Молоцького. Біла Церква, 2002. Т. 1. 535 с.
3. Куценко В. С., Осипчук А. А. та ін. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве, 2002. 183 с.
4. Лхочвор В. В. Картопля. 3-є видання доп. і перероб. Львів: НВФ Укр. тех. 2003. 72 с.
5. Михайлик С., Смутьська І., Скубій О. Сортові ресурси та насінництво картоплі в Україні. Пропозиція. URL: <https://propozitsiya.com/articles/informatsiya/sortovi-resursy-ta-nasinnystvo-kartopli-v-ukrayini> (дата звернення: 31.03.2026)
6. Погорілий С. О., Полоцький М. Я. Технологія вирощування картоплі в Лісостепу України. Біла Церква, 2007. 163 с.

References

1. Tesliuk, P. S., Vlasenko, M. Yu. and Shevchuk, M. I. (Eds.) 2003. *Kartoplia [Potato]*. Lutsk.
2. Kononuchenko, V. V., and Molotskyi, M. Ya. (Eds.). 2002. *Kartoplia [Potato]*. Bila Tserkva.
3. Kutsenko, V. S., Osypchuk, A. A. et al. (Eds.). 2002. *Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia doslidzhen z kartopleiu [Methodological recommendations for conducting research with potatoes]*. Nemishaieva.
4. Lkhachvor, V. V. 2003. *Kartoplia [Potato]*. 3rd edn. Lviv: NVF Ukr. tekhn.
5. Mykhailyk, S., Smulska, I. and Skubii, O. 2026. *Sortovi resursy ta nasinnystvo kartopli v Ukraini [Varietal resources and potato seed production in Ukraine]*. <https://propozitsiya.com/articles/informatsiya/sortovi-resursy-ta-nasinnystvo-kartopli-v-ukrayini> (Accessed: 31 March 2026).
6. Pohoriliy, S. O. and Polotskyi, M. Ya. 2007. *Tekhnolohiia vyroshchuvannia kartopli v Lisostepu Ukrainy [Technology of potato cultivation in the Forest-Steppe of Ukraine]*. Bila Tserkva.

UDC 685.34.03(045)=162.1

WIELOWARSTWOWE MATERIAŁY WŁÓKIENNICZE POPRAWIAJĄCE KOMFORT UŻYTKOWANIA OBUWIA DO UŻYTKU W PRACY

Woźniak Bogusław, Kozar Oksana

The footwear has to protect our feet, but also give them the acceptable comfort of using. Specially this is the important feature for the safety footwear. This type of footwear is worn several hours non-stop, and during this time the inner conditions of microclimate can changing due to heat and humidity release from the foot. In the article the construction and materials using for safety shoes and their influence on wear conditions was discussed. It has been showed, that except natural leather, traditionally using as a material for uppers, also new kind of textiles, especially knitted materials, can be taken into consideration. The structure of those materials was shown. The main points of

production technology of footwear do not need to be changed.

Keywords: *safety footwear; wearing comfort; footwear microclimate; multilayer textile materials; knitted fabrics; natural leather; footwear upper; air permeability; moisture transport; footwear construction; footwear manufacturing technology; ergonomic properties.*

Najczęściej wierzch obuwia (cholewka) wykonywana jest ze skóry naturalnej lub syntetycznego materiału skóropodobnego. Podeszwy wykonywane są zwykle z termoplastycznych polimerów syntetycznych oraz gumy. Podpodeszwa w obuwiu może być wykonana z prasowanej masy celulozowej lub wtórnej skóry otrzymywanej przez połączenie lepiszczem zmielonych odpadów skórzanych. W niektórych rodzajach obuwia może to być też materiał włókienniczy. Materiały te cechują się dużą chłonnością wilgoci, a co za tym idzie dobrymi właściwościami higienicznymi. Podobnymi właściwościami powinien cechować się też materiał wyściółkowy, który musi jednak mieć lepsze właściwości mechaniczne (zwłaszcza odporność na ścieranie). Najczęściej na wyściółki stosowane są włókniny lub skóra naturalna. W czasie użytkowania obuwia w układzie wyściółka - podpodeszwa gromadzi się wilgoć wydzielana przez spód stopy. Podeszwa stanowi warstwę nieprzepuszczalną dla tej wilgoci.

Stosowane obecnie technologie obuwnicze, zarówno na etapie projektowania jak i wytwarzania obuwia, uwzględniają konieczność zapewnienia człowiekowi maksymalnej wygody użytkowania obuwia, przy spełnieniu jego funkcji ochronnej. Nowoczesne materiały, technologie ich łączenia, wykorzystanie wyników badań antropometrycznych stwarzają znaczne możliwości, aby produkowane obuwie cechowało się wysokim komfortem użytkowania. (1)

Budowa obuwia do użytku w pracy jest najczęściej bardziej złożona niż obuwia wyjściowego. Musi uwzględniać wymagania całego szeregu norm: PN-EN ISO 20344:2012 Środki ochrony indywidualnej - Metody badania obuwia, PN-EN ISO 20345:2012 Środki ochrony indywidualnej - Obuwie bezpieczne; PN-EN ISO 20346:2014-08 Środki ochrony indywidualnej - Obuwie ochronne; PN-EN ISO 20347:2012 Środki ochrony indywidualnej - obuwie zawodowe, a często także dodatkowe cechy, uwzględniające specyfikę konkretnego zawodu, np. strażaków(PN-EN

15 090:2012 *Obuwie dla strażaków) czy hutników* [PN-EN ISO 20349-1:2017-10](#) - *Środki ochrony indywidualnej - Obuwie chroniące przed zagrożeniami występującymi w hutnictwie i spawalnictwie - Część 1: Wymagania i metody badań dotyczące ochrony przed zagrożeniami w hutnictwie lub określone warunki pracy (np. w obecności różnych chemikaliów* PN-EN [13832-1:2018-11](#) *Obuwie chroniące przed substancjami chemicznymi - Część 1: Terminologia i metody badań* PN-EN 13832-2:2007 *Obuwie chroniące przed chemikaliami.) lub takich czynników jak elektryczność statyczna* [PN-EN IEC 61340-4-5:2018-09](#) *Elektryczność statyczna - Część 4-5: Znormalizowane metody badań do określonych zastosowań - Metody oceny skuteczności ochrony przed elektrycznością statyczną, zapewnianej przez obuwie i podłogę w układzie z udziałem człowieka.*

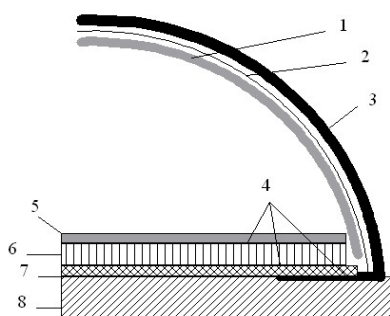
Wymienione normy nie tylko określają jakość całego obuwia, ale także rodzaje stosowanych materiałów na poszczególne elementy obuwia oraz ich właściwości, a także metody badania tych cech.

Obuwie do użytku w pracy przeznaczone jest bowiem do noszenia w ciągu długiego czasu - zwykle kilka godzin bez przerwy, przy czym warunki zewnętrzne są bardzo zróżnicowane, a stopa wykonuje wiele ruchów. Bardzo często konieczne jest zapewnienie właściwego izolowania od temperatur ujemnych (2). Zewnętrzne siły są zazwyczaj źródłem znacznych przeciążeń stawów. Nawet podczas normalnej aktywności wielkość działających na narząd ruchu sił może być znaczna. W czasie prawidłowego chodu, w momencie rozpoczynającego fazę podparcia kontaktu pięty z podłożem, siła przenoszona przez staw kolanowy przewyższa 3-4 razy ciężar ciała. Z kolei nadmierne ugięcie kolana w fazie podporu powoduje zwiększone obciążenie stawu rzepkowo-udowego przewyższające nawet dziesięciokrotnie ciężar ciała. Obciążenia te mogą wzrosnąć wielokrotnie w przypadku ciężkiej pracy.

W tym przypadku komfort użytkowania jest jeszcze trudniejszy do uzyskania, ale też jeszcze ważniejszy niż w obuwiu powszechnego użytku. Jest on rezultatem wielu różnych aspektów wynikających z funkcjonowania człowieka i rodzaju jego aktywności. W praktyce mówi się o dwóch rodzajach komfortu: mechanicznym i termicznym. O mechanicznym komforcie (wygoda noszenia obuwia, jego pasowność)

stanowi subiektywna ocena użytkownika, natomiast w przypadku komfortu termicznego niezbędne jest scharakteryzowanie mikroklimatu we wnętrzu obuwia. Określa się głównie takie parametry jak temperaturę i wilgotność. Mówi się o higieniczności obuwia i materiałów obuwniczych, czyli zdolności do zapewnienia użytkownikowi właściwego mikroklimatu w obuwiu podczas jego użytkowania. Są to ważne czynniki decydujących o ocenie jakościowej, funkcjonalności i przydatności wyrobu. Pojęcie komfortu (ewentualnie dyskomfortu) użytkowania obuwia jest trudne do zdefiniowania, jego ocena opiera się w zasadzie na subiektywnych odczuciach użytkowników. Przyjmuje się, że podstawową przyczyną odczucia dyskomfortu jest zbyt duży nacisk wywierany przez cholewkę i spód na nogi użytkownika lub nadmierna wilgotność i temperatura wewnątrz użytkowanego obuwia. (3,4,5) . Wilgotność i temperatura to parametry mikroklimatu, panującego wewnątrz obuwia, przy powierzchni stopy.

Utrzymanie właściwego mikroklimatu w obuwiu nie jest proste. Noga w obuwiu jest praktycznie ciągłym źródłem wilgoci i ciepła, które muszą być z odpowiednią prędkością odprowadzane z wnętrza obuwia. Mikroklimat w obuwiu mierzony jako funkcja temperatury i wilgotności w trakcie jego użytkowania jest od dawna przedmiotem badań. Zmierzenie i ustalenie właściwego mikroklimatu nie jest sprawą prostą. Użytkownicy obuwia mają indywidualne odczucia, stwierdzając wygodę obutej stopy. Od dawna podejmowane są próby ustalenia metod oceny i wskaźników. Najbardziej rozpowszechnione są metody badania higieniczności materiałów obuwniczych polegające na badaniu próbek materiałów: ocenia się takie parametry jak przepuszczalność pary wodnej, zdolności sorpcyjne (sorpcję i desorpcję pary wodnej oraz wody, czy właściwości przewodzenia ciepła (współczynnik przewodzenia ciepła bądź ochronę przed zimnem czy ciepłem).



Rys.1. Przekrój w części śródstopia obuwia montowanego systemem klejonym:

1 - podszewka, 2 - międzypodszewka, 3-wierzch, 4 – błona klejowa, 5,6 – wyściółka dwuwarstwowa, 7 podpodeszwa, 8 – podeszwa (spód) obuwia

Rzeczywiste uwarunkowania mikroklimatu wewnątrz obuwia

Zdolność ciągłego pochłaniania wilgoci i jej szybkiego wydalania jest ważną cechą materiałów stosowanych na wewnętrzne elementy obuwia. Wg pomiarów Heriolda, stopa w stanie spoczynku w temperaturze otoczenia 20°C wydziela przeciętnie 30g wilgoci na godzinę, a w temperaturze 30°C przeciętnie 50g na godzinę. Wg Mittona w trakcie chodzenia stopa wydziela średnio 60—70 g wilgoci na godzinę (6).

Produkcja potu przez stopę jest dość skomplikowana. Podeszwa stopy produkuje pot praktycznie stale. Szybkość produkcji potu przez podeszwę waha się od 5×10^{-4} do $22,0 \times 10^{-3} \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{s}$. Ilość wydzielanej wilgoci jest stymulowana czynnikami psychicznymi i praktycznie nie ma tu wpływu mechanizm termoregulacji ciepła ludzkiego ciała. Pozostała powierzchnia nogi w normalnych warunkach wytwarza pot z szybkością o 1-2 rzędy niższą, a wydzielanie potu jest stymulowane czynnikami termicznymi. Dopiero przy wzroście temperatury otoczenia do 30 – 33 °C i po upływie co najmniej 10 minut ilość wydzielanego potu wzrasta do wartości porównywalnej dla podpodeszwy stopy. Jednak w normalnych warunkach za wydzielanie potu w obuwiu odpowiedzialna jest głównie podeszwa stopy. Oznacza to też, że różne części obuwia są w różnym stopniu narażone na pot (6).

Podczas użytkowania obuwia ciepło i wilgoć produkowane przez stopę muszą być usuwane z wnętrza obuwia. Ciepło jest zwykle oddawane do otoczenia dzięki mechanizmowi przewodzenia, promieniowania i konwekcji, głównie przez cholewkę

(część ciepła przenika też do otoczenia w wyniku dyfuzji wilgoci przez materiał wierzchu). Część spodowa obuwia posiada zwykle dobre właściwości termoizolacyjne (gruba warstwa spodowa, w tym podpopdeszwa, wykonana najczęściej z polimeru syntetycznego cechuje się dużym oporem cieplnym). W przypadku wilgoci problem jest bardziej złożony. Pot wytwarzany pod stopa jest częściowo pochłaniany przez hydrofilowe warstwy spodu obuwia (np. wyściółka skórzana lub z materiału włókienniczego oraz podpodeszwa – wykonana z najczęściej z chłonnych materiałów celulozowych). Nadmiar wilgoci gromadzi się w górnej części obuwia, skąd jest usuwany drogą dyfuzji przez materiał cholewki lub wskutek naturalnej wentylacji przez górną część cholewki (co jest często bardzo utrudnione – np. przy mocnym zawiązaniu sznurówek). Ważną rolę odgrywają również właściwości sorpcyjne materiałów stosowanych na wewnętrzne elementy obuwia. Skuteczność przenikania wilgoci do otoczenia zależy również od zdolności oddawania wilgoci przez te materiały. Znaczenie ma też możliwość ruchu stopy wewnątrz obuwia – wymusza to obieg powietrza i wilgoci wewnątrz obuwia, wpływając na przebieg procesów wymiany ciepła i wilgoci z otoczeniem. Schematyczna budowa obuwia pokazana w przekroju na rysunku 3 wskazuje na istotną rolę materiałów stosowanych na podszewki obuwnicze i wyściółki. Odpowiednio dobrane, wielowarstwowe, mogą być "magazynem" wilgoci i umożliwiać jej przekazywanie do otoczenia. Zastosowanie nowoczesnych, wielowarstwowych materiałów konduktywno-dyfuzyjnych znacznie poprawi komfort użytkowania. (7,8). Rzeczywisty widok wnętrza obuwia z podszewką dzianinową przedstawiono na rysunku 4.



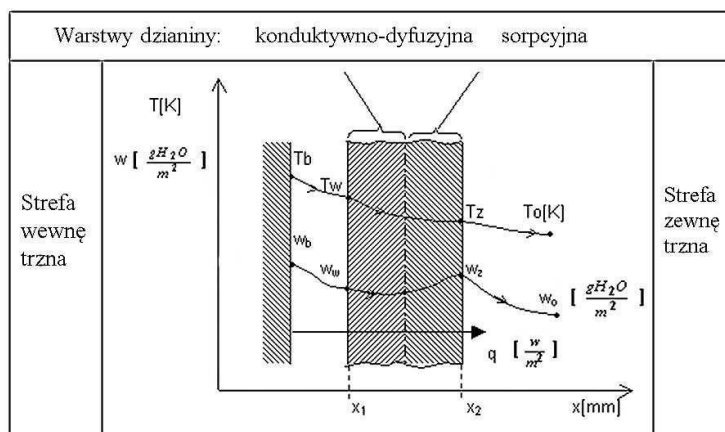
Rys 2. Fotografia wnętrza obuwia z podszewką dzianinową

W pracy (9) sformułowano poglądowy model transportu ciepła i wilgoci dla

systemu dzianina-człowiek.

Zgodnie z kanonem budowy dzianin o podwyższonych walorach biofizycznych w strukturze wyrobu występują dwie warstwy: konduktywno-dyfuzyjna i sorpcyjna.

Poglądowy model transportu ciepła i wilgoci dla systemu dzianina-człowiek przedstawia rysunek 5.



Rysunek. 3. Poglądowy model transportu ciepła i wilgoci dla systemu dzianina-człowiek

Strefy **otoczenie** – **dzianina** (odzież) – **ciało** scharakteryzowane są wg (9) następująco:

1) Strefa zewnętrzna (konwekcyjna) - otoczenie, którą określają:

temperatura T_o , wilgotność W_o , prędkość powietrza C_o [m/s], oraz w której funkcjonują znane równania konwekcji ciepła i masy:

$$q = \alpha_o (T_z - T_o) \quad (1.1)$$

$$K = \alpha_o (w_z - w_o) \quad (1.2)$$

gdzie:

q – strumień ciepła [W/m²]

α – współczynnik przejmowania ciepła [W/m²K]

K – gęstość strumienia masy [kg/m²s]

T_z – temperatura zewnętrzna dzianiny [K]

α – współczynnik przejmowania masy [m/s]

W – wilgotność [g H₂O/m²]

2) Strefa odzieży (dwuwarstwowej) konduktywno -sorpcyjna charakteryzująca się przestrzenną budową o określonej sieci kanalików prześwitów i porowatości, w której

funkcjonują prawa:

- przewodzenia ciepła Fouriera

$$q = - \lambda_t dT/dx \quad (1.3)$$

- dyfuzji masy Ficka

$$k = - D_t dw/dx \quad (1.4)$$

gdzie:

λ_t – współczynnik przewodzenia ciepła tekstyliów

(dzianiny)

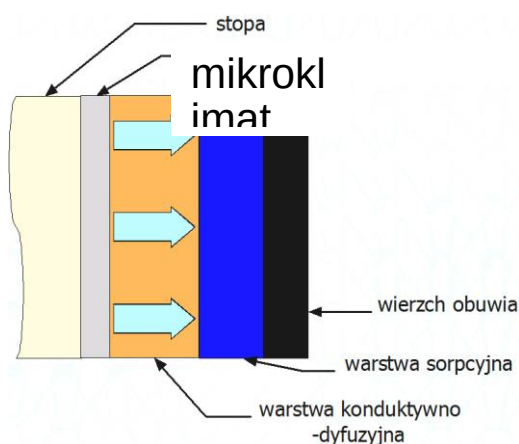
T - temperatura [K]

x – droga transportu ciepła i masy [m]

D_t – współczynnik dyfuzji molekularnej [m²/s]

Strefa wewnętrzna (biologiczna, pododzieżowa) – ciało - dzianina określona przez zmianę temperatury i wilgotności, jak również układem równań dyfuzyjnych analogicznych jak równania 1.1 – 1.4

Według autorów pracy, zasadnicze trudności związane z przewidywaniem własności biofizycznych dzianin dwuwarstwowych na podstawie modelu fenomenologicznego związane są z faktem jednoczesnego występowania w strukturze dzianin mieszaniny powietrza i wilgoci w postaci fazy ciekłej i parowej. W niestacjonarnych warunkach użytkowania zawartość wilgoci i powietrza w wyrobie przyjmuje różne wartości w zależności od intensywności wysiłku i warunków zewnętrznych a także cech metabolicznych organizmu. Z tego względu wyznaczone w/w wielkości empiryczne modelu, takie jak α , β , λ i D na podstawie badań eksperymentalnych mikroklimatu pododzieżowego i zewnętrznego dla poszczególnych obszarów mogą być jedynie miarę właściwości lokalnych stref transportu ciepła i wilgoci w układzie otoczenie - człowiek – odzież dla warunków w których pomiar został dokonany. Tak więc zastosowanie układów konduktywno-dyfuzyjnych sprowadza



się do przypadku pokazanego na rysunku 6

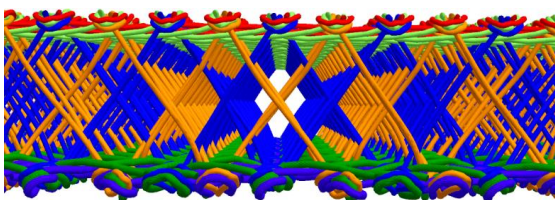
Rysunek 4. Odprowadzanie wilgoci z wnętrza obuwia przy zastosowaniu dzianin kondukcyjno-dyfuzyjnych.

Dzięki odpowiednio dobranej podszewce wykonanej z dzianiny wielowarstwowej kondukcyjno dyfuzyjnej, nowoczesnego materiału włókienniczego, możliwe jest znaczące poprawienie komfortu użytkowania obuwia. Występujące w tego rodzaju dzianinie warstwy spełniają różne funkcje. Warstwa kondukcyjno-dyfuzyjna odprowadza wilgoć od stopy, a warstwa sorpcyjna ją magazynuje i rozprasza poprzez wierzch obuwia.

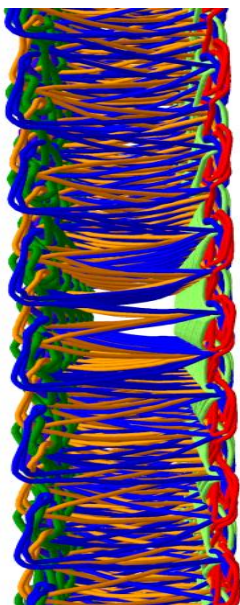
Rozwinięciem i uzupełnieniem stosowania nowoczesnych materiałów włókienniczych w obuwiu są wielowarstwowe dzianiny dystansowe (10). Są one zbudowane w ten sposób, że warstwy zewnętrzne połączone są włóknem monofilamentowym, nadającym dzianinie trwałą strukturę przestrzenną, zapewniającą sprężystość i elastyczność.



Rysunek 5. Fotografia dzianiny dystansowej



Rysunek 6a. Wizualizacja dzianiny dystansowej. Przekrój dzianiny wzdłuż rzędów



Rysunek 6b. Wizualizacja dzianiny dystansowej. Przekrój dzianiny wzdłuż kolumnienek

Znaczenie mikroklimatu w obuwiu dla samopoczucia człowieka

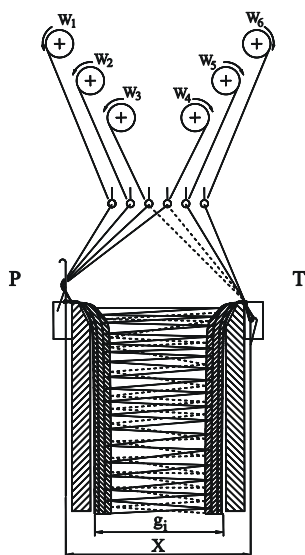
Wszystkie te dynamicznie zachodzące procesy wpływają na samopoczucie człowieka. Jest ono niezwykle ważnym elementem higieny pracy. W każdym wyrobie tekstylnym, noszonym przez człowieka, komfort użytkowania jest niezwykle istotny (11). Obuwie jest jednym z przykładów takiego wyrobu.

Stwierdzono, że przesycenie wnętrza obuwia parą wodną prowadzi do subiektywnego odczucia dyskomfortu, odczuwanego przez różne osoby z różną intensywnością (12). Ponadto nadmiar wilgoci może sprzyjać rozwojowi szkodliwych mikroorganizmów i w konsekwencji prowadzić do chorób stóp. Uczucie dyskomfortu u większości badanych osób wystąpiło przy wilgotności względnej wewnątrz obuwia przekraczającej 90%. Przy wzroście temperatury powierzchni ciała stóp powyżej 28°C 50 % badanych użytkowników deklaroowało odczucie pieczenia stóp i uczucie „gorąca”. Przy wilgotności względnej wewnątrz obuwia rzędu 60 – 80% RH wszystkie badane osoby czuły się podobnie i nie odczuwały dyskomfortu. Praktycznie w naszej strefie klimatycznej wilgotność względna we wnętrzu użytkowanego obuwia nie spada poniżej 60%. Natomiast za optymalną temperaturę ciała stóp przyjęto zakres 24 – 26°C.

Zastosowanie wielowarstwowych dzianin, jako elementów układu stopa - obuwie - otoczenie, wpływa korzystnie na funkcjonalność obuwia, a właściwy dobór tych elementów w zależności od rodzaju i warunków użytkowania obuwia, może być korygowany poprzez odpowiednią budowę dzianiny i surowce stosowane na poszczególne warstwy materiału i włókna z których są zbudowane. (13,14,15).

Nowoczesne wielowarstwowe materiały włókiennicze, dzianiny, mogą umożliwić uzyskanie nowej jakości materiałów wyściółkowych, o poprawionej zdolności amortyzowania mikrowstrząsów i rozkładu nacisków wytwarzanych przez stopę podczas chodu.

Dzianiny te wytwarzane są na maszynach osnowowych wyposażonych w dwa grzebienie igłowe P i T , które ustawione są względem siebie równoległe (rys. 1) [5]. Odległość x pomiędzy grzebieniami igłowymi może wynosić od 1,5 do 65 mm i określa ona grubość g wytwarzanej dzianiny tak, że $g \approx x$. Na osnowarkach dwugrzebieniowych najczęściej stosuje się sześć grzebieni igielnicowych, po dwa na każdą z warstw.

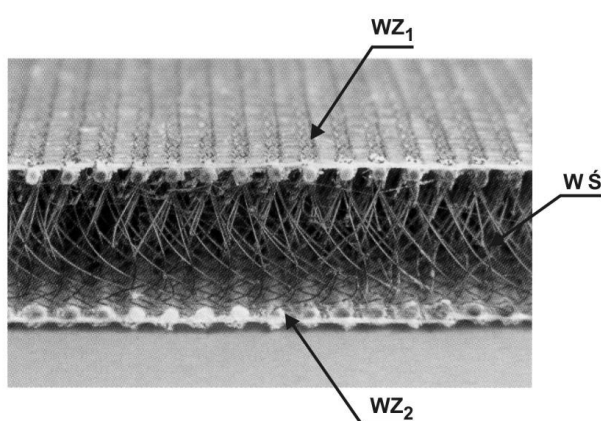


Rys 7. Technologia dzianin dystansowych kolumniekowych 3D

W literaturze przytaczane są różne struktury dzianin dystansowych 3D [16]. W zapisach splotu stosowane są metody zaczerpnięte z opisu splotów lewo-prawych i dwuprawych dzianin „płaskich”, które nie dają żadnych informacji na temat przestrzennej budowy dzianiny. Autorzy bazują na schematycznym rysunku zapisu

splotu na kropkach i krzyżykach, które odpowiadają przedniemu i tylnemu grzebieniowi igłowemu. Proponuje się metodę polegającą na opracowaniu karty graficznej służącej do projektowania struktury i splotów dzianin kolumniekowych dystansowych 3D. Karta ta uzupełniona została o przekroje poprzeczne wyrobu wzdłuż rzędów i kolumniek [17]. W literaturze pokazane są rysunki przestrzennej budowy fragmentów splotów dzianin wytwarzanych w postaci tzw. „rękawa”, stosowanego w przypadku wyrobów odpasowanych. Dzianiny dystansowe 3D są strukturami złożonymi zarówno w odniesieniu do odmiennej budowy warstw zewnętrznych, jak i warstwy wewnętrznej, co nie zostało dotychczas ujęte w metodach opisu budowy tej grupy dzianin. Powyższe fakty traktujące dzianinę dystansową kolumniekową 3D jako wyrób 2D skłoniły autorów niniejszej publikacji do opisu modelowego struktury dzianiny w układzie przestrzennym oraz do sformułowania założeń modelu hybrydowego zapisu graficznego jej splotów. Celem przedstawionego modelu jest możliwość określenia parametrów strukturalnych dzianin kolumniekowych dystansowych w ujęciu przestrzennej bryły. Parametry te i związki między nimi posłużą w metodyce projektowania własności wyrobów, w tym fizjologicznych i mechanicznych.

Najczęściej spotykane struktury dzianin dystansowych kolumniekowych 3D zbudowane są z trzech warstw: dwóch zewnętrznych wz_1 i wz_2 oraz warstwy wewnętrznej, środkowej, $wś$ (rys.10).



Rys.8. Dzianina dystansowa 3D, widok rzeczywisty, gdzie

wz_1 - warstwa zewnętrzna 1

wz_2 - warstwa zewnętrzna 2

wś - warstwa środkowa

Odległość między warstwami zewnętrznymi określa grubość g_i dzianiny dystansowej, która jest znacząco większa od grubości dzianin lewo-prawych (płaskich) wytwarzanych na klasycznych osnowarkach jednogrzebieniowych, tak że $g_i \gg g_{l-p}$. Warstwy zewnętrzne tworzone są przez oddzielne sploty lewo-prawe oraz oczka splotów dwuprawych. Między tymi oczkami przechodzą łączniki tworzące warstwę wewnętrzną. W przypadku struktur bardziej złożonych w warstwach wewnętrznych występują sploty wątków. Budowa warstw zewnętrznych wz_1 i wz_2 może być identyczna lub odmienna. Dobierając odpowiednio sztywność łączników monofilamentowych uzyska się wkładkę o odpowiedniej, programowanej sztywności i sprężystości. Warstwy zewnętrzne wyrobu w oparciu o budowę struktur lewo-prawych kolumniowych mogą być strukturami dzianin wieloigielnicowych ażurowych, gładkich, wątkowych, platerowanych, dwuigłowych, a także dzianin żakardowych barwnych i strukturalnych.

Do wytwarzania warstw zewnętrznych dzianin dystansowych stosowane są najczęściej przędze syntetyczne, lecz także wykorzystywane są przędze z włókien naturalnych. W przypadku wyrobów technicznych warstwa wewnętrzna zbudowana jest z nitek monofilamentowych poliamidowych lub poliestrowych, których masa liniowa najczęściej zawiera się w granicach od 22 do 87 dtex.

Dzianiny dystansowe 3D posiadają jednakową budowę geometrii oczek warstw zewnętrznych, czyli wysokość rządka oczek B oraz szerokość kolumnienki oczek A. Możliwe jest jednak stworzenie struktury dzianiny o zróżnicowanej budowie ze względu na geometrię rządków dzianiny, np. układ „pofałdowanej” płaszczyzny zewnętrznej wz_1 w stosunku do płaszczyzny „płaskiej” wz_2 . (18).

Zastosowanie nowoczesnych wielowarstwowych dzianin nie zmienia zasadniczo istniejących technologii montażu obuwia, choć konieczne jest z pewnością zmodyfikowanie rozkroju elementów, najkorzystniej poprzez wprowadzenia automatycznych ploterów tnących elementy dzianinowe. Proces produkcji będzie składał się z typowych operacji, przy czym uszyte na szwalni podszewki dzianinowe,

nakładane będą na kopyto maszyny formującej spód. Następnie nastąpi wtrysk materiału spodowego (PVC lub EVA), w sposób analogiczny jak obecnie. Nastąpi połączenie zastygającego materiału polimerowego z zewnętrzną warstwą dzianiny, bez przechodzenia polimeru do struktury dzianiny i bez osłabiania i redukowania jej właściwości sprężystych. Zachowanie przestrzennej struktury dzianiny po połączeniu z wtryskiwanym materiałem polimerowym zapewni odpowiednie właściwości amortyzujące i higieniczne, a więc zachowa podstawowe zalety stosowania wielowarstwowego materiału włókienniczego o budowie przestrzennej.

References

1. Mihai, A. 2013. TIED SHOE, a virtual community of practice for the footwear industry. *Leather and Footwear Journal* 13(4).
2. Kuklane, K. 2009. Protection of Feet in Cold Exposure. *Industrial Health* 47: 242–253.
3. Langmaier, F. 1990. Hygiena a komfort obuté nohy. *Kozarstvi* 40(12): 345–349.
4. Wilford, A. 2000. Footwear comfort. *World Footwear III/IV* 13(5): 37.
5. Tailby, S. Comfort footwear. *World Footwear III/IV* 11(2): 16.
6. Olejniczak, Z., and Woźniak, B. 2014. Higieniczność obuwia. *Technologia i Jakość Wytrobów* 59.
7. Colonna, M. 2014. Thermal behaviour of ski-boot liners: effect of materials on thermal comfort in real and simulated skiing conditions. *Procedia Engineering* 72: 386–391.
8. Shabaridharan, Study on heat and moisture vapour transmission characteristics through multilayered fabric ensembles. 2012. *Fibers and Polymers*.
9. Kowalski, K. 2004. Wpływ rodzaju surowca na parametry mikroklimatu pododzieżowego w niestacjonarnych warunkach użytkowania. *Materiały konferencyjne. 42nd Congress of the International Federation of Knitting Technologists*. Łódź.
10. Ališauskienė, D., and Mikučionienė D. 2012. Influence of the Rigid Element Area on the Compression Properties of Knitted Orthopaedic Supports. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 6A(95): 103–107.
11. Mikołajczyk, Z., Dembowski, M. 2004. Gradient temperatury ciała ludzkiego jako determinant zróżnicowanej ciepłochronności wyrobu dzianego. *Materiały konferencyjne. 42nd Congress of the International Federation of Knitting Technologists*. Łódź.
12. Bitlisli, B. 2013. Upper Leathers in Shoe Manufacturing. *Journal of Industrial Technology and Engineering* 2(07): 37–41.
13. Kyzymchuk, O., and Melnyk, L. 2018. Stretch properties of elastic knitted fabric with pillar stitch. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 1–10.
14. Freudenberg. <https://www.freudenberg-pm.com/markets/shoe>.
15. Patent US 2002/0034910. A1 Material for shoe insole and lining and method of making the same.
16. Szosland, J., and Mikołajczyk, A. 2000. Wirtualne modelowanie przestrzennych struktur dzianin o splotach podstawowych. *III Konferencja Naukowo – Techniczna. Knitt Tech 2000 nt. Nowe techniki i technologie w dziewiarstwie*. Jastrzębia Góra.
17. Zinovieva, V. A., Morozova, L. V., and Shlennikova, O. A. 2005. An integrated graphical method for designing the structure and pattern of warp-knitted fabrics. *Textile Industry Technology* 3: 79–82.



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>