

dr inż. WIESŁAWA KAMIŃSKA
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

W artykule omówiono kwestie związane z wyznaczeniem odporności obuwia na poślizg, a przede wszystkim zagadnienie symulacji poślizgu występującego w realnych warunkach użytkowania obuwia. Dokonano przeglądu metod i urządzeń stosowanych do pomiaru śliskości obuwia i powierzchni podłogowych. Przedstawiono metodę wyznaczania odporności obuwia na poślizg według PN-EN ISO 13287:2007 zharmonizowanej z dyrektywą 89/686/EWG.

Slip resistance of footwear – measurements and requirements

This paper discusses questions related to determining footwear slip resistance, especially the issue of simulation of slip occurring in actual conditions of footwear usage. The methods and testing devices for measuring footwear and floor slipperiness have been surveyed. A test method for footwear slip resistance, in accordance with PN-EN ISO 13287:2007 is presented.

Wstęp

Poślizg to jedna z głównych przyczyn urazów ciała u pieszych, zarówno podczas pracy, jak i poza nią. Według Głównego Urzędu Statystycznego liczba poszkodowanych w Polsce w wypadkach przy pracy spowodowanych poślizgiem, potknięciem i upadkiem stanowiła w 2006 roku 20,4% ogólnej liczby poszkodowanych, a w 2007 roku – 17,6% [1]. Ostatnie dane pochodzące ze Stanów Zjednoczonych, z Wielkiej Brytanii i ze Szwecji pokazują, że urazy powstałe w wyniku poślizgów, potknięć i upadków (w statystyce wypadków zdarzenia te są traktowane łącznie) stanowią 20 do 40% wszystkich urazów w miejscu pracy, powodujących niezdolność do pracy. Oszacowano, że poślizgnięcia stanowią przyczynę około 40-50% urazów związanych z upadkiem [2]. Poślizg stopy zakończony odzyskaniem równowagi może również prowadzić do urazów w wyniku nagłego, wysiłkowego ruchu i nieoczekiwanego obciążenia różnych części ciała, np. kręgosłupa. Z uwagi na wysokie koszty ponoszone z tytułu urazów, absencji chorobowej, a nawet wypadków śmiertelnych oraz wypłacanych odszkodowań, wypadki spowodowane poślizgiem stanowią poważny problem społeczny i ekonomiczny.

Odporność obuwia na poślizg – badanie i wymagania

Poślizg – „nagła utrata przyczepności, często w warunkach płynnych lub stałych zanieczyszczeń, powodująca ślizganie się stopy po powierzchni wskutek mniejszego współczynnika tarcia niż wartość konieczna w danym momencie” [3].

Zjawisko poślizgu jest związane przede wszystkim z wzajemnymi oddziaływaniami między powierzchnią podłoża i podeszwą. Spośród czynników wewnętrznych (indywidualnych) związanych z mechanizmami działającymi w organizmie ludzkim, wpływ na powstawanie i przebieg poślizgu mogą mieć: stan zdrowia, wiek, zła ocena sytuacji, brak adaptacji do śliskości powierzchni, skłonność do wykonywania niebezpiecznych działań, rozproszenie uwagi, nieprawidłowe postrzeganie zmian w środowisku zewnętrznym, występowanie różnych chorób, np. zaburzenia układu przedsionkowego, obwodowej dysfunkcji nerwowo-mięśniowej, przemęczenia. Poślizg może być również związany z czynnikami zewnętrznymi, które zakłócają normalny chód człowieka. Poza niekorzystnymi właściwościami podłoża i obuwia, można do nich zaliczyć niewystarczające oświetlenie, przenoszenie i przesuwanie ciężarów, pośpiech itp.

Zapewnienie obiektywnych kryteriów oceny odporności obuwia i materiałów podłogowych na poślizg oraz niezawodnej i wiarygodnej metody wyznaczania tej odporności, uwzględniającej zarówno bio-

mechanikę chodu, jak i warunki użytkowania obuwia oraz powierzchni podłoża, mają duże znaczenie dla doskonalenia działań prewencyjnych, zmierzających do ograniczenia wypadkowości związanej z poślizgiem.

Metody wyznaczania odporności obuwia na poślizg

Najstarsze i najbardziej rozpowszechnione metody wyznaczania odporności obuwia na poślizg wykorzystują zasadę równi pochyłej, przy czym wyróżnia się dwa sposoby postępowania. Według pierwszego sposobu próbkę materiału podeszwowego lub całą podeszwę umieszcza się na pochyłej powierzchni o zmieniającym się kącie nachylenia i określa kąt, przy którym próbka zaczyna się zsuwać. Drugi sposób polega na chodzeniu wybranych osób w testowanym obuwiu po powierzchni o coraz większym kącie nachylenia α , pokrytej określonym materiałem zwilżonym środkiem zwiększającym poślizg, aż do momentu odczucia niepewności chodu. Maksymalny kąt α , przy którym chodzenie jest jeszcze pewne, jest określany jako tzw. kąt akceptowalny. Kąt ten jest przyjmowany jako miara odporności obuwia na poślizg.

Na przestrzeni ostatnich lat metody badania odporności obuwia na poślizg i aparatura pomiarowa były doskonalone, co miało na celu przybliżenie warunków pomiaru do występujących podczas użytkowania obuwia.



Fot. Stanowisko do wyznaczania odporności obuwia na poślizg zbudowane w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym
 Photo. A stand for testing footwear slip resistance built in the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute

Doprowadziło to między innymi do opracowania PN-EN ISO 13287:2007 [4] zharmonizowanej z dyrektywą 89/686/EWG [5], w której podano standardową metodę wyznaczania odporności obuwia na poślizg. Zasada tej metody jest następująca: półparę obuwia umieszcza się na płaskim podłożu, poddaje się ją działaniu siły normalnej i przesuwają poziomo względem podłoża lub przesuwają się podłożem poziomo względem półpary obuwia. Mierzy się siłę tarcia i oblicza dynamiczny współczynnik tarcia.

Według wymagań PN-EN ISO 13287:2007 stanowisko badawcze powinno składać się z następujących, podstawowych zespołów:

- mechanizmu do opuszczania półpary obuwia na powierzchnię i przykładania wymaganej siły normalnej w określonym czasie
- urządzenia do mierzenia siły normalnej wywieranej na półparę obuwia
- mechanizmu do wywoływania ruchu pomiędzy obuwem i podłożem w określonym czasie i z określoną prędkością
- urządzenia do mierzenia siły tarcia, połączonego z obuwem lub podłożem.

Na fotografii przedstawiono stanowisko do wyznaczania odporności obuwia na poślizg spełniające wymagania tej normy, zbudowane w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym.

W normie zaproponowano dwie różne kombinacje podłoża – środek smary, mające odniesienie do zabrudzonych powierzchni,

spotykanych najczęściej w warunkach przemysłowych. Płyta ze stali szlachetnej o średniej chropowatości R_z mieszczącej się w zakresie od 1,6 do 2,5 μm , pokryta wodnym roztworem glicerolu o lepkości równej $(0,2 \pm 0,1)$ Pa·s oraz prasowana płyta ceramiczna o średniej chropowatości R_z zawartej między 14 a 18 μm , pokryta wodnym roztworem detergentu (laurylosiarczanu sodu) są odpowiednio przykładami układów: gładkie podłoża – ciecz o dużej lepkości oraz chropowate podłoża – ciecz o małej lepkości. Wiadomo, że najbardziej krytycznym środkiem poślizgowym jest olej, a jeśli chodzi o podłoża – stal.

Do krytycznego kontaktu podeszwy obuwia ze środkami smarnymi o dużej lepkości, wpływającymi niekorzystnie na poziom tarcia, do których zalicza się oleje i smary, może dochodzić na wielu stanowiskach pracy, np. w zakładach budowy maszyn, gastronomii, przy pracach instalacyjnych czy w budownictwie. Zastosowanie w zaproponowanej metodzie badawczej roztworu glicerolu – mającego podobną charakterystykę lepkościową co oleje – jest bardziej korzystne, jeśli weźmie się pod uwagę szczególną szkodliwość olejów mineralnych oraz względy higieniczne. Dodatkową zaletą glicerolu jako środka smarnego jest możliwość precyzyjnej regulacji lepkości przez dodanie odpowiedniej ilości wody. Na korzyść wynikającą z zastosowania glicerolu w miejsce np. oleju napędowego przemawia także to, że ten ostatni mógłby zmieniać niektóre materiały

podeszwe, które nie są przeznaczone do stosowania na powierzchniach zaolejonych (dotyczy to większości podeszew w obuwiu zawodowym), co mogłoby wpłynąć negatywnie na wyniki pomiaru.

Oprócz wymienionych dwóch płyt stanowiących podłoża, w skład wyposażenia dodatkowego powinny wchodzić kopyta szwenske, odpowiadające różnym wielkościom obuwia oraz dwie sztuczne stopy, z których jedna ma wymiary odpowiednie dla obuwia nr 40 według numeracji francuskiej i większego, zaś druga – wymiary odpowiednie dla obuwia o numerze mniejszym niż 40. Sprzęt ten służy do podtrzymania badanej półpary obuwia.

Obuwie może być badane według trzech trybów (rys. 1., str. 18.):

- Tryb I – Poślizg obcasa do przodu przy zetknięciu pod kątem
 - Tryb II – Poślizg przedstopia do tyłu
 - Tryb III – Poślizg w położeniu płaskim do przodu,
- przy czym tryby I i III są traktowane jako obowiązujące.

Tryb I, w którym jedynie tylna część obcasa styka się z podłożem, odwzorowuje poślizg stopy w najbardziej krytycznej fazie chodu człowieka, gdy stopa jest w trakcie przejmowania ciężaru ciała. Tryb II symuluje poślizg stopy do tyłu, występujący tuż przed oderwaniem palców od podłoża. Oddzielna ocena obcasa (tryb I) i przedstopia (tryb II) może być przydatna szczególnie wtedy, gdy te części obuwia są wykonane z różnych

materiałów lub różnią się rzeźbą bieżnika. Tryb III odnosi się do sytuacji, gdy obcas i przedstopie stykają się z podłożem jednocześnie. Podczas wykonywania badań według trybów I i II kąt styczności pomiędzy obuwem a podłożem powinien wynosić $7,0 \pm 0,5^\circ$.

Zapewnienie tych parametrów i konieczność dokładnego ich monitorowania wymaga komputerowego sterowania aparaturą badawczą.

Wymagania dotyczące odporności obuwia na poślizg

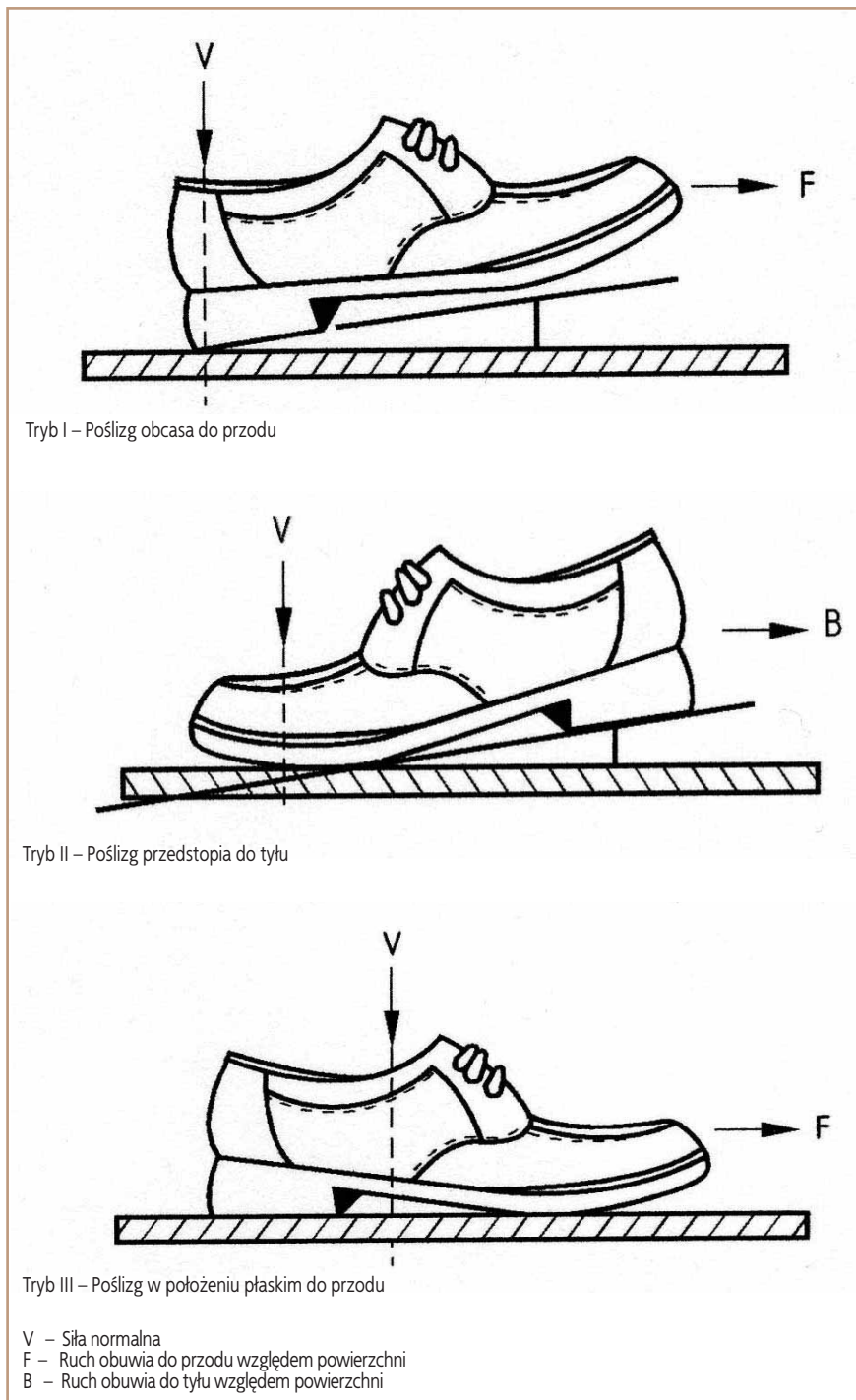
Najbardziej krytycznymi parametrami biomechanicznymi podczas wypadków związanych z poślizgiem są oddziaływania sił między obuwem a podłożem. Siły reakcji podłoża w miejscu stawiania pięty i siły przeciwne określają, czy dana sytuacja jest potencjalnie niebezpieczna i może prowadzić do poślizgu. Do poślizgu może dojść, gdy stosunek składowych siły nacisku stopy na podłoże, poziomej (F_H) i pionowej (F_V), przekracza stosunek siły tarcia (F_μ) na styku obuwie – podłoże do siły normalnej (F_N), prostopadłej do powierzchni podłoża.

Przy równowadze sił minimalny współczynnik tarcia (μ_{\min}) jest określony równaniem:

$$\mu_{\min} = \frac{F_\mu}{F_N} = \frac{F_H}{F_V}$$

gdzie pierwszy stosunek oznacza mierzony, tzw. „dostępny” współczynnik tarcia na styku obuwie – podłoże, zaś drugi – stosunek sił reakcji podłoża podczas chodu. Stosunek sił F_H / F_V nazwano „wymaganym” współczynnikiem tarcia w odniesieniu do powierzchni nie powodującej poślizgu, gdy stopa jest nieruchoma w stosunku do podłoża i „wykorzystywanym” współczynnikiem tarcia, gdy ruch może występować [6]. Tarcie wymagane jest konieczne do bezpiecznego chodu. Z definicji wynika, że wykorzystywane tarcie jest mniejsze lub równe wymaganemu. Aby zapobiec poślizgowi, siła tarcia powinna być co najmniej tak duża, jak składnik poziomy siły wywieranej przez stopę na podłoże.

Badania biomechaniczne chodu wykonane przez Perkinsa [7] wykazały, że największa wartość stosunku poziomego i pionowego składnika siły reakcji podłoża w miejscu stawiania obcasa wynosi około 0,28, co sugeruje, że wartość ta powinna być przyjęta jako minimalna dla wymaganego współczynnika tarcia. Strandberg i Lanshammar [8] mierzyli



Rys. 1. Trzy tryby badania odporności obuwia na poślizg ze wskazaniem linii działania siły normalnej względem obszaru kontaktu podeszwy-podłoże [4]

Fig. 1. Three test modes for testing footwear slip resistance showing a line of action of the normal force with respect to the sole-floor contact area [4]

maksymalne tarcie wykorzystywane podczas około 0,1 s po zetknięciu pięty z podłożem. Wartość maksymalna wynosiła średnio 0,17, gdy poślizg nie występował, 0,13 – gdy osoba nie była świadoma ruchu poślizgowo-

wego i odzyskiwanej równowagi oraz 0,07 – gdy poślizg kończył się upadkiem.

Opierając się na wynikach prac Strandberga i Lanshammara, Grönqvist i współ. [9] dokonali następującej klasyfikacji układów:

obuwie – środek smarny – podłoże pod względem odporności na poślizg w zależności od zmierzonej wartości dynamicznego współczynnika tarcia:

- $\geq 0,30$ – o bardzo dużej odporności na poślizg
- od 0,20 do 0,29 – odporne na poślizg
- od 0,15 do 0,19 – niepewne
- od 0,05 do 0,14 – śliskie
- $< 0,05$ – bardzo śliskie.

Zmiany do norm zharmonizowanych EN ISO 20345:2004, EN ISO 20346:2004, EN ISO 20347:2004 (PN-EN ISO 20345:2007, PN-EN ISO 20346:2007, PN-EN ISO 20347:2007 [10]) zawierają wymagania dotyczące wartości dynamicznego współczynnika tarcia w odniesieniu do obuwia, wyznaczonej zgodnie z metodą określoną w EN ISO 13287:2007 (PN-EN ISO 13287:2007 [4]). Wymagane warunki badania i wartości dynamicznego współczynnika tarcia podano w tabeli.

Czynniki określające odporność obuwia na poślizg

Głównymi czynnikami określającymi odporność obuwia na poślizg są: skład chemiczny i struktura materiału podeszwy (rodzaj polimeru, rodzaj i ilość napelnaczy i zmiękczaczy oraz różnych dodatków, gęstość usieciowania itp.), właściwości fizyczne tego materiału (chropowatość, twardość, gęstość, elastyczność, stopień zużycia) oraz urzeźbienie i krzywizna podeszwy. Na odporność obuwia na poślizg wpływają ponadto jego ciężar, elastyczność, wysokość, położenie środka ciężkości, dopasowanie do stopy itp.

Podeszwy przeznaczone do obuwia użytkowanego w pracy są wytwarzane z wulkanizowanego kauczuku styrenowo-butadienowego, chloroprenowego lub butadienowo-akrylonitrylowego (kauczuk nitrylowy), poliuretanu, polichlorku winylu lub mieszanek polichlorek winylu/kauczuk nitrylowy oraz kauczków termoplastycznych. Każdy z tych materiałów może być uzyskany w formie litej lub porowatej. Poszczególne materiały podeszwowe charakteryzują się odmiennymi właściwościami tarcyjnymi. Z literatury przedmiotu wynika, że autorzy wyrażają dość rozbieżne opinie o przydatności różnych materiałów podeszwowych. Tisserand i współ. [11] uważają, że gumy na bazie kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego i chloroprenowego

Tabela

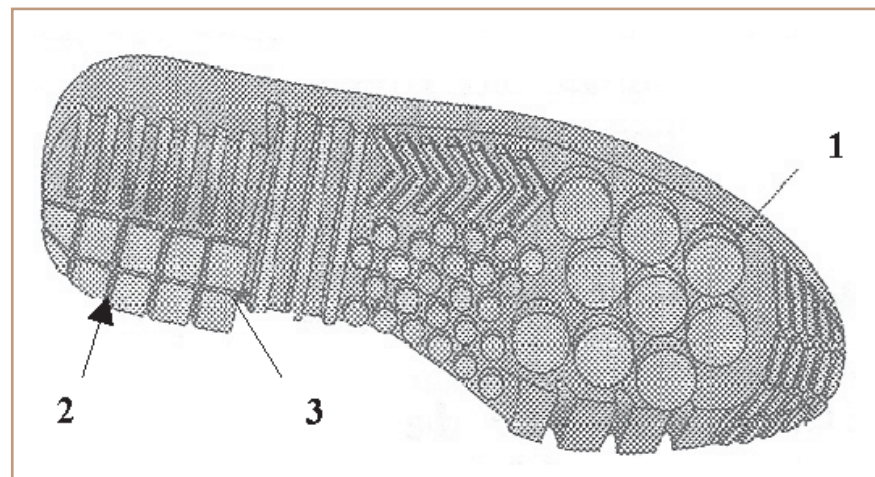
WYMAGANIA DOTYCZĄCE ODPORNOŚCI OBUWIA NA POŚLIZG NA PODŁOŻU Z PŁYTY CERAMICZNEJ POKRYTYM WODNYM ROZTWOREM LAURYLOSIARCZANU SODU ORAZ NA PODŁOŻU ZE STALI POKRYTYM ROZTWOREM GLICEROLU [10]

Requirements for slip resistance of footwear on a ceramic board surface covered with sodium lauryl sulfate solution as well as on a steel surface covered with a glycerol solution [10].

Wariant	Podłoże	Środek smarny	Pozycja obuwia	Wymagana wartość współczynnika tarcia
A	prasowana płyta ceramiczna	roztwór detergentu (laurylosiarczan sodu w ilości wyrażonej ułamkiem masowym równym 0,5% w wodzie)	poślizg obcasa do przodu przy zetknięciu pod kątem	nie mniej niż 0,28
B			poślizg w położeniu płaskim do przodu	nie mniej niż 0,32
C	płyta ze stali nierdzewnej	glicerol, roztwór wodny o lepkości (0,2 ± 0,1) Pa·s	poślizg obcasa do przodu przy zetknięciu pod kątem	nie mniej niż 0,13
D			poślizg w położeniu płaskim do przodu	nie mniej niż 0,18

pozwalają na stosunkowo łatwe uzyskanie dużych wartości współczynnika tarcia dynamicznego. Podobne zdanie na temat kauczuku nitrylowego wyraża Skiba [12]. Większe współczynniki tarcia można uzyskać także w przypadku poliuretanów, jeśli dobierze się odpowiedni system wytwarzania [11]. Ogólnie jednak uważa się, że gumy przewyższają poliuretany pod względem przyczepności, szczególnie na mokrych lub oblodzonych nawierzchniach [13]. Bardzo trudno jest uzyskać wysokie wskaźniki odporności na poślizg w przypadku polichlorku winylu [11].

Istotnym czynnikiem określającym odporność obuwia na poślizg jest twardość materiału podeszwy, zależna od jego składu chemicznego. Ogólnie im twardszy materiał, tym większa możliwość poślizgu, jakkolwiek w pewnych okolicznościach bardzo miękkie materiały mogą się zachowywać niekorzystnie na gładkich, mokrych podłożach [14]. Bardziej miękkie podeszwy dają większy współczynnik tarcia, ponieważ mikroskopijne chropowatości powierzchni podłoża mają możliwość zagłębienia się w materiał podeszwy, co zwiększa powierzchnię kontaktu i przyleganie podeszwy do podłoża. Korzystny wpływ na właściwości użytkowe



Rys. 2. Cechy dobrego wzoru urzeźbienia bieżnika [16]: 1 – krawędzie czołowe we wszystkich kierunkach; 2 – szerokość kanału minimum 2 mm; 3 – kwadratowy front obcasa (działa jak krawędź czołowa)

Fig. 2. Features of a good tread pattern design [16]: 1 – leading edges in all directions; 2 – channel width 2 mm minimum; 3 – square heel breast (acts like a leading edge)

obuwia, w tym odporność na poślizg, ma stosowanie podeszew o dwóch gęstościach, w których bardziej miękka, mikrokomórkowa międzypodeszwa znajduje się powyżej zewnętrznej litej powierzchni kontaktującej się z podłożem. Międzypodeszwa dostosowuje się do podłoża i zwiększa powierzchnię kontaktu z podłożem.

Chropowatość powierzchni podłoża i podeszwy ma znaczący wpływ na tarcie oraz odporność na poślizg, zwłaszcza gdy na styku obuwiu – podłożu są zanieczyszczenia ciekłe lub stałe. Im większa chropowatość powierzchni, tym większy współczynnik tarcia. W wielu przypadkach zaleca się stosowanie materiałów podeszgowych o strukturze mikrokomórkowej (porowatej), co zapewnia chropowatość powierzchni podeszwy przez cały okres użytkowania obuwiu.

Na suchych, gładkich powierzchniach wzór bieżnika podeszwy nie odgrywa dużej roli w zapewnieniu tarcia. Miękka, gładka podeszwa o dużej, widocznej powierzchni kontaktu zapewnia na suchym, gładkim podłożu lub na twardym lodzie lepszą przyczepność niż podeszwa urzeźbiona. Również na podłożach zaolejonych wpływ urzeźbienia bieżnika może być nieznaczny. Perkins i Wilson [15] uważają, że na gładkich, zaolejonych powierzchniach większość materiałów podeszgowych charakteryzuje się małą odpornością na poślizg i nawet dobre przeciwpoślizgowe urzeźbienie nie poprawia właściwości podeszew. Odpowiedni wzór bieżnika podeszew ma natomiast kluczowe znaczenie dla zapewnienia dużej ich odporności na poślizg na mokrych podłożach [14, 16]. Działanie bieżnika przerywa warstewkę wody i odprowadza zanieczyszczenia, tym samym zapobiegając zjawiskom hydroplaningu i poślizgu. Podobnie jak w przypadku opon w pojazdach, nie ma jednego wzoru, najlepszego lub odpowiedniego do wszystkich warunków.

Według Abbotta i George'a [16] efektywny wzór bieżnika powinien charakteryzować się wyraźnie zaznaczonymi krawędziami, otwartymi kanałami między występami urzeźbienia o objętości zapewniającej odpowiedni drenaż oraz płaskimi, gładkimi powierzchniami nośnymi na występach urzeźbienia (rys. 2. – str. 23.). Deseń na powierzchni występów nie powinien być traktowany jako zamiennik wzoru bieżnika. Zmniejsza on bowiem rzeczywistą powierzchnię kontaktu między podeszwą a podłożem oraz zatrzymuje ciecz w małych zagłębieniach, co powoduje spadek tarcia.

Mając na uwadze powyższe zalecenia, producent podeszew powinien także zapewnić odpowiednią grubość podeszwy narażonej na zużycie, tak aby efektywność wzoru bieżnika utrzymywała się na możliwie stałym poziomie w ciągu całego okresu użytkowania obuwiu. W przypadku niektórych materiałów producent powinien pamiętać o ryzyku pęknięcia podeszew na skutek zginania. Tylna część obcasa, która stanowi obszar krytyczny, powinna być zaokrąglona lub ścięta. Wskazane jest zaopatrzenie fragmentu tylnej części obcasa w drobne urzeźbienie, które powinno być zorientowane w kierunku prostopadłym do wzdłużnej osi podeszwy.

Istnieje ścisły związek między odpornością na zużycie materiałów podeszgowych a wartością współczynnika tarcia oraz zmianami tego współczynnika w czasie eksploatacji obuwiu. Efektywna ochrona przed poślizgiem może się wiązać z pogorszeniem trwałości podeszew. W miarę noszenia obuwiu, twardsze materiały podeszwy, np. polichlorek winylu, mają tendencję do ulegania polerowaniu, co wpływa niekorzystnie na odporność obuwiu na poślizg. Z kolei bardziej miękkie materiały podeszwy, w tym guma i poliuretan, ulegają zazwyczaj ścieraniu podczas noszenia. Lekko i średnio znoszone obuwie ma często większy współczynnik tarcia niż obuwie nowe – odporność obuwiu na poślizg zaczyna się stopniowo zmniejszać po około czterech miesiącach użytkowania.

Podsumowanie

Stosowanie znormalizowanej metody wyznaczania odporności na poślizg umożliwia wykonywanie pomiarów w jednakowych standardowych warunkach, a w rezultacie zapewnia otrzymywanie wiarygodnych i porównywalnych wyników, co ma istotne znaczenie w praktyce.

Bardzo duża liczba różnorodnych czynników materiałowych i konstrukcyjnych obuwiu sprawia, że nie ma jednej uniwersalnej metody poprawy jego odporności na poślizg. Producent obuwiu musi często znaleźć kompromis pomiędzy dużą liczbą często przeciwstawnych czynników. Należy się liczyć także z tym, że poprawa odporności na poślizg może spowodować pogorszenie innych parametrów. Szczególnie wyraźnie dotyczy to odporności podeszew na zużycie, które maleje, gdy odporność na poślizg wzrasta.

Praktyczne rozwiązania należy podejmować przy ścisłej współpracy specjalistów w zakresie materiałów, konstruktorów obuwiu i jego użytkowników.

PIŚMIENNICTWO

- [1] *Wypadki przy pracy w 2006 r.*, GUS, Departament Statystyki Społecznej, Warszawa 2007. http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PUBL_wypadki_przy_pracy_2006.pdf; *Wypadki przy pracy w 2007 r.*, GUS, Departament Statystyki Społecznej, Warszawa 2008. http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PUBL_wypadki_przy_pracy_2007.pdf
- [2] T. K. Courtney, G. S. Sorock, D. P. Manning, J. W. Collins, M. A. Holbein-Jenny *Occupational slip, trip, and fall-related injuries – can the contribution of slipperiness be isolated?* "Ergonomics" 2001, 44 (13), 1118-1137
- [3] R. Grönqvist *Slips and falls*. W: *Biomechanics in Ergonomic*, Editor: S. Kumar, 1999 (London: Taylor & Francis), 351-375
- [4] PN-EN ISO 13287:2007 *Środki ochrony indywidualnej – Obuwie – Metoda badania odporności na poślizg*
- [5] Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich nr 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej. O.J.E.C., L. 399, 30.12.1989
- [6] R. Grönqvist *Walking on the level: Footwear and the walking surface*. W: *Understanding and preventing falls*, Editors: R. Haslam, D. Stubbs, 2006 (CRC Taylor & Francis), 15-50
- [7] P. J. Perkins *Measurement of slip between the shoe and ground during walking*. W: *Walkway surfaces: Measurement of slip resistance*, 1978, ASTM STP 649, 71-77
- [8] L. Strandberg, H. Lanshammar *The dynamics of slipping accidents*. "Journal of Occupational Accidents", 1981, 3, 153-162
- [9] R. Grönqvist, J. Roine, E. Järvinen, E. Korhonen *An apparatus and a method for determining the slip resistance of shoes and floors by simulation of human foot motions*. "Ergonomics", 1989, 32 (8), 979-995
- [10] PN-EN ISO 20345:2007/A1:2007 *Środki ochrony indywidualnej – Obuwie bezpieczne (oryg.)*; PN-EN ISO 20346:2007/A1:2007 *Środki ochrony indywidualnej – Obuwie ochronne (oryg.)*; PN-EN ISO 20347:2007/A1:2007 *Środki ochrony indywidualnej – Obuwie zawodowe*
- [11] M. Tisserand, H. Soulner *Facteurs de conception déterminant la glissance des chaussures*. "Technique Chaussure", 1987, 337, 10-12, 20-21
- [12] R. Skiba *Non-slip properties of shoe soles as a function of the material*. *Schuh Technik + abc*, 1985, 9, 815-819
- [13] *Poradnik technologia gumy* pod red. K. De Sadhan, J. R. White. Tłum. z ang. Instytut Przemysłu Gumowego „Stomil”, Piastów 2003
- [14] M. Wilson *Safety critical testing of slip resistance properties of footwear*. Konferencja *Research and standardization in the field of development and use of personal protective devices*, Kraków 2005
- [15] P. Perkins, M. Wilson *Developing laboratory test to measure of shoe soles*. "Satra Bulletin", 1984, 21(3), 41-42
- [16] S. Abbott, M. George *Investigating slip resistance*. "World Footwear", 2002 16(5), 45-46

Publikacja opracowana w ramach programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej”, dofinansowywanego w latach 2005-2007 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy