

Martyna Bała¹
Damian Hadryś

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach
Katedra Zarządzania Bezpieczeństwem Pracy
ul. Bankowa 8; 40-007 Katowice

DOI: 10.32039/WSZOP/1895-3794-2018-02

Wpływ rodzaju obuwia na rezystancję układu człowiek-podłoże

Influence of the shoe type on the resistance
of the human being-ground system

Streszczenie

Rezystancja układu człowiek-podłoże jest parametrem ważnym z kilku powodów. Z jednej strony jej odpowiednio wielka wartość odpowiada za ochronę człowieka przed rażeniem prądem elektrycznym na drodze ręka-noga, noga-noga, głowa-noga. Z drugiej jednak strony pamiętać należy, że wielka wartość tej rezystancji utrudnia bieżące odprowadzanie ładunków elektrycznych z człowieka, co prowadzi do pojawienia się zjawiska elektryczności statycznej i w konsekwencji powoduje powstawanie niekontrolowanych wyładowań elektrycznych. Zaistnienie takiego wyładowania w niesprzyjających okolicznościach może spowodować pożar lub wybuch. Ponadto, elektryczność statyczna może powodować zakłócenia procesów technologicznych, zakłócenia w działaniu przyrządów pomiarowych i automatyki, pogorszenie stanu zdrowia ludzi. Ważnym zatem jest, aby wybór obuwia był przemyślany, a samo obuwie dobrane stosownie do warunków przebywania i pracy człowieka (obuwie elektroizolacyjne, obuwie antyelektrostatyczne).

Niniejszy artykuł przedstawia wyniki badań przeprowadzonych na dwóch grupach obuwia, to znaczy obuwia codziennego użytku oraz obuwia roboczego. Badanym parametrem była rezystancja układu człowiek-podłoże.

Słowa kluczowe: *rezystancja, układ człowiek-podłoże, wyładowanie elektrostatyczne, obuwie*

Abstract

Human-ground resistance is an important parameter for several reasons. On the one hand, its great value corresponds to the protection of man from electric shock on the hand-leg, leg-leg, head-leg way. On the other hand, the great value of resistance impedes the current discharge of electrical charges from the human being. It leads to the appearance of static electricity and as a consequence produces uncontrolled electrical discharges. The occurrence of such discharge under unfavorable circum-

¹ Absolwentka studiów inżynierskich w Wyższej Szkole Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, specjalność bezpieczeństwo i higiena pracy.

stances may result in fire or explosion. Additionally, static electricity can interfere with technological processes, disturbance in the operation of measuring instruments and automation, deterioration of human health. It is important that the selection of proper footwear and the footwear chosen in accordance with the conditions of hazards at the workplace (electrical insulating footwear, antistatic footwear).

This article presents the results of a study for two groups of footwear (ordinary footwear and professional working footwear). The measured parameter was the resistance of the human-ground system be thought over.

Keywords: *resistance, human-ground system, electrostatic discharge, footwear*

1. Rezystancja i elektrostatyczność

Rezystancja materiału jest miarą oporu, z jakim materiał ten przeciwstawia się przepływowi prądu elektrycznego [1]. Wyraża się to wzorem (1) opisującym prawo Ohma.

$$R = \frac{I}{U} \quad (1)$$

gdzie:

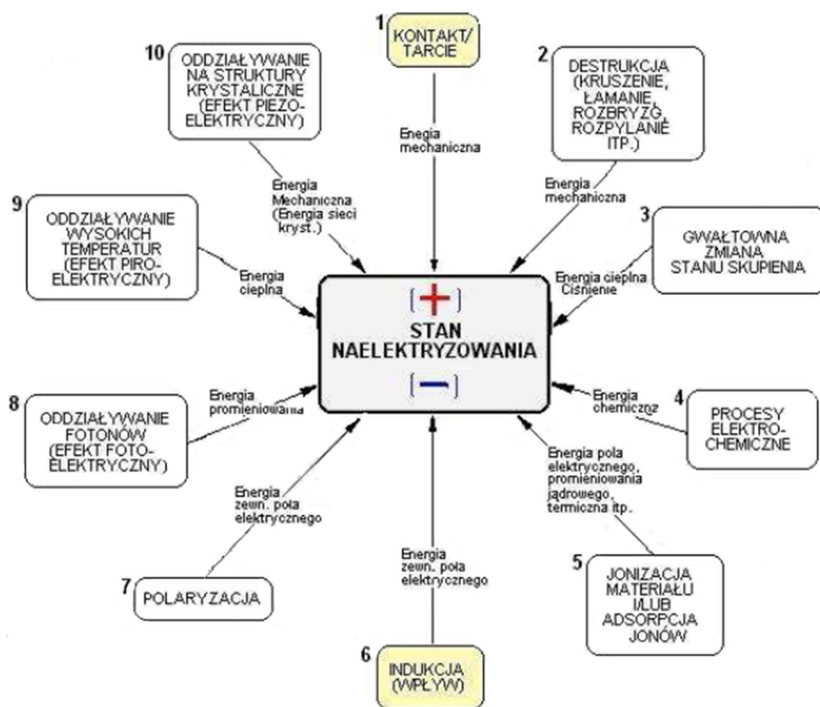
R – opór przewodnika elektrycznego [Ω]

U – napięcie między końcami przewodnika [V]

I – natężenie prądu elektrycznego [A]

Elektryczność statyczna jest to natomiast zespół zjawisk towarzyszących powstawaniu nadmiarowego ładunku elektrycznego na materiałach o małej przewodności elektrycznej oraz na obiektach przewodzących, odizolowanych od ziemi [2].

Powstawanie ładunków elektryczności statycznej występuje przy wzajemnym tarcu stykających się powierzchni, kruszeniu materiałów o dużej rezystywności, przepływie cieczy i jej rozpylaniu. Od rodzaju stykających się materiałów, a głównie od ich przenikalności elektrycznej, zależna jest wartość zgromadzonego ładunku elektrostatycznego. Ciało ładuje się dodatnio, gdy przekazuje elektrony, a ujemnie gdy otrzymuje elektrony. Materiały, które łatwo oddają elektrony to między innymi: skóra człowieka, powietrze, nylon, szkło, włosy, wełna, papier, futra. Natomiast materiały, które ładują się ujemnie i pobierają elektrony z innych materiałów to między innymi: drewno, stal, guma, bursztyn, mosiądz, miedź, srebro, poliester, polietylen, teflon [3]. Zatem bieżące odprowadzanie ładunków elektryczności statycznej jest pożądane z uwagi na przeciwdziałanie wyladowaniom elektrostatycznym. Jest to ważne np. ze względu na ochronę komponentów elektronicznych i ochronę przed zainicjowaniem pożaru lub wybuchu. Sprzyja temu mały opór elektrycznego na drodze odprowadzania ładunków elektryczności statycznej. Na rysunku 1 przedstawiono czynniki wywołujące stan naelektryzowania statycznego.



Rys. 1. Czynniki wywołujące stan naelektryzowania materiału [1]

Fig. 1. Factors causing the state of material electrification [1]

Brak bieżącego odprowadzania ładunków elektryczności statycznej prowadzi do naelektryzowania. Elektryzowanie się ciał stałych występuje na obiektach takich jak: opony pojazdów, obuwiu, przenośniki taśmowe, ruchome elementy izolacyjne, wykładziny i inne. Duże zagrożenie mogą stwarzać instalacje, w których ma miejsce przepływ cieczy przez węże i rurociągi oraz napełnienie i opróżnienie zbiorników, zwłaszcza gdy są to wybuchowe lub łatwopalne ciecze. Często związane są z tym procesy technologiczne o charakterze ciągłym z zagrożeniem elektryzacji i gromadzenia się niebezpiecznych ładunków elektrostatycznych. Przykładem może być transport paliw, transport pneumatyczny materiałów sypkich, czy też ciągle przewijanie i przemieszczenie wszelkiego rodzaju taśm i taśmociągów [3].

Ponadto, następstwem gromadzenia się i powstawania ładunków mogą być zakłócenia procesów technologicznych, zakłócenia w działaniu przyrządów pomiarowych i automatyki, pogorszenie stanu zdrowia ludzi, a w atmosferze wybuchowej niebezpieczeństwo powstania wybuchu lub pożaru zainicjowanego przez wyladowania elektrostatyczne. Stan zagrożenia powodowany przez elektryczność statyczną można ocenić w oparciu o następujące kryteria [2]:

- graniczną wartość rezystancji, przy której następuje gromadzenie się ładunków, tj. rezystancji upływu lub rezystancji uziemienia;

- energię związaną z wyładowaniem;
- graniczne wartości potencjału określonego najczęściej doświadczalnie dla danego procesu produkcyjnego;
- czasu charakteryzującego utrzymywanie się stanu naelektryzowania, tzw. czasu relaksacji.

Dla eliminowania niepożądanego i niebezpiecznego oddziaływania elektryczności statycznej stosuje się ograniczenie generacji elektryczności statycznej, neutralizację ładunków oraz odprowadzenie ładunków. Neutralizacja ładunków polega na dostarczeniu ładunków przeciwnego znaku do naelektryzowanej powierzchni. Dokonuje się tego przy użyciu neutralizatorów ładunku, które są urządzeniami wytwarzającymi odpowiednie jony przeciwnego znaku w otoczeniu danego urządzenia. Rozróżnia się neutralizatory wysokonapięciowe, indukcyjne i radioizotopowe. Odprowadzanie ładunków polega na sztucznym ułatwieniu ich splywu przez zmniejszenie elektrycznego oporu upływu. Dla przewodzących obiektów wystarcza odpowiednie uziemienie o rezystancji, która nie przekracza $1\text{ M}\Omega$, a o rezystancji nieprzekraczającej $100\ \Omega$ w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem i pożarem [2].

2. Porażenie prądem elektrycznym

Styczność z urządzeniami elektrycznymi, powoduje możliwość porażenia prądem elektrycznym. Reakcje człowieka na przepływający przez jego organizm prąd elektryczny są zależne od wartości natężenia tego prądu, jego rodzaju oraz od indywidualnych cech osobowych (większy wpływ na skutki porażenia może odczuwać osoba, np. otyła, chora, zwłaszcza na choroby serca) [4]. Opór elektryczny organizmu człowieka ma podstawowe znaczenie w przypadku porażenia prądem elektrycznym. Najmniejszy opór elektryczny stanowią mięśnie i naczynia krwionośne, a największy kości i skóra. U dorosłego człowieka skóra i kości są odporniejsze, niż u dziecka, kobiety lub osoby starszej. Skutki rażenia mogą powodować oparzenia tkanek, wstrzymanie pracy serca lub fibrylacje jego komór. Ponadto, możliwe są zaburzenia w funkcjonowaniu układów: nerwowego, krwionośnego, oddechowego. Takie zaburzenia stanowią zagrożenie do życia i zdrowia człowieka [5].

Podstawową formą ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym jest zapewnienie odpowiednio dużego oporu elektrycznego na ewentualnej drodze przepływu prądu. Zauważyć należy, że warunek ten jest dokładnie przeciwny w odniesieniu do tego, który należy spełnić aby unikać naelektryzowania.

Ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym można uzyskać na przykład przez noszenie odpowiedniego obuwia ochronnego (obuwie izolacyjne) podczas wykonywania aktywności zawodowej. Obuwie robocze to specjalnie skonstruowane obuwie chroniące przed szerokim wachlarzem zagrożeń. Np. metalowe cholewki i noski butów chronią stopę przed uszkodzeniami mechanicznymi. Podeszwa ma między innymi na celu ochronę przed porażeniem prądem.

Obuwie zawodowe/robotnicze jest to obuwie mające cechy ochronne, przeznaczone do ochrony użytkownika przed urazami, które mogłyby powstać podczas wypadków. Obuwie zawodowe musi spełniać wymagania normy PN-EN ISO 20347:2007 [6], PN-EN ISO 20347:2007/AC:2007 [6] i PN-EN ISO 20347:2007/A1:2008 [6, 7]. Kategorie obuwia zawodowego są przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Kategorie obuwia zawodowego wg PN-EN ISO 20347 [8]

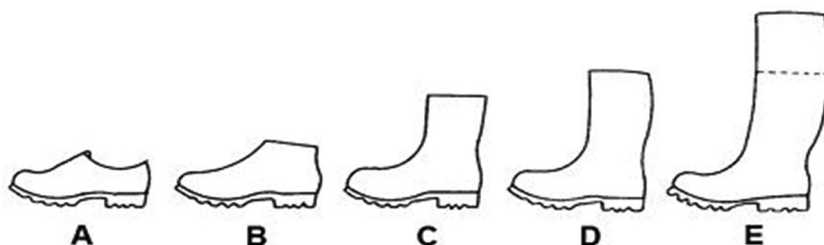
Table 1. Categories of professional working footwear according to PN-EN ISO 20347 [8]

Kategoria	Wymagania							
	Podnosek	Odporność na przebicie	Zabudowana pięta	Odporność na olej	Właściwości antyelektrostatyczne	Absorpcja energii w części piętowej	Przepuszczalność i absorpcja wody	Wodoszczelność
OB								
O1			X		X	X		
O2			X		X	X	X	
O3		X	X		X	X	X	
O4			X		X	X		X
O5		X	X		X	X		X

Źródło: https://www.icd.pl/poradnik/post/buty_robotnicze_ochronne_podzial_oznaczenia [dostęp: 12.11.2015].

Source: https://www.icd.pl/poradnik/post/buty_robotnicze_ochronne_podzial_oznaczenia [access: 12.11.2015].

Ze względu na rodzaj zastosowania materiału i technologie wytwarzania wszystkie rodzaje obuwia o cechach ochronnych można podzielić na obuwie o klasyfikacji I i II. Obuwie klasyfikacji I jest wykonane ze skóry i innych materiałów, z wyłączeniem obuwia całogumowego lub całotworzywowego. Obuwie klasyfikacji II jest całogumowe (całkowicie wulkanizowane) lub całotworzywowe (całkowicie formowane). Na rysunku 2 są przedstawione dostępne konstrukcje obuwia klasyfikacji I i II. Typ A jest to obuwie z niską cholewką, typ B (trzewik), typ C (obuwie do połowy łydki), typ D (obuwie do kolana) i typ E (obuwie z cholewką powyżej kolana) [9].



Rys. 2. Podstawowe modele konstrukcyjne obuwia ochronnego
Fig. 2. Basic construction models of safety footwear

Źródło [Source]: Henryk R.: *Klasyfikacja i podstawowe wymagania obuwia o cechach ochronnych*, *Praca i Zdrowie*, 6/2010.

Ze względu na przeznaczenie obuwia o cechach ochronnych, obuwie to można podzielić na :

- obuwie chroniące przed czynnikami chemicznymi;
- obuwie chroniące przed czynnikami biologicznymi;
- obuwie chroniące przed czynnikami mechanicznymi;
- obuwie chroniące przed czynnikami termicznymi;
- obuwie chroniące przed porażeniem prądem elektrycznym;
- obuwie chroniące przed czynnikami atmosferycznymi;
- obuwie przeznaczone do stosowania w atmosferze zagrożonej wybuchem;
- obuwie antystatyczne chroniące przed efektem ESD;
- obuwie elektroizolacyjne.

Zgodnie z definicją podaną w normie PN-EN 50321:2002 obuwie elektroizolacyjne oznacza obuwie, które chroni przed porażeniem elektrycznym, zapobiegając przepływowi prądu rażenia przez ciało człowieka poprzez stopy. Obuwie elektroizolacyjne jest środkiem ochrony indywidualnej, jest elementem izolacyjnego wyposażenia ochronnego stosowanego podczas prac: przy „napięciu”, konserwacyjnych i remontowych dotyczących instalacji i urządzeń elektrycznych. Funkcja ochronna tego obuwia polega na zapewnieniu izolacji pomiędzy podłożem, a ciałem człowieka. Obuwie elektroizolacyjne jest traktowane jako wyposażenie ochronne dodatkowe, powinno być używane jednocześnie z innym elektroizolacyjnym sprzętem ochronnym, jak osłony, izolacyjne maty podłogowe i rękawice. Norma wyżej wymieniona dotyczy obuwia elektroizolacyjnego do pracy przy instalacjach niskiego napięcia. Obuwie to klasyfikuje się w odniesieniu do zastosowania, według następujących klas [10, 11]:

- klasa elektryczna 00 – do instalacji o napięciu znamionowym do 500 V napięcia przemiennego i do 750 V napięcia stałego;
- klasa elektryczna 0 – do instalacji o napięciu znamionowym do 1000 V napięcia przemiennego i do 1500 V napięcia stałego.

Przez napięcie wytrzymałowe rozumie się określoną wartość napięcia, które wyrób, część lub element powinny wytrzymać bez wylądowania niszczącego

go, przebicia lub innego uszkodzenia elektrycznego podczas próby napięciem o danej wartości w określonych warunkach. Wymaga się, aby napięcie wytrzymałoby było równe 5 kV w przypadku obuwia klasy 00, a w przypadku obuwia klasy 0 – 10 kV. Obuwie elektroizolacyjne ma modele konstrukcji typu A, B, C lub D.

3. Planowanie badań

W celu określenia wpływu danego rodzaju obuwia na wartość rezystancji w układzie człowiek-podłoże przeprowadzono badania tego parametru. Badania zostały przeprowadzone w strefie EPA (Electrostatic Protected Area). Jest to przestrzeń, w której nie występują działania lub przedmioty powodujące uszkodzenia urządzeń wrażliwych na rozładowania elektrostatyczne – ESD (Electro Static Discharge). W tej strefie dopuszczalne natężenie pola elektrycznego wynosi maksymalnie 100 V/cm. Poza obszar EPA są przenoszone wszelkie niebezpieczne wyładowania i ładunki. Przed wejściem do strefy EPA każda osoba powinna sprawdzić za pomocą testera osobiste wyposażenie uziemiające [12]. W strefie EPA podstawą funkcjonowania jest system podłogowy. Zadaniem antystatycznej posadzki jest odprowadzanie ładunków elektrostatycznych, które się gromadzą na człowieku i wszelkich elementach wyposażenia.

Podczas badań rezystancji w układzie człowiek-podłoże wykorzystywano omomierz specjalny METRISO 2000. Umożliwia on wykonanie pomiarów wymaganych normą PN-EN 61340-5-1 [13, 14]:

- rezystancja upływu do uziemienia (posadzki, powierzchnie robocze, regały, wózki, krzesła);
- rezystancja układu „człowiek/obuwie/podłoga” (skuteczność uziemienia poprzez obuwie ESD i daną posadzkę);
- rezystancja pomiędzy punktami (posadzki, powierzchnie robocze, materiały płaskie, odzież).

Miernik METRISO 2000 użyty podczas badań rezystancji w układzie człowiek-podłoże charakteryzował się następującymi cechami [14]:

- zakres pomiarowy: $10^3 \div 10^{12} \Omega$;
- napięcie pomiarowe 10, 100, 250 lub 500 V;
- zasilanie bateryjne;
- wbudowana pamięć 2500 pomiarów;
- wbudowany interfejs podczerwieni (wykorzystywany do pomiaru temperatury i wilgotności oraz do komunikacji z komputerem).

Podczas wykonywania badań rezystancji układu człowiek-podłoże temperatura w pomieszczeniu wynosiła 25°C. Wilgotność względna powietrza wynosiła 36% RH, a wilgotność bezwzględna wynosiła 8,6 g/cm³.

Osobą wykonującą badania była osoba płci żeńskiej o masie ciała wynoszącej 60 kg. Osoba ta biorąc udział w badaniach stała na płycie metalowej stanowiącej jedną z elektrod. Płyta ta była umieszczona na specjalnej macie podłogowej wykonanej z materiału elektrostatycznie rozpraszającego. Badania były wykonywane w dwóch układach: ręka - dwie nogi oraz ręka – jedna noga.

W obu przypadkach druga z elektrod znajdowała się w prawej dłoni, aby prąd rażenia nie przechodził przez serce. Stanowisko pomiarowe oraz urządzenie użyte w badaniach przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Stanowisko pomiarowe oraz urządzenie użyte w badaniach.

Fig. 3. Measuring positions and equipment used in the research.

Źródło: opracowanie własne.

Source: own research.

4. Obuwie wytypowane do badań

Obuwie wybrane do badań to różnego rodzaju buty do codziennego użytku (tabela 2) oraz różnego rodzaju obuwie robocze (tabela 3). Spośród obuwia roboczego tylko buty robocze 2 nie posiadały właściwości antyelektrostatycznych. Dla pozostałych z wytypowanych do badań butów roboczych producenci deklarowali właściwości antyelektrostatyczne. Badane obuwie za każdym razem było zakładane na nowe skarpety o składzie 100% bawełny.

Tabela 2. Obuwie codziennego użytku wytypowane do badań

Table 2. Everyday footwear selected for the research

	
BUTY 1 – Baleriny	BUTY 2 – Botki na szpilce
	
BUTY 3 – Botki na płaskiej podszewie	BUTY 4 – Sandały na koturnie
	
BUTY 5 – Buty do biegania	BUTY 6 – Klapki piankowe
	
BUTY 7 – Czółenka na obcasie	

Źródło: opracowanie własne.

Source: own research.

Tabela 3. Obuwie robocze wytypowane do badań.
Table 3. Professional working footwear selected for the research.



Źródło: opracowanie własne.

Source: own research.

5. Wyniki badań i ich interpretacja

Zaplanowane pomiary rezystancji dla układu człowiek-podłoga przy użyciu wytypowanego do badań obuwia wykonano w strefie EPA. Dla każdego obuwia pomiary powtórzone pięciokrotnie. Wyniki wykonanych pomiarów zawarto w tabelach 4 oraz 5.

Wpływ rodzaju obuwia na rezystancję układu człowiek-podłoże

Tabela 4. Wyniki badań rezystancji układu człowiek-podłoże dla obuwia do użytku codziennego
Table 4. Results of the research on the resistance of the human being-ground system for everyday footwear

Obuwie	Człowiek stoi na dwóch nogach		Człowiek stoi na jednej nodze	
	Wartość średnia, GΩ	Odchylenie standardowe, GΩ	Wartość średnia, GΩ	Odchylenie standardowe, GΩ
Buty 1	127,20	2,77	117,20	4,97
Buty 2	wartość większa niż zakres pomiarowy miernika	-	212,40	62,05
Buty 3	263,96	170,86	228,16	193,63
Buty 4	650,80	443,43	607,80	232,29
Buty 5	508,58	377,02	245,60	80,20
Buty 6	616,12	464,32	487,60	315,42
Buty 7	817,40	178,70	528,40	239,25

Źródło: opracowanie własne.

Source: own research.

Tabela 5. Wyniki badań rezystancji układu człowiek-podłoże dla obuwia roboczego
Table 5. Results of the research on the resistance of the human being - ground system for working footwear

Obuwie	Człowiek stoi na dwóch nogach		Człowiek stoi na jednej nodze	
	Wartość średnia, MΩ	Odchylenie standardowe, MΩ	Wartość średnia, MΩ	Odchylenie standardowe, MΩ
Buty robocze 1	92,26	5,09	122,40	5,59
Buty robocze 2	327,00	100,04	333,60	104,18
Buty robocze 3	47,26	2,58	83,48	0,50
Buty robocze 4	63,20	2,88	124,80	5,72
Buty robocze 5	0,00	-	11,80	0,63
Buty robocze 6	0,00	-	8,21	0,08

Źródło: opracowanie własne.

Source: own research.

Dane przedstawione w tabelach 4 oraz 5 określają wartości średnie i odchylenie standardowe w MΩ i GΩ. Na podstawie wyników pomiarów stwierdzić można, że wyniki uzyskane dla butów codziennego użytku cechują się wartościami o około trzy rzędy większymi w odniesieniu do wartości wyników uzyskanych dla obuwia roboczego. Dodatkowo stwierdzono, że wartości odchylenia standardowego były stosunkowo wysokie dla obuwia codziennego użytku – wielokrotnie większe niż w przypadku obuwia roboczego. Ponadto stwierdzono, że dla obuwia codziennego użytku wartość rezystancji była większa, gdy osoba uczestnicząca w badaniach stała na dwóch nogach, niż przy postawie na jednej nodze. Odwrotna sytuacja miała miejsce dla obuwia roboczego, tzn. dla obuwia roboczego wartość rezystancji była mniejsza, gdy osoba uczestnicząca w badaniach stała na dwóch nogach, niż przy postawie na jednej nodze.

Na podstawie wyników badań rezystancji uzyskanych dla obuwia codziennego użytku stwierdzono, że:

- buty 1 (baleriny) cechuje najmniejsza rezystancja, niezależnie od warunków badania (postawa na dwóch nogach lub postawa na jednej nodze);
- buty 2 (botki na obcasie) cechują się największą wartością rezystancji dla pomiaru przy postawie na obu nogach; w tym przypadku wartość rezystancji przekraczała zakres pomiarowy miernika; zależności tej nie wykazano przy pomiarach przeprowadzonych przy postawie na jednej nodze;
- buty 4 (sandale na koturnie) cechuje największa rezystancja dla pomiaru przy postawie na jednej nodze.

Na podstawie wyników badań rezystancji uzyskanych dla obuwia roboczego stwierdzono, że:

- buty robocze 2 cechuje największa wartość rezystancji zarówno przy pomiarach wykonanych dla postawy na jednej nodze, jak i dla postawy na dwóch nogach; buty robocze 2 jest to obuwie, które nie posiada właściwości antyelektrostatycznych;
- dla butów roboczych 5 oraz 6 zarejestrowana wartość rezystancji dla postawy na dwóch nogach wynosiła zero i była to wartość minimalna dla wszystkich przeprowadzonych badań; również dla badań przy postawie na jednej nodze buty robocze 6 wykazała najmniejszą rezystancję (około $8 \text{ M}\Omega$); zarówno buty robocze 5, jak i buty robocze 6 posiadały właściwości antyelektrostatyczne.

W przypadku obuwia codziennego użytku o stosunkowo wysokiej rezystancji, stwierdzić można iż wartość parametru badanego nie zależy silnie od postawy osoby badanej w kwestii liczby dróg przepływu prądu rażenia (jedna i dwie nogi – jedna i dwie grogi przepływu prądu rażenia). Jako decydujący może tu być parametr nacisku stopy na obuwie i nacisku obuwia na podłoże – przy postawie na dwóch nogach nacisk jest mniejszy niż w przypadku postawy na jednej nodze.

Z kolei dla obuwia roboczego o małej rezystancji postawa podczas badania miała odwrotny wpływ na wyniki badań. Wydaje się, że nacisk stopy na obuwie i nacisku obuwia na podłoże nie ma decydującego wpływu, a istotniejsza jest liczba dróg przepływu prądu rażenia.

6. Podsumowanie

Obecnie, gdy komponenty elektroniczne towarzyszą ludziom właściwie w każdej dziedzinie życia ważnym jest, aby zapewnić im ochronę przed elektrycznością statyczną. Nawet najmniejsze wyladowanie elektrostatyczne może uszkodzić takie komponenty lub zapoczątkować proces, który prowadzi do ich uszkodzenia. Ponadto, zjawisko wyladowania elektrostatycznego może w określonych warunkach stać się inicjałem pożaru lub wybuchu. Dlatego ważne jest, aby przeciwdziałać wyladowaniom elektrostatycznym.

Ochrona przed wyladowaniami elektrostatycznymi polega między innymi na ciągłym odprowadzaniu ładunków elektrostatycznych do uziemienia. Brak

takiego odprowadzania powoduje nagromadzenie się ładunków elektrostatycznych od chwili, gdy odpowiednio duży potencjał elektryczny skutkuje wylądowaniem.

Zaznaczyć należy, że mała rezystancja na drodze odprowadzania ładunków elektrostatycznych jest podstawą tego procesu (np. rezystancja obuwia). Jednocześnie mała rezystancja pomiędzy ciałem człowieka i podłożem stwarza warunki do przepływu prądu rażeniowego do podłoża. Zatem warunki te wykluczają się wzajemnie.

Z przeprowadzonych badań i przeprowadzonej analizy można wywnioskować, że wybór danego rodzaju obuwia ma znaczący wpływ na rezystancję układu człowiek-podłoże.

Obuwie, które ma najmniejszą rezystancję, odprowadza najwięcej ładunków elektrostatycznych, tym samym zapobiegając gromadzeniu się ich na człowieku. Buty, które są noszone przez ludzi jako część codziennej garderoby, nie posiadają właściwości chroniących przed działaniem ładunków elektrycznych i elektrostatycznych, ponieważ nie są produkowane pod względem właściwości ochronnych, lecz użytkowych, bądź estetycznych. Dlatego niezbędne jest stosowanie butów o cechach ochronnych takich jak buty antystatyczne, przewodzące, elektroizolacyjne w środowisku pracy, w których panuje atmosfera zagrażająca wybuchem, bądź warunki zagrażające porażeniem prądem elektrycznym.

Każdy pracodawca, powinien zapewnić pracownikom, którzy są narażeni na działanie prądu elektrycznego oraz wylądowań elektrostatycznych w buty ochronne. Pod względem bezpieczeństwa i stopnia skuteczności odprowadzanych ładunków elektrostatycznych i elektrycznych, należy sprawdzić rezystancję danego obuwia, ponieważ jak widać z przeprowadzonych badań obuwie antystatyczne, każde w innym stopniu odprowadzają ładunki.

Również należy pamiętać, że buty ochronne, chronią tylko w pewnym stopniu przed zagrożeniami związanymi z porażeniem prądem elektrycznym oraz elektrycznością statyczną. Bardzo wiele zależy również od warunków pracy (np. wilgotność, wysiłek fizyczny, itp.). Dlatego niezbędne jest stosowania innych środków ochrony indywidualnej, jak na przykład rękawice i opaski ochronne. Także odpowiednia posadzka o właściwościach antystatycznych, zapewnia zwiększenie ochrony pracownikom.

LITERATURA

- [1] Politechnika Wroclawska: Laboratorium Metrologii, Ćwiczenie nr 5 Pomiary rezystancji. [Internet] http://www.w12.pwr.wroc.pl/metrologia/instrukcje/Met_2014_5.pdf [dostęp: 27.10.2015].
- [2] Strojny J., Strzałka J.: *Bezpieczeństwo eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych*, TARBONUS, Kraków-Tarnobrzeg, 2010.
- [3] Gierlotka S.: *Zagrożenia powodowane elektrycznością statyczną*, Praca, Zdrowie, Bezpieczeństwo, 2007 r., nr 3.

- [4] Jurkiewicz J.: *Pierwsza pomoc w przypadku porażenia prądem elektrycznym i piorunem*, 2012. [Internet] <http://gimn11.wroclaw.pl/files/porazenia-pradem-elektrycznym-i-piorunem.pdf> [dostęp 15.10. 2015].
- [5] Wiśniewski P.: *Działanie prądu na organizm człowieka*, [Internet] zsel.edu.pl/dydaktyka/ochrona/oddziaływanie.pdf , [dostęp 11.03.2015].
- [6] PN-EN ISO 20347:2007, PN-EN ISO 20347:2007/AC:2007, PN-EN ISO 20347:2007/A1:2008, „Środki ochrony indywidualnej. Obuwie zawodowe”.
- [7] PN-EN ISO 20345:2007, PN-EN ISO 20345:2007/AC:2007, PN-EN ISO 20345:2007/A1:2008 „Środki ochrony indywidualnej. Obuwie bezpieczne”.
- [8] Henryk R.: *Klasyfikacja i podstawowe wymagania obuwia o cechach ochronnych*, Praca i Zdrowie, 2010, nr 6.
- [9] [Internet] https://www.icd.pl/poradnik/post/buty_robocze_ochronne_podzial_oznaczenia [dostęp: 12.11.2015].
- [10] Kamińska W.: *Obuwie przeznaczone do użytkowania w pracy- podstawowe zasady doboru*, Praca i Zdrowie, 2008, nr 7-8.
- [11] [Internet] <http://archiwum.ciop.pl/1411.html> [dostęp: 12.11.2015].
- [12] Strawiński T.: *Badania okresowe rękawic i obuwia elektroizolacyjnego*, Bezpieczeństwo Pracy, 2013, nr 5.
- [13] Gołaszewski M.: *Zabezpieczenia ESD Jak chronić układy elektroniczne*, Elektronika Praktyczna, 2009, nr 4. [Internet] http://www.renex.com.pl/download/artykuly/jak_chronic_uklady_przed_ESD.pdf [dostęp: 13.12.2015].
- [14] PN-EN 61340-5-1:2002 Elektryczność statyczna – Część 5-1: Ochrona przed elektrycznością statyczną przyrządów elektronicznych – Wymagania ogólne. Kowalski J.M., Wróblewska M.: *Ochrona przed elektrycznością statyczną w środowisku pracy*, Bezpieczeństwo Pracy, 2004 r., nr 9.
- [15] [Internet] <http://www.lafotelektronik.com/strony-196.html> [dostęp: 15.12.2015].