

**Wytyczne dla producentów indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości**

dr hab. inż. Krzysztof Baszczyński  
Centralny Instytut Ochrony Pracy-  
Państwowy Instytut Badawczy  
Zakład Ochron Osobistych

Opracowano w ramach zadania 03.G.08 pt. *Opracowanie kryteriów oceny oraz wytycznych do konstruowania i użytkowania indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości w oparciu o badania z użyciem manekina antropomorficznego*

## **Wstęp**

Badania indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości prowadzone według metodyki zgodnej z normami EN mają w większości przypadków charakter wytrzymałościowy. Uzyskane wyniki pokazują czy sprzęt jest dostatecznie odporny na działanie sił działających na niego podczas użytkowania, a głównie podczas powstrzymywania spadania. Badania te w małym zakresie pokazują wzajemne oddziaływanie sprzętu i ciała użytkownika w warunkach dynamicznego obciążenia. Główną przyczyną takiej sytuacji jest zastosowanie w badaniach bardzo uproszczonych modeli ciała człowieka np. sztywnego stalowego obciążnika, sztywnego manekina (torsu) zgodnego z normą PN-EN 364:1996 [1]. Z tego powodu brak jest powszechnie dostępnej informacji na temat niebezpiecznych zjawisk towarzyszących powstrzymywaniu spadania przez indywidualny sprzęt chroniący przed upadkiem z wysokości. W związku z wagą tego zagadnienia w 2016 r. w CIOP-PIB [2, 3] podjęto badania, których celem było zbadanie zjawisk towarzyszących powstrzymywaniu spadania przez indywidualny sprzęt ochronny, w których wykorzystano jako model człowieka manekin antropomorficzny Hybrid III 50th Pedestrian ATD [4]. Uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie wytycznych odnoszących się do konstrukcji sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości oraz dodatkowych badań rekomendowanych do przeprowadzenia przed dopuszczeniem sprzętu do użytkowania. W prezentowanym materiale zawarto najważniejsze informacje bazujące na przeprowadzonych pracach badawczych.

## **Wytyczne dotyczące poszczególnych rodzajów sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości**

### **1. Szelki bezpieczeństwa**

1.1. Pasy udowe (patrz rys. 1) w postaci:

- pętli której taśmy krzyżują się na biodrach (z siodełkiem lub bez) lub
- pętli opasującej udo i połączonej z pasem biodrowym



Rys. 1. Przykładowe rozwiązania pasów udowych w szelkach bezpieczeństwa

powinny mieć konstrukcję minimalizującą nacisk taśmy włókienniczej na ciało użytkownika podczas powstrzymywania spadania z wysokości i zawieszenia po powstrzymaniu spadania. Nadmierny nacisk pasów udowych może prowadzić do poważnych zaburzeń w funkcjonowaniu układu krwionośnego człowieka, a szczególnie w jego nogach, co może być groźne dla jego zdrowia a nawet życia.

Z tego powodu taśmy pasów udowych powinny mieć odpowiednią szerokość (według normy PN-EN 361:2005 [5] co najmniej 40 mm) lub być wyposażone w poduszki antyciskowe. Szelki bezpieczeństwa powinny mieć taką konstrukcję aby ich taśmy składowe (np. pasy udowe w pachwinach) podczas obciążania przenosiły nacisk całą szerokością a nie tylko brzegiem, przez co zmniejsza się ich nacisk na jednostkę powierzchni.

#### Badania sprawdzające:

- określenie umiejscowienia i ułożenia taśm pasów udowych szelek po powstrzymaniu spadania manekina antropomorficznego,
- określanie nacisku pasów udowych w stanie zawieszenia człowieka w szelkach bezpieczeństwa według metody zgodnej z normą PN-EN 813:2008 [6].

1.2. Pasy barkowe szelek bezpieczeństwa (patrz rys. 2) powinny mieć konstrukcję (szerokość, materiał, poduszka antyciskowa, ustawienie) gwarantujące nie wywierania nadmiernego ucisku na ramiona zarówno podczas normalnego użytkowania jak i powstrzymywania spadania w pozycji głową do dołu. Pasy barkowe powinny mieć taką konstrukcję, aby podczas powstrzymywania spadania manekina antropomorficznego w pozycji głową do dołu oraz przewracania się wokół krawędzi stanowiska pracy (do przodu,

do tyłu i w bok) pasy barkowe nie zsuwały się z ramion użytkownika i nie powodowały jego uwolnienia.



Rys. 2. Pasy barkowe szelkach bezpieczeństwa

**Badania sprawdzające:**

- ocena utrzymania manekina antropomorficznego podczas powstrzymywania spadania przez szelki bezpieczeństwa. Zastosowanie różnych pozycji początkowych manekina przed rozpoczęciem spadania, np. pochylonej bocznej, pochylonej do tyłu itp.
- określenie stabilności położenia pasów barkowych szelk bezpieczeństwa podczas powstrzymania spadania manekina antropomorficznego. Zastosowanie różnych pozycji początkowych manekina przed rozpoczęciem spadania, np. pochylonej bocznej, pochylonej do tyłu itp. Ocena zachowania szelk powinna być dokonywana na podstawie filmu zarejestrowanego z prędkością co najmniej 1000 klatek/s.

1.3. Pasy barkowe szelk bezpieczeństwa wraz z klamrami zaczepowymi (patrz rys. 3) powinny mieć taką konstrukcję aby podczas powstrzymywania spadania nie następowało ich zaciskanie się na szyi i głowie użytkownika. Zjawisko to jest najczęściej spowodowane przemieszczaniem się, podczas powstrzymywania spadania, grzbietowych klamer zaczepowych po pasach barkowych szelk w kierunku głowy użytkownika.

**Badania sprawdzające:**

- ocena zachowania pasów barkowych i klamer zaczepowych szelk bezpieczeństwa podczas powstrzymywania spadania manekina antropomorficznego filmowanego z

prędkością co najmniej 1000 klatek/s. Początkowa pozycja manekina przed rozpoczęciem spadania pionowa - głową do góry.



Rys. 3. Pasy barkowe skrzyżowane w grzbietowej klamrze zaczepowej szelek bezpieczeństwa

1.4. Klamry spinająco – regulacyjne szelek (patrz rys. 4) powinny mieć taką konstrukcję aby podczas normalnego użytkowania oraz powstrzymywania spadania nie następowało niekontrolowane przemieszczanie się w nich taśmy włókienniczej. Przesuwanie takie może powodować niekorzystną, z punktu widzenia bezpieczeństwa, zmianę rozkładu sił działających na ciało użytkownika, a nawet wypadnięcie człowieka z uprząży. W związku z tym w badaniu powstrzymywania spadania manekina antropomorficznego wyposażonego w szelki bezpieczeństwa, według poniżej scharakteryzowanej metody, przesunięcie taśmy włókienniczej w klamrach regulacyjnych nie powinno być większe niż 20 mm.



Rys. 4. Przykładowe rozmieszczenie klamer spinająco-regulacyjnych w szelkach bezpieczeństwa

#### Badania sprawdzające:

- ocena przesuwania taśm włókienniczych w klamrach spinająco – regulacyjne szelek powinna następować po powstrzymaniu spadania manekina antropomorficznego wyposażonego w badane szelki. Dla potrzeb badania wstępne położenie taśmy w klamrze powinno być oznakowane tak aby można było je porównać ze stanem po powstrzymaniu spadania. Podczas powstrzymywania spadania manekina przez linkę, wykonaną zgodnie z PN-EN 361:2005 [5], maksymalna wartość siły działającej na klamrę zaczepową szelek powinna wynosić  $(6\pm 0,5)$  kN.

1.5. Piersiowe klamry zaczepowe szelek bezpieczeństwa (patrz rys. 5) powinny być umieszczone na takiej wysokości aby były spełnione następujące wymagania:

- w badaniu zachowania prowadzonym zgodnie z metodyką normy PN-EN 361:2005 [5] i PN-EN 364:1996 [1] kąt jaki tworzy płaszczyzna pleców manekina sztywnego z pionem nie był większy od  $50^\circ$ ,
- w badaniu zachowania szelek podczas powstrzymywania spadania manekina antropomorficznego nie następuje uderzenie klamry piersiowej i łącznika podzespołu łącząco-amortyzacyjnego, np. amortyzatora włókienniczego, w twarz manekina.

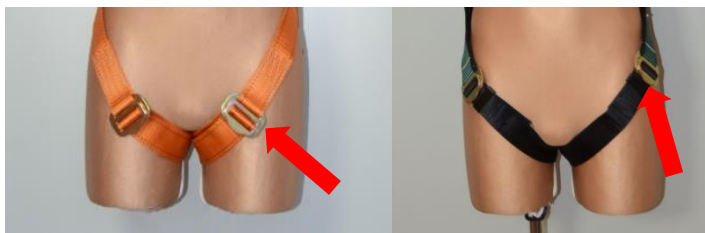


Rys. 5. Przykładowe usytuowanie piersiowej klamry zaczepowej w szelkach bezpieczeństwa

**Badania sprawdzające:**

- ocena kąta jaki tworzy płaszczyzna pleców manekina sztywnego z pionem po powstrzymaniu jego spadania przez badane szelki bezpieczeństwa – zgodnie z metodą zawartą w normie PN-EN 361:2005 [5] i PN-EN 364:1996 [1],
- ocena wystąpienia uderzenia piersiowej klamry zaczepowej szelek bezpieczeństwa lub dołączonego do niej łącznika w twarz manekina antropomorficznego podczas powstrzymywania jego spadania. Pozycja początkowa manekina w chwili rozpoczęcia spadania – pionowa głową do góry. Ocena zachowania piersiowej klamry zaczepowej szelek powinna być dokonywana na podstawie filmu zarejestrowanego z prędkością co najmniej 1000 klatek/s.

1.6. Klamry spinająco – regulacyjne szelek (patrz rys. 6), umieszczane zazwyczaj na pasach udowych i piersiowych, powinny mieć taką konstrukcję (np. posiadać odpowiednio ukształtowane podkładki – poduszki antyuciskowe) i być tak umiejscowione, żeby nie wbijały się w ciało człowieka podczas normalnego użytkowania i podczas powstrzymywania spadania z wysokości. Klamry powinny naciskać na ciało użytkownika całą powierzchnią, a nie brzegiem.



Rys. 6. Przykładowe usytuowanie klamer spinająco – regulacyjnych na pasach udowych w szelkach bezpieczeństwa

#### Badania sprawdzające:

- określanie nacisku klamer spinająco – regulacyjnych w stanie zawieszenia człowieka w szelkach bezpieczeństwa według metody zgodnej z normą PN-EN 813:2008 [6]. Badania powinny być prowadzone z udziałem co najmniej 3 osób o różnej masie i różnym wzroście.

1.7. Szelki bezpieczeństwa przeznaczone do współpracy z urządzeniami samozaciskowymi ze sztywnymi prowadnicami, w zakresie umiejscowienia przedniej klamry zaczepowej, powinny mieć taką konstrukcję aby:

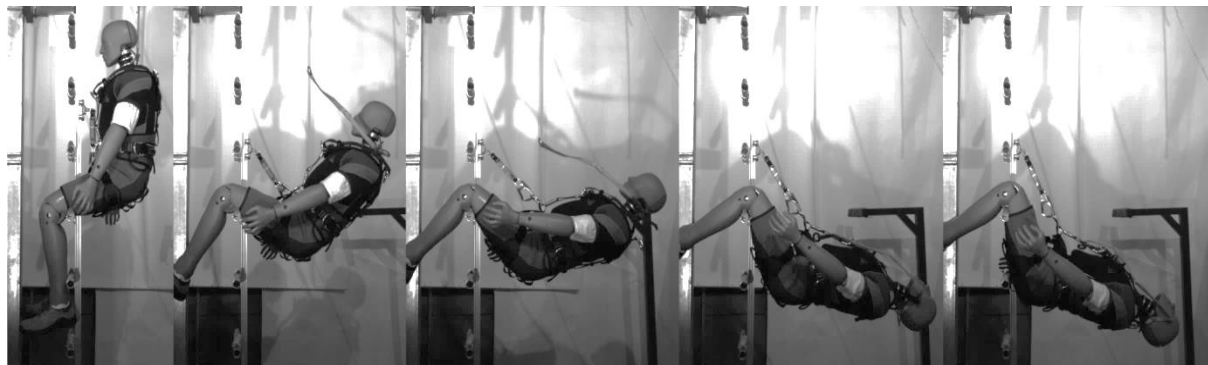
- w fazie swobodnego spadania, na odcinku o podwójnej długości łącznika między mechanizmem samozaciskowym a klamrą zaczepową szelk bezpieczeństwa, nie nastąpiło uderzenie (od góry) twarzą w mechanizm samozaciskowy,
- w początkowej fazie powstrzymywania spadania, na skutek ruchu człowieka w stronę prowadnicy, nie następowało uderzenie głową w mechanizm samozaciskowy lub prowadnicę (patrz rys. 7),



Rys. 7. Uderzenie głową o prowadnicę urządzenia samozaciskowego podczas powstrzymywania spadania



- w końcowej fazie powstrzymywania spadania użytkownik przyjmował bezpieczną pozycję, w miarę możliwości zbliżoną do pionowej nogami do dołu (patrz rys. 8).



Rys. 8. Przyjmowanie niebezpiecznej pozycji przez człowieka podczas i powstrzymaniu spadania przez urządzenie samozaciskowe ze sztywną prowadnicą w postaci szyny

#### Badania sprawdzające:

- ocena wystąpienia uderzenia głową manekina o mechanizm samozaciskowy lub prowadnicę urządzenia samozaciskowego podczas swobodnego spadania i powstrzymywania spadania. Pozycja początkowa manekina w chwili rozpoczęcia spadania:
  - pionowa głową do góry bez podparcia stóp na szczeblach drabiny zintegrowanej z mechanizmem samozaciskowym,
  - pionowa głową do góry z podparciem stóp (w części śródstopia) na szczeblach drabiny,
  - pionowa głową do góry ze stopami manekina przełożonymi za szczeble drabiny.

Ocena zderzenia głowy z elementami urządzenia powinna być dokonywana na podstawie filmu zarejestrowanego z prędkością co najmniej 1000 klatek/s.

## 2. Podzespoły łącząco-amortyzujące

### 2.1. Amortyzatory i linki bezpieczeństwa

Podczas pierwszej fazy powstrzymywania spadania z wysokości, napinania się podzespołu łącząco-amortyzującego i przemieszczania się w pionie zaczepu piersiowego szelek bezpieczeństwa istnieje ryzyko uderzenia w twarz zakończenia podzespołu. W związku z tym zatrzaśniki i zakończenia amortyzatorów i linek bezpieczeństwa, przewidziane do połączenia z klamrą piersiową szelek, powinny być jak najkrótsze oraz nie mogą zawierać twardych i ostrych elementów mogących zranić użytkownika.

Konstrukcja szelek powinna minimalizować przemieszczanie się w pionie piersiowej klamry zaczepowej.

Bezpieczniejszym rozwiązaniem połączenia amortyzatora z linką bezpieczeństwa jest zastosowanie materiałów i technologii włókienniczych, np. szwów, wspólnej taśmy włókienniczej amortyzatora i linki itp. Brak elementów metalowych np. klamer łączących zmniejsza ryzyko obrażeń w przypadku kontaktu z ciałem człowieka, a szczególnie jego twarzą.

Bezpieczniejszym sposobem użytkowania amortyzatorów (trwale połączonych z linką bezpieczeństwa) przyłączonych do piersiowej klamry zaczepowej szelek bezpieczeństwa jest taka konfiguracja, że do klamry zaczepowej szelek jest dołączany łącznik linki, a do punktu kotwienia łącznik amortyzatora. Dzięki temu unika się kontaktu rozdieranego amortyzatora z głową człowieka.

O ile pozwala na to specyfika czynności wykonywanych na stanowisku pracy bezpieczniejszym rozwiązaniem jest łączenie amortyzatora z linką do klamry grzbietowej szelek bezpieczeństwa, gdyż unika się ryzyka uderzenia twarzą o elementy sprzętu.

#### Badania sprawdzające:

- ocena wystąpienia uderzenia zakończenia podzespołu łącząco-amortyzującego, podłączonego do piersiowej klamry zaczepowej szelek bezpieczeństwa, w głowę manekina antropomorficznego podczas powstrzymywania jego spadania. Pozycja początkowa manekina w chwili rozpoczęcia spadania:
  - manekin zawieszony w pionie głową do góry,
  - manekin nachylony do przodu i podtrzymywany przez zawieszenie, pozycja pionowa głową do góry. Ocena zachowania manekina i sprzętu powinna być dokonywana na podstawie filmu zarejestrowanego z prędkością co najmniej 1000 klatek/s.

## 2.2. Urządzenia samozaciskowe

Łącznik pomiędzy mechanizmem samozaciskowym urządzenia z giętką prowadnicą, a piersiową klamrą zaczepową szelek powinien być w miarę możliwości jak najkrótszy. Dzięki temu minimalizowane są skutki potencjalnego uderzenia twarzą w mechanizm samozaciskowy (od góry) podczas fazy swobodnego spadania użytkownika. Rozwiązanie takie zmniejsza swobodę poruszania się użytkownika ale redukuje również drogę jego spadania.

#### Badania sprawdzające:

- ocena wystąpienia uderzenia twarzy manekina antropomorficznego o mechanizm samozaciskowy urządzenia z giętką prowadnicą połączony z piersiową klamrą zaczepową szelek bezpieczeństwa.

Pozycja początkowa manekina w chwili rozpoczęcia spadania: manekin zawieszony w pionie głową do góry, minimalna pozioma odległość między manekinem a prowadnicą urządzenia, maksymalna wysokość manekina w pionie ponad mechanizmem samozaciskowym.

Ocena zachowania manekina i sprzętu, głównie w zakresie uderzenia głową o mechanizm samozaciskowy, powinna być dokonywana na podstawie filmu zarejestrowanego z prędkością co najmniej 1000 klatek/s.

Mechanizm samozaciskowy urządzenia ze sztywną prowadnicą powinien być wyposażony w łącznik/łączniki, który współpracując z piersiową kłamrą zaczepową szelek bezpieczeństwa zapewnia użytkownikowi przyjęcie bezpiecznej pozycji (w miarę możliwości zbliżonej do pionowej nogami do dołu) w końcowej fazie powstrzymywania spadania (patrz rys. 8).

Badania sprawdzające:

Ocena pozycji manekina antropomorficznego w końcowej fazie powstrzymywania spadania przez urządzenie samozaciskowe ze sztywną prowadnicą.

Pozycja początkowa manekina w chwili rozpoczęcia spadania:

- pionowa głową do góry bez podparcia stóp na szczeblach drabiny zintegrowanej z urządzeniem samozaciskowym,
- pionowa głową do góry z podparciem stóp (w części śródstopia) na szczeblach drabiny,
- pionowa głową do góry ze stopami manekina przełożonymi za szczeble drabiny.

Ocena zderzenia manekina z elementami urządzenia oraz jego pozycja podczas powstrzymywania spadania powinna być dokonywana na podstawie filmu zarejestrowanego z prędkością co najmniej 1000 klatek/s.

### **3. Podsumowanie**

Przedstawiony materiał wskazuje na występowanie szeregu niebezpiecznych zjawisk towarzyszących działaniu indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości w warunkach dynamicznych. Proponowane badania wykraczają poza standardowe sprawdzanie zgodności sprzętu, a szczególnie szelek bezpieczeństwa, z aktualnymi normami EN. Dzięki nim możliwa jest pogłębiona ocena sprzętu, a szczególnie w fazie opracowywania nowych konstrukcji oraz sprawdzania kompatybilności poszczególnych składników np. szelek i urządzeń samozaciskowych. Zaproponowane badania mogą być prowadzone w Zakładzie Ochron Osobistych CIOP-PIB z wykorzystaniem stanowiska do badań dynamicznych sprzętu chroniącego przed

upadkiem z wysokości oraz manekina antropomorficznego Hybrid III 50th Pedestrian ATD [4].

### **Bibliografia**

1. PN-EN 364:1996 Indywidualny sprzęt chroniący przed upadkiem z wysokości -- Metody badań.
2. Baszczyński K., Jachowicz M., Jabłońska A: Sprawozdanie z etapu nr 1 i 2 statutowego zadania badawczego III-50 Określenie czynników mechanicznych działających na człowieka podczas powstrzymywania spadania z wysokości przez indywidualny sprzęt ochronny na podstawie badań z użyciem manekina antropomorficznego typ Hybrid III. CIOP-PIB, 2016-2017.
3. Baszczyński K., Jachowicz M., Jabłońska A.: Sprawozdania z realizacji I, II i III-go etapu zadania 3.G.08 pt.: Opracowanie kryteriów oceny oraz wytycznych do konstruowania i użytkowania indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości w oparciu o badania z użyciem manekina antropomorficznego CIOP-PIB, 2017-19.
4. Humanetics. Hybrid III 50M Pedestrian [Internet]. Plymouth, MI, USA: Humanetics; Dostępny na stronie: <http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies>.
5. PN-EN 361:2005 Środki ochrony indywidualnej chroniące przed upadkiem z wysokości - Szelki bezpieczeństwa.
6. PN-EN 813:2008 Indywidualny sprzęt chroniący przed upadkiem z wysokości - Uprząż biodrowa

**Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.**

**Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.**