

mgr inż. ZYGMUNT ZROBEK
 dr inż. KRZYSZTOF BASZCZYŃSKI
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy

Ochrona przed upadkiem ze słupów żerdziowych

– ocena skuteczności systemu ustalającego pozycję

Systemy do ustalania pozycji są nadal często stosowane do ochrony przed upadkiem z wysokości podczas wykonywania prac na słupach żerdziowych. Efektywność ochrony, jaką mogą zapewnić w ramach takiego zastosowania, budzi wiele wątpliwości niezależnie od przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych i sposobu ich stosowania. W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – PIB dokonano oceny skuteczności powstrzymywania spadania ze słupów żerdziowych przy zastosowaniu tego typu systemów. W artykule przedstawiono metodę oraz wyniki oceny przeprowadzonej na podstawie badań modelowych, w oparciu o kryterium dopuszczalnego przemieszczenia użytkownika.

Protection against falls from poles – efficiency assessment of work positioning equipment

Work positioning systems are still employed for protecting against falls from a height when work is carried out on poles. The efficiency of such a fall protection method is questionable, irrespective of the construction and how it is used. An assessment of fall arrest efficiency on poles with a work positioning system was carried out at the CIOP-PIB. This article presents methods and results of assessment based on performance tests of equipment models and the maximum fall distance criterion.

Zmniejszenie ryzyka upadku z wysokości podczas wykonywania prac na słupach żerdziowych (np. w energetyce lub telekomunikacji) osiąga się między innymi przez wyposażenie pracowników w odpowiedni sprzęt ochronny oraz ścisłe przestrzeganie zasad jego stosowania. Jednym z praktykowanych od dawna sposobów wspomagania pracy oraz ochrony przed upadkiem z wysokości w tych warunkach jest stosowanie zgodnych z normą PN-EN 358:2002 [1] systemów ustalających pozycję podczas pracy. Systemy te składają się z pasa biodrowego oraz linki opasującej słupek i najczęściej są stosowane wraz ze słupolazami (rys. 1.). Mają one wiele zalet: są tanie, proste w użytkowaniu, mają małą masę, mogą być stosowane „pod napięciem”.

Efektywność ochrony, jaką mogą zapewnić tego typu systemy na słupach żerdziowych, budzi jednak liczne wątpliwości, niezależnie od zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych i sposobu ich stosowania. Spowodowane jest to na przykład brakiem wiarygodnych informacji dotyczących skuteczności i powtarzalności zaciskania się linki opasującej na słupie w różnych warunkach stosowania, maksymalnego przemieszczenia się użytkownika w przypadku ewentualnego spadania czy też wartości sił działających na użytkownika podczas powstrzymywania spadania. Istot-

ne znaczenie dla prawidłowej współpracy linki ze słupem ma, m.in., sposób jej opasania wokół żerdzi. W praktyce najczęściej stosowane są dwa sposoby opasania – pojedyncze i podwójne (rys. 2.).

Pojedyncze opasanie słupa linką (rys. 2a), jakkolwiek zgodne z normą PN-EN 358:2002, może być stosowane wyłącznie podczas pozostawiania pracownika w miejscu, gdy linka opasująca jest położona ponad elementem uniemożliwiającym jej przemieszczenie się w dół żerdzi (np. poprzecznikiem słupa lub przetyczką). Na podstawie badań przeprowadzonych w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym [2] stwierdzono, że metoda opasania pojedynczego jest zdecydowanie niewystarczająca do ochrony podczas poruszania się po słupie.

Jednak przyzwyczajenie użytkowników oraz niewątpliwe zalety użytkowe sprzętu ustalającego pozycję znalazły wyraz w postulatach środowisk zajmujących się bezpieczeństwem pracy w energetyce, dotyczących konieczności zbadania przydatności systemu ustalającego pozycję podczas pracy, charakteryzującego się podwójnym opasaniem słupa linką (rys. 2b). Wychodząc naprzeciw tym potrzebom, w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – PIB dokonano takiej oceny.



Rys. 1. Przykład zastosowania systemu ustalającego pozycję podczas pracy na słupie żerdziowym

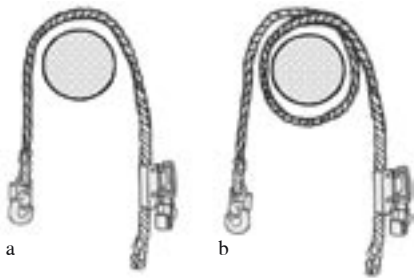
Fig. 1. An example of the application of a work positioning system on a pole

Metoda oceny

W ramach oceny skuteczności powstrzymywania spadania rozpatrywano następujące zmienne parametry:

- Konstrukcja słupa żerdziowego; uwzględniono trzy rodzaje żerdzi: żerdź drewnianą o dużej chropowatości, żerdź drewnianą o małej chropowatości oraz żerdź strunobetonową* o przekroju okrągłym.

* W energetyce i sektorach pokrewnych określenie „słup żerdziowy” stosuje się niezależnie od tego z jakiego materiału został wykonany słupek.



Rys. 2. Sposoby opasania słupa żerdziowego linką systemu ustalającego pozycję: a – opasanie pojedyncze, b – opasanie podwójne

Fig. 2. Methods of encircling a pole with a work positioning lanyard: a – single loop, b – double loop

- Konstrukcja systemu ochronnego (sztywność linki opasującej żerdź); uwzględniono dwa rodzaje linek – wykonane z liny poliamidowej kręconej oraz z liny stalowej w oplocie poliamidowym.

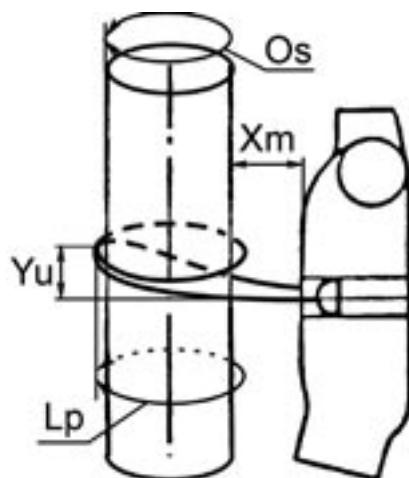
- Parametry geometryczne układu „człowiek-system ochronny-słup żerdziowy”; analizie podlegały takie parametry, jak: stosunek długości pętli linki opasującej do obwodu żerdzi – Lp/Os , odległość człowieka (manekina) od żerdzi – Xm , odległość pionowa pętli opasującej żerdź względem zaczepów uprząży (umieszczonej na wysokości talii użytkownika) – Yu (rys. 3.).

Kryterium oceny stanowiły wymagania zawarte w rozporządzeniu ministra gospodarki, pracy i polityki społecznej z dnia 31 marca 2003 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej [3] oraz w normie PN-EN 358:2002. Przepisy mające zastosowanie do systemów ustalających pozycję, jako środków ochrony indywidualnej przed upadkiem z wysokości na słupach żerdziowych, zawarte w rozporządzeniu określają, że w przewidywanych warunkach stosowania droga spadania użytkownika powinna być minimalizowana, a siła

powstrzymywania spadania nie powinna przekraczać wartości, powyżej której użytkownik mógłby doznać urazów ciała. Norma PN-EN 358:2002 precyzuje to wymaganie, stanowiąc, że system powinien być tak usytuowany i wyregulowany, by punkt kotwiczący był umieszczony na poziomie pasa (talii) użytkownika, linka była utrzymywana w stanie napiętym, a zakres swobodnego przemieszczania się był ograniczony do 0,6 m.

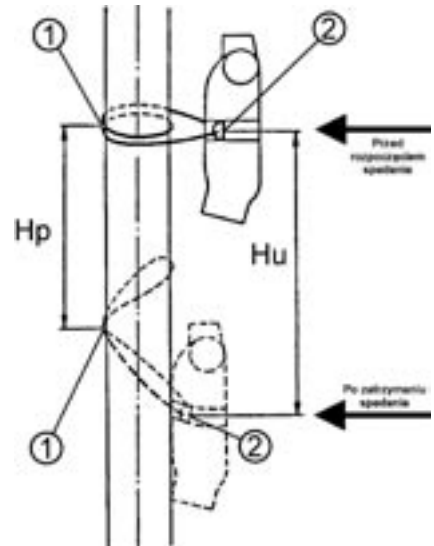
Do oceny przyjęto, że swobodnym przemieszczeniem użytkownika podczas

powstrzymywania spadania będzie całkowite przemieszczenie końców linki opasującej, które jest tożsame z przemieszczeniem zaczepów uprząży i oznaczane – Hu (rys. 4.). Z kolei, na przemieszczenie zaczepów uprząży Hu składa się przemieszczenie pętli linki opasującej względem słupa przed zaciśnięciem (oznaczane – Hp) i przemieszczenie pionowe końców linki względem pętli. Kryterium to oparto na przesłankach stwierdzających, że przemieszczenie użytkownika względem uprząży, wydłużenie uprząży



Rys. 3. Parametry geometryczne układu „człowiek (manekin)-system ochronny-słup żerdziowy”, Os – obwód słupa, Lp – długość pętli linki opasującej słup, Yu – odległość pionowa zaczepów uprząży względem pętli linki opasującej, Xm – odległość pozioma człowieka (manekina) od słupa

Fig. 3. Geometrical parameters of the “user (manikin) – protective system – pole” arrangement, Os – circumference of the pole, Lp – circumference of the work positioning lanyard loop, Yu – vertical distance between attachment buckles of the harness and the work positioning lanyard loop, Xm – horizontal distance between the user (manikin) and the pole



Rys. 4. Sposób wyznaczania przemieszczeń systemu ochronnego podczas powstrzymywania spadania manekina, Hp – przemieszczenie pętli linki opasującej słup, Hu – przemieszczenie klamer uprząży, 1,2 – punkty służące do pomiaru przemieszczeń

Fig. 4. A method of determining the displacement of a work positioning system during fall arrest of the manikin, Hp – displacement of the work positioning lanyard loop, Hu – displacement of attachment buckles of the harness, 1,2 – points employed for measuring of displacement

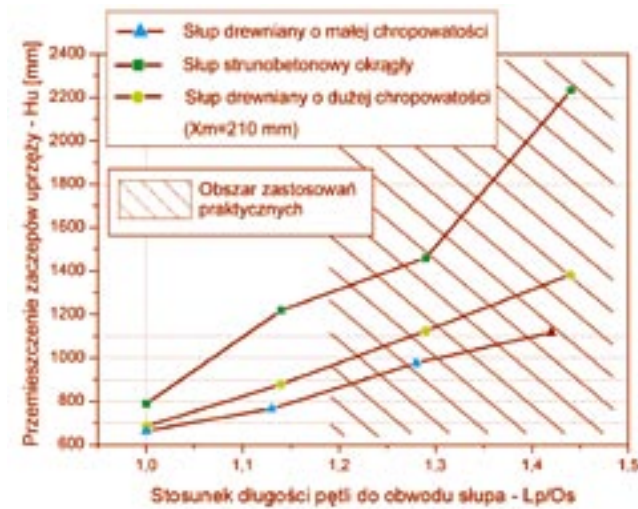
oraz ewentualne przesuwanie się linki opasującej względem żerdzi po zaciśnięciu pętli występują podczas procesu powstrzymywania spadania i nie wchodzą w zakres swobodnego spadania użytkownika.

Oceń skuteczności powstrzymywania spadania oparto na wynikach badań modelowych [4], które polegały na powstrzymywaniu spadania manekina sztywnego o masie 100 kg, wyposażonego w system ochronny współpracujący ze słupem żerdziowym. W ramach tych badań wy-

znaczano wartości przemieszczeń pętli linki opasującej słup – Hp oraz zaczepów uprząży Hu w funkcji, omówionych wyżej, zmiennych parametrów konstrukcyjnych żerdzi i systemu ochronnego oraz parametrów geometrycznych układu „manekin-system ochronny-słup żerdziowy”.

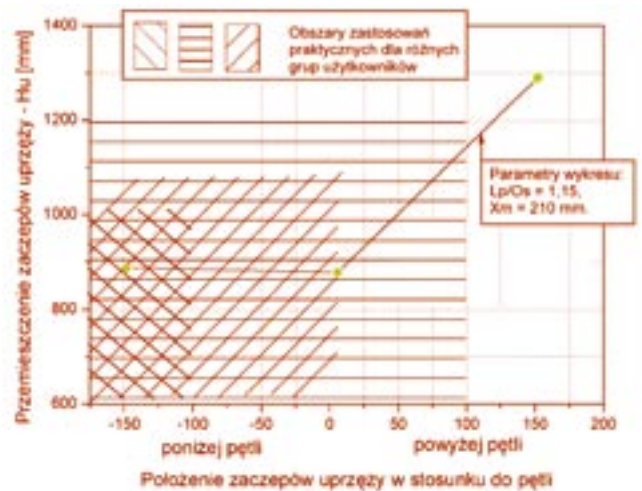
W celu zbliżenia warunków w jakich wykonywano badania modelowe do warunków użytkowania, określono dodatkowo praktyczny zakres parametrów geometrycznych układu „człowiek-system

ochronny-słup żerdziowy” podczas symulowanego poruszania się po słupie (wchodzenia lub schodzenia) oraz podczas wykonywania pracy przez człowieka. Pomiar tych parametrów przeprowadzono z udziałem wykwalifikowanych monterów z przedsiębiorstw energetycznych. Osoby biorące udział w badaniach były wyposażone w system ustalający pozycję składający się z szelek bezpieczeństwa z pasem biodrowym oraz w linkę opasującą, odpowiadającą linie stosowanej



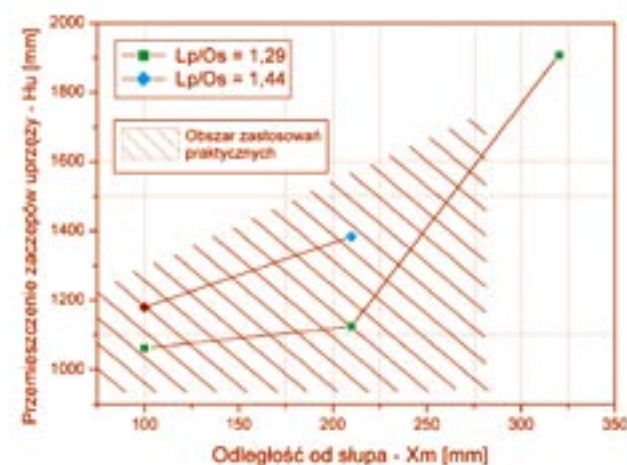
Rys. 5. Zależność przemieszczenia zaczepów uprząży od wielkości pętli linki opasującej słup (parametr Lp/Os) dla różnego rodzaju słupów, wraz z praktycznym zakresem parametru Lp/Os

Fig. 5. Dependence between displacement of the attachment buckles of the harness and parameter Lp/Os of the work positioning lanyard loop, for various types of poles



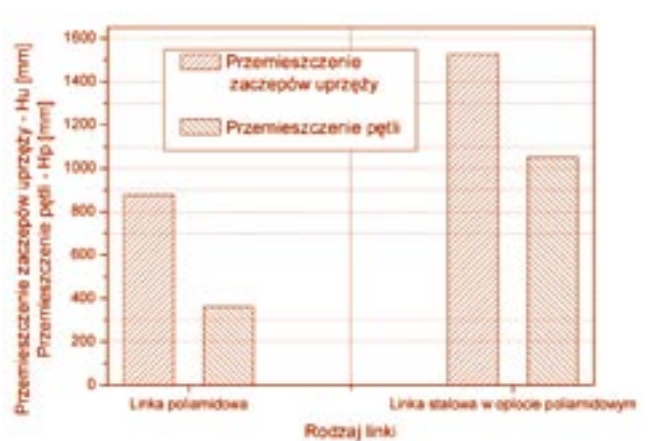
Rys. 6. Zależność przemieszczenia zaczepów uprząży od ich położenia względem pętli linki opasującej słup (parametr Yu), wraz z praktycznym zakresem parametru Yu

Fig. 6. Dependence between displacement of the attachment buckles of the harness and its initial position (related to the work positioning lanyard loop – parameter Yu)



Rys. 7. Zależność przemieszczenia zaczepów uprząży od odległości człowieka (manekina) od żerdzi (parametr Xm) dla różnych wartości parametru Lp/Os, wraz z praktycznym zakresem parametru Xm

Fig. 7. Dependence between displacement of the attachment buckles of the harness and horizontal distance between the user (manikin) and the pole, for various values of parameter Lp/Os



Rys. 8. Zależność przemieszczeń systemu ochronnego (parametry Hp i Hu) od sztywności linki opasującej (linka poliamidowa – o niewielkiej sztywności oraz linka stalowa w oplocie poliamidowym – o podwyższonej sztywności) (Xm = 210 mm, Lp/Os = 1.14)

Fig. 8. Comparison of protective system displacement (parameters Hp and Hu) for work positioning lanyards of different rigidity (Test conditions: Xm = 210 mm, Lp/Os = 1.14)

w badaniach modelowych. Wyniki tych pomiarów, porównane z analogicznymi parametrami układu „manekin-model systemu ochronnego-model żerdzi”, posłużyły do analizowania wyników badań modelowych.

Wyniki badań modelowych zostały przedstawione na rysunkach 5., 6., 7., 8. w postaci wykresów zależności przemieszczeń klamer uprząży Hu w funkcji parametrów konstrukcyjnych żerdzi i systemu ochronnego oraz parametrów geometrycznych układu „manekin-system ochronny-słup żerdziowy”. Na rysunkach 5., 6., 7. przedstawiono ponadto praktyczny zakres parametrów geometrycznych układu „człowiek-system ochronny-słup żerdziowy”.

Ocena systemu ochronnego stosowanego przez człowieka, przeprowadzona na podstawie wyników badań modelowych z zastosowaniem manekina sztywnego, może być obciążona pewnym błędem. Jest to spowodowane różnicą pomiędzy zachowaniem manekina sztywnego podczas badań a zachowaniem człowieka podczas spadania. Biorąc pod uwagę, że ocenę skuteczności działania systemu oparto na ocenie wartości przemieszczeń linki opasującej względem żerdzi, wpływ manekina jako czynnika różnicującego warunki badań jest minimalizowany. Do celów tej oceny przyjęto, że korelacja pomiędzy metodą badań modelowych z zastosowaniem manekina sztywnego a rzeczywistym użytkowaniem jest wystarczająca do prognozowania zachowywania się systemu ustalającego pozycję podczas pracy w warunkach rzeczywistych.

Wyniki oceny

Przedstawione wyniki badań i analiz prowadzą do następujących wniosków dotyczących oceny skuteczności powstrzymywania spadania przez system ustalający pozycję podczas pracy na słupie żerdziowym:

- Minimalne przemieszczenie zaczepów uprząży Hu uzyskano w przypadku zastosowania żerdzi drewnianej o dużej chropowatości oraz linki opasującej o małej sztywności, przy następującym zestawie parametrów geometrycznych: $Lp/Os = 1,19$, $Xm = 90$ mm, $Yu < 0$ mm (zaczepy uprząży poniżej pętli). Na podstawie wyników badań przedstawionych na rysunkach 5., 6., 7., 8. można prognozować, że w tych warunkach przemieszczenie zaczepów uprząży wyniesie około 0,8 m i przekroczy granicę ustaloną w normie PN-EN 358:2002.

- Parametry geometryczne (Lp/Os , Xm , Yu) układu „człowiek-system ochronny-

-słup żerdziowy” przyjmują w praktyce tak szeroki zakres wartości, że ich zmiana może powodować drastycznie różne zachowanie się rzeczywistego systemu ochronnego. Podana wyżej, prognozowana wartość przemieszczenia Hu jest wartością minimalną. Każda zmiana parametrów konstrukcyjnych lub geometrycznych będzie prowadziła do zwiększenia tego przemieszczenia, sięgając w bardziej niekorzystnych przypadkach wartości ok. 2,0 m. Sytuacja ta została zilustrowana na rysunkach 5., 6., 7.

- Stan powierzchni słupa żerdziowego, przekładający się na wartość tarcia linki opasującej o słup, ma decydujący wpływ na skuteczność powstrzymywania spadania przez system ochronny. Na podstawie wyników pomiarów przedstawionych na rys. 5. można prognozować, że zmiana stanu powierzchni żerdzi może prowadzić w skrajnym przypadku do dwukrotnego zwiększenia przemieszczenia systemu względem słupa.

- Zwiększanie wielkości pętli linki opasującej słup powyżej niezbędnego minimum jest niekorzystne. Powoduje wzrost parametru Lp/Os , który ma wpływ na wartość przemieszczeń systemu względem żerdzi (rys. 5.).

- Usytuowanie pętli linki opasującej słup, przed rozpoczęciem spadania, poniżej zaczepów uprząży jest niekorzystne. Powoduje znaczący wzrost wartości przemieszczeń systemu ochronnego w porównaniu z sytuacją, gdy pętla znajduje się na poziomie zaczepów lub powyżej (rys. 6.).

- Zwiększanie odległości użytkownika od słupa powyżej 200 mm powoduje istotne zakłócenie procesu powstrzymywania spadania, objawiające się przyrostem przemieszczeń systemu (rys. 7.).

- Sztywność linki opasującej ma decydujące znaczenie dla jej współpracy ze słupem żerdziowym. Zastosowanie sztywnej linki opasującej zwiększa w sposób istotny przemieszczenia systemu po słupie (rys. 8.).

W przypadku linki stalowej w oplocie poliamidowym dla następujących parametrów badania: $Xm = 210$ mm, $Lp/Os = 1,29$, nie uzyskano powstrzymania spadania manekina! Sytuacja taka wystąpiła dla wartości parametrów geometrycznych Xm i Lp/Os mieszczących się w zakresie zastosowań praktycznych.

Podsumowanie

System do ustalania pozycji stosowany do ochrony przed upadkiem z wysokości na słupie żerdziowym, wykorzystujący podwójnie opasaną wokół słupa żerdziowego linkę, nie spełnia wymagań normy PN-EN 358:2002 w zakresie dopuszczalnych przemieszczeń użytkownika podczas powstrzymywania spadania. Ponadto, system ten jest wrażliwy na zmianę parametrów konstrukcyjnych i geometrycznych układu „człowiek-system ochronny-słup żerdziowy”, w takim stopniu, że w pewnych warunkach może nie powstrzymać spadania. Mankamenty te powodują, że systemy ustalające pozycję o konstrukcji przedstawionej w tym artykule, nie powinny być stosowane do ochrony przed upadkiem ze słupów żerdziowych.

Możliwość stosowania tego typu systemu w celu ochrony przed upadkiem ze słupów żerdziowych należy uzależnić od dokonania modyfikacji konstrukcyjnych systemu, które w sposób zdecydowany zmniejszyłyby przemieszczenie użytkownika względem słupa podczas spadania oraz uniezależniły to przemieszczenie od wpływu zmiennych czynników geometrycznych słupa i wpływu warunków atmosferycznych. Wykazanie skuteczności takich modyfikacji wymagałoby wykonania odpowiednich badań.

PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-EN 358:2002 *Indywidualny sprzęt ochronny, ustalający pozycję podczas pracy i zapobiegający upadkom z wysokości. Pasy ustalające pozycję podczas pracy i ograniczające przemieszczanie oraz linki ustalające pozycję podczas pracy*. Polski Komitet Normalizacyjny, grudzień 2002
- [2] Zrobek Z., Baszczyński K., Kamańczyk P., Bargiel H. *Opinia dotycząca systemu ochrony przed obsunięciem podczas pracy i wchodzenia do miejsca pracy na konstrukcjach żerdziowych*. Praca wykonana na zlecenie Zakładu Bezpieczeństwa Pracy Instytutu Energetyki, CIOP, Łódź grudzień 1994
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 31 marca 2003 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej. DzU nr 80, poz. 725
- [4] Zrobek Z. i inni *Budowa stanowiska badawczego i modeli badawczych. Badania zjawisk towarzyszących powstrzymywaniu spadania przez sprzęt ochronny*. Sprawozdanie z drugiego etapu zadania badawczego III-6.01 pt. *Modelowe badania zjawisk występujących podczas stosowania sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości na słupach żerdziowych*. CIOP, Warszawa 2004

Praca wykonana w ramach zadania badawczego nr III-6.01 programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 2002-2004. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy