

dr TOMASZ TOKARSKI
mgr inż. JOANNA KAMIŃSKA
mgr inż. ADAM WITTEK
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Ręczne podnoszenie i przenoszenie ładunków

Praca wykonana w ramach Strategicznego Programu Rządowego pn.: „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1995-1998

Choroby narządu ruchu stanowią w Polsce około 2,5% uznanych chorób zawodowych [18]. Są one rezultatem wieloletniego oddziaływania środowiska pracy i czynników związanych z aktywnością pozazawodową. Podczas pracy wiele czynności roboczych wymaga ręcznego podnoszenia lub przenoszenia przedmiotów o różnej masie i kształcie. Wykonywanie tych czynności obciąża układ ruchu człowieka i może powodować dolegliwości lub nawet urazy, dlatego istnieje na przykład tendencja do ochrony starszych pracowników przed wykonywaniem prac wymagających rozwijania znacznych sił mięśniowych. Również wartości obciążeń dopuszczalnych zalecane dla pracowników młodocianych są znacznie niższe od tych dla populacji dorosłych. Dla kobiet zaleca się zwykle mniejsze wartości dopuszczalne zmiennych charakteryzujących obciążenie niż dla mężczyzn, a dodatkowo przepisy prawne wymagają znacznego obniżenia tych wartości dla kobiet w ciąży [11].

W celu określenia obciążenia pracownika w środowisku pracy niezbędne jest przeanalizowanie czynników charakteryzujących stanowiska pracy.

CHARAKTERYSTYKA STANOWISK PRACY

Na stanowisku pracy można wyróżnić następujące, powiązane ze sobą elementy: *pracownik - podmiot pracy - zadanie robocze - środowisko pracy*. Każdy z tych elementów zależy od zmiennych wpływających na niego i na siebie wzajemnie.

Zmienne charakteryzujące pracownika

Przez zmienne charakteryzujące pracownika rozumie się zazwyczaj wszystkie elementy, które determinują jego zdolność do wykonywania określonych zadań roboczych. Elementy te powinny określać wartości obciążeń zewnętrznych, które nie powodują u pracownika nadmiernego wysiłku fizycznego oraz siły, które działając na układ mięśniowo-szkieletowy nie powodują jego obrażeń. Podstawowy problem polega tu na tym, że jednoznaczne zdefiniowanie „bezpiecznego” poziomu obciążenia zewnętrznego jest zagadnieniem złożonym ze względu na różnice międzyosobnicze. Cechami, które najczęściej bierze się pod uwagę są wiek, płeć, masa ciała oraz wymiary ciała (parametry antropometryczne).

Wiek. Powszechnie zakłada się, że wytrzymałość fizyczna maleje powyżej 30 roku życia. Wraz z wiekiem maleje także sprawność ruchowa kręgosłupa, maksymalne siły mięśniowe, zdolność kręgosłupa do przenoszenia obciążeń dynamicznych oraz szybkość skurczu mięśni [1]. W związku z tym rozpowszechniona jest tendencja do ochrony starszych pracowników przed pracami wymagającymi rozwijania dużych sił mięśniowych, i angażowania do tego typu zadań pracowników młodszych.

Płeć. Zwykle przyjmuje się, że płeć jest najistotniejszą zmienną, która dzieli populację pracowników pod względem różnic antropometrycznych, biomechanicznych i fizjologicznych. Według danych literaturowych, sprawność fizyczna kobiet wynosi średnio około 2/3 sprawności fizycznej mężczyzn (tab. 1). W związku z tym wiele obowiązujących standardów i zaleceń uzależnia maksymalną masę dopuszczalnych ładunków od płci pracownika.

Tabela 1

MAKSYMALNA PODNOSZONA MASA TOLEROWANA PRZEZ PRACOWNIKA

Czynniki		Mężczyźni		Kobiety	
		\bar{x} [kg]	SD	\bar{x} [kg]	SD
Przestrzeń	otwarta	28,7	5,2	18,6	4,0
	ograniczona	24,9	4,8	16,1	3,8
Trzymanie	z uchwytami	29,6	5,1	19,1	4,1
	bez uchwytów	24,3	4,3	15,7	3,4
Wysokość	nadgarstka	28,6	5,2	18,3	4,2
	łokciowa	25,1	4,9	16,4	3,8
Wymiary przedmiotu:					
30,48x30,48x25,4		27,8	5,0	18,9	4,1
45,72x30,48x25,4		27,9	5,3	17,5	3,7
60,96x30,48x25,4		26,8	5,3	16,4	3,9
30,48x30,48x30,48		26,2	5,4	17,4	4,2
- bez przesunięcia w stronę preferowaną przez pracownika					
30,48x30,48x40,48		25,5	5,4	16,5	4,1
- przesunięcie: 7,61 cm w stronę preferowaną przez pracownika					
\bar{x} - wartość średnia, SD - odchylenia standardowe					

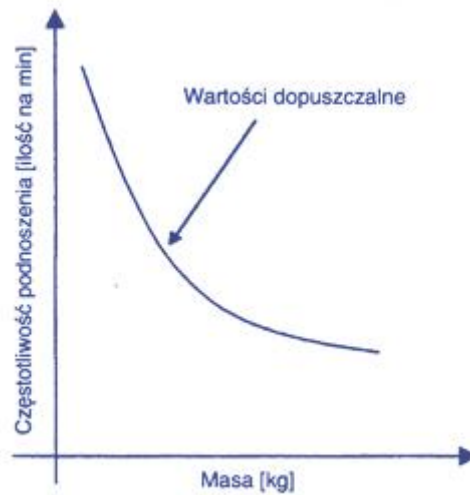
Masa ciała. Zwykle zakłada się, że masa ciała jest czynnikiem, który w istotny sposób określa zdolność do przenoszenia i dźwigania ładunków. Rola tego czynnika nie jest jednoznaczna. Z jednej strony większa masa ciała oznacza większą masę mięśniową, a to w konsekwencji oznacza zdolność do rozwijania większych sił przez mięśnie. Z drugiej strony - ze wzrostem masy ciała wzrasta wydatek energetyczny związany z podstawową przemianą materii. Jeżeli jednak większa masa ciała jest związana ze zwiększoną masą tkanki tłuszczowej, to podczas pracy występuje szybsze zmęczenie mięśni i większe obciążenie układu krążenia. Są to jednak tendencje ogólne, które zależą od wielu innych cech indywidualnych.

Wymiary ciała. Powszechnie przyjmuje się, że wymiary ciała w dość ograniczonym stopniu określają zdolność do przenoszenia i dźwigania ładunków. Wymiary ciała powinny być natomiast brane pod uwagę przy planowaniu przestrzeni pracy, określaniu wymiarów pojemników oraz doboru pracowników do prac, które wymagają przenoszenia lub podnoszenia ładunków przy udziale dwóch lub więcej osób. Główne wymiary ciała ludzkiego dla populacji polskiej zawarte są w normie *Wymiary ciała ludzkiego* [16], a także w atlasach antropometrycznych [2]. Bardziej szczegółowe dane dotyczące wymiarów granicy zasięgu rąk podane są w normie *Granica zasięgu rąk* [17].

Zmienne charakteryzujące zadania robocze

Najważniejszymi zmiennymi, charakteryzującymi zadania robocze są: masa podnoszonych lub przenoszonych przedmiotów, częstotliwość wykonywania zadań roboczych, czas trwania zadań roboczych, wysokość i odległość podnoszenia lub przenoszenia, wymiary i kształt przedmiotów, charakterystyka uchwytów, współczynnik tarcia między butami a podłożem podczas podnoszenia lub przenoszenia oraz pozycje robocze przyjmowane w czasie wykonywania zadań.

Częstotliwość wykonywania zadań roboczych. Dla danego zadania roboczego maksymalna dopuszczalna masa podnoszonych przedmiotów maleje nieliniowo ze wzrostem częstotliwości podnoszenia (*rys. 1*). Kryteriami, które określają maksymalną częstotliwość przy określonej masie przedmiotu są kryteria fizjologiczne i psychofizyczne. Kryterium fizjologiczne zakłada, że wydatek energetyczny organizmu przy wykonywaniu zadań roboczych (zależny od płci czy rodzaju wykonywanej pracy) nigdy jednak nie powinien przekraczać 5 kcal/min (349 J/s) [10]. Dla częstotliwości podnoszenia 6 razy na minutę, maksymalna dopuszczalna masa przenoszonych przedmiotów, oszacowana na podstawie kryterium psychofizycznego i fizjologicznego, wynosi dla mężczyzn 15 kg (*tab.2*).



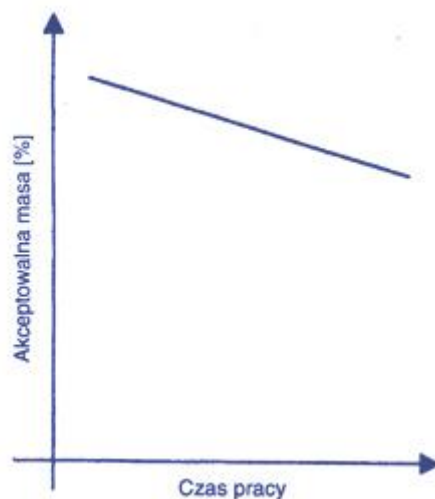
Rys. 1. Maksymalna dopuszczalna częstotliwość podnoszenia jako funkcja masy podnoszonych przedmiotów

Tabela 2
WARTOŚCI MASY GRANICZNEJ PRZY PODNOSZENIU I PRZENOSZENIU ŁADUNKÓW

Rodzaj transportu ładunku	Płeć	Wiek [lata]	Graniczna wartość przenoszonej masy w zależności od częstości czynności [kg]		
			rzadko	dorywczo (do 4 razy na godzinę)	stale
Podnoszenie	Mężczyźni	16-19	35	25	20
		19-45	55	30	25
		>45	50	25	20
	Kobiety	16-19	13	9	8
		19-45	15	10	9
		>45	13	9	8
Przenoszenie	Mężczyźni	16-19	30	20	15
		19-45	50	30	20
		>45	40	25	15
	Kobiety	16-19	13	9	8
		19-45	15	10	10
		>45	13	9	8

Częstotliwość podnoszenia lub przenoszenia jest ściśle związana z wartością podnoszonej masy. Optymalnie do 9 razy na min (ładunki o niewielkiej masie). Nigdy więcej niż 15 razy na min [9].

Czas trwania zadań roboczych. Wraz ze wzrostem czasu trwania zadań roboczych rośnie wydatek energetyczny (tab. 3). Zatem ze wzrostem czasu należy dążyć do zmniejszenia obciążenia lub zapewnienia możliwości wypoczynku podczas pracy (rys. 2).



Rys. 2. Zmiany maksymalnej dopuszczalnej masy podnoszenia przedmiotu jako funkcji czasu pracy

Tabela 3

ZALECENIA OGÓLNE DOTYCZĄCE ZAGADNIEŃ ZWIĄZANYCH Z RĘCZNYM OPEROWANIEM PRZEDMIOTAMI

Zmienna	Zalecane wartości dopuszczalne
Zmienne charakteryzujące zadanie robocze	
Masa przedmiotu	20 - 25 kg (30-40%mniej dla kobiet) 15 kg dla pracowników młodocianych
Masa całkowita przenoszona w jednostce czasu	Maksymalnie na odległość 1 m 120 kg/min, 7000 kg/godz, 10000 kg/zmianę roboczą
Wydatek energetyczny	Maksymalnie 21 kJ/min dla mężczyzn (20 kJ/min dla kobiet) Nie więcej niż 8000 kJ dla mężczyzn (5000 kJ dla kobiet na zmianę roboczą) Dla młodocianych nie więcej niż 2300 kJ na zmianę roboczą
Częstotliwość podnoszenia	Optymalnie do 9/min, ale nigdy nie więcej niż 15/min
Wymiary przedmiotów i ich charakterystyka	Do 0,5 m w płaszczyźnie strzałkowej przy podnoszeniu Należy unikać operowania przedmiotami długimi Łatwiejsze jest podnoszenie przedmiotów odkształcalnych (toreb) niż sztywnych pojemników Długość uchwytów około 0,115 m, średnica uchwytów około 0,029-0,058 m
Zmienne charakteryzujące pracownika	
Wiek	Istnieje tendencja do ochrony starszych pracowników przed wykonywaniem prac wymagających rozwijania znacznych sił mięśniowych Dla pracowników młodocianych zalecane wartości obciążeń dopuszczalnych są znacznie obniżone w stosunku do wartości dla populacji dorosłych
Płeć	Dla kobiet zaleca się zwykle mniejsze wartości dopuszczalne zmiennych charakteryzujących obciążenie niż dla mężczyzn Przepisy prawne wymagają znacznego obniżenia tych wartości dla kobiet w ciąży
Zmienne charakteryzujące środowisko	
Mikroklimat	Zaleca się unikanie wykonywania czynności roboczych wymagających ręcznego operowania przedmiotami w środowiskach powodujących znaczne obciążenie termiczne

Zaleca się, aby całkowita przenoszona masa na odległość mniejszą niż 1m nie przekraczała 120 kg na minutę, 7000 kg na godzinę i 10 000 kg na zmianę roboczą (tab. 4).

Tabela 4
STOPIEŃ CIĘŻKOŚCI PRACY DLA KOBIET I MĘŻCZYŹN

Stopień ciężkości pracy	Wydatek energetyczny netto na zmianę roboczą [kJ] ([kcal])	
	Mężczyźni	Kobiety
Lekka-średnio ciężka	do 6300 (1500)	do 3700 (900)
Ciężka	6300÷8400 (1500÷2000)	3700÷5000 (900÷1200)
Bardzo ciężka	>8400 (>2000)	>5000 (>1200)

Wysokość podnoszenia. Indywidualna zdolność do podnoszenia ładunków maleje wraz ze wzrostem wysokości, na jaką ładunki są podnoszone. Przy stałej masie podnoszonego przedmiotu wydatek energetyczny znacznie rośnie wraz ze wzrostem wysokości podnoszenia. Wartość maksymalnej dopuszczalnej masy podnoszonych przedmiotów powinna być mniejsza o około 30%, jeżeli wysokość podnoszenia wzrasta z 0,76 m na 1,76 m [1]. Istotnym parametrem jest również położenie pionowe punktu, z którego rozpoczyna się podnoszenie. Jeżeli początkowe położenie zmienia się z poziomu bioder (około 0,76 m) na poziom wyższy (stawu ramiennego około 1,5m) lub niższy (stawu kolanowego około 0,5 m), to maksymalna dopuszczalna masa podnoszonego przedmiotu zmniejsza się (o około 23%) przy niezmięniwej wysokości podnoszenia [1].

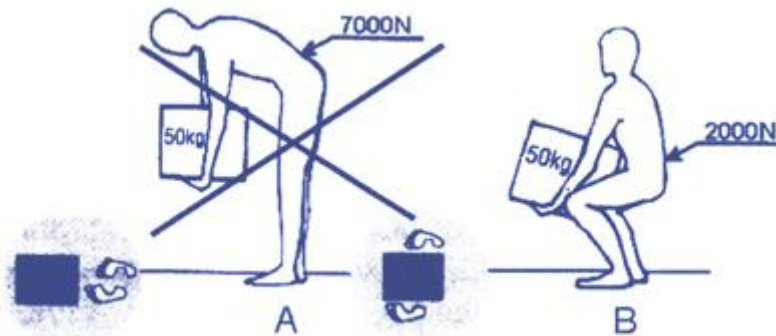
Wymiary przedmiotów. Powszechnie akceptowany jest pogląd, że znaczne wymiary przenoszonych przedmiotów utrudniają wykonywanie czynności roboczych oraz obniżają ich bezpieczeństwo. Ponadto większe wymiary podnoszonego przedmiotu prowadzą do wzrostu ramienia siły ładunku przedmiotu względem kręgosłupa. Istnieją także pewne zalecenia dotyczące sposobów podnoszenia przedmiotów o nietypowych kształtach. Na przykład długie przedmioty należy przenosić na ramieniu tak, aby tylny koniec znajdował się wysoko, a przedmioty niskie należy podnosić używając mięśni nóg i unikając skrętu tułowia podczas podnoszenia.

Kształt przedmiotu. Stwierdzono, że kształt podnoszonego przedmiotu wpływa na obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego, gdyż decyduje o możliwości wygodnego podnoszenia. Wykazano, że łatwo odkształcalne opakowania (typu torba) są wygodniejsze do podnoszenia od sztywnych pojemników. W związku z tym w łatwo odkształcalnych opakowaniach można przenosić przedmioty o większej masie [6].

Uchwyty. Stwierdzono, że ręczne operowanie przedmiotami posiadającymi uchwyty jest bezpieczniejsze i prowadzi do mniejszego obciążenia organizmu. Podnoszenie pojemników bez uchwytu powoduje zwiększenie wydatku energetycznego o około 0,17 kcal/min [5]. Jako optymalne wymiary chwytów zaleca się zwykle długość około 0,115 m i szerokość 0,025-0,058 m.

Porowatość i stabilność podłoża jest bardzo ważna. Zwykle zaleca się, żeby podeszwy butów używanych do przenoszenia przedmiotów były wykonane z materiału przeciwpoślizgowego, a także wzmocnione na czubach. Dobrze jest jeśli obuwie wykonane jest z przepuszczających powietrze materiałów, stabilizuje staw skokowy i wyposażone jest w amortyzujący obcas. Podłoże, po którym przenoszone są przedmioty powinno być stabilne, czyste i suche. W przypadku przenoszenia przedmiotów na niestabilnym podłożu zaleca się zachowanie szczególnej ostrożności.

Pozycja robocza. W przypadku zadań roboczych wymagających ręcznego operowania przedmiotami, pozycja robocza jest zdefiniowana jako konfiguracja ciała przyjmowana przez pracownika w początkowej fazie wykonywania zadania roboczego. Pozycja robocza jaką przyjmuje pracownik jest wypadkową jego indywidualnych predyspozycji oraz cech zadania roboczego. Różne zadania robocze wymagają przyjmowania określonych pozycji roboczych. To samo zadanie robocze może jednak zostać wykonane z wykorzystaniem różnych pozycji roboczych. Na przykład można podnosić przedmioty utrzymując wyprostowane kończyny dolne ([rys. 3a](#)) i zgięty kręgosłup, wyprostowany kręgosłup i ugięte kończyny dolne ([rys. 3b](#)) oraz w pozycji swobodnej (pozycja pośrednia między dwoma poprzednio wymienionymi).



Rys. 3. Wielkość siły nacisku na dysk międzykręgowy w zależności od sposobu podnoszenia przedmiotu

Obecnie dominuje pogląd, że pozycja swobodna powoduje najmniejsze obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego i wymaga najmniejszego wydatku energetycznego [1]. Jeżeli jednak za kryterium optymalizujące przyjąć minimalizację siły ściskającej kręgosłup lędźwiowy w trakcie wykonywania zadania roboczego, to wtedy często przyjmuje się, że najkorzystniejsze jest podnoszenie z wykorzystaniem mięśni kończyn dolnych i przy wyprostowanym kręgosłupie ([rys. 3](#)).

Ten tradycyjny pogląd ma jednak ograniczenia. Teza, że podnoszenie przedmiotów z wykorzystaniem mięśni nóg i przy wyprostowanym kręgosłupie minimalizuje obciążenie kręgosłupa jest prawdziwa tylko w przypadku przedmiotów, których wymiary pozwalają na podnoszenie ich między kolanami. W przypadku przedmiotów o wymiarach większych, taka technika podnoszenia zwiększa ramię siły ładunku podnoszonego i w konsekwencji powoduje wzrost obciążenia kręgosłupa. Zaleca się nie podnosić przedmiotów o zbyt dużych rozmiarach, które nie pozwalają na podnoszenie mięśniami nóg. Ponadto w sytuacji, gdy podnoszony przedmiot jest o dużej masie lub znacznych rozmiarach, wzrasta zarówno obciążenie kręgosłupa, jak i pozostałych części układu mięśniowo-szkieletowego.

Obecnie dominuje pogląd, że nie istnieje jednoznacznie zdefiniowana „optymalna” pozycja robocza. Zaleca się stosowanie takich pozycji roboczych, które minimalizują obciążenie kręgosłupa, a jednocześnie nie wymagają siły mięśniowej większej od tej, którą dysponuje pracownik. Z tego punktu widzenia niekorzystne są wszystkie pozycje, które wiążą się z rotacją tułowia. Rotacja zwiększa ciśnienie w krążkach międzykręgowych oraz w jamie brzusznej. Rotacja tułowia jest częstą przyczyną urazów podczas podnoszenia. Obciążenie kręgosłupa rośnie, jeżeli podczas podnoszenia przedmiotu wykonywana jest także rotacja tułowia.

Wydatek energetyczny określany jest też jako szybkość metabolizmu (przemiany materii). Ciężkość pracy fizycznej ocenia się na podstawie wartości wydatku energetycznego ([tab. 4](#)). Najmniejszym wydatkiem energetycznym charakteryzują się prace wykonywane na siedząco, np. prace biurowe. Do kategorii prac średnio ciężkich zalicza się prace wykonywane na stojąco, bez dźwigania znacznych ładunków. Prace ciężkie lub bardzo ciężkie to takie, które są wykonywane ciężkimi narzędziami lub związane są z dźwiganiem ładunków. Wysiłek o wydatku energetycznym większym od 8400 kJ dla mężczyzn i 5000 kJ na zmianę roboczą dla kobiet nie może być podejmowany. Praca bardzo ciężka nie powinna mieć szkodliwych skutków, jeżeli jest równomiernie rozłożona w czasie całej zmiany roboczej i jeśli na bieżąco uzupełniane są straty energetyczne. W przypadku jednostkowych dużych wysiłków powyżej 12 kJ u mężczyzn (5 kJ u kobiet), praca może jednak powodować dolegliwości i schorzenia układu mięśniowo-szkieletowego.

ŚRODOWISKO

Jako zmienne charakteryzujące środowisko zewnętrzne, które mają wpływ na wydolność pracownika przy wykonywaniu prac związanych z ręcznym operowaniem przedmiotami, wymienia się zwykle temperaturę otoczenia oraz wilgotność. Wpływ hałasu, oświetlenia i drgań był dotychczas uwzględniany w niewielkim stopniu, gdyż oddziaływanie to nie jest jednoznaczne.

Temperatura i wilgotność. Podwyższona temperatura otoczenia i wilgotność prowadzą do wzrostu częstości skurczów serca podczas pracy. Według danych literaturowych, wzrost temperatury otoczenia z 17 do 27°C obniża zdolność do podnoszenia ładunków o około 20% [7].

* * *

W Polsce dopuszczalne wartości przenoszonej masy określone w oparciu o rozporządzenia [12,13,14,15] są znaczne. Każde dźwiganie (bez względu na podnoszoną masę) może niekorzystnie wpływać na stan kręgosłupa pracownika. W związku z tym należy dążyć do tego, aby wszelkie dźwiganie było wyeliminowane, a tam, gdzie jest ono jeszcze koniecznością, należy zadbać o to, by masy podnoszone przez pracowników były jak najmniejsze. Można na przykład wykorzystać wartości podane w [tab. 3](#) i zalecenia zawarte w [tab. 4](#).

PIŚMIENNICTWO *(stan prawny na rok 1999)*

1. Ayoub M. M., Mital A.: *Manual materials Handling*. Taylor and Francis, London 1989
2. Batogowska A., Słowikowski J.: *Atlas antropometryczny dorosłej ludności Polski dla potrzeb projektowania*. IWP, Prace i materiały z. 137, Warszawa 1989
3. Garg A., Ayoub M.M.: *What criteria exist for determining how much load can be lifted safely?* Human Factors 22, 1980, 475-486
4. Konarska M., Roman-Liu D.: *Zasady ergonomii w optymalizacji czynności roboczych*. Bezpieczeństwo Pracy i Ergonomia (red.) Koradecka D., 2,1997, 893-937
5. Mital A., Ayoub M.M.: *Modelling of isometric strength and lifting capacity*. Human Factors, 22, 1980, 285-290
6. Mital A., Okolie S.T.: *Influence of container shape, partitions, frequency, distance, and height level on the maximum acceptable amount of liquid carried by males*. American Industrial Hygiene Association Journal, 43, 1982, 813-819
7. Snook S.H., Ciriello V.M.: *The effect of heat stress on manual handling tasks*. American Industrial Hygiene Association Journal, 35, 1974, 681-685
8. Tichauer E.R.: *The Biomechanical Basis of Ergonomics*. Wiley-Interscience, New York 1978
9. Waters T. R., Putz-Andersen V., Garg A.: *Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*. U.S. Department of Health and Occupational Service, 1994
10. Waters T. R., Putz-Andersen V., Garg A. L, Fine L. J.: *Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks*. Ergonomics, 36, 1993, 749-776
11. Dyrektywy EWG dotyczące ochrony pracy tom 1, 90/269/EWG
12. Dziennik Ustaw 1953 nr 22 poz. 89
13. Dziennik Ustaw 1990 nr 85 poz. 500
14. Dziennik Ustaw 1992 nr 1 poz. 1
15. Dziennik Ustaw 1996 nr 114 poz. 545
16. Polska Norma PN-90/N-08000
17. Polska Norma PN-90/N-08001
18. Rocznik Statystyczny 1997