

Maciej Sydor
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Wykorzystanie metodycznych środków oceny bezpieczeństwa wózka aktywnego

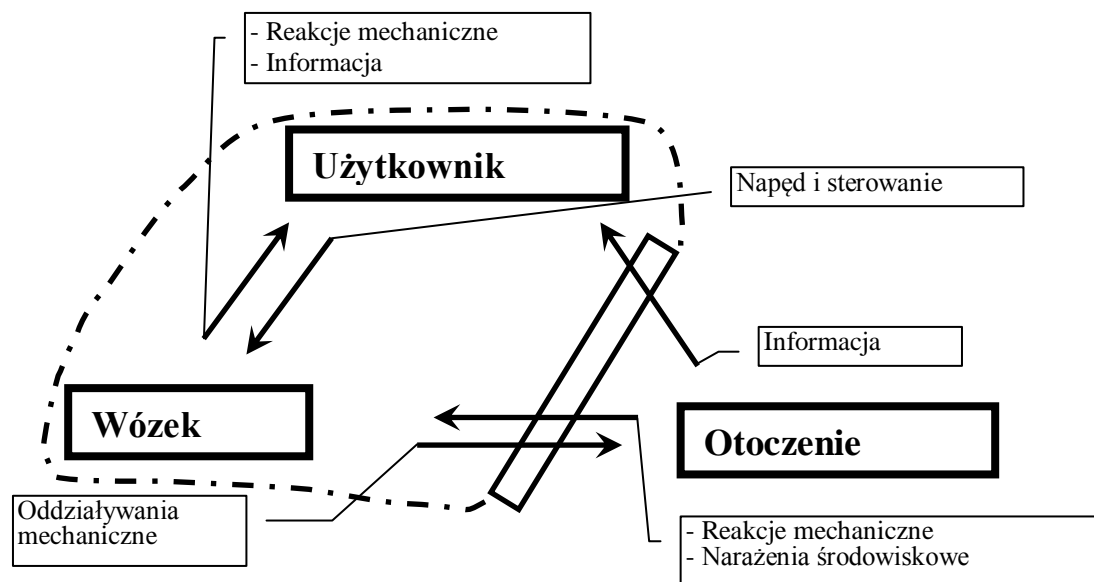
Wózek aktywny jest częścią systemu antropotechnicznego człowiek – urządzenie techniczne. Podczas projektowania tego typu systemów priorytetem jest zapewnienie bezpieczeństwa człowiekowi. W artykule przedstawiono praktyczne zastosowanie metody Wstępnej Analizy Ryzyka (PHA) dla oceny zagrożeń (Hazard Evaluation – HE) w analizie układu człowiek – wózek aktywny. Wynikiem jest wyodrębnienie spośród wszystkich sytuacji eksploatacyjnych tych, które mogą być najniebezpieczniejsze dla użytkownika.

Wheelchair for active use is the part of an antropotechnical system man - technical device. During projecting this type of systems the priority is to assure a safety to a man. In this article the practical use of Preliminary Hazard Analysis (PHA) was introduced as an analysis of the system man - the active wheelchair. The result of the analysis is the brief of potentially dangerous situations which may to menace to wheelchair user during a wheelchair operating.

1 Wstęp

1.1 Opis systemu

Wózek inwalidzki aktywny jest pojazdem zastępujący osobie niepełnosprawnej utracone funkcje przemieszczania się oraz stabilizacji ciała. Wraz z użytkownikiem tworzy system antropotechniczny (rys. 1) oddziaływający z otoczeniem.



Rysunek 1 Relacje wewnątrz systemu antropotechnicznego człowiek – wózek inwalidzki

Nadrzędnym podzespołem każdego takiego systemu jest człowiek, który zbierając informacje pochodzące z otoczenia oraz wózka oddziałuje poprzez reakcje mechaniczne (napęd i sterowanie) na wózek. Wózek jako podzespół systemu transformuje napęd i sterowanie pochodzące od człowieka na oddziaływania mechaniczne, które z kolei wywiera na otoczeniu, jednocześnie przenosi on reakcje z otoczenia na człowieka. Otoczenie wywiera na wózek narażenia środowiskowe (wilgoć, niskie/wysokie temperatury, narażenia korozyjne itp.). W związku z tym w systemie mogą wystąpić rozmaite niepożądane zjawiska. Zjawiska te mogą być wynikiem uszkodzenia urządzenia lub mogą wynikać z nieprawidłowej reakcji użytkownika, co może prowadzić do wystąpienia zagrożeń bezpieczeństwa człowieka.

Priorytetem podczas projektowania systemów antropotechnicznych jest zapewnienie bezpieczeństwa nadrzędemu ogniwu systemu, jakim jest człowiek. W niniejszym artykule zostanie przedstawione zastosowanie wybranej metody oceny ryzyka do wyodrębnienia sytuacji niebezpiecznych dla użytkownika mogących wystąpić podczas eksploatacji wózka inwalidzkiego. Każdej takiej sytuacji zostanie przyporządkowane konkretne zagrożenie.

1.2 Przegląd podstawowych metod oceny zagrożeń

Znane metody ocen zagrożeń (Hazard Evaluation – HE) różnią się znacznie między sobą, co do poziomu zaawansowania przyjętego stopnia szczegółowości analiz - od technik opartych na prostej liście kontrolnej (checklist) do szczegółowych diagramów logicznych. Większość z tych metod znajduje zastosowanie w fazach projektowania, budowy i eksploatacji obiektu. Dla różnych faz istnienia obiektu istnieją różne optymalne metody analiz.

Tabela 1 Zestawienie wybranych metod oceny ryzyka (oprac. Własne na podst. [3])

Rodzaj analizy	Określenie metody	Opis	Zakres
Metody burzy mózgów	Wstępna analiza zagrożeń PHA – ang. Preliminary Hazard Analysis	Zestawienie listy zagrożeń z listą szacowanych prawdopodobieństw wystąpienia tych zagrożeń	Obiekt techniczny
	Studium zagrożenia i zdolności działania HAZOP (hazard and operability study)	Systematyczne monitorowanie badanego systemu w celu zapobieżenia wydarzeniom, którym mogą towarzyszyć bardzo duże konsekwencje	Obiekt techniczny
	Analiza „co, jeżeli?” (what-if analysis)	Ocena wpływu możliwych odstępstw, sformułowanych jako pytanie: co się stanie jeżeli..., od założeń konstrukcyjnych	Obiekt techniczny
	Analiza rodzaju i skutków możliwych wad (failure modes and effects analysis)	Systematyczna analiza systemu w celu wykrycia rodzaju oraz skutków ewentualnych wad	Obiekt techniczny
	Klasyfikacja względna (relative ranking)	Metoda ustalająca kolejno scenariusze wydarzeń wg wielkości potencjalnych zagrożeń	Obiekt techniczny
Metody logiczne	analiza drzewa uszkodzeń FTA (fault tree analysis)	Prowadzi do ustawienia przyczyn zagrożeń - czynników zagrażających i pokazuje ich logiczne powiązania, które mogą doprowadzić do powstania zagrożenia	Obiekt techniczny, człowiek
	analiza drzew zdarzeń ETA (event tree analysis)	Umożliwia analizę alternatywnych skutków określonego zdarzenia, powodującego powstanie zagrożenia	Obiekt techniczny, człowiek
	analiza przyczyn i skutków CCA (cause-consequence analysis)	Identyfikacja logicznych związków pomiędzy przyczynami a kombinacją zdarzeń, które mogą mieć wpływ na stworzenie sytuacji grożącej wypadkiem	Obiekt techniczny, człowiek
	Analiza niezawodności człowieka HRA (human reliability analysis)		Człowiek

Metody logiczne wymienione w powyższej tabeli znajdują zastosowanie głównie w analizie złożonych systemów, składających się z kilkuset podzespołów. Wózek inwalidzki wraz z użytkownikiem stanowi system o stosunkowo małej złożoności, dlatego niewłaściwe wydaje się zastosowanie analiz FTA, ETA i CCA.

1.3 Przykład zastosowania - Wstępna Analiza Zagrożenia PHA (Preliminary Hazard Analysis)

Zaleca się, aby metody użyte w oszacowaniu ryzyka miały charakter ilościowy [1], a dopiero w przypadku braku możliwości zastosowania takich metod dopuszcza się wykonanie porównawczego rankingu ryzyka. Wstępna Analiza Zagrożenia (PHA) jest metodą jakościową koncentrującą się na ustaleniu rankingów scenariuszy wypadków. Jest stosowana najczęściej we wstępnej fazie opracowywania projektu wyrobu. Metoda polega na stworzeniu listy zagrożeń adekwatnej do poziomu szczegółowości dostępnych informacji. Proces analizy zagrożenia jest przeprowadzany poprzez systematyczny przegląd dostępnej dokumentacji projektowej. Analizy dokonuje zespół, w skład, którego, oprócz kierownika mającego doświadczenie w analizach PHA, mogą wchodzić: projektanci, technolodzy, mechanicy, użytkownicy. Dla każdego wybranego elementu urządzenia ustala się wszystkie potencjalne zagrożenia. Dla każdego z nich określa się możliwe przyczyny i skutki oraz konstruuje tabelę ryzyka, w której podaje się oszacowane prawdopodobieństwo wystąpienia skutków i ich skalę oraz ryzyko. Macierz ryzyka przedstawiono na rysunku 1.

Tabela 2. Macierz ryzyka dla analiz PHA (opracowanie własne na podst. [4])

		SKUTKI			
		1	2	3	4
PRAWDOPODOBIEŃSTWO	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

RYZYKO WYSOKIE

RYZYKO ŚREDNIE

RYZYKO MAŁE

RYZYKO POMIJAŁNE

Poniżej (tab. 3) przedstawiono wytyczne dotyczące przyjmowania liczb pięciostopniowej skali prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia [3].

Tabela 3 Skala prawdopodobieństwa dla analizy PHA (oprac. Własne na podst. [3])

Skala prawdopodobieństwa	Częstotliwość występowania na rok
1 – bardzo duże prawdopodobieństwo	$>10^{-1}$
2 – duże prawdopodobieństwo	$10^{-1} \div 10^{-3}$
3 – średnie prawdopodobieństwo	$10^{-3} \div 10^{-5}$
4 – małe prawdopodobieństwo	$10^{-5} \div 10^{-7}$
5 – bardzo małe prawdopodobieństwo	$<10^{-7}$

W tab. 4 znajdują się wskazówki dotyczące wartości przyjmowanych wskaźników skutków wystąpienia zagrożenia.

Tabela 4 Skala skutków dla analizy PHA (oprac. Własne na podst. [3])

Skala skutków	Opis
1 – katastroficzne	Wypadek śmiertelny lub powodujący trwały uszczerbek na zdrowiu i/lub całkowite zniszczenie urządzenia
2 – duże	Poważne obrażenia ciała, i/lub poważne szkody w urządzeniu technicznym
3 – średnie	Nieznaczne obrażenia ciała i/lub niewielkie szkody w urządzeniu technicznym
4 – małe	Bez obrażeń

Ten sposób postępowania umożliwia się skoncentrowanie się na późniejszej ilościowej ocenie scenariuszy o największym poziomie ryzyka [2]. Na podstawie wyników analizy można sformułować wytyczne do następnych faz projektowania, dotyczące redukcji poziomu zagrożenia lub eliminacji wykrytych źródeł tego zagrożenia.

Możliwe sytuacje eksploatacyjne podczas eksploatacji wózka.

Sytuacje eksploatacyjne wózka podzielono na 3 grupy i wymieniono poniżej.

1. Wózek jako fotel do siedzenia
 - a) Siedzenie statyczne
 - b) Sięganie do wyżej lub dalej położonych szafek
 - c) Sięganie przedmiotów z podłogi
 - d) Przesiadanie się z wózka (i na wózek) na łóżko, krzesło etc.
 - e) Samodzielny załadunek wózka do samochodu
 - f) Przewóz osoby na wózku środkami komunikacji miejskiej lub specjalną taksówką.
 - g) Sytuacja kiedy wózek jest obciążony zwiększoną masą
2. Wózek jako pojazd
 - h) Jazda na wprost i manewrowanie wewnątrz pomieszczeń
 - i) Wózek jako pojazd - jazda na wprost, manewrowanie i pokonywanie niewielkich przeszkód urbanistycznych na zewnątrz pomieszczeń.
 - j) Wózek jako pojazd - pokonywanie drzwi z samozamykaczem, automatycznych drzwi od windy itp
 - k) Podjazd pod krawężnik
 - l) Zjazd po schodach przodem/ zjazd z krawężnika
 - m) Zjazd po schodach tyłem
 - n) Wjazd po schodach (przodem i tyłem)
 - o) Zjazd ze stromego podjazdu
 - p) Podjazd po stromym podjeździe
 - q) Uprawianie sportów wózkowych wymagających szybkiego przemieszczania się i nagłych zmian kierunku jazdy
3. Inne

Tabela 5 *Możliwe zagrożenia dla użytkownika wraz z prawdopodobieństwem i skutkami wystąpienia*


Sytuacja	Możliwe zagrożenie	Prawdopodobieństwo zaistnienia zagrożenia	Możliwe skutki zagrożenia	Odpowiedzialny zespół
a) Siedzenie statyczne	a1 Uszkodzenia skóry pleców	2	3	Układ podparcia ciała (ukształtowanie oparcia)
	a2 Nabyte wady postawy	2	2	
	a3 Odleżyny	1	2	Wyposażenie dodatkowe (poduszka na siedzisko)
b) Sięganie do wyżej lub dalej położonych szafek	b1 Uszkodzenia skóry pleców	3	3	Układ podparcia ciała
	b2 Uszkodzenia skóry bocznej części tułowia	4	3	Układ podparcia ciała (osłony boczne)
	b2 Wypadnięcie z wózka	3	4	Rama
c) Sięganie przedmiotów z podłogi	Wypadnięcie z wózka	2	4	Rama (konstrukcyjna odległość osi kół tylnych od przednich, kąt pochylecia siedziska) Wyposażenie dodatkowe (poduszka na siedzisko)
d) Przesiadanie się z wózka (i na wózek) na łóżko, krzesło etc.	Wypadnięcie z wózka	2	4	Rama (konstrukcyjna odległość osi kół tylnych od przednich, kąt pochylecia siedziska) Wyposażenie dodatkowe (hamulec)
e) Samodzielny załadunek wózka do samochodu	Uszkodzenie ciała	4	3	Rama (wystające elementy ramy)
f) Przewóz osoby na wózku środkami komunikacji miejskiej lub specjalną taksówką	Wypadnięcie z wózka	4	4	Rama (nieprawidłowy kąt pochylecia siedziska) Wyposażenie dodatkowe (hamulce)
g) Sytuacja, kiedy wózek jest obciążony zwiększoną masą	Wypadnięcie z wózka	4	4	Rama (pęknięcie)
		4	4	Układ podparcia ciała (rozerwanie tapicerki)
h) Jazda na wprost i manewrowanie wewnątrz pomieszczeń	h1 Uszkodzenia palców stóp	3	2	Układ podparcia ciała (podnózek)
	h2 Urazy dłoni	3	3	Koła (brak pochylecia kół tylnych)
i) Jazda na wprost, manewrowanie i pokonywanie niewielkich przeszkód urbanistycznych na zewnątrz pomieszczeń.	i1 Urazy dłoni	3	3	Koła (brak pochylecia kół tylnych)
	i2 Wypadnięcie z wózka	2	3	Koła (zbyt mała średnica przednich kół samonastawnych)

j) Pokonywanie drzwi z samozamykaczem, automatycznych drzwi od windy itp	Urazy dłoni	2	3	Koła (brak pochyleń kół tylnych)
k) Podjazd pod krawężnik	k1 Upadek na plecy	4	3	Koła (zbyt mała przyczepność opon)
	k2 Upadek	4	3	Układ jezdnio napędowy (mechanizm zmiany kierunku jazdy – pęknięcie widelca)
l) Zjazd po schodach przodem/ zjazd z krawężnika	Upadek	2	1	Koła (zbyt mała przyczepność opon)
m) Zjazd po schodach tyłem	Upadek	3	1	Rama (pęknięcie)
n) Wjazd po schodach (przodem i tyłem)	Upadek	4	1	Rama (pęknięcie)
o) Zjazd ze stromego podjazdu	Upadek	3	2	Koła (zbyt mała przyczepność opon)
p) Podjazd po stromym podjeździe	Upadek na plecy	5	2	Rama (nieprawidłowe wyważenie wózka)
q) Uprawianie sportów wózkowych wymagających szybkiego przemieszczania się i nagłych zmian kierunku jazdy	Upadek	4	3	Rama (pęknięcie) Układ podparcia ciała (pęknięcie tapicerki)


Analizując powyższą tabelę wyodrębniono następujące sytuacje jako najbardziej niebezpieczne podczas eksploatacja wózka, wpisano je w tabelę przedstawioną poniżej.

Tabela 6 wyniki analizy Ryzyka metodą PHA


SKUTKI		1	2	3	4
PRAWDOPODOBIEŃSTWO	1				
	2	a3, l	a2, j	a1, i2	c, d
	3	m	h1, o	b1, h2, i1	b3
	4	n		b2, e, k1, k2, r	F, g
	5		p		




RYZYSKO WYSOKIE



RYZYSKO ŚREDNIE



RYZYSKO MAŁE



RYZYSKO POMIJAŁNE

2 Wnioski i podsumowanie wyników

Po przeprowadzeniu analizy PHA wyodrębniono sytuacje eksploatacyjne, które są potencjalnie niebezpieczne dla użytkownika wózka inwalidzkiego. Do tych sytuacji przyporządkowano zagrożenia. Potencjalnie groźne to:

- a - siedzenie statyczne (a3 – ryzyko powstania odleżyn, a2 – ryzyko nabycia wady postawy);
- l - zjazd po schodach przodem/ zjazd z krawężnika (ryzyko groźnego w skutkach upadku – szczególnie ze schodów);
- j – pokonywanie drzwi z samozamykaczem, automatycznych drzwi od windy itp. (ryzyko urazów dłoni);
- m – zjazd po schodach tyłem (ryzyko upadku);
- h1 – jazda na wprost i manewrowanie wewnątrz pomieszczeń (ryzyko uszkodzenia palców stóp);
- o - zjazd ze stromego podjazdu (ryzyko upadku);
- n - wjazd po schodach (przodem i tyłem) (ryzyko upadku).

Jak widać z powyższego zestawienia wyników analizy najczęściej zagrożeń występuje podczas pokonywania schodów. Analizując instrukcje obsługi wiodących światowych producentów wózków aktywnych można zauważyć, iż nie podejmują oni tego problemu. W opisie produktu najczęściej nie ma żadnych informacji dotyczących technik pokonywania przeszkód architektonicznych (samodzielnie bądź z asekuracją), a zagrożeń szczególności schodów i krawężników. Współczesne wózki aktywne są z reguły dość dobrze zaprojektowane i wykonane. Świadczy o tym fakt, iż większość zagrożeń dla użytkownika wynika z nieumiejętnego posługiwania się wózkiem.

3 Literatura

1. S. Radkowski, Podstawy bezpiecznej techniki (ISBN 83-7207-377-5) Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003
2. H. R. Greenberg and J. J. Cramer, eds., Risk Assessment and Risk Management for the Chemical Process Industry, (ISBN 0-442-23438-4), Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
3. www2.cyf.gov.pl - Management of Health and Environmental Hazards – uzyskany dostęp 01.07.2003
4. Polska norma PN –IEC 60300-3-9 „Analiza ryzyka w systemach technicznych” 1999