ASSESSMENT OF THE IMPACT OF HUMAN ON SAFETY OF TRANSPORTATION SYSTEMS OPERATION

OCENA WPŁYWU ODDZIAŁYWAŃ CZŁOWIEKA NA BEZPIECZEŃSTWO DZIAŁANIA SYSTEMU TRANSPORTOWEGO

Maciej Woropay¹, Łukasz Muślewski²,
Marek Ślęzak³, Mirosław Szubartowski⁴

¹ Włocławek College of Enterprise and Technology

² University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz

³ Automotive Industry Institute - Warsaw, ⁴ Karor Sp. j., Bydgoszcz

e-mail: l.muslewski@wp.pl

Abstract: Collisions are inseparably connected with road traffic. Driving a mechanical vehicle requires not only a good knowledge of traffic rules and appropriate skills but also physical and psychical fitness. The road system consists of three basic elements such as: road, vehicle and human. From the point of view of safety of the executed transport process this is the human who plays the most important role in it. They need to have the ability of quick situation estimation and providing proper response to it involving performance of right maneuvers and adjusting them to a given situation. Studying transportation systems it should be remembered that the role of a human plays in them is of different character. They may be drivers, passengers or belong to the environment. Thus, their behavior has a large influence on the transportation system safe functioning including both public and individual transport.

Keywords: hazard, safety, transportation system, impact.

Streszczenie: Nieodłącznym elementem ruchu drogowego są wypadki. Prowadzenie pojazdu samochodowego wymaga od operatora nie tylko wiedzy i umiejętności ale także sprawności fizycznej i psychicznej. Na system drogowy składają się trzy podstawowe elementy, takie jak droga, pojazd oraz człowiek. Z punktu widzenia bezpieczeństwa realizowanego procesu transportowego najistotniejszą rolę odgrywa właśnie człowiek. Musi on posiadać umiejętność właściwej oceny sytuacji, wykonywania prawidłowych manewrów i dostosowywania ich do aktualnej sytuacji. Analizując systemy transportowe, należy mieć na uwadze, że człowiek, pełni w nich różne funkcje. Może być zarówno kierowcą środka transportu, jak też jego pasażerem lub stanowić nieodzowny element otoczenia systemów transportowych. Jego zachowanie w istotny sposób wpływa zarówno na bezpieczeństwo transportu indywidualnego jak i zbiorowego.

Słowa kluczowe: zagrożenie, bezpieczeństwo, system transportowy, oddziaływanie.

1. Wstęp

Zagrożenia występujące w systemach transportowych, spowodowane mogą być wieloma czynnikami. Istotnym elementem takich systemów, z punktu widzenia bezpieczeństwa ich działania jest człowiek, który może pełnić różne funkcje. Może on być zarówno kierowcą środka transportu, jak też jego pasażerem. Człowiek jest również nieodzownym elementem otoczenia systemów transportowych. Z punktu widzenia bezpieczeństwa, to właśnie człowiek decyduje o przebiegu procesu przemieszczania się. Prawidłowe jego reagowanie, wiedza i doświadczenie decydująco wpływają zarówno na bezpieczeństwo transportu indywidualnego jak i zbiorowego.

Analizy stanu bezpieczeństwa na drogach wykazały, że przyczyny zależne od człowieka stanowią 97 % wszystkich zdarzeń, natomiast wypadki i kolizje zależne od człowieka ok. 80% z nich [1]. Przyczyną aż 12 % wypadków drogowych jest nietrzeźwość kierowców. Innymi przyczynami jest niekompetencja, zaniedbania oraz nieświadomie popełniane błędy. Nadmierna prędkość może być wynikiem zarówno bezmyślności czy brawury, braku doświadczenia czy umiejętności zachowania się w danej sytuacji, jak i błędnej oceny sytuacji na drodze [7,9,10].

Badając zależność pomiędzy wypadkami drogowymi a wpływem kierowców na ich występowanie, konieczna jest wnikliwa analiza zdarzeń drogowych oraz ocena wpływu czynników warunkujących ich zachowanie.

2. Charakterystyka obiektu badań

Obiektem badań jest złożony, rzeczywisty system eksploatacji transportu miejskiego, który jest celowym wytworem człowieka, o określonym zbiorze zastosowań. W systemie tym, realizowane są zadania przewozowe eksploatowanymi środkami transportowymi, na terenie dużej aglomeracji miejskiej. Miasto wraz z obszarem podmiejskim obejmuje obszar o powierzchni 1550 km², na terytorium którego zamieszkuje około 1,5 miliona osób. W bezpośrednim otoczeniu miasta znajdują się gminy o charakterze miejskim i wiejskim – wiejskim, których charakter i specyfika funkcjonowania oraz wpływ na rozwój miasta, warunkuje włączenie ich do miejskiego systemu komunikacyjnego.

Podstawowymi środkami transportu w badanej aglomeracji miejskiej są:

- miejska komunikacja zbiorowa (ponad 41% udziału),
- samochody osobowe (ponad 45% udziału),
- taksówki (ponad 10% udziału).

3. Ogólna analiza problematyki wypadków drogowych

Przedmiotem badań w niniejszym opracowaniu stanowią wypadki drogowe, przyczyny ich powstawania (ze szczególnym uwzględnieniem czynnika ludzkiego), liczność, częstotliwość i miejsce występowania oraz skutki i ich następstwa. Szkodą, jaka powstała w wyniku wypadku, może być utrata lub uszczerbek zdrowia a także zniszczenie obiektu lub degradacja środowiska naturalnego [5].

Straty osobowe, to straty związane z uszkodzeniem ciała uczestników wypadków drogowych. Do najczęstszych strat osobowych, które powstają w trakcie wypadków, zaliczane są:

- uszkodzenia głowy,
- uszkodzenia kręgosłupa,
- uszkodzenia kończyn,
- obrażenia klatki piersiowej,
- obrażenia wewnętrzne.

Obrażenia, jakie powstają w wyniku wypadków drogowych, oceniane są według różnych kryteriów. W Polsce klasyfikacja zdarzeń drogowych oraz strat w ruchu drogowym, zawarta jest w Zarządzeniu Komendanta Głównego Policji nr 635 z dnia 30.11.2006 roku, dotyczącym zbierania danych statystycznych o zdarzeniach drogowych [2]. Niniejsze zarządzenie definiuje:

- wypadek drogowy jako zdarzenie drogowe, w których są ofiary w ludziach, w tym także u sprawcy tego zdarzenia,
- kolizję drogową jako zdarzenie drogowe, które pociągnęło za sobą wyłącznie straty materialne,
- śmiertelną ofiarę wypadku jako osobę, która zmarła na miejscu wypadku lub w ciągu 30 dni od dnia wypadku na skutek doznanych obrażeń ciała,
- osobę ciężko ranną jako osobę, która doznała ciężkiego kalectwa, ciężkiej choroby nieuleczalnej lub długotrwałej choroby realnie zagrażającej życiu, trwałej choroby psychicznej, całkowitej lub znacznej niezdolności do pracy w zawodzie lub trwałego, istotnego zeszpecenia lub zniekształcenia ciała oraz urazów w postaci np. złamań, uszkodzeń organów wewnętrznych, poważnych ran ciętych i szarpanych,
- osobę lekko ranną jako osobę, której czynności narządu ruchu lub uszczerbek na zdrowiu nie trwa dłużej niż 7 dni.
- stratami materialnymi są zniszczenia pojazdów, drogi czy też budynków a także dóbr materialnych, które były przewożone a ich uszkodzenia powstały w trakcie wypadku drogowego.

Do uszkodzeń i strat powstałych w wyniku zdarzeń drogowych zalicza się [3,4,6]:

- uszkodzenia pojazdów: kasację pojazdu, uszkodzenia elementów przednich pojazdu, uszkodzenia elementów tylnych pojazdu, uszkodzenia elementów bocznych pojazdu,
- uszkodzenie otoczenia: uszkodzenie obiektów drogowych, uszkodzenia obiektów poza drogą, uszkodzenia barier, uszkodzenia nawierzchni,
- straty ekonomiczne - finansowe, które ponoszą uczestnicy wypadków w wyniku ich zaistnienia takie jak: opłaty ubezpieczeniowe, koszty napraw, utratę dochodu, koszty leczenia, koszty akcji ratowniczych,
- straty środowiskowe: zatrucie ludzi gazami lub substancjami toksycznymi, zatrucie roślin i zwierząt, zatrucie wód, zatrucie atmosfery.

4. Budowa modelu ocenowego

W dalszej części opracowania, analizie poddano wypadki drogowe, zaistniałe na wybranym obszarze badań, w określonym przedziale czasowym, które powstały w wyniku niewłaściwego zachowania człowieka.

Do oceny wpływu oddziaływań czynników ludzkich, na zagrożenia w systemie transportowym wybrano wskaźniki, na podstawie których określono ich wpływ na zdarzenia, zaistniałe w rozpatrywanym systemie transportowym. Oceny dokonano z zastosowaniem wyróżnionych wskaźników ($W_1 \div W_7$), opisanych zależnościami 1÷7:

- Liczba wypadków drogowych, spowodowanych przez kierujących pojazdami, przypadająca na 100 wypadków drogowych:

$$W_1 = \frac{L_{WK} \cdot 100}{L_W}, \quad (1)$$

gdzie:

L_W - liczba wszystkich zaistniałych zdarzeń drogowych w analizowanym przedziale czasu,

L_{WK} - liczba wypadków drogowych spowodowana przez kierujących pojazdami w analizowanym przedziale czasu.

- Liczba osób zabitych, przypadająca na 100 wypadków drogowych, spowodowanych przez kierujących pojazdami:

$$W_2 = \frac{L_{ZK} \cdot 100}{L_{WK}}, \quad (2)$$

gdzie:

L_{ZK} - liczba osób zabitych w wypadkach spowodowanych przez kierujących pojazdami,

L_{WK} - liczba wypadków drogowych spowodowana przez kierujących pojazdami w analizowanym przedziale czasu.

- Liczba wypadków na prostych odcinkach drogi, z powodu nadmiernej prędkości:

$$W_3 = \frac{L_{WP} \cdot NP}{100}, \quad (3)$$

gdzie:

L_{WP} - liczba wszystkich zaistniałych zdarzeń drogowych, w analizowanym przedziale czasu,

NP - liczba wypadków drogowych, zaistniałych z powodu nadmiernej prędkości.

- Liczba wypadków na prostych odcinkach drogi spowodowana nieudzieleniem pierwszeństwa przejazdu:

$$W_4 = \frac{L_{Wn} \circ NPi}{100}, \quad (4)$$

gdzie:

L_{Wn} – liczba wszystkich zaistniałych zdarzeń drogowych w analizowanym przedziale czasu,

NPi – liczba wypadków drogowych spowodowana nieudzieleniem pierwszeństwa przejazdu.

- Liczba wypadków na skrzyżowaniach dróg spowodowana nieudzieleniem pierwszeństwa przejazdu:

$$W_5 = \frac{L_{Wnp} \circ NP}{100}, \quad (5)$$

gdzie:

L_{Wnp} – liczba zaistniałych zdarzeń drogowych na skrzyżowaniach dróg, w analizowanym przedziale czasu,

NP – liczba wypadków drogowych spowodowana nieudzieleniem pierwszeństwa przejazdu.

- Liczba wypadków na skrzyżowaniach dróg spowodowana niewłaściwym zachowaniem kierowcy wobec pieszego:

$$W_6 = \frac{L_{Wz} \circ ZwP}{100}, \quad (6)$$

gdzie:

L_{Wz} – liczba zaistniałych zdarzeń drogowych na skrzyżowaniach dróg, w analizowanym przedziale czasu,

ZwP – liczba wypadków drogowych spowodowana niewłaściwym zachowaniem kierowcy wobec pieszego.

- Liczba wypadków spowodowanych z winy pieszego:

$$W_7 = \frac{L_w \circ Wp}{100}, \quad (7)$$

gdzie:

L_w – liczba wszystkich zaistniałych zdarzeń drogowych w analizowanym przedziale czasu,

Wp – liczba wypadków drogowych z winy pieszego.

W związku z powyższym, ocenę wpływu oddziaływania czynników ludzkich, na bezpieczeństwo działania badanego systemu transportowego, dokonano na podstawie wartości wskaźników stanowiących składowe wyróżnione w zależności 8:

$$B_s = \langle W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7 \rangle \quad (8)$$

5. Analiza wyników badań

Badania zrealizowano w 2011r. i dotyczyły one zaistniałych zdarzeń drogowych, w wybranej aglomeracji miejskiej. Wyniki badań pozyskano na podstawie danych statystycznych: Zarządu Ruchu Drogowego, Biura Służby Prewencyjnej Komendy Głównej Policji, baz danych Systemu Wspomagania Zarządzania Drogami i Ruchem Drogowym, programu poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego GAMBIT a także materiałów NIK, Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej oraz przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej.

W modelu ocenowym opisanym zależnością 8, wyróżniono siedem wskaźników, których wartości wyznaczono na podstawie otrzymanych wyników badań, co opisano zależnościami 9÷15.

- Liczba wypadków drogowych, spowodowanych przez kierujących pojazdami, przypadająca na 100 wypadków drogowych:

$$W_1 = \frac{634 \cdot 100}{789} = 80,3 \quad (9)$$

Na podstawie analizy wyników badań stwierdzono, że najczęstszą przyczyną wypadków, w analizowanym okresie czasu, była wina kierujących pojazdami. Byli oni sprawcami ponad 80/100 wypadków.

- Liczba osób zabitych, przypadająca na 100 wypadków drogowych, spowodowanych przez kierujących pojazdami:

$$W_2 = \frac{54 \cdot 100}{789} = 6,84 \quad (10)$$

W badanym okresie czasu w wypadkach drogowych śmierć poniosło 59 osób, z czego 54 osoby zginęły w wypadkach drogowych, które spowodowane były przez operatorów pojazdów.

Ogółem, w Polsce liczba osób zabitych, przypadająca na 100 wypadków drogowych wynosi 10,1. Dla porównania można podać, że wskaźnik zabitych na 100 wypadków w krajach Unii Europejskiej wynosi: Bułgaria (11,7), Rumunia (9,1), Litwa (8,5), Grecja (8,4), Dania (7,3), Łotwa (6,8), Francja (5,9), Estonia (5,8), Holandia (5,0), Słowacja (4,6), Finlandia (4,5), Węgry (4,5), Luksemburg (4,1), Czechy (4,1), Irlandia (3,2), Hiszpania (2,9), Malta (2,6), Portugalia (2,4), Belgia (2,1), Włochy (1,9), Słowenia (1,8), Szwecja (1,6), Austria (1,6), Niemcy (1,3), Wielka Brytania (1,2).

Znając ogólną liczbę wypadków, do których doszło na prostych odcinkach drogi (522) oraz przyczyny takich wypadków, wyliczyć można:

- ilość wypadków na prostych odcinkach drogi z powodu nadmiernej prędkości:

$$W_3 = \frac{522 \cdot 37}{100} = 193,14 \quad (11)$$

- ilość wypadków na prostych odcinkach drogi z powodu nieudzielenia pierwszeństwa:

$$W_4 = \frac{522 \cdot 17,5}{100} = 91,35 \quad (12)$$

Na skrzyżowaniach na terenie obiektu, który jest przedmiotem analizy, wydarzyło się 114 wypadków. Można więc obliczyć, że:

- ilość wypadków na skrzyżowaniach z powodu nieudzielenia pierwszeństwa wyniosła:

$$W_5 = \frac{114 \cdot 61,5}{100} = 70,11 \quad (13)$$

- ilość wypadków na skrzyżowaniach z powodu nieprawidłowego zachowania wobec pieszego to:

$$W_6 = \frac{114 \cdot 20,0}{100} = 22,80 \quad (14)$$

Największa ilość wypadków ma miejsce na drogach jedno jezdnych dwukierunkowych. Na drogach takich zdarza się 82,9 % wszystkich wypadków a ginie w nich 89,3 % ogólnej liczby osób, które poniosły śmierć w wyniku wypadków drogowych.

Do największej ilości wypadków drogowych dochodzi w trakcie realizacji procesów transportowych – podczas jazdy pojazdów. Ten rodzaj wypadków drogowych w roku 2011 stanowił 49,2 % ogólnej liczby wypadków. Drugą co do liczby ilości wypadków jest najechanie na pieszego, świadczy to o nieuwadze i brawurze kierowców ale także o słabej widoczności osoby pieszej, w szczególności w porach nocnych.

Podział rodzajowy wypadków w 2011 roku w ujęciu procentowym, w stosunku do ogólnej liczby wypadków przedstawia się następująco:

- zderzenie się pojazdów w ruchu: boczne (27,9 %), czołowe (10,6 %), tylne (10,7 %),
- najechanie: na pieszego (27,3), na drzewo (6,1 %), na słup (1,8 %), na stojący pojazd (1,1 %), na barierę ochronną (0,9 %), na zwierzę (0,4 %), na dziurę (0,2 %),
- wywrócenie się pojazdu (7,5 %),
- wypadek z pasażerem (1,7 %),
- inne (3,9 %).

Wśród najczęstszych przyczyn wypadków, które spowodowane zostały w wyniku oddziaływania czynnika ludzkiego wyróżniono:

- winę kierującego – 80,3%,
- winę pieszego – 10,9%,
- winę pasażera – 0,3%,
- współwinę – 1,5%,
- inne – 7,0% ogólnej liczby wypadków.

Analizując powyższe dane jednoznacznie wynika, że kierowcy pojazdów są głównymi sprawcami zdarzeń drogowych, natomiast w analizowanym zbiorze, jako istotny czynnik, stanowiący ok. 11% przyczyn wypadków, stanowią piesi. Znajac ilość wypadków, jaka wydarzyła się na terenie danego obszaru badań oraz sprawców wypadków, obliczono wartość wskaźnika W_7 .

$$W_7 = \frac{789 \cdot 10,9}{100} = 86 \quad (15)$$

Na podstawie powyższej zależności wyznaczono, że z winy pieszych wydarzyło się 86 wypadków. Przyczyną tych wypadków, w stosunku do ogólnej ich liczby było:

- wejście na jezdnię bezpośrednio przed jadącym pojazdem – 57%,
- przekraczanie jezdni w miejscu niedozwolonym – 11,4%,
- wejście na jezdnię zza pojazdu, przeszkody – 11%,
- wejście na jezdnię przy czerwonym świetle – 9%.

Dodatkowo analizując otrzymane wyniki badań, dokonano podziału zaistniałych wypadków w zależności od miejsca ich wystąpienia oraz według skutków ich następstw, co przedstawiono na rysunku 1.

Głównym miejscem powstawania wypadków jest jezdnia. Spowodowane jest to nie tylko nieuwagą kierowców, ale także brakiem przygotowania pieszych oraz kierowców jednośladów do uczestnictwa w ruchu drogowym zwłaszcza w czasie zmroku.

Rys. 1. Wypadki drogowe i ich skutki według miejsc zajścia zdarzeń

6. Podsumowanie

Analizując wyniki zrealizowanych badań stwierdzono, iż najistotniejszym elementem, wpływającym na bezpieczeństwo realizowanych procesów transportowych, jest czynnik ludzki. Na terenie badanego obszaru, w roku 2011 zdarzyło się 789 wypadków drogowych, w których śmierć poniosło 59 osób a 967 zostało rannych. Najczęstszą przyczyną zaistniałych zdarzeń drogowych była wina kierujących pojazdami. Byli oni sprawcami ponad 80% wszystkich wypadków.

Na podstawie szczegółowej analizy wyników zrealizowanych badań ustalono, że sprawcami największej liczby wypadków, są kierujący pojazdami w przedziale wiekowym od 18 do 24 roku życia. Łącznie w roku 2011 spowodowali oni 34 % wszystkich wypadków drogowych. Drugą grupą kierujących są osoby w przedziale wiekowym od 25 do 39 roku życia, którzy byli sprawcami 22,6 % ogółu wypadków. Największą liczbę wypadków zanotowano w miesiącach od maja do października i w grudniu. Badając podział wypadków w poszczególnych dniach tygodnia stwierdzono, że aż 16,6 % wypadków zdarza się w piątki, natomiast najwięcej osób, bo aż 16,3 % ginie w wypadkach, które zdarzają się w soboty. Średnio w co dziewiątym wypadku, do którego dochodzi w soboty ginie człowiek. Największe nasilenie wypadków występuje w godzinach pomiędzy 14.00 a 19.00. Związane jest to ze zwiększonym nasileniem ruchu, w szczególności z powrotami z pracy. Najmniejsza ilość wypadków zdarza się w godzinach nocnych pomiędzy godziną 24.00 a 5.00 rano. Wpływ na ilość wypadków mają także warunki atmosferyczne oraz oświetlenie dróg. Najwięcej wypadków odnotowano w ciągu dnia, co związane jest ze zwiększonym natężeniem ruchu. Zauważyć jednak należy, że na drogach nieoświetlonych w porze nocnej notowany jest największy wskaźnik osób zabitych. Do największej liczby wypadków dochodzi na terenach zabudowanych. Poza obszarem zabudowanym wypadków drogowych jest znacznie mniej, jednak ginie w nich więcej osób. Największa ilość wypadków ma miejsce na drogach jedno jezdniowych, dwukierunkowych. Na drogach takich zdarza się 82,9 % wszystkich wypadków a ginie w nich 89,3 % ogólnej liczby osób, które poniosły śmierć w wyniku wypadków drogowych.

7. Bibliografia

- [1] Komenda Główna Policji, Najczęstsze przyczyny wypadków drogowych. czerwiec 2006.
- [2] Komenda Główna Policji: Zarządzenie Komendanta Głównego Policji nr 635/2006.
- [3] Michalski R.: Metoda szacowania ryzyka w ruchu drogowym pojazdów. MOTROL, 2007, vol. 9, pp. 111 - 120.
- [4] Muślewski Ł.: Podstawy efektywności działania systemów transportowych. ITE, 2010.
- [5] Praca zbiorowa pod red. R. Krystka: Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu, t.2. WKŁ, Warszawa 2009.
- [6] Szczuraszek T.: Bezpieczeństwo ruchu miejskiego. WKiŁ, Warszawa 2008.
- [7] Szopa T. Wprowadzenie w problematykę bezpieczeństwa. Bezpieczeństwo człowieka we współczesnym świecie. IPWC, Warszawa 1998.

- [8] Woropay M., Bojar P., Muślewski Ł. Ocena istotności podsystemów środka transportu. TransComp, Zakopane - Radom 2010.
- [9] Woropay M., Muślewski Ł.: Jakość w ujęciu systemowym. ITE, Radom 2005.
- [10] Zielińska A.: Rok 2005 na polskich drogach. Analiza danych o wypadkach drogowych, Kwartalnik BRD nr 1/2006.

***Professor Maciej Woropay** is the head of the Machine Maintenance Department at the Mechanical Engineering Faculty of the University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz. In his research he deals with problems connected with theory of systems, theory of reliability and safety, and maintenance process control in complex biotechnical systems, especially with control of these processes in real transport systems.*

***D. Sc. Eng. Łukasz Muślewski** occupies the post of associate professor at the Faculty of Mechanical Engineering of UT-P in Bydgoszcz. He is involved in research into the quality of operation of complex operation and maintenance of transportation systems. The scope of the research covers reliability, safety, efficiency, and environment friendliness of systems, whose functioning is affected by their operators, technical object operated by them and the impact of environmental factors.*

***mgr inż. Marek Ślęzak** – pracownik naukowy Przemysłowego Instytutu Motoryzacji (PIMOT) oraz Instytutu Lotnictwa w Warszawie. Mechanik – budowa maszyn, specjalność napędy, systemy i środki transportu. Autor i współautor 45 publikacji w języku polskim i angielskim.*

***Ph.D Miroslaw Szubartowski** works in the College of Enterprise and Technology in Włocławek, Poland. In his scientific research he concentrates on modeling of complex technological object operation systems as well as processes carried out therein. He has authored and co-authored several dozen scientific publications in the areas of reliability, availability and safety of transport system operation.*