

prof. dr hab. inż. Franciszek Tomaszewski
Politechnika Poznańska
Poznań University of Technology
mgr inż. Sylwin Tomaszewski
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”
Rail Vehicles Institute „TABOR”

Analiza wypadków z powodu niezdatności układów hamulcowych

W artykule przedstawiono istotę działania układu hamulcowego oraz omówiono diagnostykę układów hamulcowych stosowanych w pojazdach szynowych i pojazdach samochodowych. Przeprowadzono analizę wypadków kolejowych i drogowych oraz zaprezentowano strukturę przyczyn ich powstawania z ukierunkowaniem na układ hamulcowy. Zaprezentowano i omówiono skutki wypadków w transporcie kolejowym i transporcie drogowym z uwzględnieniem kosztów finansowych i społecznych oraz ich wpływ na środowisko i zewnętrzne koszty transportu. W pracy przedstawiono także przykłady jednych z najważniejszych wypadków kolejowych i drogowych ostatnich lat.

Analysis of accidents caused by faults in brake systems

The article presents the principle of operation of a braking system and discusses the diagnosis of brake systems used in rail and motor vehicles. An analysis of rail and road accidents was performed, and the structure of their causes was presented with a focus on the braking system. The consequences of accidents in rail and road transport, taking into account the financial and social costs and their impact on the environment as well as the external costs of transport were presented and discussed. The study also shows examples of some of the most important road and rail accidents that occurred in recent years.

1. Wprowadzenie

Wraz z pojawienia się na świecie pierwszych pojazdów nieodłącznie towarzyszy im układ hamulcowy. Służy on do zmniejszania prędkości oraz zatrzymania pojazdu, zwłaszcza w sytuacji zagrożenia, w jak najkrótszym czasie i z jak największą pewnością. Hamulce służą także do unieruchomienia pojazdu na postoju. Układ hamulcowy jest jednym z podstawowych elementów pojazdu mechanicznego i kluczowym układem w kwestii zapewnienia bezpieczeństwa zarówno użytkownikom pojazdów jak i osobom oraz przedmiotom znajdującym się w ich otoczeniu. W związku z tym zapewnienie skuteczności układu hamulcowego i jego niezawodności jest głównym celem na etapie konstruowania, wytwarzania i eksploatacji wszelkiego rodzaju pojazdów funkcjonujących na świecie. Do tej pory podstawowym hamulcem jest hamulec cierny, najczęściej hydrauliczny lub pneumatyczny. Jednocześnie, wraz z dynamicznym rozwojem techniki oraz wzrostem prędkości poruszania się pojazdów, pojawiają się coraz nowsze układy wspomagające klasyczny układ cierny poprzez elektryczne sterowanie mikroprocesorowe oraz wykorzystywanie hamulca elektrodynamicznego. Podstawowymi gałęziami transportu, w których dąży się do

1. Introduction

With the emergence of the world's first vehicle so did inherently the first braking system. It is used to reduce the speed and stop the vehicle, especially in an emergency situation, as quickly as possible and with the utmost confidence. Brakes are also used to immobilize the vehicle when stationary. The braking system is one of the basic elements of a motor vehicle and a key system for ensuring the safety of both the vehicle users and persons and objects located in their vicinity. Therefore, ensuring the effectiveness of the braking system and its reliability is a major goal in the design stage, the manufacturing stage and the maintenance of all kinds of vehicles operating in the world. To date, the primary type of a brake is a friction brake, usually hydraulic or pneumatic. At the same time, with the rapid development of technology and the increase in the speed of vehicles, there are more and newer systems supporting the classic friction system through electrical microprocessor control and the use of electrodynamic brakes. The main modes of transport, which seek to ensure the highest quality, efficiency and reliability of brake systems, are road and rail transport. Therefore, the article will discuss the diagnosis of braking systems and the analysis of accidents on that basis.

zapewnienia jak największej jakości, skuteczności i niezawodności układów hamulcowych, są transport drogowy i transport szynowy. Dlatego na ich podstawie, w artykule zostanie omówiona diagnostyka układów hamulcowych oraz analiza wypadków.

2. Diagnostyka układów hamulcowych

Niezdatności układów hamulcowych są jedną z podstawowych przyczyn wypadków komunikacyjnych powodowanych przez pojazdy mechaniczne. W związku z tym wykrycie niezdatności tego układu należy do najważniejszych zadań diagnostyki technicznej. Przydatność hamulców do wypełniania zadań jest determinowana skutecznością ich działania. Miarą skuteczności działania hamulców, najlepiej odzwierciedlającą realizację ich głównych zadań, jest droga lub opóźnienie hamowania [2].

Skuteczność działania hamulców może być oceniona podczas badań ruchowych na podstawie pomiarów długości drogi hamowania lub wartości opóźnienia hamowania oraz podczas badań stacjonarnych (stanowiskowych) na podstawie pomiaru wartości sił wytwarzanych pomiędzy elementami pary ciernej. Diagnostowanie układów hamulcowych pojazdów drogowych można podzielić na diagnostowanie mechanizmów uruchamiających hamulce oraz określanie skuteczności działania układu hamulcowego [2]. W praktyce diagnostyka hamulca sprowadza się tylko do sprawdzenia jego skuteczności podczas przeprowadzania okresowego badania technicznego na stacji diagnostycznej. Na rysunku 2.1 przedstawiono przykładowe stanowisko diagnostyczne, na którym zabudowane jest urządzenie rolkowe służące do pomiaru skuteczności działania hamulców samochodów, ciągników rolniczych oraz motocykli.



Rys. 2.1. Stanowisko diagnostyczne do pomiaru skuteczności działania hamulców pojazdów drogowych [8]

Fig. 2.1. A diagnostic station for measuring the effectiveness of the brakes in road vehicles [8]

Około 80 procent samochodów trafiających do stacji obsługi posiada większe lub mniejsze uszkodzenia układu hamulcowego. Najczęściej stwierdzone

2. Breaking systems diagnostics

Malfunctions of braking systems are one of the main causes of traffic accidents involving motor vehicles. Therefore, the detection of faults in the braking system is one of the most important tasks of technical diagnostics. The usefulness of the brakes to fulfill their tasks is determined by the effectiveness of their operation. The measure of the effectiveness of the brakes, that best reflects the realization of their main tasks, are either the braking distance or their delay [2].

The brake performance can be assessed during the driving tests based on measurements of the braking distance or delay values or during stationary tests (on an engine test bench) based on the measurement of forces produced between the elements of the friction pair. Diagnosing braking systems for road vehicles can be divided into diagnosing the mechanisms of brake actuators and determining the effectiveness of the braking system [2]. In practice, the brake system diagnosis comes down to merely verify its effectiveness when carrying out periodic technical inspections on a diagnostic station. Figure 2-1 shows an example of a tool for such diagnostics, which has a built-in roller device for measuring the braking efficiency of cars, tractors and motorcycles.

About 80 percent of cars going into the service station come with some degree of damage to the brake system. Frequently observed defects of the brake system are: worn-out brake pads, discs, drums and brake shoes, faulty parking brake or leaks from the brake system. Unaddressed faults (from wear) result in extended braking distance or may cause a loss of control of the vehicle [1]. Usually diagnosis of the mechanisms of brake actuators happens only if, during the periodic test the effectiveness of the braking system the results are objectionable,.

In the case of rail transport, in which determining the condition of the vehicle cannot be reduced merely to a technical review carried out once a year, diagnosis of the brake is carried out much more thoroughly. The system for diagnostics of brake systems of rail vehicles with regular drives in accordance with the regulation [5] functioning in the country defines the program of tests for the main brake (PN) for the freight cars, passenger coaches and traction vehicles. This program, in addition to an inspection to check the correct state and assembly of the brake system and leak testing of the pneumatic system of the carriage requires stationary performance tests of the PN brake consisting of checking:

- patency of the main line,
- filling time of the auxiliary reservoir and the control reservoir,
- the sensitivity and the insensitivity of the brake to chosen pressure drops in the main conduit,

niezdatności układu hamulcowego to m.in.: zużyte klocki, tarcze, bębny i szczęki hamulcowe, nieskuteczny hamulec postojowy, czy też wycieki z układu hamulcowego. Nieusunięte uszkodzenia (zużycia) powodują wydłużenie drogi hamowania lub mogą wpłynąć na utratę kontroli nad pojazdem [1]. Jeśli podczas badania okresowego skuteczność działania układu hamulcowego budzi zastrzeżenia, najczęściej dopiero wtedy dochodzi do diagnozowania mechanizmów uruchamiających hamulce.

W przypadku transportu kolejowego, w którym określenie stanu technicznego pojazdu nie sprowadza się jedynie do przeglądu technicznego przeprowadzanego raz w roku, diagnozowanie hamulca przeprowadza się dużo bardziej szczegółowo. Funkcjonujący w kraju system diagnozowania stanu układów hamulcowych pojazdów szynowych sterowanych klasycznie zgodnie z normą [5] określa program prób odbiorczych hamulca zasadniczego (PN) dla wagonów towarowych, wagonów pasażerskich i pojazdów trakcyjnych. Program ten, oprócz oględzin sprawdzających poprawność wykonania i montażu układu hamulcowego oraz sprawdzenia szczelności instalacji pneumatycznej wagonu, wymaga stacjonarnych prób funkcjonalnych hamulca PN polegających na sprawdzeniu:

- drożności przewodu głównego,
- czasów napełniania zbiornika pomocniczego i zbiornika sterującego,
- czułości i nieczułości hamulca na odpowiednie spadki ciśnienia w przewodzie głównym,
- największych wartości ciśnień cylindrowych, ciśnienia zaskoku w nastawieniu "Towarowy" oraz czasów napełniania i opróżniania cylindrów hamulcowych we wszystkich nastawieniach hamulca,
- zdolności hamulca do hamowania odhamowania,
- działania przyspieszacza hamowania nagłego,
- działania hamulca bezpieczeństwa,
- poprawności działania odłużniacza,
- skoku tłoka i działania nastawiacza przekładni hamulcowej.

Próby stacjonarne układu hamulcowego wagonu przewidziane w normie [5] wykonuje się po podłączeniu pojazdu szynowego do układu umożliwiającego sterowanie hamulcem zasadniczym poprzez kształtowanie wartości i gradientu ciśnienia w przewodzie głównym. Niezbędne jest też wyposażenie badanego wagonu w urządzenia do pomiaru ciśnień. Próby wymienione w normie [5] powinny być wykonywane za pomocą przyrządu do kontroli hamulca, który jest zasilany ze stacjonarnej sieci sprężonego powietrza, sterowany mikroprocesorowo i wyposażony w niezbędne przetworniki do pomiaru ciśnień. Przyrząd ten samoczynnie kształtując odpowiednie przebiegi ciśnienia w przewodzie głównym powinien zrealizować program prób

- the highest values of cylinder pressure, the triggering pressure in "Freight" mode and the time of filling and emptying of the brake cylinders in all brake operating modes,
- the brake's ability to apply and release,
- brake pipe emptying accelerator performance,
- emergency brake performance,
- correct operation of the brake release,
- stroke and operation of the transmission brake adjuster.

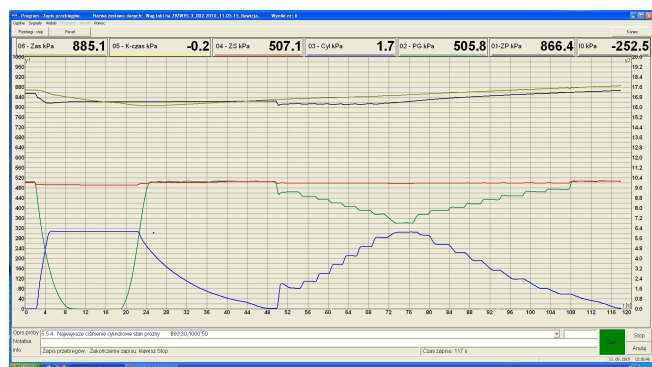
Stationary tests of carriage braking system envisaged by the regulation [5] is to be performed after connecting the rail vehicle to the system enabling service brake control through control of the values and the gradient of pressure in the main line. Equipping the tested carriage with apparatus for measuring pressure is also necessary. Tests specified by the regulation [5] should be made by means of the brake control device, which is powered from a stationary compressed air network, microprocessor-controlled and equipped with the necessary sensors to measure pressure. This device automatically changing the corresponding pressure patterns in the main line should perform a series of tests required by the aforementioned regulation. Pressure results obtained during tests should be visualized in the form of characteristics (Fig.2.4), recorded and stored in digital form, and the evaluation of results should occur automatically thus preventing any impact of staff on that assessment. An example device that meets these criteria is a system for testing brake systems HADIAG shown in Figures 2.2 and 2.3, which shows the HADIAGL system for testing brake systems in locomotives (Figure 2.2) and the HADIAGT system for testing brake systems in carriages (Fig.2.3).



Rys. 2.2. Stanowisko diagnostyczne do kontroli i oceny stanu technicznego układów hamulcowych lokomotyw [9]

Fig. 2.2. Diagnostic station to monitor and evaluate the technical condition of brake systems in locomotives [9]

wymaganych w wyżej wspomnianej normie. Przebiegi ciśnień uzyskane podczas prób powinny być wizualizowane w postaci charakterystyk (rys.2.4), rejestrowane i zapisywane w postaci cyfrowej, a ocena wyników powinna następować samoczynnie uniemożliwiając wpływ personelu na tę ocenę. Przykładem przyrządu spełniającego powyższe kryteria jest system do badania układów hamulcowych HADIAG przedstawiony na rysunkach 2.2 i 2.3, gdzie pokazano system HADIAGL do badania układów hamulcowych lokomotyw (rys.2.2) oraz system HADIAGT układów hamulcowych wagonów towarowych (rys.2.3).



Rys. 2.4. Przykładowy przebieg ciśnień realizowanych przez układ hamulcowy pojazdu szynowego.

Fig. 2.4. An example of the pressures used by the braking system of a rail vehicle.

3. Statystyka wypadków kolejowych i drogowych

Zgodnie z definicją wg zarządzenia nr 635 Komendanta Głównego Policji z dnia 30 czerwca 2006 r. w sprawie metod i form prowadzenia przez Policję statystyki zdarzeń drogowych, rozróżniamy dwa rodzaje zdarzeń drogowych:

Wypadek drogowy – jest to zdarzenie drogowe, „które pociągnęło za sobą ofiary w ludziach, w tym także u sprawcy tego zdarzenia, bez względu na sposób zakończenia sprawy”.

Kolizja drogowa – „jest to zdarzenie drogowe, które pociągnęło za sobą wyłącznie straty materialne”.

Natomiast w kolejnictwie, zgodnie z ustawą o transporcie kolejowym [7], rozróżniamy następujące pojęcia:

Wypadek – niezamierzone nagłe zdarzenie lub ciąg takich zdarzeń z udziałem pojazdu kolejowego, powodujące negatywne konsekwencje dla zdrowia ludzkiego, mienia lub środowiska. Do wypadków zalicza się w szczególności: kolizje, wykolejenia, zdarzenia na przejazdach, zdarzenia z udziałem osób spowodowane przez pojazd kolejowy będący w ruchu, a także pożar pojazdu kolejowego.

Wypadek poważny – wypadek spowodowany kolizją, wykolejeniem pociągu lub innym podobnym zdarzeniem z przynajmniej jedną ofiarą śmiertelną lub przynajmniej pięcioma ciężko rannymi lub powodujący znaczne zniszczenie pojazdu kolejowego, infrastruktury kolejowej lub środowiska, które mogą zostać na-



Rys. 2.3. Stanowisko diagnostyczne do kontroli i oceny stanu technicznego układów hamulcowych wagonów towarowych [9]

Fig. 2.3. Diagnostic station to monitor and evaluate the technical condition of brake systems in freight carriers [9]

3. Statistics of rail and road accidents

As defined by Ordinance No. 635 of the Chief of Police dated 30th June 2006, on the methods and forms of conduct by the police when gathering statistics of road events, two types of traffic incidents are distinguished:

Car crash – it is a traffic incident, "which entailed human casualties, including at the perpetrator of this incident, no matter how the case is closed".

Minor traffic collision – "it is a traffic incident, which entailed only property damage".

However, in rail transport, according to the Act on Rail Transport [7], we distinguish between the following concepts:

Minor incident – an unintended sudden event or series of such events with the participation of a railway vehicle, causing negative consequences for human health, property or the environment. Accidents include in particular: collisions, derailments, rail-crossing events, the events involving persons caused by a rail vehicle in motion, as well as a rail vehicle fire.

Major accident – accident caused by collision, derailment of a train or other similar event with at least one fatality or at least five serious injuries or causing significant damage to a railway vehicle, the railway infrastructure or the environment that can immediately be assessed by the committee examining the case for at least €2 million having an obvious impact on railway safety regulations or safety management.

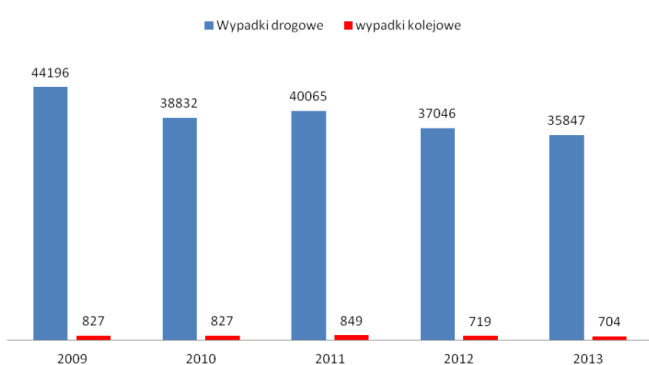
Figure 3.1. presents a summary of road and rail accidents in Poland for a period of five years on the basis of data published by the Police and the Office of Rail Transport. It can be seen that the number of accidents in road transport is tens of times greater than in the case of rail transport. This result is closely related to the number of cars on the roads in

tychmiast oszacowane przez komisję badającą wypadek na co najmniej 2 mln €, mający oczywisty wpływ na regulacje bezpieczeństwa kolei lub na zarządzanie bezpieczeństwem.

Na rysunku 3.1. przedstawiono zestawienie wypadków kolejowych i drogowych w Polsce za okres pięciu lat na podstawie danych opublikowanych przez Policję oraz Urząd Transportu Kolejowego. Można na nim zauważyć, że liczba wypadków w transporcie drogowym jest kilkadziesiąt razy większa niż w przypadku transportu szynowego. Wynik ten jest ściśle związany z ilością samochodów poruszających się po drogach w stosunku do liczby pociągów, oraz z kolizyjnością infrastruktury drogowej w porównaniu z wydzielonymi szlakami kolejowymi. Optymistyczny akcent tego zestawienia, to fakt że z roku na rok liczba wypadków, zarówno drogowych jak i kolejowych, maleje.

Comparison of road and rail accidents in years 2009 – 2013

Zestawienie wypadków kolejowych i drogowych w latach 2009 - 2013



Rys. 3.1. Zestawienie wypadków kolejowych i drogowych w latach 2009-2013 [4,6,15,16]

Fig. 3.1. Summary of rail and road accidents in years 2009-2013 [4,6,15,16]

Na rysunkach 3.2 i 3.3 zaprezentowano strukturę wypadków drogowych w latach 2009 – 2010. Wynika z nich, że zły stan techniczny pojazdów odpowiada za wypadki na drogach tylko w 0,2%, co może świadczyć o wysokim poziomie stanu technicznego pojazdów eksploatowanych na Polskich drogach. Po szczegółowym przeanalizowaniu wypadków spowodowanych złym stanem technicznym zaważamy że układ hamulcowy jest trzecim w kolejności, zaraz po oświetleniu i ogumieniu, sprawcą wypadków drogowych.

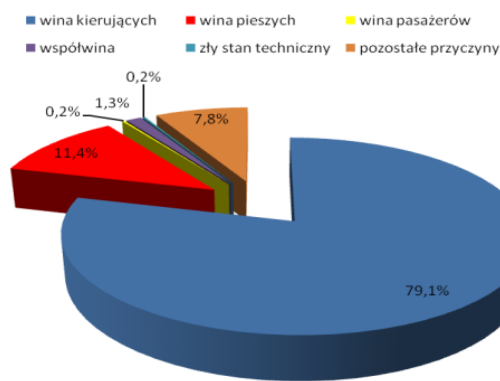
W przypadku transportu kolejowego, stan techniczny taboru odgrywa zdecydowanie większą rolę. Na rysunku 3.4 widać, że awarie pojazdów szynowych stanowią aż 11% wszystkich przyczyn wypadków kolejowych w latach 2009 – 2010.

relation to the number of trains, and the entanglement of road infrastructure compared with separate railway routes. The optimistic aspect of this statement is the fact that every year the number of accidents, both road and rail, decreases.

Figures 3.2 and 3.3 presents the structure of road accidents in the years 2009 - 2010. They show that the poor technical condition of vehicles is liable only for 0.2% of accidents on the roads, which may indicate a high level of technical condition of vehicles operating on the Polish roads. After a detailed analysis of accidents due to poor technical condition of vehicles it can be seen that the braking system is the third, immediately after lighting and tires, perpetrator of road accidents.

In the case of rail transport, the technical state plays a much greater role. Figure 3.4 shows that rail vehicle technical faults account for 11% of all causes of railway accidents in years 2009 – 2010.

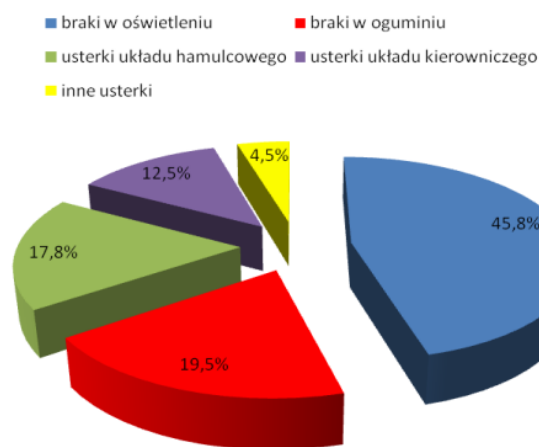
Wypadki drogowo wg sprawstwa



Rys. 3.2. Struktura wypadków drogowych wg sprawstwa w latach 2009-2010 [14,15]

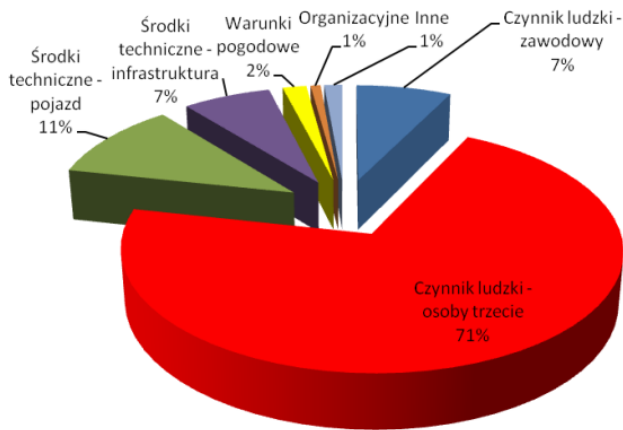
Fig. 3.2. The structure of road accidents listed by the persons responsible in years 2009-2010 [14,15]

Wypadki drogowo z powodu złego stanu technicznego pojazdów



Rys. 3.3. Struktura wypadków drogowych spowodowanych złym stanem technicznym pojazdów w latach 2009-2010 [14,15]

Fig. 3.3. The structure of road accidents caused by poor technical condition of vehicles in years 2009-2010 [14,15]



Rys. 3.4. Podział zdarzeń kolejowych ze względu na przyczynę pierwotną zdarzenia w latach 2009-2010 [4]

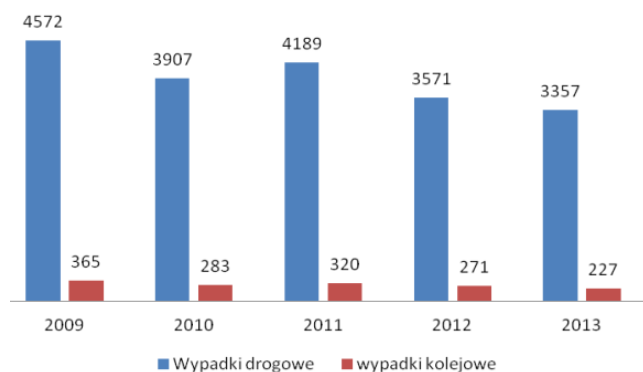
Fig. 3.4. Distribution of rail incidents based on the initial cause between 2009-2010 [4]

Dane z rysunku 3.5 pokazują, że układ hamulcowy znajduje się na drugim miejscu, zaraz po zestawach kołowych, wśród źródeł technicznych wypadków kolejowych. Jego awarie były przyczyną zdarzeń kolejowych w latach 2009 i 2010 aż w 11%.

Z powyższych danych można zauważyć także, że awarie układów hamulcowych występują zarówno w transporcie drogowym jak i transporcie kolejowym i proporcjonalnie w równej mierze przyczyniają się do powstawania wypadków komunikacyjnych.

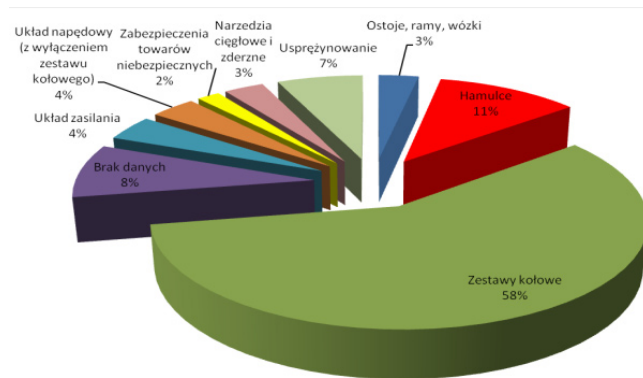
4. Skutki wypadków i ich wpływ na środowisko

Najważniejszym skutkiem i jednocześnie najwyższym kosztem każdego wypadku jest śmierć człowieka. Na rysunku 4.1 przedstawiono zestawienie liczby ofiar śmiertelnych z podziałem na wypadki drogowe i kolejowe. Z jego analizy wynika, że w transporcie drogowym ginie rocznie ponad dziesięć razy więcej osób niż w transporcie kolejowym. Jest to jednak ściśle związane z liczbą wypadków omówioną w rozdziale 3.



Rys. 4.1. Liczba ofiar śmiertelnych wypadków komunikacyjnych w latach 2009-2013 [3,15,16]

Fig. 4.1. The number of fatalities in road and rail accidents in years 2009-2013 [3,15,16]



Rys. 3.5. Źródła techniczne zdarzeń kolejowych w latach 2009-2010 [4]

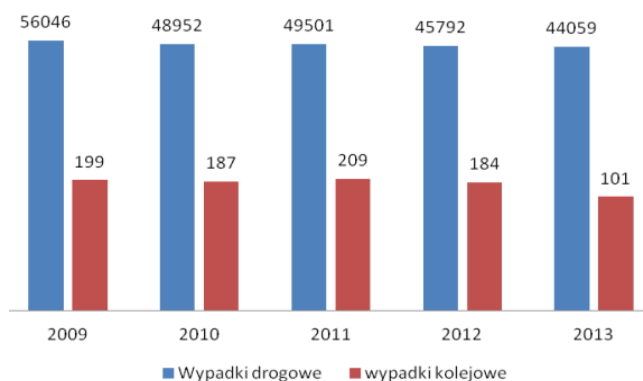
Fig. 3.5. Technical sources of rail incidents in years 2009-2010 [4]

The data from Figure 3.5 shows that the brake system is in second place, just after wheelsets, among the technical sources of rail accidents. Its failure caused train incidents in 2009 and 2010 in as many as 11% of cases.

From the above data it can also be observed that failures in braking systems occur for both road and rail transport, and contribute proportionally equally to the occurrence of traffic accidents.

4. The effects of accidents and their impact on the environment

The most important result and also the highest cost of each accident is the loss of life. Figure 4.1 summarizes the number of deaths divided into road and rail accidents. Analysis of this figure shows that more than ten times more people are killed annually in road transport than in rail transport. However, this is closely related to the number of accidents as discussed in chapter three.



Rys. 4.2. Liczba osób rannych w wypadkach komunikacyjnych w latach 2009-2013 [3,15,16]

Fig. 4.2. The number of people injured in road and rail accidents in years 2009-2013 [3,15,16]

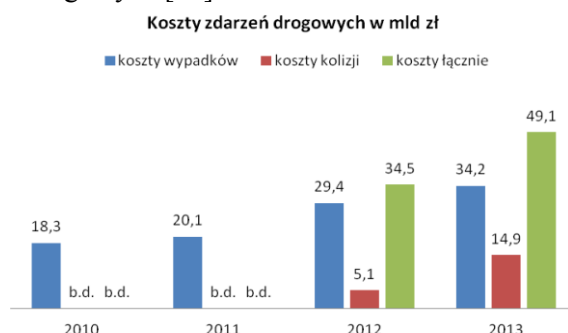
W przypadku osób rannych sytuacja wygląda podobnie. Dane na rysunku 4.2 wykazują nawet średnio trzystukrotnie większą liczbę ofiar dla transportu drogowego w porównaniu z kolejowym.

Rozpatrując dalsze skutki wypadków komunikacyjnych należy skupić się na kosztach ekonomicznych i społecznych, które możemy podzielić na [13]:

- bezpośrednie
 - koszty medyczne i rehabilitacji,
 - koszty uszkodzenia mienia (pojazdów, infrastruktury, itp.),
 - koszty administracyjne (policji, straży pożarnej, pogotowia, sądowe, ubezpieczycieli, itp.).
- pośrednie
 - straty PKB (utracona produkcja, niezrealizowana konsumpcja, itp.),
 - koszty ludzkie (ból i cierpienie ofiar i ich rodzin, utrata jakości życia, itp.),
- dodatkowe (straty czasu, zwiększenie zużycia paliwa, zanieczyszczenie środowiska, itp.).

Zgodnie z powyższym podziałem, na rysunku 4.4 przedstawiono strukturę udziału poszczególnych kategorii kosztów zdarzeń drogowych w Polsce dla przykładowego roku 2013. Z rysunku wynika, że największe koszty zostają ponoszone na ciężko rane ofiary wypadków, co jest spowodowane kosztami długoletniego leczenia i rehabilitacji oraz wypłatami rent inwalidzkich i odszkodowań. Są to istotne koszty zewnętrzne transportu.

Biorąc pod uwagę koszty finansowe wypadków komunikacyjnych zaprezentowane na rysunkach 4.4 i 4.5 możemy zauważyć ogrom strat finansowych oraz rozbieżne tendencje zmiany kosztów z biegiem czasu. Obniżenie kosztów w kolejnictwie jest spowodowane zmniejszeniem ilości zdarzeń o charakterze znaczących wypadków oraz bardziej rzetelnym kalkulowaniem kosztów przez wszystkie podmioty sektora kolejowego [3]. Analiza poziomu zdarzeń drogowych w ostatnich latach wykazuje, że pomimo spadkowemu trendowi statystyk, rozwój metod obliczeniowych i dynamiczny wzrost cen jednostkowych, generują coraz wyższe koszty ekonomiczne i społeczne wypadków drogowych [13].



Rys. 4.4. Koszty (mld zł) wypadków i kolizji drogowych w Polsce w latach 2010 – 2013 [13]

Fig. 4.4. Costs (in billions PLN) of road accidents and collisions in Poland in years 2010 – 2013 [13]

In the case of persons injured the situation is similar. The data in Figure 4.2 shows an approximately three hundred times the number of victims of road transport compared to rail.

Considering secondary effects of traffic accidents one should focus on the economic and social costs that can be divided into [13]:

- direct
 - medical and rehabilitation costs,
 - costs of damage to property (vehicles, infrastructure, etc.),
 - administrative expenses (police, fire brigade, ambulance, legal fees, insurance costs, etc.).
- indirect
 - loss of GDP (lost production, unrealized consumption, etc.),
 - human cost (pain and suffering of the victims and their families, loss of quality of life, etc.),
- other (loss of time, increased fuel consumption, pollution, etc.).

In accordance with the above distinction, Figure 4.4 shows the structure of the share of individual cost categories of road incidents in Poland for the year 2013. The figure indicates that the highest costs are incurred due to seriously injured victims of accidents, which is caused by the costs of long-lasting treatment and rehabilitation, as well as the payment of disability benefits and compensation. These are important external costs of transport.



Rys. 4.3. Struktura kosztów zdarzeń drogowych w Polsce w 2013 roku [13]

Fig. 4.3. The cost structure of road incidents in Poland in 2013 [13]

Taking into account the financial costs of traffic accidents presented in Figures 4.4 and 4.5, the magnitude of financial losses and the divergent trends in the change of costs over time can be seen. Lowering the cost of the railways is caused by a decrease in the incidence of major accidents and a more reliable calculation of costs by all railway sector stakeholders [3]. Analysis of the level of traffic incidents in recent years shows that despite the downward trend in the statistics, the development of more advanced computational

Na rysunku 4.6 przedstawiono koszty zdarzeń kolejowych w latach 2009 – 2010 nie uwzględniając w nich kosztów poniesionych na ofiary wypadków. Wynika z niego, że największy udział w tych kosztach mają koszty wewnętrzne kolei poniesione na straty w pojazdach – ponad 58% wszystkich kosztów i na straty w infrastrukturze – prawie 34%.

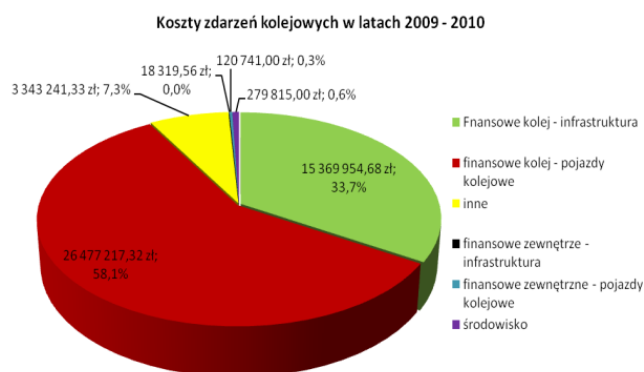
methods and dynamic growth in unit prices generate even higher economic and social costs of road accidents [13].

Figure 4.6 shows the cost of rail incidents in the years 2009-2010 without taking into account the costs incurred for the casualties involved. It shows that the largest share of these costs are internal costs incurred as losses in vehicles - more than 58% of all costs, and losses in infrastructure - almost 34%.



Rys. 4.5. Koszty (mln EURO) znaczących wypadków kolejowych w Polsce w latach 2010 – 2013 [3]

Fig. 4.5. Costs (in millions of EUR) of significant rail accidents in Poland in years 2010 – 2013 [3]



Rys. 4.6. Koszty zdarzeń kolejowych w latach 2009-2010 [4]

Fig. 4.6. Cost of rail incidents in years 2009-2010 [4]



Rys. 4.7. Katastrofa kolejowa pod Szczekocinami - 3 marca 2012 [10]

Fig. 4.7. Train crash near Szczekocinomy – 3rd of March 2012 [10]



Rys. 4.8. Katastrofa kolejowa w Białymstoku - 8 listopada 2010 [10]

Fig. 4.8. Train crash in Białystok - November 8th, 2010 [10]



Rys. 4.9. Katastrofa kolejowa w Swarzędzu - 19 lutego 2007 [10]

Fig. 4.9. Train crash in Swarzedz - February 19th, 2007 [10]



Rys. 4.10. Katastrofa kolejowa w Babach - 12 sierpnia 2011 [10]

Fig. 4.10. Train crash in Babach - August 12th 2011 [10]

Na rysunkach od 4.7 do 4.10 przedstawiono zdjęcia z najbardziej poważnych katastrof kolejowych ostatnich lat, w których zginęło łącznie 18 osób, ponad 170 osób zostało rannych i omal nie doszło do katastrofy ekologicznej z powodu wycieku 70 ton mazutu (ciężki olej opałowy stosowany m.in. jako paliwo do statków) w pobliżu jeziora w Swarzędzu.

Natomiast na rysunkach 4.11 i 4.12 pokazano zdjęcia z być może najtragiczniejszych wypadków w komunikacji samochodowej w Polsce. W wypadku podmiejskiego autobusu pod Gdańskiem w 1994 roku zginęło 32 pasażerów a 43 zostało rannych, a w wypadku autokaru w Jeżowie zginęło 13 osób, w tym 9 maturzystów.



Rys. 4.11. Katastrofa autokaru w Jeżowie – 30 września 2005 [12]

Fig. 4.11. Crash of a coach in Jeżów - September 30th 2005 [12]

Biorąc pod uwagę koszty wypadków, jako koszty zewnętrzne transportu, spowodowanych niezdatnościami układów hamulcowych oraz ich skutków (zdjęcia), problem poprawności działania układów hamulcowych jest bardzo ważny dla poprawnego i bezpiecznego funkcjonowania systemu transportowego.

5. Podsumowanie

Głównym celem pracy było wykazanie związku między nieprawidłowym działaniem układów hamulcowych a powstawaniem wypadków komunikacyjnych. Niezdatności układów hamulcowych są jedną z głównych przyczyn technicznych wypadków pojazdów szynowych jak i samochodowych. Dlatego rozwinięta i stosowana diagnostyka pozwala na sprawdzenie ich skuteczności i pewności działania oraz wyeliminowanie z ruchu pojazdów z uszkodzonymi lub zużytymi układami hamulcowymi. Analiza wypadków pozwala zauważyć, że liczba wypadków w transporcie drogowym jest kilkadziesiąt razy większa niż w przypadku transportu szynowego. Z danych przedstawionych w artykule wynika, że niezdatności układów hamulcowych – wśród technicznych źródeł struktury wypadków, w obydwu typach transportu, w równej mierze przyczyniają się do powstawania wypadków komunikacyjnych. Analiza kosztów wszystkich wypadków wykazała, że stanowią one istotną część kosztów zewnętrznych transportu

Figures 4.7 to 4.10 show images of the most significant railway catastrophes of recent years, which killed a total of 18 people, more than 170 people were wounded and an environmental disaster was narrowly averted due to the leaking of 70 tons of mazut (heavy fuel oil used, among others, as fuel for ships) near a lake in Swarzędz.

In contrast, figures 4.11 and 4.12, showing pictures of perhaps the most tragic accidents in road transport in Poland. In the case of the suburban bus near Gdansk in 1994, 32 passengers were killed and 43 were injured, while the bus accident in Jeżów killed 13 people, including 9 high school graduates.



Rys. 4.12. Katastrofa autobusu pod Gdańskiem – 2 maja 1994 [11]

Fig. 4.12. Crash of a bus near Gdańsk - May 2nd 1994 [11]

Taking into account the costs of accidents, as the external costs of transport caused by malfunctions in braking systems and their effects (on pictures), the problem of correct operation of braking systems is very important for the proper and safe functioning of the transport system.

5. Conclusions

The main aim of this study was to demonstrate the connection between the malfunctions in the braking systems and the incidence of traffic accidents. Malfunctions of braking systems are one of the main causes of technical accidents of rail and road vehicles. Therefore a properly developed and widely used diagnostics allows for checking their effectiveness and reliability of operation as well as the elimination of vehicles with defective or worn out braking systems. Analysis of accident statistics shows that the number of accidents in road transport is tens of times greater than in the case of rail transport. From the data presented in the article it can be concluded that malfunctions of braking systems - among technical sources in the structure of accidents, in both types of transport, equally contribute to the occurrence of traffic accidents. A cost analysis of all accidents showed that they are a significant part of the external costs of transport.

6. Literatura

6. Bibliography

1. *Diagnostyka wstępna hydraulicznego układu hamulcowego samochodu osobowego – instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu Eksploatacja Maszyn. Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, Katedra Budowy i Eksploatacji Maszyn. Białystok 2009*
2. *M. Hebda, S. Niziński, H. Pelc: Podstawy diagnostyki pojazdów mechanicznych. WKiŁ Warszawa 1980*
3. *Raport w sprawie bezpieczeństwa na kolei w Polsce za rok 2013. Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa, wrzesień 2014*
4. *Ryś T., Sitarz M.: Analiza zdarzeń kolejowych w Polsce w latach 2009 – 2010. Katowice 2012*
5. *Tabor kolejowy. Hamulec. Wymagania i metody badań – norma PN-K-88177; styczeń 1998 z późn. zm.*
6. *Urząd Transportu Kolejowego: Ocena Funkcjonowania Rynku Transportu Kolejowego i Stanu Bezpieczeństwa Ruchu Kolejowego w 2013 roku.*
7. *Ustawa o transporcie kolejowym. (Dz.U. z 2003 r. nr 86, poz. 789, z późn. zm.).*
8. www.producent.fudim.com/index.php/ofertaa/linie-diagnostyczne/13-ldp-3-5e/50-urządzenie-rolkowe-typ-bhe-5cle
9. www.tens.pl/articles/172/n/2#!prettyPhoto
10. www.wiadomosci.onet.pl/kraj/katastrofy-kolejowe-w-polsce
11. www.wiadomosci.onet.pl/prasa/to-byl-najtragicznieszy-wypadek-drogowy-w-powojennej-polsce/npsfc
12. www.wspolczesna.pl/apps/pbcs.dll/article?AID=/20120907/REG06/120909731
13. *Wycena kosztów wypadków i kolizji drogowych na sieci dróg w Polsce na koniec roku 2013. Instytut Badawczy Dróg i Mostów – Zakład Ekonomiki. Warszawa, listopad 2014*
14. *Wypadki drogowe w Polsce w 2009 roku. Komenda Główna Policji – Biuro Prewencji i Ruchu Drogowego – Wydział Ruchu Drogowego. Warszawa 2010*
15. *Wypadki drogowe w Polsce w 2010 roku. Komenda Główna Policji – Biuro Prewencji i Ruchu Drogowego – Wydział Ruchu Drogowego. Warszawa 2011*
16. *Wypadki drogowe w Polsce w 2013 roku. Komenda Główna Policji – Biuro Prewencji i Ruchu Drogowego – Wydział Ruchu Drogowego. Warszawa 2014*