

*dr inż. Marcin Kruś*  
*mgr inż. Tomasz Antkowiak*  
*Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”*

**Construction solution used in the bogies of rail vehicles  
with a view to reduce the noise emission**

**Rozwiązania konstrukcyjne stosowane w budowie wózków  
pojazdów szynowych w aspekcie ograniczenia hałasu.**

*The paper presents the construction measures reducing the noise emission in the running gear system and conducive to the environment protection. The requirements related to the noise emission in accordance with TSI regulations are presented.*

*W artykule przedstawiono środki konstrukcyjne zmniejszające emisję hałasu w układach biegowych oraz wpływające na ochronę środowiska. Przedstawiono wymagania dotyczące emisji hałasu wg przepisów TSI.*

**1. INTRODUCTION**

Nowadays, in the era of the cult of consumption, deliveries of many products in shorter time often to large distances become necessary. One of the mass transport means tailored to the trend is the rail transport. Apart from its obvious advantages, consisting in large load capacity, relatively low accident rates and high resistance to weather conditions, this transport mode negatively affects the people and environment in result of the noise emission and environment pollution.

**1. WSTĘP**

W dzisiejszych czasach, w dobie zwiększonego konsumpcjonizmu, konieczne staje się dostarczenie wielu produktów w coraz krótszym czasie i niekiedy na bardzo duże odległości. Jednym ze środków transportu zbiorowego, wpisującego się w tę tendencję, jest transport szynowy. Ten typ transportu, oprócz oczywistych zalet, takich jak: duża ładowność, w miarę mała wypadkowość czy też stosunkowo duża

Significance of the problem may be confirmed by the fact that new domestic and international (at the European Union level) standards dealing with environment protection and noise reduction are continuously being created.

The authors of the present paper confine to presentation of the problems related to the impact of running gear system on the natural environment.

The noise generated in rail transport includes mechanical and aerodynamic components [1]. The aerodynamic noise dominating in case of high speed, i.e. above 250 km/h, is due to non-stationary air flow. It arises mainly in the train front end, rail car couplers, bogies, and the equipment fitted on the roof [1].

Among the most significant mechanical noise sources there are [1]:

- wheel/rail interaction (so-called rolling noise);
- operation of the motor and compressor;
- wheel/rail interaction while moving around small curve radius bends;
- interaction of the block brake and wheel surface while braking.

## 2. THE REQUIREMENTS WITH REGARD TO THE NOISE EMISSION

The noise emitted by the rail vehicles is divided into the following categories:

- stationary noise;
- starting noise;
- pass-by noise;
- driver's cab interior noise

### 2.1. Stationary noise

The limit values for the following sound pressure levels under normal vehicle conditions concerning the stationary noise allocated to the categories of the rolling stock subsystem are set out in Table 1:

Wartości dopuszczalne hałasu stacjonarnego [2] Tabela 1  
Limit values of stationary noise [2] Table 1

Kategoria podsystemu „Tabor kolejowy”	$L_{pAeq,T} [dB]$	$L_{pAeq,T}^i [dB]$	$L_{pAF,max} [dB]$
Lokomotywy elektryczne i OTM z napędem elektrycznym	70	75	85
Lokomotywy spalinowe i OTM z napędem wysokoprężnym	71	78	
EMU	65	68	
DMU	72	76	
Wagony osobowe	64	68	
Wagony towarowe	65	nie dotyczy	

Explanations: OTM – On-Track Machines – special rolling stock designed for construction and maintenance of the railway infrastructure; EMU – Electric Multiple Unit; DMU – Diesel Multiple Unit

Objaśnienia:  $L_{pAeq}$ ,  $T_p$  - równoważny ciągły poziom dźwięku A, OTM – tabor kolejowy specjalny przeznaczony do budowy i utrzymania infrastruktury kolejowej; EMU – zespoły trakcyjne elektryczne; DMU zespoły trakcyjne spalinowe

odporność na warunki atmosferyczne, negatywnie wpływa na ludzi i środowisko poprzez emisję hałasu i zanieczyszczenie środowiska. Jak istotny jest to problem świadczyć może fakt, że ciągle powstają nowe normy prawne krajowe i międzynarodowe (na poziomie Unii Europejskiej) wprowadzające nowe przepisy w zakresie ochrony środowiska i ograniczenia emisji hałasu.

W niniejszym artykule ograniczono się do przedstawienia zagadnień dotyczących wpływu na środowisko naturalne, związanych z układami biegowymi.

Na hałas kolejowy składają się hałas mechaniczny oraz hałas aerodynamiczny [1].

Hałas aerodynamiczny, dominujący przy dużych prędkościach, tj. powyżej 250 km/h, obejmuje nieustalone powiewy powietrza. Powstaje przede wszystkim w okolicy czoła pociągu, połączeń wagonów, wózków oraz wyposażenia zamontowanego na dachu.

Wśród źródeł hałasu mechanicznego najistotniejsze to:

- współpraca koła i szyny (tzw. hałas toczenia)
- praca silnika i sprężarki
- współpraca koła i szyny podczas wpisywania się pojazdu w łuki o małym promieniu
- współpraca powierzchni elementów hamujących i powierzchni kół podczas hamowania.

## 2. WYMAGANIA DOTYCZĄCE EMISJI HAŁASU

Hałas emitowany przez pojazdy szynowe został podzielony na następujące kategorie [2]:

- hałas stacjonarny;
- hałas ruszania;
- hałas przejazdu;
- hałas wewnątrz kabiny maszynisty.

### 2.1. Hałas stacjonarny

Wartości dopuszczalne dla następujących poziomów ciśnienia akustycznego, w warunkach normalnych dla pojazdu, w odniesieniu do hałasu stacjonarnego są określone w tabeli 1.

### 2.2. Hałas ruszania

Wartości dopuszczalne dla maksymalnego poziomu dźwięku z korekcją typu A i stałą czasową  $F(L_{pAF,max})$  w odniesieniu do hałasu ruszania określono w tabeli 2.

### 2.3. Hałas przejazdu

Wartości dopuszczalne dla równoważnego ciągłego poziomu dźwięku A przy prędkości 80km/h ( $L_{pAeq,Tp,(80\text{ km/h})}$ ) i – w stosownych przypadkach – 250 km/h ( $L_{pAeq,Tp,(250\text{ km/h})}$ ) w odniesieniu do hałasu przejazdu przedstawiono w tabeli 3.

## 2.2. Starting noise

The limit values for the AF-weighted maximum sound pressure level ( $L_{pAF,max}$ ) concerning the starting noise allocated to the categories of the rolling stock subsystem are set out in Table 2.

## 2.3. Pass-by noise

The limit values for the A-weighted equivalent continuous sound pressure level at a speed of 80 km/h ( $L_{pAeq,Tp(80km/h)}$ ) and, if applicable, at 250 km/h ( $L_{pAeq,Tp(250km/h)}$ ) concerning the pass-by noise allocated to the categories of the rolling stock subsystem are set out in Table 3.

Limit values of pass-by noise [2] Table 3  
Wartości dopuszczalne hałasu przejazdu [2] Tabela 3

Kategoria podsystemu „Tabor kolejowy”	$L_{pAeq,Tp(80km/h)}$ [dB]	$L_{pAeq,Tp(250km/h)}$ [dB]
Lokomotywy elektryczne i OTM z napędem elektrycznym	84	99
Lokomotywy spalinowe i OTM z napędem wysokoprężnym	85	nie dotyczy
EMU	80	95
DMU	81	96
Wagony osobowe	79	nie dotyczy
Wagonu towarowe (znormalizowane do $o/d=0,225$ )(* )	83	nie dotyczy

Explanations: as for Table 1; (\*) o/d – the number of axles divided by distance between the bumpers [ $m^{-1}$ ].

Objaśnienia: jak dla tablicy 1; (\*) o/d: liczba osi podzielona przez długość pomiędzy zderzakami [ $m^{-1}$ ].

## 2.4. Driver’s cab interior noise

The limit values for the A-weighted equivalent continuous sound pressure level ( $L_{pAeq,T}$ ) concerning the noise within the driver's cab are set out in Table 4.

## 3. CONSTRUCTION MEASURES REDUCING THE NOISE EMISSION

### 3.1. Braking system

Type of the braking system very significantly affects the level of the noise emitted by the rail vehicle. Figure 1 gives an overview of the braking system types used in the rail vehicles.

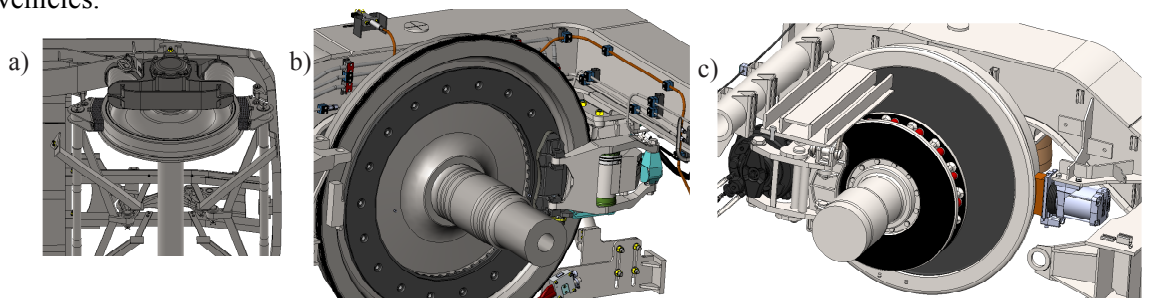


Fig. 1. Braking system types used in the rail vehicles a) the block brake; b) the disk brake with the disk located on the wheel; c) the disk brake with the disk located on the axle and with a block brake (a so-called cleaning one)

Limit values of starting noise [2] Table 2  
Wartości dopuszczalne hałasu ruszania [2] Tabela 2

Kategoria podsystemu „Tabor kolejowy”	$L_{pAF,max}$ [dB]
Lokomotywy elektryczne o łącznej mocy pociągowej $P < 4500$ kW	81
Lokomotywy elektryczne o łącznej mocy pociągowej $P \geq 4500$ kW OTM z napędem elektrycznym	84
Lokomotywy spalinowe o $P < 2000$ kW na wale	85
Lokomotywy spalinowe o $P \geq 2000$ kW na wale OTM z napędem wysokoprężnym	87
EMU o prędkości maksymalnej $v_{max} < 250$ km/h	80
EMU o prędkości maksymalnej $v_{max} \geq 250$ km/h	83
DMU o $P < 560$ kW/silnik na wale	82
DMU o $P \geq 560$ kW/silnik na wale	83

Explanations: as for Table 1 Objasnienia: jak dla tablicy 1

## 2.4. Hałas wewnątrz kabiny maszynisty

Wartości dopuszczalne dla równoważnego ciągłego poziomu dźwięku  $A(L_{pAeq,T})$  w odniesieniu do hałasu wewnątrz kabiny maszynisty podano w tabeli 4.

Limit values of driver’s cab interior noise [2] Table 4

Wartości dopuszczalne hałasu wewnątrz kabiny maszynisty [2] Tabela 4

Hałas w kabinie maszynisty	$L_{pAeq,T}$ [dB]
Podczas postoju, gdy emitowany jest sygnał dźwiękowy	95
Przy prędkości maksymalnej $v_{max}$ , jeżeli $v_{max} < 250$ km/h	78
Przy prędkości maksymalnej $v_{max}$ , jeżeli $250$ km/h $\leq v_{max} < 350$ km/h	80

## 3. ŚRODKI KONSTRUKCYJNE ZMNIĘSZAJĄCE EMISJĘ HAŁASU

### 3.1. Układ hamulcowy

Rodzaj układu hamulcowego ma bardzo istotny wpływ na poziom hałasu emitowanego przez pojazd szynowy. Na rys. 1 przedstawiono typy układów hamulcowych stosowanych w pojazdach szynowych.

Rys. 1. Typy układów hamulcowych stosowanych w pojazdach szynowych: a) hamulec klockowy b) hamulec tarczowy z tarczą umieszczoną na kole c) hamulec tarczowy z tarczą umieszczoną na osi i hamulec klockowym (tzw. czyszczącym)

The noise level measured during the pass-by of a train with the wagons having the block brakes provided with classical cast-iron brake blocks is about 10dB(A) higher than for the wagons with the disk brakes. This is due to wavy wear of the wheel running surface which arises in case of the use of the block brakes.

These days most of newly-built rail vehicles (passenger coaches) are equipped with disk brakes with the disk located on the axle or directly on the wheel. Nevertheless, in case of the freight wagons or some passenger coaches, the block brakes are used for construction or economic reasons, that, at the same time, clean the wheels or simply assist the electrodynamic brake. In such a case the brake blocks made of composite materials are used with a view to reduce the noise level.

According to the research and studies the wheel and rail roughness is decisive for the noise level while braking. The difference caused by the wear of the wheel and rail mating surfaces may reach even 15dB(A) [4]. Each use of the block brake provided with the P10 phosphorus cast-iron brake blocks increases roughness of the wheel rolling surface manifested by formation of grooves on the wheel. The grooves 5 to 10 cm long existing on the wheel rolling surface cause the vibration of the amplitude from 10 to 300  $\mu\text{m}$ . This gives rise to the noise reaching the ear. If the P10 phosphorus cast-iron brake block is the main reason for increased wheel roughness, the use of plastic brake blocks might be advisable [4]. Replacement of the classical brake blocks made of cast-iron by the composite ones may reduce the level of the noise emitted by the rail vehicles by about 10dB(A) [3]. Table 5 presents the level of the noise emitted by the rail vehicles provided with disk brake, block brake with the brake blocks made of cast-iron, composite and sintered metal powders.

The problem of the cast-iron brake blocks affects about 600 thousand freight wagons all over Europe. The CER members have agreed that despite relatively high average modernization cost per one wagon (about €4500) the solution is to be gradually implemented, as being more effective than the passive noise protective measures [5].

Nevertheless, for implementation of the plastic (composite) brake blocks many technological problems must be solved, such as [4]:

Poziom hałasu zmierzony podczas przejazdu pociągu dla wagonów z hamulcem klockowym wyposażonym w klasyczną wstawkę żeliwną jest o około 10 dB(A) wyższy w porównaniu z poziomem hałasu zmierzonym podczas jazdy dla wagonów z hamulcem tarczowym. Spowodowane jest to pojawiającym się, w przypadku hamulców klockowych, zużyciem falistym na powierzchni tocznej koła.

Obecnie, w większości nowo budowanych pojazdów szynowych (pasażerskich) stosuje się hamulce tarczowe z tarczą umieszczoną na osi lub bezpośrednio na kole. Jednakże w przypadku wagonów towarowych lub w niektórych pojazdach pasażerskich, ze względów konstrukcyjnych i/lub ekonomicznych, stosuje się hamulce klockowe, spełniające funkcję czyszcząca koło lub też stanowiące uzupełnienie do hamulca elektrodynamicznego. W takim przypadku, w celu redukcji poziomu hałasu, stosuje się wstawki hamulcowe wykonane z materiałów kompozytowych.

Jak wynika z przeprowadzonych badań i prac studialnych decydującym o poziomie hałasu podczas hamowania parametrem jest chropowatość koła i szyny. Różnica wynikająca ze stopnia zużycia powierzchni współpracujących koła i szyny może wynieść nawet 15 dB(A) [4]. Każdorazowe użycie hamulca klockowego, gdzie zastosowano wstawki z żeliwa fosforowego P10, powoduje zwiększenie chropowatości powierzchni tocznej koła, co objawia się tworzeniem „rowków” na kole. Rowki o długości 5 cm do 10 cm na powierzchni tocznej koła wytwarzają drgania o amplitudach o wartości 10 do 300  $\mu\text{m}$ , które przekształcają się w hałas odbierany przez ludzkie ucho. Jeśli główną przyczyną systematycznego zwiększenia chropowatości koła jest wstawka z żeliwa fosforowego P10, to wówczas celowe okazuje się zastosowanie wstawek z tworzyw sztucznych [4]. Zastępując klasyczne wstawki hamulcowe wykonane z żeliwa na wstawki kompozytowe można uzyskać poziom hałasu emitowany przez pojazd szynowy o około 10 dB (A) niższy [3]. W tabeli 5 przedstawiono poziomy hałasu emitowanego poprzez osobowe pojazdy szynowe wyposażone w hamulec tarczowy, klockowy z wstawkami: wykonanymi z żeliwa, kompozytu i spiekanych proszków metali [3].

Problem ze wstawkami żeliwnymi dotyczy około 600 tys. wagonów towarowych w całej Europie. Członkowie CER uzgodnili, że pomimo stosunkowo

**The level of the noise emitted by passenger train equipped with a disk brake and block brakes with various brake blocks [3]** **Table 5**

Poziom hałasu emitowany przez pociągi osobowe		Tabela 5	
Lp.	Rodzaj układu hamulcowego oraz materiału wstawki	Poziom hałasu w dB(A)	
		v=100 km/h	v=140 km/h
1.	Hamulec tarczowy	86	90
2.	Hamulec klockowy ze wstawką kompozytowa	86	90
3.	Hamulec klockowy ze wstawką spiekana	88	93
4.	Hamulec klockowy ze wstawką żeliwną	98	104

- The substitute product must meet the requirements related to the friction coefficient and must guarantee that the specified braking distance is maintained under any technological conditions.
- In case of a mixed train composition, i.e. when some wagons are provided with phosphorus cast-iron brake blocks and the others with the composite ones, the braking process must not generate inadmissible longitudinal forces or other effects requiring the train driver to undertake some special operations.
- Nearly 25-30 percent of the heat generated during braking is dissipated by the phosphorus cast-iron brake blocks, while the remaining part is transferred by the wheel itself. The composite material conducts heat worse than the cast-iron and, in consequence, more heat must be dissipated by the wheel. This, in turn, may lead to wheel cracking.

It should be noticed that the cast-iron brake block, despite its faults, provides many advantages, which may include [4]:

- The friction coefficient remains nearly independent on the weather conditions.
- They guarantee good dissipation of the heat energy generated in result of braking.
- Small planar areas of the wheels are ground off in result of consecutive brakings.

Important advantage of the composite brake blocks consists undoubtedly in their durability. Table 5 presents comparison of the number of replacements of the cast-iron and composite brake blocks between consecutive general overhauls of the electric multiple units (after a mileage of 400 thousand km).

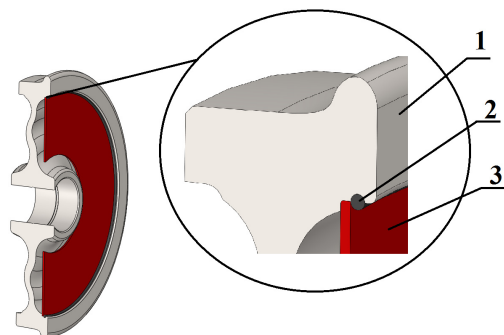
**Porównanie liczby wymian wstawek żeliwnych i kompozytowych [6]**

**Tabela 6**

**Comparison of the number of replacements of the cast-iron and composite brake blocks [6]**

**Table 6**

	Liczba wymian wstawek	
	EN57	EN71
Wstawki żeliwne	38,0	30,4
Wstawki kompozytowe	4,6	5,0



wysokich średnich kosztów modernizacji jednego wagonu (około 4500 euro za wagon) rozwiązanie to będzie sukcesywnie wdrażane, ponieważ jest skuteczniejsze niż inwestowanie w pasywne środki ochrony przed hałasem [5].

Wprowadzenie wstawek hamulcowych z tworzyw sztucznych (kompozytowych) jest związane z rozwiązaniem wielu technicznych problemów, takich jak [4]:

- produkt zastępczy musi spełniać wymagania dotyczące współczynnika tarcia i zagwarantować, że podana droga hamowania jest zachowana dla każdego warunków technicznych
- przy mieszanym składzie pociągu tzn. w przypadku wagonów wyposażonych we wstawki z żeliwa fosforowego i wagonów z wstawkami kompozytowymi, hamowanie nie może spowodować powstania niedopuszczalnych sił wzdłużnych lub innych efektów, które wymagają specjalnych czynności od maszynisty
- prawie 25÷30 % ciepła powstającego podczas hamowania jest odprowadzane przez wstawki z żeliwa fosforowego, natomiast reszta przez koło; materiał kompozytowy jest o wiele słabszym przewodnikiem ciepła niż żeliwo, co oznacza, że większa ilość energii cieplnej musi zostać odprowadzona przez koło, co może spowodować jego pęknięcie. Należy nadmienić, że mimo swoich wad, wstawka żeliwna posiada wiele zalet, do których można zaliczyć [4]:
- prawie niezależny od warunków atmosferycznych współczynnik tarcia
- gwarancja odpowiedniego odprowadzania energii cieplnej, powstałej w wyniku hamowania
- „zeszlifowanie” małych „płaskich miejsc” na kołach w wyniku następujących po sobie hamowań.

Niewątpliwie dużą zaletą wkładek kompozytowych jest ich trwałość. W tabeli 6 porównano liczbę wymian wstawek żeliwnych i kompozytowych między kolejnymi naprawami rewizyjnymi elektrycznych zespołów trakcyjnych (po przebiegu 400 tys. km).

### 3.2. Koła

Przyjmując, że głównym źródłem hałasu w pojazdach szynowych jest układ koło-szyna, można poprzez odpowiednią konstrukcję samego koła, uzyskać obniżenie poziomu hałasu. Przykładem takiego rozwiązania są koła z wbudowanym tłumikiem hałasu. Koła mogą być monoblokowe (rys. 2) lub obręczowane (rys. 3).

Fig. 2. A solid wheel provided with a silencer: 1 – wheel plate; 2 – clamping ring; 3 – silencer

Rys. 2. Koło monoblokowe z tłumikiem hałasu: 1 – tarcza koła, 2 – pierścień zaciskowy, 3 – tłumik hałasu

### 3.2 Wheels

Taking into account that the wheel-rail system is the main noise source, proper structure of the wheel itself could be helpful in noise reduction. A wheel provided with a silencer is an example of such a solution. The wheels may be of solid (Fig. 2) or tyre (Fig. 3) type.

In case of this solution the silencer has a form of a composite disk, fixed on the wheel circumference with a metal ring. According to the wheel manufacturer, such an approach enables the noise reduction by 2÷3dB(A) at the speed 80 km/h. The design reasons allow to locate the silencer only at one side of the wheel. Another solution of the wheel with silencer (used mainly in the trams) is shown in Fig. 3.

In case of this solution the rubber blocks located at the wheel circumference act as silencers. The wheel is assembled by pressing the elastic parts to the wheel plate with the locking ring and their blocking with the clamping ring. Advantage of such an approach consists in elimination of such connecting parts as bolts or pins, thus avoiding drilling holes in the wheel plate. Such a construction is distinguished by high elasticity in axial direction, remaining rigid radially. Better radial rigidity significantly reduces rolling resistance of these wheels.

### 3.3 Lubricating the wheel flanges

In order to improve the wheel-rail mating, particularly while running on a curve of small radius, the places exposed to abrasive wear are lubricated. The wear is due to tangent and normal stresses arising in the wheel-rail contact area. Maximum level of these stresses occurs in the traction vehicles. Therefore, the lubrication equipment is always installed in the locomotives and railcars. Only the terminal wheelsets are lubricated, i.e. the first and the last ones [7]. The wheel flange lubricating device supplies the lubricant to the wheel flange or rail head. There are basically two methods of wheel flange lubrication:

- indirect method – the lubricant is applied to the rail head and transferred to the wheel flange;
- direct method – the lubricant is applied directly to the wheel flange.

According to the manner of lubricant application, the wheel flange lubrication may be performed by contact (with a roller or rod) or contactlessly (by spraying).

Examples of wheel flange lubrication are shown in Figs. 4, 5, 6, 7.

In case of the solution presented in Fig. 4 properly adjusted lubricant amounts are sprayed on the wheel flanges of the first wheelset in automatically controlled time intervals, using compressed air. Then, the lubricant is transferred to other wheelsets through the rail surface. Such a method is the more important since the vehicles not equipped with the wheel flange lubrication device are lubricated too, by the lubricant remaining at the rail surface. In this solution the lubricant is distributed individually to each wheel, through

Łumikiem hałasu w tym rozwiązaniu jest tarcza wykonana z materiałów kompozytowych przymocowana na obwodzie koła za pomocą metalowego pierścienia. Jak podaje producent koła, rozwiązanie takie pozwala na obniżenie emisji hałasu o wartość 2÷3 dB(A) przy prędkości 80 km/h. Ze względów konstrukcyjnych możliwe jest umieszczenie tłumika tylko z jednej strony koła. Inne rozwiązanie kół z tłumikiem hałasu (stosowane głównie w tramwajach) pokazano na rys. 3.

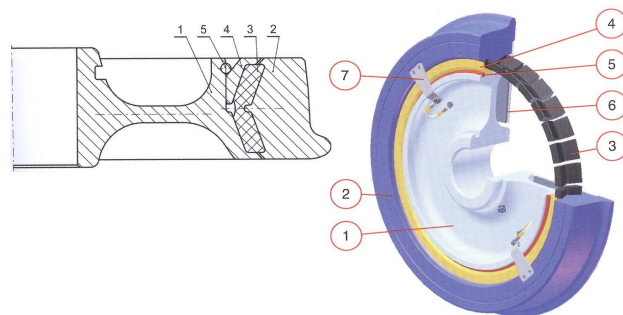


Fig. 3. A tyre wheel provided with a silencer [8]: 1 – wheel centre, 2 – tyre; 3 – rubber blocks; 4 – locking ring; 5 – clamping ring; 6 – silencer; 7 – earthing

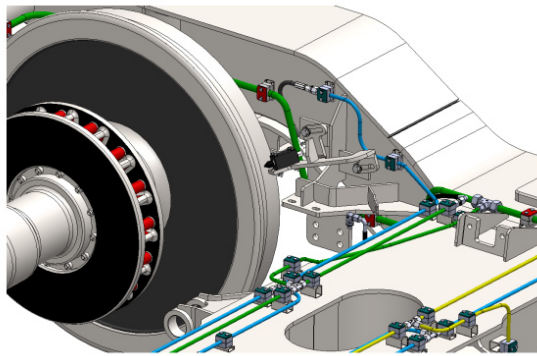
Rys. 3. Koło obręczowane z tłumikiem drgań i hałasu [8]: 1 – koło bosc, 2 – obręcz, 3 – bloki gumowe, 4 – pierścień blokujący, 5 – pierścień zaciskowy, 6 – tłumik hałasu, 7 – uziemienie

Łumikiem hałasu w tym rozwiązaniu są gumowe bloki umiejscowione na obwodzie koła. Montaż koła odbywa się poprzez dociśnięcie pierścieniem blokującym sprężystych elementów do tarczy koła oraz ich zablokowanie pierścieniem zaciskowym. Zaletą takiego rozwiązania jest brak konieczności stosowania elementów łącznych takich jak śruby czy szpilki, które wymuszałyby wykonywanie otworów w tarczy koła. Taka konstrukcja koła posiada dużą elastyczność w kierunku osiowym i sztywność promieniową. Wyższa sztywność promieniowa znacznie zmniejsza opory toczenia omawianych kół.

### 3.3. Smarowanie obrzeży kół

Dla poprawienia warunków współpracy koła z szyną, szczególnie podczas jazdy taboru kolejowego po łukach o małym promieniu, stosuje się smarowanie miejsc narażonych na zużycie ścierne. Przyczynami tego zużycia są naprężenia styczne i normalne występujące w miejscu styku koła z szyną. Naprężenia te osiągają największe wartości w pojazdach trakcyjnych. Z tego też powodu urządzenia smarujące instaluje się w lokomotywach i wagonach silnikowych. Smarowane są skrajne zestawy pojazdu (pierwszy i ostatni) [7]. Urządzenie do smarowania obrzeży kół doprowadza środek smarny na obrzeże koła zestawu lub główkę szyny. W zasadzie istnieją dwie metody smarowania obrzeży kół:

- pośrednie – środek smarny jest наносzony na główkę szyny, a stąd przenosi się na obrzeże koła



a flow separator connected to a tank fixed to the bogie frame.

The lubricant is applied only to the side contact area between the wheel flange and inner surface of the rail head (Fig. 5) so as to prevent its spread to wheel and rail rolling surface. It is critical, since the tractive adhesion must not decrease at the surfaces to which the tractive or friction forces are applied.

Fig. 6 presents an example of direct contact lubrication of the wheel flange.

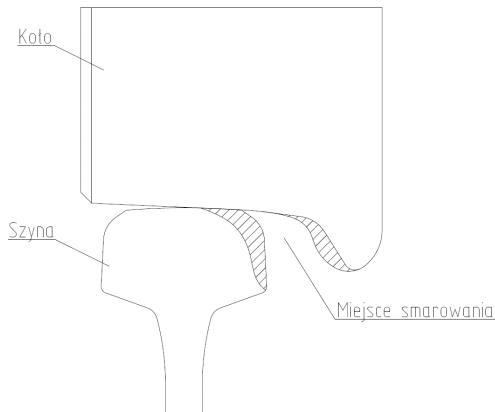


Fig. 5. Lubricated area in the wheel-rail system (direct method) [7]

Rys. 5 Obszary smarowania w układzie koło-szyna (metodą bezpośrednią) [7]

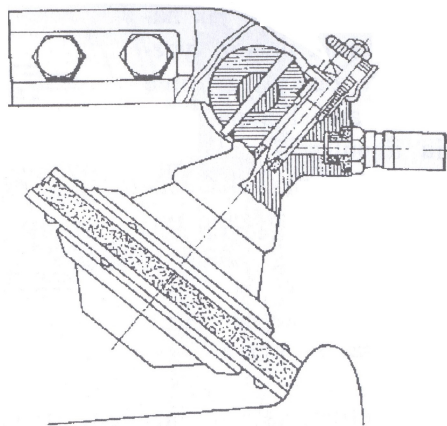


Fig. 6 System of wheel flange lubrication in a vehicle – the direct contact type [9]

Rys. 6 Układ smarowania obrzeży kół na pojeździe – typu bezpośredniego, kontaktowego [9]

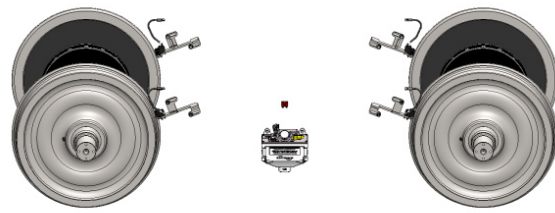


Fig. 4. System of wheel flange lubrication in a vehicle – the direct and contactless type

Rys. 4 Układ smarowania obrzeży kół na pojeździe – typu bezpośredniego, bezkontaktowego

- bezpośrednio - środek smarny jest наносzony bezpośrednio na obrzeże koła.

Dodatkowo, ze względu na sposób nanoszenia środka smarnego, smarowanie obrzeży kół można podzielić na bezkontaktowe (rozpylające) i kontaktowe (rolkowe lub pałeczkowe).

Przykładowe rozwiązanie smarowania obrzeży kół pokazano na rys. 4, 5, 6, 7.

Na rys. 6 przedstawiono przykład smarowania obrzeży kół metodą bezpośrednią kontaktową.

W rozwiązaniu przedstawionym na rys. 4 w automatycznie sterowanych odstępach czasowych cyklu smarowania, na przednie zestawy kołowe na obrzeża kół natryskiwane są, za pomocą sprężonego powietrza podawanego z dysz rozpryskowych, odpowiednie ilości środka smarnego. Dalej, poprzez powierzchnie nośne szyn, środek jest przekazywany na pozostałe zestawy kołowe. To ostatnie jest o tyle istotne, że na liniach, na których odbywa się ruch pojazdów wyposażonych w układ smarowania obrzeży kół i pojazdów bez smarowania, te ostatnie są również smarowane pośrednio (poprzez smar pozostawiony na powierzchniach szyn). W tym rozwiązaniu środek smarny jest rozdzielany indywidualnie na każde koło poprzez rozdzielacz strumienia podłączony do zbiornika przymocowanego na ramie wózka.

Smarowanie stosuje się wyłącznie w miejscu bocznego styku obrzeża koła z wewnętrzną powierzchnią główki szyny (rys. 5), a sposób doprowadzania środka smarnego zabezpiecza przed przedostaniem się jego na powierzchnię toczną kół i szyn. Ma to istotne znaczenie, aby nie spowodować zmniejszenia przyczepności kół i szyn na powierzchniach, na których jest rozwijana siła pociągowa i tarcia przy hamowaniu.

W rozwiązaniu tym smarowniczkę stanowi umieszczona w obrotowym ramieniu rolka smarna. Po dosunięciu rolki do obrzeża koła następuje jej obrót po powierzchni obrzeża i jego smarowanie za pomocą wkładki fibrowej, nasyconej środkiem smarnym. Olej jest doprowadzony pod ciśnieniem w chwili włączenia układu przez układ sterujący. Układ sterujący urządzeniem rolkowym zadziała w chwili skrętu zestawów kołowych i dociskania rolki do obrzeża koła [9].

In this solution the lubricator has the form of a greasing roller assembled to a rotating arm. Once the roll is pushed against the wheel flange, it rolls on the flange surface and lubricates it through a fibre insert soaked with the oil. The oil is supplied under pressure when the system is switched on by a control device. The control of the roller device is activated by turning wheelsets and roll pressure against the wheel flange [9]. Another indirect lubrication solution is shown in Fig. 7.

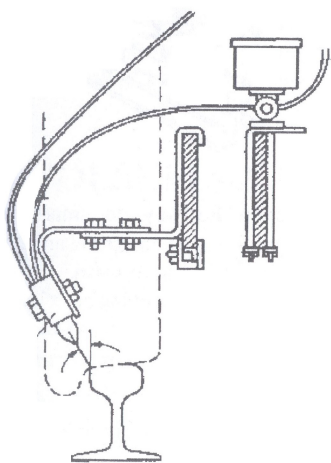


Fig. 7 System of wheel flange lubrication – the indirect contactless type

Rys. 7 Układ smarowania obrzeży kół – typu pośredniego, bezkontaktowego [9]

Such devices operate similarly to the ones spraying the wheel flange, but instead of the wheel flange the rail head is lubricated. The wheel-rail mating causes the lubricant to transfer to the wheel flange. Such devices are usually used on curved rail tracks. Operating principle of the device consists in supplying the oil under pressure and the air from the air main.

The most important advantages of wheel flange lubrication include [7]:

- saving high-quality steel of the flanges and rails;
- reduction of labour intensity of wheelsets maintenance (less frequent reprofiling);
- reduction of noise emission;
- biodegradability of the lubricants;
- small weight of the devices;
- reduced cost of the track structure maintenance;
- reduction of resistance to motion, resulting in saving the electric energy or fuel;
- reduction of downtime duration of traction vehicles in the locomotive depots or repairing facilities, with a view to resurfacing or replacing the tyres;
- improving protection against derailment.

#### 4. CONCLUSION

Noise is a detrimental phenomenon contributing to environment contamination and adversely affecting the health of people exposed to high ambient noise

Innym rozwiązaniem smarowania jest, przedstawione na rys. 7, smarowanie typu pośredniego.

Urządzenia tego typu działają w podobny sposób jak urządzenia rozpylające do smarowania obrzeży koła, przy czym smarowane nie jest obrzeże koła, lecz bok głowki szyny. Środek smarny z boku głowki jest przekazywany, podczas współpracy koła z szyną, na obrzeże koła. Najczęściej urządzenia tego typu działają w łukach torowych. Zasada działania takiego urządzenia polega na dostarczaniu oleju pod ciśnieniem do dyszy ze zbiornika olejowego, a powietrza z przewodu głównego.

Do najważniejszych zalet smarowania obrzeży kół należy zaliczyć [7]:

- oszczędność wysokogatunkowych stali obrzeży i szyn
- zmniejszenie pracochłonności przy utrzymaniu zestawów kołowych (rzadsze reprofiliowanie)
- ograniczenie emisji hałasu
- biodegradowalność stosowanych środków
- mała masa własna urządzeń
- niższe koszty utrzymania nawierzchni torowych
- obniżenie oporów ruchu, co wpływa na oszczędność energii elektrycznej bądź paliwa
- zmniejszenie przestojów pojazdów trakcyjnych w lokomotywniach i zakładach naprawczych dla przetaczania i wymiany obrzeży
- podniesienie bezpieczeństwa przed wykojeniem.

#### 4. ZAKOŃCZENIE

Hałas jest szkodliwym zjawiskiem, zanieczyszczającym środowisko i negatywnie oddziałującym na zdrowie ludzi narażonych na działanie wysokich poziomów hałasu z otoczenia. Dyskusja na temat hałasu kolejowego stała się ostatnio bardzo ważna, ponieważ wielkość transportu wzrasta, a co za tym idzie odgrywa on coraz ważniejszą rolę w ekologizacji transportu. Istotne jest zatem, aby wszelkimi możliwymi metodami doprowadzić do obniżenia emisji hałasu do środowiska nie obniżając przy tym konkurencyjności transportu kolejowego. W związku z powyższym istotne jest, aby już na etapie projektowania lub podczas modernizowania stosować środki konstrukcyjne ograniczające negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne. W przypadku nowo budowanych pojazdów pasażerskich już na etapie zamawiania ustala się priorytety (w tym te związane z ochroną środowiska), jakie muszą zostać uwzględnione dla danego pojazdu. Jednakże w przypadku modernizacji pojazdu, niekiedy nie ma możliwości wprowadzenia poprawek konstrukcyjnych np. takich jak opisane w niniejszym artykule lub ich wprowadzenie naruszyłoby efektywność ekonomiczną modernizacji.



level. Discussion devoted to the railway noise recently became important since the transport volume grows and, in consequence, the transport ecologization gains in significance. Hence, reduction of the noise emission to the environment with all possible methods is meaningful, without worsening of the rail transport competitiveness. Therefore, the application of structural measures delimiting the negative effects on natural environment already at the design or modernization stage becomes relevant. In case of newly built passenger vehicles the priorities to be considered (inclusive of the ones related to environment protection) for the vehicle are defined already at the stage of the order. However, in case of the vehicle modernization some design amendments referred to in the present paper remain unfeasible or economically ineffective.

## BIBLIOGRAPHY LITERATURA

- [1] H. Gwiazda: *Wymagania w zakresie ograniczenia hałasu pojazdów kolejowych. Technika Transportu Szynowego nr 10/2005*
- [2] *Rozporządzenie Komisji (UE) NR 1304/2014 z dnia 26 listopada 2014r. w sprawie technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Tabor kolejowy – hałas”, zmieniające decyzję 2008/232/WE i uchylające decyzję 2011/229/UE*
- [3] G. Zajac: *Wpływ materiału wstawek hamulcowych pojazdu szynowego na poziom hałasu. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów, nr 1(64)/2007, Politechnika Krakowska*
- [4] W. Gąsowski, M. Sobaś: *Konstrukcyjne sposoby zmniejszenia hałasu w układach biegowych wagonów towarowych, Pojazdy Szynowe nr 1/2013.*
- [5] H. Zielaskiewicz: *Wpływ transportu kolejowego na środowisko naturalne, Infrastruktura transportu nr 3/2012.*
- [6] J. Bulhak, M. Abramczyk, E. Buchalska: *Kompozytowe wstawki hamulcowe w taborze kolejowym jako ekonomiczna i przyjazna środowisku alternatywa dla wstawek żeliwnych, Technika Transportu Szynowego nr 7-8/2003*
- [7] A. Wójtowicz, H. Bąkowski: *Oszczędności wynikające ze smarowania obrzeży kół w łukach o różnym promieniu. Technika Transportu Szynowego nr 2-3/2013*
- [8] R. Zima, P. Janoš: *Wheelsets. Bonatrans Group a.s.*
- [9] R. Czarny: *Smarowanie układów jezdnych maszyn roboczych i pojazdów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998*