

dr inż. Marek Sobaś, prof. IPS
mgr inż. Tomasz Antkowiak
mgr inż. Ryszard Grzechowiak
mgr inż. Radosław Miklasz
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”

Development trends in the construction of gear running systems of rail vehicles (part 1)

Tendencje rozwojowe w budowie układów biegowych pojazdów szynowych (część 1)

This article presents the development trends of gear running systems of rail vehicles. 11ANc rolling bogie of passenger wagons, which is intended for 250 km/h with possibility of modernization to 300 km/h, is selected as an example and as well as the driving and rolling bogies of 118 N tram with low floor. The individual subassemblies of gear running systems are analysed, taking into consideration their functional role and degree of innovation. The regulations of the UIC, PN-EN and TSI are presented, which must be met by the modern gear running systems.

W artykule przedstawiono tendencje rozwojowe układów biegowych pojazdów szynowych. Jako przykład do analiz wybrano wózek toczny wagonów osobowych 11ANc, który jest przeznaczony do prędkości 250 km/h z możliwością modernizacji do 300 km/h oraz wózki napędne i toczne tramwaju z obniżoną podłogą 118 N. Przeanalizowano poszczególne podzespoły układów biegowych, zwracając na ich rolę funkcjonalną oraz stopień innowacji. Przedstawiono przepisy UIC, PN-EN oraz TSI, które muszą spełniać nowoczesne układy biegowe.

1. Introduction

Nowadays, in times of increased consumerism, it is necessary to move people and deliver products in an increasingly short period of time and sometimes at long distances. One of the means of mass transport, which is part of this tendency, is the rail transport.

Due to the increasing interest in the rail transport in terms of specialized transport, it is necessary to strive to build the vehicles that meet the requirements of high functionality, universality and which are the part of ecologically-friendly tendencies.

The currently used methods of vehicle construction allow to optimize the construction already at the design stage by using the programs for: virtual design in 3D, numerical calculations and driving simulation.

By the definition the project is a complex, disposable activity that is undertaken to achieve predetermined goals. Its complexity is due to a number of activities to be taken in a specific order in order to achieve the goals. Therefore, three stages of design can be distinguished:

- **stage 1** – making the initial assumptions; determination the customer's expectations (based on e.g. SIWZ); initial talks with business partners; execution of basic kinematic analyzes

1. Wstęp

W dzisiejszych czasach, w dobie zwiększonego konsumpcjonizmu, konieczne staje się przemieszczanie osób i dostarczanie produktów w coraz krótszym czasie i niekiedy na bardzo duże odległości. Jednym ze środków transportu zbiorowego i masowego, wpisującego się w tą tendencję, jest transport szynowy.

Ze względu na coraz większe zainteresowanie transportem szynowym pod względem specjalistycznych przewozów, konieczne staje się dążenie do budowy pojazdów spełniających wymogi wysokiej funkcjonalności, uniwersalności oraz wpisujących się w tendencje proekologiczne.

Obecnie stosowane metody konstruowania pojazdów pozwalają na optymalizację konstrukcji już na etapie projektowania poprzez wykorzystanie programów do projektowania wirtualnego w technice 3D, obliczeń numerycznych jak i symulacji jazdy.

Projekt z definicji jest złożonym działaniem o charakterze jednorazowym, które jest podejmowane dla osiągnięcia z góry określonych celów. Jego złożoność wynika z szeregu działań, jakie należy wykonać w określonej kolejności, aby można było osiągnąć założone cele. W związku z powyższym można wyróżnić trzy etapy projektowania:

- **stage 2** – finalization of technical arrangements with cooperatives; development of 2D/3D construction documentation
- **stage 3** – introduction of postproduction corrections; making the acceptance of finished products; carrying-out the trial riding, etc.

2. Requirements for the gear running systems

2.1. International rules that must be met by gear running systems

The gear running system must meet the following rules of:

- UIC 515-0 [17] within the geometry defined by the so-called "bogie cover"; "bogie cover" is understood as the space intended for the bogie, including the vertical deflections resulting from load, wears and displacements in the horizontal direction resulting from the clearance in the transverse direction in the first and second suspension stages. The "bogie cover" is provided for the bogie base (distance between wheelsets) in the range of $2.50 \div 2.60$ m
- UIC 518 [22] and PN-EN 14363: 2005 standard [43] in the range of safety properties against derailment in the quasi-static conditions during passing of the vehicle along the twisted tracks and dynamic and impact on track during riding properties
- UIC 515-4 [20] and PN-EN 13749:2005 [42] in the range of frame strength properties (static and fatigue tests)
- PN-EN 13260:2006 [37], PN-EN 13261:2004 [38], PN-EN13262:2005 [39] in the range of technical conditions of performance and acceptance, tolerance of shape and position of wheelsets, axles and wheels
- UIC 505-1 [14] in the range of fulfillment of kinematic gauge requirements;
- UIC 410 [13], 543 [26], 544-1 [27] i 546 [28] in the range of brake equipment
- UIC 515-1 [18] in the range of conditions to be met additionally by the subassemblies in relation to the conditions set in UIC 515-3 [19] and 515-5 [21]
- UIC 515-5 [21] and PN-EN 12082:2000 [36] in the range of axle boxes
- UIC 533 [23] in the range of earth protection equipment against service personnel and travelers electric shock
- UIC 541-05 [25] in the range of gear running system equipment with anti-slip device
- UIC 552 [29] in the range of the protection of bearings and grease from damage caused by the flow of electrical currents
- UIC 814 [32] in the range of the properties of the grease used in the axle roller bearings

- **etap 1** – przyjęcie założeń wstępnych; określenie oczekiwań klienta (na podstawie np. SIWZ); wstępne rozmowy z kooperantami; wykonanie podstawowych analiz kinematycznych
- **etap 2** – finalizowanie uzgodnień technicznych z kooperantami; opracowywanie dokumentacji konstrukcyjnej 2D/3D
- **etap 3** – wprowadzanie poprawek poprodukcyjnych; dokonywanie odbiorów gotowych wyrobów; wykonanie jazd próbnych, itp.

2. Wymagania dla układów biegowych

2.1. Przepisy międzynarodowe, jakie muszą spełniać układy biegowe

Układ biegowy musi spełniać następujące przepisy:

- karty UIC 515-0 [17] w zakresie geometrii określonej przez tzw. „otoczkę wózka”; przez „otoczkę wózka” rozumie się przestrzeń przeznaczoną dla wózka, włącznie z ugięciami pionowymi wynikającymi z obciążenia, zużycia i przemieszczeń w kierunku poziomym, wynikającym z luzu w kierunku poprzecznym w pierwszym i drugim stopniu usprężynowania. „Otoczka wózka” jest przewidziana dla bazy wózka (odległości pomiędzy zestawami kołowym) znajdującej się w zakresie $2,50 \div 2,60$ m
- karty UIC 518 [22] i normy PN-EN 14363: 2005 [43] w zakresie własności bezpieczeństwa przed wykojeniem w warunkach quasi-statycznych podczas przejazdu pojazdu przez tory wichrowate oraz własności dynamicznych i oddziaływania na tor w trakcie jazdy
- karty UIC 515-4 [20] i normy PN-EN 13749:2005 [42] w zakresie własności wytrzymałościowych ram (badania statyczne i zmęczeniowe)
- PN-EN 13260:2006 [37], PN-EN 13261:2004 [38], PN-EN13262:2005 [39] w zakresie warunków technicznych wykonania i odbioru, tolerancji kształtu i położenia zestawów kołowych, osi i kół
- karty UIC 505-1 [14] w zakresie spełnienia wymagań skrajni kinematycznej;
- karty UIC 410 [13], 543 [26], 544-1 [27] i 546 [28] w zakresie wyposażenia hamulcowego
- karty UIC 515-1 [18] w zakresie warunków, jakie muszą spełniać dodatkowo podzespoły w stosunku do warunków ustalonych w kartach UIC 515-3 [19] oraz 515-5 [21]
- karty UIC 515-5 [21] oraz PN-EN 12082:2000 [36] w zakresie maźnic
- karty UIC 533 [23] w zakresie wyposażenia w uziemienie ochronne przed porażeniem personelu obsługującego i podróżnych

- UIC 822 [33] and PN-EN 13298:2003 [40] in the range of production, technical conditions for the production and acceptance of coil springs used in first and second stage of suspension.

2.2. Dynamic properties of vehicle

One of the factors shaping the dynamics of the vehicle is in particular the design of the gear running system. Important factors shaping the dynamics of rail vehicles include:

- the non-suspension mass of the gear running system, which should have as low values as possible, with the significance of that factor is considerably higher than the total gross weight of vehicle
- making the wheelsets with high precision of unbalancing of dynamic beating of the rim of the rolling and lateral surface of outline of the outer rim of the wheel in accordance with EN 13262: 2005 [39], accuracy of making the axle according to PN-EN13261 [38]
- application of effective, reinforced active damping elements in the gear running system in the first and second suspension stages
- the appropriately "soft" connection of the wheelsets of the bogie to the frame of gear running system, respectively,
- the appropriately " soft" connection of the wagon body to gear running system that guarantees sufficient displacement in the vertical, transverse and longitudinal direction,
- the structure of a passenger wagon body that does not have its own frequency in the range in which it can be induced by the gear running system and wheel /rail interaction (especially transverse and transverse-torsional vibrations),
- more higher vehicle damping abilities of vehicle at the connection of wagon bogie to the interior equipment [5].

2.3. Tests needed to give the authorization for placing the bogie into service

In order to authorize for placing the bogie into service, it must be subjected to the following tests:

- **stand tests** to demonstrate the strength of constructional components of bogie, i.e. bearings, axle boxes, bogie frames, springs, dampers, articulated joints and rubber-metal components
- **tests during riding** to provide proof of correct dynamic properties concerning the riding safety, comfort and track load.

The high-speed wagon must have such designed gear running systems to carry out its additional trials and tests:

- karty UIC 541-05 [25] w zakresie wyposażenia układu biegowego w urządzenie antypoślizgowe
- karty UIC 552 [29] w zakresie ochrony łożysk i smaru przed uszkodzeniami spowodowanymi przepływem prądów elektrycznych
- karty UIC 814 [32] w zakresie własności smaru zastosowanego w łożyskach tocnych maźnic
- karty UIC 822 [33] i PN-EN 13298:2003 [40] w zakresie produkcji, warunków technicznych wykonania i odbioru sprężyn śrubowych zastosowanych w zawieszeniu pierwszego i drugiego stopnia.

2.2. Własności dynamiczne ze strony pojazdu

Jednym z czynników kształtujących dynamikę pojazdu jest w szczególności konstrukcja układu biegowego.

Do istotnych czynników, kształtujących dynamikę pojazdów szynowych należą:

- masa nieuspężynowana układu biegowego, która powinna przyjmować możliwie najniższe wartości, przy czym znaczenie tego czynnika jest znacznie większe aniżeli całkowita masa własna pojazdu
- wykonanie zestawów kołowych z dużą dokładnością niewyważenia dynamicznego bicia wieńca powierzchni toczonej oraz bocznej zarysu zewnętrznego wieńca koła zgodnie z PN-EN 13262:2005 [39], dokładność wykonania osi zgodnie z PN-EN13261 [38]
- zastosowanie skutecznych, wzmocnionych aktywnych elementów tłumienia w układzie biegowym w pierwszym i drugim stopniu uspężynowania
- odpowiednio „miękkie” połączenie zestawów kołowych wózka z ramą układu biegowego,
- odpowiednio „miękkie” połączenie pudła wagonu z układami biegowymi gwarantującymi wystarczające przemieszczenia w kierunku pionowym, poprzecznym oraz wzdłużnym,
- struktura pudła wagonu osobowego, która nie posiada częstotliwości własnych w zakresie, w którym mogą być wzbudzone przez układ biegowy i oddziaływanie koło/szyna (w szczególności drgania giętne oraz drgania giętno-skrętne),
- znacznie większe zdolności tłumiące pojazdu na połączeniu pudła wagonu z wyposażeniem wewnętrznym [5].

2.3. Badania potrzebne do udzielenia dopuszczenia wózka do eksploatacji

W celu dopuszczenia wózka do eksploatacji musi on być poddany następującym badaniom:

- **badania stanowiskowe**, aby wykazać wytrzymałość części konstrukcyjnych wózka tzn.: łożysk, maźnic, ramy wózka, sprężyn,

- the wagon must have the possibility of riding along the track curves of radius $R = 150$ m if wagons are in the train set;
- a single wagon with gear running systems must ride in the empty state along the workshop curves with a radius of 80 m;
- the wagon must ride along the curve with radius of 300 m during entering a ferry and a slope angle of ferry ramp is 2.5° , according to UIC 507 [15].

Additional tests should be carried out either on a shifter (stand test) or on a track that meets the above criteria. During the above mentioned passage tests no part of the wagon can be damaged and there can be no collision between the parts of wagon body and the bogies[4]

3. Design assumptions for 38MN bogie

38MN bogie is shown in this chapter as an example of a design that meets the criteria for modern gear running systems and is an example of an innovative approach to designing and producing.

As previously mentioned, the design process of 38MN bogie had three stages. Firstly, the requirements given by the customer in the SIWZ, for which the preliminary design was adopted, were familiarized. In the next stage it was begun the first analyzes of the bogie (fig. 1) related, among others, to:

- kinematics displacements of bogie under the vehicle
- determination of the vehicle base and the bogie
- determination of the minimum radius of the bogie turn
- building - in of the more important subassemblies on the bogie
- building a preliminary bogie model.

Due to the fact that most companies have a rich library of parts available in 3D – the analysis was done using 3D models. The work with using 3D models, unlike 2D modeling, gives a full view of possible collisions with simulation of different settings of bogie relative to the bodywork without the necessity for doing often tedious and approximate sections and projections.

Basic analyses of the bogie showed the possibility of making the construction in accordance with the assumed assumptions. The next stage of the construction was the selection of specific producers of the main components of the bogie - to accept and close the preliminary design.

In the next stage, the strength calculations of the frame, the wheelset and the axle boxes were made to confirm the assumed assumptions accepted in terms of the fulfillment of the strength criteria.

At the same time, according to the accepted preliminary assumptions and after acceptance of components at subcontractors, the assessment of

- tłumików, systemu przegubów i elementów gumowo-metalowych
- **badania podczas jazdy**, aby dostarczyć dowód poprawnych własności dynamicznych dotyczących bezpieczeństwa jazdy, komfortu i obciążenia toru.

Wagon przystosowany do wysokich prędkości musi posiadać tak zaprojektowane układy biegowe, aby mógł przejść dodatkowe próby i badania:

- wagon musi posiadać możliwość przejazdu przez łuki toru o promieniu $R=150$ m, jeśli wagony znajdują się w składzie pociągu;
- pojedynczy wagon z układami biegowymi musi przejeżdżać w stanie próżnym przez warsztatowe łuki toru o promieniu 80 m;
- wagon musi przejeżdżać podczas wjazdu na prom łuk toru o promieniu 300 m i kącie pochylenia rampy promowej wynoszącego $2,5^\circ$, zgodnie z kartą UIC 507 [15].

Dodatkowe badania powinny być przeprowadzone albo na przesuwnicy (badania stanowiskowe) albo na torze spełniającym powyższe kryteria. W trakcie ww. prób przejezdności żadna część wagonu nie może być uszkodzona oraz nie może wystąpić kolizja pomiędzy częściami pudła wagonu oraz wózków [4].

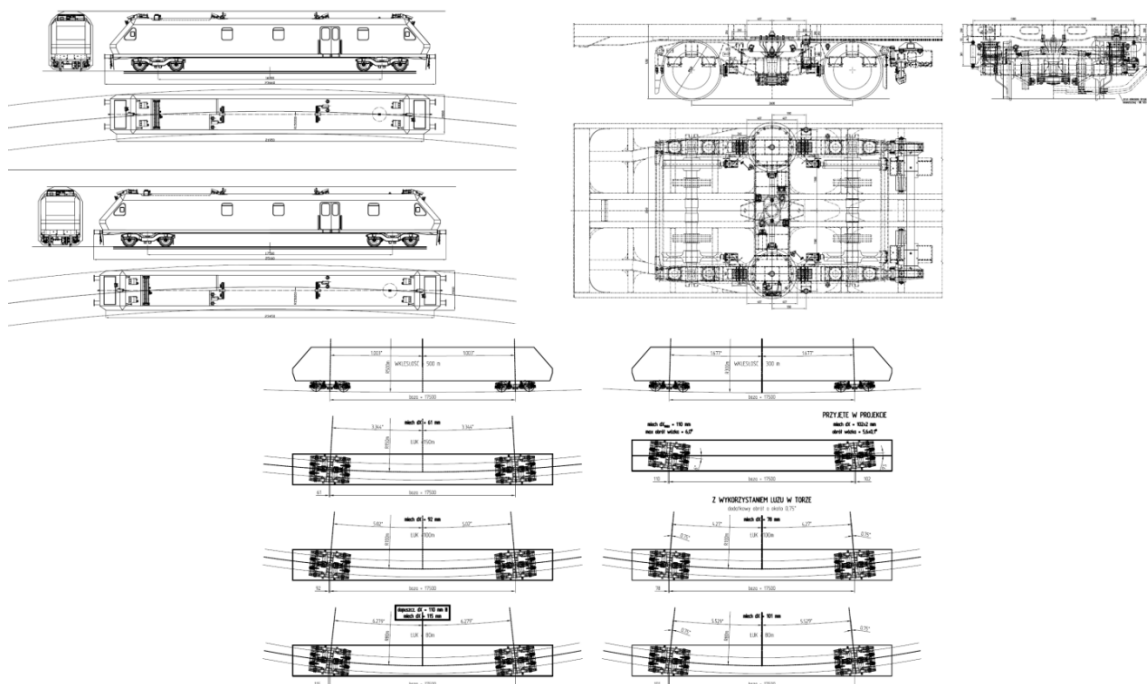
3. Założenia projektowe dla wózka 38MN

W niniejszym rozdziale przedstawiono wózek 38MN, jako przykład konstrukcji spełniających kryteria stawiane nowoczesnym układom biegowym jak i stanowiącej przykład innowacyjnego podejścia do projektowania i wytwarzania.

Tak jak wcześniej wspomniano proces projektowania wózka 38MN przebiegał trzy etapowo. W pierwszej kolejności zapoznano się z wymaganiami podanymi przez klienta w SIWZ, dla których został przyjęty projekt wstępny. W kolejnym etapie przystąpiono do wykonania pierwszych analiz wózka (rys. 1) związanych m.in. z:

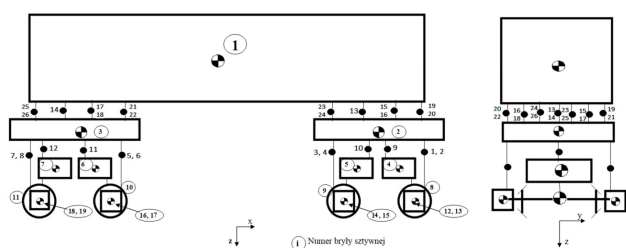
- kinematyką przemieszczeń wózka pod jazdą
- wyznaczeniem bazy pojazdu jak i wózka
- wyznaczeniem minimalnego promienia skrętu wózka
- zabudową ważniejszych podzespołów na wózku
- zbudowaniem wstępnego modelu wózka.

Ze względu na fakt, iż większość firm posiada bogatą bibliotekę części dostępnych w formie 3D – analizy wykonano wykorzystując modele trójwymiarowe. Praca z wykorzystaniem modeli 3D, w odróżnieniu od modelowania 2D, daje pełen pogląd na występowanie ewentualnych kolizji przy symulowaniu różnych ustawień wózka względem nadwozia, bez konieczności wykonywania często żmudnych i przybliżonych przekrojów i rzutów.

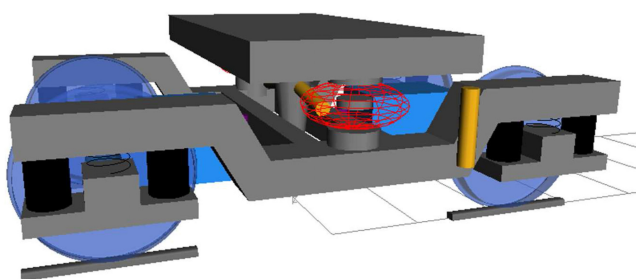


Rys. 1. Zestawienie analiz kinematycznych wózka 38MN
 Fig. 1. List of kinematic analyses of 38MN bogie

movement safety and dynamic properties of the vehicle were carried out based on the computer simulations. A simulation model of the vehicle was developed (Fig. 2) according to which the dynamic simulations of 38MN bogie in the SIMPACK program were performed.



Rys. 2. Model symulacyjny pojazdu [12]
 Fig. 2. Simulation model of vehicle [12]



Rys. 3. Model symulacyjny wózka 38MN [12]
 Fig. 3. Simulation model of 38MN bogie [12]

After a positive verification of strength (based on MES analyses) as well as safety of movement and dynamic properties - the construction documentation of the 38MN bogie subassemblies was developed.

Podstawowe analizy wózka wykazały możliwość wykonania konstrukcji zgodnie z przyjętymi założeniami. Kolejnym etapem konstrukcji był wybór konkretnych producentów głównych części składowych wózka – celem akceptacji i zamknięcia projektu wstępnego.

W kolejnym etapie przystąpiono do wykonania obliczeń wytrzymałościowych ramy, zestawu kołowego oraz maźnic w celu potwierdzenia poprawności przyjętych założeń w aspekcie spełnienia kryteriów wytrzymałościowych.

Jednocześnie, zgodnie z przyjętymi założeniami wstępnymi oraz po akceptacji komponentów u poddostawców, dokonano oceny bezpieczeństwa ruchu oraz właściwości dynamicznych pojazdu w oparciu o symulacje komputerową. Opracowano model symulacyjny pojazdu (rys. 2), zgodnie z którym, wykonano symulacje dynamiczne wózka 38MN w programie SIMPACK.

Po pozytywnej weryfikacji pod względem wytrzymałościowym (na podstawie analiz MES) jak i bezpieczeństwa ruchu i własności dynamicznych – przystąpiono do opracowywania dokumentacji konstrukcyjnej podzespołów wózka 38MN.

Innowacyjne podejście do projektowania związane jest ze stosowaniem nowoczesnych programów komputerowych związanych z obliczeniami symulacyjnymi (SIMPACK), modelowaniem 3D (SOLIDWORKS) czy w końcu z obliczeniami wytrzymałościowymi opartymi na MES (SOLIDWORKS, ABAQUS). Takie wykorzystanie technik komputerowych podczas projektowania umożliwia maksymalne skrócenie czasu od momentu rozpoczęcia projektowania do otrzymania gotowego wyrobu.

Innovative approach to design connected with using the modern computer programs related to simulation calculations (SIMPACK), 3D modeling (SOLIDWORKS) or finally with strength calculations based on MES (SOLIDWORKS, ABAQUS). Such use of computer techniques during design allows to shorten time maximally from the beginning of design to the completion of the finished product.

4. Design guidelines for 11ANc bogie

During the initial development of bogie project for the high-speed wagon the purpose of using such high-speed vehicles for trains pulled by locomotive was determined.

Passenger trains consisting of passenger wagons pulled by locomotive and adapted to high speeds of 230 ÷ 250 km/h with the option of adaptation to speeds above 300 km/h, are experiencing renaissance on all European railway management, although the previous forecasts did not give a greater chance for development of this kind of transport means, especially when it is considered the dynamic development of high speed traction units [2].

Recent development trends show that trains consisting of the separate wagons will be an important support for long-distance railway traffic at this age. The basic advantages of passenger wagons, which can be represented by the "Viaggio Comfort" wagon designed for long-distance traffic, include: operational flexibility, all wagons are autonomous independent and can be inserted into any configuration of train sets, they have the increased comfort for passengers consisting in application of adequate interior equipment, the closed gangways, use of wagon body with very high tightness (increased comfort for travelers at high speed), seat arrangement with divided into 3 classes, i.e. Class "premium" with seats guaranteeing the comfort in the "business" classes used in long-distance planes, first class and economy class, the possibility of making the additional interior fittings including among others the information points for travelers, compartment for children, storage room for baby carriages and bistro. Particular attention is also paid to the possibility of using a wagon with a modular construction and disabled passengers by incorporating in the construction the devices facilitating getting on, the passenger wheelchair space in the travel compartment and a special toilet.

According to the UIC 660 [31], high-speed traffic is understood as that is implemented at speed of more than 250 km/h. For realization of high-speed passenger transport in range of vehicle dynamic and safety properties of the whole system, apart from driving issues in the track and on the crossings (this condition applies to all vehicles regardless of their purpose), the following criteria must be met:

- geometry of the contact between the wheel and the rail

4. Założenia projektowe dla wózka 11ANc

Podczas wstępnego opracowania projektu wózka dla wagonów wysokiej prędkości określono celowość zastosowania tego typu pojazdów wysokiej prędkości stosowanych w składach pociągów ciągniętych przez lokomotywę.

Pociągi osobowe składające się z wagonów osobowych, ciągniętych przez lokomotywę i przystosowanych do wysokich prędkości 230÷250 km/h z opcją do przystosowania do prędkości powyżej 300 km/h, przeżywają renesans na wszystkich europejskich zarządach kolejowych, chociaż wcześniejsze prognozy nie dawały większych szans na rozwój tego rodzaju środka transportowego, zwłaszcza gdy bierze się pod uwagę dynamiczny rozwój zespołów trakcyjnych, przystosowanych do wysokich prędkości [2].

Z najnowszych tendencji rozwojowych wynika, że pociągi złożone z osobnych wagonów będą istotną podporą kolejowego ruchu dalekobieżnego w obecnym wieku. Do podstawowych zalet wagonów osobowych, którego przedstawicielem może być wagon typu „Viaggio Comfort” zaprojektowany do ruchu dalekobieżnego, można zaliczyć: elastyczność eksploatacyjną, wszystkie wagony są autonomiczne samodzielne i mogą być wstawiane w dowolne konfiguracje składów pociągów, posiadają zwiększony komfort jazdy dla podróżnych, polegający na zastosowaniu odpowiedniego wyposażenia wewnętrznego, zamkniętego przejścia międzywagonowego, zastosowaniu pudła wagonu o bardzo dużej szczelności (zwiększenie komfortu dla podróżnych przy osiągnięciu wysokich prędkości), układu siedzeń z podziałem na 3 klasy, czyli tzw. klasa „premium”, posiadająca miejsca siedzące gwarantujące komfort w klasach „biznesowych” stosowanych w dalekobieżnych samolotach, pierwsza klasa (ang. „First”) i druga klasa (ang. „economy”), możliwości wykonania dodatkowego wyposażenia wewnętrznego, do którego należą między innymi punkty informacyjne dla podróżnych, przedział dla dzieci, pomieszczenie dla przechowywania wózków dziecięcych i bistro. Szczególną uwagę poświęcono również możliwości korzystania z wagonu, posiadającego budowę modułową przez pasażerów niepełnoprawnych poprzez wkomponowanie w konstrukcję urządzeń ułatwiających wsiadanie, miejsc dla pasażerów na wózkach inwalidzkich w pomieszczeniu dla podróżnych oraz specjalną toaletę.

Zgodnie z kartą UIC 660 [31] przez ruch z wysokimi prędkościami rozumie się taki, który jest realizowany z prędkością większą niż 250 km/h. Aby można było zrealizować osobowy transport kolejowy z wysokimi prędkościami w zakresie własności dynamicznych pojazdu i bezpieczeństwa całego systemu abstrahując od zagadnień prowadzenia pojazdu w torze i na rozjazdach (ten warunek dotyczy wszystkich pojaz-

- track quality
- dynamic properties of gear running system and bodywork [5].

Rolling bogies for passenger wagons adapted to high-speed over 250 km/h must comply with a number of requirements of international regulations contained in UICs, European Standards EN, developed by the European Committee for Standardization ("Comité Européen de Normalisation") and requirements of international traffic regulations, formulated in the RIC [48]. As demonstrated in [3, 4, 5, 9] the main problems connected with the adaptation of the high speed gear running system are related to maintaining the dynamic characteristics of the vehicle as a whole. The analyses presented in [3, 4, 5] show that these problems can be solved by using the constructional treatments in the bogie, but also in railway infrastructure, which must meet very strict criteria for track geometry (clearance and permissible tolerances). As it is resulted from the analysis of structural vibration of the "150A" wagon body, the next dynamic problems appear in the design of the body, which must be designed to avoid the vibration transfer in the bogie-body system [9]. This problem is less essential for speeds less than 200 km/h. The essential problem that arises when solving of dynamic problems is the equivalent conicity resulting from the wheel-rail co-operation. The permissible speed dependence on the equivalent conicity is given in UIC 518 [22] and PN-EN 14363: 2005 [43]. The carried out studies show that for the high speed vehicles, this value must be very small, and its excess causes a significant deterioration in dynamic properties. The construction of the new gear running system is also determined by the braking system, which must provide the suitable braking parameters (braking distance, temperature in the brake pad - brake disk system). As a design base for the future high speed bogie in the range of 250 ÷ 300 km/h named 11ANc it was taken the 11ANa bogie, that was adapted to a maximum speed of 200 km/h and used in the prototype passenger compartment wagon of "150A" type intended for domestic long-distance traffic. Acceptance of this concept allowed to use the experiences from tests of 11ANa bogie prototype, especially from the static and fatigue tests of the bogie frame, and dynamic tests conducted on the national lines. The acceptance of a such concept of realization of design and research works allowed to use the "150A" wagon body with base of 19 m (bogie pivot pitch), adjusting it to building under the "11ANc" bogie, and properly protection of the construction against structural vibrations by the proper body stiffening [6].

5. Construction of 38MN bogie

5.1. Constructional parameters of bogie

The 38MN bogie allows two-way riding with speed

dów niezależnie od ich przeznaczenia) należy spełnić następujące kryteria wynikające z:

- geometrii styku pomiędzy kołem i szyną
- jakości toru
- własności dynamicznych układu biegowego oraz nadwozia [5].

Wózki toczne dla wagonów osobowych, przystosowane do wysokich prędkości powyżej 250 km/h muszą spełniać szereg wymagań przepisów międzynarodowych, zawartych w kartach UIC, normach europejskich EN, opracowanych przez Europejski Komitet Normalizacyjny (fr. „Comité Européen de Normalisation”) oraz wymagania przepisów ruchu międzynarodowego, sformułowane w RIC [48]. Jak wykazano w [3, 4, 5, 9] główne problemy związane z dostosowaniem układu biegowego do wysokich prędkości związane są z zachowaniem własności dynamicznych pojazdu jako całości. Z analiz przedstawionych w [3, 4, 5] wynika, że zagadnienia te można rozwiązać przez zastosowanie zabiegów konstrukcyjnych w samym wózku, ale również w infrastrukturze kolejowej, która musi spełniać bardzo ostre kryteria w zakresie geometrii toru (prześwit i dopuszczalne tolerancje).

Jak wynika z analizy drgań strukturalnych pudła wagonu „150A” następne problemy dynamiczne pojawiają się w konstrukcji pudła, które trzeba zaprojektować tak, aby uniknąć przenoszenia drgań w układzie wózek-nadwozie [9]. Problem ten jest mniej istotny dla prędkości mniejszych od 200 km/h. Istotnym zagadnieniem, które pojawiło się przy rozwiązywaniu zagadnień dynamicznych jest ekwiwalentna stożkowatość, wynikająca z współpracy koło-szyna. Zależność dopuszczalnej prędkości jazdy od ekwiwalentnej stożkowatości jest podana w karcie UIC 518 [22] oraz PN-EN 14363:2005 [43]. Z przeprowadzonych prac studialnych wynika, że dla pojazdów poruszających się z wysokimi prędkościami wartość ta musi być bardzo mała, a jej przekroczenie powoduje znaczne pogorszenie własności dynamicznych. Konstrukcja nowego układu biegowego jest zdeteminowana również przez układ hamulcowy, który musi zapewnić odpowiednie parametry hamowania (droga hamowania, temperatura w układzie tarcza hamulcowa-okładzina cierna). Jako bazę projektową do przyszłego wózka, przystosowanego do wysokich prędkości w zakresie 250÷300 km/h o nazwie 11ANc przyjęto wózek 11ANa, który był przystosowany do maksymalnej prędkości 200 km/h i zastosowany w prototypowym przedziałowym wagonie osobowym, typu „150A” przeznaczonym do krajowego ruchu dalekobieżnego. Przyjęcie takiej koncepcji pozwoliło na wykorzystanie doświadczeń z badań prototypu wózka 11ANa, zwłaszcza z badań statycznych i zmęczeniowych ramy wózka, oraz badań dynamicznych przeprowadzonych na liniach krajowych. Przyjęcie takiej koncepcji realizacji prac

not higher than 120 km/h. The maximum axle load of wheelset on the track is 18 t/axle. Operation of the bogie is possible within the ambient temperature from -30 °C to +60 °C.

The basic technical specifications of the bogie are shown in Table 1.

Podstawowe dane techniczne wózka 38MN/ Basic technical specifications of 38MN bogie

Tablica 1/ Table 1

| Parametr/ Parameter | Wartość/Value |
|---|---|
| Przeznaczenie / Destination | Drezyna pomiarowa DP560/ Measuring track car |
| Masa wózka [kg]/ Bogie weight [kg] | 8000 |
| Baza wózka [mm]/ Bogie base [mm] | 2 600 |
| Prędkość maksymalna [km/h]/ Maximum speed [km/h] | 120 |
| Szerokość toru [mm]/ Track width [mm] | 1435 |
| Średnica koła nowego / zużytego [mm]/ Diameter of new / worn | Ø920/ Ø870 |
| Szerokość wieńca koła [mm]/ Width of wheel rim [mm] | 135 |
| Rozstaw środków maźnic [mm]/ Distance of axle-box centres [mm] | 2 040 |
| Usprężynowanie/ Suspension | Dwustopniowe/ two-stage |
| Ugięcie statyczne usprężynowania I-go i II-go stopnia dla lok. o masie 82 t [mm]/ Static deflection of primary and secondary suspensions for locomotive with mass of 82 t [mm] | 296 |
| Przesuw poprzeczny wózka względem pudła [mm]/ Lateral movement of the bogie relative to the body [mm] | 52 |
| Wymiary czopa osi [mm]/ Dimensions of axle pivot [mm] | Ø130x191 |
| Hamulec/ Brake | Pneumatyczno-mechaniczny/pneumatic-mechanical |
| Łożysko osiowe/ Axle bearing | 130x240x160 |
| Sztywność usprężynowania I-go stopnia [kN/mm]/ Stiffness of primary suspension [kN/mm] | 2x0.7193 |
| Sztywność usprężynowania II-go stopnia [kN/mm]/ Stiffness of secondary suspension [kN/mm] | 2x0.5858 |
| Najmniejszy promień łuku toru, przez który może przejechać pojazd o bazie 17,5 m [m] / The smallest radius of track curve, along which the vehicle with base of 17,5 m [m] can ride | 100 |
| Skrajnia wózka/ Bogie gauge | wg UIC 505-1 [14]/according to UIC 505-1 [14] |

projektowo-badawczych pozwoliło na wykorzystanie pudła wagonu „150A” o bazie (rozstawie czopów skreću) równej 19 m, dostosowanie jej do zabudowy pod wózkiem „11ANc” oraz odpowiednie zabezpieczenie konstrukcji przed drganiami strukturalnymi, przez odpowiednie usztywnienie nadwozia [6].

5. Budowa wózka 38MN

5.1. Parametry konstrukcyjne wózka

Wózek 38MN umożliwia dwukierunkową jazdę z prędkością nie większą niż 120 km/h. Maksymalny nacisk zestawu kołowego na tor wynosi 18 t/oś. Eksploatacja wózka jest możliwa w zakresie temperatur otoczenia z -30 °C ÷ +60 °C.

Rama wózka została wykonana jako konstrukcja spawana o przekroju zamkniętym. Zastosowano zestawy kołowe z kołami monoblokowe o średnicy nominalnej okręgu tocznego równej Ø920mm. Każde koło zestawu kołowego wyposażone jest w tłumik hałasu. Zastosowano kolumnowe prowadzenie zestawu kołowego. Usprężynowanie I-go zrealizowano poprzez zastosowanie elementów gumowo – metalowych. W II-gim stopniu usprężynowania zastosowano dwie sprężyny pneumatyczne, umieszczone w osi wzdłużnej wózka. Do napędu wózka wykorzystano dwa silniki hydrauliczne z przekładnią mechaniczną po jednym na każdą oś. Przeniesienie siły pociągowej zrealizowane poprzez układ lemniskatowy składający się z czopa montowanego do nadwozia oraz jarzma i cięgieł montowanych pod ramą wózka. Do tłumienia drgań pionowych, poprzecznych i wężykowania zastosowano tłumiki hydrauliczne. Hamowanie jest realizowane poprzez cztery cylindry hamulcowe, działające na oddzielne mechanizmy dźwigniowe oraz okładziny tarcz hamulcowych. Tarcze hamulcowe osadzone są na osi zestawu kołowego po dwie na każdą oś. Układ wyposażony jest w system przeciwpślizgowy wykorzystujący czujniki prędkości zamontowane na każdej osi. Maźnice zestawów kołowych wyposażone są w osiowe łożyska toczne. Wózek wyposażony jest w stabilizator przechylenia nadwozia. Zastosowano układ smarowania obrzeży kół w celu zminimalizowania ich zużycia.

Procentowy udział mas poszczególnych grup konstrukcyjnych w masie całkowitej wózka przedstawiono na rys. 4.

5.2. Zespoły konstrukcyjne wózka 38MN

Widok wózka 38MN z podziałem na zespoły konstrukcyjne przedstawiono na rys. 5.

Zestaw kołowy z tłumikiem hałasu

Zestaw kołowy został zaprojektowany dla maksymalnego nacisku na tor równego 18 t. Zestaw składa się z dwóch kół monoblokowych o średnicy tocznej Ø920 mm wtłoczonych na oś. Każde koło posiada wbudowany tłumik hałasu. Na każdej osi zamontowane są dwie tarcze hamulcowe. Widok zestawu kołowego wózka typu 38MN został przedstawiony na rys. 6.

The bogie frame was made as a welded construction with the closed section. Wheelsets with monobloc wheels with a nominal diameter of rolling circle of Ø920mm are used. Each wheel of wheelset has a noise damper. Column guidance of the wheelset is used. The primary suspension is used by application of rubber-metal elements. In the second suspension two pneumatic springs are placed in the longitudinal axle of the bogie. Two hydraulic motors with one mechanical gear, one per axle, are used for the bogie drive. Transmission of the tractive force realized by a lemniscate system consisting of a pivot mounted to body and yokes and pull rods assembled under the bogie frame. Hydraulic dampers are used for damping the vertical, lateral and hunting vibrations. Braking is realized by four brake cylinders, acting on the separate lever mechanisms and pads of brake discs. Brake discs are mounted on the axle of wheelset, two per axle. The system is equipped with anti-slip system using the speed sensors mounted on each axle. The axle - boxes of wheelsets are equipped with axial rolling bearings. The bogie is equipped with a body tilting stabilizer. A wheel rim lubrication system is used to minimize wear.

The percentage share of masses of individual constructional unit in the total mass of the bogie is presented in Figure 4.

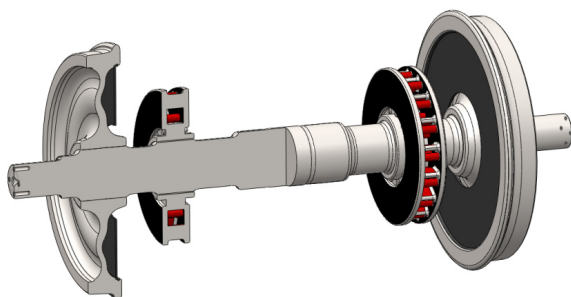
5.2. Constructional units of 38MN bogie

The view of the 38MN bogie with division into the structural units is shown in Figure 5.

Wheelset with damper

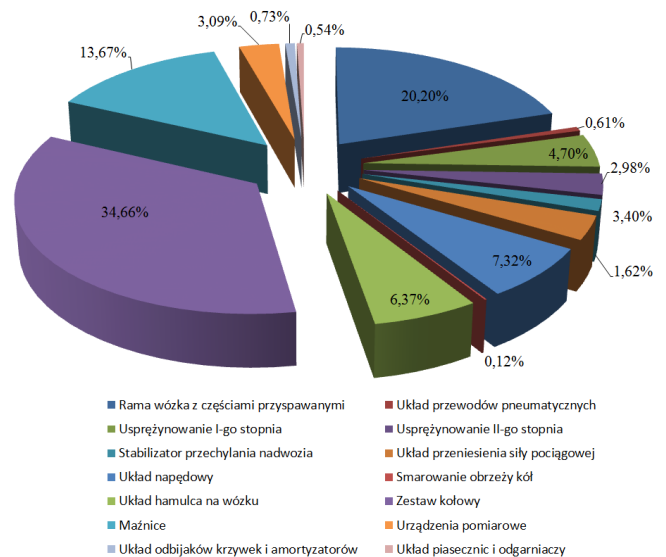
The wheelset is designed for maximum axle-load of 18 t. The set consists of two monobloc wheels with rolling diameter of Ø920 mm forced in the axle. Each wheel has a built-in damper. Two brake disks are mounted on each axle.

The view of the wheelset of 38MN bogie is shown in Figure 6.

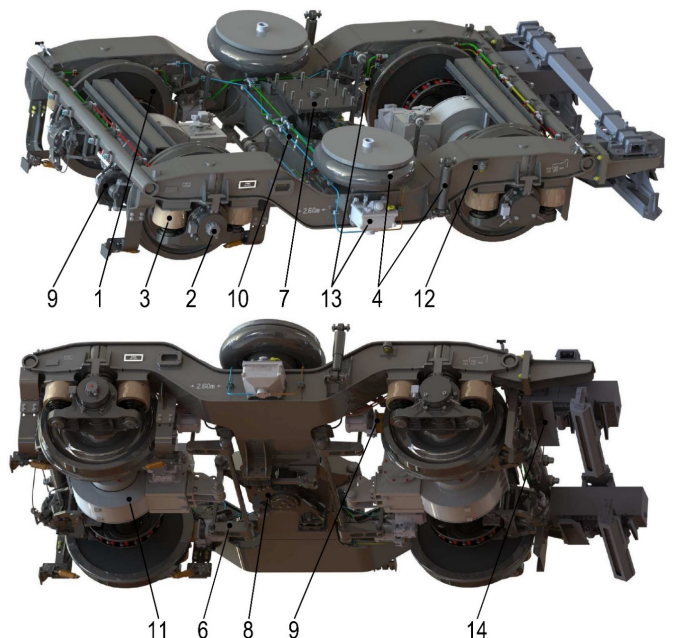


Rys. 6. Zestaw kołowy wózka 38MN
Fig. 6. Wheelset of 38MN bogie

Assuming that the main source of noise in rail vehicles is the wheel-rail system, the wheel with noise damper is used to reduce it (Fig 7).



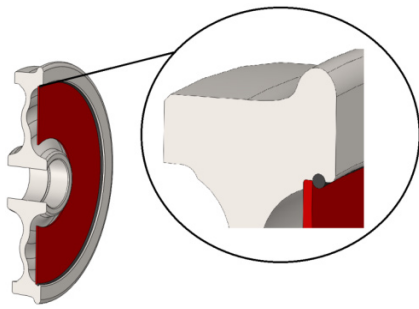
Rys. 4. Procentowy udział mas poszczególnych zespołów konstrukcyjnych wózka w masie całkowitej wózka



Rys. 5. Wózek 38MN Fig. 5. 38MN bogie

Oznaczenia użyte na rys. 5/ Markings used in Figure 5:

- 1 - zestaw kołowy z tłumikiem hałasu/ wheelset with damper
- 2 - maźnice/ axle-boxes
- 3 - układ usprężynowania pierwszego stopnia i prowadzenie maźnicy/ primary suspension system and axle-boxe guidance
- 4 - układ usprężynowania drugiego stopnia, pneumatyczny i amortyzatorów/ second suspension system, pneumatic and shock absorbers systems
- 5 - rama wózka/ bogie frame
- 6 - stabilizator przechylenia nadwozia/ body tilting stabilizer
- 7 - układ przeniesienia siły pociągowej/ tractive force transmission system
- 8 - zespół aparatu pociągowego/ pulling system
- 9 - układ hamulcowy/ braking system
- 10 - układ przewodów pneumatycznych/ pneumatic pipes system
- 11 - układ napędowy/ drive system
- 12 - układ ograniczników przesuwu i skrętu wózka/ bogie movement and turn limiters system
- 13 - układ smarowania obrzeży kół/ wheel rim lubrication system
- 14 - wyposażenie dodatkowe/ additional equipment.



Rys. 7. Koło monoblokowe z tłumikiem hałasu
Fig. 7. Monobloc wheel with noise damper

The noise damper in this solution is a disc made of composite materials attached to the circumference of the wheel with a metal ring. According to the producer of the wheel, this solution reduces noise emissions by 2 ÷ 3 dB (A) at speed of 80 km/h. For structural reasons it is possible to place the damper only on one side of the wheel.

The axle wheelset is made of heat-treated improved steel, marked EA4T, in accordance with PN-EN 13261 + A1: 2011 [38].

Monobloc wheels are made of ER8 steel according to PN-EN 13262 + A2: 2011 [39]. There is a hole in the hub of the wheel to facilitate removing the wheel from the axle. The hole is protected against thread pollution by plug with a sealing ring. The wheels have an outer profile of the rim S1002/h28/ e32,5/6,7%, compliant with PN-EN 13715: 2011 + A1 [41].

Axle-boxes system

The wheel set is mounted in cast axle - boxes with a pair of NJ/NJP 130x240 cylindrical roller bearings. There are 6 types of axle - boxes in the bogie, differing with accessory (fig. 8):

- axle - box without equipment
- axle - box with acceleration sensor and speed transmitter
- axle - box with acceleration sensor and speed sensor
- axle - box with speed sensor
- axle - box with speed transmitter
- axle - box with acceleration sensor and speed sensors.

Primary suspension

The primary suspension of the 38MN bogie is shown in Fig. 9.

In the primary suspension for each axle-box, a pair of rubber-metal springs so-called Konusfeder is used placed on one side in the axle-box seat, on the other in the brackets on the bogie frame. Additionally, for each axle-box, a set of helical springs is placed in the vertical axle of axle-box (above the axle-box), mounted on the rubber ring.

Rubber-metal springs are characterized by high energy resilience of a spring per mass unit and high ability of high frequency vibration damping. These springs are most often subjected to compression and shear and more complex stress conditions [1].

Przyjmując, że głównym źródłem hałasu w pojazdach szynowych jest układ koło-szyna, w celu jego redukcji zastosowano koła z tłumikiem hałasu (rys. 7).

Tłumikiem 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.

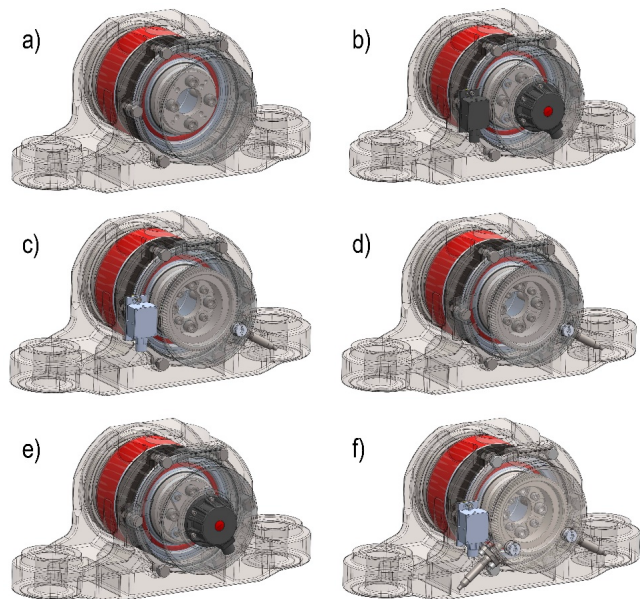
Oś zestawu kołowego została wykonana ze stali ulepszonej cieplnie, oznaczonej jako EA4T, zgodnie z normą PN-EN 13261+A1:2011 [38].

Koła monoblokowe wykonano ze stali ER8, zgodnie z normą PN-EN 13262+A2:2011 [39]. W piąście koła znajduje się otwór, służący do ułatwienia stłaczania koła z osi. Otwór zabezpieczony jest przed zanieczyszczeniem gwintowanym korkiem z pierścieniem uszczelniającym. Koła posiadają zarys zewnętrzny wieńca S1002/h28/e32,5/6,7%, zgodny z normą PN-EN 13715:2011+A1 [41].

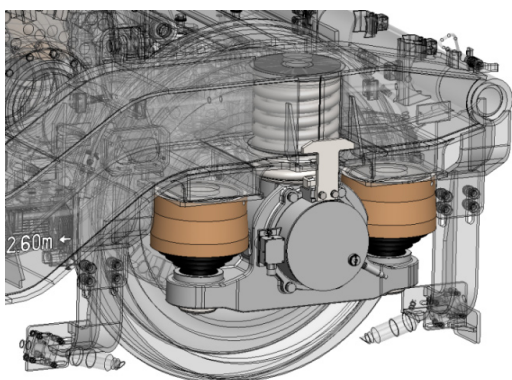
Układ maźnic

Zestaw kołowy został osadzony w odlewanych maźnicach za pomocą pary łożysk walcowych typu NJ/NJP 130x240. W wózku zastosowano 6 typów maźnic, różniących się wyposażeniem dodatkowym (rys. 8):

- maźnica bez wyposażenia
- maźnica z czujnikiem przyspieszenia i nadajnikiem prędkości
- maźnica z czujnikiem przyspieszenia i czujnikiem prędkości
- maźnica z czujnikiem prędkości
- maźnica z nadajnikiem prędkości
- maźnica z czujnikiem przyspieszenia i czujnikami prędkości.



Rys. 8. Typy maźnic stosowane w wózku 38MN
Fig. 8. Types of axle-boxes in 38MN bogie



Rys. 9. Usprężynowanie I-go stopnia wózka 38MN
Fig. 9. Primary suspension of 38MN bogie

The required height of the springs is controlled by the adjusting washer located on the axle-box side. For proper spring height adjustment it is necessary to know the load per node - this allows to adjust the suspension on the press before installing the bogie under the vehicle. It is important for vehicles where removing the bogie from the vehicle is very labor and time consuming, and any corrections are not easy to do.

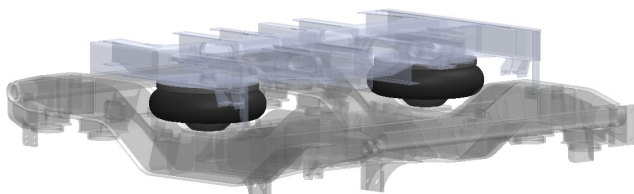
The longitudinal movement of the wheelset is limited by the bumpers located on the axle-box body. Transverse movement is limited by the stiffness of conoidal rubber-metal elements and is not adjustable.

Secondary suspension

The vehicle body is based on two pneumatic springs shown in Fig. 10.

Support of the body on the bogies, 2nd suspension must implement [1]:

- turn, and lateral movement of the bogies in relation to the body in the horizontal plane
- turn of the bogies in a longitudinal vertical plane to allow passage through the humps
- transfer vertical, transverse and longitudinal loads from the body to the bogie
- even distribution of the pressures on the wheelsets and their wheels when the tractive forces occurring (in traction vehicles) and during braking
- achieving the required calmness of the vehicle riding in straight tracks and curves.



Rys.10 Usprężynowanie II-go stopnia wózka 38MN
Fig. 10. Secondary suspension of 38MN bogie

The use of pneumatic springs requires a precise control of the air supply and it is required to build a body height sensor to the running gear (bogies) for proper height adjustment depending on the load of the

Usprężynowanie I-go stopnia

Usprężynowanie I-go stopnia wózka 38MN zostało przedstawione na rys. 9.

W usprężynowaniu pierwszego stopnia, dla każdej maźnicy, zastosowano parę sprężyn gumowo-metalowych, tzw. Konusfeder, osadzanych z jednej strony w gnieździe maźnicy z drugiej we wspornikach na ramie wózka. Dodatkowo dla każdej maźnicy zastosowano komplet sprężyn śrubowych umieszczonych w osi pionowej maźnicy (nad maźnicą), posadowionych na pierścieniu gumowym.

Sprężyny gumowo-metalowe charakteryzują się dużą pojemnością energetyczną na jednostkę masy oraz dużą zdolnością tłumienia drgań o wysokiej częstotliwości. Sprężyny te najczęściej poddawane są ścisnaniu i ścinaniu oraz bardziej złożonym stanom naprężeń [1].

Wymaganą wysokość sprężyn reguluje się poprzez podkładki regulacyjne umieszczone po stronie maźnicy. Do odpowiedniej regulacji wysokości sprężyn niezbędna jest znajomość obciążenia przypadającego na dany węzeł – umożliwia to regulację usprężynowania na prasie, przed zamontowaniem wózka pod pojazdem. Ma istotne znaczenie w pojazdach, w których wymontowanie wózka z pojazdu jest bardzo pracochłonne i czasochłonne, a ewentualne korekty nie są proste do wykonania.

Ruch wzdłużny zestawu kołowego jest ograniczony poprzez odbijaki umieszczone na korpusie maźnicy. Ruch poprzeczny jest ograniczony sztywnością stożkowych elementów gumowo – metalowych i nie jest regulowany.

Usprężynowanie II-go stopnia

Nadwozie pojazdu oparte jest na dwóch sprężynach pneumatycznych przedstawionych na rys. 10.

Oparcie nadwozia na wózkach, usprężynowanie drugiego stopnia musi realizować[1]:

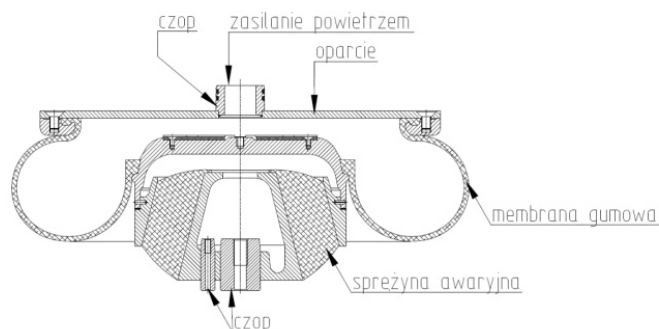
- skręt, skręt i przesuw poprzeczny wózków względem nadwozia w płaszczyźnie poziomej
- obrót wózków w płaszczyźnie pionowej podłużnej w celu umożliwienia przejazdu przez górki rozrządowe
- przenoszenie pionowych, poprzecznych i wzdłużnych obciążeń od nadwozia na wózki
- równomierny rozkład nacisków na zestawy kołowe i ich koła podczas wywiązywania się sił pociągowych (w pojazdach trakcyjnych) i podczas hamowania
- osiąganie wymaganej spokojności biegu pojazdu po torach prostych i łukach.

Stosowanie sprężyn pneumatycznych wymaga precyzyjnego układu regulacji zasilania powietrzem oraz wymagane jest zabudowanie czujnika wysokości nadwozia względem podwozia (wózka) w celu właściwej regulacji wysokością w zależności od obciążenia sprężyny pneumatycznej.

pneumatic spring.

For reasons of safety riding it is necessary to install emergency springs in structures where this type of suspension is used to allow safe riding of the vehicle in the case of a pneumatic spring failure. Emergency springs are most often built into the interior of the pneumatic spring.

The construction of a modern pneumatic spring used in 38MN bogies is shown in Fig. 11.



Rys. 11. Sprężyna pneumatyczna
Fig. 11. Pneumatic spring

Bogie frame

The bogie frame is a welded structure consisting of two side-sills, joined in the center by a torsional beam and two headstocks. The elements made of S355J2 + N steel comply with the PN-EN 10025-2: 2005 (U) [35] standard are used to build the frame.

The basic mechanical properties of the material used to build the 38MN bogie frame are given in Table 2, and the frame model view is shown in Fig. 12.

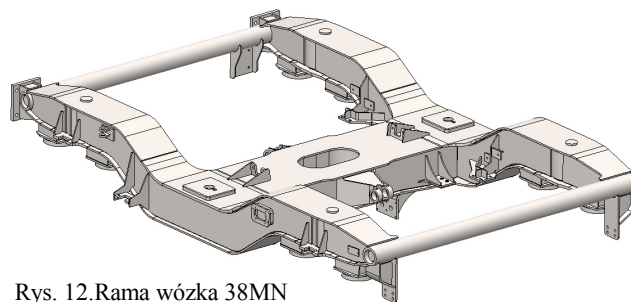
Ze względów bezpieczeństwa jazdy, w konstrukcjach gdzie zastosowano tego typu usprężynowanie, konieczne jest zabudowywanie sprężyn awaryjnych, które to pozwalają na bezpieczną jazdę pojazdu w przypadku awarii sprężyn pneumatycznych. Sprężyny awaryjne najczęściej zabudowane są we wnętrzu sprężyny pneumatycznej.

Budowę współczesnej sprężyny pneumatycznej zastosowanej w wózkach 38MN przedstawiono na rys. 11.

Rama wózka

Rama wózka stanowi konstrukcję spawaną, składającą się z dwóch ostojnic, połączonych w środku belką skrętową oraz dwiema czołownicami. Do budowy ramy zostały wykorzystane elementy wykonane ze stali S355J2+N zgodnej normą PN-EN 10025-2:2005(U) [35].

Podstawowe własności mechaniczne materiału zastosowanego do budowy ramy wózka typu 38MN zostały podane w tablicy 2, a widok modelu ramy przedstawiono na rys. 12.



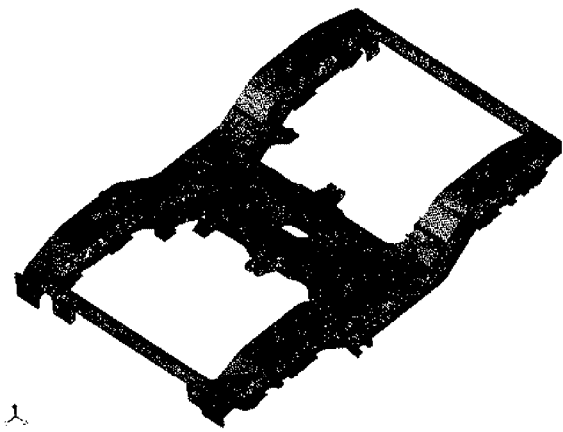
Rys. 12. Rama wózka 38MN
Fig. 12. 38Mn bogie frame

Podstawowe dane techniczne stali S355J2 [35]/ Basic specifications for S355J2 [35]] Steel **Tablica 2/ Table 2**

| Material/Material | Grubość elementu [mm]/ Thickness of element [mm] | Granica plastyczności R _e [MPa]/ Yield point R _e [MPa] | Wytrzymałość doraźna R _m [MPa]/ Immediate strength R _m [MPa] |
|-------------------|--|--|--|
| S355J2 | <16 | 355 | 470÷630 |
| | ≥16 | 345 | |

Based on the requirements of PN-EN 13749:2011 [42], the calculations of static and fatigue strength of the frame for a axle load of a single wheelset of 18 t are done. The computational model (Figure 13), due to unbalance of loads and construction, included the whole load-bearing structure of the bogie frame. The calculation model includes all elements that affect the operation of the load-bearing system and the proper modeling of the inserted and received analyzed loads. Geometrical dimensions and shapes of individual components are based on constructional documentation. The welded frame construction meets the requirements of EN 15085-1 + A1: 2013-09E [44].

W oparciu o wymagania zawarte w normie PN-EN 13749:2011 [42] przeprowadzono obliczenia wytrzymałości statycznej i zmęczeniowej ramy dla nacisku pojedynczego zestawu kołowego na tor równego 18 t. Model obliczeniowy (rys. 13) ze względu na niesymetryczność obciążeń i budowy obejmował całą konstrukcję nośną ramy wózka. W modelu obliczeniowym uwzględniono wszystkie elementy mające wpływ na pracę układu nośnego oraz właściwe zamodelowanie wprowadzonych i odebranych analizowanych obciążeń. Wymiary geometryczne i kształty poszczególnych elementów przyjęto na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej. Konstrukcja spawana ramy spełnia wymagania normy PN-EN 15085-1+A1:2013-09E [44].



Rys. 13. Model obliczeniowy ramy wózka 38MN z podziałem na elementy skończone
 Fig. 13. Computational model of 38MN bogie frame with division into finite elements

After carrying out the strength analysis of the bogie frame, it was found that the level of stresses in the bogie frame for the loads specified in PN-EN 13749:2011 [42] does not exceed the permissible values, which confirms the sufficient strength of the frame for all defined cases.

An innovative design approach based on the use of 3D modeling and numerical calculations (based on the finite element method) allowed for rapid optimization of the frame construction at the initial design stages, thereby faster providing the industry information on the expected material requirements and expected stress conditions during planned stand tests.

Designing with modern CAD, CAM, CAE and MES techniques streamlines the process of making the only frame. Solid models of individual details can easily be made on numerical machine tools without the need for often laborious executive drawings.

Due to the fact that during the welding process of frame the stresses are occurred, it is recommended to perform the vibration stress relief to significantly reduce welding stresses. This treatment allows for dimensional stabilization of the frame and increases the operation life of the frame. The residual stresses in the welded frames of rail vehicles bogies are intrinsic to phase changes in welding processes. They also occur in mechanical processing. Their occurrence negatively affects the dimensional stability of the bogie structure, causing its deformation (delayed deformations) in a long time and increasing the susceptibility to cracking and stress corrosion. Concentration places of these stresses are notches which reduce the fatigue strength [46]. Therefore, the essence of vibration stress relief is to bring the treated element to dynamic deformation. For this purpose, a method called resonant vibration stress relief is used, consisting in bringing the element to the resonant vibrations, such that the frequency of the vibrator corresponds to the frequency of the own vibrations of the element [46].

Po przeprowadzeniu analizy wytrzymałościowej ramy wózka stwierdzono, że poziom naprężeń powstających w ramie wózka dla obciążeń określonych w normie PN-EN 13749:2011 [42] nie przekracza wartości dopuszczalnych, co potwierdza dostateczną wytrzymałość ramy dla wszystkich zdefiniowanych przypadków.

Innowacyjne podejście do projektowania oparte na zastosowaniu modelowania 3D oraz obliczeń numerycznych (opartych na metodzie elementów skończonych) pozwoliło na szybką optymalizację konstrukcji ramy we wstępnych etapach projektowania a tym samym na szybsze informacje dla przemysłu odnośnie spodziewanego zapotrzebowania na materiały oraz spodziewanych stanów naprężeń podczas planowanych badań stanowiskowych.

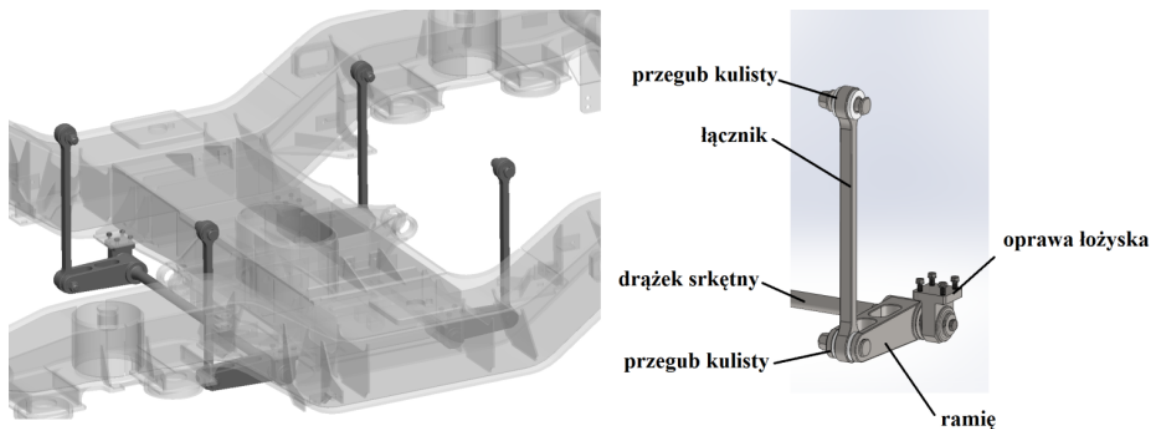
Projektowanie z użyciem nowoczesnych technik opartych na CAD, CAM, CAE oraz MES usprawnia proces wykonywania samej ramy. Modele bryłowe poszczególnych detali mogą w prosty sposób zostać wykonane na obrabiarkach numerycznych bez konieczności wykonywania często pracochłonnych rysunków wykonawczych.

Ze względu na fakt powstawania w procesie spawania ramy naprężeń spawalniczych zalecono przeprowadzenie odprężania wibracyjnego celem znaczącej redukcji naprężeń spawalniczych. Zabieg ten pozwala na uzyskanie stabilizacji wymiarowej ramy oraz wpływa na podwyższenie trwałości eksploatacyjnej ramy. Naprężenia resztkowe w spawanych ramach wózków pojazdów szynowych są nieodłącznie związane z przemianami fazowymi w procesach spawania. Występują także przy obróbce mechanicznej. Ich występowanie wpływa negatywnie na stabilność wymiarową konstrukcji wózka, powodując w długim czasie jego odkształcenia (odkształcenia zwłoczne) a także zwiększając podatność na pękanie i korozję naprężeniową. Miejsca koncentracji tych naprężeń stanowią karby zmniejszające wytrzymałość zmęczeniową [46]. Dlatego też istotą odprężania wibracyjnego jest doprowadzenie obrabianego elementu do odkształceń dynamicznych. Stosuje się w tym celu zabieg zwany odprężaniem wibracyjnym rezonansowym, polegający na doprowadzaniu elementu do drgań rezonansowych, a więc takich, w których częstotliwość wibratora zgodna jest z częstotliwością drgań własnych elementu [46].

Stabilizator przechylenia nadwozia

Stabilizator przechylenia poprzecznego nadwozia (rys. 14) zamontowany jest między ramą wózka i ostoją pojazdu.

Rolą stabilizatora jest zwiększenie sztywności zawieszenia drugiego stopnia na przechył poprzeczny pudła tak, aby współczynnik pochylenia nadwozia „s” miał wartość $s \approx 0,4$, co ma bezpośredni wpływ na właściwości dynamiczne (odchylenia) nadwozia pojazdu.



Rys. 14. Stabilizator przechylenia poprzecznego nadwozia
Fig. 14. Stabilizer of the body transverse tilting

Body tilting stabilizer

The stabilizer of the body transverse tilting (Fig. 14) is mounted between the bogie frame and the vehicle frame.

The role of the stabilizer is to increase the stiffness of the secondary suspension on the transverse tilting of the body so that the body tilting coefficient “s” is $s \approx 0.4$, which has a direct effect on the dynamic characteristics (tilting) of the vehicle body.

Tractive force transmission system with system of pulling apparatus

The method of tractive force transmission with the system of pulling apparatus is shown in Fig. 15.

In this design solution the pivot is attached to the body frame by means of screws and fixed by means of a pivot-sleeve connection. A yoke is attached to the pivot, which is connected by longitudinal articulated strings in a lemniscate system with brackets placed on the bogie frame. The advantage of a such solution is the possibility to transmit the tractive force at a low height to the rail head and thus make it more fully use at the start of the vehicle.

Braking system

Braking system is presented in Fig. 16.

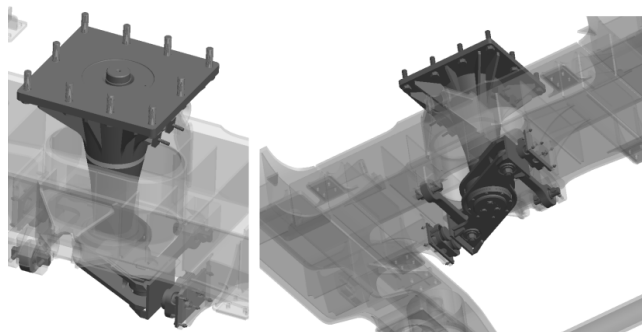
The 38MN bogie is equipped with brake discs started by compressed air cylinders and clamping mechanisms. Four brake discs are located on the wheelset axles (two per axle). Friction pads comply with the requirements of UIC 541-3 [24]. Clamping mechanisms are screwed to a beam fixed to the gear body. There are two types of brake cylinders built on each axle. One of them is equipped with a spring parking brake. Clamping mechanisms are started by pneumatic brake cylinders, they are equipped with self-regulating mechanisms, which compensate wear of friction pads and brake discs.

The clamping mechanism is characterized by a modular design and consists of a brake actuator equipped with a control device, depending on the degree of wear of friction pads and brake discs. The brake cylinder of the parking brake is the spring type

Układ przeniesienia siły pociągowej z zespołem aparatu pociągowego

Sposób przeniesienia siły pociągowej z zespołem aparatu pociągowego przedstawiono na rys. 15.

W tym rozwiązaniu konstrukcyjnym czop skrzętny przymocowany jest do ramy nadwozia za pomocą śrub oraz ustalony za pomocą połączenia czop-tuleja. Na czopie skrzętowym osadzone jest jarzmo, które jest połączone wzdłużnymi przegubowymi cięgnami w układzie lemniskatowym ze wspornikami umieszczonymi na ramie wózka. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość przeniesienia siły pociągowej na niskiej wysokości względem główki szyny a tym samym pełniejsze jej wykorzystanie podczas rozruchu pojazdu.



Rys. 15. Układ przeniesienia siły pociągowej z zespołem aparatu pociągowego

Fig. 15. Tractive force transmission system with system of pulling apparatus

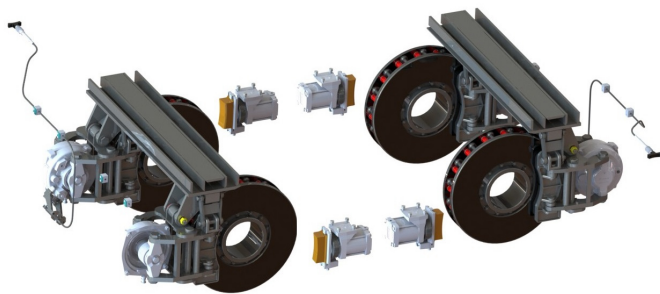
Układ hamulcowy

Układ hamulcowy przedstawiono na rys. 16.

Wózek 38MN wyposażony jest w hamulce tarczowe uruchamiane za pomocą siłowników sprężonego powietrza oraz mechanizmów zaciskowych. Cztery tarcze hamulcowe umiejscowiono na osiach zestawu kołowego (po dwie na oś). Okładziny cierne są zgodne z wymaganiami karty UIC 541-3 [24]. Mechanizmy zaciskowe przykręcane są do belki przymocowanej do korpusu przekładni. Przy każdej z osi zabudowane są dwa rodzaje cylindrów hamulcowych.

i.e. the release process takes place by supplying air at a definite pressure to the brake cylinder. There is a possibility of mechanical release of the auxiliary cylinder by manual actuation by means of a pull rod or a wrench. The jaw levers are made as a segmental construction. On the crossbars of the bogie, the release levers (one to the side of the bogie) are placed, to which the release cables are connected.

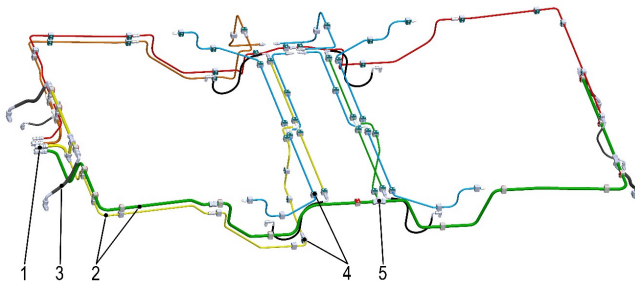
In addition, TCU cleaning blocks bricks are used in the braking system. They serve to clean the rolling surface of the wheelsets to increase the adhesion between the wheel and the rail.



Rys. 16. Układ hamulcowy wózka 38MN
Fig. 16. Braking system of 38MN bogie

Pneumatic pipe system

The pneumatic pipe system of the bogie is shown in Fig. 17.



Rys. 17. Układ przewodów pneumatycznych wózka 38MN
Fig. 17. Pneumatic pipes system of 38MN bogie

Oznaczenia użyte na rys. 17/ The markings used in Fig. 17:

- kolor żółty, kolor zielony – układ pneumatyczny hamulca głównego z podziałem na zestawy kołowe / yellow, green colour - pneumatic system of the main brake with the division into wheelsets

- kolor czerwony – układ pneumatyczny hamulca postojowego/ red colour - pneumatic brake system of the parking brake

- kolor brązowy, kolor niebieski – układ pneumatyczny układu smarowania obrzeży kół/ brown, blue colour - pneumatic system of wheel rim lubrication

1 - miejsce podłączenia układów pneumatycznych do nadwozia/ place of connecting the pneumatic systems to the body

2 – przewody rurowe/ pipe system

3 - przewody elastyczne/flexible hoses

4 - zespoły obejm mocujących/ fastening clamping ring assemblies

5 - złączki pneumatyczne/ pneumatic connectors.

Jeden z nich wyposażony jest w sprężynowy hamulec postojowy. Mechanizmy zaciskowe uruchamiane za pomocą pneumatycznych cylindrów hamulcowych, wyposażone są w mechanizmy samoregulacyjne, które niwelują zużycie wstawek ciernych i tarcz hamulcowych.

Mechanizm zaciskowy charakteryzuje się budową modułową i składa się z siłownika hamulcowego wyposażonego w urządzenie regulacyjne, zależne od stopnia zużycia okładzin ciernych i tarcz hamulcowych. Cylinder hamulcowy hamulca postojowego jest typu sprężynowego tzn. proces odłączania następuje poprzez podanie powietrza pod określonym ciśnieniem do cylindra hamulca. Istnieje możliwość mechanicznego odłączania cylindra pomocniczego poprzez ręczne uruchamianie za pomocą cięgła lub klucza do odłączania. Dźwignie szczęk zostały wykonane jako konstrukcja segmentowa. Na poprzecznicach wózka umiejscowiono dźwignie luzowania (po jednej na stronę wózka), do których podłączono linki odłączające.

W układzie hamulcowym zastosowano dodatkowo klockowe bloki czyszczące TCU. Służą one do oczyszczania powierzchni toczonej zestawów kołowych w celu zwiększenia przyczepności między kołem a szyną.

Układ przewodów pneumatycznych

Układ przewodów pneumatyczny wózka przedstawiony jest na rys. 17.

W skład układu przewodów pneumatycznych wchodzi:

- układ przewodów pneumatyczny hamulca
- układ przewodów pneumatyczny smarowania obrzeży kół.

Instalację układu przewodów pneumatycznych wykonano z rur precyzyjnych, które połączono ze sobą za pomocą złączek oraz w wymaganych miejscach za pomocą elastycznych przewodów.

Przewody rurowe mocowane są za pomocą zespołów obejm, które mocowane są za pomocą spawania do ramy wózka przy wykorzystaniu profili mocujących tzw. „szyn”. Taki sposób mocowania przewodów umożliwił układanie instalacji rurowej z minimalnymi naprężeniami montażowymi.

Podłączenie do nadwozia wszystkich układów pneumatycznych znajduje się w jednym miejscu na specjalnym wsporniku, na czołownicy wózka.

Układ napędowy

Drezyna DP-560 wyposażona jest w hydrostatyczny układ napędowy. Zadaniem układu jest wytworzenie ciśnienia w obwodach jazdy, które z kolei zapewni osiągnięcie przez pojazd parametrów trakcyjnych zgodnych z założonymi. Silnik spalinowy napędza hydrostatyczną, bezstopniową przekładnię napędu jazdy. Przekładnia ta, działająca w obwodzie zamkniętym, obejmuje: dwie pompy hydrauliczne

The pneumatic pipe system consists of:

- pneumatic pipe system of the brake
- pneumatic pipe system for lubricating the wheel rim.

The installation of the pneumatic pipe system is made of precise pipes which are connected to each other by means of connectors and at the required places by means of flexible hoses.

Pipes are fastened by means of clamping ring assemblies that are mounted by welding to the bogie frame using the fixing profiles so-called "rails". This way of fixing of the pipes allows the installation of the pipe system with the minimal mounting stresses.

The connection to the body of all pneumatic systems is in one place on a special bracket on the headstock of the bogie.

Drive system

The DP-560 track car is equipped with a hydrostatic drive system. The purpose of the system is to generate pressure in the driving circuits, which in turn will ensure to achieve by the vehicle the traction parameters in accordance with the assumed ones. The internal combustion engine drives the hydrostatic, stepless transmission of the drive. This transmission, operating in a closed circuit, comprises: two hydraulic travel pumps, coupled by a flexible coupling and a distribution gear with an internal combustion engine, and four hydraulic motors mounted on axial transmissions. The drive system is controlled electrohydraulically. It includes the following driving regimes: automatic or manual control, fast or slow, guided in both directions without any restrictions. The most important drive systems include:

- combustion engine

CUMMINS QSK-19R internal combustion engine is used. The engine generates 563 kW at 2100 rpm. This is a six-cylinder, liquid-cooled, turbocharged, air-cooled unit. An alternator supplying some electrical circuits of the vehicle is built on the engine. The whole is equipped with a low-temperature startup, electronic speed control, electrically controlled engine stop. The engine is placed under the vehicle floor. Also under the floor there are systems to secure its work: cooling, power, intake and exhaust.

- distribution gear

The gear is suspended on the flywheel housing of the internal combustion engine and coupled to the flywheel with the flexible coupling. The gear distributes the drive from the engine to three pump units. This is a gearset with cylindrical wheels, straight teeth, splash lubrication.

- hydraulic pumps

These are high-pressure piston-axial pumps with varying rate, varying direction of the oil pump. Maximum rate of each of them is 250 ccm/rev, and maximum pressure is 450 bar. The pumps draw in oil from the hydraulic oil tank through their own filling

jazdy, związane poprzez sprzęgło podatne i przekładnię rozdzielczą z silnikiem spalinowym oraz cztery silniki hydrauliczne, zamontowane na przekładniach osiowych. Sterowanie układem napędowym odbywa się na drodze elektrohydraulicznej. Obejmuje ono następujące reżimy jazdy: sterowaną automatycznie lub ręcznie, szybką lub wolną prowadzone w obu kierunkach bez żadnych ograniczeń. Do najważniejszych zespołów układu napędowego należą:

- silnik spalinowy

Do napędu pojazdu użyto silnika spalinowego CUMMINS QSK-19R. Silnik generuje moc 563 kW przy 2100 obr/min. Jest to jednostka sześciocyndrowa, chłodzona cieczą, turbodoładowana, z chłodzeniem powietrza doładowującego. Na silniku zabudowano alternator zasilający niektóre obwody elektryczne pojazdu. Całość wyposażono w układ wspomagania rozruchu w niskich temperaturach, elektroniczny układ sterowania obrotami, elektrycznie sterowany układ zatrzymania silnika. Silnik posadowiono pod podłogą pojazdu. Również pod podłogą znalazły się układy zabezpieczające jego pracę: chłodzenia, zasilania, dolotu i wydechu.

- przekładnia rozdzielcza

Przekładnia zawieszona jest na obudowie koła zamachowego silnika spalinowego i połączona z jego kołem zamachowym sprzęgłem podatnym. Przekładnia rozdziela napęd z silnika na trzy zespoły pomp. Jest to przekładnia zębata o kołach walcowych, zębach prostych, smarowana rozbryzgowo.

- pompy hydrauliczne

Są to wysokociśnieniowe pompy tłokowo-osiowe o zmiennym wydatku, zmiennym kierunku tłoczenia oleju. Maksymalny wydatek każdej z nich to 250 ccm/obr, a maksymalne ciśnienie 450 bar. Pompy zasysają olej ze zbiornika oleju hydraulicznego poprzez własne pompy doładowujące i zespoły filtrów. Wyposażone są w dwie pary wysokociśnieniowych gniazd każda, łączonych z odpowiednimi gniazdami silników hydraulicznych. Pompy posiadają przyłącza przelewowe, przez które pewna ilość oleju odprowadzana jest do zespołu chłodziń. Po wychłodzeniu w nim wraca do zbiornika oleju.

- silniki hydrauliczne

Są to wysokociśnieniowe tłokowe silniki hydrauliczne o zmiennej chłonności typu H1B250. Produkuje je firma DANFOSS. Chłonność silników zmienia się w zakresie od 50 do 250 ccm/obr., ciśnienie pracy to 250 barów. Podobnie jak pompy, posiadają przyłącza, za pośrednictwem których pewną ilość oleju można odprowadzać do układów chłodzenia. Silniki posiadają regulatory ciśnienia, które w sposób automatyczny zmieniają chłonność w zakresie do ciśnienia 250bar. Gdy ciśnienie wzrośnie powyżej 250 barów, regulator automatycznie przesterowuje silnik na chłonność maksymalną. Jest to jednoznaczne z rozwijaniem przez silnik momentu maksymalnego.

pumps and filter units. They are equipped with two pairs of high-pressure seats each, connected to the corresponding seats of the hydraulic motors. Pumps have overflow connections through which a certain amount of oil is carried into the cooling unit. After cooling down in it, returns to the oil tank.

- hydraulic motors

These are high pressure piston hydraulic motors with variable absorptivity of type H1B250. They are produced by DANFOSS company. The motors' absorptivity varies from 50 to 250 ccm/rev, the working pressure is 250 bar. Like pumps, they have connections through which a certain amount oil can be carried to the cooling systems. The motors have pressure regulators that automatically change the absorptivity up to a pressure of 250bar. When the pressure rises above 250 bar, the regulator automatically controls the engine to the maximum absorptivity. This is tantamount to the maximum torque of the engine. Motors can be controlled to the maximum absorptivity by hand, over the entire pressure range. Then it can be obtained the maximum tractive force for the given pressure.

- axle gears

Since all axles are driven, four axial gears are mounted on it. These are one-stage toothed gears with toothed cylindrical wheel, straight teeth and parallel axles. Their function in the system consists in transferring and raising the driving torque from the hydraulic motors and disconnecting the drive during the train travel, rolling or towing for other reasons. Disconnecting and switching on the drive takes place in the pneumatic way and is controlled from the operators' cabin. Gear shafts (including drive axle) are mounted in steel bodies in barrel-shaped roller bearings. The gear is lubricated by the spray method.

Bogie movement and turn limiters system

In order to ensure the proper place of the body relative to the gauge during riding on straight and/or curved track, the bumpers and cams are used on the body and bogie. During riding on the straight track and curves, when there are the transverse or longitudinal movements of the bogie relative to the body, there is a contact between the suitable bumpers placed on the frame of the bogie and the resistance plates on the body. Such a limitation of movement results from the need to provide displacements with appropriate values.

During riding in a track curve, the displacement of the bogie relative to the body is realized by means of a cam mechanism assembly. The cam mechanism consists of appropriately profiled cams on the vehicle's frame and guide rollers screwed to the brackets on the bogie frame. The geometry of the cam is individually selected for a specific vehicle (displacement, track curves, etc.).

Silniki można przesterować na chłonność maksymalną ręcznie, w całym zakresie ciśnień. Uzyskamy wtedy maksymalną siłę pociągową dla danego ciśnienia.

- przekładnie osiowe

Ponieważ napędzane są wszystkie osie pojazdu - zamontowano na nim cztery przekładnie osiowe. Są to jednostopniowe przekładnie zębate o kołach zębatych walcowych, zębach prostych i osiach równoległych. Ich funkcja w układzie polega na przeniesieniu i podniesieniu momentu napędowego z silników hydraulicznych oraz rozłączenie napędu na czas jazdy w składzie pociągu, przetaczania lub holowania z innych przyczyn. Rozłączenie i załączenie napędu odbywa się na drodze pneumatycznej i sterowane jest z kabin operatorów. Wałki przekładni (w tym oś napędowa) łożyskowane są w stalowych korpusach w łożyskach baryłkowych. Przekładnia smarowana jest metodą rozbryzgową.

Układ ograniczników przesuwu i skrętu wózka

W celu zapewnienia odpowiedniego ustawienia się nadwozia względem skrajni przy jeździe po torze prostym i/lub po łuku zastosowano na nadwoziu i wózku odbijaki oraz krzywki. Podczas jazdy po torze prostym i łukach, przy wystąpieniu przemieszczeń poprzecznych lub wzdłużnych wózka względem nadwozia, dochodzi do kontaktu odpowiednich odbijaków umieszczonych na ramie wózka z płytami oporowymi na nadwoziu. Takie ograniczenie ruchów wynika z konieczności zapewnienia przemieszczeń o odpowiednich wartościach.

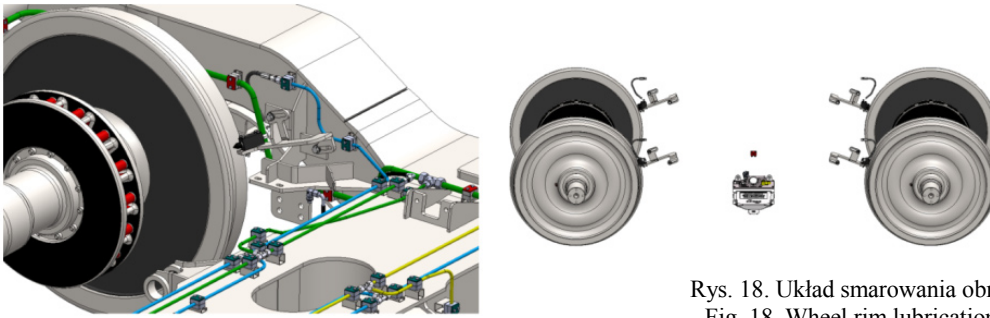
Podczas jazdy w łuku torowym, przemieszczenie wózka względem nadwozia jest realizowane za pomocą zespołu mechanizmu krzywkowego. Mechanizm krzywkowy składa się z odpowiednio wyprofilowanych krzywek na ostoi pojazdu oraz rolek prowadzących przykręconych do wsporników na ramie wózka. Geometria krzywki jest indywidualnie dobierana konkretnego pojazdu (przemieszczenia, łuki toru itp.).

Układ smarowania obrzeży kół

W celu zmniejszenia zużycia obrzeży kół na wózku 38MN zabudowano układ smarowania obrzeży kół systemu Railjet firmy Bijur Delimon.

Elementem wykonawczym systemu są dysze, zabudowane na wspólnym wsporniku z klockiem czyszczącym. Możliwa jest regulacja ich położenia w zależności od zużycia zestawu kołowego. Zbiornik środka smarnego oraz urządzenie sterujące pracą układu zamontowano na ramie wózka. Widok elementów wykonawczych układów smarowania obrzeży kół został przedstawiony na rys. 18.

W automatycznie sterowanych odstępach czasowych cyklu smarowania, na przednie (zależne od kierunku jazdy pojazdu) zestawy kołowe na obrzeża kół natryskiwane są, za pomocą sprężonego powietrza podawanego z dysz rozpryskowych, odpowiednio



Rys. 18. Układ smarowania obrzeży kół na wózku 38MN
Fig. 18. Wheel rim lubrication system on 38MN bogie

Wheel rim lubrication system

The wheel rim lubrication system Railjet of Bijur Delimon company is mounted to reduce wheel rim wear on the 38MN bogie.

The nozzles are the executive element of the system, which are mounted on a common bracket with a cleaning block. It is possible to adjust their position depending on the wear of the wheelset. The lubricant tank and the work control device are mounted on the bogie frame. A view of the elements of the wheel rim lubrication systems is shown in Fig. 18.

In automatically controlled time intervals of the lubrication cycle, the wheel rim of the front wheelsets (depending on the direction of vehicle's riding) are sprayed with the appropriate amount of lubricant by compressed air supplied from the spray nozzles. Further, through the carrying surfaces of the rails, the agent is transferred to the remaining wheelsets. It is important on the lines where the vehicles with the lubrication system of wheel rims and the non-lubricated vehicles are used. The wheel rims of vehicles are also lubricated indirectly (by the grease left on the surfaces of the rails).

Lubrication is only applied in the place of the lateral contact of the rim of the wheel with the inner surface of the rail head (Fig. 19). The lubricant delivery method prevents it from penetrating into the running surface of the wheels and rails. This is important not to reduce the adhesion of the wheels and rails on the surfaces on which there are the tractive force and braking friction.

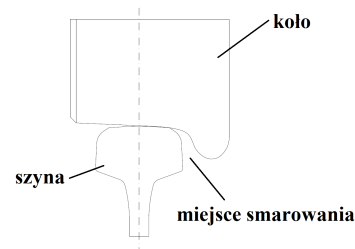
In this solution, the lubricant is distributed individually to each wheel via a stream distributor connected to the tank attached to the bogie frame.

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

- saving of high quality steel rims and rails
- reduced labor-intensive maintenance of wheelsets (less reprofiling)
- reducing noise emissions
- use biodegradable agents
- low weight of equipment
- reduced costs of surface maintenance
- lowering the resistance of movement, from where electricity or fuel savings come from
- reduction of stoppages of traction vehicles at locomotive depots and repair plants for

dobrane 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).

Smarowanie stosuje się wyłącznie w miejscu bocznego styku obrzeża koła z wewnętrzną powierzchnią główki szyny (rys. 19), 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.



Rys. 19. Obszar natryskiwania środka smarnego w układzie koło-szyna [7]

Fig. 19. Area of lubricant spraying in wheel-rail contact [7]

W tym rozwiązaniu środek smarny jest rozdzielany indywidualnie na każde koło poprzez rozdzielacz strumienia podłączony do zbiornika przymocowanego na ramie wózka.

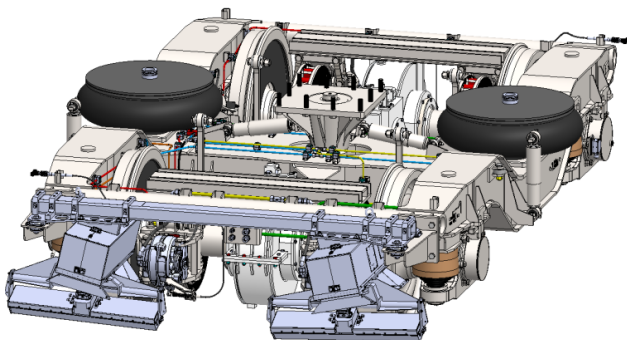
Do najważniejszych zalet smarowania obrzeży kół należy zaliczyć [7]:

- oszczędność wysokogatunkowych stali obrzeży i szyn
- zmniejszenie pracochłonności przy utrzymaniu zestawów kołowych (rzadsze reprofiliowanie)
- ograniczenie emisji hałasu
- stosowanie środków biodegradowalnych
- mała masa własna urządzeń
- zmniejszenie kosztów utrzymania nawierzchni

- shunting and replacement of rims
- improvement of safety against derailment.

Additional equipment

Additional equipment of 38MN bogie is a measuring system mounted on the headstock of the bogie (Fig. 20). This system is dedicated to a particular vehicle and its use and configuration are the result of the orderer's needs of the vehicle. In this configuration, the measuring system is used to collect selected data for the track parameter.



- obniżenie oporów ruchu, skąd wypływa oszczędność energii elektrycznej bądź paliwa
- zmniejszenie przestojów pojazdów trakcyjnych w lokomotywniach i zakładach naprawczych dla przetaczania i wymiany obręczy
- podniesienie bezpieczeństwa przed wykolejeniem.

Wyposażenie dodatkowe

Wyposażenie dodatkowe wózka 38MN stanowi układ pomiarowy zamontowany na czołownicy wózka (rys. 20). Układ ten jest dedykowany dla konkretnego pojazdu i jego zastosowanie i konfiguracja wynikają z zapotrzebowania zamawiającego pojazd. W tej konfiguracji układ pomiarowy służy do zbierania wybranych danych odnośnie parametru toru.

Rys. 20. Układ pomiarowy montowany na czołownicy wózka 38MN

Fig. 20. Measuring system mounted on the headstock of 38MN bogie

Część druga artykułu zostanie opublikowana w numerze 4/2017
The second part of this article will be published in the issue 4/2017
