

mgr inż. Wojciech Jakuszko
dr hab. inż. Marian Medwid, prof. Instytutu
Łukasiewicz – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”
dr hab. inż. Małgorzata Orczyk
Politechnika Poznańska

Examples of modeling of unconventional rail running gear system solutions

Przykłady modelowania niekonwencjonalnych rozwiązań szynowych układów jezdnych

The article presents the different types of unconventional solutions of rail running gear systems at the stage of concept. The focus is on two types of drive transmission from the base vehicle to the railway track, the simplest where the drive is transferred directly onto the track via a rubber wheel and the more complex one, where there is a need of using a drum drive. Due to the variety of existing car chassis, it is focused on one type of truck chassis. The article presents the selected results of conducted analyzes and simulations of rail running gear system models, preceded by a series of design analyzes in the various configurations of structural elements taking into account the conditions in the form of truck chassis.

W artykule przedstawiono różne rodzaje niekonwencjonalnych rozwiązań szynowych układów jezdnych na etapie koncepcji. Skoncentrowano się na dwóch rodzajach przeniesienia napędu z pojazdu bazowego na tor kolejowy, najprostszym gdy napęd przenoszony jest bezpośrednio na tor poprzez koło gumowe i bardziej skomplikowany, gdzie istnieje konieczność zastosowania napędu bębnowego. Z uwagi na różnorodność istniejących podwozi samochodów skupiono się na jednym typie podwozia samochodu ciężarowego. W artykule zaprezentowano wybrane wyniki prowadzonych analiz i symulacji modeli szynowych układów jezdnych, poprzedzonych szeregiem analiz projektowych w różnej konfiguracji elementów konstrukcyjnych uwzględniających uwarunkowania w postaci podwozia samochodów ciężarowych.

1 INTRODUCTION

Scientific and research works carried out at Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Pojazdów Szynowych "TABOR" in Poznań on the development of rail-road vehicles have resulted in the introduction on the Polish market of dozen or so types of rail-road vehicles of the various purposes [2].

At the request of PKP three light railway rescue vehicles were produced based on the TARPAN off-road vehicle in cooperation with the Agricultural Car Factory (FSR) in Poznań. Taking over the Agricultural Car Factory by the Volkswagen interrupted the Institute's cooperation with FSR company.

The Institute's cooperation with the Truck Factory STAR in Starachowice ended in a similar way. Until taking over of the STAR Factory by MAN, about ten rail-road rescue vehicles for PKP had been built, as well as one vehicle adapted for use on tram tracks for MPK Poznań, a vehicle for cleaning railway infrastructure for PKP, and another one for the Warsaw Metro.

Based on the IVECO-Eurocargo off-road car the

1. WSTĘP

Prowadzone w Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytucie Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu prace naukowo-badawcze nad rozwojem pojazdów szynowo-drogowych zaowocowały wprowadzeniem na rynek polski kilkunastu typów pojazdów szynowo-drogowych różnego przeznaczenia [2].

Na zamówienie PKP wyprodukowano trzy sztuki lekkich pojazdów do ratownictwa kolejowego na bazie samochodu terenowego TARPAN w kooperacji z Fabryką Samochodów Rolniczych w Poznaniu. Wejście firmy Volkswagen do Zakładów Samochodów Rolniczych przerwało współpracę Instytutu z firmą FSR.

W podobny sposób zakończyła się współpraca Instytutu z Fabryką Samochodów Ciężarowych STAR w Starachowicach. Do chwili przejęcia fabryki STAR przez firmę MAN zbudowano około dziesięciu sztuk pojazdów szynowo-drogowych ratownictwa kolejowego dla PKP oraz jeden pojazd przystosowany do eksploatacji na torach tramwajowych dla MPK Poznań, pojazd do czyszczenia infrastruktury kolejowej dla PKP oraz kolejny dla Warszawskiego Metra.

Institute in cooperation with Alcon in Żmigród and Hydromega in Gdynia made two vehicles for cleaning the tram infrastructure: one for MPK Poznań, the other for MZK Warszawa.

Also on the basis of IVECO chassis, a tanker vehicle for supplying the track machines with fuel was built to the order of PLK Kraków. The vehicle was produced in cooperation with the Alcon Żmigród Company (made a rail running gear system) and Zasta Słupsk (made a tank-tanker).

The Institute is a producer of third generation rail-road tractors built on the basis of CLAAS agricultural tractors and it is still looking for innovative solutions of rail running gear systems for their operation in mass-produced cars [1].

Mass-produced vehicles, especially the truck chassis adapted for the rail-road vehicles, have a number of limitations that make it difficult to adapt the chassis to railway traction. An important limitation is the identification of the free space for the installation of rail running gear system and the construction of the drive transmission system from the internal combustion engine to the tires of the car. Due to the desirable off-road properties of the vehicle and meeting the requirements of the lower profile of the railway gauge, it is advantageous to choose a chassis with the rigid drive bridges, single tires and 4x4 drive.

Critical places and structural elements of the chassis making it difficult to install the rail running gear system are usually located at the front drive bridge. The main criteria having a significant impact on the installation of rail running gear systems should be included:

- distance from the tire to the chassis frame,
- turning angle of the wheels,
- steering side rod,
- power transmission joints,
- brake cylinders and supply cables,
- suspension dampers,
- steering cross rod,
- roll stabilizer,
- driver's cab steps.

The rear drive bridge is easier to install. In this case, the limitations are:

- distance of tires from suspension springs,
- distance of the suspension springs to the chassis frame,
- rolling stabilizer location,
- location of the air brake cylinder.

Additional difficulties may include:

- route of exhaust pipe,
- other devices attached to the chassis frame, e.g. fuel tank, battery box.

The essence of Polish concepts of rail running gear systems is their connection with chassis drive bridges so that when riding on the railway track the

Instytut w kooperacji z Alcon w Żmigrodzie i Hydromegą w Gdyni wykonał na bazie samochodu terenowego IVECO-Eurocargo dwa pojazdy do czyszczenia infrastruktury tramwajowej, jeden dla MPK Poznań, drugi dla MZK Warszawa.

Również na bazie podwozia IVECO, na zamówienie PLK Kraków zbudowano pojazd cysterne do zaopatrywania w paliwo maszyn torowych. Pojazd wyprodukowano w kooperacji z firmą Alcon Żmigród, która wykonała szynowy układ jezdny oraz z firmą Zasta Słupsk, która wykonała zbiornik-cysterne.

Instytut jest producentem ciągników szynowo-drogowych trzeciej generacji budowanych na bazie ciągników rolniczych CLAAS i nadal poszukuje innowacyjnych rozwiązań szynowych układów jezdnych do ich eksploatacji w seryjnie produkowanych samochodach [1].

Seryjnie produkowane pojazdy, a zwłaszcza podwozia samochodów ciężarowych adaptowane na pojazdy szynowo - drogowe mają szereg ograniczeń utrudniających przystosowanie podwozia do toru kolejowego. Istotnym ograniczeniem jest identyfikacja wolnej przestrzeni do zabudowy szynowego układu jezdny oraz budowa układu przeniesienia napędu z silnika spalinowego na opony samochodu. Ze względu na pożądane terenowe właściwości pojazdu oraz spełnienie wymagań dolnego zarysu skrajni kolejowej korzystny jest wybór podwozia ze sztywnymi mostami napędowymi, pojedynczymi oponami i napędem 4x4. Newralgiczne miejsca i elementy konstrukcyjne podwozia utrudniające zabudowę szynowego układu jezdny usytuowane są zazwyczaj przy przednim moście napędowym. Do głównych kryteriów mających istotny wpływ przy zabudowie szynowych układów jezdnych należy zaliczyć:

- odległość opony od ramy podwozia
- kąt skrętu kół
- podłużny drążek kierowniczy
- przeguby przeniesienia napędu
- cylindry hamulca i przewody zasilające
- tłumiki usprężynowania
- poprzeczny drążek kierowniczy
- stabilizator kołysania
- stopnie kabiny kierowcy.

Tyłny most napędowy jest łatwiejszy do zabudowy i w tym przypadku ograniczenia stanowią:

- odległość opon od resorów
- odległość resorów od ramy podwozia
- lokalizacja stabilizatora kołysania
- lokalizacja cylindra hamulca pneumatycznego.

Dodatkowe utrudnienia mogą stanowić:

- przebieg wyprowadzenia rury wydechowej
- inne urządzenia zamocowane do ramy podwozia, jak np. zbiornik paliwa, skrzynia akumulatorów.

Istotą polskich koncepcji szynowych układów jezdnych jest ich powiązanie z mostami napędowymi podwozia tak, aby podczas jazdy po torze kolejowym

suspension of the chassis works like during road riding. Foreign solutions that are usually met exclude the suspension from work on the railway track.

Simple and low-cost design solutions of rail running gear system include a solution in which the chassis tires are leaned on track rails and provide propulsion and braking of vehicle. Rollers of rail running gear system perform the function of driving the vehicle in track.

The condition for implementing such a solution is that the lateral distance between tires of the vehicle should be similar to the track gauge.

The vehicles with the reduced lateral distance between tires are characterized by the limited lateral stability, when the body is rolling during the road travel and especially on bumpy terrain. During the track travel, the wearing tires in the "tire/rail" friction process leave the rubber particles on the rail heads that can adverse impact on the electrical conductivity between the rails and the tracks of the electric wheeled vehicle.

Standard motor vehicles with a gross vehicle weight (GVW) of 10÷15 tons and above usually have a lateral distance between tires much larger than the track gauge, which ensures the required lateral stability of the vehicle in the curves with the small radius of road curve and the bumpy terrain.

For vehicles with a standard distance between tires, the friction-drum drives or, more complex, the hydraulic drives are used.

For vehicles with a GVW of more than 15 tons, usually three-axle, the rail running gear systems are installed in the form of suspended bogies under the chassis support frame.

2. Rail running gear systems solutions

2.1. Rail running gear systems with the actuators mounted under the chassis drive bridge (one rail axle)

In the found foreign and domestic constructional solutions of rail running gear systems, the hydraulic actuators are usually used which are mounted on the truck chassis in a position with a specific deviation from the perpendicular by the angle resulting from the kinematics of the system and the distribution of forces necessary to ensure the proper operation of the running gear system. In the Polish solutions of rail running gear systems construction, a vertical lever is used to which a hydraulic cylinder's eye is attached.

Some types of standard truck chassis have some limitations on the space required for mounting the vertical lever and hydraulic actuator, e.g. longitudinal steering rod, body rolling stabiliser, etc.

In such cases, it is possible to mount the rail running gear system under the chassis drive bridges, where there are less limitations in the necessary space.

An example of such a solution is shown in Fig. 2.1., where it is presented the construction of a rail

uspężynowanie podwozia pracowało jak podczas jazdy drogowej. Spotykane rozwiązania zagraniczne zazwyczaj wyłączają z pracy uspężynowanie na torze kolejowym.

Do prostych i tanich rozwiązań konstrukcyjnych szynowego układu jezdnych należy zaliczyć rozwiązanie, w którym opony podwozia są oparte na szynach toru i realizują napęd i hamowanie pojazdu. Rolki szynowego układu jezdnych pełnią funkcję prowadzenia pojazdu w torze.

Warunkiem implementacji takiego rozwiązania jest, aby poprzeczny rozstaw opon pojazdu był zbliżony do rozstawu szyn toru.

Pojazdy o zmniejszonym rozstawie poprzecznym opon charakteryzuje ograniczona stabilność poprzeczna, przy kołysaniu nadwozia podczas jazdy drogowej, a zwłaszcza w nierównym terenie. Podczas jazdy torowej zużywające się opony w procesie tarcia „opona/szyna” pozostawiają na główkach szyn drobiny gumy, które mogą niekorzystnie wpływać na przewodzenie prądu między szynami, a zestawami kołowymi pojazdów elektrycznych.

Standardowe pojazdy samochodowe o dopuszczalnej masie całkowitej (DMC) 10÷15 ton i powyżej, mają przeważnie poprzeczny rozstaw opon dużo większy od rozstawu szyn, co zapewnia wymaganą stabilność poprzeczną pojazdu na zakrętach o małych promieniach łuku drogi oraz nierównym terenie.

Dla pojazdów o standardowym rozstawie opon są stosowane napędy cierne-bębnowe lub napędy hydrauliczne o większym stopniu skomplikowania.

Dla pojazdów o DMC większym od 15 ton, przeważnie trzyosiowych, są instalowane szynowe układy jezdne w postaci wózków podwieszanych pod ramą nośną podwozia.

2. Rozwiązania szynowych układów jezdnych

2.1. Szynowe układy jezdne z siłownikami zamontowanymi pod mostem napędowym podwozia (jedna oś szynowa)

W spotykanych zagranicznych jak i krajowych rozwiązaniach konstrukcyjnych szynowych układów jezdnych stosuje się zazwyczaj siłowniki hydrauliczne zabudowane na podwoziu samochodu ciężarowego w pozycji o określonym odchyleniu od pionu o kąt wynikający z kinematyki układu i rozkładu sił niezbędnych do zapewnienia prawidłowej pracy układu jezdnych. W polskich rozwiązaniach konstrukcji szynowych układów jezdnych zastosowano dźwignię pionową, do której zamocowano ucho cylindra hydraulicznego.

W niektórych typach standardowych podwozi samochodów ciężarowych występują pewne ograniczenia niezbędnej przestrzeni do zabudowy dźwigni pionowej i siłownika hydraulicznego, np. podłużny drążek kierowniczy, stabilizator kołysania nadwozia itp.

running gear system with the friction-drum drive.

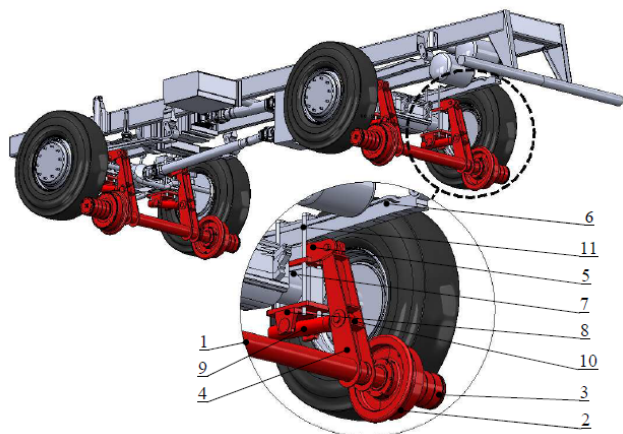


Fig. 2.1. Rail running gear system with friction-drum drive
Rys. 2.1. Szynowy układ jezdny napędem cierniowo bębnowym

The rail axle **1** is equipped with the mounted roller with bearings **2** and the driving drum **3**. The rail axle **1** is connected to the suspension arms **4**, whose the upper end is mounted rotatably in a bracket **5** built between the leaf suspension spring **6** and the body **7** of the chassis drive bridge. Under the drive bridge body, the bracket **8** is mounted, in which the hydraulic cylinder **9** is rotatably mounted, and the piston rod of actuator **10** is rotatably connected to the suspension arm **4**. The vertical suspension spring **6**, the bracket **5**, the bracket **8** are attached to the body **7** of the drive bridge using the suspension spring shackles **11**.

Figure 2.2 presents two limit states of the rail running gear system position:

- lifted rail axle, road riding position
- rail axle lowered to the contact of the drive drum with chassis tire, track riding position

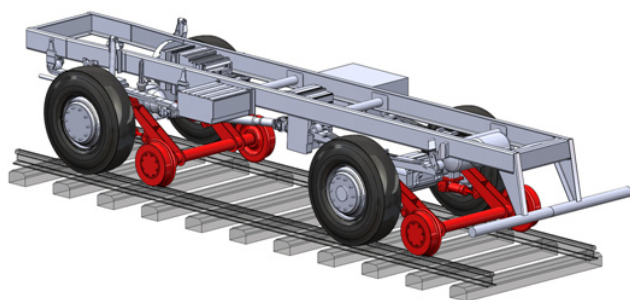


Fig. 2.3. Rail running gear system with single axles - axonometric projection

Rys. 2.3. Szynowy układ jezdny z pojedynczymi osiami – rzut aksonometryczny

Control of lifting and lowering of the rail axle is realized by providing the appropriate oil pressure, during lifting from the piston side, while lowering from the piston rod side.

The presented solution uses the actuators with rotary pins on the cylinder body, which allows the correct kinematics of the system work to be implemented (achievement of the sufficient distance of the rollers

W takich przypadkach istnieje możliwość zabudowy szynowego układu jezdny pod mostami napędowymi podwozia, gdzie są mniejsze ograniczenia w niezbędnej przestrzeni.

Przykład takiego rozwiązania przedstawiono na rys. 2.1, gdzie pokazano zabudowę szynowego układu jezdny z napędem cierniowo bębnowym.

Oś szynową **1** wyposażono w łożyskowaną rolkę toczną **2** oraz bęben napędowy **3**. Z osią szynową **1** związane są wahacze **4**, których górny koniec jest zamocowany obrotowo w wsporniku **5** zabudowanym pomiędzy resorem piórowym **6** a korpusem **7** mostu napędowego podwozia. Pod korpusem mostu napędowego zamontowano wspornik **8**, w którym zamocowano obrotowo cylinder hydrauliczny **9**, a tłoczek **10** siłownika połączono obrotowo z wahaczem **4**. Resor pionowy **6**, wspornik **5**, wspornik **8** zamocowano do korpusu **7** mostu napędowego za pomocą strzemion resoru **11**.

Na rysunku 2.2 przedstawiono dwa graniczne stany położenia szynowego układu jezdny:

- oś szynowa wzniesiona, pozycja do jazdy drogowej
- oś szynowa opuszczona do kontaktu bębna napędowego z oponą podwozia, pozycja do jazdy po torze kolejowym.

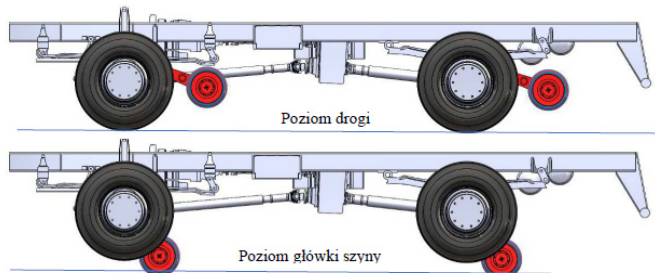


Fig. 2.2. Limiting states of rail running gear system position

Rys. 2.2. Graniczne stany położenia szynowego układu jezdny

Sterowanie podnoszeniem i opuszczaniem osi szynowej jest realizowane przez podanie odpowiedniego ciśnienia oleju, przy podnoszeniu od strony tłoka, przy opuszczaniu od strony tłoczyska.

W prezentowanym rozwiązaniu zastosowano siłowniki z czopami obrotowymi na korpusie cylindra, co pozwala na realizację prawidłowej kinematyki pracy układu (osiągnięcie dostatecznej odległości rolek tocznych od podłoża przy jeździe drogowej oraz uzyskanie odpowiedniego docisku bębnow do opon przy jeździe torowej).

Na rys. 2.3 i 2.4. zaprezentowano podobne rozwiązanie zaimplementowane do pojazdów ze zwichniętym rozstawem opon do rozstawu bliskiego rozstawu szyn toru, W tym przypadku napęd pojazdu jest realizowany siłą tarcia między oponami a szynami toru.

from the ground during riding on the road and obtaining the appropriate pressure of the drums on the tires during riding on the track).

In Figures 2.3 and 2.4. it is presented the similar solution implemented for the vehicles with the narrowed distance between tires to the spacing close to the track gauge. In this case, the vehicle is powered by the friction force between the tires and track rails.

To provide with the required kinematics of the system, the shape of the bracket 5 and the attachment of the piston rod eye 10 to the suspension arm 4 are changed in this solution.

2.2. Rail running gear system with actuators mounted under the chassis drive bridge (two rail axles)

The permissible rail axle load on the track (guiding roller) depends on its diameter and the speed of the rail-road vehicle on the track. If the permissible roller pressures on the rails are exceeded with one rail axle, it is possible to use two rail axles with four road rollers.

An example of such a solution is presented below in Figures 2.5 and 2.6. In the presented drawings, the running gear system is built on the front driving bridge of the truck chassis.

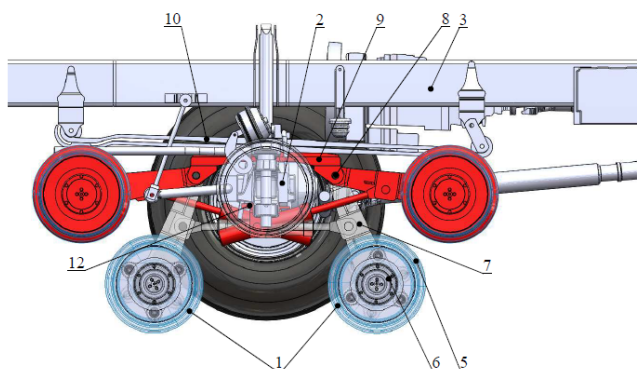


Fig. 2.5 Rail running gear system with two axles (actuator is mounted under the front drive bridge) - side view

Rys. 2.5 Szynowy układ jezdny z dwoma osiami (siłownik zabudowany pod przednim mostem napędowym) – widok z boku

In the drawing above, the rail running gear system is mounted on the front drive bridge of the truck chassis.

Two positions of the rail running gear system of the vehicle for riding on the rail track and in the lifted state (the vehicle prepared for road travel) are shown. Changing of the position of the rollers of the rail running gear system occurs after applying the oil pressure to the pistons of the cylinders from the piston rod side (lowering the rollers), applying the oil pressure to the front side of the pistons causes raising of the vehicle's rail axles.

Figure 2.6 presents the front view of the axle of the rail running gear system in the state ready for track riding.

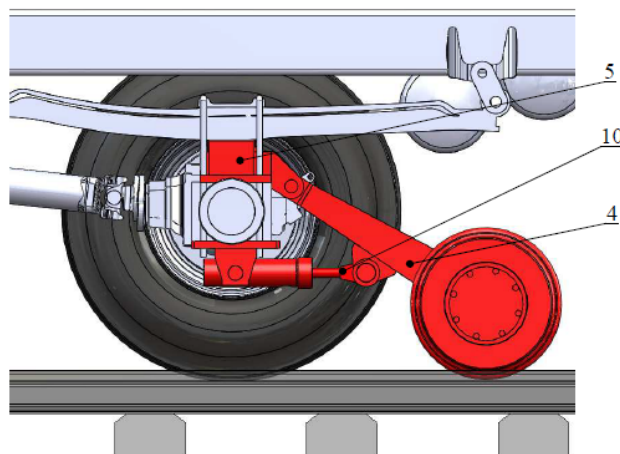


Fig. 2.4. Rail running gear system with single axles – view of the rear drive bridge.

Rys. 2.4. Szynowy układ jezdny z pojedynczymi osiami – widok na tylny most napędowy.

2.2. Szynowy układ jezdny z siłownikami zamontowanymi pod mostem napędowym podwozia (dwie osie szynowe)

Dopuszczalny nacisk osi szynowej na tor (rolki prowadzącej) jest zależny od jej średnicy oraz prędkości jazdy pojazdu szynowo-drogowego po torze. W przypadku, gdy przy jednej osi szynowej dopuszczalne naciski rolek na szyny są przekroczone, istnieje możliwość zastosowania dwóch osi szynowych z czterema rolkami jezdny.

Przykład takiego rozwiązania przedstawiono poniżej na rys. 2.5 i 2.6. Na przedstawionych rysunkach układ jezdny zabudowany został na przednim moście napędowym podwozia samochodu ciężarowego.

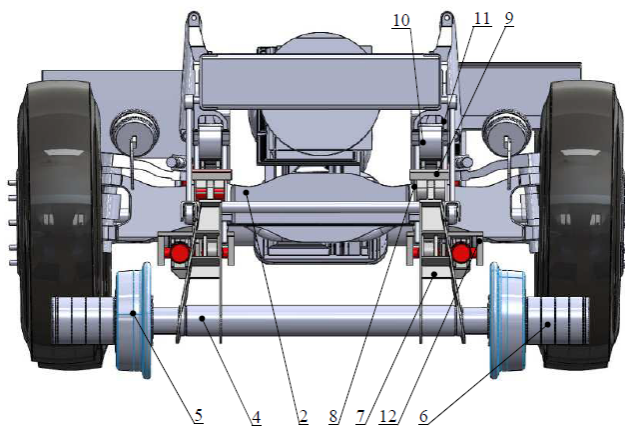


Fig. 2.6 Rail running gear system with two axles (actuator is mounted under the front drive bridge) – front view

Rys. 2.6 Szynowy układ jezdny z dwoma osiami (siłownik zabudowany pod przednim mostem napędowym) – widok od czoła

Na przedstawionym powyżej rysunku szynowy układ jezdny zabudowany został na przednim moście napędowym podwozia samochodu ciężarowego. Pokazano dwa położenia szynowego układu jezdny pojazd do jazdy po torze kolejowym oraz w stanie uniesionym (pojazd przygotowany do jazdy drogowej). Zmiana położenia rolek szynowego układu

Each pair of suspension arms is supported by two hydraulic cylinders, one for each suspension arm. Hydraulic actuators with cylinders are equipped with two pins for mounting the cylinder and piston rods with a typical eye. The cylinder pins allow it to be rotatable in the bracket holes, and the piston rod eye in the bracket holes built to the suspension arms.

Rail running gear system is attached to the drive bridge **2** of the truck chassis **3**. The rail running gear system consists of two rail axles **4** equipped with the road rollers **5** and driving drums **6**. Rail axles are equipped with the suspension arms **7** welded with one end to the rail axles and the other end of the suspension arm is mounted rotatably with bolts **8** to the brackets **9** mounted to drive bridges under the suspension spring leaves **10** and attached to the drive bridges with the suspension spring shackles **11**. The bracket **12** built to the lower plane of the drive bridge in the plane of suspension spring mounting is also attached to the bridge with suspension spring shackles **11**.

Figure 2.7 presents the rail running gear assembly in a spatial view in the condition of lowered rail axles (view without the drive bridge, suspension spring and suspension spring shackles). The pins **13** of hydraulic cylinders **14** are attached to the bracket **12**, and piston rods **15** are rotatably connected to the brackets **16** located on the suspension arm **7**.

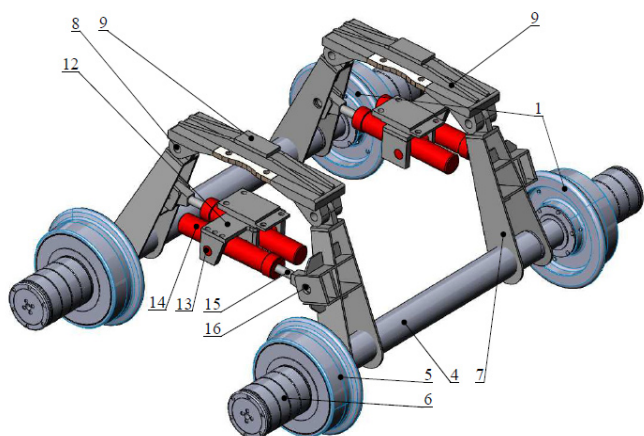


Fig. 2.7 Rail running gear system
Rys. 2.7 Szynowy układ jezdny

The main elements connecting the hydraulic actuator system with the suspension arms of the running gear systems are brackets **9** and **12** (Figs. 2.5, 2.6, 2.7), built both above and under the drive bridge of the presented rail running gear system solution.

An example of a solution of the construction of the bracket built under the drive bridge and intended for mounting the hydraulic actuators is presented in figure 2.8.

The bracket of actuators consists of a plate **17**, the horizontal walls **18** and the vertical walls **19**. The plate **17** has the holes **20** for penetrating the suspension spring shackles and the vertical walls **19** have holes **21**

jezdnego następuje po podaniu ciśnienia oleju na tłoki cylindrów od strony tłoczyska (opuszczanie rolek), podanie ciśnienia oleju na przednią stronę tłoków powoduje unoszenie osi szynowych pojazdu.

Na rysunku 2.6 pokazano widok od czoła na oś szynowego układu jezdny w stanie przygotowanym do jazdy torowej,

Każdą parę wahaczy obsługują dwa cylindry hydrauliczne po jednym dla każdego wahacza. Siłowniki hydrauliczne z cylindrami wyposażone są w dwa czopy do mocowania cylindra oraz tłoczyska z typowym uchem. Czopy cylindra umożliwiają jego obrotowe zamocowanie w otworach wspornika, a ucho tłoczyska w otworach wsporników zabudowanych do wahaczy.

Szynowy układ jezdny zamocowany do mostu napędowego **2** podwozia samochodu ciężarowego **3**. Szynowy układ jezdny jest złożony z dwóch osi szynowych **4** wyposażonych w rolki jezdne **5** i bębny napędowe **6**. Osie szynowe wyposażono w wahacze **7** przyspawane jednym końcem do osi szynowych, a drugi koniec wahacza zamocowano obrotowo za pomocą sworzni **8** do wsporników **9** zamontowanych do mostów napędowych pod piórami resorów **10** i zamocowanych do mostów napędowych strzemiunami resorów **11**. Do dolnej płaszczyzny mostu napędowego w płaszczyźnie mocowania resoru zabudowano wspornik **12** zamocowany do mostu również za pomocą strzemiun resoru **11**.

Na rysunku 2.7 pokazano zespół szynowego układu jezdny w widoku przestrzennym w stanie opuszczonych osi szynowych (widok bez mostu napędowego, resora oraz strzemiun resora). Do wspornika **12** zamocowano czopy **13** cylindrów hydraulicznych **14**, a tłoczyska **15** połączono obrotowo ze wspornikami **16** umieszczonymi na wahaczach **7**.

Głównymi elementami spinającymi układ siłowników hydraulicznych z wahaczami układów jezdnych są wsporniki **9** i **12** (rys. 2.5, 2.6, 2.7), zabudowane zarówno nad i pod mostem napędowym przedstawionego rozwiązania szynowego układu jezdny.

Na rysunku 2.8. zaprezentowano przykład rozwiązania konstrukcji wspornika zabudowanego pod mostem napędowym i przewidzianego do mocowania siłowników hydraulicznych.

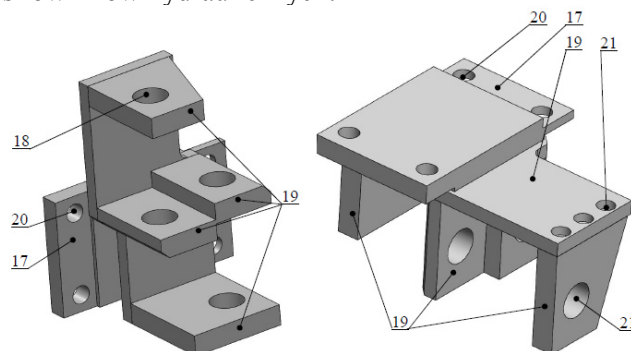


Fig. 2.8. Bracket of hydraulic cylinder mounting
Rys. 2.8. Wspornik mocowania cylindrów hydraulicznych

for fixing the rotary pins of cylinders of the hydraulic actuators. To enable the installation of actuators in the bracket, the vertical walls **19** are attached to the horizontal walls **18** with the bolted connections mounted in the holes made in the horizontal walls **18** and threaded holes drilled in the vertical walls **19**.

2.3. Adjustable system with friction-drum drive of the rail axle of the rail-road vehicle

The next subject of analysis is the adjustable system of the rail axle of the rail-road vehicle with the friction-drum drive.

The system allows to change the distance between rollers of the rail running gear system from the distance of 1435 mm (normal track) to 1520 mm (wide track). Changing the distance between can be done manually or automatically after equipping the system with an appropriate system of hydraulic actuators.

An example of a manual rollers adjustment method is shown in Figures 2.9 and 2.10.

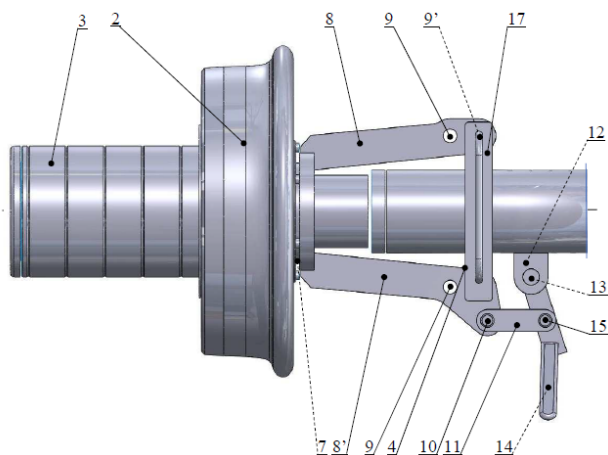
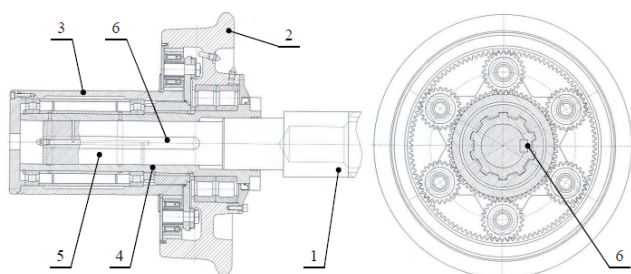


Fig. 2.10. Mechanism of manual adjustment of the roller with the drive drum

Rys. 2.10. Mechanizm manualnego przestawiania rolki wraz z bębniem napędowym

Fig. 2.9 presents a cross-section through the rail axle **1** with the built roller **2** and the driving drum **3**. The solution of friction-drum roller drive (without adjustment function) is described in detail in the patent application [9].

Wspornik siłowników składa się z płyty **17**, ścian poziomych **18** oraz ścian pionowych **19**. W płycie **17** wykonano otwory **20** do przetkania strzemion resoru, a w ścianach pionowych **19**, otwory **21** przeznaczone do mocowania obrotowych czopów cylindrów siłowników hydraulicznych. Aby możliwy był montaż siłowników we wsporniku, ściany pionowe **19** są mocowane do ścian poziomych **18** za pomocą połączeń śrubowych zamontowanych w otworach wykonanych w ścianach poziomych **18** i gwintowanych otworach wierconych w ścianach pionowych **19**.

2.3. System przestawny z napędem ciernym bębnowym osi szynowej pojazdu szynowo drogowego

Kolejnym przedmiotem analizy jest system przestawny osi szynowej pojazdu szynowo drogowego z napędem bębnowym - ciernym.

System umożliwia zmianę rozstawu rolek szynowego układu jezdnego z rozstawu rolek 1435 mm (tor normalny) do rozstawu 1520 mm (tor szeroki). Zmiana rozstawu rolek może być zrealizowana manualnie lub automatycznie po wyposażeniu systemu w odpowiedni układ siłowników hydraulicznych.

Przykładowe rozwiązanie manualnego sposobu przestawienia rolek pokazano na rys. 2.9 i 2.10.

Na rys. 2.9 pokazano przekrój przez oś szynową **1** z zabudowaną rolką **2** i bębniem napędowym **3**. Rozwiązanie ciernego bębnowego napędu rolek (bez funkcji przestawienia) opisano szczegółowo w zgłoszeniu patentowym [9].

Prezentowane rozwiązanie różni się od rozwiązania przedstawionego w zgłoszeniu patentowym tym, że zastosowano tuleję przesuwaną **4** zamocowaną na czopie osi **5**. Tuleja ma swobodę ruchu wzdłuż czopa osi natomiast przed obrotem tulei względem czopa osi zabezpieczono za pomocą wpustu **6**.

Na rys. 2.10. pokazano mechanizm manualnego przestawiania rolki wraz z bębniem napędowym. Tuleję przesuwaną wyposażono w pierścień, do którego dospawano są płaskowniki **8** i **8'** z otworami **9** (po dwa otwory wykonane w każdym płaskowniku). Płaskowniki **8** i **8'** przyspawano do pierścienia **7** tak, aby były zlokalizowane w poziomej płaszczyźnie osi szynowej. W jednym (zewnętrznym płaskowniku **8'**) wykonano trzeci otwór **10**, w którym obrotowo zamocowano cięgiło **11**. W określonej odległości od płaskownika przyspawano do osi wspornik **12** z wykonanym otworem **13**. W otworze **13** zamontowano rękojeść **14** z otworem **15**, do którego zamontowano drugi koniec cięgiła **11**.

Na rysunku 2.11 pokazano dwa położenia rolki z bębniem napędowym (ustawianie dla toru normalnego lub szerokiego) ustalone za pomocą urządzenia zabezpieczającego **17** wyposażonego w dwa elementy blokujące **16** w otworach **9** i **9'**. Położenia rolki z bębniem napędowym oznaczone literą **L** i **P**. Położenie **L** dla toru szerokiego oraz położenie **P** dla toru

The presented solution differs from the solution presented in the patent application in that a sliding sleeve 4 mounted on the axle journal 5 is used. The sleeve is free to move along the axle journal while the the sleeve is prevented from rotating towards the axle journal with the key 6.

Fig. 2.10. presents the mechanism of manual roller adjustment with the drive drum. The sliding sleeve is equipped with a ring to which flat bars 8 and 8² are welded with holes 9 (two holes each in each flat bar). Flat bars 8 and 8² are welded to the ring 7 so that they are located in the horizontal plane of the rail axle. In one (external flat bar 8²) a third hole 10 is made, in which the rod 11 is rotatably mounted. The bracket 12 with the made hole 13 is welded to the axle at a specific distance from the flat bar. In the hole 13 a handle 14 with the hole 15 is mounted, to which the other end of the rod 11 is mounted.

Fig. 2.11 presents two positions of the roller with the drive drum (setting for normal or wide track) determined by a safety device 17 equipped with two locking elements 16 in holes 9 and 9². The positions of the roller with the drive drum marked with the letters L and P. Position L for the wide track and position P for the normal track.

The position of the rollers is changed by moving the handle 14, which, by means of the rod 11 moves the flat bar 8² with the sliding sleeve 4, on which the rollers with bearing and the drive drum are mounted. The position of the roller with the drum for the appropriate track gauge is obtained by coinciding the holes 9 and 9² made in flat bars 8 and 8² with the holes made in the brackets 17.

To lock the position of the roller with the drum in the selected position, there is a protective equipment 16 in the form of two rods penetrating through the holes of the flat bars 8 i 8² and the locking elements 17.

2.4. Rail running gear system of rail-road vehicle (flexible mounting of the rail axles)

Another solution of the rail running gear system that can be practically used in the road vehicles is shown in Figure 2.12.

The design of the presented rail running gear system solution is based on a single rail axle 1 mounted to the drive bridge 2 of the truck chassis.

The presented solution uses a vertical bracket 3 made in the shape of the letter „L” mounted on the upper plane of the drive bridge 2 under the vertical suspension spring 4 and connected to the drive bridge with the suspension spring shackles 5. This solution of mounting the vertical bracket 3 to the drive bridge is simpler and cheaper in relation to other Polish solutions, where the vertical lever is mounted by articulation to the bracket built between the suspension spring and the drive bridge.

normalnego.

Zmianę położenia rolek dokonuje się przez przesunięcie rękojeści 14, która za pomocą cięgła 11 przemieszcza płaskownik 8² wraz z tuleją przesuwaną 4, na której są ułożyskowane i zamocowane rolka wraz z bębnum napędowym. Ustawienie rolki z bębnum dla odpowiedniego rozstawu toru uzyskuje się przez pokrycie się otworów 9 i 9² wykonanych w płaskownikach 8 i 8² z otworami wykonanymi we wspornikach 17.

Do blokady ustawienia rolki z bębnum w wybranym położeniu służy zabezpieczenie 16 w postaci dwóch prętów przetkanych przez otwory płaskowników 8 i 8² oraz elementów blokujących 17.

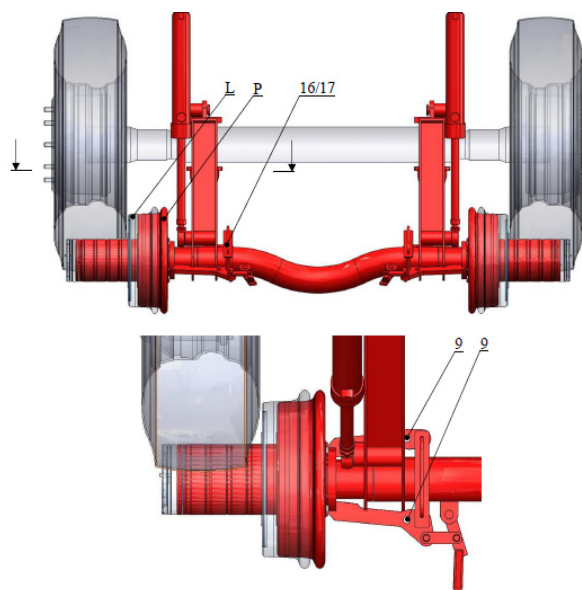
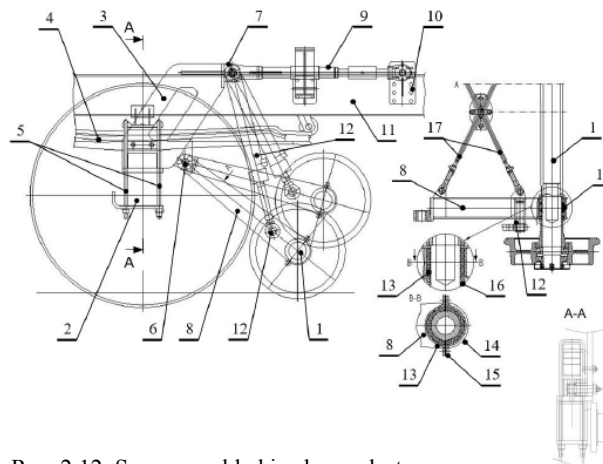


Fig. 2.11 Two positions of roller with the drive drum
Rys. 2.11 Dwa położenia rolki z bębnum napędowym

2.4. Szynowy układ jezdny pojazdu szynowo-drogowego (elastyczne mocowanie osi szynowych)

Inne rozwiązanie szynowego układu jezdnyego możliwego do praktycznego zastosowania w pojazdach drogowych pokazano na rys. 2.12.



Rys. 2.12. Szynowy układ jezdny – elastyczne połączenie osi szynowej z wahaczem.

Fig. 2.12. Rail running gear system – flexible connection of the rail axle with suspension arm.

As a result of the permanent connection of the vertical bracket, there is more "S-shaped motion" of the suspension spring in relation to the articulated mounting of the vertical lever. The "E-shaped motion" of the suspension spring does not have a significant effect on the life of the suspension spring, because during the road travel of the vehicle this phenomenon occurs at each start, and especially during the braking of the vehicle on the road.

The vertical bracket **3** is equipped with the a lower eye **6** and an upper eye **7**. The suspension arm **8** is mounted to the lower eye **6**, and in the upper eye **7** the reaction rod **9**, whose other end is connected by articulation with the bracket **10** connected with the chassis frame **11**. In the upper eye **7** the hydraulic actuator cylinder eye is also attached, and the actuator piston rod eye is rotatably attached to the bracket connected permanently with the suspension arm **8**.

In this variant of the rail running gear system design solution, the flexible connection of the rail axle **1** with the suspension arm **8** is placed, as shown in the cross sections. In connection of the rail axle with the suspension arms, the divided rubber sleeves **13** are inserted that are clamped on the axle with the gripper armature **14** connected to the suspension arm with bolts **15**.

To transfer the lateral forces from the rail axle to the suspension arms, the rail axle is equipped with the lateral travel stops **16** and the suspension arm are cross-linked each other by pull rods **17**.

The flexible connection of the rail axle with the suspension arms is advantageous due to the vehicle traveling along a track with the large track vertical bumps, especially for the solution of the rail running gear system with two rail axles built on the drive bridge.

The presented rail running gear is intended for the chassis in which the vehicle tires are put on track rails, which enables the drive and braking by the road wheels of the vehicle. The rollers of the rail running gear system perform the function of driving the vehicle in the track and are pressed against the track by hydraulic actuators with a vertical force ensuring the safe movement of the vehicle on the track in all riding conditions. Much of the vertical load remains on the vehicle tires to guarantee the required torque on the road wheels.

Supplying the oil pressure over the piston of the actuator piston rod causes the rail axle to lower to contact of the guide rollers with the track rails. A further increase in pressure presses the rollers against the track rails with the required force for track travel. When the vehicle is standing on the tracks, the oil pressure can be increased to a value at which the tire takes away from the track rails, which allows the disassembly of the road wheel in case of tire damage. This property can be realized by using the vertical

Konstrukcja przedstawionego rozwiązania szynowego układu jezdny oparta jest na pojedynczej osi szynowej **1** mocowanej do mostu napędowego **2** podwozia samochodu ciężarowego.

W prezentowanym rozwiązaniu zastosowano wspornik pionowy **3** wykonany w kształcie litery „L” zamocowany na górnej płaszczyźnie mostu napędowego **2** pod resorem pionowym **4** i związany z mostem napędowym strzemionami resoru **5**. Takie rozwiązanie mocowania wspornika pionowego **3** do mostu napędowego jest prostsze i tańsze w odniesieniu do innych polskich rozwiązań, gdzie dźwignia pionowa jest mocowana przegubowo do wspornika zabudowanego pomiędzy resorem i mostem napędowym.

W wyniku stałego powiązania wspornika pionowego następuje większe „esowanie” resora w odniesieniu do przegubowego mocowania dźwigni pionowej. „Esowanie” resora nie ma znaczącego wpływu na trwałość resora, ponieważ podczas jazdy drogowej pojazdu zjawisko to występuje przy każdym rozruchu, a szczególnie w czasie hamowania pojazdu na drodze kołowej.

Wspornik pionowy **3** wyposażono w ucho dolne **6** i ucho górne **7**. Do ucha dolnego **6** zamocowano obrotowo ramię wahacza **8**, a w uchu górnym **7** drążek reakcyjny **9**, którego drugi koniec połączono przegubowo ze wspornikiem **10** powiązany z ramą podwozia **11**. W uchu górnym **7** zamocowano również ucho cylindra siłownika hydraulicznego, a ucho tłoczyska siłownika zamocowano obrotowo do wspornika powiązanego stale z wahaczem **8**.

W tym wariantcie rozwiązania konstrukcji szynowego układu jezdny wprowadzono elastyczne połączenie osi szynowej **1** z wahaczem **8**, co pokazano na przekrojach. W połączeniu osi szynowej z wahaczami wprowadzono dzielone tuleje gumowe **13** zaciśnięte na osi za pomocą zwory **14** połączonej z wahaczem śrubami **15**.

Do przenoszenia sił poprzecznych z osi szynowej na wahacze, oś szynową wyposażono w ograniczniki **16** przesuwu poprzecznego, a wahacze połączono między sobą krzyżowo cięgłami **17**.

Elastyczne powiązanie osi szynowej z wahaczami jest korzystne ze względu na przejazd pojazdu po torze o dużych nierównościach pionowych toru, szczególnie dla rozwiązania szynowego układu jezdny z dwiema osiami szynowymi zabudowanymi na moście napędowym.

Przedstawiony szynowy układ jezdny przeznaczony jest dla podwozia, w którym opony pojazdu są oparte na szynach toru, co umożliwia realizację napędu i hamowania przez koła drogowe pojazdu. Rolki szynowego układu jezdny pełnią funkcję prowadzenia pojazdu w torze i są dociskane do szyn toru siłownikami hydraulicznymi z siłą pionową zapewniającą bezpieczny ruch pojazdu na torze w każdych

bracket and the reaction rod. The vertical component caused by the oil pressure in the actuator is transferred onto the vertical bracket causing the road wheel to rise. However, the horizontal component is placed in the vehicle frame via the reaction rod.

The solution with vertical bracket **3** and the reaction rod **9** can be implemented to the rail running gear system with the friction-drum drive for the normal and wide track as shown in Figures 2.13 and 2.14.

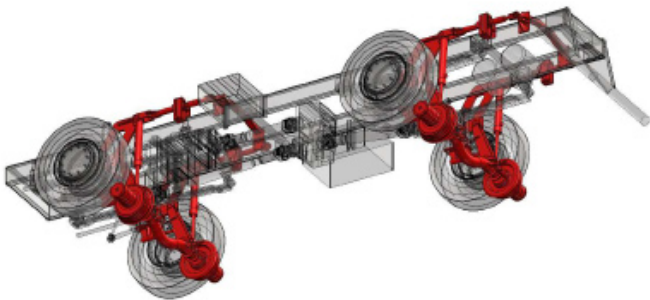


Fig. 2.13. Rail running gear system – rigid mounting of the rail axle to the suspension arms with the adjustable system (axonometric views, bottom view)

Rys. 2.13. Szynowy układ jezdny – sztywne mocowanie osi szynowej do wahaczy z układem przestawczym (rzuty aksonometryczne, widok z dołu)

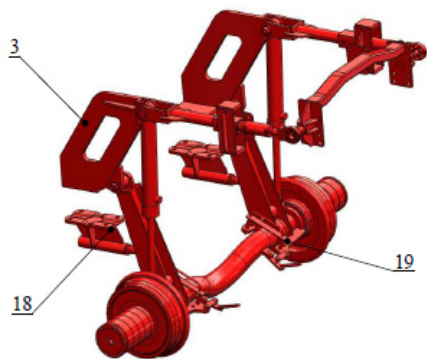


Fig 2.14. Rail running gear system – rigid mounting of the rail axle to the suspension arms with the adjustable system

Rys. 2.14. Szynowy układ jezdny – sztywne mocowanie osi szynowej do wahaczy z układem przestawczym

In this case, an adjustable stop **18** for adjusting the pressure force of the drum to the tire and a lever system **19** designed to position the roller with the drive drum required for the normal and wide track is mounted under the drive bridge.

In case of this solution, where the mounting of the rail axle to the suspension arms is rigid, it can also be used the flexible connection of the suspension arms with the axle.

2.5. Rail running gear system with vertical cylinders with rotatable pin

Another solution of the rail running gear system with the drum drive is the example presented below in Fig. 2.15.

warunkach jazdy. Znaczna część obciążenia pionowego pozostaje na oponach pojazdu w celu zagwarantowania wymaganego momentu obrotowego na kołach drogowych.

Doprowadzenie ciśnienia oleju nad tłok tłoczyśka siłownika powoduje opuszczenie osi szynowej do kontaktu rolek prowadzących z szynami toru. Dalszy wzrost ciśnienia dociska rolki do szyn toru z wymaganą siłą do jazdy torowej. Podczas postoju pojazdu na torach można zwiększyć ciśnienie oleju do wartości, przy której nastąpi oderwanie opony od szyn toru, co pozwala na demontaż koła drogowego w przypadku uszkodzenia opony. Właściwość ta jest możliwa do realizacji przez zastosowanie wspornika pionowego i dźwaka reakcyjnego. Składowa pionowa wywołana ciśnieniem oleju w siłowniku jest przenoszona na wspornik pionowy powodując unoszenie koła drogowego. Natomiast składowa pozioma jest wprowadzona w ramę pojazdu za pośrednictwem dźwaka reakcyjnego.

Rozwiązanie z pionowym wspornikiem **3** i dźwakiem reakcyjnym **9** może być zaimplementowane do szynowego układu jezdny z napędem ciernym bębnowym dla toru normalnego i szerokiego co przedstawiono na rys. 2.13 i 2.14.

W tym przypadku pod mostem napędowym zamontowano regulowany ogranicznik **18** do regulacji siły docisku bębna do opony oraz układ dźwigniowy **19** przeznaczony do ustalania położenia rolki z bębniem napędowym wymaganym dla toru normalnego i szerokiego.

W przypadku tego rozwiązania gdzie mocowanie osi szynowej do wahaczy jest na sztywno, można zastosować również elastyczne połączenie wahaczy z osią.

2.5. Szynowy układ jezdny z pionowymi cylindrami z czopem obrotowym

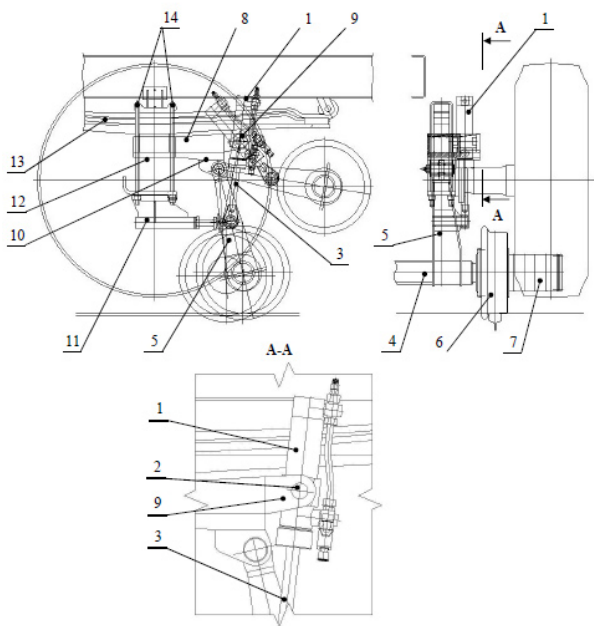
Kolejnym rozwiązaniem szynowego układu jezdny z napędem bębnowym jest przykład przedstawiony poniżej na rys. 2.15.

Układ złożony jest z następujących elementów konstrukcyjnych:

- siłowników hydraulicznych **1** z czopami **2** i tłoczyśkiem **3**
- osi szynowej **4** z wahaczami **5**, rolkami jezdnyymi **6** bębniów napędowych **7**
- wspornika **8** z uchami **9** mocowania siłowników **1** oraz uchami **10** mocowania wahaczy
- ograniczników regulowanych **11**.

Wsporniki **8** zamocowano do górnej powierzchni mostu napędowego **12** pod resorem piórowym **13**, a ogranicznik **11** do dolnej płaszczyzny mostu napędowego **12**. Całość związano za pomocą strzemion resorów **14**

Cechą charakterystyczną prezentowanej koncepcji jest wykorzystanie siłownika hydraulicznego z



The system consists of the following structural elements:

- hydraulic actuator *1* with pins *2* and piston rod *3*
- rail axle *4* with suspension arms *5*, road rollers *6* driving drums *7*
- bracket *8* with eyes *9* for mounting the actuators *1* and the eyes *10* for mounting the suspension arms
- adjustable stops *11*.

The brackets *8* are attached to the upper surface of the drive bridge *12* under the leaf suspension spring *13*, and the stop *11* to the lower plane of the drive bridge *12*. The whole is bound with suspension spring shackles *14*

A characteristic feature of the presented concept is the use of the hydraulic actuator with the cylinder equipped with pins for rotatably mounting the cylinder in a bracket, to which the rail axle suspension arms are also attached.

The hydraulic cylinder is located in the vertical plane parallel to the suspension spring mounting plane, on the outside of the chassis support frame. With respect to the typical hydraulic actuator in which the cylinder has an eye, the use of the cylinder with the rotatable pins allows the resignation of the vertical lever that was used in the previous examples. As a result, one structural element is eliminated from the rail system, and the cylinder is mounted directly in the bracket built between the leaf suspension spring and the drive bridge.

The pressure force of the drive drum to the tire is determined with the stop built under the drive bridge. In this way, a compact rail running gear system structure is created whose dimensions are approximately below the bottom shelf of the chassis frame.

cylindrem wyposażonym w czopy mocujące obrotowo cylinder we wsporniku, do którego zamocowano również wahacze osi szynowej.

Cylinder hydrauliczny umieszczono w płaszczyźnie pionowej równoległej do płaszczyzny mocowania resora, po stronie zewnętrznej ramy nośnej podwozia. W odniesieniu do typowego siłownika hydraulicznego, w którym cylinder ma ucho, wykorzystanie cylindra z czopami obrotowymi pozwala na rezygnację z dźwigni pionowej, którą stosowano w poprzednich przykładach. Dzięki temu wyeliminowano jeden element konstrukcyjny z układu szynowego, a cylinder zamocowano bezpośrednio we wsporniku zabudowanym pomiędzy resorem piórowym a mostem napędowym.

Siłę docisku bębna napędowego do opony ustala się za pomocą ogranicznika zabudowanego pod mostem napędowym. W ten sposób stworzono zwartą konstrukcję szynowego układu jezdny mieszczącą się gabarytami w przybliżeniu poniżej dolnej półki ramy podwozia.

2.6. Szynowy układ jezdny z rolkami nieruchomo osadzonymi na osi

W pojazdach szynowo drogowych są stosowane szynowe układy jezdne z osiami wyposażonymi w rolki prowadzące ułożyskowane na osi szynowego układu jezdny, natomiast układy biegowe pojazdów szynowych wyposaża się w osie zestawów kołowych, gdzie koła są włączane na oś zestawu, a osie są ułożyskowane w oprawach łożyska odpowiednio zamocowanych w ramach wózków. W ostatnich latach w tramwajach niskopodłogowych również zastosowano niezależne koła jezdne nie połączone osią zestawu kołowego. Takie rozwiązania są wynikiem zastosowania nisko położonej podłogi nadwozia tramwaju oraz oryginalnych systemów napędowych wprowadzonych w konstrukcjach tramwajów niskopodłogowych.

Niezależnie ułożyskowane koła stanowią prostszą i tańszą konstrukcję w odniesieniu do typowego zestawu kołowego, natomiast wadą takiego rozwiązania jest brak samoczynnego naprowadzania się osi szynowej do pozycji środkowej w przypadku wytrącenia osi z ruchu prostoliniowego, w którym oś wzdłużna osi szynowej pokrywa się z osią toru (brak zanikającego wężykowania osi).

Koła pojazdów szynowo drogowych i tramwajowych, które są niezależnie ułożyskowane mogą na torze prostym przylegać obrzeżami do główki szyny na odpowiednio długich odcinkach toru, co ma istotny wpływ na tempo zużycia kół. Wady tej jest pozbawiony zestaw kołowy (przedstawiony na rys. 2.16 i 2.17.), w którym koła są unieruchomione na osi i obracają się wraz z osią ułożyskowaną w oprawach łożysk zamocowanych do wahaczy.

2.6. Rail running gear system with fixed rollers on the axle

The rail-road vehicles use the rail running gear systems with the axles equipped with the guide rollers mounted on the axle of the rail running system, but the running gear systems of rail vehicles are equipped with the wheelset axles, where the wheels are pressed on the axle of the wheelset and the axles are mounted in bearing housings accordingly mounted in the frames of bogies. In recent years in the low-floor trams the independent road wheels not connected by the axle of a wheelset have also been used. Such solutions are the result of using the low floor of the tram body and the original drive systems introduced in the construction of low-floor trams.

The independently mounted wheels are a simpler and cheaper structure compared to the typical wheelset, but the disadvantage of this solution is the lack of automatic guidance of the rail axle to the middle position where the axle leaves the straight motion, in which the longitudinal axle of the rail axle coincides with the track axle (no disappearing axle nosing).

Wheels of rail-road and tram vehicles, which are independently mounted, on the straight track can adjoin with the flanges to the rail head on the sufficiently long sections of the track, which has a significant impact on the rate of wheel wear. The wheelset doesn't have this defect (presented in Figures 2.16 and 2.17.), in which the wheels are fixed on the axle and rotate with the axle mounted in the bearing housings fastened to the suspension arms.

In this solution of the rail axle equipped with the conical rolling wheel profiles, the axle has the property of self-centering in the straight track with the disappearing nosing of the wheelset. The contact of the flange with the head of the rail should take place when passing on the track curves, and the wears of the wheel flanges should be smaller compared to the solution with the independent wheels.

The presented above rail running gear system Fig. 2.16. is intended for the vehicle chassis in which the vehicle's tires roll on the rail heads, and drive and braking are implemented by the friction forces between the tires and track rails.

The running gear systems is built from the axle 1, at the ends of which the rolling rollers 2 are properly fitted with the axle pin 3, secured against the rotation with the key 4. The rolling rollers 2 are mounted on the pins 3 with nuts 5 and protected against the external contamination by cover 6.

The axle 1 is mounted in the divided bearing housings: upper 7 and lower 8, where the upper housing 7 is welded to the suspension arm 9. In the housings 7 and 8 the bearings 10 are mounted on axle 1 in a determined position with spacing sleeves 11 and 12. The bearings are protected by the cover 13. The suspension arms are equipped with brackets 14 for fixing

W takim rozwiązaniu osi szynowej wyposażonej w stożkowe profile toczne kół, oś ma właściwość samocentrowania się w torze prostym przy gasnącym wężykowaniu zestawu kołowego. Kontakt obrzeża z główką szyny winien mieć miejsce podczas przejazdu przez łuki torów, a zużycia obrzeży kół mniejsze w odniesieniu do rozwiązania z niezależnymi kołami.

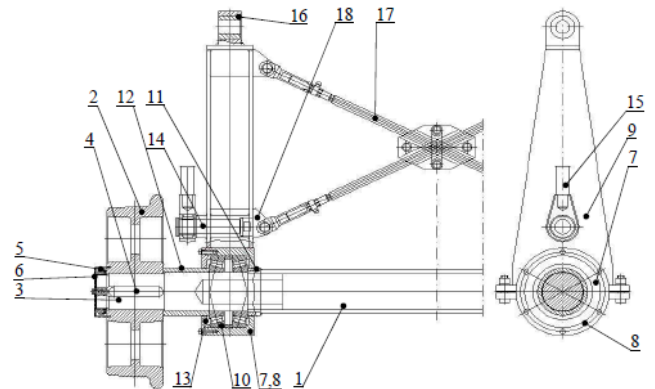


Fig. 2.16. Rail running gear system with fixed rollers - drive and braking are implemented by frictional forces between tires and track rails

Rys. 2.16. Układ jezdny z nieruchomo osadzonymi rolkami - napęd i hamowanie są realizowane przez siły tarcia pomiędzy oponami a szynami toru

Przedstawiony powyżej rys. 2.16. szynowy układ jezdny jest przeznaczony do podwozia pojazdu, w którym opony pojazdu toczą się po główkach szyn, a napęd i hamowanie są realizowane przez siły tarcia pomiędzy oponami a szynami toru.

Układ jezdny jest zbudowany z osi 1, na której końcach zamocowano rolki toczne 2 odpowiednio spasowane z czopem osi 3, zabezpieczone przed obrotem wpustem 4. Rolki toczne 2 zamocowano na czopach 3 za pomocą nakrętek 5 i zabezpieczono przed zanieczyszczeniami zewnętrznymi pokrywą 6.

Oś 1 osadzono w dzielonych oprawach łożysk: górnej 7 i dolnej 8, gdzie górna oprawa 7 jest przyspawana do wahacza 9. W oprawach 7 i 8 zamontowano łożyska 10 osadzone na osi 1 w położeniu ustalonym tulejami dystansowymi 11 i 12. Łożyska zabezpieczono pokrywą 13. Wahacze wyposażono we wsporniki 14 do mocowania ucha tłoczyska 15 siłowników hydraulicznych oraz wsporniki 16 do zamocowania wahaczy w układzie nośnym podwozia pojazdu.

W celu usztywnienia konstrukcji na obciążenia boczne, wahacze 9 połączono między sobą układem cięgieł 17 zamocowanych do wsporników wahaczy 18. Takie rozwiązanie powiązania wahaczy usztywnia konstrukcję w płaszczyźnie wahaczy a czyni je wiotkie w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny wahaczy, przez co konstrukcja spełnia warunek bezpiecznego przejazdu pojazdu przez wiczkowate tory.

the piston rod eye **15** of hydraulic actuators and brackets **16** for fixing the suspension arms in the supporting system of the vehicle chassis.

In order to strengthen the structure for the lateral loads, the suspension arms **9** are connected to each other by a system of rods **17** attached to the brackets of suspension arms **18**. This solution of connection of the suspension arms stiffens the structure in the suspension arms plane and makes them flexible in a plane perpendicular to the suspension arms plane, so that the structure meets the vehicle's safe riding condition on the twisted tracks.

Fig. 2.17 presents a similar solution to the one presented above, but adapted to the drum drive of the rail axle.

The rolling roller is mounted on an elongated axle journal **20**, on which a driving drum is fastened **21**, mounted to the axle with the screw **22**, and with the roller with a screw connection **23**. The rolling roller **19** and drive drum **21** are rotatably locked relative to the axle journal **20** via the key **24** located in the suitable groove made in the roller hub and axle journal.

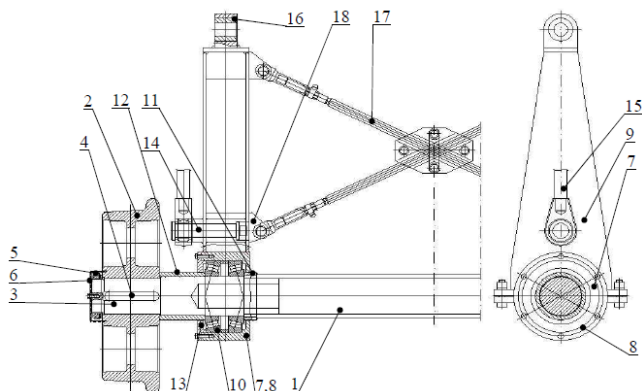
2.7. Three-axle rail-road vehicle

The previously presented concepts of rail running gear systems were used in two-axle motor vehicles. Some of the presented solutions can be used in three-axle vehicles.

An example of such a solution is presented in Fig. 2.18., where three identical built-in modules were used for each drive bridge. In the three-axle vehicle, the kinematics of the vehicle's position in track curves with the small track radii should be analyzed.

The problem is solved by using the guide rollers with a flange in the extreme sets of rail axles, while the middle (internal) rail axle is equipped with the cylindrical rollers that only carry the vertical loads.

The width of the roller should meet two conditions: the first is a collision-free riding in curves with guide rail, the second - continuous contact of the roller surface with the rail head.



Na rys. 2.17 pokazano podobne rozwiązanie do prezentowanego powyżej, lecz przystosowane do bębnowego napędu osi szynowej.

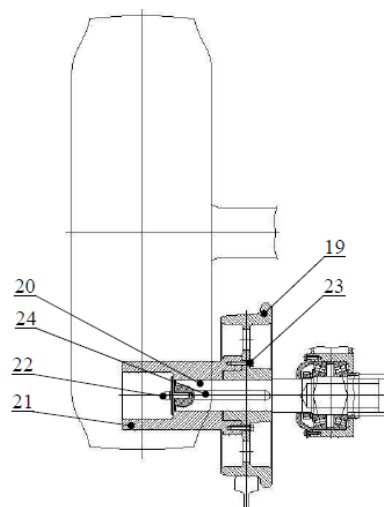


Fig. 2.17. Rail running gear system with fixed rollers - drum drive of rail axle

Rys. 2.17. Układ jezdny z nieruchomo osadzonymi rolkami - bębnowy napęd osi szynowej

Rolkę toczną zamocowano na wydłużonym czopie osi **20**, na którym osadzono bęben napędowy **21** zamocowany do osi śrubą **22**, a z rolką toczną połączeniem śrubowym **23**. Rolkę toczną **19** i bęben napędowy **21** unieruchomiono obrotowo względem czopa osi **20** za pośrednictwem wpustu **24** umieszczonym w odpowiednim rowku wykonanym w piąście rolki i czopie osi.

2.7. Trzyosiowy pojazd szynowo drogowy

Prezentowane wcześniej koncepcje szynowych układów jezdnych miały zastosowanie w pojazdach samochodowych dwuosiowych. Niektóre z przedstawionych rozwiązań można wykorzystać w pojazdach trzyosiowych.

Przykład takiego rozwiązania przedstawiono na rys. 2.18., gdzie wykorzystano trzy jednakowe moduły zabudowane do każdego mostu napędowego. W pojeździe trzyosiowym należy przeanalizować kinematykę położenia pojazdu w łukach torów o małych promieniach toru.

Problem rozwiązano stosując w skrajnych zestawach osi szynowych rolki prowadzące z obrzeżem, natomiast środkową (wewnętrzną) oś szynową wyposażono w rolki o profilu walcowym, które przenoszą jedynie obciążenia pionowe.

Szerokość rolki winna spełniać dwa warunki: pierwszy to bezkolizyjny przejazd w łukach posiadających odbojnice, drugi – ciągły kontakt powierzchni rolki z główką szyny

Fig. 2.18. Riding on the curve of a three-axle rail-road vehicle
Rys. 2.18. Przejazd przez łuk trzyosiowego pojazdu szynowo – drogowego

3. Summary

The article is aimed at presenting several technical issues related to the process of the creating the various possible for using the structural solutions of rail running gear systems.

Designing and implementing the new constructions of rail running gear systems built on the standard road vehicles is first of all connected with the needs of potential users and the developing technology.

The results of analyses of a number of innovative construction solutions of rail running gear systems that can be used in the motor vehicles, trucks and cars depending on the existing space for building a specific system for riding in the railway traction are presented. The carried out analysis showed that there are the various possible design solutions of rail running gear systems. In the case of mass-produced truck chassis with a load capacity of up to 15 tons, the drum drive system with the lever system built on the drive bridges can be considered as the most advantageous solution due to the favourable operational features (vehicle suspension operating in the rail traffic, the possibility of raising the tires to replace them without using the additional devices, e.g. a jack, the ability to precisely adjust the pressure force of the tires to the drums, the possibility of adjustment in the event of tire wear, no contact of the tire with the rail head does not contaminate with rubber the surface of the rail head with the worn tire).

The use of chassis with a sufficiently large, standard transverse distance between tires ensures the high lateral stability of the vehicle during the road travel.

Some of the presented solutions can be used in the passenger vehicles, agricultural tractors and working machines as the base vehicles to convert them into the two-way vehicles.

Rail-road vehicles, due to their versatility and many advantages, have become a common means for performing the various works on both roads and railway tracks. All the presented solutions became the basis for the patent applications [3÷8].

Bibliography/ Bibliografia

- [1] Jakuszko W.: „Innowacyjne rozwiązania szynowych układów jezdnych w pojazdach szynowo – drogowych” Konferencja pt.: „Pojazdy dwudrogowe – historia i teraźniejszość” – Szreniawa, 31.05.2019r.
- [2] Marciniak Z., Medwid M.: „Pojazdy szynowo – drogowo” – Poznań 1999r.
- [3] Opis patentowy pt.: „Szynowy zespół jezdny pojazdu drogowo-szynowego”, nr 233395 z dnia 31.10.2019 WUP 10/19
- [4] Zgłoszenie patentowe: „Szynowy układ jezdny” - nr P.429313 z dnia 19.03.2019r
- [5] Zgłoszenie patentowe: „Szynowy układ jezdny pojazdu szynowo-drogowego” - nr P.432408 z dnia 24.12.2019r

3. Podsumowanie

Artykuł ma na celu przedstawienie kilku zagadnień technicznych związanych z procesem tworzenia różnorodnych możliwych do zastosowania rozwiązań konstrukcyjnych szynowych układów jezdnych.

Projektowanie i wdrażanie nowych konstrukcji szynowych układów jezdnych zabudowanych na standardowych pojazdach drogowych związane jest przede wszystkim z potrzebami potencjalnych użytkowników oraz rozwijającej się technice.

Zaprezentowano wyniki analiz szeregu innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych szynowych układów jezdnych, które mogą mieć zastosowanie w pojazdach samochodowych, ciężarowych i osobowych w zależności od istniejącej przestrzeni do zabudowy określonego systemu do jazdy w trakcji kolejowej. Przeprowadzona analiza wykazała, że istnieją różne możliwe rozwiązania konstrukcyjne szynowych układów jezdnych. W przypadku seryjnie produkowanych podwozi samochodów ciężarowych o ładowności do 15 ton za najkorzystniejsze rozwiązanie można uznać system napędu bębnowego z układem dźwigniowym zabudowanym na mostach napędowych ze względu na korzystne cechy eksploatacyjne (działające w ruchu kolejowym usprężynowanie pojazdu, możliwość uniesienia opon w celu ich wymiany bez użycia dodatkowych urządzeń, np. podnośnika, możliwość precyzyjnego ustawienia siły docisku opon do bębnow, możliwość regulacji w przypadku zużycia opon, brak kontaktu opony z główką szyny nie zanieczyszcza gumą powierzchni główki szyny zużytą oponą).

Wykorzystanie podwozi z odpowiednio dużym, standardowym rozstawem poprzecznym opon zapewnia wysoką stateczność poprzeczną pojazdu podczas jazdy drogowej.

Niektóre z prezentowanych rozwiązań mogą mieć zastosowanie w pojazdach osobowych, ciągnikach rolniczych i maszynach roboczych jako pojazdy bazowe do przekształcenia ich w pojazdy dwudrogowe.

Pojazdy szynowo – drogowe dzięki swojej wszechstronności i wielu zaletom stały się powszechnym środkiem do wykonywania różnych prac zarówno na drogach kołowych jak i torach kolejowych. Wszystkie przedstawione rozwiązania stały się podstawą zgłoszeń patentowych [3÷8].

- [6] Zgłoszenie patentowe: „Szynowy układ jezdny pojazdu szynowo-drogowego” - nr P.432409 z dnia 24.12.2019r
- [7] Zgłoszenie patentowe: „Szynowy układ jezdny pojazdu szynowo-drogowego” - nr P.432410 z dnia 24.12.2019r
- [8] Zgłoszenie patentowe: „Szynowy układ jezdny” - nr P.429303 z dnia 18.03.2019r.
- [9] Zgłoszenie patentowe: „Napęd bębnowy pojazdu drogowo szynowego” - nr P.424993 z dnia 22.03.2018r