

dr hab. inż. Marian Medwid, prof. IPS
dr Włodzimierz Stawecki, prof. IPS
mgr inż. Jarosław Czerwiński
mgr inż. Wojciech Jakuszko
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”
mgr inż. Emil Kazmierczak
CLAAS Polska

Structure modeling of the CLAAS ARION 620 road-rail shunting tractor

Modelowanie struktury manewrowego ciągnika szynowo-drogowego CLAAS ARION 620

The article presents the third-generation road-rail shunting tractor based on the CLAAS ARION 620 agricultural tractor. The mechanical, hydraulic and pneumatic structure of the tractor, traction parameters on the track, built-in traction system and the draw and buffer gears give it the characteristics of a universal vehicle designed for driving on roads as well as rail tracks with a normal gauge of 1435 mm or the 1520 mm wide track or a normal and wide track.

W artykule zaprezentowano ciągnik szynowo-drogowy trzeciej generacji wykonany na bazie ciągnika rolniczego CLAAS ARION 620. Przedstawiono strukturę mechaniczną, hydrauliczną i pneumatyczną ciągnika, parametry trakcyjne na torze, zabudowany szynowy układ jezdy oraz urządzenia pociągowo-zderzne nadające mu cechy pojazdu uniwersalnego przeznaczonego do jazdy po drogach kołowych i torach kolejowych o normalnym rozstawie 1435 mm i na torach szerokich 1520 mm oraz na torach normalnych i szerokich.

1. Introduction

The publication [1] presents the technical possibilities of a road-rail tractor by equipping it with additional equipment to widen the scope of its basic shunting function with wagons on railway sidings. The economic evaluation carried out by the existing users of the vehicle has shown that the operating costs of the tractor are about 60% less than for a shunting locomotive. It is a very strong argument for the use of road-rail tractors instead of shunting locomotives on railway sidings and maneuvering tracks.

According to the user opinion, the investment cost of buying a tractor is returned after a few months of operation, especially at terminals where the shunting locomotives are being rented.

The CLAAS ARION 620 road-rail tractor's operating parameters can compete with European road-rail vehicles with a purchase price of almost three times the price of a road-rail shunting tractor offered by the Rail Vehicles Institute TABOR.

Tractors produced in RVI TABOR can be used on normal gauge or wide tracks and on normal and wide tracks by using an adjustable rail drive system. The time required for the adjustment of the guide rolls from normal to wide and vice versa is approximately 1 minute for all the four guide rolls.

1. Wstęp

W publikacji [1] zaprezentowano techniczne możliwości ciągnika szynowo-drogowego przez wyposażenie go w dodatkowe urządzenia robocze wzbogacające jego funkcję podstawową, jaką jest praca manewrowa z wagonami na bocznicach kolejowych. Rachunek ekonomiczny przeprowadzony przez dotychczasowych użytkowników ciągnika wykazał, że koszty eksploatacji ciągnika w odniesieniu do lokomotywy manewrowej spadają około 60 %. Jest to bardzo mocny argument, aby na bocznicach kolejowych oraz torach zakładowych wykorzystywać ciągniki szynowo-drogowe w miejsce lokomotyw.

Według opinii użytkowników koszt zakupu ciągnika amortyzuje się po kilku miesiącach eksploatacji, szczególnie na terminalach, gdzie korzysta się z wynajmowanych lokomotyw manewrowych.

Ciągnik szynowo-drogowy CLAAS ARION 620 parametrami eksploatacyjnymi konkuruje z europejskimi pojazdami szynowo-drogowymi, których cena zakupu jest prawie trzykrotnie większa w odniesieniu do ciągnika szynowo-drogowego wykonanego w Instytucie Pojazdów Szynowych TABOR.

Produkowane w IPS TABOR ciągniki mogą mieć zastosowanie na torach normalnych lub szerokich oraz na torach normalnych i szerokich poprzez zasto-

The tractor can carry out shunting operations with freight cars, passenger cars, locomotives and traction units. Introduction of the tractor on the track by an efficient operator happens within 1 ÷ 2 minutes and in special cases it is also possible outside the flat terminal area where the ground level is not located at the same level as the head of the track.

The document authorizing the driving of such vehicles on a railway siding is issued by the employer, the right to drive a vehicle is referred to in Annex 7 to the Regulation of the Minister of Infrastructure and Development of 30.12.2014 in the Journal of Laws 2015 item 46 [9].

The Institute produces road-rail tractors in the following configurations:

- for normal gauge track
- for wide gauge track
- for both wide and normal gauge track
- without brakes for stopping the whole wagon set
- with brakes for stopping the whole wagon set
- with a moldboard plough
- with a sand spreader
- with a weed control sprayer
- with a coupling for towing trailers.

2. Basic equipment adapting the farm tractor for shunting operation on the tracks

Figure 1 illustrates the tractor, with the numbered positions of the shunting tractor's main systems.

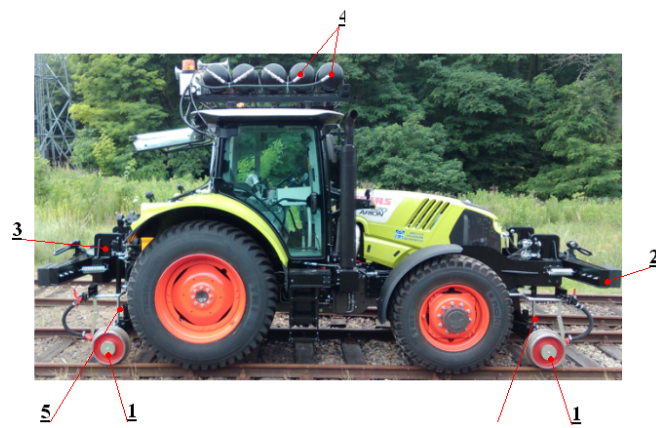


Fig.1. Road-rail tractor for normal gauge track
Rys.1. Ciągnik na tor normalny

The tractor's main equipment should include:

- 1 - rail drive system
- 2 - draw and buffer mechanism - front
- 3 - draw and buffer mechanism - back
- 4 - air tanks for the pneumatic brake system
- 5 - hydraulic system

2.1 Rail drive system

The wheelset illustrated in Fig. 2, is composed of the following main assemblies and elements:

sowanie przestawczego szynowego układu jezdny. Czas przestawienia rozstawu rolek prowadzących z toru normalnego na szeroki i odwrotnie wynosi około 1 minuty dla czterech rolek prowadzących.

Ciągnik może prowadzić prace manewrowe z wagonami towarowymi, osobowymi, lokomotywami oraz jednostkami trakcyjnymi. Wprowadzenie ciągnika na tor przez sprawnego operatora mieści się w czasie 1 ÷ 2 minut i w szczególnych przypadkach jest możliwy również poza płaskim terminalem gdzie poziom terenu nie jest usytuowany na wysokości poziomu główek szyn toru.

Dokumentem uprawniającym do kierowania takimi pojazdami w obrębie bocznicy kolejowej jest wydane przez pracodawcę, prawo kierowania pojazdem, o którym mowa w załączniku nr 7 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 30.12.2014 r. Dz. U. z 2015 poz. 46 [9].

Institut wytwarza ciągniki szynowo-drogowe w następujących opcjach:

- na tor normalny
- na tor szeroki
- na tor normalny i szeroki
- bez hamulca do hamowania składu wagonów
- z hamulcem do hamowania składu wagonów
- z pługiem lemieszowym
- z posypywarką piasku
- z opryskiwaczem do zwalczania chwastów
- z zaczepem do holowania przyczep drogowych.

2. Podstawowe urządzenia adaptujące ciągnik rolniczy na ciągnik do prac manewrowych na torach

Na rysunku 1 przedstawiono ciągnik, na którym zaznaczono numerowanymi pozycjami główne zespoły ciągnika manewrowego.

Do podstawowego wyposażenia ciągnika należy zaliczyć:

- 1 - szynowy układ jezdny
- 2 - mechanizm pociągowo-zderzny - przedni
- 3 - mechanizm pociągowo-zderzny - tylny
- 4 - zbiorniki powietrza do układu hamulca pneumatycznego
- 5 - układ hydrauliki siłowej

2.1. Szynowy układ jezdny

Zestaw kołowy zilustrowany na rys. 2, skompletowano z następujących głównych zespołów i detali:

- osi zestawu 1
- rolki prowadzącej 2
- mechanizmu przestawiania rozstawu rolek 3
- wspornika prowadzenia osi 4
- wahaczy 5 mocowania osi zestawu
- mechanizmu blokowania 6 pozycji rolki prowadzącej
- przegubów połączenia wahaczy z osią 7

- Wheelset axis **1**
- Guide roller **2**
- Mechanism for roller spacing adjustment **3**
- Axle guide **4**
- Swing axle **5** assembly mount
- Guide roller position locking mechanism **6**
- Joints of the rocker link with the axis **7**
- Sliding mechanism for fixing the guide roller on the stub shaft **8**
- Mounting brackets for hydraulic cylinders **9**.

The job of the rail drive system is to safely drive the vehicle on the track, for straight track as well as in curves and switches. The safety of the tractor in these circumstances was confirmed using simulated tests of tractor passage through a curved track with a 150 m arc as well as with real tests using a real road-rail tractor.

In both cases positive results were obtained. There was no elevation of the steering wheels ($\Delta Z = 0$) while the vehicle was running through the standard forward and backward arc. The test criterion $\Delta Z \leq 5$ mm, valid for this test method and applicable to all railway vehicles, was satisfied.

Keeping the tractor safe from derailment is conditioned by fixed, appropriately selected travel conditions, and the pressure of the rollers on the track rails.

The force exerted by the rollers was determined through calculation and it ranges from 5 kN to 8 kN for the actuator pressure of 20 ÷ 40 bar respectively. The pressure in the actuators is controlled by the tractor operator using a joystick.

For trains with a heavy load of the towed railcars or on a wet track it is recommended to apply 25 bar pressure in the actuators, and to maintain the actuators pressure of up to 40 bar while driving the train, especially when crossing bends and on turns.

Manually controlling the force exerted by the track rollers has the advantage that it increases the ability to use the traction characteristics of a tractor depending on the load on the hook and the driving conditions on the track.

Traffic safety is also guaranteed when passing along a track with vertical track warp. To this end, pressure pulsers are connected to the upper and lower oil chambers of the actuators system (over the piston and under the piston) to push the rollers down to the track.

For the safe passage of the tractor through a warped track, the control arms of the rail drive system are hinged to the front and rear draw and buffer axle supports and the wheel axles. The detailed construction of the drive system chassis and the draw and buffer systems is shown in [1].

2.2. Main draw and buffer device systems

2.2.1. Front draw and buffer system

- mechanizmu przesuwnej mocowania rolki prowadzącej na czopie osi **8**
- wsporników mocowania cylindrów hydraulicznych **9**.

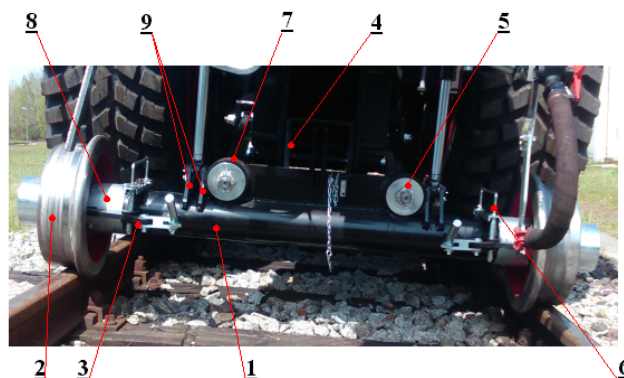


Fig. 2. Wheelset with variable track rollers while passing through a curve of radius $R = 150\text{m}$ with a rail track warp of $\pm 45\text{ mm}$

Rys. 2. Zestaw kołowy ze zmiennym rozstawem rolek prowadzących podczas przejazdu przez łuk $R=150\text{m}$ z wichrowatością toru $\pm 45\text{ mm}$

Zadaniem szynowego układu jezdny jest bezpieczne prowadzenie pojazdu w torze, na torze prostym oraz na łukach i rozjazdach. Bezpieczeństwo jazdy ciągnika potwierdzono badaniami symulacyjnymi przejazdu ciągnika przez tor wichrowaty z łukiem 150 m oraz badaniami praktycznymi na rzeczywistym ciągniku szynowo-drogowym.

W obydwu przypadkach uzyskano pozytywne wyniki badań. Nie zanotowano uniesienia kół prowadzących pojazd ($\Delta Z=0$) przy jeździe pojazdu przez łuk standardowy do przodu i do tyłu. Spełnione zostało zatem kryterium badawcze $\Delta Z \leq 5$ mm, obowiązujące w tej metodzie badawczej stosowanej dla wszystkich pojazdów kolejowych.

Dotrzymanie bezpieczeństwa ciągnika przed wykolejeniem jest uwarunkowane stałym, odpowiednio dobranym do warunków ruchu, dociskiem rolek jezdnych do szyn toru.

Siłę docisku rolek ustalono metodą obliczeniową i wynosi ona od 5 kN do 8 kN odpowiednio dla ciśnienia w siłownikach 20 ÷ 40 barów. Wielkość ciśnienia w siłownikach jest regulowana joystickiem przez operatora ciągnika.

Zaleca się, aby przy rozruchu pociągu przy dużej masie doczepionych wagonów lub na mokrym torze stosować ciśnienie w siłownikach 25 barów, natomiast podczas jazdy pociągu utrzymywać ciśnienie w siłownikach o wartości do 40 bar, zwłaszcza przy przejeździe po łukach i rozjazdach.

Ręczne sterowanie wielkości docisku rolek do toru ma tą zaletę, że zwiększa możliwość wykorzystania właściwości trakcyjnych ciągnika w zależności od obciążenia na haku oraz warunków jazdy po torze.

The support assembly's front draw and buffer system (*Figure 3*) was made in the form of a welded box structure **1**, crossbeam **2** and a mounting plate **3**.

The main support structure is equipped with appropriate brackets to attach matching equipment:

- mounting brackets **4** of the rotatable buffer beam **5** or an SA3 coupling
- brackets **6** for attaching the hydraulic cylinders **7** of the rail drive system
- suspension mount **9** brackets **8** of the wheelset **10**
- bracket **11** of axle rail track support
- side support beams **12**

The crane structure of the draw and buffer system is screwed to the tractor support structures by the means of screw connections on the mounting plate **3**, the longitudinal support beams **12** attached to the lateral surfaces of the crossbeam **2** and the side beams of the frame structure of the tractor **13**.

2.2.2 Rear draw and buffer system

Figure 4 shows the rear draw and buffer system, which is composed of the frame structure **1** and a crossbeam **2**. The frame **1** is provided with a mounting plate **3** on the back with corresponding holes prepared for the screw connection of the rear draw and buffer system frame to the vertical wall of the tractor rear axle.

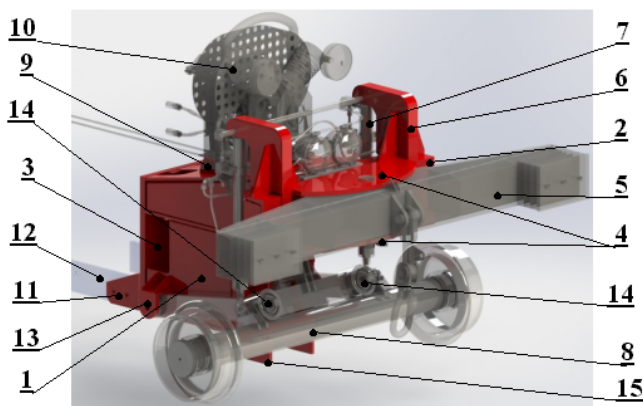


Fig. 4. Rear draw and buffer system

Rys. 4. Zespół nośny tylnego układu pociągowo-zderzowego

Based on the basic frame structure proper brackets to accommodate the assemblies provided for mounting the complete rear draw and buffer assembly.

In the front part of the support structure to the crossbeam **2** the support plates **4** are fastened to the rotatable buffer bar **5** or alternatively the SA3 central coupler.

The brackets **6** for mounting the hydraulic cylinders **7** of the rail drive system **8** are fixed to the upper part of the beam. The brackets **9** for fixing the brake system compressor **10** are provided on the top plate of the box frame. The brackets **11** for connecting the frame structure of the tractor **12** to the chassis structure are

Bezpieczeństwo ruchu zagwarantowano również podczas przejazdu po torze z pionowymi nierównościami szyn. W tym celu w instalację układu siłowników dociskających rolki do toru zabudowano pulsatory ciśnienia odpowiednio połączone z dolnymi i górnymi komorami olejowymi siłowników (nad tłokiem i pod tłokiem).

W celu bezpiecznego przejazdu ciągnika przez tor wichrowaty wahacze szynowego układu jezdnego połączone przegubowo z wspornikami skrzyni przedniego i tylnego układu pociągowo-zderzowego oraz z osiami zestawów kołowych. Szczegółową budową szynowego układu jezdnego i skrzyń układów pociągowo-zderznych zaprezentowano w [1].

2.2 Główne zespoły urządzeń pociągowo-zderznych

2.2.1 Zespół przedniego układu pociągowo-zderzowego

Zespół nośny przedniego układu pociągowo-zderzowego (*rys. 3*) wykonano w postaci spawanej konstrukcji skrzyniowej **1**, belki poprzecznej **2** i płyty montażowej **3**.

Podstawową konstrukcją nośną wyposażono w odpowiednie wsporniki do mocowania odpowiednich urządzeń:

- wsporniki **4** mocowania obrotowej belki zderzakowej **5** lub sprzęgu SA3
- wsporników **6** do zamocowania siłowników hydraulicznych **7** szynowego układu jezdnego
- wsporników **8** mocowania wahaczy **9** osi zestawu kołowego **10**
- wspornika **11** prowadnic osi szynowego układu jezdnego
- bocznych belek nośnych **12**

Konstrukcja skrzyniowa układu pociągowo-zderzowego jest przykręcona do ustrojów nośnych ciągnika za pomocą połączeń śrubowych płyty montażowej **3**, podłużnych belek nośnych **12** zamocowanych do powierzchni bocznych belki poprzecznej **2** oraz bocznych belek konstrukcji ramowej ciągnika **13**.

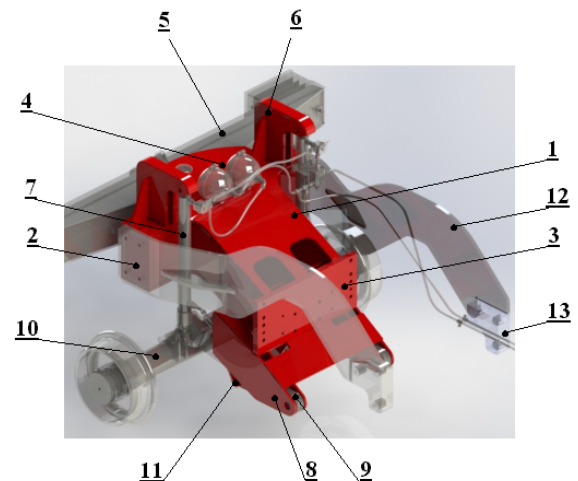


Fig. 3. Front draw and buffer system

Rys. 3. Zespół nośny przedniego układu pociągowo-zderzowego

provided at the bottom of the fixing plate **3**, and brackets **13** are fixed to the side walls of the structure for fixing the rocker rail suspension **14** of the rail drive system and fork-wheel support brackets **15** for guiding the drive system axle.

2.3. Draw and buffer system for the tractor

Depending on the variant of the tractor construction variant (for normal, wide, normal and wide gauge track), the tractor is equipped with the following draw and buffer devices:

- front and rear of the tractor equipped with a rotating buffer bar with towing coupler and instanter
- front and rear of the tractor equipped with automatic coupler SA3
- front of the tractor equipped with a rotating buffer beam with a coupler, rear of the tractor equipped with an SA3 coupler.

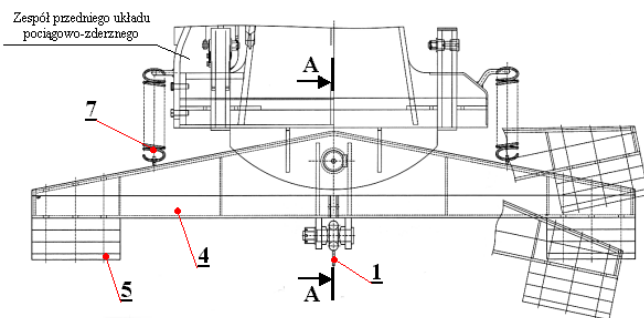
On customer request, the manufacturer can install a drawbar hook that works with a suitable adapter with automatic coupling commonly used in EZT units.

2.3.1 Belka zderzakowa ze sprzęgiem pociągowym

The beam construction is shown in Figure 5. The coupling system consists of the following components: a two-part coupler **1** with the instanter **2**. The coupler is manually connected by a shunt operator on the coupling hook of the wagon **3**. The coupler is mounted on the buffer beam **4** which is mounted in the draw and buffer system by means of a pin **6**.

The turning buffer beam ensures a smooth ride of the whole set (tractor + wagon) through the track bends. In a relaxed state, the position of the beams perpendicular to the longitudinal axis of the tractor is maintained by the springs **7** mounted on the sides of the beam. At the ends of the beam, rubber shock absorbers **5** are fitted.

When driving on regular roads or when using a snow plow, the coupler **1** is rotated to its upright position and tied with a pin to the two chain loops (the coupling instanter to the buffer beam).



2.2.2 Zespół tylnego układu pociągowo-zderznego

Na rys.4 pokazano tylny moduł układu pociągowo-zderznego, który jest złożony z konstrukcji skrzyniowej **1** oraz belki poprzecznej **2**. Konstrukcję skrzyniową **1** w tylnej części wyposażono w płytę mocującą **3** z odpowiednimi otworami przygotowanymi do połączenia śrubowego skrzyni tylnego układu pociągowo-zderznego z pionową ścianą tylnego mostu ciągnika bazowego.

Na podstawowej konstrukcji nośnej umieszczono odpowiednie wsporniki do zamocowania zespołów przewidzianych do montażu kompletnego zespołu tylnego układu pociągowo-zderznego.

W przedniej części konstrukcji nośnej do belki poprzecznej **2** przyspawano płyty wspornikowe **4** do mocowania obrotowej belki zderzakowej **5** lub zamiennie sprzęgu centralnego SA3.

Do górnej części belki zamocowano wsporniki **6** przeznaczone do montażu siłowników hydraulicznych **7** szynowego układu jezdno **8**. Na górnej płycie konstrukcji skrzyniowej umieszczono wsporniki **9** do mocowania sprzężarki **10** układu hamulcowego. W dolnej części płyty mocującej **3** przewidziano wsporniki **11** do połączenia konstrukcji ramowej ciągnika **12** z konstrukcją skrzyniową, a do ścian bocznych konstrukcji zamocowano wsporniki **13** przeznaczone do mocowania wahaczy **14** szynowego układu jezdno oraz wsporniki widłowe **15** prowadzenia osi zestawu kołowego.

2.3. Urządzenia pociągowo-zderzne ciągnika

W zależności od wariantu wykonania ciągnika (na tor normalny, szeroki, normalny i szeroki) ciągnik zostaje wyposażony w następujące urządzenia pociągowo-zderzne, odpowiednio:

- przód i tył ciągnika wyposażony w obrotową belkę zderzakową z uchem pociągowym
- przód i tył ciągnika wyposażony w sprzęg automatyczny SA3
- przód ciągnika wyposażony w obrotową belkę zderzakową z uchem, tył ciągnika w sprzęg SA3.

Na zamówienie klienta jest możliwa zabudowa haka ciągowego, który współpracuje za pomocą odpowiedniego adaptera ze sprzęgiem automatycznym montowanym w jednostkach EZT.

2.3.1. Belka zderzakowa ze sprzęgiem pociągowym

Zabudowę belki pokazano na rys. 5. W skład układu sprzęgającego wchodzi następujące elementy: dwuczęściowy sprzęg **1** z uchem **2**. Sprzęg jest ręcznie zakładany przez manewrowego na hak pociągowy wagonu **3**.

Sprzęg zabudowano na belce zderzakowej **4** osadzonej w zespole układu pociągowo-zderznego za pomocą sworznia **6**.

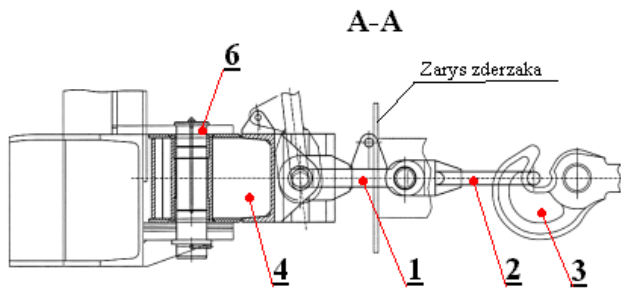


Fig. 5. Buffer beam devices

Rys. 5. Zabudowa belki zderzakowej

2.3.2 Automatic coupler SA3

SA3 coupling is shown in Figure 6. The coupling system consists of the following components: short SA3 coupling **1**, coupling pin **2**, tapered washers **3**, shims **4**, coupling support beam **5**, coupling support spring **6**, coupling support beam nut **7**, supporting screw **8**, coupling lever **9**, coupling lever bracket **10**, handle **11**, supporting screw clevis pin **12**.

ARION road-rail tractors are fitted with original SA3 couplings which, due to the construction of the tractor and the full functionality of the coupling, are shortened in the coupling mounting part.

The coupling connection with the rear draw and buffer system is done using a coupling pin **2**, which is driven through the bean hole of the coupler enabling it to move horizontally and vertically within the limits needed to ensure proper interaction with the coupling of the attached wagon.

The coupler is set on tapered washers **3**, which allow the coupling to bend vertically to compensate for differences in the height of the couplings between the tractor and the wagon. In addition the shims **4** are used to adjust the required height of the coupling above the head of the rail (1060 ± 20 mm). The coupling rests on the beam **5**, whose height is determined by the springs **6** using the nuts **7** screwed onto the supporting screw **8**. Connection of the road-rail tractor to the wagon takes place automatically, but disconnecting happens using a lever **9** suspended on the bracket **10**.

Coupling the wagon is done by turning the lever counterclockwise from the coupling SA3 lever side.

As an additional option, Mounting a transport coupler **13** in a bracket **14** welded to the rear draw and buffer system, intended for towing a trailer. Then the tractor is also equipped with a pneumatic compensating tank and an additional pneumatic and electric outlet for connecting the trailer system. The coupler is equipped only if specifically ordered by the tractor recipient.

2.3.3 Towing hook mount

Fig. 7 illustrates the rear of the tractor with a towing hook which can be used for pulling wagons equipped with an automatic coupler. Using a suitable adapter mounted on the coupler it is possible to combine the tractor with the traction unit and tow it on the tracks.

Belka obrotowa zapewnia płynny przejazd zestawu (ciągnik + wagon) przez łuki torów. W stanie swobodnym, położenie belki prostopadłe do osi wzdłużnej ciągnika jest utrzymywane przez sprężyny **7** zamontowane po bokach belki. Na końcach belki zabudowano gumowe amortyzatory zderzne **5**.

Do jazdy na drodze kołowej lub przy stosowaniu pługa odśnieżnego, sprzęg **1** jest obracany do pozycji pionowej i spinany sworzniem dwoma uchami (ucho sprzęgu z uchem belki zderzakowej).

2.3.2 Sprzęg automatyczny SA3

Zabudowę sprzęgu SA3 pokazano na rys. 6. W skład układu sprzęgającego wchodzi następujące elementy: skrócony sprzęg SA3 **1**, sworznię sprzęgu **2**, podkładki stożkowe **3**, podkładki regulacyjne **4**, belka podparcia sprzęgu **5**, sprężyna podparcia sprzęgu **6**, nakrętka belki podparcia sprzęgu **7**, śruba nośna **8**, dźwignia sprzęgu **9**, wspornik dźwigni sprzęgu **10**, rękojeść **11**, sworznię śruby nośnej **12**.

Na ciągnikach szynowo-drogowych typu ARION są montowane oryginalne sprzęgi SA3, które ze względu na budowę ciągnika jak i zapewnienie pełnej funkcjonalności sprzęgu są skracane w części mocowania sprzęgu.

Połączenie sprzęgu z tylnym układem pociągowo-zderznym ciągnika jest realizowane za pośrednictwem sworzni **2**, który przełożony jest przez fasolowy otwór sprzęgu umożliwiając mu przesuw poziomy i pionowy w granicach potrzebnych do zapewnienia prawidłowej współpracy ze sprzęgiem przyłączonego wagonu.

Sprzęg jest oparty na podkładkach stożkowych **3**, które umożliwiają wychylenie sprzęgu w pionie w celu kompensacji różnic w wysokości położenia sprzęgów między ciągnikiem a wagonem. Dodatkowo do ustalenia wymaganej wysokości sprzęgu nad główką szyny (1060 ± 20 mm) służą podkładki regulacyjne **4**. Sprzęg jest podparty na belce **5**, której wysokość jest ustalana za pośrednictwem sprężyn **6** przez nakrętki **7** nakręcane na śruby nośne **8**. Łączenie ciągnika szynowo-drogowego z wagonem odbywa się automatycznie, natomiast rozłączanie jest realizowane za pomocą dźwigni **9** zawieszanej na wsporniku **10**.

Rozprzęganie wagonów odbywa się przez obrót dźwigni w kierunku odwrotnym do ruchu wskazówek zegara patrząc na sprzęg SA3 od strony dźwigni sprzęgu.

Jako dodatkową opcję przewiduje się montowanie zaczepu transportowego **13** w przyspawanym do tylnego układu ciągnikowo-zderznego, wspornika **14**, przeznaczonego do holowania przyczep drogowych. Wówczas ciągnik jest wyposażony również w pneumatyczny zbiornik wyrównawczy i dodatkowe wyjście pneumatyczne i elektryczne do połączenia instalacji przyczepy. Zaczep jest montowany na specjalne zamówienie odbiorcy ciągnika.

3 road-rail tractors in this equipment variant were made, purchased and used by the companies Stadler Siedlce and SKM Warszawa.

The brackets **2** and pin **3** were used to install the SA3 automatic coupling hook **1**. The height of the hook position is adjusted by the washers **4**, and the horizontal position of the hook is adjusted using supports **5** and the support beam **6**.

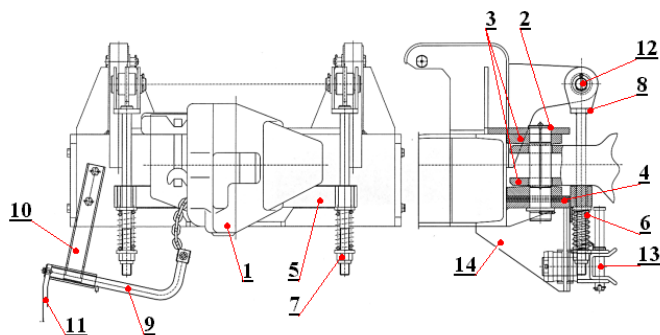


Fig. 6. SA3 automatic coupling system

Rys. 6. Zabudowa sprzęgu automatycznego SA3

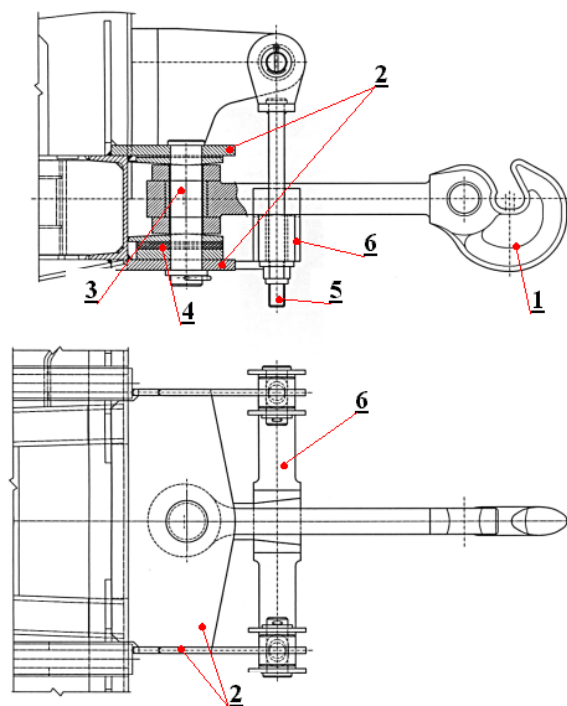


Fig. 7. Towing hook mount

Rys. 7. Zabudowa haka pociągowego

2.4 Pneumatic braking system for wagons

The pneumatic system is designed to supply and control the brakes of the towed wagons. The system mounted on the tractor consists of the following components:

- control unit 20zh-21 - **1**
- two-cylinder piston compressor - **2**
- air cooler - **3**
- cyclone filter with steam trap - **4**
- air tanks 85 l - **5**

2.3.3 Zabudowa haka pociągowego

Na rys. 7 zilustrowano wyposażenie tyłu ciągnika w hak pociągowy, który ma zastosowanie do przeciągania jednostek trakcyjnych wyposażonych w sprzęg samoczynny. Wykorzystując odpowiedni adapter zamontowany na sprzęgu jest możliwe połączenie ciągnika z zespołem trakcyjnym i przetaczanie go po torach.

Wykonano 3 ciągniki szynowo-drogowe w tej opcji, eksploatowane w firmie Stadler Siedlce oraz SKM Warszawa.

Do zabudowy haka ciągowego **1** wykorzystano wsporniki **2** oraz sworzeń **3** przeznaczony do montażu sprzęgu samoczynnego SA3. Wysokość położenia haka jest regulowana podkładkami **4**, a poziome położenie haka uzyskano za pomocą wieszaków **5** i belki podpierającej **6**.

2.4. Układ pneumatyczny hamowania wagonów

Układ pneumatyczny jest przeznaczony do zasilania i sterowania hamulcami holowanych wagonów. Zabudowana na ciągniku instalacja składa się z następujących podzespołów:

- zespół sterowania 20ZH-21 - **1**
 - sprężarka tłokowa dwucylindrowa - **2**
 - chłodnica powietrza - **3**
 - filtr cyklonowy z odwadniaczem - **4**
 - zbiorniki powietrza 85 l - **5**
 - zawory odwadniające - **6**
 - panel sterowania 20HZ-22 w kabinie ciągnika - **7**
 - dwa kurki końcowe - **8**
 - dwa sprzęgi hamulcowe - **9**
 - zawór bezpieczeństwa sprężarki - **10**
- Schemat układu przedstawiono na rys. 8.

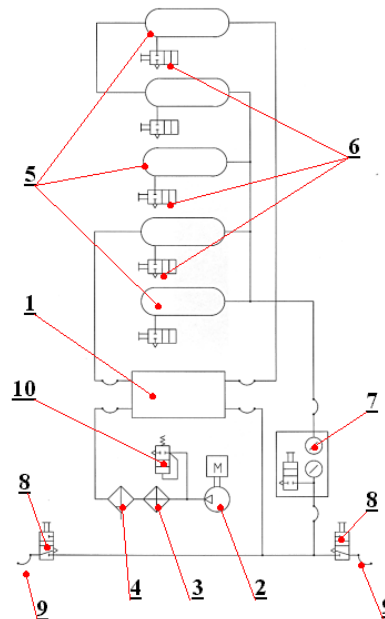


Fig. 8. Simplified pneumatic braking system schematic

Rys. 8. Uproszczony schemat pneumatyczny układu hamulcowego

- drainage valves - 6
- control unit 20HZ-22 in the tractor cabin - 7
- two end valves - 8
- two brake couplings - 9
- compressor safety valve – 10

The system schematic is shown in *fig.8*.

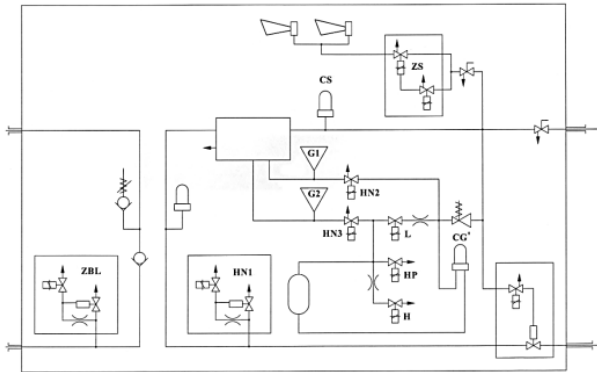


Fig. 9. Control unit circuit schematic

Rys. 9. Schemat pneumatyczny zespołu sterowania

In the control unit (item 1 in *fig. 8*) in the form of a pneumatic control panel, the pneumatic and electro pneumatic devices are used to control the combined brakes of the wagons by filling the mains with compressed air and maintaining the pressure in the conduit. In addition, the unit consists of two pneumatic subwoofer sirens and siren air inlet system as well as an orange warning lamp. The whole assembly is built on the roof of the cab. The block diagram of the control unit is shown in *Fig. 9*.

W zespole sterującym (poz. 1 *rys. 8*) mającym postać tablicy pneumatycznej, zabudowane są aparaty pneumatyczne i elektropneumatyczne, pośredniczące w sterowaniu hamulcem zespolonym wagonów poprzez: napełnianie przewodu głównego sprężonym powietrzem i utrzymanie w tym przewodzie odpowiedniego ciśnienia. Ponadto w skład zespołu wchodzi dwie pneumatyczne syreny niskotonowe i aparaty pośredniczące w dopływie powietrza do syren oraz pomarańczowa lampa ostrzegawcza. Cały zespół zabudowany jest na dachu kabiny pojazdu. Schemat blokowy zespołu sterowania pokazano na *rys. 9*.

Natomiast w kabinie kierowcy umieszczono panel sterowania hamulcem, z którego kierowca ciągnika uruchamia i luzuje hamulce wagonów. Na panelu znajduje się również przycisk hamowania nagłego i włącznik syreny ostrzegawczej oraz wskaźniki ciśnienia powietrza w układzie hamulca.

W tylnej części urządzenia ciągłowo-zderznego znajduje się sprężarka powietrzna układu pneumatycznego hamowania wagonami. Sprężarka jest napędzana silnikiem hydraulicznym poprzez sprzęgło elastyczne.

Silnik jest zasilany poprzez szybkozłącza z tyłu kabiny. W obwodzie silnika zabudowano zawór zwrotny, który zabezpiecza łagodne hamowanie silnikiem przy nagłym jego rozłączeniu oraz zawór przeciążeniowy zabezpieczający silnik przed jego nagłym przeciążeniem. Dodatkowo w linii zasilania silnika zabudowano dwa pulsatory ciśnienia stabilizujące jego pracę.

Parametry techniczne sprężarki podano w tabeli 1.

Table 1. Charger technical and operational data

No.	Parameter	Unit	Value	Comments
1.	Charger type HD100	-	-	Piston, splash oil lubrication
2.	Maximum operating overpressure	P_{max} [bar]	11 _{-0,2}	Maintained by the safety valve
3.	Maximum compressor shaft rotation speed	[rpm]	950	At 1500 rpm of the tractor engine
4.	Theoretical efficiency	[m ³ /h]	54	At compressor rotational speed of 1000 rpm
5.	The oil volume in the crankcase	V_o [cm ³]	1000	Engine oil class SAE 15W/40 API CC or higher

Tabela 1. Dane techniczno-eksploatacyjne sprężarki

L.p.	Parametr	Symbol jednostki	Wartość	Uwagi
1.	Typ sprężarki HD100	-	-	Tłokowa, smarowanie olejowe - rozbryzgowe
2.	Maksymalne nadciśnienie robocze	P_{max} [bar]	11 _{-0,2}	Utrzymywane przez zawór bezpieczeństwa
3.	Max. robocze obroty wału sprężarki	[obr/min]	950	Przy obrotach silnika spalinowego ciągnika 1500 obr/min
4.	Wydajność teoretyczna	[m ³ /h]	54	Przy obr. sprężarki 1000 obr/min
5.	Objętość oleju w skrzyni korbowej	V_o [cm ³]	1000	Olej silnikowy klasy SAE 15W/40 API CC lub klasy wyższej

In contrast, the driver's cab has a brake control panel from which the driver of the tractor engages and releases the brakes of the wagons. The panel also features an emergency brake button and a siren switch and brake system air pressure indicators.

2.5. Układ hydrauliki siłowej

Układ hydrauliki siłowej ciągnika bazowego jest przystosowany do zasilania wielu odbiorników mocy:

At the rear of the draw and buffer system is an air compressor of the pneumatic braking system for wagons. The compressor is driven by a hydraulic motor via a flexible coupler.

The engine is powered through quick couplings at the back of the cab. A check valve is installed in the motor circuit which ensures a smooth engine braking in the case of its sudden disconnection and an overload valve protecting the engine from sudden overload. In addition, two pressure pulsators were installed in the engine power line to stabilize the engine operation.

The technical parameters of the compressor are given in Table 1.

2.5. The power hydraulic system

The hydraulic system of the tractor is adapted to power multiple receivers:

- rail drive hydraulic system,
- moldboard plough,
- air compressor, sanding machine or sprayer for weed control.

The diagram of the hydraulic system is shown in Fig. 10.

Power to the hydraulic systems is supplied from the tractor's internal hydraulic system through specially adapted plugs. There are three color-coded plugs behind the cabin.

Motion control of the rail drive rollers is carried out using a joystick with a locking button and four-way operation (front and rear of the vehicle with lifting and lowering functions). The controller tilt time in a given direction is determined using the pressure readings on the manometers until the required pressure in the rail drive cylinders is reached.

A block with a controlled check valve was installed on the front cylinders. This valve plays the role of a co-called "hydraulic lock" that prevents the oil at the top of the cylinders from draining in the neutral position of the manifold section. Opening of the valve is possible when oil is supplied to the cylinders from the other side. This secures the grip of the rolls to the rails while driving the vehicle. Rear cylinders are fitted with two valve blocks. Valve blocks secure the position of each cylinder separately.

The front cylinders are equipped with one valve block allowing the oil to flow between the right and left cylinders to ensure a constant pressure of the rollers to the track while passing through warped track sections. Each cylinder has a built-in vent, which enables the venting of the hydraulic system, located at its upper part (above the piston). Additional units fitted in the hydraulic system are two pulsators: at the front and the rear of the tractor. Their task is to ensure the safe passage of the tractor through the often uneven tracks on the track sidings.

- a) układu zasilania hydrauliki szynowego układu jezdniego,
- b) pługa lemieszowego,
- c) napędu sprężarki powietrza lub posypywarki piasku albo opryskiwacza do zwalczania chwastów.

Schemat układu hydrauliki siłowej przedstawiono na rys. 10.

Zasilanie układów hydraulicznych odbywa się z wewnętrznej instalacji hydraulicznej ciągnika poprzez specjalnie do tego dostosowane szybkozłącza. Z tyłu za kabiną pojazdu znajdują się trzy szybkozłącza oznakowane kolorami.

Sterowanie ruchem rolek jezdnych jest realizowane za pomocą joysticka z przyciskiem blokującym i posiadającym czterokierunkowe działanie (przód i tył pojazdu z funkcją unoszenia i opuszczenia). Czas wychylenia sterownika w danym kierunku określa się przez odczyt ciśnienia na manometrach do momentu osiągnięcia wymaganego ciśnienia w cylindrach szynowego układu jezdniego.

Na cylindrach przednich zainstalowano blok z zaworem zwrotnym sterowanym. Zawór ten pełni rolę tzw. „zamka hydraulicznego” uniemożliwiającego wypływ oleju z górnej części cylindrów przy neutralnym położeniu sekcji rozdzielacza. Otwarcie zaworu jest możliwe w przypadku podania oleju do cylindrów od strony przeciwnej. Zabezpiecza to docisk rolek do szyn podczas jazdy pojazdu. Tyłne cylindry posiadają zabudowane dwa bloki zaworowe. Bloki zaworowe zabezpieczają położenie, każdego z cylindrów oddzielnie.

Przednie cylindry wyposażono w jeden blok zaworowy umożliwiający przepływ oleju między cylindrami prawym i lewym dla zapewnienia stałego docisku rolek do toru podczas przejazdu przez tor wichrowaty.

Każdy cylinder posiada w swej górnej części (nad tłokiem) zabudowany odpowietrznik umożliwiający odpowietrzenie instalacji hydraulicznej. Dodatkowe zespoły zabudowane w instalacji hydraulicznej to po dwa pulsatory: z przodu ciągnika oraz z tyłu ciągnika. Ich zadaniem jest zapewnić bezpieczny przejazd ciągnika przez często występujące na bocznicach zakładowych pionowe nierówności torów.

3. Charakterystyki trakcyjne pojazdu

Do oceny parametrów trakcyjnych pojazdu na torze wykonano analizy zależności siły pociągowej ciągnika w funkcji prędkości jazdy dla składu doczepionych wagonów o masie 830 ton oraz 1250 ton. Obliczenia przeprowadzono dla pojazdu z doczepionymi wagonami na torze poziomym oraz dla toru o pochyleniu 2 ‰ i 4 ‰ [2].

Schemat budowy układu napędowego ciągnika przedstawiono na rys. 11, a dane wyjściowe do obliczeń pokazano w tabeli 2. Charakterystyki trakcyjne pojazdu zilustrowano w formie wykresów na rys. 12.

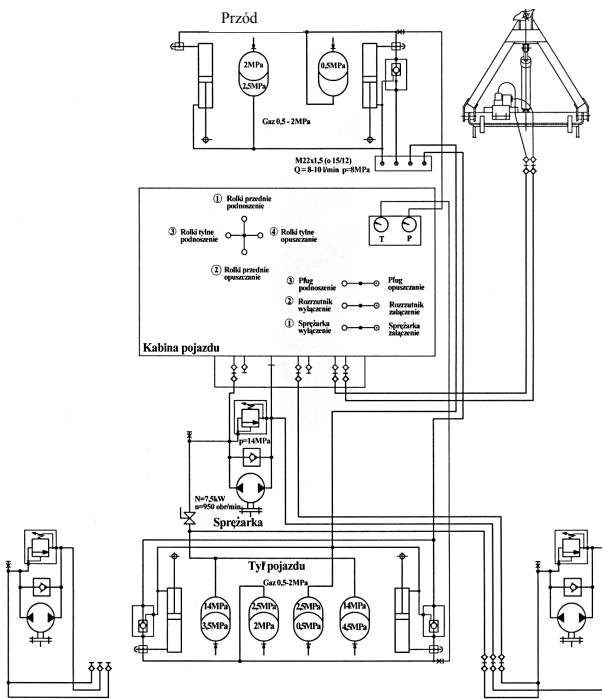


Fig. 10. Hydraulic system schematic

Rys. 10. Schemat układu hydrauliki siłowej

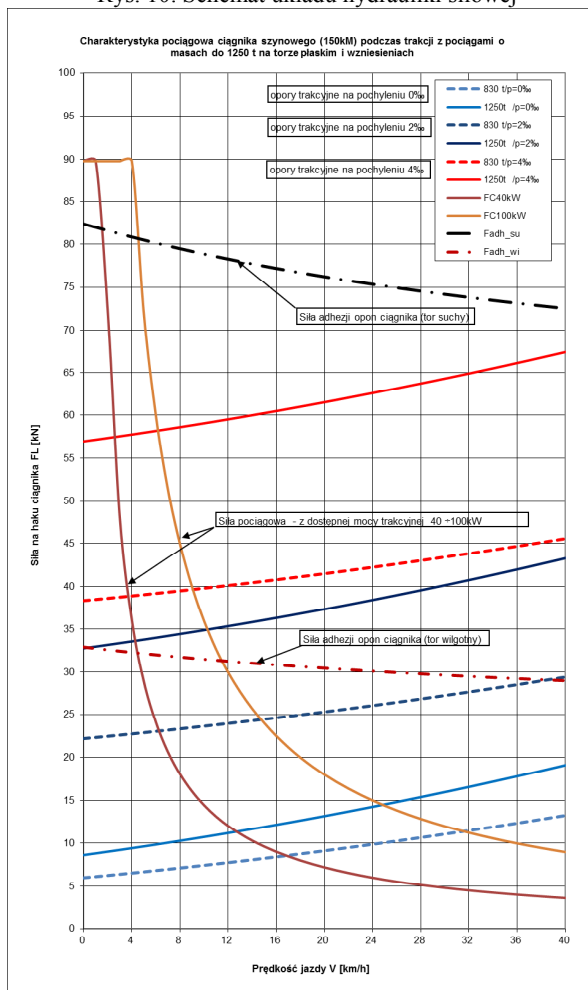


Fig. 12. Traction characteristics of a rail tractor (150kM) when pulling a wagon set with mass up to 1250 ton on a flat track and on slope

Rys. 12. Charakterystyka pociągowa ciągnika szynowego (150kM) podczas traktacji z pociągami o masach do 1250 t na torze płaskim i wzniesieniach

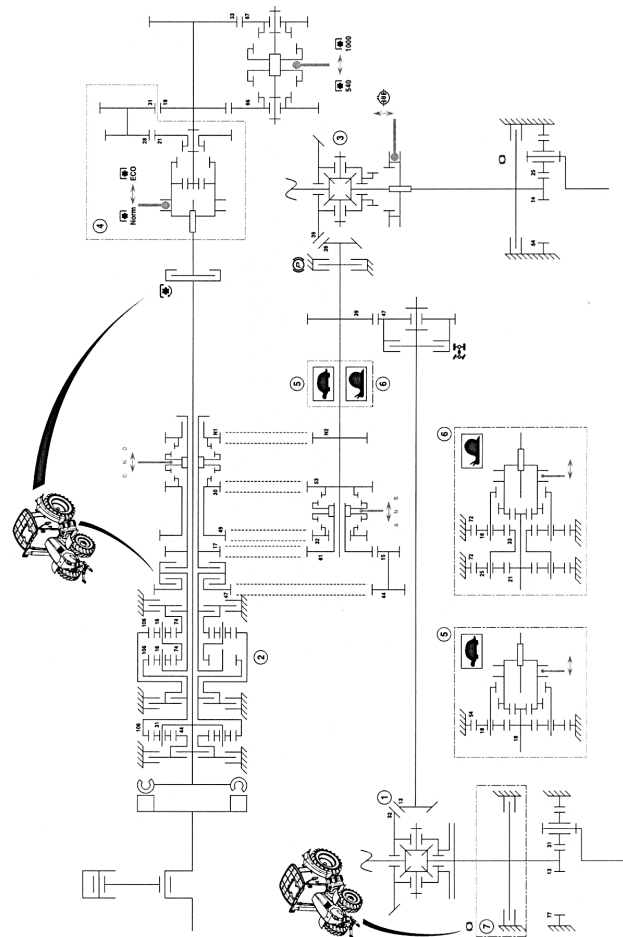


Fig. 11. Tractor drive system schematic

Rys. 11. Schemat budowy układu napędowego

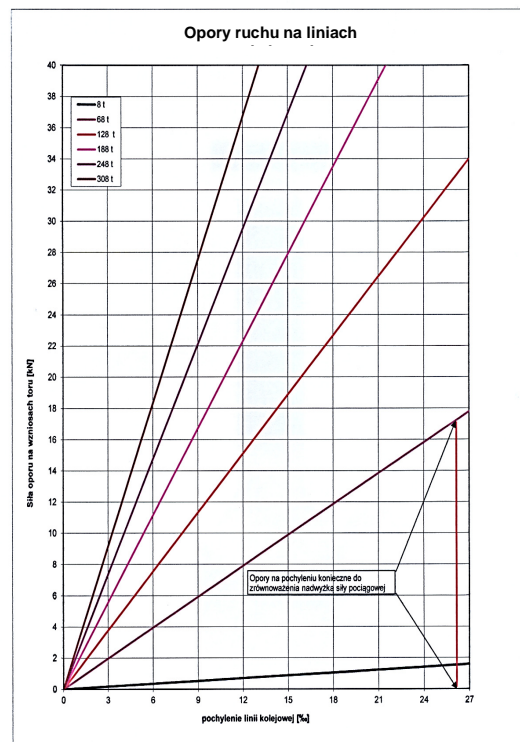


Fig. 13. Traction characteristics of a road-rail tractor for selected masses of towed wagon sets.

Rys. 13. Charakterystyki pociągowe ciągnika szynowo-drogowego dla wybranych mas doczepionych wagonów.

Table 2. Estimated power balance and output parameters of tractor drive system characteristics
Tabela 2. Szacunkowy bilans mocy i wyjściowe parametry charakterystyki napędowej ciągnika

Określenia w wielkości	Symbol	Zależności - Formuły	Jedn.	tower					
				150KM					
Bilans mocy ciągnika									
Przyspieszenie ziemskie	g	Zadane >>	m/s ²	9.81					
Krok prędkości jazdy	dv	Zadane >>	km/h	1					
Moc zasilająca	Psw	Zadane >>	kW	110					
Potrzeby własne ciągnika									
Moc wentylatora ukł.chłodzenia siln.trakc.	Pw st	Zadane >>	kW	1					
Moc sprzężarki pow.ietrza	Pspr	Zadane >>	kW	5					
Moc ładowania akum.	Pładaku	Zadane >>	kW	0.5					
Moc oświetlenia i ogrz.elekt.	Pośw	Zadane >>	kW	0.8					
Moc na potrzeby własne	Pw l	Suma	kW	7					
Sprawność przeniesienia napędu	teta	Zadane >>	-	0.97					
Dostępna maksymalna moc mech. napędu	Ptrakc	z bilansu >>	kW	103					
Naciski pionowe kół na tor									
Całkowity ciężar ciągnika na tor	Qca	Zadane >>	kN	98.1					
Nacisk przedniej napędnej osi na tor	2Qop	Zadane (42%-8%)>>	kN	33.4					
Nacisk tylnej napędnej osi na tor	2Qot	Zadane (58%-8%)>>	kN	49.1					
Nacisk rolek prowadzących na tor	4Qo	Qca-2Qop-2Qot	kN	15.7					
Ciężar napędny	QC	2Qop+2Qot	kN	82.4					
Charakterystyka siły pociągowej (obwiednia)									
Promień toczny przedniego koła jezdnego	Rkp	Zadane (opona 400/80/R 28) >>	m	0.65					
Promień toczny tylnego koła jezdnego	Rkt	Zadane (opona 480/80/R 38) >>	m	0.825					
Minimalna prędkość jazdy ciągnika po zasprzęgl.	Vmin	Zadane >>	km/h	1.6					
Maksymalna prędkość jazdy ciągnika po zasprzęgl.	Vmax	Zadane >>	km/h	42.0					
Moment silnika spal. - nominalny	Mnom	Zadane >>	kNm	0.479					
Moment maksymalny silnika spal. przy obr. nom	Mmax	Zadane >>	kNm	0.659					
Obroty silnika spalinowego - minimalne	nmin	Zadane >>	obr/min	800					
Obroty silnika spalinowego - nominalne	nnom	Zadane >>	obr/min	1200					
Obroty silnika spalinowego - maksymalne	nmax	Zadane >>	obr/min	2200					
Przełożenie przekładni trakc./ oś przednia/maksymalne	lpmx	Zadane >>	-	126					
Przełożenie przekładni trakc./ oś tylna/maksymalne	ltmx	Zadane >>	-	159					
Przełożenie przekładni trakc./ oś przednia/minimalne	lpmn	Zadane >>	-	13					
Przełożenie przekładni trakc./ oś tylna/minimalne	ltmn	Zadane >>	-	16					
Moc silnika na początku rozruchu	Pspocz	Mnom*nmin*pi/30	kW	40					
Moc maksymalna silnika	Psmx	Mnom*nmax*pi/30	kW	110					
Moc maksymalna ciągnika netto (na kołach)	Pmax	Ptrakc*teta	kW	100					
Siła trakcyjna na kołach (w rozruchu)	FCrozr	Pspocz*teta/(Vmin/3.6)	kN	89.8					
Współczynnik przyczepności kół w wykorz. w rozruchu	amir	Fcrozr/QC	-	1.09					
Charakterystyka oporów jazdy - ciągnika									
Promień łuku torowego	R	Zadane >>	m	1E+05					
Współczynnik jednostkowy oporu	fRC	10 / R	kN/kN	1E-04					
Współczynnik oporu aerodynamicznego	faeC	Zadane >>	kN/(m/s) ²	0.0025					
Charakterystyka oporów jazdy wagonów									
Nacisk zestawu kołowego na tor	Qow	masa pociągu=(QL+Qw)/g+mwir	t	416	824	1232	1639	2047	2455
Ilość wagonów w składzie	n	Zadane >>	kN	200	200	200	200	200	200
Ilość zestawów kołowych w wagonie	nw	Zadane >>	szt	5	10	15	20	25	30
Ciężar wagonów	Qw	Zadane >>	szt	4	4	4	4	4	4
Promień łuku torowego	R	n*nw*Qow	kN	4000	8000	12000	16000	20000	24000
Współczynnik jednostkowy oporu	fRwR	Zadane >>	m	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05	1E+05
Współczynnik oporu aerodynamicznego	fw ae	0.700 / (R-20)	kN/kN	7E-06	7E-06	7E-06	7E-06	7E-06	7E-06
Opory pociągu na pochyleniu: p [%]	0	1.27*(n+2.5)/1000	kN/(m/s) ²	0.0095	0.0159	0.0222	0.0286	0.0349	0.0413
	2	DFL=p*(QL+Qw)/1000	kN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4		kN	8.2	16.2	24.2	32.2	40.2	48.2
			kN	16.3	32.3	48.3	64.3	80.3	96.3
Prędkość jazdy pociągu									
Prędkość jazdy	v	Zadane >>	km/h	0	1	2	3	4	5
Prędkość jazdy	va	v / 3.6	m/s	0.0	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4
Siły przyczepności kół ciągnika do toru									
Współczynnik strat nacisków kół	kv	(0.7*v+kv)/(v+kv)		60	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Współczynnik przyczepności kół na torze suchym	fsu	Zadane >>		1.00	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Współczynnik przyczepności kół na torze wilgotnym	fwi	Zadane >>		0.40	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Przyczepność kół na torze suchym	Fadh_su	kv*fsu*QC	kN	82.4	82.0	81.6	81.2	80.9	80.5
Przyczepność kół na torze wilgotnym	Fadh_wi	kv*fwi*QC	kN	33.0	32.8	32.6	32.5	32.3	32.2
Siła pociągowa lokomotywy									
Moc mechaniczna rzeczywista na trakcję lub ham.	P40kW	FCmax*vs lub zadane >>	kW	0	40	40	40	40	40
Siła na kołach od napędu i ham.elektrodyn	FC40kW	FCmax lub Pivs	kN	89.8	89.8	72.2	48.1	36.1	28.9
Moc mechaniczna rzeczywista na trakcję lub ham.	P100kW	FLmax*vs lub zadane >>	kW	0	25	50	75	100	100
Siła na kołach od napędu i ham.elektrodyn	FC100kW	FLmax lub Pivs	kN	89.8	89.8	89.8	89.8	89.8	71.9

3. Vehicle traction characteristics

To evaluate the traction indicators on the rail tracks of the tractor an analysis of the tractor pulling a wagon set weighing 830 tonnes and 1250 tonnes was performed as a function of the travel speed. Calculations were made for a vehicle with towed wagons on an even horizontal track as well as for a 2 ‰ and 4 ‰ track slope inclination [2].

The diagram of the tractor drive system is shown in *Fig. 11* and the calculation output data is shown in Table 2. The traction characteristics of the vehicle are illustrated in the form of the diagrams in *Fig. 12*.

The traction characteristics of the vehicle were determined for the engine power of 40 kW and 100 kW, and the vehicle tire traction strength limit value for dry and wet track. The friction coefficient $\mu \approx 1$ is assumed in the traction calculation of the vehicle. According to literature data [3] for a rubber material cooperating with a steel surface, the coefficient of friction is:

$$\mu_{\text{statyczne}} = 1 \div 4 ,$$

$$\mu_{\text{dynamiczne}} = 0,5 \div 1 ,$$

From the presented characteristics it can be noted that the vehicle traction capacity allows it to drag a wagon set weighing up to 1250 tons on a dry track with inclination of up to 2 ‰ and on a wet track with a slope of up to 2 ‰ a set weighing 830 tons, which is the equivalent of 10 loaded four-axle wagons.

The vehicle traction capabilities observed have been confirmed by tests carried out at one of Orlen KolTrans terminals.

Fig. 13 shows the demand for the vehicle traction power, depending on the movement resistance and the track inclination for selected masses of towed wagons. The attached charts indicate, that wagons with masses of up to 128 t can be pulled on a track with a slope of up to 27 ‰, wagons weighing 188 t on a slope of up to 21 ‰, wagons weighing 248 t on a slope of up to ~ 15 ‰, and wagons weighing 308 t (about three fully loaded wagons) on a slope of up to ~ 12 ‰.

The above results relate to dry track only.

4. Conclusions

The institute has introduced about 70 road-rail tractors to the railway market, which have been successfully performing shunting operations at train depots and on railway sidings for many years. The Polish rail tractor is also used in Slovakia (2 units) and in Croatia (3 units).

The ordered tractors are most often requested with adjustable track gauge systems, which are delivered to the eastern border, where they are used for shunting operations at transshipment terminals using a normal and wide gauge track. In this case, two maneuvering locomotives (normal and wide gauge) are replaced with just one road-rail tractor.

Wyznaczono charakterystyki trakcyjne ciągnika dla mocy silnika 40 kW i 100 kW, graniczną wartość siły przyczepności opon ciągnika dla toru suchego i wilgotnego. W obliczeniach trakcyjnych pojazdu założono współczynnik tarcia $\mu \approx 1$. Według danych literaturowych [3] dla materiału gumy współpracującej z powierzchnią stalową współczynnik tarcia odpowiednio wynosi:

$$\mu_{\text{statyczne}} = 1 \div 4 ,$$

$$\mu_{\text{dynamiczne}} = 0,5 \div 1 ,$$

Z zaprezentowanych charakterystyk wynika, że możliwości trakcyjne ciągnika pozwalają przeciągnąć na torze suchym o pochyleniu do 2 ‰ skład doczepionych wagonów o masie 1250 ton, a na torze wilgotnym o pochyleniu do 2 ‰ skład o masie 830 ton, to jest 10 załadowanych wagonów czteroosiowych.

Zaprezentowane możliwości trakcyjne ciągnika zostały potwierdzone próbami przeprowadzonymi na jednym z terminali Orlen KolTrans.

Na wykresach *rys. 13* pokazano zapotrzebowanie na siłę trakcyjną ciągnika w zależności od oporów ruchu i pochylenia toru dla wybranych mas doczepionych wagonów. Z załączonych wykresów można odczytać, że wagony o masach do 128 t można przeciągnąć na torze o pochyleniu do 27 ‰, wagony o masie 188 t na pochyleniu do 21 ‰, wagony o masie 248 t na pochyleniu toru do ~15 ‰, natomiast wagony o masie 308 t (ok. trzy wagony załadowane) na pochyleniu ~12 ‰. Prezentowane wyniki obliczeń dotyczą suchego toru.

4. Podsumowanie

Instytut wprowadził na rynek kolejowy około 70 sztuk ciągników szynowo-drogowych, które od wielu lat wykonują z powodzeniem prace manewrowe w lokomotywniach, wagonowniach oraz na terenach bocznic kolejowych. Polskie ciągniki szynowe pracują również w Słowacji (2 sztuki) i w Chorwacji (3 sztuki).

W przeważającej części zamawiane są ciągniki w wykonaniu na tor przestawny, które dostarczane na granicę wschodnią, prowadzoną prace manewrowe na terminalach przeładunkowych wyposażonych w tor normalny i szeroki. W takim przypadku jednym ciągnikiem szynowo-drogowym zastępuje się dwie lokomotywy manewrowe (normalna i szerokotorowa).

W ostatnim dziesięcioleciu nastąpił istotny postęp techniczny w budowie ciągników rolniczych. Wybrany z pośród analizowanych, oferowanych przez producentów ciągników, ciągnik CLASS ARION 620, w największym stopniu spełnia postawione przez Instytut wymagania techniczne do adaptacji ciągnika rolniczego na ciągnik szynowo-drogowy.

Wprowadzenie do eksploatacji trzeciej generacji ciągników szynowo-drogowych jest wynikiem prac rozwojowych prowadzonych w Instytucie Pojazdów

In the last decade there has been significant technical progress in the construction of agricultural tractors. The CLASS ARION 620 tractor, offered by the tractor manufacturers, meets the Institute's technical requirements for the adaptation of a tractor into a road-rail tractor.

The launch of the third generation of road-rail tractors is the result of the development work carried out at the TABOR Institute of Rail Vehicles in cooperation with CLAAS Polska, which prepares the ARION 620 tractor for adaptation to the road-rail version.

In order to verify the assumed technical and operational parameters, in particular the structural strength and traffic safety, computer simulations were performed [7, 8]. The results of the simulated analyzes showed that the tractor's structural strength was sufficient for longitudinal forces with the following values:

- compression 300 kN
- stretching 150 kN,

and the results of traffic safety tests carried out on a standard curved track with a curve radius of 150 m showed that the criterion for raising the traction rollers on a track with curvature $\Delta Z \leq 5$ mm is fulfilled at the lowest preset pressure in the hydraulic cylinders pressing the rail drive to the rail track.

The Institute conducts research work on equipping the road-rail tractor in additional systems and on the adjustment to moving on curved track, that is to meet the requirements of keeping the rail gauge in the zone of the rail head by the tractor tires.

On figures 14÷16 tractors were shown while performing shunting operations on normal gauge tracks (fig. 14) and on wide gauge track (fig. 15 and 16).



Fig. 14. Normal gauge track

Rys. 14. Ciągnik na tor normalny

Szynowych TABOR we współpracy z CLAAS Polska, który przygotowuje ciągnik ARION 620 do adaptacji na ciągnik szynowo-drogowy.

W celu zweryfikowania założonych parametrów techniczno-eksploatacyjnych w szczególności wytrzymałości konstrukcji i bezpieczeństwa ruchu wykonano symulacyjne badania komputerowe [7, 8]. Wyniki przeprowadzonych analiz symulacyjnych wykazały dostateczną wytrzymałość konstrukcji ciągnika w zakresie działania sił wzdłużnych o wartościach:

- ściskanie 300 kN
- rozciąganie 150 kN,

a wyniki badań bezpieczeństwa ruchu przeprowadzone na standardowym torze wchrowatym o promieniu łuku 150 m wykazały, że kryterium uniesienia rolek prowadzących ciągnik w łuku toru $\Delta Z \leq 5$ mm zostaje spełnione przy najmniejszym założonym ciśnieniu w siłownikach hydraulicznych dociskających szynowy układ jezdny do szyn toru.

Instytut prowadzi prace rozwojowe nad wyposażeniem ciągnika szynowo-drogowego w urządzenia robocze oraz nad przystosowaniem do ruchu po torach szlakowych, czyli spełnienia wymagań dotrzymania skrajni kolejowej w strefie główki szyny przez opony ciągnika.

Na fotografiach 14÷16 zaprezentowano ciągniki podczas pracy manewrowej na torach normalnych (rys. 14) oraz na torze szerokim (rys. 15 i 16).



Fig. 15. Wide gauge track

Rys. 15. Ciągnik na tor szeroki



Fig. 16. The tractor made for both normal and wide gauge track seen shunting tanks on a 1520 mm track

Rys. 16. Ciągnik w wykonaniu na tor normalny i szeroki podczas pracy manewrowej z wagonami na torze szerokim 1520 mm

BIBLIOGRAPHY

LITERATURA

- [1] *M. Medwid, W. Stawecki, J. Czerwiński, W. Jakuszko; Wielozadaniowy ciągnik szynowo-drogowy nowej generacji. Pojazdy Szynowe 3/2016.*
- [2] *A. Sienicki; Charakterystyki trakcyjne pojazdu szynowo-drogowego zbudowanego na bazie ciągnika ARION 620. Opracowanie OR-10825 – Archiwum IPS TABOR.*
- [3] *Praca zbiorowa; Tablice fizyczno-astronomiczne. Warszawa 2002.*
- [4] *Z. Marciniak, M. Medwid; Pojazdy szynowo-drogowe. Wydawnictwo IPS TABOR Poznań 1999.*
- [5] *M. Medwid; Hybrydowe pojazdy kolejowo-drogowe zaprojektowane i wytwarzane w Polsce. Technika Transportu Szynowego Nr 7-8/2005.*
- [6] *W. Stawecki; Ocena możliwości ograniczenia negatywnego oddziaływania pojazdów szynowych na środowisko naturalne. Rozprawa doktorska – maszynopis. Poznań 2010.*
- [7] *K. Bryk, K. Łukaszewski, M. Medwid; Analiza symulacyjna wytrzymałości elementów układów pociągowo-zderznego ciągnika szynowo-drogowego CLAAS ARION 620. OR-10741. Archiwum IPS TABOR.*
- [8] *K. Bryk, K. Łukaszewski, M. Medwid; Symulacyjne badania bezpieczeństwa ruchu ciągnika szynowo-drogowego CLASS ARION 620. Międzynarodowa Konferencja Naukowa. TRANSPORT XXI WIEKU. Arłamów 30.08÷02.09.2016.*
- [9] *<http://utk.gov.pl/aktualności/7972>.*