

## Wybór układu biegowego i napędowego dla krajowego autobusu szynowego

Artykuł zawiera proponowany wybór układów biegowych i napędowych dla nowoczesnego krajowego autobusu szynowego. Przedstawiono w nim wytyczne projektowe dla tych układów, biorąc pod uwagę możliwości krajowego przemysłu w produkcji poszczególnych zespołów i układów oraz całych wyrobów. Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu badawczego KBN 9TCO4919 pt. „Opracowanie i wybór na podstawie badań symulacyjnych układu napędowego i biegowego autobusu szynowego dla ruchu lokalnego” i stanowi podsumowanie przeprowadzonych prac w tym temacie.

### 1. Wstęp

Lekkie osobowe wagony silnikowe znane są na kolejach od wielu lat. Ich zalety dostrzeżono przede wszystkim na liniach o niewielkich przewozach pasażerskich, gdzie liczba pasażerów w pociągu nie uzasadniała użycia lokomotywy ciągnącej kilka normalnych wagonów.

Do napędu wagonów silnikowych próbowano stosować silniki spalinowo-benzynowe wysokoprężne a także silniki elektryczne zasilane z baterii akumulatorów.

Sukcesy jakie odnosiły w eksploatacji pojedyncze wagony motorowe lub ich kilkuwagonowe zespoły, skłoniły zarówno przewoźników jak i projektantów do opracowania i wdrożenia jeszcze tańszych w eksploatacji pojazdów, dopasowanych do potrzeb klienta.

Powstało wiele ciekawych konstrukcji, w których zastosowano nowatorskie rozwiązania i najnowocześniejsze technologie, aby uzyskać pojazd jak najbliższy o wysokich parametrach eksploatacyjnych, zapewniających jednocześnie bezpieczeństwo i duży komfort podróży.

Pojazdy te dla odróżnienia od innych pojazdów trakcyjnych nazwano autobusami szynowymi (analogia do autobusów drogowych). Wśród wielu określeń na „autobusy szynowe” najbardziej pasującym jest – pojazd trakcyjny z napędem spalinowym, przekładnią mechaniczną lub hydrauliczną, przeznaczony do obsługi pasażerskich przewozów bliskiego zasięgu.

W ostatnim okresie spotyka się również „autobusy szynowe” z napędem mieszanym (hybrydy spalinowo-elektryczne) i napędem elektrycznym takim samym, jaki jest stosowany w elektrycznych zespołach trakcyjnych.

Najważniejszymi układami w nowoczesnych autobusach szynowych są układy biegowe i układy napędowe. Pierwszy z nich decyduje o bezpieczeństwie jazdy, stateczności ruchu, trwałości i żywotności kół i szyn, komforcie jazdy oraz emisji hałasu, drugi natomiast o możliwościach trakcyjnych a więc realizacji określonej prędkości i siły pociągowej jak również, co jest istotne w napędach spalinowych, o oddziaływaniu na środowisko naturalne. Dotychczas w autobusach szynowych spotykane są układy biegowe oparte na wózkach jedno- lub dwuosiowych.

Ze względu na zastosowany napęd rozróżnia się autobusy z napędem:

- spalinowym.,
  - spalinowo-elektrycznym,
  - elektrycznym
- a ze względu na zastosowaną przekładnię:
- z przekładnią mechaniczną (rzadko spotykana),
  - z przekładnią hydrauliczną (hydromechaniczną),
  - z przekładnią elektryczną.

W Polsce produkcją gotowych autobusów szynowych (w zasadzie ich montażem) zajmuje się trzech producentów:

- Poznańskie Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego w Poznaniu,
- Kolejowe Zakłady Maszyn „KOLZAM” w Raciborzu,
- „Pesa” (dawne Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego) w Bydgoszczy.

Produkowane przez nie autobusy, te wcześniejsze i te których konstrukcje obecnie powstają, posiadają układy biegowe oparte na wózkach tocznych i napędnych jedno- i dwuosiowych [5].

Natomiast napędy zastosowane w tych autobusach są napędami spalinowymi a więc zbudowanymi z silnika spalinowego, przekładni hydraulicznej (hydromechanicznej) oraz przekładni mechanicznej osiowej [4].

W dalszej części artykułu skupiono się na wytycznych projektowych dla układów biegowych i napędowych oraz możliwych koncepcjach tych układów dla krajowych autobusów szynowych.

### 2. Wymagania i wytyczne dla układu biegowego

Podstawowe wymagania dla układu biegowego autobusu to uzyskanie takich jego parametrów, które zapewnią z jednej strony wysokie bezpieczeństwo jazdy, najmniejsze z możliwych siły dynamiczne, zwłaszcza poprzeczne, działające w układzie koło-szyna, stateczność ruchu i małą intensywność drgań, szczególnie nadwozia (duży komfort podróżowania) z drugiej natomiast wysoką żywotność całego układu a szczególnie kół i układów mechanicznych hamulca oraz minimalne oddziaływanie na środowisko naturalne [2]. Szczegółowe wymagania w oparciu o przepisy i zalecenia zostały obszernie przedstawione w pracy [5].

W oparciu o prowadzone badania symulacyjne autobusów szynowych o różnych konfiguracjach układów biegowych [3] można pokusić się o sprecyzowanie następujących wytycznych projektowych:

- Autobusy z układem biegowym opartym na wózkach tocznych i napędnych dwuosioowych do prędkości 120 km/h:
  - rama wózka:

typ H ze wspornikami dla hamulców oraz drążków reakcyjnych napędu o minimalnej bazie (długości), w celu umożliwienia zabudowania obniżonej podłogi między wózkami, ,

- zestaw kołowy:

monoblokowy o średnicy  $\phi$  840 mm i profilu UIC/ORE S 1002 (obrzeże 28 mm i szerokość 135 mm) na obciążenia 140÷160 kN, toczny wyposażony w tarcze hamulcowe (na osiach lub kołach), a napędny umożliwiający zabudowę przekładni osiowej,

- prowadzenie zestawów kołowych w ramie wózka i usprężynowanie pierwszego stopnia:

sprężyny śrubowe, tłumiki hydrauliczne lub tylko sprężyny składające się z elementów gumowo-metalowych daszkowych, maźnice z łożyskami walcowymi.

Sztywność pionowa usprężynowania na jedno łożysko osiowe nie przekraczająca 1 kN/mm, wzdłużna 1÷3 kN/mm i poprzeczna 2,5÷5 kN/mm. Niższe wartości należy zapewnić dla prędkości do 100 km/h, wyższe dla prędkości 120÷160 km/h.

W układach ze sprężynami gumowymi nie ma potrzeby stosowania tłumików hydraulicznych. W przypadku stosowania sprężyn śrubowych zaleca się zastosowanie tłumików hydraulicznych o tłumieniu  $4 \times 10^3 \div 10 \times 10^3$  kg/s.

- usprężynowanie drugiego stopnia (oparcie nadwozia na wózkach):

wymagane usprężynowanie typu „flexicoil” elastyczne we wszystkich kierunkach. Różnorodność rozwiązań – sprężyny śrubowe, elementy gumowo-metalowe, mieszki pneumatyczne. Ze względów ekonomicznych zalecane jest rozwiązanie na sprężynach śrubowych o sztywnościach pionowych w zakresie 0,9÷1,2 kN/mm i poprzecznych (wzdłużnych) w zakresie 0,3÷0,5 kN/mm, z odbijakami poprzecznymi o progresywnej charakterystyce oraz tłumikami hydraulicznymi pionowymi o tłumieniu  $2 \div 3 \times 10^4$  kg/s na stronę wózka i tłumikami hydraulicznymi poprzecznymi o tłumieniu  $3 \div 5 \times 10^4$  kg/s na wózek.

- układ przeniesienia sił wzdłużnych (pociągowych i hamujących):

sprężysty drążek wzdłużny usytuowany możliwie nisko w stosunku do osi zestawów kołowych dla uniknięcia szkodliwych obciążeń kół podczas realizacji sił pociągowych i hamujących. Sztywność wzdłużna drążka powinna zawierać się w granicach 3÷5 kN/mm,

- Autobusy z układem biegowym opartym na wózkach tocznych i napędnych dwuosioowych o prędkościach powyżej 120 km/h.

Rozwiązania konstrukcyjne podobne jak dla autobusów realizujących prędkości do 120 km/h z następującymi różnicami:

- rama wózka z dodatkowymi wspornikami do hamulców tarczowych i wspornikami do zabudowy wzdłużnych tłumików wężykowania,

- prowadzenie zestawów kołowych o sztywnościach wzdłużnych (na jedno łożysko osiowe) w zakresie 4÷10 kN/mm i poprzecznych 4÷7 kN/mm,

- tłumienie pionowe za pośrednictwem dwóch tłumików hydraulicznych oraz dwóch wzdłużnych tłumików wężykowania (usytuowanych po każdej stronie wózka) o współczynniku tłumienia w zakresie  $17 \div 50 \times 10^4$  kg/s,

- Autobusy z układem biegowym opartym na wózkach jednoosiowych.

Ten rodzaj autobusów o trzech zbliżonych rozwiązaniach (jednoczłon, dwuczłon i trójczłon) [1] jest najbardziej optymalnym rozwiązaniem dla autobusu krajowego.

Układ biegowy takiego autobusu w zakresie prędkości do 120 km/h powinien cechować się następującymi rozwiązaniami i parametrami:

- rama wózka

typ C lub ze wspornikami dla hamulca tarczowego, wspornikami dla drążka reakcyjnego napędu a także wspornikami ciężła środkowego do przeniesienia sił trakcyjnych i hamujących,

- zestaw kołowy monoblokowy o średnicy max. 840 mm i profilu UIC/ORE S 1002 (Obrzeże 28 mm i szerokość 135 mm) na obciążenia 140÷160 kN z jedną lub dwoma tarczami hamulcowymi osadzonymi na osiach lub kołach, umożliwiający zabudowę przekładni osiowej, oś przygotowana do osadzenia przekładni,

- prowadzenie zestawów kołowych w ramie wózka i usprężynowanie pierwszego stopnia:

zalecane usprężynowanie i prowadzenie za pośrednictwem sprężyn gumowo-metalowych daszkowych lub pierścieni gumowych pełniących również rolę izolatora drgań o wyższych częstotliwościach, , maźnice z łożyskami walcowymi a dla wyższych niż 140 km/h prędkości jazdy z łożyskami stożkowymi,

- usprężynowanie drugiego stopnia (oparcie nadwozia na wózkach):

preferowane zastosowanie sprężyn śrubowych lub mieszek pneumatycznych pracujących we wszystkich kierunkach.

Sztywność poprzeczna usprężynowania winna zawierać się w zakresie 0,2÷0,3 kN/mm. W układzie należy ponadto zastosować tłumiki hydrauliczne pionowe o współczynniku tłumienia  $1 \div 2 \times 10^4$  kg/s (na jeden tłumik) i poprzeczne (jeden lub dwa) o sumarycznym tłumieniu  $2 \div 4,5 \times 10^4$  kg/s,

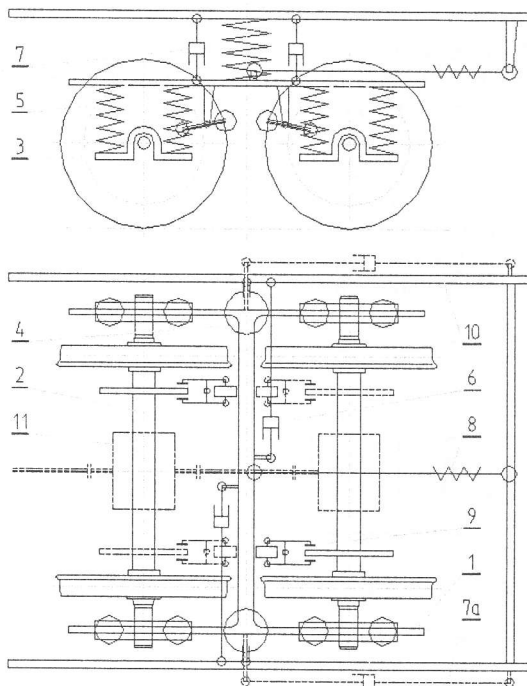
- układ przeniesienia sił wzdłużnych (pociągowych i hamujących):

jedno wzdłużne ciężło usytuowane w osi wzdłużnej nadwozia o sztywności elementów elastycznych w zakresie 1,5÷4 kN/mm, o oporach szkodliwych nie większych od 15% sił dynamicznych przenoszonych przez drugi stopień usprężynowania. Linia działania sił przenoszonych przez ciężło winna znajdować się poniżej osi zestawu kołowego.

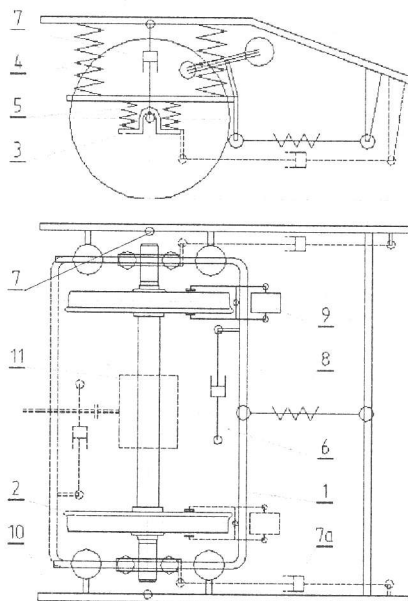
Dla układów biegowych z wózkami jednoosiowymi dla prędkości powyżej 120 km/h należałoby zabudować wsporniki dla wzdłużnych tłumików wężykowania, najlepiej na korpusach łożysk osiowych.

Sztywność szeregowa tłumików powinna mieścić się w przedziale 2,5÷5 kN/mm, a współczynnik tłumienia  $1 \div 2,5 \times 10^5$  kg/s.

Przykładowe schematy układów biegowych możliwych do zastosowania w krajowych autobusach szynowych zaprezentowano na rys.1 i 2.



Rys.1. Schemat układu biegowego na wózku dwuosiowym  
1 – rama wózka typu H, 2 – zestaw kołowy z tarczami hamulcowymi, 3 – maźnica zestawu kołowego, 4 – zespół sprężyn II-go stopnia (sprężyny śrubowe pracujące przestrzennie lub mieszki pneumatyczne), 5 – usprężynowanie I-go stopnia (sprężyny gumowe typu daszkowego lub stożkowego), 6 – hydrauliczny tłumik poprzeczny II-go stopnia (1 lub 2 szt.), 7 – hydrauliczny tłumik pionowy II-go stopnia (2 szt.), 7a – hydrauliczny tłumik wzdłużny (wężykowania wózka) (2 szt.), 8 – cięgło aparatu do przenoszenia sił podłużnych (pociągowo-hamujących), 9 – zespół dźwigni i cylindra hamulca, 10 – rama nadwozia, 11 – zespół napędu zestawów kołowych (przekładnie osiowe i wały lub silniki trakcyjne).



Rys.2. Schemat układu biegowego na wózku jednoosiowym  
1 – rama wózka typu C lub , 2 – zestaw kołowy z tarczami hamulcowymi, 3 – maźnica zestawu kołowego, 4 – zespół sprężyn II-go

stopnia (np. sprężyny śrubowe do pracy przestrzennej, mieszki pneumatyczne), 5 – zespół usprężynowania I-go stopnia (np. gumowe sprężyny daszkowe), 6 – hydrauliczny tłumik poprzeczny (1 lub 2 szt.), 7 – hydrauliczny tłumik pionowy (2 szt.), 7a – hydrauliczny tłumik wzdłużny (wężykowania) (2 szt.), 8 – cięgło aparatu dla przenoszenia sił wzdłużnych (pociągowo-hamujących), 9 – zespół dźwigni i cylindra hamulca, 10 – rama nadwozia, 11 – zespół napędu zestawu kołowego (przekładnia osiowa i wał lub silnik trakcyjny).

### 3. Wymagania i wytyczne dla układu napędowego

Konfiguracja układu napędowego powinna uwzględniać pewne kryteria wyjściowe z których najważniejsze to:

- nowoczesność rozwiązań na miarę krajowych potrzeb i oczekiwań,
- przewidywana konfiguracja nadwozia autobusu,
- rodzaj traktacji,
- sposób sterowania napędem,
- prędkość maksymalna ze szczególnym uwzględnieniem przewidywanego wachlarza prędkości eksploatacyjnych,
- masa własna autobusu,
- warunki eksploatacyjne, w tym usytuowanie linii – tereny nizinne, podgórskie, górskie,
- możliwość bezpośredniego wykorzystania bądź adaptacji istniejących rozwiązań z pojazdów szynowych i drogowych dla zmniejszenia kosztów.

Ponadto istotne jest również to, aby układ napędowy nie miał znaczącego wpływu na zmniejszenie funkcjonalności nadwozia jako przestrzeni pasażerskiej oraz niezbędnej przestrzeni dla obsługi.

Dla układów napędowych, w których zastosowano hydrauliczne lub hydromechaniczne przekładnie główne napędzane silnikiem spalinowym nie istnieją szczegółowe wymagania. Jedynie silniki spalinowe w zastosowaniu do autobusów szynowych winny cechować się małą masą własną, zwartą konstrukcją, niskim zużyciem oleju napędowego i oleju smarowego, dużą żywotnością oraz niewielkim oddziaływaniem na środowisko naturalne tj. niską emisją substancji szkodliwych, zawartych w spalinach, do atmosfery.

Ważne jest również to, aby zapewnić bardzo duże przyspieszenie rozruchowe ( $0,6 \div 0,8 \text{ m/s}^2$ ) co wiąże się z mocami jednostkowymi silnika nie mniejszymi niż 10 kW/tonę masy własnej autobusu.

Dla układów napędowych mieszanych (spalinowo-elektrycznych) i elektrycznych szczegółowe wymagania odnośnie do silnika spalinowego są identyczne jak dla napędu spalinowego. Szczegółowe wymagania dotyczyć mogą tylko połączenia silnik spalinowy – prądnica główna.

Możliwe połączenia to wał przegubowy, względnie kołnierz ze sprzęgłem elastycznym – typowe połączenia stosowane w zespołach prądotwórczych lokomotyw spalinowych.

Pozostałe szczegółowe wymagania dla głównych urządzeń i zespołów układów napędowych mieszanych i elektrycznych takich jak: odbierak prądu, wyłącznik szybki, przekształtnik trakcyjny (falownik), silnik trakcyjny asynchroniczny, prądnica główna, prostownik - przedstawiono dokładnie w pracy [6].

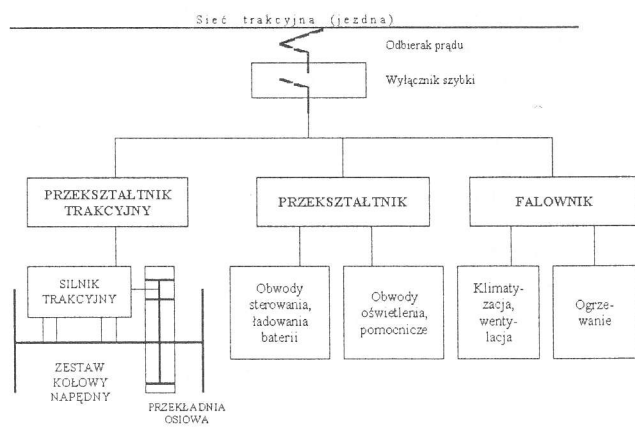
Kierując się szczegółowymi wytycznymi techniczno-eksploatacyjnymi dla układu napędowego należy przede wszystkim brać pod uwagę na jakich liniach i z jakim natężeniem ruchu będą kursowały w przyszłości autobusy. Mając to

na względzie należy jeszcze raz przedstawić podział układów napędowych, które mogą być następujące:

1. układ napędowy elektryczny,
2. układ napędowy mieszany (hybryda spalinowo-elektryczna),
3. układ napędowy spalinowy:
  - a) z wykorzystaniem silników trakcyjnych asynchronicznych,
  - b) z wykorzystaniem przekładni głównej hydraulicznej lub hydromechanicznej,
4. układ napędowy z wykorzystaniem pompy hydrostatycznej i silników hydraulicznych.

Pierwszy z nich zaprezentowany schematycznie na rys.3 powinien być stosowany tylko na liniach zelektryfikowanych. W układzie tym proponuje się napęd zestawów kołowych za pośrednictwem silników trakcyjnych asynchronicznych zasilanych poprzez przekształtnik trakcyjny, wyłącznik szybki i odbierak prądu.

Dzięki zastosowaniu małych (wymiarowo i masowo) silników asynchronicznych ich zawieszenie na ramie wózka (jedno lub dwuosiowego) nie będzie narażać większych trudności technicznych. Ponadto, z niewielkimi skutkami ubocznymi dla dynamiki ruchu zestawu kołowego, najważniejsze jest przyjęcie koncepcji zawieszenia silnika wraz z przekładnią osiową „za nos” tzn. z jednej strony na zestawie kołowym, z drugiej natomiast poprzez wzdłużny lub poprzeczny drążek reakcyjny na ramie wózka. Zaprezentowane rozwiązanie może być z powodzeniem stosowane nawet do prędkości 140 km/h.



Rys.3. Schemat układu napędowego elektrycznego

Dla wyższych prędkości jazdy np. powyżej 140 km/h konieczne będzie zastosowanie elastycznych sprzęgieł pomiędzy przekładnią osiową a silnikiem trakcyjnym i zestawem kołowym oraz elastyczne zawieszenie zespołu silnik trakcyjny – przekładnia osiowa na ramie wózka.

Drugi z układów – mieszany zaprezentowany schematycznie na rys.4 powinien być wykorzystywany w autobusach przeznaczonych do eksploatacji na liniach w większości zelektryfikowanych.

W układzie tym oprócz typowego napędu elektrycznego, identycznego jak dla układu pierwszego tj. za pośrednictwem asynchronicznych silników trakcyjnych, proponuje się zabudowę dodatkowego agregatu prądotwórczego składającego

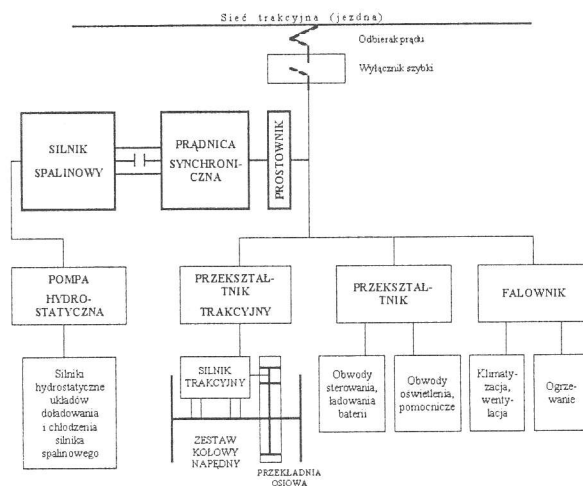
się z wysokoprężnego silnika spalinowego połączonego z prądnicą główną synchroniczną wyposażoną w prostownik.

Dodatkowy układ uruchamiany byłby tylko w przypadku eksploatacji na liniach niezelektryfikowanych.

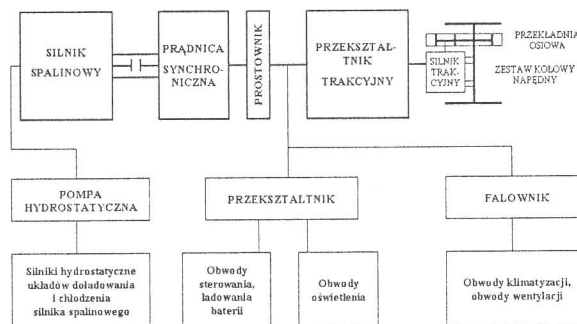
Trzeci z układów, a w zasadzie jego dwa podwarianty (rys. 5 i 6) powinien być użytkowany w autobusach eksploatowanych na liniach niezelektryfikowanych, a więc liniach najczęściej drugorzędnych.

Podwariant 3a (rys.5) jest podobny do wariantu drugiego, przy czym w jego skład nie wchodzi odbierak prądu, wyłącznik szybki oraz inne urządzenia z nimi związane.

Podwariant 3b (rys.6) jest układem najbardziej rozproszonym w napędach lekkich trakcyjnych pojazdów szynowych (autobusach szynowych).



Rys.4. Schemat układu napędowego mieszanego (hybryda spalinowo-elektryczna)



Rys.5. Schemat układu napędowego spalinowego z wykorzystaniem silników trakcyjnych asynchronicznych



W odniesieniu do układów biegowych trzeba przyznać, że nie ma w kraju problemów z wykonaniem takich nowoczesnych układów i zespołów jak zestawy kołowe toczne i napędne, ramy wózków, usprężynowanie I i II stopnia w ograniczonym zakresie do sprzężyn śrubowych, tłumiki hydrauliczne, układy przeniesienia sił wzdłużnych. Jednakże już w zakresie nowoczesnych trwałych i niezawodnych zespołów łożyskowań tocznych zestawów kołowych, elementów gumowo-metalowych w usprężynowaniu I stopnia, układów oparcia nadwozia na wózkach za pośrednictwem mieszkań pneumatycznych, a przede wszystkim skutecznych układów mechanicznych hamulca koniecznym staje się obecnie import zarówno bezpośredni jak i za pośrednictwem wielu przedstawicielstw firm zagranicznych, działających na terenie naszego kraju.

Bardziej skomplikowana jest budowa układu napędowego opartego o komponenty krajowe.

Dla napędu spalinowego, w kraju mamy tylko do zaoferowania silnik spalinowy o mocy 162 kW firmy MD Mielec, który praktycznie ze względu na małą moc oraz niewielką trwałość nie może być brany pod uwagę. Pozostaje więc import silników, zwłaszcza z takich renomowanych firm jak między innymi MTU, MAN, RABA.

Ponadto pozostałe urządzenia wchodzące w skład układu napędowego spalinowego takie jak przekładnie główne hydrauliczne i przekładnie osiowe ze względu na ich brak produkcji w kraju mogą być tylko importowane.

Można pokusić się jedynie o produkcję jednostopniowych przekładni osiowych, ale tylko w takich przypadkach, gdy zostanie zastosowana przekładnia główna hydrauliczna lub hydromechaniczna z nawrotnikiem.

Dla napędu spalinowego z wykorzystaniem silników asynchronicznych, poza silnikiem można uruchomić w kraju, w dość krótkim okresie czasu, produkcję prądnic synchronicznych, prostowników, przekształtników i silników trakcyjnych.

Możliwości takie stworzyły powiązania pomiędzy firmami zachodnimi i producentami krajowymi a zwłaszcza transfer nowych technologii i uruchamianie produkcji niektórych urządzeń na potrzeby firm zagranicznych.

Dla innych urządzeń i zespołów pozostałych układów napędowych tj. elektrycznego i mieszanego realne jest uruchomienie w kraju zarówno nowoczesnych odbieraków prądu jak i wyłączników szybkich oraz jednostopniowych przekładni osiowych.

Przedstawiony stan możliwości wykonawczych nowoczesnych układów biegowych i napędowych nie napawa ani pesymizmem ani optymizmem. Wszystko zależy będzie przede wszystkim od wielkości zamówień na autobusy szynowe, bo tylko wówczas będzie można zainwestować w rozwój i wdrożenie nowoczesnych układów w krajowym przemyśle pracującym na potrzeby taboru kolejowego.

## 5. Zakończenie

Układy biegowe i napędowe autobusów szynowych decydują o ich nowoczesności, komforcie podróżowania, bezpieczeństwie ruchu oraz możliwościach trakcyjnych – przyspieszeniach, prędkościach oraz czasach przemieszczania.

Ich prawidłowy dobór i konstrukcja staje się więc najważniejszym etapem w całym procesie wytwarzania autobusów i wdrożenia ich do eksploatacji. Niezmiernie istotnym

jest, aby poszczególne elementy tych układów mogły być w dużej mierze produkowane w kraju, a jeżeli to jest niemożliwe to przynajmniej montowane i serwisowane.

Dążąc więc należy do wszechstronnej współpracy technicznej i technologicznej z przodującymi firmami wysoko rozwiniętych krajów europejskich.

Możliwe są tutaj trzy podstawowe kierunki działań:

- import bezpośredni lub pośredni elementów i zespołów,
- zakup licencji na produkcję głównych zespołów w kraju, rozwój tej licencji i tworzenie na jej bazie rozwiązań krajowych,
- przygotowanie produkcji krajowych zespołów i elementów, w oparciu o dofinansowanie zewnętrzne, przy udziale importu niezbędnych komponentów.

Pierwszy kierunek może być realizowany, gdy ilość produkowanych układów lub finalnych wyrobów jest niewielka. Dwa następne mogą być rozwijane tylko wówczas, gdy ilość produkowanych na potrzeby krajowe autobusów będzie znacząca, a jednocześnie będzie istniało zapotrzebowanie potencjalnych użytkowników zagranicznych.

Należy sądzić, że po latach przestoju produkcja autobusów szynowych, a w tym ich głównych układów, urządzeń i zespołów będzie rozwijana zgodnie z oczekiwaniami zarówno producentów jak i użytkowników.

## 4. Literatura

- [1] Marciniak Z.: *Modułowa konstrukcja wieloczołowych autobusów szynowych dla ruchu lokalnego. Pojazdy Szynowe nr 2/2003.*
- [2] Marciniak Z., Sobaś J., Sienicki A., Wierzejewski T., Kaczmarek E.: *Wymagania stawiane układom napędowym i biegowym autobusów szynowych w świetle przepisów krajowych i międzynarodowych. Projekt badawczy KBN nr 9T12CO4915. Praca niepublikowana. IPS „Tabor” Poznań 2001.*
- [3] Grzechowiak R., Marciniak Z., Sienicki A.: *Symulacja komputerowa przy wyborze koncepcji i parametrów układów biegowych autobusu szynowego. Pojazdy Szynowe nr 2/2003.*
- [4] Marciniak Z.: *Układy napędowe krajowych autobusów szynowych dla ruchu lokalnego. Pojazdy Szynowe. nr 3/2003.*
- [5] Marciniak Z.: *Układy biegowe krajowych autobusów szynowych dla ruchu lokalnego. Pojazdy Szynowe. nr 3/2003.*
- [6] Marciniak Z., Sobaś J., Grzechowiak R., Pawlak Z., Sienicki A., Kaczmarek E.: *Podsumowanie projektu. Projekt badawczy KBN nr 9T12CO4919. Praca niepublikowana. IPS „Tabor” Poznań 2003.*