

ELEKTRONICZNY UKŁAD HAMULCOWY DLA NOWEJ GENERACJI ŚRODKÓW TRANSPORTU, ZWŁASZCZA ROLNICZEGO

ADAM P. DUBOWSKI, TADEUSZ PAWŁOWSKI

Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych

ad@pimr.poznan.pl, tadek@pimr.poznan.pl

Streszczenie: Prace badawczo-rozwojowe wskazują na celowość poprawy transportu rolniczego i zastąpienia w nim ciągników rolniczych nową generacją zestawów drogowych: samochodami skrzyniowymi, sprzęgniętymi przy użyciu 60 mm zaczepu kulowego, z naczepami typu gęsia szyja. Wdrożenie w tych zestawach pojazdów nowego na europejskim rynku elektronicznego układu Sens a Brake, który steruje pracą hydraulicznych hamulców bębnowych pozwoli na poprawę bezpieczeństwa i efektywności transportu drogowego, zwłaszcza w Polsce.

Słowa kluczowe: samochód skrzyniowy, ciągnik, rolniczy, naczepa, przyczepa, zaczep kulowy, bezpieczeństwo, układ hamulcowy.

1. TRANSPORT ROLNICZY A BEZPIECZENSTWO RUCHU DROGOWEGO W POLSCE

Jednym z obszarów badań, w jakim Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych prowadzi swe prace, jest zagadnienie poprawy jakości i bezpieczeństwa środków transportu dla sektora rolniczego i leśnego w Polsce. Specyfiką transportu rolniczego jest używanie do przewozu towarów głównie ciągników rolniczych, które holują jedną do dwóch przyczep rolniczych. W Polsce w gospodarstwach indywidualnych wozi się ciągnikami rolniczymi od 89 do 99% wszystkich ładunków [1]. Tak duży udział ciągników rolniczych w przewozach towarów i płodów rolnych stwarza szereg zagrożeń dla płynności i bezpieczeństwa samochodowego

ruchu drogowego. Stan techniczny przyczep rolniczych w Polsce, zwłaszcza wyposażenie ich w przestarzały i niebezpieczny, jednoprzewodowy pneumatyczny układ hamulcowy ma również znaczny wpływ na bezpieczeństwo poruszania się zestawów rolniczych.

Transport w sektorze leśnym odbywa się przy użyciu zarówno ciężkich samochodowych zestawów kołowych jak i przy użyciu ciągników leśnych sprzęgniętych z przyczepami o DMC. 2-13 t. Ciągniki leśne najczęściej nie posiadają sprawnego hamulca postojowego, natomiast specyfiką leśnych przyczep, które służą m.in. do wywózki drewna jest powszechnie akceptowany brak w nich układu hamulcowego [2]. Wbrew oficjalnym deklaracjom właścicieli takich zestawów pojazdów - poruszają się one nie tylko po duktach i drogach leśnych, ale także często korzystają z sieci dróg krajowych, a więc przyczepy te powinny posiadać hamulce.

2. PRACE PIMR NAD WDROŻENIEM NOWEJ GENERACJI SAMOCHODOWYCH NACZEP I ICH WYPOSAŻENIEM W NOWOCZESNE W PEŁNI BEZPIECZNE UKŁADY HAMULCOWE

2.1. Prace badawczo-rozwojowe wykonane w PIMR dla potrzeb wdrożenia nowej generacji środków transportu.

Zdaniem PIMR nowa generacja środków transportu, zwłaszcza pracujących na rzecz sektora rolniczego i leśnego, powinna umożliwiać bezpieczny przewóz towarów zarówno po drogach publicznych jak i po nieutwardzonych drogach polnych, czy też duktach leśnych [3-8].

Od 1998 roku, w kolejnych projektach PIMR opracowano szereg modeli wsporników wysuwnych zaczepów kulowych [9] dla samochodów produkcji krajowej (Żuk, Polonez Truck, Lublin) a w lutym 2007 r. dla wersji pożarniczej samochodu Land Rover Defender 110.

Równolegle do prac nad kolejnymi modelami wsporników zaczepów (średnice kul: 2-5/16 cala oraz 60 i 80 mm) opracowano odpowiadające im konstrukcje sprzęgów kulowych [10,11].

Analizy PIMR wskazywały też na potrzebę opracowania odpowiednich urządzeń do sprzęgania naczep (kategoria O₂ i O₃) nie tylko z samochodami skrzyniowymi, ale także z tradycyjnymi ciągnikami rolniczymi i leśnymi. Opracowany w instytucie adapter zaczepu kulowego montowany na

trypunktowym układzie zawieszenia ciągnika rolniczego umożliwia w sposób niezawodny sprzęgnięcie naczepy typu gęsia szyja [12].

Zdaniem PIMR, kluczowym zagadnieniem warunkującym wdrożenie nowej generacji środków transportu jest zastosowanie w nich nowoczesnego, niezawodnego w eksploatacji, łatwego w zabudowie układu hamulcowego i co najważniejsze - bezpieczniejszego od obecnie montowanych w Polsce lub oferowanych do sprzedaży w Europie.

2.2. Elektryczne układy hamulcowe

PIMR wiązał duże nadzieje z elektrycznymi hamulcami stosowanymi w USA, które bazowały na bębnowych hamulcach pracujących w układzie duo-serwo i były sterowane dźwignią z umieszczonym na jej końcu elektromagnesem. Elektromagnes luźno przylegał do tzw. armaturowej powierzchni to jest pionowej ściany bębna hamulcowego natomiast w trakcie hamowania samochodu sterownik z bezwładnościowym elementem (wahadełko) przesyłał proporcjonalnie do opóźnienia samochodu impulsy elektryczne (300Hz) i powodował, że elektromagnes przywierał z proporcjonalną do wielkości tych impulsów siłą do wirującej płaszczyzny bębna hamulcowego. Przy maksymalnym natężeniu prądu płynącego przez elektromagnes (3A) przesuwał on dźwignię sterującą mechanizmem rozpierającym z siłą około 10daN, W trakcie prób przeprowadzonych wspólnie z Laboratorium Hamulców Pimot Oddział w Łodzi skuteczność hamowania wynosiła około 0,42 g i była zgodna z wymaganiami przepisów Kodeksu Drogowego, ale nie spełniała wymagań homologacyjnych Regulaminu 13 [13].

Badania wykazały, że hamulce te można byłoby stosować w przyczepach rolniczych, ale niestety z racji monopolistycznych i w swym charakterze zaporowych wymagań Regulaminu 13 nie mogły być w pełni rekomendowane dla naczep i przyczep samochodowych w rolnictwie.

2.3. Prace badawczo-rozwojowe związane z elektronicznym układem hamulcowym Sens a Brake z Nowej Zelandii

W 2004 roku przeprowadzono analizę dostępnych w świecie innych układów hamulcowych i ostatecznie PIMR wybrał elektroniczny układ hamulcowy [14] Sens a Brake [SAB], który zawierał szereg innowacyjnych rozwiązań i dawał szansę na stosunkowo łatwe przystosowanie jego

konstrukcji do wymagań przepisów homologacyjnych obowiązujących w Europie.

Budowa układu SAB (wersje przebadane w latach 2004-2005)

W odróżnieniu od wersji SAB przeznaczonej dla rynku nowozelandzkiego i australijskiego jego europejskie wykonanie cechuje się znacznym stopniem skomplikowania i wynika z konieczności wyposażenia układu w obligatoryjnie wymagany moduł korektora sił hamowania oraz dodatkowo moduł układu ABS dla naczep i przyczep o DMC powyżej 3,5t.

Elektroniczny układ sterowania pracą hydraulicznych hamulców tworzy zestaw czterech urządzeń. Trzy z nich, to jest: czujnik siły (Brake Pad), myszka (Mouse Pad) oraz sterownik I (EVO), umieszczone są w pojeździe holującym, natomiast czwarty element, który jest montowany na naczepie lub przyczepie, stanowi pneumatyczno-hydrauliczny serwomechanizm (actuator) wyposażony w elektroniczne układy: Sterownik II, mocowany pod korpusem zbiornika powietrznego, oraz Sterownik III, który umieszczony w pokrywie korpusu serwomechanizmu przetwarza sygnały przekazywane z czujników korektora siły hamowania i z czujników układu ABS.

Na uwagę zasługuje innowacyjny charakter przyjętych rozwiązań układu SAB, zwłaszcza zastosowanie piezoelektrycznego czujnika siły (laminowana płytką o grubości 0,2 mm), który w formie niewielkiej nakładki jest montowany na pedale hamulca. Pod wpływem nacisku stopy na pedał hamulca czujnik wytwarza sygnał prądowy wprost proporcjonalny do wielkości siły, który poprzez sterownik I jest dalej przesyłany do elektronicznych Sterowników II i III serwomechanizmu i steruje ciśnieniem pompy hydraulicznej oraz odpowiednią do siły na pedale hamulca pracą hamulców hydraulicznych naczepy lub przyczepy. Sterownik I automatycznie kontroluje złącze gniazdo-wtyczka układu hamulcowego naczepy lub przyczepy, a także weryfikuje rodzaj hamulców (elektryczne z elektromagnesami czy hydrauliczne) w jakie wyposażono naczepę/przyczepę. W razie awarii lub nieprawidłowości w działaniu układ informuje kierowcę sygnalizatorem świetlnym i dźwiękowym umieszczonym w korpusie myszki. Myszka wyposażona jest w dodatkowy przycisk (Panic Button), który przyciśnięty w momencie wyłamywania się naczepy lub przyczepy włącza na około 3 s jej hamulce i tym samym poprzez jej przyhamowanie - stabilizuje ruch całego zestawu pojazdów.

Mocowania elementów układu SAB w pojazdach holujących

Mocowanie elementów układu hamulcowego SAB, zwłaszcza jego sterownika EVO, stwarza w niektórych ciągnikach rolniczych jak i w samochodach problemy związane z brakiem wolnej przestrzeni pod deską rozdzielczą.

PIMR opracował koncepcję urządzeń, które umożliwiają odpowiednio pewne mocowanie sterownika do nachylonych ścian deski rozdzielczej czy też pod podłogą kabiny kierowcy ciągnika rolniczego [15,16]. Zbudowane i zamontowane w pojazdach modele robocze tych urządzeń potwierdziły ich funkcjonalne zalety i niezawodność mocowań w kabinie samochodu lub też jak w przypadku ciągnika rolniczego krajowej produkcji na zewnątrz kabiny, pod jej podłogą. Umieszczony tam sterownik układu SAB jest zabezpieczony przed wpływem rozbryzgów wody, zwłaszcza podczas mycia strumieniem wody wnętrza kabiny ciągnika.

2.4. Prace badawczo-rozwojowe nad przystosowaniem układu SAB do wymagań europejskich przepisów homologacyjnych

Prace badawczo-rozwojowe początkowo planowane na kilka miesięcy wydłużyły się do ponad 3 lat. Było szereg przyczyn, które wpłynęły na tak znaczne wydłużenie badań. Jedną z nich była niewielka oferta producentów osi z hydraulicznymi hamulcami i znacznie mniejsza skuteczność działania bębnowych hamulców od deklarowanych i potwierdzonych certyfikatami TÜV. Kolejną, były zmiany konstrukcyjne związane z koniecznością zwiększenia ciśnienia hydraulicznego w układzie hamulcowym i błędy w wykonawstwie i montażu pompy hamulcowej układu SAB. Badania prowadzone wspólnie z Laboratorium Hamulców PIMOT Oddział w Łodzi [17] wykazały zbyt małą czułość układu w zakresie niewielkich sił na pedale hamulca oraz zbyt małą precyzję sterowania ciśnieniem hydraulicznym bębnowych hamulców, natomiast badania laboratoryjne PIMR dodatkowo wykazały niestabilność pracy układu elektronicznego przy sile na pedale hamulca wynoszącej około 6 daN. Analiza i dokonane zmiany w cyklu produkcyjnym elektronicznych podzespołów układu pozwoliły usunąć wszystkie niesprawności w pracy układu hamulcowego.

Jednak zasadnicze opóźnienie w badaniach wynikało z konieczności poważnego zmodyfikowania konstrukcji podzespołów elektronicznych oraz ich rozmieszczenia zwłaszcza w pojeździe holowanym. Wstępne badania kompatybilności elektromagnetycznej układu SAB, jakie przeprowadzono w Laboratorium MIRA, Wielka Brytania [18,19] wykazały, że praca układu

hamulcowego może być zakłócana przez inne urządzenia obecnie stosowane w pojazdach samochodowych. Tak, więc w Nowej Zelandii gruntownie przekonstruowano podzespoły elektroniczne i zbudowano w październiku 2006 roku nową wersję układu SAB, która w listopadzie uzyskała pozytywne wyniki badań w Laboratorium MIRA. W grudniu 2006 roku instytut przystąpił do badań nowej wersji układu SAB, która przeznaczona jest dla naczep lub przyczep o DMC. powyżej 3,5t.

2.5. Nowe kompletacje układu SAB dla pojazdów kategorii 0₂ i 0₃

Dla naczep/przyczep kategorii 0₂ firma EI Ltd. przewiduje dla europejskiego rynku uproszczoną wersję układu SAB - a więc podobną do wersji stosowanej w Nowej Zelandii, Australii, USA, Kanadzie (ponad 6000 sztuk sprzedanych układów) jedynie uzupełnioną o wymagany przepisami moduł korektora siły hamowania.

Dla naczep/przyczep kategorii 0₃ wykonano całkowicie nową kompletację układu SAB, którą wyposażono: w dodatkowy zbiornik powietrza (2 L) oraz w nowy moduł sprężarkowy wraz z podzespołami elektronicznymi: płytą główną, modułem korektora siły hamowania oraz modułem ABS.

Budowa modułu sprężarkowego układu SAB

Nowy moduł sprężarkowy składa się z dwóch podzespołów: 1) sprężarki oraz 2) korpusu wsporczego sprężarki, w formie pojemnika, w którym umieszczono większość podzespołów elektronicznych montowanych dotychczas w zespole wykonawczym (ZW, actuator) oraz wszystkie porty, konektory i gniazda przyłączeniowe dla podzespołów i czujników układu SAB. W korpusie ZW pozostawiono tylko elektryczne zawory pneumatyczne.

Sprężarka powietrzna przeznaczona jest do zasilania sprężonym powietrzem dodatkowego zbiornika i pośrednio zasadniczego zbiornika powietrza umieszczonego w ZW oraz do ew. zasilania miechów powietrznych układu zawieszenia. Moduł sprężarkowy posiada także port dla czujnika ciśnienia powietrza współpracującego z modułem korektora siły hamowania.

Poprawa funkcjonalności i precyzji działania układu SAB

W układzie SAB wprowadzono istotne zmiany funkcjonalne i konstrukcyjne. Podstawowym udoskonaleniem było rozszerzenie funkcji dodatkowego zbiornika powietrza i wykorzystanie go nie tylko jako zbiornika powietrza dla zbiornika zasadniczego umieszczonego w ZW, ale przekształcenie go w akumulator - zapewniający stałe ciśnienie robocze w zasadniczym zbiorniku.

Pomysł zrealizowano w ten sposób, że ciśnienie robocze w zasadniczym zbiorniku ustalono na dotychczasowym poziomie 6,2 bar - co odpowiada ciśnieniu roboczemu w układzie hydraulicznym około 105 bar, natomiast ciśnienie w dodatkowym zbiorniku ustalono na poziomie 7,2 bar. Pomiędzy obydwoma zbiornikami umieszczono zawór redukcyjny ciśnienia. Tak niewielka zmiana konstrukcyjna pozwoliła usunąć dotychczasową niedogodność układu, tj. niestabilność ciśnienia hydraulicznego w hamulcach naczepy/przyczepy uzyskiwanego przy tych samych wartościach siły na pedale hamulca.

Wprowadzone zmiany w układzie pneumatycznym SAB oraz wcześniejsze prace nad właściwym doбором średnic dysz powietrznych w elektrycznych zaworach pozwoliły wyraźnie poprawić jakość i precyzję sterowania ciśnieniem powietrza w komorze tłoka roboczego napędzającego tłoczek pompy hamulcowej SAB.

2.6. Badania drogowe układu SAB

W dniu 19 grudnia 2006 r., na lotnisku w Kąkolewie k. Grodziska Wlkp. zostały przeprowadzone wspólnie z PIMOT wstępne próby drogowe zestawu pojazdu złożonego z samochodu Lublin i naczepy GN2000 (DMC. 3,9 t). Badania prowadzono na drodze, dawnym pasie dla kołowania samolotów wojskowych [rys. 1]. Zebrane dane pozwalają stwierdzić istotną poprawę skuteczności i precyzji działania hamulców. Badania te będą kontynuowane w kwietniu 2007r.



Rys. 1. Badania skuteczności działania układu hamulcowego SAB

W lutym 2007 r. prowadzono pilotowe terenowe próby samochodu pożarniczego Land Rover Defender 110 sprzęgniętego z naczepą badawczą PIMR (GN2000). Dla potrzeb tych prób w samochodzie pożarniczym zamontowano wspornik zaczepu kulowego oraz instalację elektryczną dla układu SAB, a z samochodu Lublin przemontowano sterownik EVO, myszkę i czujnik siły. Wyniki prób terenowych potwierdziły dużą sprawność terenową samochodu Land Rover, który bez problemów holował po duktach leśnych naczepę o całkowitej masie 3780kg. Czułość i precyzja działania układu SAB i sterowania hamulcami holowanej naczepy nie budziła żadnych zastrzeżeń. Być może jeszcze w 2007 roku zostanie opracowana konstrukcja i będzie zbudowany model roboczy naczepy przystosowanej do przewozu sadzonek drzewek.

3. PODSUMOWANIE EFEKTÓW PRAC BADAWCZO-WDROŻENIOWYCH PROWADZONYCH W PIMR

Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu w okresie ostatniej dekady opracował lub przebadał konstrukcje urządzeń niezbędne dla wdrożenia nowej generacji środków transportu, zwłaszcza pod kątem ich przydatności w sektorze rolniczym i leśnym.

W 2007 roku kontynuacji badań homologacyjnych wymagają obie wersje układu SAB dla pojazdów kategorii O_2 i O_3 oraz ich przebadanie z oponami

rolniczymi (indeks prędkości do 90 km/godz.), celowym byłoby również opracowanie dla nowej generacji naczep i przyczep nowej wersji osi z tarczowymi hydraulicznymi hamulcami.

ABSTRACT

R&D works pointed the feasibility and the need to replace in transport - farm tractors by new generation of agricultural road units: trucks coupled with gooseneck trailers, equipped with 60mm hitch ball. Modern electronic Sens a Brake system implementation into these road units should have great positive impact onto safety and effectiveness of road transportation, especially in Poland

LITERATURA

- [1] J. Bielejec: Obsługa transportowa gospodarki żywnościowej. IBMER Warszawa, 1991
- [2] Przyczepy leśne-przeгляд. Drwal nr 1/2006, str. 22-25
- [3] A. Dubowski: Poprawa jakości i bezpieczeństwa transportu drogowego poprzez kompleksowe i strategiczne wdrożenie technologii elektrycznych układów hamulcowych w Europie. Konf. Międzyn. „Małe i średnie przedsiębiorstwa w drodze do Unii Europejskiej. Rola ośrodków innowacji i przedsiębiorczości”, Kiekrz, 2001, str. 35-45
- [4] A. Dubowski: Perspektywy stosowania elektrycznych układów hamulcowych w transporcie kołowym w Polsce, Konferencja Hamulcowa pt.: „Hamulce pojazdów drogowych”, Łódź, 2001, str. 195-204
- [5] A.P. Dubowski, R. Wojtkowiak: Możliwości adaptacji dla potrzeb leśnictwa samochodowych naczep i przyczep wyposażonych w elektryczny układ hamulcowy. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Zeszyt 486, Część I, Problemy Techniki Rolniczej i Leśnej, Warszawa, 2002, str. 261-268
- [6] A.P. Dubowski, R. Wojtkowiak, J. Kromulski: A new category of agriculture semitrailers adapted for connecting with both farm tractors and box trucks. Elim. Agric. Risks Health Envir.2003, Center of

- Excellence TRAGEN. pp 155-162.
- [7] A.P. Dubowski: Electronic steering systems for hydraulic brakes of agricultural gooseneck trailers - preliminary results of research work in PIMR. J.Res.Appl.Agric.Engng, Poznań 2004, vol. 49 (4), str. 14-18.
 - [8] A.P. Dubowski, T. Pawłowski: Medium size road units - an innovative approach for improving efficiency and safety of agricultural transportation in Poland and Europe as well. XXXI CIOSTA- CIGR V Congress Proceedings: Increasing work efficiency in agriculture, Horticulture and forestry. Hohenheim, Germany Sept. 19-21, 2005, str. 154-161.
 - [9] Patent Nr 189623: Samochodowy zaczepek kulowy zwłaszcza do sprzęgania naczep typu "gęsia szyja".
 - [10] Patent Nr 189520: Urządzenie blokujące sprzęg kulowy, zwłaszcza w dyszlach naczep samochodowych typu "gęsia szyja".
 - [11] Zgłoszenie patentowe nr P 345299: Urządzenie ryglujące sprzęg kulowy, zwłaszcza lekkich samochodowych naczep rolniczych.
 - [12] Zgłoszenie patentowe nr P 332097: Adapter zaczepeku kulowego dla lekkich naczep typu "gęsia szyja".
 - [13] E/ECE/324 E/ECE/TRAN/505 Regulation No.13
 - [14] Edge International Ltd – www.sensabrake.com
 - [15] A. Dubowski: Adapter kotwiący sterownika, zwłaszcza pojazdów holujących naczepę lub przyczepę wyposażoną w elektryczny układ hamulcowy. Zgłoszenie patentowe PIMR nr P 350747.
 - [16] Patent nr P 367555: Urządzenie mocujące w ciągniku, zwłaszcza rolniczym lub leśnym, elektroniczny sterownik układu hamulcowego przyczepy.
 - [17] Przemysłowy Instytut Motoryzacji – www.pimot.org.pl
 - [18] MIRA - <http://www.mira.co.uk>
 - [19] Dyrektywa Komisji 2004/104/WE z dnia 14 października 2004 r.