

PROTOTYP URZĄDZENIA ASR DLA POJAZDÓW Z PNEUMATYCZNYM UKŁADEM HAMULCOWYM

ADAM WOŚ¹, ANDRZEJ SZOSLAND²

Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska, Politechnika Łódzka

Streszczenie

W pracy przedstawiono założenia, koncepcję i prototyp konstrukcji urządzenia kontroli poślizgu kół napędowych ASR. Działanie proponowanego urządzenia ASR polega na uruchomieniu hamulca postojowego (awaryjnego) włączanego za pomocą dwustanowego modulatora sterowanego elektronicznym modułem sterującym. Zasada ta jest odmienna od obecnie istniejących urządzeń ASR, gdzie uruchamiany jest hamulec zasadniczy. Konstrukcja urządzenia opiera się o wykorzystanie części sprężynowo – tłokowej silownika membranowo – sprężynowego układu hamulcowego tylnych kół napędowych do wywierania momentu hamującego podczas pracy urządzenia. Założenia te mogą zostać zrealizowane w odniesieniu do samochodów ciężarowych, autobusów lub innych pojazdów w których występuje pneumatyczny układ hamulcowy.

Koncepcja działania urządzenia została poddana weryfikacji za pomocą symulacji komputerowej, podczas której przeprowadzono optymalizację parametrów związanych z procesem funkcjonowania urządzenia. Na tej podstawie zbudowano wersję prototypową, przetestowaną najpierw podczas badań stanowiskowych a następnie badań drogowych.

Słowa kluczowe: pojazdy mechaniczne, bezpieczeństwo czynne, urządzenia kontroli poślizgu ASR.

1. Wstęp

Podczas ruszania z miejsca lub przyspieszania pojazdu moment silnika doprowadzany do poszczególnych kół napędowych może być zbyt duży i wytworzyć na danym kole siłę obwodową większą niż maksymalna wartość możliwa do uzyskania w aktualnych warunkach przyczepności. Jeśli ta siła obwodowa przekroczy graniczną siłę przyczepności, wówczas wystąpi nadmierny poślizg wzdłużny danego koła, w skrajnym przypadku mogący osiągnąć wartość równą 100 %. Jest to zjawisko bardzo niekorzystne, ponieważ

¹ Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska, Instytut Mechatroniki, ul. Tymona Terleckiego 4, 37-700 Przemyśl, adamwos@wp.pl

² Politechnika Łódzka, Zakład Pojazdów, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, tel. 42 636 55 22 w. 2400, andrzej.szosland@p.lodz.pl

obniża lub wręcz uniemożliwia możliwość ruszania z miejsca pojazdu, zmniejsza dynamikę podczas przyspieszania oraz może doprowadzić do utraty stateczności ruchu pojazdu. Zastosowanie urządzenia kontroli poślizgu kół napędowych (w skrócie ASR) zapewnia utrzymanie odpowiedniej wartości siły obwodowej występującej w obszarze styku koła napędowego z nawierzchnią drogi podczas pojawienia się momentu napędowego na kołach pojazdu.

W niniejszej pracy przedstawiono ideę działania oraz prototypowe rozwiązanie konstrukcyjne urządzenia ASR, korzystające z budowy, funkcji i działania pneumatycznego układu hamulcowego jak również wykorzystania regulacji silnikowej.

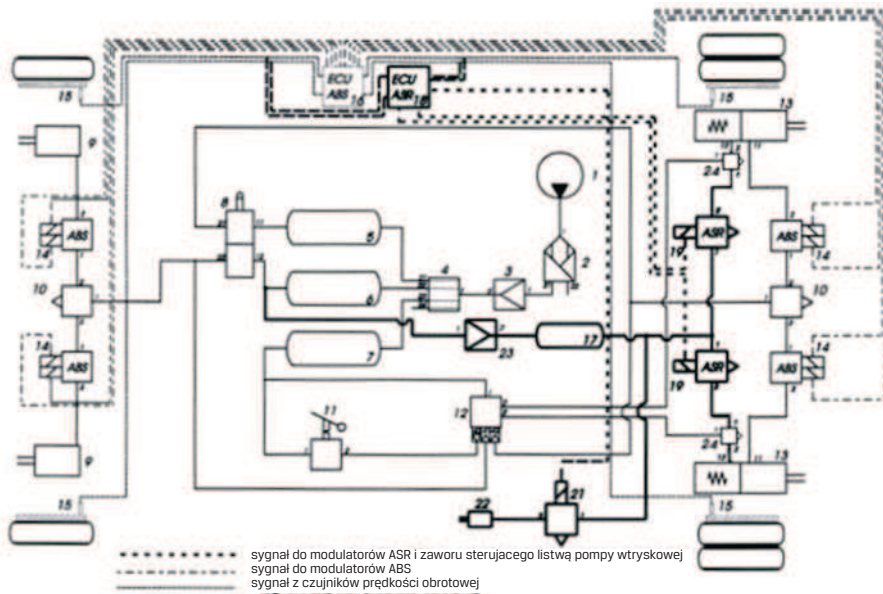
Konstrukcja urządzenia ASR może pracować w systemie nakładkowym, a więc będzie mogła mieć zastosowanie nawet w obecnie eksploatowanych pojazdach wyposażonych w pneumatyczny układ hamulcowy, dodatkowo będzie mogła współdziałać z regulacją silnikową redukującą moment napędowy pojazdu. Przewiduje się oparcie rozwiązania na typowych elementach występujących w aktualnie eksploatowanych pojazdach.

Efekty pracy obejmują wykonanie prototypu urządzenia na bazie opracowanej konstrukcji. Przedstawiane urządzenie zostało poddane weryfikacji za pomocą: symulacji komputerowej, badań stanowiskowych oraz badań drogowych.

2. Koncepcja urządzenia kontroli poślizgu kół napędowych

Istotnym czynnikiem warunkującym właściwe działanie urządzenia ASR jest szybkość reakcji urządzenia na wystąpienie nadmiernego poślizgu koła napędowego. Dopuszczenie do zbyt dużej prędkości obwodowej koła przyspieszanego prowadzi bowiem do dużego spadku współczynnika przyczepności, co z kolei skutkuje dalszym spadkiem siły napędowej samochodu. Ponadto zbyt późne przyhamowanie koła przyspieszanego powoduje wystąpienie dużych obciążeń dynamicznych w układzie napędowym pojazdu. W samochodach ciężarowych stosuje się nawet z powodu zbyt niskiej szybkości działania, a więc niskiej skuteczności urządzenia ASR, blokadę mechanizmu różnicowego mostu napędowego. Głównym celem koncepcji urządzenia ASR jest właśnie zwiększenie szybkości działania urządzenia ASR, jako podstawowego parametru wpływającego na skuteczność tego urządzenia. Dodatkową ważną zaletą nowej konstrukcji jest wyeliminowanie ingerencji urządzenia ASR w obwód hamulca zasadniczego co niewątpliwie podnosi bezpieczeństwo podczas hamowania.

W dotychczas występujących rozwiązaniach urządzeń ASR moment hamujący uzyskiwany jest poprzez uruchamianie części membranowej siłownika membranowo-sprężynowego układu hamulcowego tylnych kół napędowych. Działanie proponowanego urządzenia ASR polega na uruchomieniu hamulca postojowego (awaryjnego) włączanego za pomocą dwustanowego modulatora sterowanego elektronicznym modułem sterującym. Istotą prezentowanego rozwiązania jest zastosowanie siłownika tłokowo-sprężynowego jako elementu wykonawczego w urządzeniu kontroli poślizgu. Powyższe założenia mogą zostać zrealizowane w odniesieniu do samochodów ciężarowych, autobusów lub innych pojazdów w których występuje pneumatyczny układ hamulcowy.



Rys. 1. Schemat pneumatycznego układu hamulcowego zawierający urządzenie ABS oraz nową konstrukcję urządzenia ASR.

Elementy przedstawione na rysunku opisane są w tabeli.

Poz.	Ilość	Nazwa
1	1	Sprężarka
2	1	Osuszacz powietrza z regulatorem
3	1	Reduktor ciśnienia 0.8 MPa
4	1	Zawór zabezpieczający czteroobwodowy
5	1	Zbiornik 40 dm ³ obwód główny oś tylna
6	1	Zbiornik 40 dm ³ obwód główny oś przednia
7	1	Zbiornik 20 dm ³ obwód hamulca pomocniczego
8	1	Główny zawór hamulcowy
9	2	Cylinder tłokowy
10	2	Zawór przyspieszający odhamowanie
11	1	Zawór hamulcowy ręczny
12	1	Zawór przełącznikowy
13	2	Siłownik membranowo-sprężynowy
14	3	Modulator ABS
15	4	Czujnik prędkości obrotowej koła
16	1	ECU ABS
17	1	Zbiornik 20 dm ³ dla układu ASR
18	1	ECU ASR
19	2	Modulator ASR
20	2	Zawór dwudrożny
21	1	Zawór sterujący siłownikiem listwy zębatej silnika
22	1	Siłownik ustawiający listwę pompy wtryskowej
23	1	Reduktor ciśnienia 0.6 MPa
24	2	Zawór sterująco - przełącznikowy

Zasada ta jest odmienna od obecnie istniejących urządzeń ASR, gdzie uruchamiany jest hamulec zasadniczy.

Rysunek 1 przedstawia schemat pneumatycznego układu hamulcowego samochodu ciężarowego zawierającego urządzenie ABS oraz nową konstrukcję urządzenia kontroli poślizgu kół napędowych ASR.

W skład konstrukcji urządzenia wchodzi następujące podstawowe elementy:

- zbiornik sprężonego powietrza ASR (oznaczenie 17),
- modulator ASR (oznaczenie 19),
- zawór sterująco-przełącznikowy (oznaczenie 24),
- siłownik hamulcowy membranowo – sprężynowy (oznaczenie 13),
- reduktor ciśnienia (oznaczenie 23),
- elektroniczny zespół sterujący (oznaczenie 18).

Działanie urządzenia ASR polega na uruchamianiu części sprężynowej siłownika hamulcowego kół tylnych (pełniące w normalnych warunkach bez ingerencji urządzenia ASR rolę hamulca postojowego lub awaryjnego). Natomiast podczas regulacji ASR uruchamianie części sprężynowej siłownika następuje w następujący sposób: w oparciu o logikę algorytmu sterowania, sygnał elektryczny wypracowany przez elektroniczny zespół sterujący ECU ASR 18 powoduje włączenie dwustanowego modulatora ASR 19 zasilanego ze zbiornika sprężonego powietrza 17. Na wyjściu modulatora pojawi się sygnał pneumatyczny, który podany jest na wejście sterujące 4 zaworu sterująco-przełącznikowego 24. Wysterowany zawór sterująco-przełącznikowy powoduje odpowietrzanie części tłokowo – sprężynowej siłownika hamulcowego 13. Siła rozprężanej sprężyny skutkuje pojawieniem się siły na tłoczysku co w konsekwencji powoduje wystąpienie momentu hamującego na odpowiednim kole napędowym, a to z kolei zmniejsza poślizg koła napędowego i zwiększa własności trakcyjne kół napędowych. Jeżeli zaniknie sygnał sterujący, modulator ASR 19 powróci do stanu normalnie zamkniętego, zaniknie sygnał pneumatyczny sterujący zaworem sterująco-przełącznikowym 24, wówczas poprzez ten zawór nastąpi napowietrzenie komory sprężynowo- tłokowej siłownika 13 – sprężyna zostanie ściśnięta i koło zostanie odhamowane.

3. Badania prototypu urządzenia ASR

Aby sprawdzić poprawność przedstawionego rozwiązania zostały przeprowadzone następujące badania:

- symulacyjne,
- stanowiskowe,
- drogowe.

3.1. Badania symulacyjne

W badaniach tych pojazd został zastąpiony modelem składającym się ze zbioru brył sztywnych, dla którego przyjęto typowe założenia upraszczające.

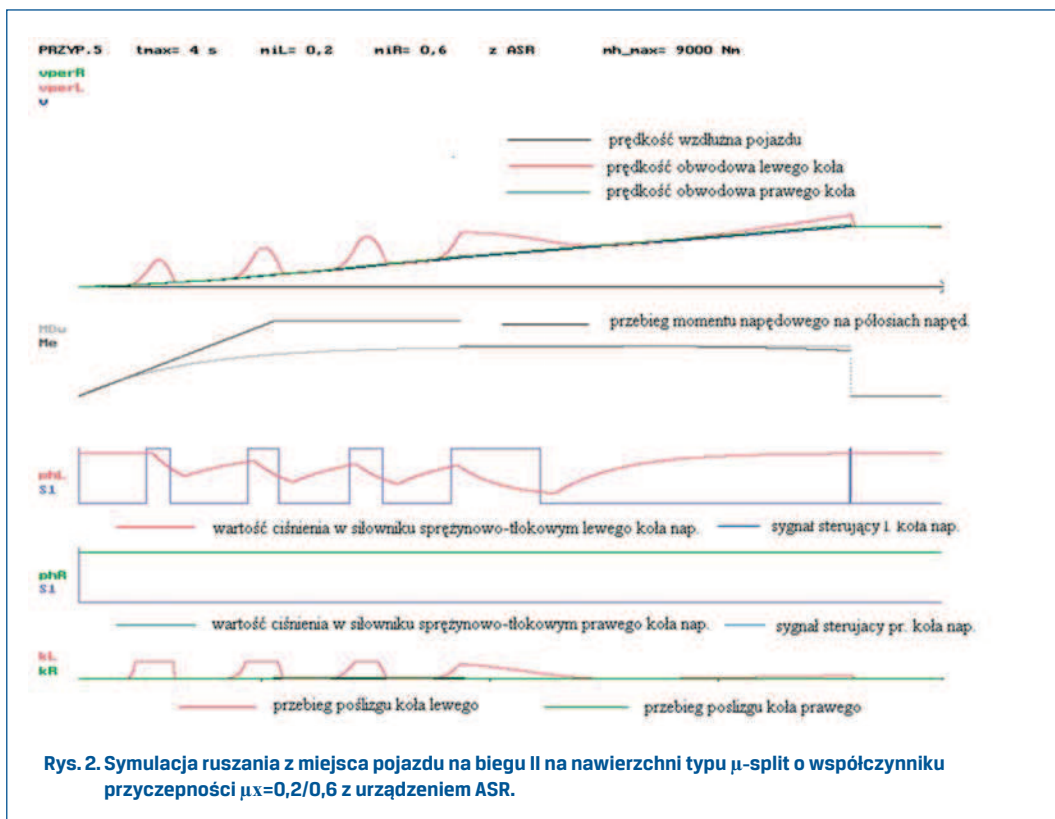
Opracowano algorytm funkcjonowania prototypu urządzenia ASR.

Badania symulacyjne ruchu pojazdu z prototypem urządzenia ASR przeprowadzono w celu uzyskania przebiegów czasowych wartości następujących wielkości:

- prędkości pojazdu,
- prędkości obwodowej kół napędowych,
- ciśnienia w siłowniku hamulcowym,
- poślizgu kół napędowych,
- przebiegi impulsów sterujących pracą zaworów ASR.

Z przeprowadzonych obliczeń optymalizacyjnych wynika, że podczas pracy ASR nie ma potrzeby w pełni odpowietrzać część tłokowo-sprężynową siłownika. Wystarczy obniżyć ciśnienie do rzędu 0,37 MPa, aby uzyskać odpowiedni moment hamujący zapewniający właściwy efekt działania urządzenia ASR. Jest to korzystne ze względu na obniżenie zapotrzebowania energetycznego oraz zwiększenia szybkości działania ASR.

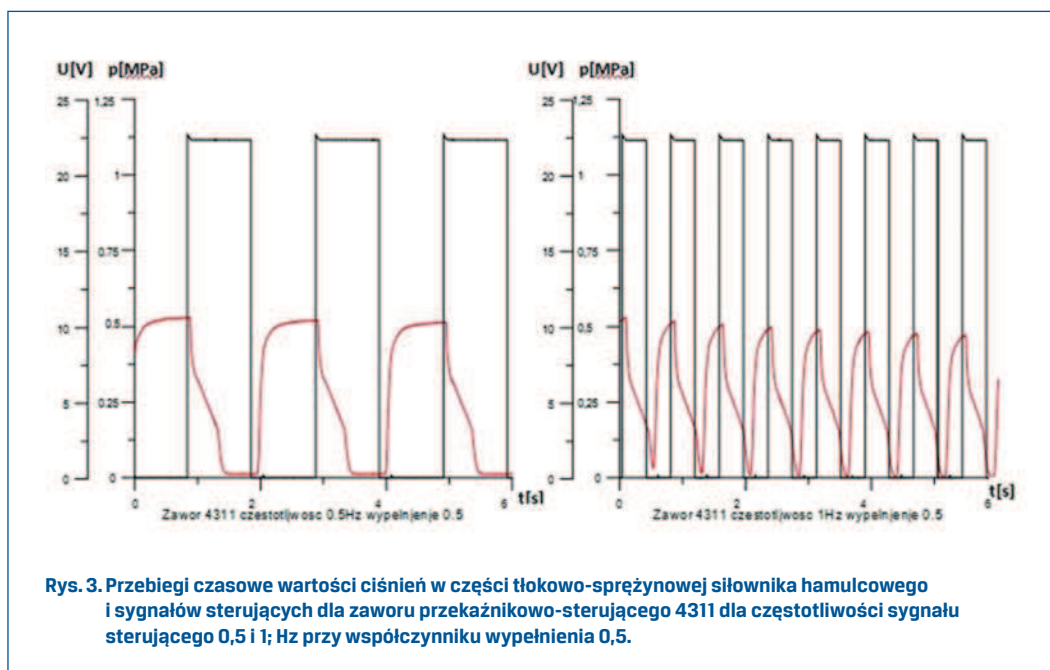
Na bazie przeprowadzonej symulacji oraz otrzymanych w jej wyniku wartości parametrów została przeprowadzona optymalizacja parametrów związanych z procesem funkcjonowania prototypu urządzenia. Na rysunku 2 został przedstawiony przykładowy przebieg symulacji dla tak wyznaczonych parametrów urządzenia.



3.2. Badania stanowiskowe

W oparciu o zrealizowane badania symulacyjne zbudowano wersję prototypową urządzenia. Przedstawiony prototyp wymagał przeprowadzenia badań stanowiskowych tego urządzenia. W tym celu została opracowana metodyka badań, a następnie przeprowadzono je na stacjonarnym stanowisku badawczym. Do badań tych zostało wykorzystane funkcjonujące już stanowisko badawcze zaprojektowane i wykonane w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej.

Na rysunku 3 zostały przedstawione przykładowe wykresy przebiegów wielkości mierzonych w funkcji czasu uzyskane podczas badań stanowiskowych prototypu urządzenia ASR.



Rys. 3. Przebiegi czasowe wartości ciśnień w części tłokowo-sprężynowej siłownika hamulcowego i sygnałów sterujących dla zaworu przełącznikowo-sterującego 4311 dla częstotliwości sygnału sterującego 0,5 i 1; Hz przy współczynniku wypełnienia 0,5.

3.3. Badania drogowe

Uzyskane pozytywne wyniki badań symulacyjnych oraz stanowiskowych umożliwiły zaimplementowanie prototypu urządzenia w samochodzie ciężarowym marki Jelcz 317 W.

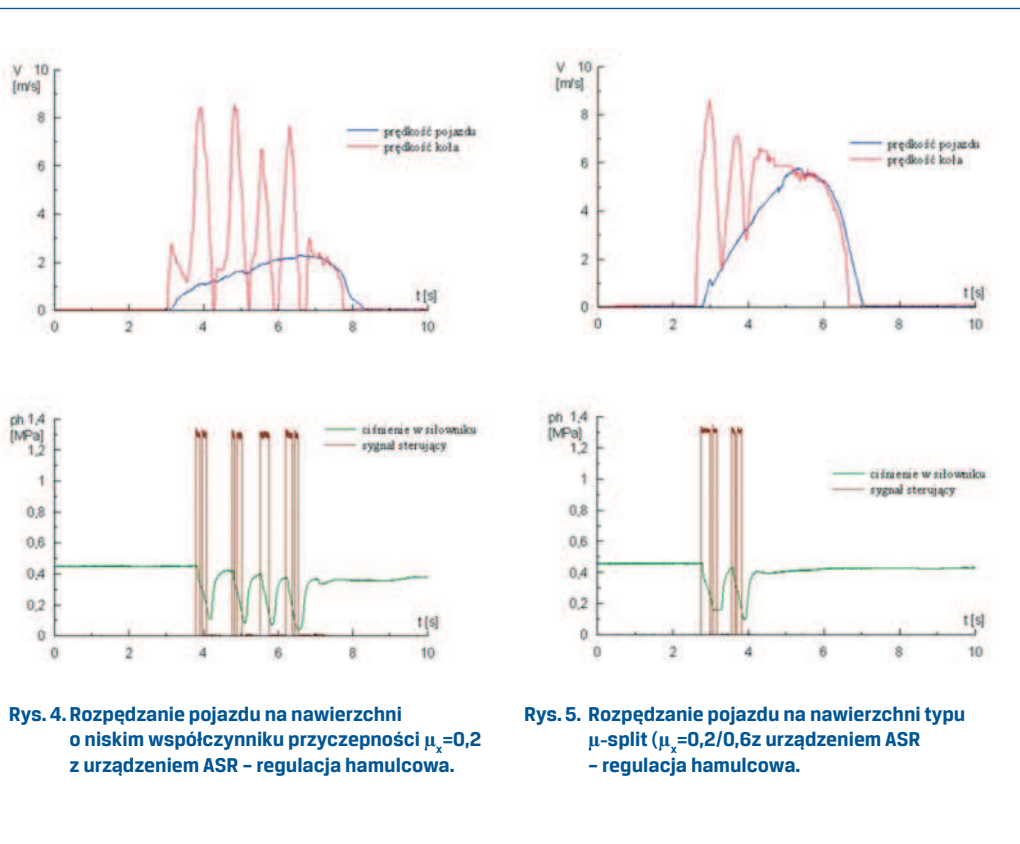
Badania drogowe zostały przeprowadzone na torze badawczym o nawierzchni posiadającej współczynnik przyczepności $\mu_x=0,2/0,6$ przy użyciu samochodu ciężarowego Jelcz 317 w wersji ciągnika siodłowego, należącego do Katedry Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej.

Podczas badań aparatura pomiarowa zainstalowana w pojeździe badawczym znajdującym się w ruchu zarejestrowała przebiegi w funkcji czasu następujących wielkości:

- prędkości liniowej środka masy pojazdu,
- prędkości obwodowej koła lewego i prawego osi napędowej,
- ciśnienia w komorze tłokowo-sprężynowej siłowników hamulcowych osi napędowej,
- sygnałów sterujących zaworami ASR.

Przykładowe przebiegi mierzonych i zarejestrowanych wielkości podczas prób drogowych zostały przedstawione na rysunkach 4 i 5.

Uzyskane wyniki pokazały, że regulacja urządzenia ASR w przypadku nawierzchni jednorodnej o niskim współczynniku przyczepności powoduje zmniejszenie wartości średniej poślizgu kół napędowych, rozumianego jako stosunek różnicy pomiędzy prędkością obwodową koła i prędkością pojazdu do prędkości obwodowej koła, o ok. 20 w stosunku do średniej wartości poślizgu kół napędowych pojazdu bez urządzenia ASR. W przypadku regulacji urządzenia ASR podczas rozpędzania pojazdu na nawierzchni μ -split obniżona została średnia wartość poślizgu koła napędowego jadącego po nawierzchni o współczynniku przyczepności wzdłużnej $\mu=0.2$ o ok.40 procent. Wpłynęło to na znaczące zwiększenie przyspieszenia pojazdu.



4. Wnioski końcowe

Przedstawione etapy związane z opracowaniem nowej koncepcji pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wyniki badań symulacyjnych oraz przeprowadzona optymalizacja potwierdziły poprawność opracowanego modelu i algorytmu przedstawionej konstrukcji urządzenia.
2. W oparciu o wyniki badań symulacyjnych możliwe było wykonanie prototypu urządzenia z zastosowaniem typowych elementów pneumatyki hamulcowej.
3. Otrzymane wyniki badań stanowiskowych prototypu odpowiadają wymogom zapisanym w Regulaminie nr 13 EKG ONZ.
4. Badania drogowe potwierdziły poprawność działania prototypu.
5. Próby drogowe wykazały że badany prototyp dobrze pracuje w systemie nakładkowym pneumatycznego układu hamulcowego również może współpracować z regulacją siłnikową momentu napędowego pojazdu.

Uzyskane wyniki i nabyte doświadczenie w trakcie realizowania pracy pozwalają na sformułowanie następujących wniosków na przyszłość:

1. Celowe są prace poszukujące elementów pneumatycznych nowej generacji sterowanych elektrycznie o krótszej zwłóce i większej szybkości działania.
2. Należy prowadzić prace nad optymalnym rozmieszczeniem elementów przekaźnikowo-sterujących w instalacji pneumatycznej, aby zwiększyć skuteczność działania urządzenia ASR.
3. Podczas dalszych prac nad tą koncepcją urządzenia ASR należy badać wpływ wartości średnic i długości pneumatycznych przewodów sterujących na jakość pracy urządzenia.
4. Należałoby zbadać wpływ zaworu szybkiego spustu, współpracującego z zaworem przekaźnikowo-sterującym, aby odpowiedzieć na pytanie, czy możliwe jest w ten sposób zwiększenie szybkości działania urządzenia.
5. Należy prowadzić badania optymalizujące wartość ciśnienia sterującego zaworem przekaźnikowo-sterującym.
6. Również należy prowadzić prace nad poszukiwaniem szerszego zastosowania opracowanej nowej konstrukcji urządzenia ASR w innych pojazdach oraz maszynach roboczych posiadających pneumatyczny układ hamulcowy.

Literatura

- [1] BŁASIŃSKI W., SZOSLAND A.: *Ocena działania zespołów ABS i ASR w pojeździe*. KONMOT, Kraków 1996.
- [2] BURCKHARD M.: *Fahrwerktechnik: Bremsdynamik und Pkw-Bremsanlagen*. Vogel Buchverlag, Würzburg 1991.
- [3] BURCKHARDT M.: *Fahrwerktechnik: Radschlupf-Regelsysteme*. Vogel Buchverlag, Würzburg 1993.
- [4] DORISEN H.T., HOVER N.: *Antriebsschlupfregelung (ASR) - Ein Beitrag zur aktiven Fahrsicherheit*. ATZ 95, 1993.
- [5] GOŁASZEWSKI A., SURMIŃSKI K., SZOSLAND A.: *ASR dla pojazdów z pneumatycznym układem uruchamiania hamulców*. Konferencja Hamulcowa 2001, Łódź 2004.
- [6] GRZEGOŹEK W.: *Modelowanie dynamiki samochodu przy stabilizującym sterowaniu siłami hamowania*. Monografia, Kraków 2000.
- [7] PROCHOWSKI L., ŻUCHOWSKI A.: *Samochody ciężarowe i autobusy*. WKiŁ, Warszawa 2004.
- [8] REŃSKI A.: *Budowa samochodów: układy hamulcowe i kierownicze oraz zawieszenia*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
- [9] SURMIŃSKI K.: *Metoda badań urządzeń ABS/ASR*. Praca Doktorska, Politechnika Łódzka, 2004.
- [10] SURMIŃSKI K., SZOSLAND A.: *Koncepcja ASR jako rozszerzenie sterowania ruchem pojazdu*. VI Międz. Symp. 'Dokształcanie Konstrukcji oraz Metod Eksploatacji Pojazdów Mechanicznych' Warszawa 1996
- [11] SURMIŃSKI K., SZOSLAND A.: *Zastosowanie techniki komputerowej w badaniach drogowych pojazdu*. Konferencja Hamulcowa '91, Łódź 1991.
- [12] SZCZEPANIAK C., GOŁASZEWSKI A., SURMIŃSKI K., SZOSLAND A.: *ASR dla pojazdów z pneumatycznym układem uruchamiania hamulców*. Zeszyty Naukowo-Techniczne "Problemy Bezpieczeństwa w Pojazdach Samochodowych", Kielce 2002.
- [13] SZCZEPANIAK C., KOSSOWSKI Z., SURMIŃSKI K., SZOSLAND A.: *Stanowisko symulacyjne do badań urządzeń ABS i ASR*. Konf. 'Problemy Bezpieczeństwa w Pojazdach Samochodowych' cz. II Kielce 1998.
- [14] SZCZEPANIAK C., SZOSLAND A., SURMIŃSKI K.: *Prace nad rozwojem urządzeń ABS i ASR prowadzone w Instytucie Pojazdów Politechniki Łódzkiej*. Archiwum Motoryzacji 1 -2/2001.
- [15] SZOSLAND A.: *Integracja urządzeń ABS i ASR w pojeździe*. PAN Teka Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji, zeszyt. 8, 1996.
- [16] WRZESIŃSKI T.: *Hamowanie pojazdów samochodowych*. WKiŁ, Warszawa 1978.
- [17] Katalog wyrobów Polmot Praszka S.A. 1996.