

Article citation info:

Caban A, Kidawski A, Włodarczyk A. Synchronization of the braking of heavy tractor-trailer and tractor-semitrailer units: operational problems. The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji. 2017; 77(3): 17-29, <http://dx.doi.org/10.14669/AM.VOL.77.ART2>

Synchronizacja hamowania zespołów pojazdów ciężkich – problemy eksploatacyjne

Andrzej Caban¹, Antoni Kidawski², Andrzej Włodarczyk³

Przemysłowy Instytut Motoryzacji (PIMOT)

Streszczenie

Bezpieczeństwo na drogach, w dużym stopniu, uzależnione jest od stanu technicznego uczestniczących w ruchu pojazdów, dla których poprawność działania układów hamulcowych odgrywa kluczową rolę. Ma to szczególne znaczenie w przypadku najcięższych, szybko poruszających się pojazdów, a zwłaszcza zespołów: pojazd ciągnący i przyczepa lub naczepa. Oprócz prawidłowego działania układu hamulcowego każdego ze składników takiego zespołu, ważną rolę odgrywa również właściwa synchronizacja ich hamowania. Obowiązujące przepisy nie wymagają jej kontroli, podczas okresowych badań technicznych eksploatowanych pojazdów. W niniejszym opracowaniu opisano powyższy problem dotyczący zwłaszcza pojazdów starszych, negatywne zjawiska z nim związane oraz możliwości dokonywania odpowiednich korekt, w przypadku stwierdzenia nieprawidłowości. W wyniku postępu technicznego, coraz więcej pojazdów wyposażonych jest obecnie w zaawansowane układy hamulcowe EBS (Electronic Braking System), dla których problem synchronizacji hamowania zespołów pojazdów został w dużym stopniu rozwiązany. Często jednak niewielkie regulacje, także w tym przypadku, bywają wskazane. Ważne jest jednak podkreślenie, że dla wykonania odpowiedniej korekty konieczne jest profesjonalne oprzyrządowanie, a przede wszystkim fachowa wiedza pracowników obsługi technicznej.

Słowa kluczowe: hamowanie, zestaw, synchronizacja, skuteczność, zużycie

1. Wstęp

¹ Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Laboratorium Hamulców, ul. St. Dubois 110, 93-465 Łódź, Polska; e-mail: a.caban@pimot.eu

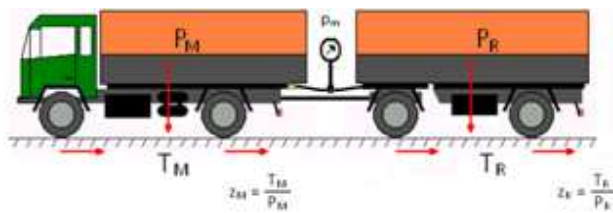
² Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Laboratorium Hamulców, ul. St. Dubois 110, 93-465 Łódź, Polska; e-mail: a.kidawski@pimot.eu

³ Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Laboratorium Hamulców, ul. St. Dubois 110, 93-465 Łódź, Polska; e-mail: a.wlodarczyk@pimot.eu

Jednym z podstawowych czynników decydującym o bezpieczeństwie ruchu drogowego jest poprawny stan techniczny pojazdów, dla których ważną rolę odgrywa sprawność układów hamulcowych. Szczególne zagrożenia mogą być spowodowane nieprawidłowościami w funkcjonowaniu hamulców najcięższych, obecnie szybko poruszających się pojazdów, w tym zwłaszcza ich zespołów: pojazd ciągnący i przyczepa lub naczepa. Zgodnie z obowiązującymi przepisami, każdy z uczestniczących w ruchu drogowym pojazdów powinien przechodzić okresową kontrolę techniczną, weryfikującą jego zdolność do dalszej, bezpiecznej eksploatacji. Stwierdzony przez pracownika stacji kontroli „prawidłowy”, to znaczy zgodny z aktualnymi wymaganiami, stan techniczny pojazdu ciągnącego oraz ciągniętego, potwierdzony odpowiednim wpisem w dokumentach, pozwala na ich dalsze użytkowanie. Nie daje jednak gwarancji poprawnej współpracy hamulców ciągnika i przyczepy lub naczepy. Pojawia się tu problem odpowiedniej synchronizacji hamulców obydwu, tworzących zespół, pojazdów. Brak jest obecnie przepisów wymagających od pracowników stacji diagnostycznych wykonania takiego sprawdzenia. Jednocześnie ocena aktualnego stanu synchronizacji przeprowadzona dla konkretnego zespołu pojazdów, połączona z ewentualną korektą ciśnień hamowania, nie byłaby wystarczająco skuteczna w przypadku, często występującej, wymienności pojazdów w zespołach. Po dokonaniu zmiany należałoby ponawiać badania i regulacje. Idealnym byłoby więc dopuszczanie do ruchu tylko zestawów o określonej, sprawdzonej technicznie, kompletacji.

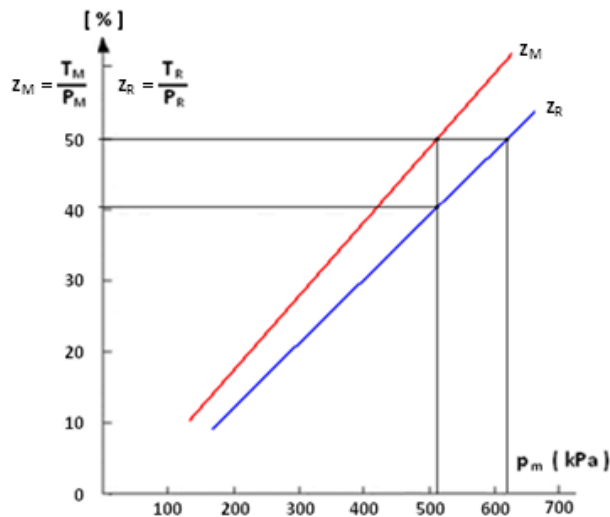
2. Badanie skuteczności hamowania pojazdów wchodzących w skład zespołu

Podczas okresowych badań technicznych hamulców pojazdu ciągnącego, sprawdzana jest przede wszystkim skuteczność działania hamulca roboczego. Według obecnie obowiązujących przepisów (Dz.U. 2016 poz. 2022 Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 27 października 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia), dla pojazdów zarejestrowanych po raz pierwszy po 28 lipca 2010, tzw. wskaźnik skuteczności hamowania (stosunek sumy sił hamowania wszystkimi kołami pojazdu do jego ciężaru wynikającego z dopuszczalnej masy całkowitej $z_M = T_M / P_M$ - rys. 1) powinien osiągnąć wartość co najmniej 0,5 (50%). W przypadku bardzo sprawnych hamulców, skuteczność taka może być osiągnięta przy dostarczeniu stosunkowo niedużych ciśnień do siłowników hamulcowych, znacznie niższych niż możliwe do uzyskania przy pełnym wciśnięciu pedału hamulca.



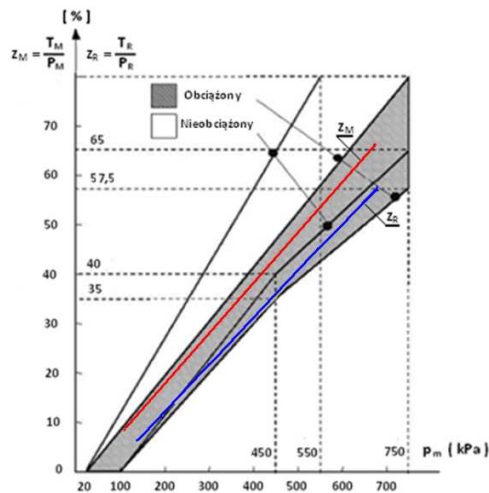
Rys. 1. Wskaźniki skuteczności hamowania pojazdów tworzących zespół

Dla pojazdów ciągniętych, wymagane wskaźniki skuteczności hamowania $z_R = T_R/P_R$ (rys. 1) wynoszą 50% dla przyczep oraz 45% dla naczep. Podczas badań pojazdu ciągniętego, o relatywnie słabszych hamulcach, osiągnięcie wymaganej skuteczności z_R będzie także możliwe, lecz może wymagać dostarczenia do siłowników znacznie wyższych, ale jeszcze dostępnych ciśnień. Taka przyczepa także uzyska pełną aprobatę diagnosty. Po połączeniu powyżej opisanych pojazdów w zespół, podczas każdego z hamowań, wystąpi zjawisko „najeżdżania” pojazdu ciągniętego na ciągnący z siłą zależną m. in. od intensywności hamowania oraz różnicy wartości wskaźników skuteczności hamowania każdego z pojazdów. Podczas okresowych badań technicznych pojazdów, zgodnie z obowiązującymi przepisami (Dz.U.2015 poz. 776 Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju” z dnia 21 kwietnia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz wzorów dokumentów stosowanych przy tych badaniach), diagnosta powinien sprawdzić: przy jakim ciśnieniu w siłownikach osiągnąca jest wymagana skuteczność? Nie są jednak określone dopuszczalne wartości użytych ciśnień. W praktyce, powyższy pomiar służy jedynie umożliwieniu obliczeniowego ustalenia możliwej do uzyskania skuteczności hamowania, ponieważ zmierzona skuteczność, z powodu poślizgu kół już przy niskich ciśnieniach hamowania, okazuje się niewystarczająca. Na rys. 2 przedstawione są, ilustrujące opisaną powyżej niezgodność, przykładowe przebiegi charakterystyk hamowania $z_M = f(p_m)$ i $z_R = f(p_m)$, tworzących zespół: samochodu ciężarowego i przyczepy w stanie pełnego obciążenia. Symbol p_m oznacza ciśnienie w przewodzie sterującym hamulcami przyczepy.



Rys. 2. Przykład nieprawidłowej synchronizacji ciągnika i przyczepy

Przebieg charakterystyk wskazuje na uzyskiwanie prawidłowych, zgodnych z przepisami, skuteczności hamulców przez obydwie pojazdy (wartości wskaźników „z” powyżej 50%). Wskaźnik $z_M = 50\%$ uzyskiwany jest przez pojazd ciągnący wówczas, gdy w jego przewodzie sterującym hamulcami przyczepy występuje ciśnienie $p_m \approx 510$ kPa. Aby przyczepa uzyskała wskaźnik hamowania z_R o takiej samej wartości, potrzebne jest przesłanie do niej, przewodem sterującym, ciśnienia $p_m \approx 620$ kPa. Z analizy charakterystyk wynika również, że w przypadku uruchomienia hamowania, przy którym ciśnienie sterujące hamulcami przyczepy wynosi $p_m \approx 510$ kPa, ciągnik uzyskałby wskaźnik $z_M = 50\%$, podczas gdy przyczepa już tylko $z_R = 40\%$. W przypadku połączenia tych pojazdów w zespół, z powodu relatywnie słabszych hamulców przyczepy, podczas każdego z hamowań, wystąpi niepożądany nacisk przyczepy na pojazd ciągnący. W opisywanym przypadku ($p_m \approx 510$ kPa) powyższa siła uzyskałaby wartość ok. 10% ciężaru przyczepy. Nacisk na ciągnik, o tak znacznej wartości, będzie powodować pogorszenie stabilności podczas hamowania, a w skrajnych przypadkach może doprowadzić do powstania bardzo niebezpiecznego zjawiska „łamania” się zespołu pojazdów. Jak wynika z powyższego opisu, groźne nieprawidłowości w synchronizacji hamowania zespołu pojazdów, mogą się pojawiać pomimo stwierdzenia dobrego, zgodnego z przepisami, stanu technicznego osobnych pojazdów. Praktycznie, te nieprawidłowości mogą być identyfikowane wyłącznie przez kierowców, na podstawie ich subiektywnych odczuć. Łatwiejszy do stwierdzenia jest nacisk przyczepy na ciągnik, przede wszystkim podczas silnych hamowań. Natomiast relatywnie skuteczniejsze hamowanie pojazdu ciągniętego, zwłaszcza gdy różnica skuteczności nie jest duża, dając większy komfort jazdy, wykrywane jest często dopiero na podstawie analizy zużycia okładzin ciernych w obydwu składnikach zespołu. W przypadku stwierdzenia nieprawidłowej synchronizacji hamulców możliwa jest korekta, ale dla jej wykonania potrzebne jest odpowiednie oprzyrządowanie a przede wszystkim fachowa wiedza pracowników obsługi technicznej. Często zdarzającym się błędem, jaki popełniają serwisy techniczne, są próby „dopasowywania” hamulców pojazdów zespołu bez wcześniejszej analizy skuteczności hamowania każdego z osobna, aby stwierdzić, który z nich „odpowiada” za nieprawidłowości. Taka regulacja poprawia wprawdzie synchronizację, ale tylko w konkretnym zespole pojazdów. Ze względu na wymiennosc pojazdów w ich zespołach (czasem bardzo częstą), można doprowadzić do powstania jeszcze większej asymetrii po dokonanej zmianie kompletacji. Każdorazowe przeprowadzanie synchronizacji dla nowo powstałego zespołu nie jest praktycznie możliwe. Ponieważ problem dopasowania hamulców pojazdów w zespołach jest bardzo istotny, został uwzględniony w procedurze badań homologacyjnych, przeprowadzanych dla pojazdów nowych, sprawdzanych na zgodność z wymaganiami Regulaminu nr 13 EKG ONZ - Jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów kategorii M, N i O w zakresie hamowania. Dokument ten przedstawia m. in. wymóg zawierania się charakterystyk hamowania pojazdów ciągnących $z_M = f(p_m)$ i ciągniętych $z_R = f(p_m)$, dla stanu z obciążeniem i bez obciążenia, w określonych polach tolerancji, nazywanych „korytarzami dopasowania”.



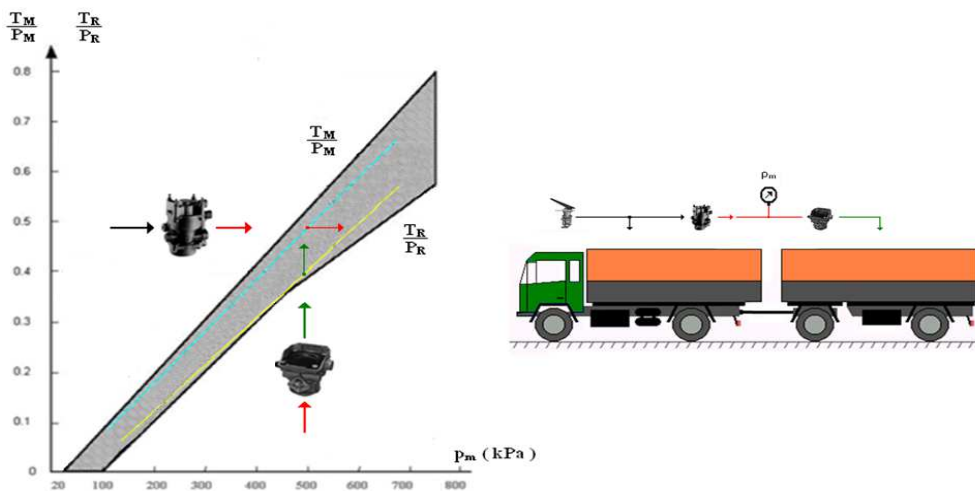
Rys. 3. Pola tolerancji dla charakterystyk hamowania wg Regulaminu nr 13 EKG ONZ

Na rys 3. zostały przedstawione takie „korytarze” dla samochodu ciężarowego i przyczepy (dla tych pojazdów pokrywają się) oraz przykładowe charakterystyki hamowania przeniesione z rys 2. Obydwie charakterystyki mieszczą się w polu tolerancji, więc nie występuje niezgodność z wymaganiami obowiązujących przepisów homologacyjnych. Mimo tej poprawności, nie można powiedzieć, z podanych wcześniej przyczyn, że hamowanie zespołu jest optymalnie bezpieczne. Dla polepszenia synchronizacji należałoby doprowadzić do zbliżenia się do siebie charakterystyk hamowania, a najlepiej do całkowitego ich pokrywania się. Powodem niezgodności charakterystyk w zespole pojazdów używanych, może być także eksploatacyjne zużycie składników układów hamulcowych, jak też ich awarie. Po usunięciu wszelkich nieprawidłowości można dokonać synchronizacji, korzystając z odpowiednio zmodyfikowanych metod, stosowanych podczas badań homologacyjnych, wg wymagań Regulaminu nr 13 EKG ONZ.

3. Synchronizacja hamowania w zespołach pojazdów z układami hamulcowymi bez EBS

W zespołach pojazdów wyposażonych w powietrzne układy hamulcowe, bez elektronicznego sterowania (EBS), nieprawidłowości w synchronizacji można poprawić na dwa sposoby. Pierwszy z nich, to zmiana wielkości ciśnienia w przewodzie sterującym hamulcami przyczepy (p_m), przy nie zmienionym ciśnieniu hamowania ciągnika, za pomocą zaworu znajdującego się na pojeździe ciągnącym (rys. 4). Drugi, to zmiana ciśnienia hamowania pojazdu ciągniętego, w stosunku do dostarczanego do niego ciśnienia sterującego (p_m), za pomocą zaworu znajdującego się na przyczepie lub naczepie. W obydwu przypadkach dostępny jest dość duży zakres regulacji. Przykładowo, odpowiednie ustawienie obydwu zaworów, w pojazdach w pełni obciążonych (przy braku korekcji ciśnień przez regulatory siły hamowania), umożliwia uzyskanie ciśnienia w siłownikach przyczepy większe o ponad 200 kPa od ciśnienia hamowania pojazdu ciągnącego.

Tak duże „pole manewru”, umożliwia skuteczną synchronizację, ale powoduje także pewne niebezpieczeństwa. Zbyt mała wiedza mechanika lub mało zaawansowane technicznie wyposażenie stanowiska pracy mogą prowadzić do powstania nieprawidłowości skutkujących pogorszeniem bezpieczeństwa podczas hamowania, przyspieszonym zużyciem lub nawet uszkodzeniem elementów mechanizmów hamujących. Mechanik, który otrzymał polecenie przeprowadzenia synchronizacji hamulców zespołu pojazdów, z powodu „najeżdżania” przyczepy bądź naczepy na ciągnik, zmuszony jest do podejmowania decyzji, przy pomocy którego z opisywanych powyżej zaworów należy dokonać regulacji. W przypadku dokonania regulacji zaworem znajdującym się w ciągniku, nastąpi zwiększenie ciśnienia (skuteczności) hamowania ciągnika. W konsekwencji tego nastąpi „przesunięcie” charakterystyki hamowania ciągnika $z_M = f(p_m)$ w prawo (rys. 4). Dla regulacji z użyciem zaworu umieszczonego w pojeździe ciągniętym uzyskiwany jest wzrost skuteczności hamowania tym pojazdem przy nie zmienionym ciśnieniu p_m . Prowadzi to do „przesunięcia” charakterystyki $z_R = f(p_m)$ w górę.



Rys. 4. Możliwości synchronizacji zespołu pojazdów

W omawianym przypadku, każdy z powyższych sposobów prowadziły do zbliżenia się do siebie charakterystyk, a w konsekwencji poprawy poziomu synchronizacji hamulców. Podjęcie poprawnej decyzji, dotyczącej miejsca przeprowadzenia regulacji, wymaga wcześniejszego ustalenia przebiegu charakterystyk hamowania dla obydwu pojazdów. Jest to możliwe do wykonania przy użyciu rolkowego stanowiska do badania hamulców, przez kolejne uruchamianie hamulców wszystkich osi pojazdów, ciągnącego i ciągniętego, przy ustalonych wartościach ciśnień w przewodzie sterującym hamulcami przyczepy p_m - wskazywanych przez dołączony do tego przewodu manometr. Uzyskana łączna siła hamowania wszystkimi osiami pojazdu, podzielona przez jego ciężar, określa wartość wskaźnika skuteczności hamowania, uzyskanego przy danej

wartości p_m i określonym ciężarze pojazdu. Tak ustalone wartości stanowią współrzędne, kolejno, każdego z punktów charakterystyk hamowania pojazdu ciągnącego i ciągniętego:

$$z_M = T_M / P_M = f(p_m) \text{ lub } z_R = T_R / P_R = f(p_m)$$

Po wykonaniu badań i późniejszych prostych obliczeń, wyznaczone charakterystyki powinny zostać naniesione na określone przepisami „korytarze dopasowania”. W ten sposób możliwa jest obiektywna weryfikacja odczuć kierowcy oraz stwierdzenie, przy pomocy którego, z umożliwiających regulację, zaworów należy dokonać korekty i w jakim zakresie. Jeżeli charakterystyka pojazdu, ciągnącego lub ciągniętego, nie mieści się w zadanym polu tolerancji, regulacja powinna, przede wszystkim, zlikwidować tę niezgodność. Jeżeli obydwie znajdują się w „korytarzu”, optymalną regulacją jest zbliżanie się charakterystyk do położenia środkowego pola tolerancji. Daje to m. in. większe prawdopodobieństwo prawidłowej współpracy hamulców, bez dodatkowej regulacji, przy wymienności pojazdów w zespołach. Analiza powinna zostać wykonana dla obydwu ekstremalnych stanów obciążenia, ale ze względu na większe zagrożenie występujące dla pojazdów obciążonych, często ograniczana jest tylko dla tego stanu.

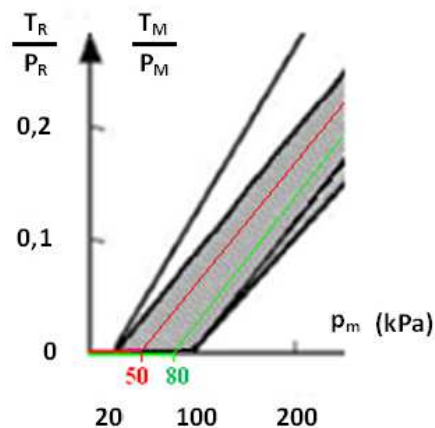
4. Synchronizacja hamowania w zespołach pojazdów z układami hamulcowymi EBS

Wprowadzenie zaawansowanej elektroniki do pojazdów ciężkich stworzyło także możliwość optymalnego rozwiązania problemu synchronizacji hamulców w zespole pojazdów. Najbardziej oczywistym rozwiązaniem wydaje się być tu zastosowanie „sprzęgu dynamometrycznego”, mierzącego siłę w mechanicznym połączeniu pomiędzy pojazdami i komunikującego się z elektronicznym urządzeniem, uruchamiającym hamulce przyczepy w celu zapewnienia optymalnej zgodności hamowania. Takie rozwiązanie nie zyskało jednak powszechnego zastosowania, między innymi, z przyczyn ekonomicznych. Optymalizacja przebiegu hamowania w zespołach pojazdów, realizowana jest tu w odmienny sposób. W pojeździe ciągnącym, odpowiednie „wciśnięcie” pedału hamulca, uruchamiającego tzw. nadajnik sygnału hamowania, odczytywane jest jako żądanie uzyskania przez pojazd konkretnego opóźnienia, a co za tym idzie, odpowiadającego mu wskaźnika skuteczności hamowania. Sterownik elektroniczny odbierając sygnały od nadajnika, realizuje hamowanie, zgodnie z wymaganą przez kierowcę intensywnością. W systemie EBS, hamulce przyczepy uruchamiane są z ciągnika, przez odpowiednie złącze elektryczne, z użyciem sygnałów CAN, wysyłanych przez jego sterownik (ECU). Urządzenie to nadzoruje także ciśnienie sygnału powietrznego (p_m), wysyłanego do przyczepy przewodem sterującym, o wartości mającej powodować analogiczną skuteczność hamowania. Wartości powyższych sygnałów sterujących, dobierane są przez sterownik w ten sposób, aby charakterystyka $z_M = f(p_m)$ ciągnika znalazła się w środkowej części „korytarza dopasowania”, przedstawionego na rys. 3. Jeżeli dla pojazdu ciągniętego charakterystyka przebiega analogicznie, mamy do czynienia z optymalnym hamowaniem zespołu. Jeżeli w przyczepie lub naczepie charakterystyka hamowania odbiega od środkowego położenia pola tolerancji, sterownik ciągnika jest w stanie to wykryć i skorygować, zmieniając intensywność hamowania pojazdu ciągniętego. Przykładowo, według danych firmy Knorr – Bremse, dla układu hamulcowego Knorr EBS 5, dzięki wymianie informacji pomiędzy sterownikami

pojazdów ciągnącego i ciągniętego, stwierdzona różnica poślizgów pomiędzy kołami tych pojazdów, o wartości powyżej 1%, wywołuje już działania korygujące. Jak z powyższego wynika, podczas całego procesu „rozwiniętego” hamowania zespołu pojazdów, prawidłowa synchronizacja jest praktycznie zapewniona.

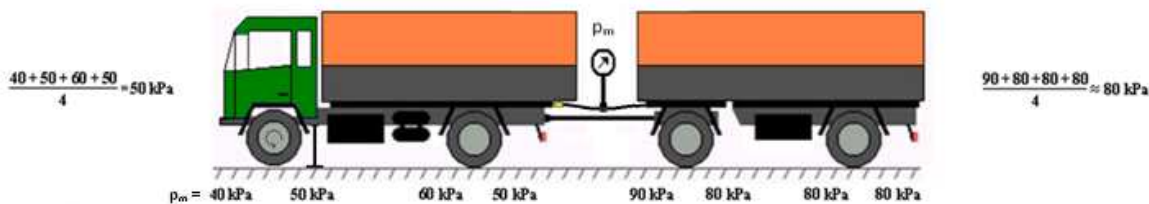
Nieco inna sytuacja ma miejsce, przy połączeniu ciągnika posiadającego EBS z pojazdem ciągniętym bez EBS, czyli również bez złącza CAN. W takim przypadku, hamulce przyczepy mogą być sterowane tylko, dostarczonym przez ciągnik, sygnałem powietrznym, zapewniającym także w tym przypadku optymalną charakterystykę $z_M = f(p_m)$. Jeżeli hamulce pojazdu ciągniętego wykazują zgodność z hamulcami ciągnika, regulacja nie jest potrzebna. Jeżeli, na skutek relatywnie słabszych hamulców pojazdu ciągniętego, podczas hamowania zespołu pojazdów, jego efektywność, wynikająca z wielkości aktualnego „wciśnięcia” pedału hamulca jest mniejsza niż oczekiwana (uzyskiwana przez ciągnik „solo”), następuje zwiększenie ciśnienia w przewodzie sterującym, prowadzące do uzyskania wymaganego opóźnienia. Przebieg hamowania zestawu ulega wówczas poprawie, chociaż nie zawsze osiąga stan optymalny ze względu na ustalone limity dopuszczalnej regulacji. Niedostateczna skuteczność hamowania zespołu pojazdu jest interpretowana przez sterownik EBS ciągnika, zawsze, jako nieprawidłowość przyczepy. Ewentualne pogorszenie działania hamulców ciągnika podczas eksploatacji, może prowadzić do niepożądanego przeciążenia hamulców pojazdu ciągniętego. W przypadku uruchamiania hamulców przyczepy lub naczepy, wyposażonych w EBS, przez ciągnik bez EBS, nie ma możliwości samoczynnej, występującej podczas ruchu pojazdów, korekty wartości ciśnienia sterowania hamulcami przyczepy (p_m), dla zapewnienia prawidłowej skuteczności hamowania zespołu. Ciśnienie p_m , dostarczane przewodem sterującym do pojazdu ciągniętego, jest zgodne z ustaloną dla ciągnika, niezmienną podczas hamowania, charakterystyką $z_M = f(p_m)$, leżącą, w odpowiednim dla pojazdu, polu tolerancji. Układ hamulcowy EBS pojazdu ciągniętego, do którego dostarczony jest, w tym przypadku, jedynie powietrzny sygnał sterujący (brak sygnału CAN), przetwarza go na sygnał elektryczny, dzięki któremu sterownik przyczepy lub naczepy może przeprowadzać hamowanie zgodne z zachowaną w jego pamięci charakterystyką w „korytarzu dopasowania”. Jak wynika z powyższego opisu, w zespołach pojazdów z elektronicznie sterowanymi układami hamulcowymi, optymalizacja synchronizacji hamowania podczas jazdy przeprowadzana jest samoczynnie. W przypadku wątpliwości dotyczących prawidłowej realizacji tej funkcji, ze względu na dynamiczny charakter regulacji, jej skuteczność nie może zostać skontrolowana w badaniach statycznych, przeprowadzanych w przypadku pojazdów bez EBS, przy wykorzystaniu diagnostycznego stanowiska do badania hamulców. Przybliżoną metodą, jaka może być zastosowana, jest porównanie temperatur na powierzchniach ciernych mechanizmów hamujących, po wykonaniu pewnej ilości kontrolnych hamowań, według określonej procedury. Charakterystyki, zgodnego z przepisami, działania hamulców w systemie EBS, zapisane są przez producentów pojazdów w ich elektronicznych sterownikach. Istnieje jednak możliwość, dokonania w razie potrzeby pewnych, niewielkich korekt w zestawie ustalonych parametrów. Opisana powyżej samoczynna, występująca podczas jazdy, synchronizacja hamulców w zespołach pojazdów, dotyczy „rozwiniętego” hamowania, z wykorzystaniem wyższych wartości ciśnień w siłownikach hamulcowych. Istotnym problemem, dotyczącym również bezpieczeństwa, ale przede wszystkim kosztów eksploatacji pojazdów, są konsekwencje niekorzystnego przebiegu charakterystyk

podczas hamowań z wykorzystaniem ciśnień niskich. Jak wykazały badania, zdecydowana większość hamowań dokonywana jest właśnie w tym zakresie. Niektóre źródła podają, że nawet w ok. 90% przypadków hamowań, ciśnienie w siłownikach nie przekracza 150 kPa (1,5 bar). Mechanizmy hamujące, stosowane w pojazdach ciężkich, często różnią się od siebie w zakresie tzw. „progu zadziałania”, czyli ciśnienia, przy którym mechanizm zaczyna hamować połączone z nim koło. Zjawisko to może wynikać z rodzaju zastosowanych mechanizmów hamujących (bębnowe lub tarczowe), oraz ich aktualnego stanu technicznego i być przyczyną eksploatacyjnych problemów. W przypadku ciągnika o wysokim progu zadziałania, połączonego z przyczepą o progu niskim, przy łagodnych hamowaniach, na przykład w ruchu miejskim, obciążone będą głównie hamulce przyczepy, powodując znaczne przyspieszenie zużycia okładzin ciernych w tym pojeździe. Bardzo częstym jest również przypadek odwrotny, kiedy później reagujące hamulce pojazdu ciągniętego powodują przeciążenie okładzin w ciągniku.



Rys. 5. Dolny zakres charakterystyk hamowania pojazdu ciągnącego i ciągniętego

Na rys. 5 przedstawione są przykładowe charakterystyki $z_M = f(p_m)$ dla pojazdu ciągnącego (kolor czerwony) i $z_R = f(p_m)$ dla ciągniętego (zielony), w zakresie lekkich przyhamowań. Ze względu na niewielkie siły i opóźnienia hamowania występujące w tym obszarze, nacisk na ciągnik, jaki wówczas się pojawi, jest również niewielki. W związku z tym, wykrycie przez kierowcę niezgodności, tylko na podstawie jego odczuć, jest mało realne, zwłaszcza przy „łagodnej” eksploatacji zespołu pojazdów. Dopiero zbyt szybka konieczność wymiany okładzin ciernych w ciągniku, pozwala na stwierdzenie powyższej nieprawidłowości. W celu wykrycia niezgodności charakterystyk w dolnym zakresie ciśnień hamowania, można posłużyć się prostą, możliwą do przeprowadzenia w serwisie, procedurą, umożliwiającą uzyskanie równoczesnego rozpoczęcia hamowania dla pojazdu ciągnącego i ciągniętego. Jej pierwszym etapem jest pomiar progowych ciśnień zadziałania wszystkich mechanizmów hamujących zespołu pojazdów, w zależności od wartości ciśnienia p_m w przewodzie sterującym hamulcami przyczepy, przy symulacji pełnego obciążenia. Przykładowe wartości przedstawione są na rys 6.



Rys. 6. Pomiar progowych ciśnień zadziałania mechanizmów hamujących

Sprawdzenie należy wykonać dla wszystkich kół zespołu pojazdów, poprzez ich kolejne podnoszenie, umożliwiające swobodny obrót, a następnie stopniowe doprowadzanie do siłowników sprężonego powietrza. Wyliczona średnia arytmetyczna z ustalonych wartości ciśnień rozpoczęcia hamowania będzie stanowiła podstawę do porównań. Różnica średnich ciśnień progowych dla przyczepy i ciągnika, w analizowanym przykładzie, wynosi 30 kPa (0,3 bar). Na podstawie powyższego wyniku badań, można stwierdzić, że podczas hamowania, do wartości ciśnienia w przewodzie sterującym przyczepą p_m , równego ok. 80 kPa, zespół pojazdów będzie zatrzymywany tylko hamulcami ciągnika. Przeprowadzenie, opisanych powyżej, pomiarów pozwala, przy okazji, na wykrycie ewentualnego wadliwego działania poszczególnych mechanizmów hamujących, objawiającego się rażącą różnicą wartości ciśnienia progowego.

Inną, mniej pracochłonną, ale i mniej precyzyjną, metodą ustalania wartości ciśnień progowych, może być hamowanie pojazdów niewielkimi ciśnieniami na rolkowym stanowisku do badania hamulców, z odnotowaniem ciśnień odpowiadających pojawieniu się wskazania siły dla poszczególnych kół. W analizowanym przypadku, dla uzyskania jednoczesnego hamowania pojazdów ciągnącego i ciągniętego, należałoby, odpowiednio, zwiększyć ciśnienie hamowania przyczepy w stosunku do ciśnienia w jej przewodzie sterującym. W zespole pojazdów z układami hamulcowymi EBS, dopuszczalna przez producentów tych systemów, korekta nie powinna przekraczać wartości 20 kPa (0,2 bar). Jeżeli w wyniku badań stwierdzono potrzebę korekty, przekraczającej znacznie tą wartość, to oznacza to przeważnie konieczność przywrócenia hamulcom należytego stanu technicznego i powtórzenia badań. W przypadku braku dostatecznej poprawy, problem powinien zostać zgłoszony producentowi pojazdu. Powtarzająca się nieprawidłowość, wykryta w kilku pojazdach tego samego typu, powinna skutkować wystąpieniem producenta pojazdów do producenta systemu hamulcowego (EBS) o wykonanie nowych obliczeń hamulców. Przeprowadzenie regulacji możliwe jest wyłącznie przy użyciu odpowiednich programów diagnostycznych. Dla zmiany parametrów, zapisanych w pamięci elektronicznych sterowników hamulcowych, wymagane jest posiadanie odpowiednich kodów PIN. Z tej przyczyny korekty mogą być dokonywane wyłącznie przez uprawnione i odpowiednio przeszkolone osoby. W przypadku zespołu pojazdów przedstawionych powyżej, optymalną zmianą byłoby zwiększenie ciśnienia hamowania pojazdu ciągniętego o 30 kPa w stosunku do ciśnienia p_m . W większości serwisów dokonano by, w tym przypadku, zwiększenia ciśnienia

o dopuszczalną wartość 20 kPa, co jest niewątpliwie właściwym, chociaż technicznie niewystarczającym, krokiem w kierunku poprawy równomierności zużycia okładzin ciernych. Sterowniki EBS, niektórych producentów, nie pozwalają na wyższą korektę ale istnieją również takie, dla których takie przekroczenie w praktyce jest możliwe, chociaż nie zalecane. Pracownicy serwisów, na podstawie informacji kierowców, dokonują często korekt ciśnień hamowania przyczep lub naczep nie przeprowadzając wcześniej kontroli progowych ciśnień dla mechanizmów hamujących. Zdarza się również wykonanie regulacji przekraczającej wartości dozwolone przez producentów. Takie działanie może prowadzić do pogorszenia kompatybilności układów hamulcowych w zespołach pojazdów a w konsekwencji pogorszenie bezpieczeństwa ich użytkowania i nierównomierności zużycia okładzin ciernych.

5. Podsumowanie

Problem synchronizacji hamowania w zespołach pojazdów ciężkich można zaliczyć do istotnych zagadnień zapewnienia bezpieczeństwa na drogach. Prawidłowa synchronizacja nie jest, ale i praktycznie nie może być, wymagana podczas okresowych badań technicznych pojazdów, ze względu na ich wymiennosc podczas łączenia w zespoły. W przypadku pojazdów starszych, wyposażonych w konwencjonalne, powietrzne układy hamulcowe, bez sterowania elektronicznego (EBS), dobra współpraca hamulców w zespołach pojazdów zapewniana jest przez ich producentów. Ciągniki, przyczepy i naczepy, o hamulcach zgodnych z typem homologowanym, zapewniają uzyskiwanie charakterystyk hamowania, które są zgodne z wymaganiami Regulaminu nr 13 EKG ONZ. W przypadku połączenia pojazdów w zespoły, zabezpiecza to przed powstawaniem w ich sprzęgach nadmiernie dużych sił. W celu dokonania optymalnej synchronizacji możliwe są korekty, które mogą zostać przeprowadzone zarówno w układzie hamulcowym pojazdu ciągnącego, jak i ciągniętego. Przed przeprowadzeniem regulacji, należy bezwzględnie stwierdzić, poprzez odpowiednie badania, w którym pojeździe należy ją przeprowadzić i w jakim zakresie. Złe przeprowadzona korekta, zwłaszcza w aspekcie możliwych zmian w kompletacji zespołu pojazdów, może spowodować poważne konsekwencje, zarówno eksploatacyjne jak i dotyczące bezpieczeństwa. Zastosowanie elektroniki w układach hamulcowych pojazdów ciężkich, w znacznym stopniu wyeliminowało zagrożenia powstające w wyniku niewłaściwej synchronizacji w zespołach pojazdów. Komunikujące się ze sobą sterowniki ciągnika i przyczepy lub naczepy, regulują przebieg hamowania każdego z nich, w sposób zapewniający nie tylko wymaganą skuteczność, ale także optymalną synchronizację. W związku z tym, w zakresie „rozwinętego” hamowania, dodatkowe korekty nie są potrzebne. Elektroniczne sterowniki EBS, pojazdów ciągnących i ciągniętych, uruchamiają hamulce w zaprogramowany przez producentów sposób, zgodnie z wymaganiami Regulaminu nr 13 EKG ONZ, które dotyczą m. in. zgodności hamowania w zespole. Ze względu na stosowanie w pojazdach mechanizmów hamujących o różnych ciśnieniowych progach zadziałania, dla zapewnienia jednoczesnego uruchamiania hamulców wszystkich kół, sterowniki umożliwiają niewielkie korekty ciśnień hamowania, poprawiające m. in. równomierność zużywania się okładzin ciernych. Postęp techniczny w dziedzinie układów hamulcowych pojazdów ciężkich, spowodował znaczną poprawę w zakresie współpracy hamulców w zespołach pojazdów. Stała synchronizacja, uzyskiwana przez odpowiednią regulację zaworów, umieszczonych w układzie hamulcowym pojazdu ciągnącego lub ciągniętego, została zastąpiona regulacją elektroniczną, z możliwością

samoczynnej korekty podczas przebiegu hamowania. Ale, zarówno w przypadku pojazdów starszych, jak i nowo wyprodukowanych, w dalszym ciągu niezbędna jest fachowa obsługa techniczna, nadzorująca ich eksploatację, która będzie skuteczna jedynie w przypadku posiadania zaawansowanego sprzętu technicznego.

The full text of the article is available in Polish online on the website <http://archiwummotoryzacji.pl>.

Tekst artykułu w polskiej wersji językowej dostępny jest na stronie <http://archiwummotoryzacji.pl>.

Literatura

- [1] UN ECE Regulation No. 13: “Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking”.
- [2] Dz. U. of 2016, item 2022: Announcement of the Minister of Infrastructure and Construction of 27 October 2016 on the publication of a consolidated text of the Regulation of the Minister of Infrastructure on the technical requirements for vehicles and on the scope of the necessary vehicle equipment.
- [3] Dz. U. of 2015, item 776: Announcement of the Minister of Infrastructure and Development of 21 April 2015 on the publication of a consolidated text of the Regulation of the Minister of Transport, Construction, and Maritime Economy on the scope and method of carrying out mandatory motor vehicle inspections and on the standard forms of documents used at such inspections.
- [4] Knorr-Bremse: Educational materials on EBS – Motor vehicles and TEBS G2.
- [5] WABCO: 815 020 093.3 / 01.2017 TEBS E Versionen E0 bis E5 Systembeschreibung.