

„Emisja związków toksycznych z miejskich pojazdów jednośladowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji”

Aktualnie badania emisji związków toksycznych (CO, CO₂, HC oraz NO_x) i zużycia paliwa dla pojazdów jednośladowych są prowadzone w warunkach laboratoryjnych, głównie z wykorzystaniem hamowni podwoziowych. Tego typu prace prowadzone są w ramach opracowanych i ustandaryzowanych cykli jezdnych, jednak ich reprezentatywność jest dyskusyjna, co zostało udowodnione w niniejszej dysertacji. Stanowi to punkt wyjścia do konieczności rozwoju badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji przywołanej grupy pojazdów. Do tego celu niezbędny jest rozwój aparatury pomiarowej oraz metod oceny emisji zanieczyszczeń w warunkach rzeczywistej i typowej eksploatacji dla miejskich pojazdów jednośladowych. Rozwój i ewentualna legislacja tego typu badań pozwoli na ustalenie wszelkich relacji przyczynowo-skutkowych zachodzących w czasie użytkowania pojazdów jednośladowych, działania ich układów napędowych oraz umożliwi ocenę rzeczywistych wartości zanieczyszczeń emitowanych związków toksycznych.

Poznanie aktualnego stanu wiedzy i luk poznawczych przyczyniło się do realizacji przedstawionej pracy doktorskiej, której głównymi celami są: identyfikacja emisji związków toksycznych spalin i parametrów ruchu miejskich pojazdów jednośladowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji oraz propozycja autorskiej procedury badawczej dla tego typu pojazdów, odpowiadającej lokalnym warunkom drogowym. Może ona jednak stanowić bazę do skonstruowania ustandaryzowanej i globalnej procedury do pomiaru związków toksycznych z miejskich pojazdów jednośladowych w warunkach drogowych. Realizacja tych założeń wymagała od autorki pracy szeregu działań, którym poświęcone zostały odpowiednie jej rozdziały.

W pierwszej kolejności (rozdział 1) nakreślono problematykę oraz genezę podjętej tematyki dysertacji. Przedstawione zostały rozważania dotyczące wielkości populacji miejskich pojazdów jednośladowych w Polsce i na świecie, a także związane z tym koszty zdrowotne oraz środowiskowe. Rozdział drugi stanowi przegląd obecnie obowiązujących regulacji prawnych dotyczących badań emisji związków toksycznych spalin z silników pojazdów jednośladowych. Przedstawiona została ich kategoryzacja na podstawie prawa polskiego oraz kryteriów europejskich oraz rozporządzeń dotyczących prawidłowej interpretacji norm emisji spalin. Omówione zostały poszczególne standardy emisyjne w Europie i na świecie wraz z datami ich wprowadzenia oraz wartościami dopuszczalnymi poszczególnych zanieczyszczeń. Rozdział kończy się wytycznymi i obowiązkami producentów pojazdów kategorii L dotyczącymi badań efektywności środowiskowej (w tym przebiegami testów homologacyjnych).

W zakresie przygotowań do realizacji podjętej tematyki monografii dokonano analizy literaturowej (rozdział 3). Studia w tym zakresie obejmowały przede wszystkim zagadnienia dotyczące ekologii, energochłonności, budowy nowoczesnych pojazdów silnikowych, w tym należących do kategorii L, jak również badań realizowanych w warunkach laboratoryjnych na jednorolkowych hamowniach podwoziowych. Wykazały one, że obowiązujące testy homologacyjne (obecnie test WMTC – *World Motorcycle Test Cycle*) nie odwzorowują w pełni rzeczywistych parametrów ruchu pojazdów jednośladowych i niezbędne są kroki prowadzące do legislacji procedur badań emisji związków toksycznych z tej kategorii

pojazdów w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Kolejny rozdział zawiera cele pracy oraz jej zakres.

Część badawczą poprzedził wybór reprezentatywnej grupy obiektów, które stanowiły miejskie pojazdy jednośladowe, wyposażone w silniki o objętości skokowej nieprzekraczającej 125 cm³. Badania przeprowadzono, w zależności od konstrukcji obiektu, na dwóch lub trzech trasach pomiarowych, składających się z części miejskiej lub części miejskiej oraz pozamiejskiej. Były one zlokalizowane na terenie aglomeracji poznańskiej. Do określenia rzeczywistych parametrów ruchu oraz emisji związków toksycznych posłużyła aparatura z grupy PEMS (*Portable Emissions Measurement System*) – AxionR/S+, charakteryzująca się niewielkimi wymiarami oraz małą masą. Cechy te umożliwiają badania pojazdów jednośladowych (zarówno motocykli, jak i motorowerów), a nawet jeszcze mniejszych maszyn, w warunkach rzeczywistych.

W rozdziale 6 omówiono metodę wyznaczania charakterystyk udziałów czasu eksploatacji i natężenia emisji zanieczyszczeń z rozpatrywanej grupy pojazdów, na podstawie przyjętych przez autorkę założeń. Następnie, bazując na uzyskanych wynikach badań dokonano szczegółowej oceny parametrów ruchu w aspekcie obowiązujących testów homologacyjnych. Stanowiło to podstawę do określenia zależności między parametrami jezdnyimi rozpatrywanej grupy pojazdów a emisją związków szkodliwych oraz wyznaczono wartości emisji drogowej wszystkich analizowanych zanieczyszczeń. Co więcej na podstawie tych wartości określono współczynniki emisji, zestawiając wartości emisji drogowej z wartościami dopuszczalnymi określonymi w normach Euro. Analiza porównawcza wykazała znaczące przekroczenia limitów CO oraz NO_x. Rozważania dodatkowo wzbogacono o analizę chemicznego składu benzyny i próbek spalin pobranych z miejskiego pojazdu jednośladowego. Punkty pracy silnika, dla których dokonano poboru próbek określone zostały na podstawie badań empirycznych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. W dalszej części, otrzymane w procesie rozdziału chromatograficznego, poszczególne substancje chemiczne poddane zostały szczegółowej ocenie w aspekcie ich toksykologii.

W rozdziale 7 rozważaniom poddano weryfikację ogólnej dynamiki wszystkich przejazdów obiektów badawczych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Posłużyło to do oceny ważności przejazdu lekkich pojazdów pasażerskich i użytkowych, na podstawie wartości względnego przyspieszenia dodatniego oraz 95. centyla iloczynu prędkości pojazdu i jego względnego przyspieszenia. Te parametry wraz z wynikami badań emisyjnych pozwoliły określić wytyczne autorskiej procedury badawczej. Dla testu zaproponowano nazwę RUMET – *Real Urban Motorcycle Emission Test*, w którym zdefiniowano wymagania dotyczące aparatury pomiarowej, warunków eksploatacyjnych, dynamiki przejazdu oraz warunków otoczenia. W ostatnim rozdziale zawarto ogólną charakterystykę wyników pracy, wnioski szczegółowe, a także kierunki dalszych prac. Przedstawiona dysertacja dostarcza nowej wiedzy w zakresie rzeczywistych parametrów ruchu oraz emisji z miejskich pojazdów jednośladowych oraz zależności między nimi. Odstępstwa uzyskanych wyników parametrów jezdnych i wartości emisji związków toksycznych od tych uzyskiwanych w obowiązujących testach homologacyjnych potwierdza zasadność podjętej tematyki badawczej.

14.06.22v

Natalia Sajmłot

„Emission of toxic exhaust compounds from urban two-wheeled vehicles in real operating conditions”

Current emission tests of toxic exhaust components (CO, CO₂, HC and NO_x) as well as fuel consumption for two wheeled vehicles are conducted in laboratory conditions, mainly by using a chassis dynamometer. These tests are done in line with standardized drive test cycles, however, how well they represent reality is up for debate, as it was shown in this dissertation. This fact was used as basis for the need to develop exhaust emission tests in real operating conditions. This, however, requires the development of exhaust emission measuring equipment as well as the methods of evaluating emission test results for data obtained in real operating conditions representative of the typical conditions for two wheeled vehicles. Forming a legislative outline for these types of tests would allow to clearly list all of the causal relations present during two wheeled vehicles operation, and their engines, as well as the real values of exhaust emissions of toxic components.

Assessment of the current state of knowledge and gaps in understanding resulted in research being conducted that became part of this dissertation. The primary aims of this work includes the identification of exhaust emissions of toxic compounds, identification of operating parameters for two wheeled vehicles driving in real conditions, as well as a proposed original testing procedure for vehicles in this category, that corresponds to the local conditions on the road. The proposed method can also form a basis for a standardized global procedure for measuring exhaust emissions of two wheeled vehicles driving in urban conditions.

Achieving the aforementioned goals necessitated several steps that have been described in a number of chapters of this dissertation. First (chapter 1) the problem and the genesis of the subjects covered in the work was described. Considerations regarding the number of two wheeled vehicles in use in Poland and globally, as well as the environmental and health costs of their operation have been discussed.

The second chapter contains a review of two wheeled vehicles exhaust emission norms and legislation enforced at the time of writing. A categorization of vehicles based on polish law was presented, as well as on the criteria of European directives relevant to the proper interpretation of the exhaust emission standards. Individual exhaust emission norms and limits in Europe and around the globe have been discussed in the context of their implementation dates and limit values for each considered exhaust component. Finally the guidelines and requirements on environmental impact testing (including type approval test cycles) provided to the manufacturers of L category vehicles were considered.

A literature review was performed (chapter 3) as part of preparation to pursue the aims set in the dissertation. This review was focused on subjects pertaining to ecology, energy consumption, construction of modern combustion engine vehicles, including those belonging to the L category, as well as laboratory tests performed using a single roller chassis dynamometer. It was found that the currently enforced type approval tests (as of writing this was the WMTC) fail to truly represent the real operating parameters of vehicles and engines of two wheeled vehicles. It was noted that steps towards legislation that would include real driving exhaust emission tests for vehicles in this category are necessary. The next chapter



contains the aims as well as a comprehensive description of the scope of the conducted research.

Before the tests were prepared a representative group of vehicles had to be selected for the testing. These were two wheeled vehicles equipped with combustion engines with an engine displacement not exceeding 125 cm³. The tests were conducted on either two or three test routes, that were composed of either an urban section, or an urban and rural sections and located within the Poznań agglomeration. PEMS equipment (*Portable Emissions Measurement System*) – AxionR/S+, was used to determine the movement and exhaust emission parameters, as this equipment was small in size and lightweight. These properties make the selected measuring equipment applicable for tests on two wheeled vehicles, and even other smaller vehicles and machines while in real operating conditions.

Chapter 6 starts with a discussion of the method, based on the assumptions made for this dissertation by the author, of determining the characteristics and time densities of operating parameters and exhaust emission intensity of the tested vehicle group. Based on the obtained test results a detailed assessment of the vehicle driving parameters was conducted within the scope of the type approval test procedures. This allowed to determine the relationship between the exhaust emission intensity and the corresponding vehicle operating parameters in motion, as well as to conclude the final road emission values for the measured exhaust components. Furthermore, this data was used to determine the emission coefficients of the tested vehicles by comparing the obtained road emission results with the limit values of the EURO exhaust emission tests. Comparative analysis indicated that the emission of both CO and NO_x significantly exceeded the limit values given by the emission standards. Considerations made were also expanded by the chemical analysis of the gasoline fuel and exhaust samples taken from an urban two wheeled vehicle. The engine operating points for which exhaust samples were taken for analysis were determined using empirical tests conducted in real operating conditions. Finally, toxicology analysis was performed on the separate chemical substances in the exhaust samples, separated by means of chromatography.

Chapter 7 discusses the verification process for the general dynamics of all the test drive cycles of urban two wheeled vehicles in real operating conditions. This verification is used to assess the viability of the conducted test drive of light passenger and service vehicles, based on the relative positive acceleration values as well as the 95th centile of the product of vehicle speed and relative acceleration. Such values determined for the tested two wheeled vehicles along with all the original tests described previously have all resulted in obtaining the key guidelines for a new testing procedure proposed by the author. This proposed test procedure was designated as RUMET – *Real Urban Motorcycle Emission Test*, and the requirements and boundary conditions for the necessary exhaust emission measuring equipment, operating conditions, drive dynamics and ambient conditions have been provided. The chapter 8 contains the overall results of the conducted research, specific conclusions and future research. The presented dissertation provides new knowledge in the scope of real operating parameters and exhaust emissions of two wheeled urban vehicles as well as the relations between them. Disparities between the operating parameters and exhaust emission values obtained in the proposed testing procedures in real operating conditions and those obtained in legally required type approval testing procedures indicates the validity of selected research goals and point to the need for research within the scope chosen in this dissertation.

14.06.2022
Natalia
Szymiet