

Streszczenie

W rozprawie doktorskiej przeprowadzono badania związków szkodliwych spalin w warunkach stacjonarnych oraz rzeczywistych. Pomiarów przeprowadzono dla pojazdów osobowych wyposażonych w silniki zarówno o zapłonie iskrowym jak i samoczynnym oraz dla pojazdów szynowych. Badania obejmowały pomiary przy użyciu aparatury typu PEMS (*Portable Emission Measurement System*), w których wykorzystano cztery obiekty badawcze będące reprezentantami różnych grup maszyn. Wykorzystano dwa pojazdy osobowe, jeden wyposażony w silnik o zapłonie iskrowym, drugi o zapłonie samoczynnym oraz dwa pojazdy szynowe o silnikach zasilanych olejem napędowym. W pracy opisano zagadnienia dotyczące wpływu zanieczyszczeń powietrza na środowisko oraz na zdrowie oraz długość życia ludzi. W następnym etapie szczegółowo omówiono przepisy legislacyjne zarówno dla pojazdów osobowych jak i pojazdów szynowych obowiązujące w Europie. W dalszej części pracy przeprowadzono szczegółową analizę dotyczącą badań związków szkodliwych spalin z pojazdów różnych kategorii. W rozdziale tym zwrócono uwagę na konieczność realizacji pomiarów w warunkach rzeczywistych oraz wskazano problem jakim jest ograniczanie się do badań jedynie nowych pojazdów. Na tej podstawie sformułowano problemy badawcze, oraz postawiono cel pracy. Celem było przeprowadzenie badań na podstawie których następnie została wyznaczona procedura do rzetelnej i nieinwazyjnej oceny stężeń związków szkodliwych spalin z różnych typów pojazdów w ruchu, potwierdzonej badaniami zgodnymi rzeczywistymi warunkami eksploatacji (RDE – *Real Driving Emissions*). Pierwszy problem badawczy dotyczył tego, czy na podstawie analizy stężeń związków szkodliwych spalin z pojazdów, mierzonych przy użyciu aparatury typu PEMS można uzyskać silną korelację z wynikami uzyskanymi podczas pomiarów teledetekcyjnych. Drugi problem badawczy polegał natomiast na określeniu wartości dopuszczalnych stężeń związków szkodliwych spalin podczas badań przy użyciu bramy emisyjnej oraz zdefiniowaniu warunków, w których powinien odbyć się pomiar.

Badania dla pojazdów osobowych podzielono na cztery etapy pomiarowe. Pierwszym z nich były badania laboratoryjne przy wykorzystaniu aparatury typu PEMS, którą w następnym etapie zainstalowano na pojeździe i przeprowadzono badania w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Kolejne dwa pomiary obejmowały badania przy wykorzystaniu bramy emisyjnej, czyli modułowego urządzenia do szybkiej oceny emisyjności pojazdów drogowych i szynowych. Trzeci etap przeprowadzony został w warunkach laboratoryjnych, na specjalnie zbudowanym stanowisku badawczym, natomiast ostatni etap obejmował pomiary w warunkach ruchu drogowego. W przypadku pojazdów szynowych, badania podzielono na dwa etapy przeprowadzone w warunkach rzeczywistych. Testy przeprowadzono zarówno przy wykorzystaniu aparatury typu PEMS jak i bramy emisyjnej. Pomiary zanieczyszczeń pojazdów osobowych przeprowadzono na specjalnie dobranej trasie badawczej obejmującej ściśle centrum miasta. Autobusy szynowe przebadano natomiast na trasach ich normalnej eksploatacji. Wszystkie badania obejmowały pomiar związków szkodliwych spalin takich jak – dwutlenek węgla, tlenek węgla, węglowodory, tlenek azotu oraz cząstki stałe.

Zgodnie ze strukturą pracy, w dalszej kolejności przeprowadzono różnego rodzaju analizy otrzymanych wyników pomiarów. Badania wstępne obejmowały pomiar stężeń związków szkodliwych spalin z pojazdów osobowych i szynowych przy użyciu aparatury typu PEMS. Na tym etapie wykonano charakterystyki rozkładu stężeń związków szkodliwych spalin w funkcji prędkości i przyspieszenia badanych obiektów. Dla pojazdów osobowych przeprowadzono również analizy rozproszenia spalin za pojazdem zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i dynamicznych. Wykonane pomiary potwierdzić miały możliwość wykonywania badań spalin rozproszonych, dzięki czemu można było potwierdzić lub zaprzeczyć słuszności wykorzystywania bramy emisyjnej do pomiarów teledetekcyjnych. Analizy przyczyniły się również do ustalenia warunków realizacji takowego pomiaru. W kolejnym etapie przeprowadzono pomiary stężeń związków szkodliwych spalin przy użyciu bramy emisyjnej. Badania w warunkach rzeczywistych obejmowały pomiary licznych grup pojazdów charakteryzujących się różnymi normami emisji spalin oraz różnym stopniem wyeksploatowania (pojazdy osobowe – około 70, pojazdy szynowe – około 100). Na podstawie otrzymanych wyników możliwe było statystyczne określenie wartości granicznej do wykrywania największych emiterów przy użyciu bramy emisyjnej. W przypadku pojazdów osobowych wykonano również badania w warunkach stacjonarnych na podstawie których możliwe było określenie korelacji między badaniami przy użyciu aparatury różnego typu. Każdy z rozdziałów zakończono podsumowaniem, gdzie zestawiono i porównano otrzymane wartości. W przedostatnim punkcie rozprawy doktorskiej przedstawiono propozycję autorskiej procedury badawczej pomiarów z wykorzystaniem bramy emisyjnej zarówno dla pojazdów osobowych jak i szynowych. Na podstawie wcześniej przedstawionych rozważań sformułowano wytyczne dotyczące warunków otoczenia, warunków pomiarów oraz wartości granicznych, które ustalono na podstawie rozkładu normalnego oraz wykorzystaniu reguły trzech sigm. W podsumowaniu zawarto wnioski ogólne, szczegółowe, metodyczne, uytylitarne, a także zaproponowano kierunki dalszych działań.

Abstract

In this doctoral dissertation, research on the compounds of harmful exhaust gases in stationary and real conditions was carried out. Measurements were carried out for passenger vehicles equipped with both spark-ignition and compression-ignition engines and for rail vehicles. The tests included measurements using PEMS (Portable Emission Measurement System) apparatus, in which four test objects representing various groups of machines were used. Two passenger vehicles were used, one equipped with a spark-ignition engine, the other with a self-ignition engine, and two rail vehicles with diesel engines. The paper describes issues related to the impact of air pollution on the environment and on human health and life expectancy. In the next stage, the legislative provisions for both passenger cars and rail vehicles applicable in Europe were discussed in detail. In the further part of the work, a detailed analysis of the study of harmful exhaust compounds from vehicles of various categories was carried out. This chapter draws attention to the need to carry out measurements in real conditions and indicates the problem of limiting testing to new vehicles only. On this basis, research problems were formulated and the aim of the work was set. The aim of the conducted research was to prepare a procedure for a reliable and non-invasive assessment of the concentrations of harmful exhaust compounds from various types of vehicles in motion, confirmed by tests consistent with real driving conditions. The first research problem concerned whether, based on the analysis of concentrations of harmful compounds in vehicle exhaust gases, measured using PEMS-type equipment, a strong correlation with the results obtained during remote sensing measurements can be obtained. The second research problem was to determine the permissible concentrations of harmful exhaust gas compounds during tests using an emission gate and to define the conditions under which the measurement should take place.

Tests for passenger vehicles were divided into four measurement blocks. The first of them were laboratory tests using PEMS equipment, which was then installed on the vehicle and tested in real operating conditions. The next two measurement blocks included tests using the emission gate. The third stage was carried out stationary on a specially built test stand, while the last block included measurements in road traffic conditions. In the case of rail vehicles, due to logistical and economic constraints, the tests were divided into two blocks, carried out in real conditions. The tests were carried out using both the PEMS type apparatus and the emission gate. Measurements of pollution of passenger vehicles were carried out on a specially selected research route covering the very center of the city. Rail buses, on the other hand, were tested on the routes of their normal operation. All tests included the measurement of harmful exhaust compounds such as carbon dioxide, carbon monoxide, hydrocarbons, nitrogen oxide and particulate matter.

According to the structure of the work, various types of analyzes of the obtained measurement results were then carried out. Preliminary research included the measurement of concentrations of harmful compounds in exhaust gases from passenger cars and rail vehicles using PEMS equipment. At this stage, the characteristics of the distribution of concentrations of harmful compounds in exhaust gases as a function of the velocity and acceleration of the tested objects were made. For passenger cars, exhaust gas dispersion analyzes were also carried out behind the vehicle, both in stationary and dynamic conditions.

The measurements performed were to confirm the possibility of conducting diffuse exhaust gas tests, thanks to which it was possible to confirm or deny the validity of using the emission gate for remote sensing measurements. The analyzes were also to contribute to the determination of the conditions for the implementation of such a measurement. In the next stage, concentrations of harmful exhaust gas compounds were measured using an emission gate. Tests in real conditions included measurements of numerous groups of vehicles characterized by different emission standards and various degrees of exploitation (passenger vehicles – about 70, rail vehicles – about 100). Based on the obtained results, it was possible to statistically determine the limit value for capturing the largest emitters using the emission gate. In the case of passenger vehicles, tests were also carried out in stationary conditions on the basis of which it was possible to determine the correlation between tests using various types of apparatus. Each chapter ended with a summary, where the obtained values were summarized and compared. In the penultimate section of the doctoral dissertation, a proposal for an original research procedure for remote sensing measurements using an emission gate for both passenger and rail vehicles was presented. Based on the previously presented considerations, guidelines were formulated regarding ambient conditions, measurement conditions and limit values, which were established on the basis of normal distribution and the use of the three-sigma rule. The summary contains general, detailed, methodological and utilitarian conclusions, as well as proposed directions for further actions.