

ANALIZA WARUNKÓW PRACY SILNIKÓW POJAZDÓW O ZASTOSOWANIACH POZADROGOWYCH W ASPEKCIE PRZEPISÓW DOTYCZĄCYCH EMISJI ZWIĄZKÓW TOKSYCZNYCH SPALIN

THE ANALYSIS OF NON-ROAD VEHICLE ENGINE OPERATING CONDITIONS IN TERMS OF EMISSION REGULATIONS

W pracy przedstawiono analizę obecnie obowiązujących przepisów prawnych dotyczących emisji związków szkodliwych spalin dla pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych (non-road). Przegląd ten obejmuje Europę i Stany Zjednoczone. Ponadto zaprezentowano charakterystyki gęstości czasowej pracy silników wybranych pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych, ładowarek i wozideł polowych i przeprowadzono ich analizę odniesieniu do obowiązującego testu homologacyjnego.

Słowa kluczowe: pojazdy o zastosowaniach pozadrogowych, emisja związków szkodliwych.

The paper presents an analysis of legal regulations in force related to toxic emissions from non-road vehicles. This analysis covers Europe and The U.S. furthermore, time density characteristics of engines of selected non-road vehicles have been presented in the paper (loaders, tractors) and analyzed in reference to the homologation test.

Keywords: non-road vehicles, toxic emissions.

1. Wprowadzenie

W XXI wieku wydaje się, że jednym z najpoważniejszych problemów człowieka są problemy energetyczne i ekologiczne. Przemysł motoryzacyjny i transport są obecnie jednym z najważniejszych źródeł zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Dlatego od wielu lat trwają intensywne prace, mające na celu zminimalizowanie ich oddziaływania na środowisko. W rozwoju współczesnych silników spalinowych na pierwsze miejsce wysunęły się kwestie związane z ochroną środowiska. Emisja związków toksycznych spalin i ograniczanie zużycia paliwa są podstawowym kryterium wyznaczającym kierunki rozwoju silników.

Odpowiedzią na pogarszający się stan środowiska naturalnego jest wprowadzanie coraz bardziej rygorystycznych limitów związków toksycznych spalin. Od lat obserwowany jest rozwój przepisów chroniących środowisko przed negatywnym oddziaływaniem motoryzacji, sukcesywnie przepisy te były rozszerzane o kolejne grupy pojazdów. Pierwotnie przepisy ograniczające emisję obejmowały pojazdy drogowe (*on-road*), stosunkowo późno, bo dopiero w latach 90-tych XX w. wprowadzono przepisy dla homologowanych silników pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych. Obecnie przepisy dotyczące tej grupy są rozwijane, przy czym zmiany polegają przede wszystkim na obniżaniu dopuszczalnych limitów emisji związków toksycznych spalin. W efekcie tych działań obecnie na najważniejszych światowych rynkach motoryzacyjnych obowiązują ustalenia prawne, dotyczące emisji związków toksycznych z silników spalinowych stosowanych w pojazdach oraz innych urządzeniach. Wprowadzane zmiany przepisów wymuszały ciągle unowocześnianie i modernizację silników. Dzięki tym działaniom współczesne silniki znacznie odbiegają od tych stosowanych jeszcze kilkanaście lat temu, zarówno pod względem konstrukcji, jak i zastosowanych rozwiązań technologicznych.

1. Introduction

In the XXI one of the most serious issues are the issues related to energy resources and ecology. The automotive industry and transportation are now the main sources of environment pollution. That is why for many years works have continued in order to minimize their environmental impact. Recently, in the development of modern combustion engines the environmental issues have played the most important role. Toxic emissions and the reduction of fuel consumption are the basic criterion setting the trends in the development of combustion engines.

The reaction to the deteriorating condition of the environment is the introduction of stringent emission regulations. For years we have been able to observe a development of the environment protecting legislation. Consequently, the regulations were extended to include further vehicle groups. Initially, the emission regulations covered on-road vehicles. The regulations concerning the homologated engines of non-road vehicles came relatively late (1990s). Currently, the regulations pertaining to this group are being improved and the changes are mostly related to the reduction of the admissible values of toxicity. As a result, in the most important world automotive markets, there are binding legal acts related to the toxic emissions from vehicles and other machinery. The continually introduced changes in the regulations forced the manufacturers to improve and modernize their engines. As a result, modern engines are far more advanced in terms of design and technological solutions than those manufactured several years ago.

Toxic emissions largely depend on the technical condition of an engine. Thus, the legislators keep forcing the vehicle manufacturers to introduce procedures enabling the detection of an elevated emission level in a vehicle. The effect was the introduction of on-board diagnostic – OBD, whose task is to monitor the proper

Emisja związków toksycznych spalin zależy w dużym stopniu od stanu technicznego silnika. Wobec tego ustawodawcy wymuszają na producentach pojazdów samochodowych wprowadzenie procedur umożliwiających wykrywanie zwiększonego poziomu emisji związków toksycznych spalin. Efektem tego było wprowadzenie systemów diagnostyki pokładowej OBD (*On Board Diagnostic*), których zadaniem jest kontrola sprawności emisyjnej oraz sprawności elementów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo pojazdu. Problem ten nie jest jednak rozwiązany w przypadku pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych. Obecny stan regulacji prawnych z zakresu badań toksyczności nie nakłada na producentów i użytkowników tych pojazdów obowiązku poddania eksploatowanych maszyn badaniom kontrolnym pod kątem emisji. W przypadku pojazdów samochodowych wprowadzenie systemów diagnostyki pokładowej OBD minimalizuje ewentualny wzrost emisji związków toksycznych spalin, o tyle w przypadku pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych taki wzrost podczas eksploatacji jest w dużej mierze niekontrolowany. W świetle obowiązujących przepisów producent ponosi odpowiedzialność jedynie za emisję z silnika homologowanego. Pomimo znacznych wysiłków na etapie projektowania i produkcji emisja spalin z silnika może znacząco wzrosnąć w czasie eksploatacji wskutek zużycia elementów lub ich awarii. Dlatego uzasadnione wydaje się wprowadzenie procedur kontrolnych umożliwiających wykrycie zwiększonej emisji z eksploatowanego silnika. Wymaga to opracowania metodyki badań oraz wprowadzenia odpowiednich przepisów prawnych [6].

2. Regulacje prawne z zakresu emisji związków toksycznych spalin pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych

Pierwsze ustalenia prawne dla pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych, zarówno w Europie jak i w Stanach Zjednoczonych wprowadzono w latach 90-tych ubiegłego stulecia. Przepisy te są systematycznie rozwijane, ale kolejne zmiany polegają przede wszystkim na wprowadzaniu coraz bardziej rygorystycznych limitów emisji związków toksycznych spalin. Obowiązujące i przyszłe limity, europejskie i amerykańskie przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Pozytywem aktualnych przepisów europejskich, amerykańskich i japońskich jest przyjęcie wspólnych rozwiązań, np.

functioning of the subcomponents responsible for a possible elevated emission and the subcomponents responsible for vehicle safety. This problem, however has not yet been solved for non-road vehicles. The current status quo in the emission legislation does not force the vehicle manufacturers and users to periodically inspect the machinery for emissions. For on road vehicles the introduction of OBD minimizes the possible growth in toxic emissions but in the case of non-road vehicles any possible growth of toxic emission stays beyond control. In light of the binding regulations the manufacturer is exclusively responsible for the emission of engines at the homologation stage. Despite many efforts on the design and production stage the toxic emissions may significantly grow during vehicle operation due to a deterioration or malfunction of its subassemblies. That is why it is justified to introduce inspection procedures that would enable a detection of increased emissions from an engine in operation. This requires a development of a research methodology and an introduction of relevant legislation [6].

2. Analysis of regulations on non-road vehicle emissions

The first regulations for the non-road vehicles, both in Europe and the United States appeared in the 1990's. The regulations have been developed ever since, where the subsequent amendments consist first of all in implementing more and more stringent restrictions as to the emissions. The applicable and future restrictions, both European and American have been listed in tables 1 and 2.

The analysis of the applicable regulations on the most important automotive markets allows the formulation of several observations. The positive aspect of the current European, American and Japanese regulations is the assumption of some common so-

Tab. 1. Limity emisji jednostkowej (Stage IIIA i IIIB) i daty ich wprowadzenia w Europie dla silników pojazdów non-road [1, 10]
Tab. 1. The emission limits (Stage IIIA and IIIB) and dates of their introduction in Europe for non-road vehicle engines [1, 10]

| Moc silnika Engine power [kW] | Data wprowadzenia* Implementation date* | CO [g/(kW·h)] | HC [[g/(kW·h)] | NO _x [g/(kW·h)] | PM [g/ (kW·h)] |
|-------------------------------------|--|------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Stage 3A | | | | | |
| 130 – 560 | 01.2006 | 3,5 | NO _x +HC – 4,0 | | 0,2 |
| 75 – 130 | 01.2007 | 5,0 | NO _x +HC – 4,0 | | 0,3 |
| 37 – 75 | 01.2008 | 5,0 | NO _x +HC – 4,7 | | 0,4 |
| 19 – 37 | 01.2007 | 5,5 | NO _x +HC – 7,5 | | 0,6 |
| Stage 3B | | | | | |
| 130 – 560 | 01.2011 | 3,5 | 0,19 | 2,0 | 0,025 |
| 75 – 130 | 01.2012 | 5,0 | 0,19 | 3,3 | 0,025 |
| 56 – 75 | 01.2012 | 5,0 | 0,19 | 3,3 | 0,025 |
| 37 – 56 | 01.2013 | 5,0 | NO _x +HC – 4,7 | | 0,025 |

*nie dotyczy silników pracujących ze stałą prędkością obrotową
*not applicable to engines operating at constant engine speed

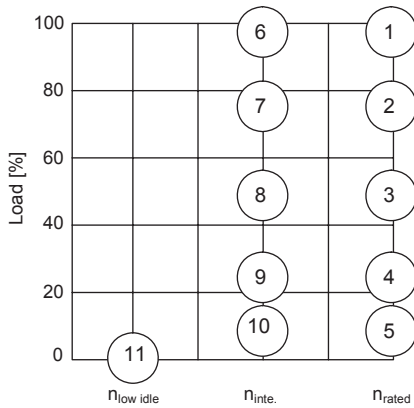
Tab. 2. Limity emisji jednostkowej (Tier 3 and Tier 4) i daty ich wprowadzenia w Stanach Zjednoczonych dla silników pojazdów non-road [1,10]

Tab. 2. The emission limits (Tier 3 and Tier 4) and dates of their implementation in the USA for non-road vehicle engines [1,10]

| Moc silnika Engine power [kW] | Data wprowadzenia* Implementation date* | CO [g/(kW-h)] | HC [g/(kW-h)] | NMHC+NO _x [g/(kW-h)] | NO _x [g/(kW-h)] | PM [g/(kW-h)] |
|-------------------------------------|--|------------------|------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Tier 3 | | | | | | |
| 37 – 75 | 2008 | 5,0 | - | 4,7 | - | Tier 2 |
| 75 – 130 | 2007 | | | 4,0 | | |
| 130 – 220 | 2006 | 3,5 | - | 4,0 | - | Tier 2 |
| 225 – 450 | 2006 | | | | | |
| 450 – 560 | 2006 | | | | | |
| Tier 4 | | | | | | |
| <8 | 2008 | 8,0 | - | 7,5 | - | 0,4 ^a |
| 8 – 19 | 2008 | 6,6 | - | 7,5 | - | 0,4 |
| 19 – 37 | 2008 | 5,5 | - | 7,5 | - | 0,3 |
| | 2013 | 5,5 | - | 4,7 | - | 0,03 |
| 37 – 56 | 2008 | 5,0 | - | - | - | 0,3 ^b |
| | 2013 | 5,0 | - | - | - | 0,03 |
| 56 – 130 | 2012 – 2014 ^c | 5,0 | 0,19 | - | 0,4 | 0,02 |
| 130 – 560 | 2011 – 2014 ^d | 3,5 | 0,19 | - | 0,4 | 0,02 |

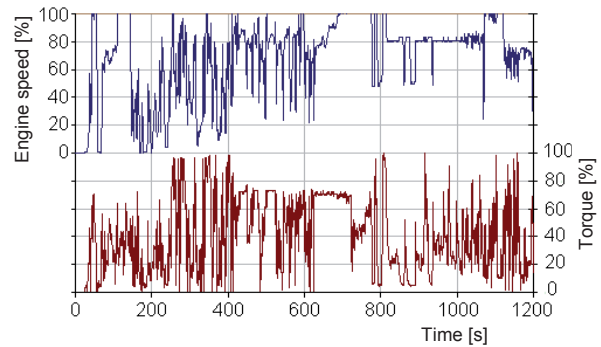
a – do 2010 r. obowiązuje Tier 2 dla silników DI, z ręcznym rozruchem, chłodzonych powietrzem, b – 0,4 jeżeli silnik uzyska 0,03 w 2012 r., c – dot. NMHC, NO_x, PM, opcja 1: 50% silników spełnia w 2012÷2013 r.; opcja 2: 25% silników musi spełnić w 2012÷2014 r., wszystkie od 31.12.2014 r., d – PM, CO od 2011; NO_x, HC – 50% silników musi spełnić w 2011÷2013.

a – Tier 2 is applicable by 2010 for DI (Direct injection) engines, with manual start-up, b – 0,4 is the engine reaches 0,03 in 2012, c – ref. NMHC, NO_x, PM, option 1: 50% engines comply in the years 2012 – 2013; option 2: 25% of the engines must comply with all regulations in the years 2012 – 2014, from 31.12.2014, d – PM, CO from 2011; NO_x, HC – 50% engines must comply in the years 2011 – 2013.



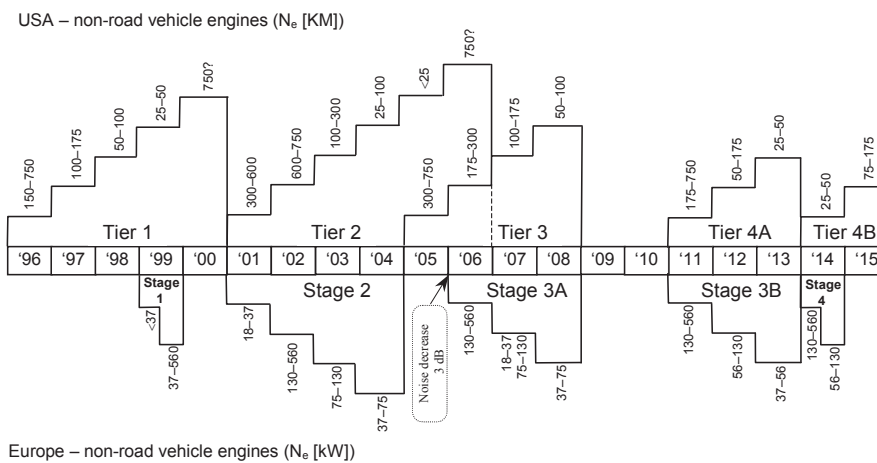
Rys. 1. Test 11-fazowy NRSC (ISO 8178) [1]

Fig. 1. Diagram of 11-phase test ISO 8178 [1]



Rys. 2. Przebieg testu NRTC [1,10]

Fig. 2. NRTC test course [1,10]



Rys. 3. Etapy wprowadzania norm dla silników non-road w Europie i Stanach Zjednoczonych [1,10]

Fig. 3. Toxic compound emission standard implementation stages for non-road vehicles in the USA and Europe [1,10]

pomiary emisji są wykonywane w jednym wspólnym teście statycznym NRSC 8178 (*Non-Road Stationary Cycle* rys. 1), również test dynamiczny NRTC (*Non-Road Transient Cycle*, rys. 2) jest wspólnym opracowaniem europejsko-amerykańskim. Pewne podobieństwo zachodzi także w zakresie wprowadzania nowych limitów, zarówno w Europie jak i w Stanach Zjednoczonych dopuszczalne poziomy emisji związków toksycznych oraz daty ich wprowadzenia są zależne od mocy użytecznej silnika (rys. 3). Jest oczywiste, że najkorzystniejszym rozwiązaniem byłoby ujednoczenie przepisów. Pozwoliłoby to na zmniejszenie kosztów, które producenci ponoszą w związku z wprowadzeniem swoich produktów na rynek. Postulat ten można odnieść nie tylko do grupy pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych, ale także do pozostałych grup pojazdów.

Należy również zauważyć, że przepisy dotyczące emisji związków toksycznych spalin z silników opisywanych pojazdów, nie regulują kwestii dotyczących pojazdów eksploatowanych. Emisja związków toksycznych spalin jest w dużym stopniu zależna od stanu technicznego silnika i jego wyposażenia. W przypadku pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych, ze względu na specyficzne warunki pracy (zapylenie, ukształtowanie terenu, duże obciążenie itp.), silnik i jego elementy są narażone na częste uszkodzenia. Brak procedur kontrolnych dla pojazdów eksploatowanych powoduje, że emisja związków toksycznych z ich silników jest w dużym stopniu niekontrolowana. Aby ocenić stan techniczny pojazdu wykonuje się jedynie przeglądy okresowe, polegające głównie na wymianie filtrów i płynów eksploatacyjnych. Eksploatowane silniki omawianej grupy pojazdów nie podlegają żadnej kontroli pod kątem emisji związków toksycznych spalin, a o skierowaniu takiego silnika do naprawy decyduje jedynie jego stan techniczny, w którym maszyna nie może wykonywać prac. Dla pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych pewne kroki przeciwdziałające takiej sytuacji podjęto w Europie, w Szwajcarii i Szwecji oraz w Stanach Zjednoczonych w Kalifornii. Przepisy przyjęte w tych krajach są głównie ukierunkowane na zmniejszenie emisji cząstek stałych. Wydaje się uzasadnione dążenie do wprowadzenia podobnych rozwiązań na szerszą skalę. Wymaga to jednak przygotowania i opracowania wielu zagadnień z tym związanych; opracowania limitów emisji związków toksycznych, procedur kontrolno-badawczych itp.

3. Analiza charakterystyk gęstości czasowej pracy silników pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych

Na podstawie danych zebranych ze sterowników silników dokonano analizy warunków pracy silników wybranych pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych. Analizie poddano parametry pracy silników wywrotek polowych (wozideł) i ładowarek. Maszyny te były wykorzystywane do prac na budowie nowej autostrady i jako sprzęt pomocniczy w kopalni odkrywkowej. Każda z maszyn przepracowała ponad 1000 h, analizie poddano dane z 10 wywrotek polowych i 21 ładowarek. Zarówno wszystkie wywrotki jak i ładowarki były napędzane tym samym typem silnika o zapłonie samoczynnym. Dzięki wyposażeniu silników w elektroniczny sterownik możliwe było odczytanie zapisanych histogramów stanów pracy (charakterystyk gęstości czasowej). W przypadku ładowarek histogramy dotyczyły rozkładu prędkości obrotowej wału korbowego silników w czasie, natomiast dla wywrotek dodatkowo był również rozkład obciążenia silnika.

lutions, e.g. the emissions are measured in one stationary cycle ISO 8178 (fig. 1). The future dynamic NRTC (Non-Road Transient Cycle, fig. 2) cycle is another common European-American solution. Some similarity also occurs during the introduction of new restrictions, both in Europe and in the United States the admissible toxic compound emission levels and dates of their implementation depend on the engine's effective power (fig. 3). It is obvious that the most viable solution would be the unification of the regulations, if not on the global scale, then at least on the major automotive markets, i.e. in Europe, the United States and Japan. This would allow a reduction of the costs the manufacturers incur in relation to the implementation of their products on the market. Actually, this postulate may be referred not only to the non-road vehicles, but also to the other vehicle groups.

Another observation resulting from the analysis of regulations on emissions of the described vehicles is the lack of legal regulations concerning vehicles in use. The toxic compound emission largely depends on the technical condition of the engine and its subassemblies. In the case of non-road vehicles, due to the specific operating conditions (dust, land formation, heavy loads, etc.), the engine and its elements are exposed to frequent damage. The lack of control procedures for the operating engines causes a situation where the emissions by their engines are to a large extent non-controllable. In order to assess the technical condition of a vehicle, only periodical inspection checks are carried out, consisting mainly in the replacement of filters and other consumables (operating fluids). The non-road vehicle engines used are uncontrolled in terms of emissions in the exhaust and it is only the engine's technical condition that determines directing it for repair because the machine cannot operate. For non-road vehicles certain measures against such situation were taken in Europe-Switzerland and Sweden and the United States – California. The projects developed in those countries are mainly focused on reducing particle emission. The measures consist in retrofitting the engines of the used vehicles in exhaust aftertreatment systems, engine modernization and even its replacement. The tendency to implement similar solutions on a larger scale seems justified. It requires, however, the preparation and development of numerous issues related thereto; development of toxic compound emission limits, inspection and research procedures, etc.

3. The analysis of the time density characteristics of non-road vehicle engines

Based on the data collected from the engine control units an analysis of the operating conditions has been performed of selected non-road vehicles. The parameters of the engine operation of field dump trucks and loaders have been analyzed. These machines were used for works on a construction site of a new freeway and as an auxiliary equipment in an open cast mine. Each of the machines worked for over 1000 hours and 10 dump trucks and 21 loaders have been analyzed. Both the trucks and the loaders were fitted with the same type of diesel engine. Thanks to an electronic control unit fitted in the engine the authors could read the data of the recorded histograms of engine work states (time density characteristics). In the case of the loaders the histograms pertain to the distribution of the engine speed in time and for the trucks the distribution of loads was additionally included.

Based on the collected histograms from individual machines a collective histogram was developed, that included all the inve-

Na podstawie zebranych histogramów z poszczególnych maszyn sporządzono histogram zbiorczy, obejmujący wszystkie przebadane pojazdy. Analizę warunków pracy silników przeprowadzono w aspekcie obowiązującego testu homologacyjnego ISO-8178.

W przypadku ładowarek uzyskane histogramy pracy silników nie są pełne, dotyczą tylko wykorzystania zakresów prędkości obrotowej wału korbowego silnika, nie zawierają danych dotyczących obciążenia w czasie (rys. 4).

Z przedstawionych histogramów wynika, że znaczący jest czas pracy silników na biegu jałowym, wynosi on 34%. Również odczyty przedstawiające wykorzystanie maszyn potwierdzają znaczący udział pracy maszyny na biegu jałowym (rys. 5). Na rysunku 4 zaznaczono także prędkości obrotowe wału korbowego silnika dla których wykonywane są badania w teście homologacyjnym ISO-8178 ($n_{\text{pośred.}}$, $n_{\text{nom.}}$). Z porównania tego wyniku, że w rzeczywistych warunkach pracy tych maszyn zakres najczęściej wykorzystywanych prędkości obrotowych wału korbowego silnika (1100–1800 obr/min) nie pokrywa się z prędkościami testu homologacyjnego. Najczęściej wykorzystywane zakresy nie obejmują prędkości obrotowej maksymalnego momentu obrotowego, dla której wykonywane są pomiary w teście homologacyjnym ISO 8178-C1, udział czasu pracy dla tej prędkości wynosi 6%. Także druga charakterystyczna prędkość obrotowa (prędkość maksymalna), dla której wykonuje się pomiary w teście ISO 8178-C1 nie ma znaczącego udziału w czasie pracy analizowanych maszyn, jej udział wynosi 3%.

Z danych dotyczących wykorzystania maszyn wynika, że ładowarki większość czasu (54%) są w ruchu (dojazd do miejsca pracy i transport urobku), natomiast 7% czasu to praca z załączonym hydraulicznym układem ładowania.

Histogram zbiorczy, na którym przedstawiono rozkład obciążenia i prędkości obrotowej wału korbowego silników wywrotek połowych przedstawiono na rysunku 6. Z zamieszczonych danych wynika, że silniki napędzające analizowaną grupę pojazdów pracują głównie w przedziale prędkości obrotowych 1300–1700 obr/min. W tym przedziale silniki przepracowały 40% całkowitego czasu pracy.

Ponadto zauważono, że znaczący jest również udział czasu pracy w zakresie obciążenia poniżej 50% maksymalnego momentu obrotowego silnika, stanowi on 66% całkowitego czasu pracy silnika (rys. 7). Niestety uzyskane dane nie zawierają szczegółowych informacji na temat rozkładu w czasie obciążenia i prędkości obrotowej w zakresie obciążenia mniejszego niż 50% maksymalnego. Sumując udziały zaprezentowanych wyżej

stigated vehicles. The analysis of the engine operating conditions was performed in the aspect of the currently binding homologation cycle ISO-8178.

In the case of the loaders, the obtained histograms of the engine operation are not complete, pertain only to the use of the particular engine speeds and do not contain data on the load distribution in time (fig. 4).

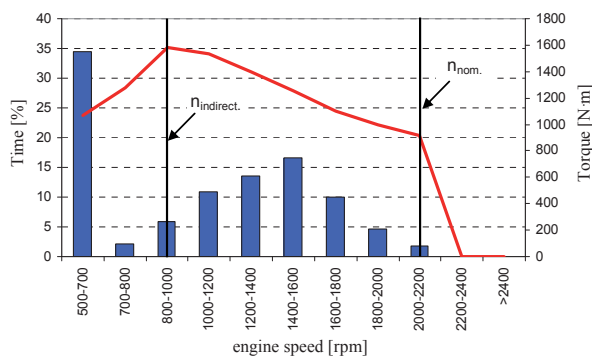
The presented histograms show that engine operation at idle is significant and amounts to 34%. The readouts showing the use of the machinery also show a significant share of the total machine operating time at idle (fig. 5). Figure 4 presents engine speeds for which homologation tests ISO-8178 have been performed (n_{indirect} , $n_{\text{nom.}}$). This comparison indicates that for these machines under real operating conditions the range of the most frequently used engine speeds (1100–1800 rpm) does not match the speeds of the homologation test. The most frequently used speeds do not include the engine speed at maximum torque for which the measurements are taken in the homologation cycle ISO 8178-C1, the share of the operating time for this speed amounts to 6%. Also, the second characteristic engine speed (maximum speed) for which the measurements are made in the ISO 8178-C1 cycle does not have a significant share in the total operating time of the machines under analysis - its share amounts to 3%.

From the data related to the use of the machines it results that the loaders for the most of their operating time (54%) are in motion (arriving at the site and transportation of load) and 7% of the time is operation with a hydraulic loading system.

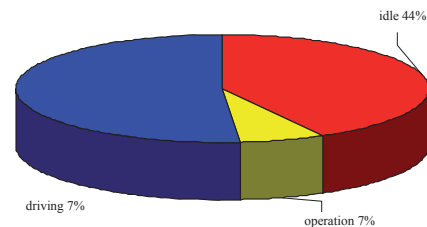
The collective histogram presenting the distribution of loads and engine speeds of field dump trucks has been shown in fig. 6. From the data it results that the engines fitted in the analyzed group of vehicles operate mainly in the engine speed range of 1300–1700 rpm. In this range the engines worked for over 40% of the total operating time.

What is more, it has been noted that the operating time share in the load range of below 50% of the maximum torque is also significant and constitutes 66% of the total operating time (fig. 7). Unfortunately the obtained data do not include detailed information as to the time distribution of loads and engine speeds in the range of loads lower than 50% of the maximum load. Summing up, the shares of the above presented two main areas of engine operation it results that they constitute 90% of the total operating time of the analyzed group of vehicles.

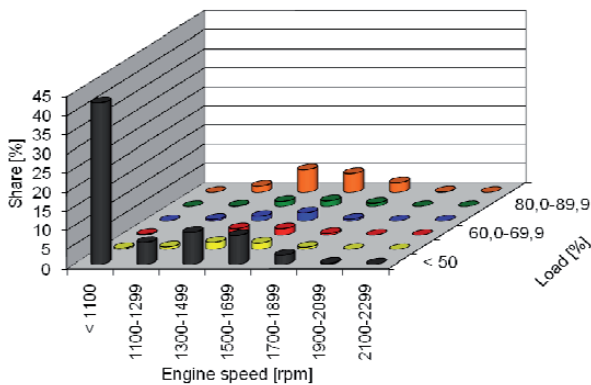
Analyzing the data in the aspect of the currently binding homologation test ISO 8178-C1 it has been noted that its points 1, 2 and 3 fall outside of the main operating area of the truck engines



Rys. 4. Zakres najczęściej wykorzystywanej prędkości obrotowej ładowarek
Fig. 4. The range of the most frequently used engine speed in the loaders



Rys. 5. Wykorzystanie analizowanej grupy ładowarek
Fig. 5. The use of the analyzed group of loaders



Rys. 6. Histogram pracy silników wywrotek polowych

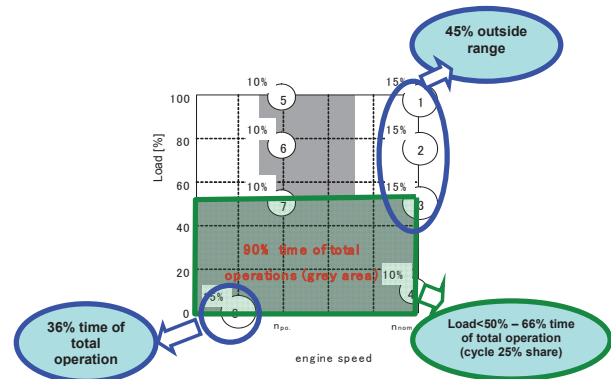
Fig. 6. Histogram of the field dump trucks engines operation

dwóch głównych obszarów pracy silnika wynika, że stanowią one 90% całkowitego czasu pracy analizowanej grupy pojazdów.

Analizując dane w aspekcie obowiązującego testu homologacyjnego ISO 8178-C1 zauważono, że jego punkty 1, 2 i 3 leżą poza głównym obszarem pracy silników wywrotek polowych, ich łączny udział w teście wynosi 45%, natomiast podczas pracy silnika wykorzystanie tego obszaru wynosi ok. 2%. W teście homologacyjnym wspomniane fazy są wykonywane dla maksymalnej prędkości obrotowej wynoszącej 2100 obr/min, pozostałe fazy testu leżą w najczęściej wykorzystywanym obszarze pracy silnika. Ponadto z zaprezentowanych histogramów wynika, że znaczący jest udział pracy silnika na biegu jałowym, wynosi on 42% całkowitego czasu pracy maszyny. Tak duży udział nie jest uwzględniony w teście ISO 8178-C1.

4. Podsumowanie

Z analizy aktualnych przepisów wynika, że brak jest zadowalających rozwiązań prawnych dotyczących kontroli emisji związków toksycznych spalin z eksploatowanych pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych. Również projekty przyszłych regulacji prawnych nie przewidują odpowiednich rozwiązań. Zaprezentowane prace mogą być wstępem do opracowania procedur mających na celu kontrolę i ograniczenie emisji związków toksycznych spalin z silników eksploatowanych pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych. Wprowadzenie odpowiednich procedur wymaga podjęcia dalszych prac w tym zakresie. Konieczne wydaje się wprowadzenie odpowiednich regulacji prawnych obligujących do kontroli emisji z silników eksploatowanych pojazdów i co jest z tym związane opracowanie szczegółowych ustaleń dotyczących np., kiedy mają być wykonywane badania kontrolne, ustalenie dopuszczalnych limitów itp. Analiza rzeczywistych warunków pracy silników (obciążenia i prędkości obrotowej wału korbowego) wybranych pojazdów dowodzi, że niektóre punkty testu homologacyjnego leżą poza głównym zakresem pracy. Można zatem wysunąć wniosek o konieczności weryfikacji obowiązujących procedur badawczych – testu homologacyjnego ISO 8178.



Rys. 7. Porównanie zakresu pracy silników wywrotek polowych i punktów testu ISO 8178-C1

Fig. 7. Comparison of the operating range of dump trucks engines and the ISO 8178-C1 test points

– their collective share in the tests amounts to 45% and during the engine operation the use of this area amounts to approximately 2%. In the homologation test the said phases are performed for the maximum engine speed that is 2100 rpm and the outstanding phases of the test fall within the most frequently used area of the engine operation. Besides, the presented histograms show that the share of engine operation at idle is significant - 42% of the total machine operating time. Such a large share is not provided for in the ISO 8178-C1 cycle.

4. Conclusions

From the analysis of the current regulations it shows that there are no satisfactory legislative solutions as for the toxic emission control for non-road vehicles. Drafts of future regulations do not provide for such solutions. The presented works could serve as an introduction to the development of the procedures aiming at control and reduction of the emissions from non-road vehicle engines. The introduction of proper procedures requires undertaking of further efforts in this matter. Proper legislation seems necessary that will force the control of the toxic emissions from the said engines and, consequently, a development of detailed dispositions as to when the emission related inspections are to be performed and what the admissible limits would be. The analysis of the actual operating conditions of engines (loads and engine speeds) of selected vehicles proves that some points of the homologation test fall outside of the main area of operation. We can, thus, draw a conclusion that the current testing procedures need to be updated (ISO 8178 homologation cycle).

5. Literatura

1. AVL Regulations&Standards, Current and Future Exhaust Emission Legislation AVL. Graz 05.2006.
2. Dreisbach R. Emission reduction technology – synergies between on-road and non-road engine. 3rd AVL International Commercial Powertrain Conference, Graz 2005.
3. Leverton T. A strategic response to the market and legislation challenges in the construction equipment industry over the next decade. 3rd AVL International Commercial Powertrain Conference, Graz 2005.
4. Majewski W. A. Future emission legislation for heavy-duty diesel engine. 3rd AVL International Commercial Powertrain Conference, Graz 2005.
5. Merkisz J., Walasik S. Uwagi o przepisach dotyczących emisji związków toksycznych spalin z silników o zastosowaniach pozadrogowych. Archiwum Motoryzacji 1/2006.
6. Merkisz J., Walasik S. Emisja związków toksycznych spalin z silników pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Maszyny Robocze i Transport, 61/2006.
7. Moser F. Three different industries sharing the same powertrain technology – an opportunity for synergies? 3rd AVL International Commercial Powertrain Conference, Graz 2005.
8. Poli G. Global trends in commercial vehicle markets: Automotive, agricultural and industrial powertrains. 3rd AVL International Commercial Powertrain Conference, Graz 2005.
9. Walsh M. Global Trends in Diesel Emissions Regulation – A 2001 Update. SAE Technical Paper 2001-01-0183.
10. www.dieselnet.com

Prof. dr hab. inż. Jerzy MERKISZ

Dr inż. Piotr LIJEWSKI

Politechnika Poznańska

Instytut Silników Spalinowych i Transportu

Ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, Polska

e-mail: piotr.lijewski@put.poznan.pl

Dr inż. Sławomir WALASIK

Bergerat Monnoyeur Sp. z o.o.

ul. Miętowa 20, 61-680 Poznań
