

TENDENCJE ROZWOJOWE SILNIKÓW SPALINOWYCH MASZYN I AGREGATÓW ROLNICZYCH

Streszczenie

W artykule opisano kierunki rozwoju współczesnych silników spalinowych stosowanych do napędu maszyn rolniczych, szczególnie ciągników. Opisano nowoczesne rozwiązania stosowane w nowoczesnych silnikach o zapłonie samoczynnym, np. Systemy common rail, selektywną redukcję katalityczną, filtry cząstek stałych. Ponadto przedstawiono aktualne rozwiązania prawne dotyczące emisji związków toksycznych spalin z silników maszyn rolniczych oraz metody badań emisji. W ostatniej części artykułu opisano nowoczesne rozwiązania układów napędowych maszyn rolniczych, np. napęd hybrydowy i napęd z wykorzystaniem ogniw paliwowych.

Wprowadzenie

Korzystne właściwości napędowe połączone z niskim zużyciem paliwa spowodowały, że podstawowym źródłem napędu maszyn rolniczych są silniki o zapłonie samoczynnym (ZS). W ostatnich kilkunastu latach obserwowano bardzo dynamiczny rozwój silników ZS, wprowadzono nowe rozwiązania, mające na celu poprawę ich sprawności oraz ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko. Ochrona środowiska naturalnego jest obecnie głównym czynnikiem determinującym rozwój środków transportu, w tym również maszyn rolniczych. Zmniejszanie limitów emisji związków toksycznych spalin wymusiło na producentach silników spalinowych stosowanie nowych technologii i rozwiązań konstrukcyjnych. Działania zmierzające do ograniczenia emisji związków toksycznych spalin można podzielić na trzy podstawowe grupy:

- 1) Bezpośrednie oddziaływanie na proces spalania, który jest źródłem powstawania związków szkodliwych. Przykładem tego typu działań jest m.in. spalanie ładunku homogenicznego i recyrkulacja spalin;
- 2) Oddziaływanie na spaliny po opuszczeniu cylindra silnika (ang. *exhaust aftertreatment*). Do tej grupy należy zaliczyć m.in.: selektywną redukcję katalityczną (SCR *Selective Catalytic Reduction*), dopalanie niespalonych węglowodorów i tlenu węgla, jak również stosowanie filtrów cząstek stałych (DPF *Diesel Particulate Filter*);
- 3) Stosowanie odpowiednich paliw, np. o zmniejszonej zawartości siarki, z dodatkami biokomponentów.

Rozwiązania należące do wszystkich wyżej wymienionych grup można odnaleźć w silnikach maszyn rolniczych. Jednak najnowsze rozwiązania w grupie silników, wykorzystywanych do napędu maszyn rolniczych, są stosowane z pewnym opóźnieniem w stosunku do silników pojazdów drogowych, co wynika z bardziej liberalnych limitów emisji związków toksycznych spalin.

Limity emisji związków toksycznych spalin dla silników maszyn rolniczych

Na problem zanieczyszczenia środowiska przez motoryzację po raz pierwszy zwrócono uwagę w latach 50. ubiegłego stulecia w Stanach Zjednoczonych, w Kalifornii, gdy nad obszarem tego stanu zaobserwowano smog. Kilka lat później wprowadzono pierwsze regulacje prawne, ograniczające emisję związków toksycznych z pojazdów samochodowych. Przez kolejne lata przepisy te były rozwijane, tzn. rozszerzane

o kolejne grupy pojazdów, zmniejszane były limity emisji związków toksycznych oraz modyfikowane były metody ich pomiaru. Obecnie na najważniejszych światowych rynkach motoryzacyjnych obowiązują ustalenia prawne, dotyczące emisji związków toksycznych z silników spalinowych, stosowanych w pojazdach oraz innych urządzeniach. Wprowadzane przepisy wymusiły ciągle unowocześnianie i modernizację silników spalinowych. Dzięki tym działaniom współczesne jednostki napędowe znacznie odbiegają od tych stosowanych jeszcze kilkanaście lat temu, zarówno pod względem konstrukcji, jak i stosowanych rozwiązań technicznych.

Pierwotnie przepisy ograniczające emisję obejmowały pojazdy drogowe (*on-road*), stosunkowo późno, bo dopiero w latach 90. wprowadzono przepisy dla homologowanych silników pojazdów, o zastosowaniach pozadrogowych (*non-road*), do której należą również pojazdy rolnicze napędzane głównie silnikami ZS. Obecnie przepisy dotyczące tej grupy są nadal rozwijane, przy czym zmiany polegają przede wszystkim na obniżaniu dopuszczalnych limitów emisji związków toksycznych spalin. Limity dla tej grupy są bardziej liberalne, w porównaniu z pojazdami drogowymi, co znajduje odzwierciedlenie w ich konstrukcji i budowie. Limity są wprowadzane w etapach, w zależności od mocy silnika (tab. 1). Obowiązujące obecnie dopuszczalne wartości emisji NO_x i PM są o około 65% mniejsze - w porównaniu do obowiązujących w 1996 roku.

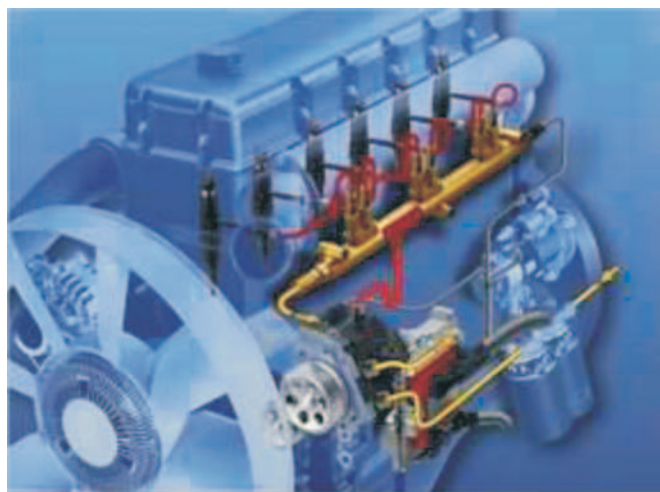
Nowoczesne silniki stosowane do napędu maszyn rolniczych

Stosowane obecnie w rolnictwie silniki ZS to głównie jednostki turbodoładowane z bezpośrednim wtryskiem paliwa DI (*Direct Injection*). Są to głównie jednostki o rzędowym układzie cylindrów. Należy podkreślić, że jednym z priorytetowych założeń producentów silników do maszyn rolniczych jest trwałość i ekonomiczność. W zależności od wielkości maszyny oraz jej przeznaczenia silniki te osiągają moc od 10 do 500 kW. Pod względem konstrukcyjnym różnią się one od silników trakcyjnych. Wynika to z charakteru pracy maszyn rolniczych. Silnikom stawia się wymagania odnośnie do przebiegu charakterystyki zewnętrznej, zapewniającej wysoki moment obrotowy i moc w najczęściej wykorzystywanym zakresie roboczym tak, aby zapewnić odpowiedni uciąg i moc do napędu maszyn (w przypadku ciągników rolniczych).

Na zastosowane rozwiązania w silnikach stosowanych w rolnictwie wpływają również specyficzne warunki pracy maszyn:

- praca przy przechyłach poprzecznych i wzdłużnych,
- duża zmienność obciążeń zewnętrznych,
- przystosowanie do współpracy z przekładnią hydrokinetyczną lub sprzęgłem hydrokinetycznym,
- specjalne konstrukcje filtrów powietrza do pracy przy dużym zapyleniu,
- urządzenia rozruchowe umożliwiające rozruch w niskich temperaturach,
- montaż tłumików w układzie wylotowym z pochłaniaczem iskier,
- stosunkowo prosta obsługa serwisowa, szczególnie łatwy dostęp do elementów eksploatacyjnych (filtry, korki spustowe płynów eksploatacyjnych).

Przez szereg lat silniki ZS były modernizowane i udoskonalane dla potrzeb wykorzystania w maszynach rolniczych. Efektem zmagania konstruktorów są spotykane obecnie silniki mające objętościowy wskaźnik mocy około 35 kW/dm^3 i $140 \text{ N}\cdot\text{m/dm}^3$, a więc nieco mniejszy w porównaniu z silnikami pojazdów drogowych. Ponadto obecnie stosowane silniki ZS, spełniające europejską normę *Stage IIIB*, to jednostki wyposażone w turbosprężarki ze zmienną geometrią łopatek kierownicy turbiny (VGT *Variable Geometry Turbocharger*), co stanowi ważny element umożliwiający kształtowanie przebiegu charakterystyki silnika w zależności od potrzeb, jednocześnie rozwiązaniem to zwiększa sprawność ogólną silnika, a więc obniża zużycie paliwa. Najczęściej system doładowania posiada chłodnicę powietrza. Rozwiązaniem, powszechnie stosowanym w nowoczesnych silnikach ZS przeznaczonych do napędu maszyn rolniczych jest wysokociśnieniowy układ wtryskowy *common rail* (rys. 1). Układy te obecnie umożliwiają realizację wtrysku wielokrotnego, przy maksymalnym ciśnieniu 200 MPa. Elektroniczne sterowanie umożliwia bardzo precyzyjne wysterowanie wielkości wtryskiwanej dawki paliwa i czasu trwania wtrysku. W spotykanych obecnie systemach wtryskowych stosuje się wtryskiwacze sterowane piezoelektrycznie. Charakteryzują się one krótkim czasem reakcji na impuls napięciowy, około 0,1 ms, cztery razy krótszym w porównaniu z wtryskiwaczami z zaworami elektromagnetycznymi. W efekcie zwiększa to szybkość realizacji nastaw wtryskiwacza. Ponieważ większość silników ciągników rolniczych jest przystosowana do zasilania paliwami pochodzenia roślinnego wysokociśnieniowe pompy układów *common rail* są smarowane olejem silnikowym.



Rys. 1. Widok układu wtryskowego silnika ciągnika rolniczego [3]

Fig. 1. Tractor engine fitted with common rail system [3]

Główne problemy związane ze stosowaniem silników ZS to emisja PM i NO_x . Rozwiązania mające na celu poprawę właściwości ekologicznych, stosowane w silnikach maszyn rolniczych odbiegają od rozwiązań stosowanych w silnikach pojazdów drogowych. Jedną z zasadniczych różnic jest wykorzystanie pozasilnikowych urządzeń oczyszczających spaliny, reaktorów katalitycznych i filtrów cząstek stałych. Pozasilnikowe urządzenia oczyszczające spaliny są wykorzystywane w maszynach rolniczych rzadko, ale sytuacja ta zmienia się bardzo dynamicznie, w najnowszych pojazdach można je spotkać coraz częściej. Jednym z najnowszych rozwiązań ograniczających emisję tlenków azotu jest selektywna redukcja katalityczna, która polega na wykorzystaniu jako reduktora dla NO_x 32,5% roztworu mocznika (nazwa handlowa AdBlue), wtryskiwanego przed reaktor katalityczny. Zużycie roztworu mocznika wynosi ok. 2% oleju napędowego. Schemat obrazujący działanie układu SCR silnika ciągnika rolniczego przedstawiono na rys. 2. Inną metodą, znaną już od wielu lat jest recyrkulacja spalin (EGR *Exhaust Gas Recirculation*). Spaliny mieszają się z powietrzem i są doprowadzane do silnika, co powoduje zmniejszenie stężenia powietrza ładowanego do silnika i w efekcie zmniejsza szybkość spalania w początkowej fazie i obniżenie maksy-

Tab. 1. Europejskie limity emisji dla silników pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych (Stage IIIA, IIIB, IV) [1]

Table 1. European emission limits for non-road engine (Stage IIIA, IIIB, IV) [1]

Kategoria silnika	Moc silnika [kW]	CO [g/(kW·h)]	HC [g/(kW·h)]	NO _x [g/(kW·h)]	HC+NO _x [g/(kW·h)]	PM [g/(kW·h)]
<i>Stage IIIA</i>						
H	≥130÷560	3,5	–	–	4	0,2
I	≥75÷130	5	–	–	4	0,3
J	≥37÷75	5	–	–	4,7	0,4
K	≥19÷37	5,5	–	–	7,5	0,6
<i>Stage IIIB</i>						
L	≥130÷560	3,5	0,19	2	–	0,025
M	≥75÷130	5	0,19	3,3	–	0,025
N	≥56÷75	5	0,19	3,3	–	0,025
P	≥37÷56	5	–	–	4,7	0,025
<i>Stage IV</i>						
Q	≥130÷560	3,5	0,19	0,4	–	0,025
R	≥75÷130	5	0,19	0,4	–	0,025

*NTA (*New Type Approvals*) – zatwierdzenie nowego typu

**ANR (*All New Registrations*) – wszystkie nowe rejestracje

malnej temperatury spalania ładunku. Bardzo często, aby zwiększyć efekt działania EGR, stosuje się chłodnice spalin, ponownie doprowadzanych do cylindra.

W celu zmniejszenia emisji PM z silników maszyn rolniczych coraz częściej, obok systemów SCR, stosuje się filtry DPF. Najczęściej są one zintegrowane z utleniającymi reaktorami katalitycznymi, stosowanymi w celu zmniejszenia emisji CO i HC.



Rys. 2. Układ SCR silnika ciągnika rolniczego Massey Ferguson [3]

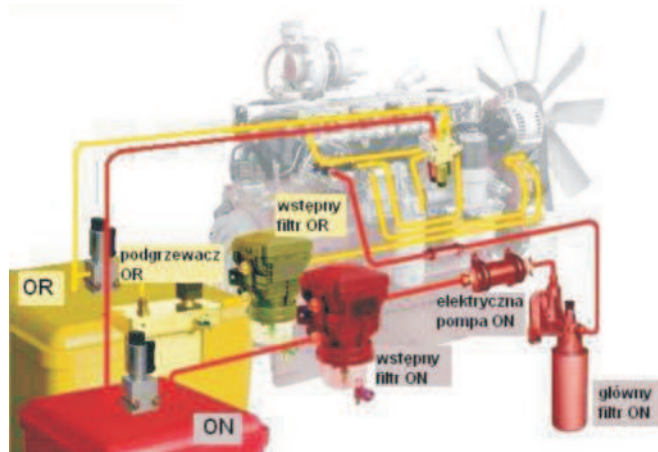
Fig. 2. Massey Ferguson SCR [3]

Do zasilania silników maszyn rolniczych promowane jest wykorzystanie paliw pochodzenia roślinnego. Plantatorzy roślin stosowanych do produkcji paliw mogą indywidualnie, bądź we współpracy z innymi rolnikami, produkować paliwo na własne potrzeby. Działania takie są wspierane, ponieważ oprócz oczywistych korzyści ekologicznych powodują także wzrost opłacalności produkcji rolnej. Wychodząc naprzeciw tym oczekiwaniom producenci maszyn rolniczych oferują silniki przystosowane do spalania paliw pochodzenia roślinnego. Większość producentów ciągników rolniczych przystosowała jednostki napędowe do zasilania tzw. czystym biodieslem (FAME estry metylowe kwasów tłuszczowych), jak i mieszaniną oleju napędowego i FAME. Obecnie spotykane są także silniki maszyn rolniczych przystosowane do zasilania nieprzetworzonym olejem roślinnym. Przykładem takiego rozwiązania jest silnik ciągnika Deutz-Fahr z systemem *common rail*, z pompą smarowaną olejem silnikowym, przystosowany do zasilania olejem rzepakowym (OR). Zasilanie nieprzetworzonym olejem roślinnym jest możliwe dzięki zastosowaniu dwóch niezależnych obiegów paliwa wraz z systemem filtrów, podgrzewaczem oraz elektronicznym systemem sterowaniem silnika (rys. 3).

W budowie ciągników rolniczych obserwowana jest tendencja polegająca na stosowaniu napędu elektrycznego lub hydraulicznego urządzeń, maszyn współpracujących z ciągnikiem.

W takim przypadku silnik spalinowy ciągnika napędza generator lub pompę hydrauliczną, a moc do urządzeń współpracujących jest przekazywana za pomocą przewodów elektrycznych lub hydraulicznych. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest zmniejszenie emisji związków toksycznych spalin z silnika spalinowego ciągnika oraz zmniejszenie zużycia paliwa, ponieważ silnik spalinowy może pracować w optymalnym zakresie prędkości obrotowych wału korbowego. Przykładem takiego rozwiązania są ciągniki rolnicze 7430E i 7530E Premium firmy John Deere (rys. 4). W ciągnikach tych generator prądu wytwarza energię potrzebną do napędzanych elektrycznie układów i podzespołów, takich jak: sprężarka klimatyzacji, wentylator chłodnicy cieczy chłodzącej silnik

i sprężarka układu pneumatycznego. Generator napędzany bezpośrednio od wału korbowego wytwarza do 20 kW mocy elektrycznej już przy prędkości obrotowej 1800 obr/min. W opisywanym ciągniku cały czas jest do dyspozycji 5 kW mocy elektrycznej, która może być pobierana z dwóch gniazd znajdujących się z tyłu ciągnika 230 i 400 V. Ponadto, dzięki temu rozwiązaniu w układzie elektrycznym ciągnika jest stale dostępne napięcie 12 V i natężenie 300 A. Prędkość obrotowa wentylatora chłodnicy jest regulowana automatycznie i bezstopniowo, w zależności od temperatury cieczy chłodzącej silnik. Sprężarka układu pneumatycznego w każdej chwili może szybko zwiększyć ciśnienie powietrza w układzie, nawet przy stosunkowo niskich prędkościach obrotowych wału korbowego silnika.



Rys. 3. Silnik Deutz-Fahr przystosowany do zasilania olejem napędowym i olejem rzepakowym [3]

Fig. 3. Deutz-Fahr engine fuelled with diesel oil and rapeseed oil [3]

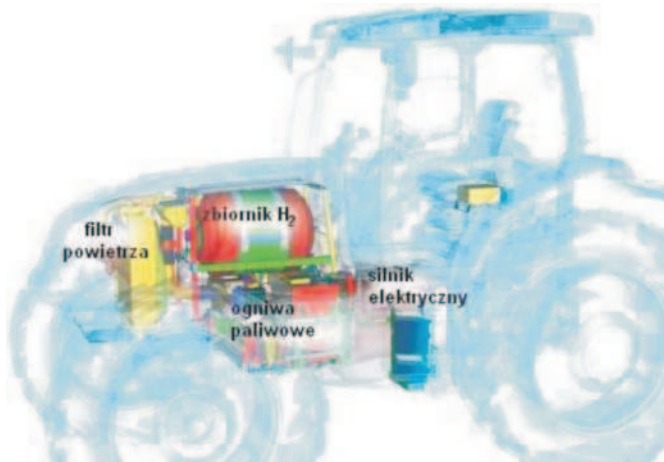


Rys. 4. Ciągnik rolniczy John Deere 7430E z generatorem elektrycznym [3]

Fig. 4. John Deere 7430 with a generator [3]

Przyszłościowe rozwiązania napędów maszyn rolniczych

Producenci ciągników rolniczych zapowiadają, że w przyszłości nadal będą trwały prace rozwojowe nad układami przekazującymi moc do współpracujących maszyn za pomocą przewodów elektrycznych lub hydraulicznych, rozważane jest również zastosowanie układów pneumatycznych. Zatem tradycyjne wały przekazu mocy będą stosowane coraz rzadziej. Takie rozwiązania wymuszą także zmiany w konstrukcji maszyn i urządzeń współpracujących z ciągnikami rolniczymi. Korzyści wynikające z tych zmian to przede wszystkim możliwość pracy silnika w zakresie prędkości obrotowych, zapewniających mniejsze zużycie paliwa i zmniejszenie emisji związków toksycznych spalin. Inną korzyścią, wynikającą z takiego rozwiązania, jest zwiększenie ergonomii i bezpieczeństwa personelu obsługującego maszynę podczas pracy. W celu spełnienia limitów emisji związków toksycznych spalin z silników maszyn rolniczych, zapewne konieczne będzie zaadoptowanie rozwiązań spotykanych w silnikach pojazdów drogowych. W najbliższych latach będzie to głównie powszechne wykorzystanie układów oczyszczających spaliny.



Rys. 5. Ciągnik New Holland NH2 napędzany ogniwami paliwowymi [3]

Fig. 5. New Holland NH2 with fuel cells [3]

Konstruktorzy maszyn rolniczych pracują także nad zmianami w układach napędowych ciągników rolniczych. Firma Case przedstawiła pierwszy ciągnik z hybrydowym układem napędowym. Hybrydowe układy napędowe od kilku lat są już stosowane do napędu samochodów osobowych (Toyota, Honda, Lexus i wiele innych) i autobusów (Solaris), natomiast zaprezentowany ciągnik Case IH ProHybrid EECVT

jest pierwszym tego typu rozwiązaniem na świecie. Układ napędowy wspomnianego ciągnika to połączenie silnika ZS o mocy 120 kW i silnika elektrycznego o mocy 50 kW, moc jest przekazywana poprzez bezstopniową przekładnię CVT (*Continuous Variable Transmission*).

Za przyszłościowe rozwiązanie układu napędowego maszyn rolniczych uważa się również układ napędowy który będzie zasilany ogniwami paliwowymi. Intensywne prace nad takimi układami dla pojazdów drogowych trwają już od kilku lat, w efekcie jest już pierwszy seryjnie produkowany samochód z napędem, którego źródłem zasilania są ogniwa paliwowe (Honda FCX). Prace nad wykorzystaniem takich układów napędowych prowadzą również producenci maszyn rolniczych. Firma New Holland zaprezentowała pierwszy na świecie ciągnik rolniczy, model NH2, do napędu którego wykorzystano ogniwa paliwowe o mocy 78 kW (rys. 5).

Metody badań silników maszyn rolniczych

Zarówno w państwach Unii Europejskiej, jak i w Stanach Zjednoczonych obowiązującym testem homologacyjnym dla niesamochodowych zastosowań silników spalinowych, a więc także maszyn rolniczych, jest opracowany przez ISO test badawczy ISO 8178. Jest to test 11-fazowy, wykonywany na hamowni silnikowej. Na jego podstawie wyznacza się średnią emisję jednostkową poszczególnych składników toksycznych spalin. Charakterystyczne współczynniki udziału pracy w każdej fazie testu są dobierane w zależności od zastosowania badanego silnika.

Rozwój transportu oraz konieczność ochrony środowiska naturalnego wymagają ciągłej pracy nad rozwojem metod badań emisji związków toksycznych. Rozwój silników spalinowych obserwowany w ostatnich latach wymusza wprowadzenie nowych metod pomiaru, np. pomiar cząstek stałych nie ogranicza się już tylko do wyznaczenia ich masy; obecnie wykonywane są pomiary mające na celu określenie właściwości fizycznych cząstek stałych. Coraz częściej podejmowana jest dyskusja na temat warunków pomiarów emisji związków toksycznych spalin - czy warunki obowiązującego testu homologacyjnego w pełni odzwierciedlają rzeczywiste warunki eksploatacyjne pojazdów. Analiza światowych trendów w dziedzinie ekologii wskazuje, że w celu efektywnego obniżenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego, konieczny jest pomiar emisji gazów toksycznych w warunkach rzeczywistych. Obecnie możliwe jest już wykorzystanie systemu mobilnych analizatorów, który umożliwia pomiary emisyjności pojazdów nie tylko w warunkach stacjonarnych, ale także w warunkach dynamicznych, np. podczas rozruchu silnika, a także w warunkach przejściowych pomiędzy dwoma procesami (np. regeneracji filtra cząstek stałych). Zespół analizatorów mobilnych jest urządzeniem umożliwiającym kompleksowy pomiar emisji toksycznych składników spalin *on-board* w czasie rzeczywistym, w warunkach drogowych pojazdów zasilanych różnymi paliwami (benzyna, olej napędowy, B100, LPG, CNG, E85 itd.). Przykładem takiego systemu pomiarowego jest zestaw firmy Sensors (rys. 6a). Uzupełnieniem zestawu jest pomiar zadymienia spalin oraz pomiar cząstek stałych, zarówno pod względem masowym, ilościowym (licznik cząstek stałych Particle Counter firmy AVL), (rys. 6b), jak i wymiarowym (spektrometr masowy Engine Exhaust Particle Sizer 3090 firmy TSI), (rys. 6c). Analizator umożliwia wykorzystanie danych z sieci diagnostycznych pojazdów osobowych i ciężarowych oraz systemu nawigacji satelitarnej. Wyniki badań można wykorzystać do ekologicznej oceny pojazdów w aspekcie emisji związków toksycznych, różniących się m.in. przeznaczeniem, spełnianymi limitami toksyczności spalin,

przebiegiem lub warunkami eksploatacji pojazdu.

Także maszyny rolnicze coraz częściej bada się w rzeczywistych warunkach eksploatacji (rys. 7 i 8). Pomiary takie dają możliwość oceny poziomu emisji poszczególnych związków toksycznych spalin w zależności od warunków pracy maszyny (warunków otoczenia, rodzaju gleby, parametrów pracy silnika itp.).



Semtech DS



Particle Counter

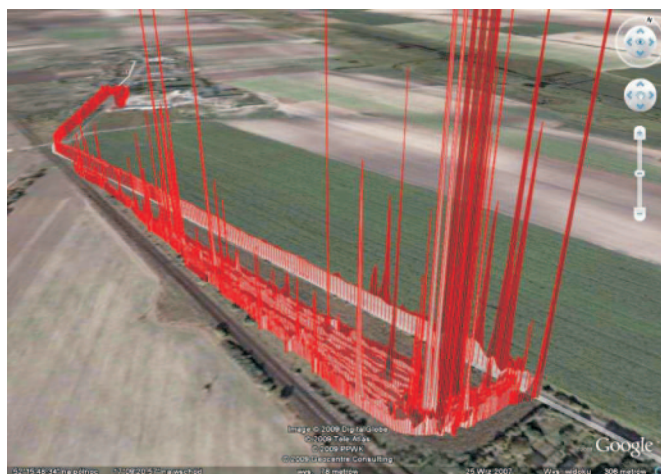


Engine Exhaust Particle Sizer 3090

Rys. 6. Aparatura do pomiarów emisji związków toksycznych spalin w rzeczywistych warunkach eksploatacji pojazdu
Fig. 6. On-board exhaust emission testing equipment



Rys. 7. Widok maszyn rolniczych podczas badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji
Fig. 7. Agricultural vehicles during on-board exhaust emission tests



Rys. 8. Stężenie CO z silnika ciągnika rolniczego podczas wykonywania pracy polowej
Fig. 8. CO concentration from tractor engine during operation

Podsumowanie

Pomimo prowadzonych intensywnie prac nad rozwojem alternatywnych układów napędowych, silniki spalinowe zapewne jeszcze przez wiele lat będą głównym źródłem napędu maszyn rolniczych, również jako jednostki współpracujące z generatorami w hybrydowych układach napędowych. Nadal o kierunkach rozwoju silników maszyn rolniczych będą decydowały względy związane z ochroną środowiska naturalnego. Silniki ZS stosowane do napędu maszyn rolniczych, aby sprostać przyszłym normom emisji związków toksycznych

spalin, będą musiały być nadal rozwijane i modernizowane. Należy spodziewać się, że silniki omawianej grupy pojazdów będą przejmowały rozwiązania wykorzystywane z sukcesem w silnikach pojazdów drogowych. Taki transfer technologii jest już obserwowany od wielu lat.

W nadchodzących kilku latach rozwój silników będzie ukierunkowany na modernizację i przystosowanie układów oczyszczania spalin (SCR i DPF), tak aby były one powszechnie wykorzystywane w maszynach rolniczych. Można przewidywać również, że w silnikach maszyn rolniczych znajdą zastosowanie inne technologie, znane z silników samochodowych, jak chociażby regulacja zmiennych faz rozrządu. Konstruktorzy w zakresie ograniczania emisji związków toksycznych spalin duże nadzieje wiążą z koncepcją zmiany sposobu przekazu mocy do urządzeń współpra-

cujących z ciągnikami rolniczymi, czyli rezygnacja z tradycyjnego wału przekazu mocy na rzecz połączeń elektrycznych lub hydraulicznych. Obecnie ten kierunek rozwoju jest uważany za jeden z najbardziej przyszłościowych.

Literatura

- [1] AVL Regulations&Standards, Current and Future Exhaust Emission Legislation AVL. Graz 2006.
- [2] 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.
- [3] Materiały firm: Case, John Deere, Massey Ferguson, New Holland, Deutz-Fahr.
- [4] www.dieselnet.com

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL ENGINES

Summary

The paper presents the trends in the development of agricultural engines, agricultural tractors in particular. The Author describes current European exhaust emission legislation, limits and cycles. Moreover, the author described the most modern agricultural engines and solution such as Common Rail system, Selective Catalytic Reduction and Diesel Particulate Filter. The modern solution of power train in agricultural vehicles, such as fuel cells, hybrid engines, have been described. The paper also presents the methods of testing of agricultural vehicles.



Produkuje:

- ✓przenośniki ślimakowe
- ✓przenośniki pneumatyczne
- ✓rozsiwacze do nawozów
- ✓dźwigi do "big bagów"
- ✓urządzenia pompujące do ciecży
- ✓brony, zamiatarki

POM Augustów Sp. z o.o., 16-300 Augustów, ul. Tytoniowa 4, tel. 087 643 34 76 do 78, fax. 087 643 20 63, www.pom.com.pl

