

NIEKTÓRE ASPEKTY EKSPLOATACJI SILNIKÓW O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM ZASILANYCH PALIWEM ALTERNATYWNYM

SOME ASPECTS OF THE OPERATING OF DIESEL ENGINES POWERED BY THE ALTERNATIVE FUEL

W artykule przedstawiono czynniki wpływające na niezawodność silników zasilanych paliwem pochodzenia rzepakowego. Do czynników tych zaliczono sposób przygotowania mieszanki palnej, stopień sprężania oraz rodzaj zastosowanego doładowania. Przedstawiono wyniki badań własnych silników o wtrysku bezpośrednim bez doładowania jak i doładowanych turbosprężarką. Omówiono wady i zalety wynikające z zastosowania paliwa pochodzenia rzepakowego oraz jego wpływ na tworzenie mieszanki palnej. Opisano zabiegi mające na celu poprawę właściwości rozruchowych silników doładowanych turbosprężarką.

Słowa kluczowe: silnik, rozruch, doładowanie

In this article, factors influencing the reliability of the rape fuel powered have been presented. These factors include the method of preparing the air-fuel mixture, compression ratio and type of applied supercharging. The results of the internal researches on engines with direct injections without supercharging and turbocharged have been presented. The advantages and disadvantages of the application of rape fuel and influence on the formation of air-fuel mixture have been discussed. Treatments aimed at the improvement of starting qualities of turbocharged engines have been described.

Keywords: engine, cold start, supercharger

1. Czynniki wpływające na rozruch silnika

Skuteczny rozruch silnika wysokoprężnego w niskich temperaturach otoczenia jest czynnikiem wpływającym w znacznym stopniu na jego niezawodność eksploatacyjną, która obok ekonomiczności pracy i toksyczności spalin jest jednym z głównych kryteriów oceny jego przydatności.

Czas rozruchu silnika wysokoprężnego, a szczególnie powstanie pierwszego zapłonu zależy od temperatury w komorze spalania i od właściwości paliwa związanych z zapłonem. W silniku, temperatury potrzebne do wywołania zapłonu zależne są od takich czynników jak: wielkość dawki rozruchowej, prędkość obrotowa silnika, rozpylenie paliwa, czas potrzebny na odparowanie, zmieszanie, reakcje przed zapłonem, ciśnienie i ukształtowanie komory spalania, stopień sprężania. Wraz z obniżeniem się temperatury otoczenia ulegają pogorszeniu warunki sprzyjające skutecznemu rozruchowi.

Istotnym czynnikiem, rzutującym w zasadniczej mierze na właściwości rozruchowe silników wysokoprężnych, jest staranny dobór aparatury wtryskowej.

Aparatura ta, poza oczywistym warunkiem zapewnienia prawidłowej pracy silnika w pełnym zakresie obrotów i obciążeń, musi być również dobrana pod kątem widzenia prawidłowych rozruchów. Składa się na to charakterystyka dawkowania pomp wtryskowych w rejonie obrotów rozruchowych od około 60 min⁻¹ do około 150 min⁻¹ i zmiennych temperaturach ujemnych. Dawki te powinny być dobierane indywidualnie do każdego typu silnika pod kątem widzenia wymogów eksploatacyjnych i wynosić 50 ÷ 100 % powyżej dawek nominalnych. Biorąc pod uwagę fakt, że dla potrzeb rozruchu powiększa się dawkę wtryskiwanego paliwa dość znacznie, emisja toksyn w tym czasie jest zwiększona. Jak więc widać problemy związane z rozruchem silników o zapłonie samoczynnym są złożone i wymagają bardzo ostrożnego podejścia przy ich rozwiązywaniu.

2. Czynniki konstrukcyjne

Z pośród wymienionych wcześniej czynników do konstrukcyjnych należy zaliczyć konstrukcję komory spalania oraz stopień sprężania silnika.

Dla eksploatatora parametry konstrukcyjne silnika są niezmiennie i jego ingerencja w celu usprawnienia rozruchu w tej dziedzinie jest niemożliwa. Pozostaje zatem dbałość o należyłą sprawność wszystkich urządzeń, ich poprawną regulację zgodnie z założeniami konstruktora.

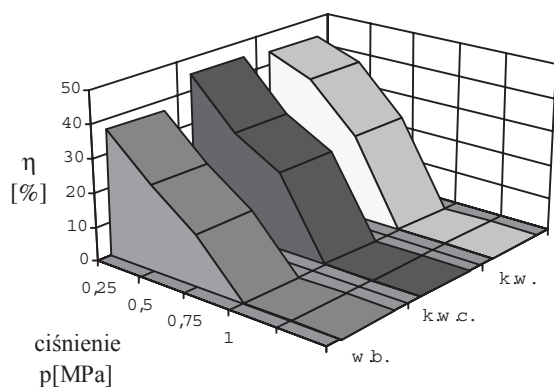
2.1. Konstrukcja komory spalania

Komora spalania powinna spełniać szereg warunków, które niejednokrotnie są ze sobą sprzeczne, stąd też wynikają problemy z doбором najwłaściwszych rozwiązań konstrukcyjnych. Niżej podano podstawowe funkcje jakie powinna spełniać komora spalania :

- zapewnienie możliwie największego napełnienia cylindra,
- silne zawirowanie powietrza w trakcie sprężania, zapewnienie prawidłowego przebiegu spalania, zminimalizowanie drogi płomienia i ukierunkowanie przebiegu czoła płomienia w strefy mniej nagrzane,
- zwartość konstrukcji zapewniająca najmniejsze straty ciepłne,
- zapewnienie odpowiedniego chłodzenia stref najbardziej nagrzanych,
- prostota konstrukcji - łatwa technologia, niskie koszty produkcji.

Zapewnienie tych wszystkich warunków w stopniu maksymalnym jest oczywiście niemożliwe i każda konstrukcja stanowi kompromis - zalety każdego rozwiązania są okupione wadami.

Wpływ rodzaju komory spalania na odprowadzenie ciepła przedstawiono na rys. 1



Rys.1. Zależność sprawności odprowadzenia ciepła od ciśnienia w komorze spalania: w.b. - wtrysk bezpośredni, k.w.c. - komora wirowa „Comet Mark V”, k.w. - komora wstępna

Fig. 1. Dependence of the thermal efficiency from the pressure in combustion chamber: w.b. - direct injection, k.w.c. - turbulence chamber „Comet MarkV”, k.w. - precombustion chamber

Na podstawie tego rysunku można stwierdzić, że przy wtrysku bezpośrednim odprowadzenie ciepła jest zdecydowanie mniejsze niż przy każdym z rodzajów wtrysku komorowego i stąd lepsze własności rozruchowe oraz ekonomika pracy silników z tym wtryskiem.

2.2. Stopień sprężania

Geometryczny stopień sprężania wpływa na sprawność obiegu cieplnego silnika i jego zwiększenie powinno teoretycznie poprawiać własności rozruchowe silnika. Słuszne jest to jednak tylko do pewnej granicy i zwiększenie jego wartości do 19 - 20, dla silników z wtryskiem bezpośrednim jest już mało efektywne [1]. Do osiągnięcia temperatury sprężania w granicach 750 ÷ 950 K (477 ÷ 677 °C), wystarcza wartość $\epsilon = 12 \div 22$. W tych warunkach uzyskuje się pewne opóźnienie samozapłonu i miękką pracę silnika oraz korzystne warunki rozruchu. Dlatego też, ze względu na ustawienie faz rozrządu w silnikach wprowadzono pojęcie rzeczywistego stopnia sprężania :

$$\epsilon_r = \beta \epsilon (1 - \phi) \quad (1)$$

$$\phi = \frac{\Delta V}{V}, \quad \beta = \frac{G_p}{G_z}$$

gdzie :

ϕ - współczynnik określający wielkość strat ładunku wynikłą z późniejszego zamknięcia zaworu ssącego,

β - współczynnik zachowania ładunku określający wielkość strat przedmuchów podczas sprężania,

ΔV - różnica objętości cylindra przy położeniu tłoka w ZK i ZG,

G_p - masa ładunku powietrza przy położeniu tłoka w ZG podczas końca suwu sprężania,

G_z - masa ładunku powietrza przy położeniu tłoka odpowiadającego kątowni zamknięcia zaworu ssącego.

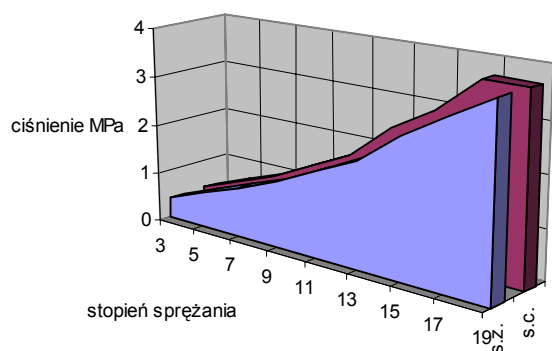
Rzeczywisty stopień sprężania uwzględnia więc praktycznie występujące parametry podczas pracy silnika i stanowi podstawę analizy wpływu stopnia sprężania na temperaturę i ciśnienie końca suwu sprężania, mając wpływ na łatwość rozruchu silnika.

$$p_k = p_1 \epsilon_r^m \quad (2)$$

$$T_k = T_1 \epsilon_r^m \quad (3)$$

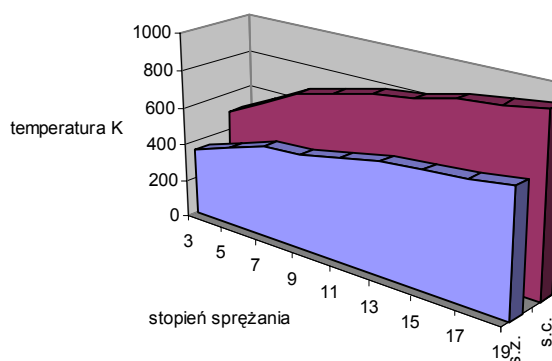
gdzie: p_1, T_1 - ciśnienie i temperatura czynnika w chwili zamknięcia zaworu, m - średni wykładnik politropy sprężania.

Geometryczny stopień sprężania może być stosowany jako wskaźnik porównawczy. Zależności opisane wzorami 2 i 3 przedstawiono graficznie na rys. 2 i 3. Średni wykładnik politropy sprężania m w tym ujęciu reprezentuje straty w skutek przejmowania ciepła i ucieczki ładunku. Zależność granicznej temperatury rozruchu od stopnia sprężania przedstawiono na rys. 4. Z rysunku tego oraz rys. 2 i 3 wynika, że zwiększając stopień sprężania możemy uzyskać stosunkowo niską graniczną temperaturę rozruchu, co jest zjawiskiem korzystnym, szczególnie w okresie zimowym.



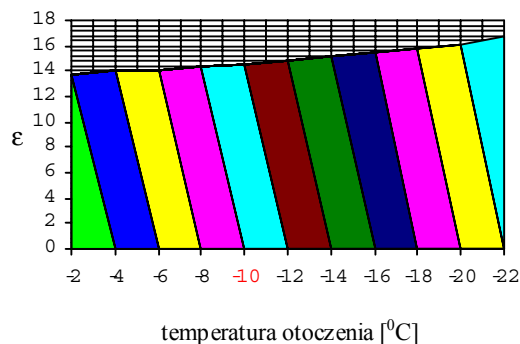
Rys. 2. Zależność ciśnienia końca suwu sprężania od stopnia sprężania: s.c. - silnik ciepły, s.z. - silnik zimny

Fig. 2. Dependence of the end compression stroke pressure from the compression ratio: s.c.-warm engine, s.z.- cold engine



Rys. 3. Zależność temperatury sprężonego ładunku od stopnia sprężania. Pozostałe oznaczenia jak na rys.2.

Fig. 3. Dependence of the compression cargo temperature from the compression ratio. The remaining notations see picture 2



Rys. 4. Zależność granicznej temperatury rozruchu od stopnia sprężania

Fig.4. Dependence of the limiting temperature during start point from the compression ratio

3. Rozruch silnika zasilanego olejami pochodzenia roślinnego

Przeprowadzone w kraju badania nad pracą silników wysokoprężnych zasilanych olejami pochodzenia roślinnego oraz mieszaninami oleju napędowego i olejów pochodzenia roślinnego wykazały, że parametry ruchowe tak zasilanego silnika ulegają poprawie w stosunku do silnika zasilanego czystym olejem napędowym lub czystym olejem rzepakowym.

Gęstość obu paliw jest podobna i mieszają się one dobrze w różnych proporcjach. Przy określonej proporcji oleju rzepakowego do oleju napędowego, uzyskiwany jest taki stan, że nowo powstałe paliwo ma jeszcze stosunkowo dużą wartość opałową, zbliżoną do wartości opałowej oleju napędowego i zawiera przy tym tlen związany w grupach wodorotlenowych oleju rzepakowego. Paliwo to spala się zatem pełniej jak sam olej napędowy, a ilość wywiązywanego w tym procesie ciepła przewyższa ilość ciepła powstałą przy spalaniu czystego oleju napędowego. Powoduje to, że sumaryczna ilość spalonego paliwa jest mniejsza, dlatego maleje zużycie paliwa i pośrednio również emisja składników toksycznych.

W związku z tym narzuca się pytanie, czy również w warunkach rozruchu w niskich temperaturach otoczenia silnik zachowa te korzystne właściwości? Jednocześnie wiadomo, że w silnikach doładowanych, nawet przy zasilaniu olejem napędowym występują trudności podczas rozruchu w niskich temperaturach otoczenia.

3.1. Tworzenie mieszaniny palnej przy rozruchu

Tworzenie mieszaniny palnej w postaci rozpylonej mgły oleju w komorze spalania silnika wysokoprężnego w przypadku paliw pochodzenia roślinnego (proekologicznych) takich jak olej rzepakowy, olej sojowy

trwa znacznie dłużej i wynika z właściwości fizyko - chemicznych tych paliw. Właściwości paliwa pochodzenia rzepakowego wyrażające się mniejszą wartością opalową (o około 12 %), większą gęstością (o około 4 %) oraz znacznie większą lepkością (o około 24 %), powodują, że warunki wytwarzania mieszanki palnej przy rozruchu silnika w niskich temperaturach otoczenia są znacznie gorsze niż dla oleju napędowego. Paliwa pochodzenia roślinnego dają w trakcie rozpylania kropelki o większych średnicach w których siły spójności są większe, co nie sprzyja szybkiemu odparowaniu. Przebieg odparowania kropelek różnych paliw o tej samej średnicy przedstawiono na rys.5. Kropelki oleju napędowego odparowują dwukrotnie szybciej niż np. kropelki oleju rzepakowego. Jednocześnie opóźnienie samozapłonu jest większe niż w przypadku pracy silnika na tym samym paliwie w warunkach równowagi cieplnej. W sumie stwarza to zasygnalizowane na wstępie trudności z rozruchem silników wysokoprężnych zasilanych paliwami proekologicznymi.

Do niekorzystnych cech paliwa pochodzenia rzepakowego dochodzi też znacznie szybsze blokowanie zimnego filtra paliwa niż to ma miejsce w przypadku oleju napędowego.

Omówione na wstępie czynniki będą powodowały znacznie większe trudności podczas rozruchu silnika doładowanego sprężarką mechaniczną czy też turbosprężarką przy zasilaniu go olejem pochodzenia rzepakowego niż to ma miejsce w przypadku oleju napędowego.

wego. Mając na uwadze fakt, że paliwa pochodzenia roślinnego są znacznie bardziej korzystne z punktu widzenia ekologii, warto pokusić się o rozwiązanie problemu ich stosowania bez utraty właściwości rozruchowych silnika. W wyniku dotychczasowych badań, najbardziej celowym wydaje się podniesienie temperatury w cylindrze, co pozwoli na szybsze odparowanie wtrysniętych kropelek paliwa i wytworzenie jednorodnej mieszanki z powietrzem.

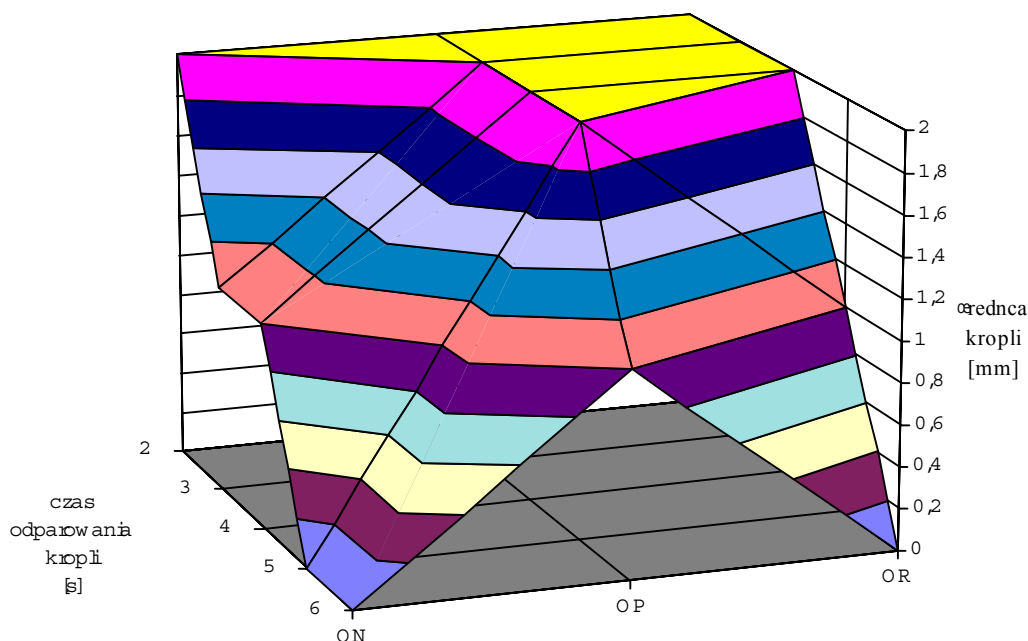
4. Doładowanie silnika

Tendencje rozwojowe współczesnych silników z zapłonem samoczynnym determinowane są jak wspomniano wcześniej głównie dwoma czynnikami: ochroną środowiska naturalnego i oszczędnością paliw płynnych. Czynniki te wpływają w sposób zasadniczy na konstrukcję silników wysokoprężnych oraz ich właściwości eksploatacyjne.

Ogólnie znanym środkiem poprawy parametrów roboczych silników oraz obniżenia toksyczności gazów spalinowych jest ich doładowanie.

4.1. Tworzenie mieszanki palnej w silniku doładowanym

W silniku doładowanym na ogół zmieniają się parametry powietrza doprowadzonego do cylindra w ten sposób, że rośnie jego ciśnienie i temperatura. W mniejszym stopniu dotyczy to doładowania dynamicznego w którym większe napełnienie cylindra uży-



Rys. 5. Przebieg odparowania kropelek paliwa: ON - olej napędowy, OP - olej palmowy, OR - olej rzepakowy
 Fig. 5. The process of fuel drops evaporation: ON-diesel oil, PO – palm oil, OR – rape oil

skuje się dzięki wykorzystaniu zjawisk falowych w przewodzie dolotowym, a nie dzięki sprężeniu powietrza w urządzeniu zewnętrznym jakim jest sprężarka. Istotny wpływ na tworzenie mieszaniny palnej ma w tym przypadku zwiększenie prędkości napływającego do cylindra powietrza i w wyniku tego jego zwiększona turbulencja.

Zupełnie inaczej wygląda sytuacja w silnikach doładowanych przy pomocy sprężarki. W wyniku sprężania rosną temperatura i ciśnienie powietrza doprowadzonego do cylindra, co pozwala na szybsze odparowanie wtrysniętego paliwa i skrócenie okresu opóźnienia samozapłonu. Dla prawidłowej pracy silnika konieczne jest zatem zmniejszenie kąta wyprzedzenia wtrysku, a zależność ta została już wcześniej opisana w literaturze fachowej [4]. Podczas badań silnika wysokoprężnego z wtryskiem bezpośrednim przeznaczonego do napędu pojazdów rolniczych stwierdzono, że zachodziła konieczność zmniejszenia tego kąta o 1° OWK na każde 0,013 MPa nadciśnienia doładowania [5]. W ten sposób można było w należyty sposób wykorzystać energię powstałą w wyniku spalania wtrysniętego do cylindra paliwa, bez powstawania zjawiska tzw. „odbijania”, związanego z uzyskaniem przez silnik maksymalnego ciśnienia spalania przed zwrotem głowicowym.

Świadczy to o korzystnym wpływie doładowania na proces tworzenia mieszaniny palnej w silniku i to zarówno w wyniku zwiększonej turbulencji powietrza, jak i podwyższonej jego temperatury, co pozwala na lepsze odparowanie wtrysniętego do komory spalania paliwa.

4.2. Doładowanie dynamiczne, mechaniczne i Comprex

Zastosowanie doładowania bezsprężarkowego (dynamicznego) nie powoduje żadnych skutków w zakresie prędkości obrotowych odpowiadających rozruchowi silnika bowiem układ dolotowy silnika dostosowany jest do wywoływania zjawisk falowych przy prędkościach obrotowych w obszarze momentu obrotowego do mocy znamionowej. Silnik w trakcie rozruchu zachowuje się jak normalny silnik wolnossący. Dlatego też silniki z takim doładowaniem nie wymagają zmniejszenia kąta wyprzedzenia wtrysku, gdyż parametry termodynamiczne powietrza w cylindrze nie rosną poza zwiększeniem jego masy.

Doładowanie mechaniczne również nie powoduje istotnych zmian w pracy silnika przy obrotach rozruchowych i nie wywołuje niepożądanych skutków. Sprężarka podaje co prawda nieco więcej powietrza do silnika, lecz można to skompensować większą dawką paliwa i rozruch nastąpi szybciej. Dzięki temu negatywne skutki rozruchu polegające na zwiększonym

wydalaniu składników toksycznych do atmosfery można zmniejszyć. Podobnie ma się sprawa z doładowaniem typu Comprex, które łączy w sobie cechy obydwu omówionych sposobów doładowania [2].

4.3. Turbodoładowanie

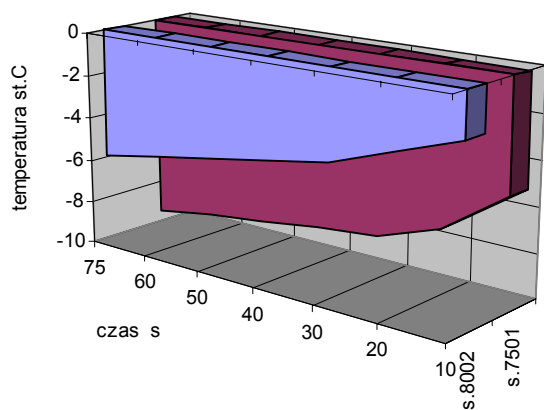
Najbardziej rozpowszechnionym sposobem doładowania jest doładowanie turbosprężarkowe. W rozwiązaniu tym wykorzystuje się bezużyteczną energię uchodzących spalin do napędu turbiny połączonej wałem ze sprężarką. Mimo dużej dojrzałości technicznej silników oraz turbosprężarek, doładowanie to charakteryzuje się pogorszeniem właściwości rozruchowych silnika w wyniku zwiększenia oporów przepływu powietrza w układzie dolotowym. Opory te zwiększone są dzięki temu, że dopływające powietrze musi przepłynąć przez wirnik sprężarki, nieruchomy, bo silnik na razie nie wytwarza spalin napędzających turbinę. Jednocześnie na pogorszenie właściwości rozruchowych silnika wpływa obniżenie stopnia sprężania w silnikach turbodoładowanych, niezbędne dla uzyskiwania przez te silniki dużej sprawności w rejonie średnich i dużych obciążeń oraz nie przekraczania obciążeń układu korbowego [4,5].

Dla pokazania wpływu doładowania turbosprężarkowego na właściwości rozruchowe silników z wtryskiem bezpośrednim przedstawiono na rys.6 i 7 charakterystyki rozruchowe dwóch silników w wersji wolnossącej i doładowanej. Każdy z tych silników posiada identyczne wymiary główne w wersji wolnossącej jak i doładowanej, co pozwala na wiarygodne porównanie.

Na rys.6 przedstawiono charakterystykę rozruchową silników ciągnikowych Zetor, przy czym dla silnika doładowanego graniczna temperatura rozruchu wynosiła -6°C przy 75 sekundowym czasie rozruchu, podczas gdy dla silnika wolnossącego w tych samych warunkach wynosiła ona $-9,5^\circ\text{C}$ i była niższa, a więc korzystniejsza o 36,8%. W temperaturze -6°C silnik bez doładowania uzyskiwał rozruch już po 15 sekundach.

W silniku (typu Leyland) produkowanym w WSW Andoria graniczna temperatura rozruchu była nieco niższa bo wynosiła $-8,5^\circ\text{C}$, choć mogłaby być jeszcze niższa, lecz w wyniku obniżenia stopnia sprężania z 16 na 15,2 w silniku doładowanym, pogorszyły się jego własności rozruchowe. Dla silnika niedoładowanego graniczna temperatura rozruchu wynosiła -14°C i była o 37,5% korzystniejsza niż dla silnika doładowanego. W temperaturze $-8,5^\circ\text{C}$ silnik wolnossący dał się uruchomić już po 23 sekundach [3].

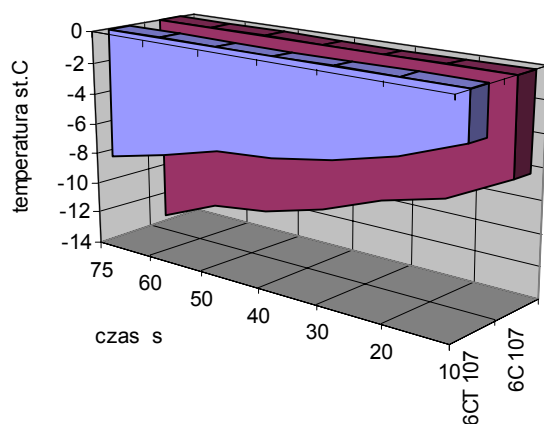
W celu zniwelowania niekorzystnych skutków doładowania na właściwości rozruchowe silników wysokoprężnych z wtryskiem bezpośrednim stosuje



Rys. 6. Charakterystyka rozruchowa silników typu Zetor: s.7501- silnik niedoładowany, s.8002 – silnik doładowany

Fig. 6. Starting characterization of the Zetor engines: s.7501 – unsupercharged engine, s.8002 – supercharged engine

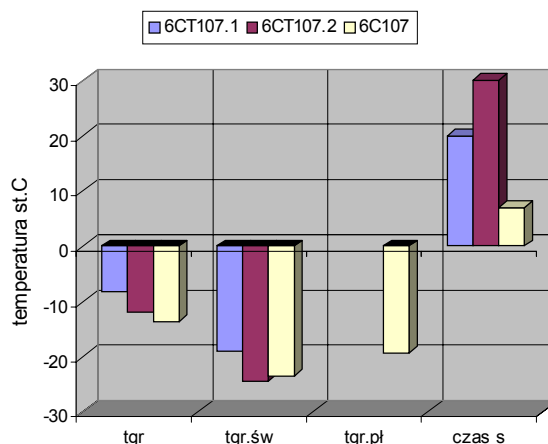
się zabiegi regulacyjne (zmniejszenie kąta wyprzedzenia wtrysku przed Zwrotem Głowicowym) lub urządzenia i środki ułatwiające rozruch. Wpływ tych rozwiązań na poprawę właściwości rozruchowych dla silników, których charakterystyka rozruchowa przedstawiona jest na rys. 7, przedstawiono na rys. 8.



Rys. 7. Charakterystyki rozruchowe silników produkowanych w WSW Andoria

Fig. 7. Starting characterization of the engines produced in WSW Andoria

Za podstawę do porównań posłużyła graniczna temperatura rozruchu naturalnego (tgr), tj. bez pomocy urządzeń ułatwiających rozruch. Jak widać z rys. 8 była ona najkorzystniejsza dla silnika bez doładowania i nieco lepsza po zmniejszeniu kąta wyprzedzenia wtrysku w silniku doładowanym. Stan ten uległ znacznej poprawie w przypadku zastosowania świecy płomiennej, tak że graniczna temperatura rozruchu silni-



Rys. 8. Parametry rozruchu silników produkcji WSW Andoria: tgr – graniczna temperatura rozruchu, tgr św.- graniczna temperatura rozruchu przy użyciu świec płomiennych, tgr pł. – graniczna temperatura rozruchu przy użyciu płynu, silnik 6C107 – bez doładowania, silnik 6CT107.1- doładowany z obniżonym stopniem sprężania $\epsilon = 15,2$; kąt wyprzedzenia wtrysku 27° przed ZG, silnik 6CT107.2 - doładowany z obniżonym stopniem sprężania $\epsilon = 15,2$; kąt wyprzedzenia wtrysku 16° przed ZG, czas – działania urządzenia ułatwiającego rozruch.

Fig. 8. Starting parameters of the Andoria engines: tgr – starting limiting temperature, tgr św. - starting limiting temperature with the use of flame plugs, tgr pł. – starting limiting temperature with the use of fluid, engine 6C107 – unsupercharged, engine 6CT107.1 – supercharged with the lowered compression level $\epsilon = 15,2$; the angle of advance injection 27° before TDC, engine 6CT107.2 – supercharged, with the lowered compression level $\epsilon = 15,2$; the angle of advance injection 16° before TDC, czas – the operating time of the mechanism facilitating starting

ka doładowanego ze zmniejszonym kątem wyprzedzenia wtrysku była niższa niż dla silnika bez doładowania.

Niestety czas działania urządzenia ułatwiającego rozruch (tgr św) był znacznie dłuższy (30 s) niż w przypadku silnika bez doładowania (7 s), co mimo skutecznego rozruchu było okupione znacznie większą ilością wydalonych do atmosfery szkodliwych substancji w postaci produktów niepełnego i niecałkowitego spalania.

Badania wpływu na właściwości rozruchowe płynów ułatwiających rozruch przeprowadzono jedynie dla silnika bez doładowania i stwierdzono jego zado-

walającą skuteczność, ale jego działanie wiąże się też z negatywnymi skutkami eksploatacyjnymi, polegającymi na znacznie szybszym zużyciu się wkładów łożysk korbowodowych (wybijanie się). Spowodowane jest to gwałtownym przyrostem ciśnienia w cylindrze w wyniku wybuchu mieszaniny palnej i płynu rozruchowego, co doraźnie zapewnia skuteczny rozruch lecz w eksploatacji jest zjawiskiem niepożądanym.

Jak wynika z przedstawionych rozważań, rozruch silników wysokoprężnych z turbodoładowaniem nastrocza pewne problemy. Spowodowane to jest zwiększonymi oporami w układzie dolotowym jakie daje wirnik sprężarki, który z racji swojej bezwładności nie obraca się nie dopuszczając powietrza do silnika w momencie rozpoczynania rozruchu. Drugim powodem pogorszenia właściwości rozruchowych jest obniżanie stopnia sprężania w silnikach doładowanych mające na celu poprawę sprawności silnika w obszarze średnich i dużych prędkości obrotowych bez przekraczania dopuszczalnych naprężeń cieplnych i mechanicznych.

5. Literatura

- [1] Хачиян А.С. и др.: *Доводка рабочего процесса автомобильных дизелей*. Машиностроение, Москва 1976.
- [2] Mysłowski J.: *Rozruch silników samochodowych z zapłonem samoczynnym*. Warszawa, WNT 1996.
- [3] Mysłowski J.: *Ocena niektórych urządzeń ułatwiających rozruch silników o zapłonie samoczynnym*. Materiały II Międzynarodowej Konferencji Naukowo - Technicznej EXPLO - DIESEL & GAS TURBINE'01. Politechnika Gdańska, MAN - B & W DIESEL A/S. Gdańsk – Międzyzdroje - Kopenhaga 2001, Vol.2.
- [4] Wajand J.A.: *Doładowanie tłokowych silników spalinowych*. Warszawa, WNT 1962.
- [5] Mysłowski J.: *Próba doładowania mechanicznego ciągnikowego silnika wysokoprężnego*. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 182, Szczecin 1981.s. 49-59.
- [6] Mysłowski J.: *Zastosowanie świec płomiennych w silnikach zasilanych paliwem pochodzenia rzepakowego*. Materiały VIII Sesji Naukowej nt Tendencje rozwoju inżynierii rolniczej. Akademia Rolnicza w Szczecinie, Szczecin 25-26, kwiecień 1996 s.12-13.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone rozważania pozwalają na stwierdzenie, że zastosowanie paliw pochodzenia rzepakowego w silnikach z zapłonem samoczynnym jest możliwe, przy czym należy wyraźnie rozróżnić dwa zakresy pracy silnika :

- rozruch, którego uzyskaniu nie będą sprzyjały cechy fizyko-chemiczne paliwa oraz zmiany konstrukcyjne w silniku, mające zapewnić mu dużą sprawność przy pełnych obciążeniach i dużych prędkościach obrotowych,
- pracę w zakresie użytecznych prędkości obrotowych pod pełnym obciążeniem, podczas której powinny wystąpić korzystne warunki dla tworzenia się mieszaniny palnej i spalania paliw pochodzenia rzepakowego.

Trudności rozruchowe są do opanowania, chociażby przez zastosowanie świec płomiennych, które w znacznym stopniu podnoszą temperaturę powietrza dostarczanego do cylindra w czasie rozruchu [6].

Prof. dr hab. inż. Janusz Mysłowski

*Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych
Politechnika Szczecińska
71-101 Szczecin
ul.Mickiewicza 66
tel/fax 0-91 4877231
e-mail mysjan@plusnet.pl*
