

**Rafał Krakowski**  
**Akademia Morska w Gdyni**  
**Jerzy Walentynowicz**  
**Wojskowa Akademia Techniczna**

## **BADANIE WŁAŚCIWOŚCI PŁYNÓW CHŁODZĄCYCH DO UKŁADU CHŁODZENIA O PODWYŻSZONEJ TEMPERATURZE**

### **STRESZCZENIE**

W artykule przedstawiono wyniki badań trzech cieczy chłodzących stosowanych w ciśnieniowym układzie chłodzenia. W badaniach użyto wodę oraz jej 25% i 50% mieszaniny z glikolem propylenowym i etylenowym. Oceniono wpływ zastosowanej cieczy o podwyższonej temperaturze na intensywność odprowadzania ciepła z układu chłodzenia.

Słowa kluczowe:

silniki spalinowe, chłodzenie silników, ciecze chłodzące, badania eksperymentalne.

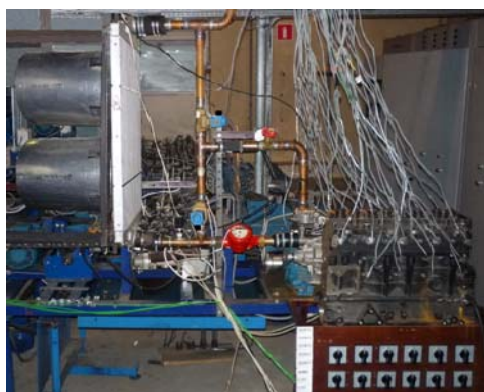
### **WSTĘP**

Masowo stosowanym sposobem chłodzenia silnika spalinowego jest chłodzenie cieczowe. Zapewnia ono większą równomierność temperatury wokół komory spalania niż chłodzenie bezpośrednie [1]. Wcześniejsze badania wskazują, że podwyższenie temperatury silnika jest korzystne ze względu na emisję produktów niepełnego spalania oraz sprawność pracy silnika. Ograniczeniem tej temperatury są właściwości oleju smarującego i płynu chłodzącego [2, 3].

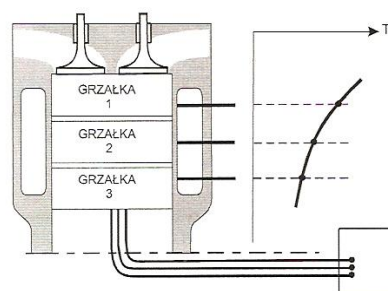
Płyny chłodzące zawierają dodatki obniżające temperaturę ich zamarzania, takie jak powszechnie stosowane glikole. Celem badań było sprawdzenie wpływu udziału glikoli etylenowego i propylenowego używanych w cieczach chłodzących na intensywność odprowadzania ciepła z układu chłodzenia przy wysokiej temperaturze pracy tego układu. Badania przeprowadzono na stanowisku badawczym, które jest modelem ciśnieniowego układu chłodzenia, pozwalającego na zwiększanie temperatury płynu chłodzącego znacznie powyżej temperatury wrzenia wody. Pomiar porównywano z parametrami pracy układu z wodą destylowaną.

## STANOWISKO BADAWCZE

Modelowe stanowisko badawcze zbudowano przy wykorzystaniu oryginalnych elementów i zespołów, stosując blok cylindrów i głowicę silnika o zapłonie samoczynnym 4CT90 (rys. 1.).



Rys. 1. Stanowisko modelowe z układem chłodzenia



Rys. 2. Rozmieszczenie grzałek wewnątrz cylindrów silnika

*Źródło: zdjęcie i opracowanie własne.*

Układ chłodzenia był przystosowany do pracy przy zwiększonym ciśnieniu wewnętrznym i składał się z następujących zespołów:

- chłodnicy z dwoma wentylatorami;
- przepływomierza do pomiaru natężenia przepływu wody w układzie;
- zespołu termoelementów wewnątrz kadłuba i głowicy;
- zespołu napędowego pompy wodnej;
- bloku silnika z grzałkami;
- manometrów do pomiaru ciśnień wewnątrz układu.

Wewnątrz każdego cylindra umieszczono grzałki zróżnicowanej mocy elektrycznej (od góry odpowiednio 2,5 kW, 1,5 kW i 1 kW) przylegające do ścianek cylindra (rys. 2.). Termoelementy były podłączone do komputerowego miernika temperatury z trzema analogowo-cyfrowymi kartami pomiarowymi APCI-3200. Do każdej z kart można było podłączyć 16 termopar. Manometry elektroniczne z przetwornikiem ciśnienia A-10 firmy Danfoss oraz manometr wskazówkowy o zakresie

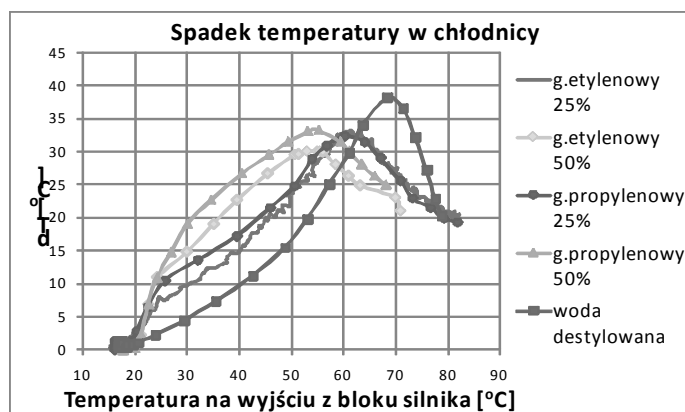
0,147 MPa służyły do pomiaru ciśnienia w układzie chłodzenia. Elektroniczne przetworniki ciśnienia podłączono do kart pomiarowych ze specjalistycznym oprogramowaniem umożliwiającym ich konfigurację oraz realizację pomiarów.

## WYNIKI BADAŃ CIECZY CHŁODZĄCYCH

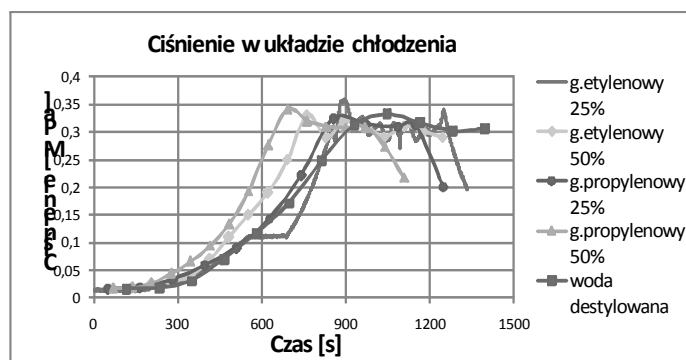
Do badań na modelowym stanowisku pomiarowym zastosowano trzy różne rodzaje płynów chłodzących:

- 1) na bazie glikolu propylenowego — Borygo Eko;
- 2) na bazie glikolu etylenowego — czysty koncentrat;
- 3) wodę destylowaną — dla porównania.

Układ był wypełniany w całości lub w części przez płyn chłodzący, przy czym przy wypełnieniu częściowym układ napelniono w 91%, natomiast pozostałe 9% stanowiła wolna przestrzeń. Częściowe wypełnienie tworzyło przestrzeń powietrzną amortyzującą szybki wzrost ciśnienia przy parowaniu wody. Płyny mieszano z wodą destylowaną tak, aby miały stężenie glikoli na poziomie 25% oraz 50%. Wyniki badań zmian parametrów cieczy chłodzących podczas rozgrzewania i grzania układu przedstawiono na rysunkach 3–5 dla układu całkowicie wypełnionego oraz na rysunkach 6–8 dla układu wypełnionego w 91%.



Rys. 3. Zmiany temperatury w chłodnicy przy całkowitym wypełnieniu cieczą chłodzącą  
*Źródło: opracowanie własne.*

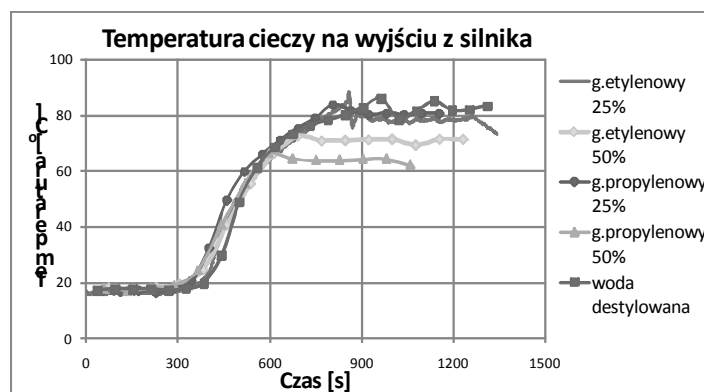


Rys. 4. Charakterystyka przebiegu ciśnienia w układzie chłodzenia przy całkowitym wypełnieniu układu w płyn chłodzący

Źródło: opracowanie własne.

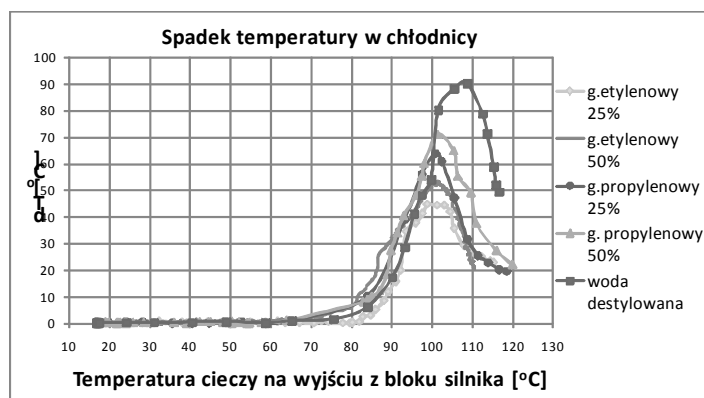
Na rysunku 3. widać, że przy małej temperaturze cieczy największy spadek temperatury w chłodnicy jest w przypadku zastosowania płynu z 50% udziałem glikoli propylenowego i etylenowego. Płyny z udziałem 25% glikoli charakteryzują się podobnym przebiegiem, natomiast woda destylowana ma najlepszą skuteczność odprowadzania ciepła, szczególnie w wyższej temperaturze.

Przy układzie całkowicie wypełnionym cieczą w krótkim czasie osiągnięto założone ciśnienie w układzie 0,3 MPa (rys. 4.), a temperatura płynu chłodzącego z 50% udziałem glikolu propylenowego wynosiła 64°C, natomiast pozostałych płynów zawierała się w granicach 80°C (rys. 5.). Zastosowanie glikolu propylenowego o stężeniu 50% skutkowało najszybszym przyrostem ciśnienia w układzie i koniecznością włączenia wentylatora, dlatego temperatura cieczy była taka niska.



Rys. 5. Charakterystyka przebiegu temperatury cieczy na wyjściu z bloku silnika przy całkowitym wypełnieniu układu w płyn chłodzący

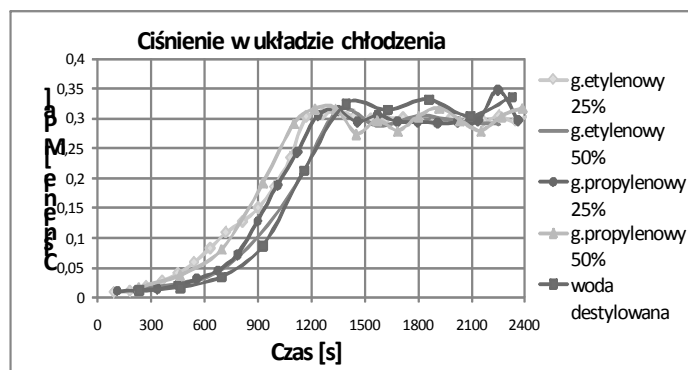
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6. Zmiany temperatury w chłodnicy przy 91% wypełnieniu układu w ciecz chłodzącą  
 Źródło: opracowanie własne.

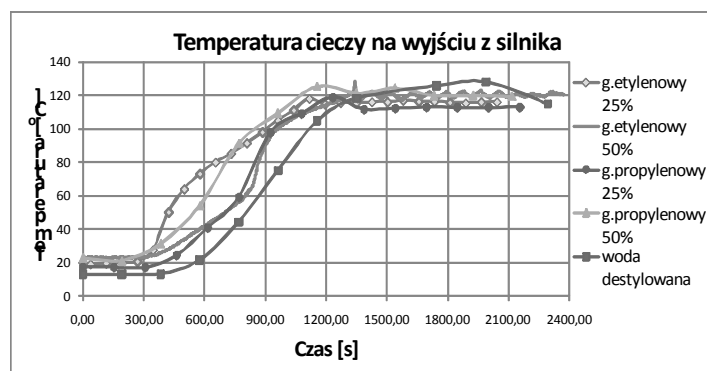
Kolejne badania wykonano dla układu chłodzenia wypełnionego cieczą w 91%. W tym przypadku uzyskano podobne rezultaty, tzn. największą intensywność odprowadzania ciepła osiąga się po zastosowaniu wody destylowanej (rys. 6.). Poza tym osiągnięcie dopuszczalnego ciśnienia w układzie następuje po dłuższym czasie rozgrzewania (rys. 7.), dzięki czemu możliwe było osiągnięcie temperatury cieczy na poziomie 120°C dla wszystkich płynów chłodzących (rys. 8.).

Z przeprowadzonych badań wynika, że bardzo istotne znaczenie dla efektywności działania układu ciśnienia o zwiększonym ciśnieniu i temperaturze ma wolna objętość chłodnicy. Bez tej objętości lokalne wzrosty temperatury cieczy chłodzącej powodują szybki wzrost ciśnienia, nawet jeżeli średnia temperatura cieczy na wypływie z silnika jest dużo niższa od temperatury wrzenia wody.



Rys. 7. Charakterystyka przebiegu ciśnienia w układzie chłodzenia przy 91% wypełnieniu układu w płyn chłodzący

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 8. Charakterystyka przebiegu temperatury cieczy na wyjściu z bloku silnika przy 91% wypełnieniu układu w płyn chłodzący

Źródło: opracowanie własne.

## WNIOSKI

1. Badania wykonane na modelowym stanowisku badawczym nie wykazały bezpośredniego wpływu rodzaju glikolu na właściwości przejmowania i przenoszenia ciepła do chłodnicy.
2. Stwierdzono, że skład płynu chłodzącego nie ma istotnego znaczenia dla właściwego działania układu chłodzenia w podwyższonej temperaturze i przy zwiększonym ciśnieniu, chociaż każdy z nich różni się intensywnością odprowadzania ciepła.
3. Najlepszą skutecznością odprowadzania ciepła charakteryzuje się woda destylowana, ale biorąc pod uwagę jej wysoką temperaturę zamarzania w porównaniu z cieczami zawierającymi dodatki glikoli, jest stosowana jako ciecz chłodząca, co należy uwzględnić podczas projektowania układu o podwyższonej temperaturze płynu chłodzącego.

Badania wykonano w ramach projektu badawczego nr N502 046 32/3627.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Ogrodzki A., *Chłodzenie trakcyjnych silników spalinowych*, WKiŁ, Warszawa 1974.

- [2] Szczęch L., Walentynowicz J., *Badania właściwości cieczy chłodzących do wyparkowego układu chłodzenia*, VI Sympozjum Naukowo-Techniczne „Silwoj 2003”, Jurata 2003, s. 433–440.
- [3] Walentynowicz J., Kałdoński T., Szczęch L., Karczewski M., Rajewski M., *Sprawozdanie końcowe realizacji projektu badawczego pt. „Układ chłodzenia tłokowego silnika spalinowego o podwyższonej temperaturze płynu chłodzącego”*, raport z realizacji projektu PBG 457/01, WAT, Warszawa 2003.

## INVESTIGATION OF PROPERTIES OF COOLING LIQUIDS USED IN COOLING SYSTEM OF INCREASED TEMPERATURE

### ABSTRACT

The paper presents the results of an investigation of three cooling liquids used in the pressure a cooling system. To conduct the investigation water and 25% and 50% of water mixture with propylene glycol and ethylene glycol was used. It assesses the effect of the high temperature liquid used on the intensity of carrying away the heat from the cooling system was assessed.

Keywords:

internal-combustion engines, cooling system, cooling liquids, experimental research.