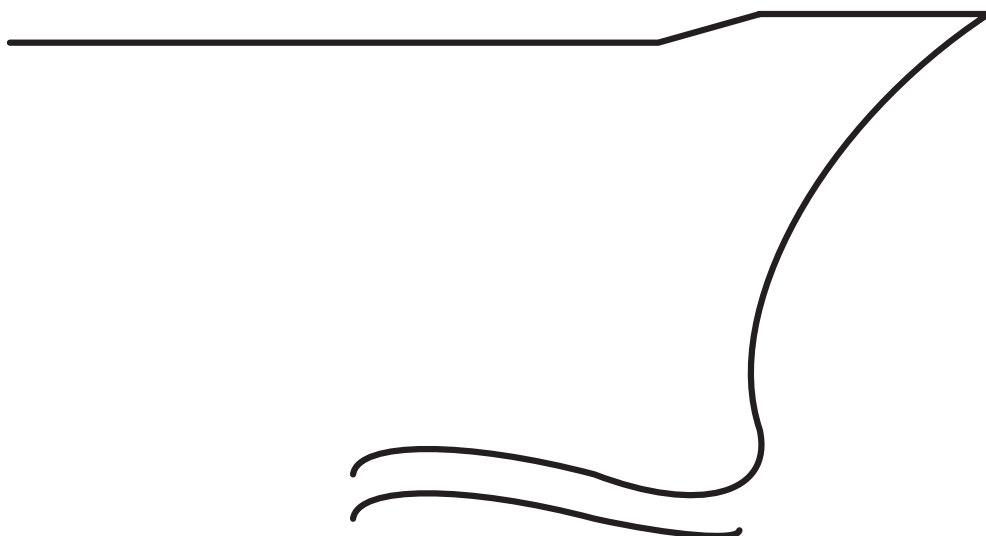


Zbigniew KORCZEWSKI

# METODYKA TESTOWANIA PALIW ŻEGLUGOWYCH

---

w rzeczywistych warunkach pracy silnika  
o zapłonie samoczynnym



Gdańsk 2022

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO  
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

*Dariusz Mikielewicz*

REDAKTOR PUBLIKACJI NAUKOWYCH

*Michał Szydłowski*

RECENZENCI

*Jerzy Girtler*

*Jerzy Merkisz*

REDAKCJA JĘZYKOWA

*Agnieszka Frankiewicz*

SKŁAD I PROJEKT OKŁADKI

*Ireneusz Jelonek*

Wydano za zgodą  
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem  
<https://www.sklep.pg.edu.pl>

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie  
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy.

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2022

ISBN 978-83-7348-861-8

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Wydanie I. Ark. wyd. 11,4, ark. druku 10,5, 261/1182

Druk i oprawa: Volumina.pl Daniel Krzanowski  
ul. Księcia Witolda 7-9, 71-063 Szczecin, tel. 91 812 09 08

# Spis treści

SŁOWO WSTĘPNE .....	5
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ .....	7
<b>Rozdział 1</b>	
<b>ORGANIZACJA LABORATORYJNYCH BADAŃ SILNIKOWYCH Z ZASTOSOWANIEM PALIW ŻEGLUGOWYCH .....</b>	<b>11</b>
1.1. Geneza podjęcia tematu .....	11
1.2. Stanowisko laboratoryjne i schemat organizacji badań .....	15
1.3. Podsumowanie .....	33
<b>Rozdział 2</b>	
<b>PRZYGOTOWANIE PALIWA ŻEGLUGOWEGO DO BADAŃ SILNIKOWYCH .....</b>	<b>34</b>
2.1. Wyznaczenie elementarnego składu pierwiastkowego oraz własności kalorycznych i zapłonowych paliwa .....	34
2.1.1. Analiza elementarna składu pierwiastkowego paliwa .....	35
2.1.2. Wartość opałowa paliwa .....	39
2.1.3. Liczba cetanowa – indeks CCAI .....	46
2.2. Podgrzewanie i oczyszczanie paliwa .....	57
2.3. Podsumowanie .....	64
<b>Rozdział 3</b>	
<b>TECHNOLOGIA WYZNACZANIA PARAMETRÓW DIAGNOSTYCZNYCH CHARAKTERYZUJĄCYCH JAKOŚĆ UŻYTKOWĄ PALIW ŻEGLUGOWYCH .....</b>	<b>66</b>
3.1. Sprawność cieplna i ogólna silnika badawczego .....	66
3.2. Szybkość wzrostu ciśnienia w cylindrze silnika .....	82
3.3. Przyspieszenie i opóźnienie kątowe wału korbowego w procesach przejściowych .....	86
3.4. Wielkości charakterystyczne procesu wtrysku i rozpylania paliwa .....	91
3.5. Udziały procentowe składników chemicznych w spalinach wylotowych .....	100
3.6. Podsumowanie .....	112
<b>Rozdział 4</b>	
<b>RANKING JAKOŚCI UŻYTKOWEJ PALIW ŻEGLUGOWYCH .....</b>	<b>113</b>

## Rozdział 5

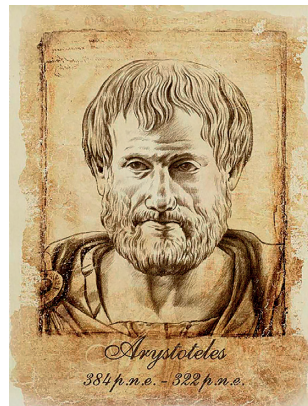
WERYFIKACJA STANU TECHNICZNEGO SILNIKA .....	121
5.1. Badania endoskopowe przestrzeni roboczej .....	121
5.2. Badania optyczne par precyzyjnych aparatury wtryskowej .....	133
5.3. Podsumowanie .....	134

## Rozdział 6

BADANIA ENERGETYCZNE I EMISYJNE SILNIKA OKRĘTOWEGO W EKSPLOATACJI.....	137
6.1. Metodyka badań i zastosowana aparatura pomiarowa .....	138
6.2. Wyniki badań i ich analiza .....	148
6.3. Uwagi i wnioski końcowe .....	155
ZAKOŃCZENIE .....	156
LITERATURA .....	157
Streszczenie w języku polskim .....	163
Streszczenie w języku angielskim .....	165

# SŁOWO WSTĘPNE

*Inteligencja polega nie  
tylko na wiedzy,  
ale także na  
umiejętności zastosowania  
wiedzy w praktyce.*



Książka *Metodyka testowania paliw żeglugowych w rzeczywistych warunkach pracy silnika o zapłonie samoczynnym* stanowi pewną propozycję programu realizacji badań energetycznych, emisyjnych i strukturalnych skutków zastosowania nowego rodzaju paliw ciekłych, niskosiarkowych, tzw. modyfikowanych, do zasilania silników okrętowych. Tego typu badania należy przeprowadzać w warunkach laboratoryjnych, na specjalnie do tego celu przystosowanych stanowiskach silnikowych, bezpośrednio przed wdrożeniem produkowanego paliwa do eksploatacji na statkach morskich. Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych stanowią – zarówno dla armatorów, jak i dla producenta testowanego paliwa – wstępną informację na temat przewidywanego funkcjonowania zasilanych nim obiektów rzeczywistych w eksploatacji.

Autor oddaje w ręce potencjalnego Czytelnika *vademecum* zawierające, oprócz podstaw teoretycznych bilansowania procesów energetycznych w silnikach o zapłonie samoczynnym, również szczegółową charakterystykę systemu diagnozującego, umożliwiającego obserwację procesu roboczego realizowanego w silniku badawczym w aspekcie jego sprawności cieplnej, a także emisji związków szkodliwych, w tym toksycznych, w spalinach wylotowych.

Szczególne miejsce poświęcono metodom diagnostycznym optoelektronicznym: termowizyjnym, endoskopowym, mikroskopowym i analizie ruchu (*slow motion*), które dają możliwość identyfikacji stanu technicznego przestrzeni roboczej silnika oraz par precyzyjnych jego aparatury wtryskowej przed przeprowadzeniem całego programu testowania nowego rodzaju paliwa żeglugowego i po jego zakończeniu.

Podstawą analizy merytorycznej zarejestrowanych wyników badań eksperymentalnych silnika są unormowane wartości parametrów diagnostycznych, wyznaczone przy zastosowaniu metod badań operacyjnych, które stanowią punkt wyjściowy dla opracowania rankingu jakości użytkowej: energetycznej i emisyjnej testowanych paliw żeglugowych, zgodnie z przyjętymi kryteriami jakościowymi takiej oceny.

Materiałami źródłowymi wykorzystanymi przy pracach nad niniejszą książką były sprawozdania z realizacji projektu badawczego nr RX-10/2017 współfinansowanego przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Morskiej w Gdańsku, który umożliwił zbudowanie stanowiska silnikowego odpowiednio przysposobionego do prowadzenia testów paliwowych. Wykorzystano również raporty z prac badawczo-usługowych, wykonywanych na zlecenie koncernu paliwowego Grupa LOTOS SA, w zakresie testowania nowo produkowanych paliw żeglugowych. Autor dziękuje kierownictwu obu instytucji za wsparcie finansowe i ma nadzieję, że opublikowanie wytypowanych wyników badań zaowocuje szybkim i skutecznym wdrożeniem już przetestowanych paliw żeglugowych do zasilania silników okrętowych eksploatowanych przez krajowych i zagranicznych armatorów statków morskich.

W tym miejscu autor chciałby też podziękować współpracownikom z kierowanego przez niego zespołu diagnostycznego, w szczególności dr. Jackowi Rudnickiemu i dr. Konradowi Marszałkowskiemu, za pomoc w realizacji prowadzonych badań naukowych oraz udostępnienie swoich wyników pomiarowych.

*Zbigniew Korczewski*

W publikacji umieszczono kody QR odsyłające do filmów przygotowanych przez autora w laboratorium Politechniki Gdańskiej:

- s. 15 – działanie silnika laboratoryjnego Farymann Diesel,
- s. 141 – indykowanie cylindrów.