



## ВИСШЕ ВОЕННОМОРСКО УЧИЛИЩЕ „Н. Й. ВАПЦАРОВ“

9002 Варна, ул. „В. Друмев“ 73, тел. 052/632-015, факс 052/303-163

“FILI MARIS SUMUS”



### РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен  
„доктор“ във ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ – Варна,  
профессионалено направление 5.5 „Транспорт, корабоплаване и авиация“,  
научна специалност: 02.03.05. „Корабни силови уредби, машини и механизми“

**Автор на дисертационния труд:** ас. инж. Богдан Димитров Шопов

**Тема на дисертационния труд:** “Експериментално статистическо изследване и методи за подобряване на екологичните характеристики с помощта на алтернативни горива в корабните дизелови двигатели”

**Изготвил рецензията:** проф. д-р инж. Димитър Йорданов Димитракиев, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ – гр. Варна

#### 1. Актуалност на разработения дисертационен труд

Богдан Димитров Шопов е докторант „свободна форма“ към катедра „КММ“ на ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ от 2021 г. и е отчислен с право на защита. В представения за рецензиране дисертационен труд се разглежда все по-налагашата се необходимост от съобразяване с екологичния фактор при работата на корабните дизелови двигатели. Дисертационният труд е акцентиран върху експериментално статистическо изследване и методи за подобряване на екологичните характеристики с помощта на алтернативни горива. Именно поради това настоящата дисертация поставя на дневен ред актуални към момента проблеми и приложими в практиката методи за

намаляване нивата на вредните емисии.

Разработката е с обем от 135 страници и се базира на 99 литературни източника. Преобладаващата част от тях са от последното десетилетие и отразяват съвременните тенденции при изследване на вредните емисии в отработилите газове на двигателите с вътрешно горене. Структурата на дисертацията обхваща четири основни глави. Първата е обзорна по характер и представя състоянието на изследвания проблем. Във втора глава се представя изследване влиянието на дизеловите горива и смеси върху екологичните показатели в зависимост от натоварването на корабен дизелов двигател. Трета глава представя количествен анализ и сравнение на относителните влияния на смес от растително олио, дизелово гориво и биоетанол върху екологичните показатели при различни натоварвания на двигателя. Четвърта глава обхваща изследване на влиянието на водородната газодизелова смес върху екологичните характеристики на корабен дизелов двигател.

Икономията на енергия и понижаването на вредните емисии в отработилите газове са едни от най-важните проблеми за корабните дизелови двигатели. Мощните дизелови двигатели, с които разполагат корабите, са едни от най-големите замърсители.

В дисертационния си труд докторантът е обърнал внимание именно на проблема със замърсяването и предлага вариант за намаляването му чрез миксиране на дизелови горива. От научна и практическа насока темата е актуална.

**2. Познава ли дисертантьт състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал?**

Считам, че авторът на представения ми дисертационен труд е добре запознат със проблемите при работа с мощнни корабни дизелови двигатели. Както е посочено по-горе, авторът е ползвал 99, сравнително нови, литературни източника.

**3. Избраната методика на изследване може ли да даде отговор на поставената цел и задачи на дисертационния труд?**

**Обект на изследване** са два двигателя (SKL 3NVD24 и дизел-генератор „Перкинс“ Д3900) при миксиране на дизелови горивни смеси и изследване на нивата на CO, NO и NO<sub>x</sub> в отработилите газове.

**Предмет на изследване.** Предмет на изследване са екологичните

характеристики на компаундираните горива чрез извършени тестови изпитания.

### **Цел и задачи на дисертацията**

Целта на проведеното изследване с двата двигателя е да се установят температурите  $T_G$  и съответните нива на CO, NO, (NOx) в отработилите газове и да се установи при какво ниво на натоварване на генератора биха се отделили минимални нива на основните вредни емисии в отработилите газове.

Експериментът с двигател „SKL 3NVD24“ е извършен при номинална честота на въртене и номинално натоварване при подаване на газо-водородна смес.

За постигане на целта се решават следните основни **задачи**:

- Кратка характеристика на съществуващите дизелови и миксирали горива и техните особености.
- Набиране на подходяща информация за статистическо изследване. Избор на подходяща измервателна и регистрираща апаратура.
- Избиране на методология за експериментално статистическо изследване и оценка влиянието на миксираните дизелови горива върху екологични параметри на дизеловите двигатели.
- Анализ на влиянието на стандартно дизелово върху екологичните показатели на корабен дизелов двигател “Перкинс”. Количествен анализ.
- Изследване на влиянието на компаундирано гориво 10% биоетанол, 90% дизел върху екологичните показатели на корабен дизелов двигател “Перкинс”. Количествен анализ.
- Изследване на влиянието на гориво 30% растително олио, 70% стандартно дизелово върху екологичните показатели на корабен дизелов двигател “Перкинс”. Количествен анализ.
- Изследване на влиянието на дизел-водородна смес върху екологичните показатели на корабен дизелов двигател “SKL 3NVD24”. Количествен анализ.

Достоверността на получените резултати и изводи имат важно значение по отношение на използвания математически апарат и извършените изчисления.

Получената при проведените експерименти информация е обработена и анализирана чрез математическите методи и средства на корелационния и регресионен анализ.

В тази връзка считам, че направените изследвания, на които се градят приносите, са достатъчно достоверни и адекватни.

Методиката на изследването в дисертационния труд е комплексна и позволява реализирането на поставените задачи.

#### **4. Научни, научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд**

Приемам претендираните приноси на автора, като считам научните му приноси за научно-приложни.

##### **Научно-приложни приноси**

1. Създадени са качествени, работещи математически модели за влиянието на: обикновено дизелово гориво; смес в състав 10% биоетанол, 90% дизелово гориво; смес в състав 30% олио, 70% върху екологичните показатели на двигателя в зависимост от натоварването му. На тяхна база са определени степента и начина на влияние, както и максималната (минимална) стойност в зависимост от натоварването на КДД.
2. Оценено е количествено влиянието на компаундирани горива: 10 % биоетанол, 90% дизелово гориво; 30% олио, 70% дизелово гориво в сравнение със стандартното дизеловото гориво върху екологичните показатели на двигателя в зависимост от натоварването му.
3. Създадени са уравнения и са определени връзките между екологичните показатели ( $T_{дв}$ , CO, NO) при стандартно дизелово гориво; гориво 10 % биоетанол, 90% дизелово гориво; гориво 30% олио, 70% дизелово гориво.
4. Създадени са качествени математически модели на зависимостта ток- водородна газ на водородната клетка; влияние на отношението водородна газ/дизел %, върху екологичните показатели (CO, CO<sub>2</sub>, NO, O<sub>2</sub>, qA, Eta и LAMBDA) на корабен дизелов двигател.
5. Определени са екстремалните стойности на влияние на отношението водородна газ/дизел в областта на изследваните експлоатационни режими.

##### **Приложни приноси**

1. Създадени са план за лабораторни изпитания и информационно осигуряване на експерименталните изследвания.
2. Експериментално са изследвани характеристиките на компаундирани горива: G-10-90, G30-70 и газо-водородна смес.

3. Предложени са номограми и алгоритъм на приложение, подкрепен с пример за квазиоптимален избор на натоварването в зависимост от допустимите стойности на екологичните показатели.
4. Резултатите от направения експеримент и математическото моделиране могат да послужат като база за по-нататъшни научно-приложни разработки в областта на алтернативните горива.
5. Използваният в научния експеримент двигател “Перкинс D3900” е приведен в пълна изправност за обучителните нужди на полигон “Карантината” към ВВМУ – Варна.
6. Двигателят има възможност да работи с експериментирани смеси от горива с цел подобряване екологичния климат в района на полигона.

**5. В каква степен дисертационният труд и приносите представляват лично дело на дисертанта?**

Смяtam, че приносите са дело на автора, както и разработката като цяло.

**6. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

По темата на дисертационния труд са приложени една самостоятелна и две колективни публикации в изданията на международни конференции, като са спазени нормативните изисквания: ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и Правилник за приемане и обучение в докторантura и за придобиване на научни степени на ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“.

Публикациите отразяват основни моменти от изследването и резултатите от дисертационния труд.

**7. Автореферат**

Авторефератът е от 32 страници, отговаря на приетите изисквания и съдържа всички необходими компоненти.

**8. Изпълнение на наукометрични данни**

Докторантът покрива наукометричните критерии за придобиване на образователната и научната степен „доктор“.

Предоставил е завършен дисертационен труд, който е получил публичност чрез направените публикации в международни научни форуми и списания.

#### **9. Забележки и препоръки.**

Нямам съществени бележки към дисертационния труд.

#### **10. Проверка за автентичност**

Доверявам се на извършената проверка на дисертационния труд с официалната за страната университетска платформа StrikePlagiarism.com., при която е установено, че дисертацията покрива общоприетите изисквания за допустимост на заемките и в тази връзка няма наличие на плахиатство.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Разглежданата тема е актуална. Изводите и твърденията са доказани безспорно и коректно.

Представената дисертация отговаря на нормативните изисквания: ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ, Правилника за приемане и обучение в докторантура и за придобиване на научни степени на ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ и на минималните наукометрични изисквания. Предлагам на научното жури да присъди на ас. инж. Богдан Димитров Шопов образователната и научна степен „ДОКТОР“ в професионално направление 5.5 „Транспорт, корабоплаване и авиация“, научна специалност: 02.03.05. „Корабни силови уредби, машини и механизми“.

29.05.2023

РЕЦЕНЗЕНТ:.....

Варна

/проф. д-р инж. Д. Димитракиев/



# ВИСШЕ ВОЕННОМОРСКО УЧИЛИЩЕ „Н. Й. ВАПЦАРОВ“

9002 Варна, ул. „В. Друмев“ 73, тел. 052/632-015, факс 052/303-163

“FILII MARIS SUMUS”



## REVIEW

By Prof. Dimitar Dimitrakiev, PhD

Head of the Department: Exploitation Fleet and Ports

**Subject:** dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree "PhD" in the field of higher education: professional field 5.5 "Transport, Navigation, and Aviation," scientific specialty: 02.03.05 "Marine Power Equipment, Machinery, and Mechanisms."

**Author:** Bogdan Dimitrov Shopov

**PhD Thesis:** *Experimental statistical research and methods for improving the environmental characteristics through the use of alternative fuels in marine diesel engines.*

### Relevance of the dissertation work

Bogdan Dimitrov Shopov is a doctoral student in an independent form of study at the Department of Marine Engineering and Marine Equipment (MEME) of the Varna Naval Academy "N. Y. Vaptsarov" since 2021 and has been granted the right to defend his dissertation. The presented dissertation work examines the increasingly urgent need to consider the ecological factor in the operation of marine diesel engines. The dissertation work focuses on experimental statistical research and methods for improving the ecological characteristics using alternative fuels. Therefore, the current dissertation addresses relevant issues and practical methods for reducing harmful emissions.

The research is developed on 135 pages and is based on 99 literature sources. The majority of these sources are from the last decade and reflect contemporary trends in the study of harmful emissions in exhaust gases of internal combustion engines. The structure of the dissertation comprises four main chapters. The first chapter provides an overview of the problem and presents the state of research. The second chapter presents a study on the influence of diesel fuels and blends on the ecological indicators depending on the load of the marine diesel engine. The third chapter presents a quantitative analysis and comparison of the impacts of a blend of vegetable oil, diesel fuel, and bioethanol on the ecological indicators at different engine loads. The fourth chapter covers a study on the influence of hydrogen-diesel fuel blends on the ecological characteristics of marine diesel engines.

Energy efficiency and the reduction of harmful emissions in exhaust gases are among the most important issues for marine diesel engines. The powerful diesel engines found in ships are significant polluters. In his dissertation work, the PhD student specifically addresses the environmental issue and proposes a solution by blending diesel fuels. From both a scientific and practical perspective, the topic is relevant.

**Does the author is aware with the problem and evaluate creatively the literary material?**

I believe that the author of the dissertation work is well acquainted with the issues related to work of powerful marine diesel engines. As mentioned above, the author has utilized 99 relatively new literary sources.

**Does the chosen research methodology provide an answer to the stated objective and tasks of the dissertation?**

The research focuses on the work of two engines (SKL 3NVD24 and Perkins D3900 diesel generator) with diesel fuel mixtures and examines CO, NO, and NOx levels in the exhaust gases.

**Subject of the research:** The subject of the research is the environmental characteristics of compounded fuels through conducted test experiments.

**Objective and tasks of the dissertation:** The objective of the conducted research with the two engines is to determine the temperatures TG and the corresponding levels of CO, NO,

(NOx) in the exhaust gases and to find at what generator load are the lowest levels of the main harmful emissions in the exhaust gases.

The experiment with the SKL 3NVD24 engine was performed at nominal rotational speed and load while supplying a gas-hydrogen mixture. The following main tasks are addressed to achieve the objective:

- Brief characteristics of existing diesel and blended fuels and their peculiarities.
- Acquisition of suitable information for statistical research. Selection of appropriate measuring and recording equipment.
- Selection of methodology for experimental statistical research and assessment of the influence of blended diesel fuels on the ecological parameters of diesel engines.
- Analysis of the influence of standard diesel fuel on the ecological indicators of the Perkins marine diesel engine. Quantitative analysis.
- Investigation of the impact of compounded fuel (10% bioethanol, 90% diesel) on the ecological indicators of the Perkins marine diesel engine. Quantitative analysis.
- Investigation of the impact of fuel (30% vegetable oil, 70% standard diesel) on the ecological indicators of the Perkins marine diesel engine. Quantitative analysis.
- Investigation of the impact of diesel-hydrogen mixture on the ecological indicators of the SKL 3NVD24 marine diesel engine. Quantitative analysis.

The reliability of the obtained results and conclusions is of great importance regarding the mathematical apparatus used and the calculations performed. The information obtained from the conducted experiments has been processed and analyzed using mathematical methods and tools of correlation and regression analysis.

In this regard, I believe that the conducted research, on which the contributions are built, is sufficiently reliable and adequate. The methodology used in the dissertation is comprehensive and allows for the realization of the set objectives.

#### **4. Scientific, scientific-practical, and practical contributions of the dissertation work:**

##### **Scientific-practical contributions:**

Quality, functional mathematical models have been created to study the impact of: regular diesel fuel, a mixture of 10% bioethanol and 90% diesel fuel, a mixture of 30% oil and 70% diesel fuel on the engine's environmental indicators depending on its load. Based on these

models, the degree and manner of influence, as well as the maximum (minimum) values depending on the load of the marine diesel engine, have been determined.

The quantitative influence of compounded fuels, such as a 10% bioethanol and 90% diesel fuel mixture, and a 30% oil and 70% diesel fuel mixture, compared to standard diesel fuel on the engine's environmental indicators, has been evaluated at different load conditions.

Equations and relationships between the environmental indicators (Tdw, CO, NO) have been established for standard diesel fuel, a 10% bioethanol and 90% diesel fuel mixture, and a 30% oil and 70% diesel fuel mixture.

Quality mathematical models have been developed to analyze the relationship between current-hydrogen gas and the hydrogen cell, as well as the impact of the hydrogen gas/diesel fuel ratio on the environmental indicators (CO, CO<sub>2</sub>, NO, O<sub>2</sub>, qA, Eta, and LAMBDA) of the marine diesel engine.

Extreme values of the influence of the hydrogen gas/diesel fuel ratio in the investigated operating regimes have been determined.

### **Practical contributions:**

A laboratory testing plan and information support for experimental research have been developed.

The characteristics of compounded fuels, such as G-10-90, G30-70, and gas-hydrogen mixture, have been experimentally investigated.

Nomograms and an application algorithm, supported by an example for quasi-optimal selection of engine load based on permissible values of environmental indicators, have been proposed.

The results of the conducted experiments and mathematical modeling can serve as a basis for further scientific and applied research in the field of alternative fuels.

The Perkins D3900 engine used in the scientific experiment is fully operational for training purposes at the "Karantina" training ground of VVMU - Varna.

The engine has the ability to operate with the experimented fuel blends to improve the environmental climate in the area of the training ground.

## **5. Extent to which the dissertation work and contributions represent the author's personal achievement**

I consider the contributions are author's own work, as well as the overall development of the dissertation.

## **6. Evaluation of the publications related to the dissertation work:**

One independent and two collective publications in international conference proceedings have been applied to the dissertation topic, in accordance with all requirements and laws. The publications reflect the key aspects of the research and the results of the dissertation work.

## **7. Summary (Author's Abstract)**

The author's abstract consists of 32 pages, meets the required standards and contains all the necessary components.

## **8. Fulfillment of scientometric data**

The doctoral student meets the scientometric criteria for obtaining the educational and scientific degree of "Doctor." They have submitted a completed dissertation work, which has gained visibility through the publications in international scientific forums and journals.

## **9. Remarks and recommendations**

I have no significant remarks regarding the dissertation work.

## **10. Authenticity check**

I trust the conducted verification of the dissertation work using the official university platform, StrikePlagiarism.com, which confirmed that the dissertation meets the accepted requirements for citations and does not contain any plagiarism.

## **CONCLUSION**

The discussed topic is relevant, and the conclusions and statements are indisputably and accurately proven. The presented dissertation meets the regulatory requirements of the laws in Republic Bulgaria, the Regulation for Admission and Education in Doctoral Programs, and the

Acquisition of Academic Degrees at VVMU "N. Y. Vaptsarov," as well as the minimum scientometric requirements. I propose to the respected members of the Sdientific jury to award Ass. Eng. Bogdan Dimitrov Shopov the educational and scientific degree "DOCTOR" in the professional field 5.5 "Transport, Navigation, and Aviation," scientific specialty: 02.03.05 "Marine Power Equipment, Machinery, and Mechanisms."

29.05.2023

Varna

.....  
/Prof. D. Dimitrakiev, PhD/