



## СТАНОВИЩЕ

Върху автореферат на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „ДОКТОР“

Автор на диосертационния труд к-н лейт. инж. ИВАЙЛО ИВАНОВ СТОЕВ

Тема на дисертационния труд:

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА ГОРИВНА ПОМПА ЗА ВИСОКО НАЛЯГАНЕ НА ДИЗЕЛОВ ДВИГАТЕЛ ПРИ РАБОТА С ВОДОГОРИВНА ЕМУЛСИЯ

Професионално направление: 5.5 Транспорт, "Корабоплаване и авиация", научна специалност: 02.03.05, "Корабни силови уредби, машини и механизми"

Изготвил становището: Васил Димитров Георгиев, доцент, д-р, инж.

1 Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и мащаб на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.

Корабите от световния търговски флот имат значителен дял в замърсяването на околната среда. Ограничителните мерки, които се предприемат през последните 25 год. имат положителен ефект, но мнението на ИМО е, че до 2025 год трябва да се работи по намаляване на емисиите на вредните газове, които са резултат от работата на главните и спомагателни дизелови двигатели с не по-малко от 30%. Програмите Tier-1, Tier-2, Tier-3 и Tier-4 регламентират задължителните изисквания за допустимите стойности на вредните емисии, разпределени по периоди. От 1-ви януари 2013 встъпи в действие нова глава 4 от MARPOL анекс VI която е задължителна за всички кораби. В рамките на концепцията за енергийна ефективност на корабите въвежда индекса EEDI (Energy Efficiency Design Index), задължителен за новите кораби и програмата SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) който е задължителен за всички кораби. Тези нововъведения се отнасят пряко до въглеродните емисии, но чрез тях се контролират и снижават емисиите на NOx, въглеводородите и твърдите частици. Водещите университети и дизелостроителни фирми влагат значителни ресурси в научни и научно-приложни програми за комплексното решаване на проблема. Изследванията на MAN-Diesel & Turbo, съвместно с Датската Агенция за защита на околната среда, проведени през 2009 г показват, че емулсификацията на дестилатните горива (marine gas oil and marine diesel oil) с вода води до драстично намаление на емисиите на NOx и сажди. Например комбинацията от методите EGR37% (Exhaust Gas Recirculation) и WIF50% (Water in Fuel) е позволила емисиите на NOx да се намалят от 17.4 на 1.3 g/kWh. Съчетанието на технологиите SCR (Selective Catalytic Reduction) и Low NOx combustion дава още по-добри резултати. Цената, която се заплаща за намалените емисии се изразява в повишаване на разхода на гориво с 5-8 g/kWh. Тези сравнително нови технологии изискват извършването на сложни и скъпоструващи научни изследвания, които да дадат практически насоки за приложението им на конкретни марки серийни двигатели. Една от тези научни задачи, а именно изследване на експлоатационните показатели на горивна помпа за високо налягане при работа с водогоривна емулсия е предмет на разглеждания дисертационен труд. Актуалността на проблема е извън съмнение, тъй като решаването на екологичните проблеми на корабните ДВГ е без алтернатива и е в пряка връзка



с експлоатационната ефективност на корабоплаването. Методът WIF, т.е. вода в горивото е доказал своята ефективност като технология за редуциране на емисиите от азотни окиси. Този метод има своя специфика, свързана с взаимовръзката ГОРИВНА АПАРАТУРА-ВОДОГОРИВНА ЕМУЛСИЯ и тази специфика изисква много обстойно и всестранно изследване, с оглед разширяване на приложението на метода. Критичен момент в тази технология е повишената скорост на износване на прецизните двойки в горивните помпи за високо налягане с директно впръскване, които са най-разпространения тип горивни помпи в корабните двигатели. Този въпрос до момента не е изследван с научни методи. Дисертантът съвършено правилно и обосновано е планирал четири основни задачи, решението на които дава обоснована оценка на приложимостта на метода WIF за разглеждания двигател от гледна точка на износването на прецизните елементи на горивната помпа.

2. Познава ли дисертантът състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал.

В увода и глава 1 дисертантът посочва тенденциите в използването на водогоривните емулсии, разглежда техните свойства и характеристики, посочва отсъствието на изследвания върху работата и скоростта на износване на горивни помпи за високо налягане с ВГЕ. Посочва се като главна цел на проучванията разработването на емулгатор, който да създава стабилна емулсия с големи количества вода в горивото. Установено от автора е необходимост от изследване на влиянието на ВГЕ върху общото състояние на ГПВН и на прецизните елементи. Няма разработени методи за комплексно възстановяване на ГА. Освен това дисертантът е установил при анализа на литературните източници, че не са налични данни за енергоикономическите и екологични показатели при използване на ВГЕ с високо (50%) съдържание на вода. На тази основа дисертантът прави обоснован извод, че експлоатацията на главните корабни двигатели на водогоривна емулсия изисква по-детайлно изследване на влиянието на емулсиите върху ВСЕКИ ЕДИН ЕЛЕМЕНТ от горивната апаратура. Големият брой (170) реферирани литературни източника на английски и руски език, публикувани в авторитетни специализирани списания, както и внимателния анализ на тяхното съдържание относно разглеждания проблем е свидетелство за доброто познаване на материята, както и за способността на дисертанта за критично и творческо отношение.

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

В дисертационния труд е заложен методът за провеждане на ПЛАНИРАН НАТУРЕН ЕКСПЕРИМЕНТ върху износването на прецизните елементи, съчетан със статистическа обработка и с теоретична обосновка на опитните резултати. Изследването се провежда и за целите на научен проект за разработване на стабилна водогоривна емулсия на УХТ-Пловдив, както и като част от „Проект за създаване на ново гориво за ползване предимно от морски съдове“ на инж. Величко Александров-член на Борда на Директорите на Бизнесконсултативен съвет за Югозападна Европа.



В експеримента се използва патентована емулсия, предоставена от патентоносителя проф. Милчо Ангелов от УХТ-Пловдив, която е била изследвана при съдържание на вода до 25%. Дисертантът си поставя за задача да осъществи макрорамка от 500 моточаса стендови изпитания на ГПВН за двигател ЗД12с увеличено (50%) съдържание на вода. Използва се стенд СТАР-12 модифициран в опитна уредба в кат. Корабни Силови уредби при ВВМУ „Н.Й. Вапцаров“ и в завод „ТЕРЕМ-КРЗ ФЛОТСКИ АРСЕНАЛ“

В описания технологичен алгоритъм за провеждане на натурния експеримент са включени прецизни измервания на размерите и микроскопско изследване на работната повърхнина на прецизните двойки след 250 и 500 моточаса, както и макроструктурен физико-химичен анализ на проба от ВГЕ след експеримента. Точността на линейните измервания се оценява на 2 микрона.

Измерванията са направени при еднаква  $t=20\text{ C}$  за да се избегне влиянието на температурното разширение. Анализът на макроповърхността е направен с помощта на металографски микроскоп модел 24G250a с 50кратно увеличение. Извършено е дозиране на ГПВН след 250 и 500 часа в диапазона на горивоподаване от 0 до 100% през 25% за три честоти на въртене: 375, 560 и 750 1/min. Определена е пламната точка, плътността, съдържанието на вода и на механични примеси във ВГЕ след експеримента.

Резултатите са представени в таблици и 3D графично изображение. Изработени са технологични карти за буталото и цилиндъра, както и таблица за хлабините бутало-цилиндър след 0 и 500 моточаса. За изчисляване на тегловната загуба от износването е разработен математичен модел, който отчита елиптичността и конусността на прецизните детайли. Методиката е подходящо онагледена с 3D цветен чертеж на прецизната двойка.

Износването в милиграми, както и коефициентът на подаване за всяка от 12-те двойки е представено чрез бар-грами. Чрез екстраполация е прогнозирано изменението на коефициента на подаване след 6000 моточаса (което може да се приеме за средна годишна наработка). От графиката се вижда, че при работа на чисто гориво коефициентът на подаване за 6000 часа пада от 100 на 82%, докато при състав на ВГЕ 50% поради ускореното износване той пада до 51%. От тук лесно може да се изчисли честотата и срока за смяна на ГПВН, а оттам да се направи извод за увеличените експлоатационни разходи за ремонт. Като се прибавят и загубите причинени от по-високия специфичен разход на гориво може да се оцени «цената», която корабособственикът плаща за получаване на крайния ефект-намаляване на емисиите NOx.

Дисертантът е направил критичен анализ на точността на измерването и правилно отбелязва, че измерването с 2 микрометра точност не е достатъчно, но свидетелства за отсъствие на катастрофално износване.

Така описаната методика не предизвиква възражения по отношение на обхвата, прецизността и информативността на получените резултати. Резултатите по износа биха били още по-



убедителни, ако изчисленията по 3D математичния модел бяха сравнени с анализа на тегловното съдържание на металните частици в горивото след провеждането на експеримента.

4. В какво се заключават научните или научно-приложните приноси на дисертационния труд? Формулиране и обосноваване на нов научен проблем (област). Формулиране и обосноваване на нова теория (хипотеза). Доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и теории. Създаване на нови класификации, методи на изследване, нови конструкции, технологии и т.н. Получаване и доказване на нови факти. Получаване на потвърдителни факти. Характер на приносите за внедряване: методи, конструкции, технологии и т.н. Каква е, конкретно, значимостта на тези приноси за науката и практиката?

Дисертацията съдържа съществен научно-приложен принос изразяващ се в следното:

Създаден е нов метод за изследване на експлоатационните показатели на ГПВН плунжерен тип за работа с ВГЕ с високо водно съдържание (50%). Съдържателната страна на този нов метод е в разработения модел на технологичен алгоритъм за многопараметричен планиран натурен експеримент, както и в разработения математичен модел за обработката на комплексни масиви от данни.

Дисертацията има и съществен приложен принос, а именно:

Получени са в резултат на 500 часови стендови изпитания количествени данни за скоростта на износването и коефициента на подаване на прецизните двойки на ГПВН при работа с патентована, но неизследвана 50% ВГЕ. Тези резултати дават възможност да се прогнозира срока на службата на прецизните елементи, както и показват необходимостта за разработване на нови технологии за повишаване износоустойчивостта на елементите на ГА. Освен това проведените изследвания позволяват да се даде количествена оценка на присъщите за метода WIF (т.е. работа с ВГЕ с високо водно съдържание) разходи, което е необходимо при съпоставянето с други алтернативни методи за редуциране на емисиите Nox в корабните дизелови двигатели.

5. Резултатите от дисертационния труд използвани ли са вече в научната и социалната практика? Има ли постигнат пряк икономически ефект и пр.? Документи, на които се основава твърдението.

Дисертацията представлява съществена част от две научни програми: Проект за разработване на стабилна ВГЕ с 50% съдържание на вода към УХТ-гр. Пловдив и Проект за създаване на ново гориво за ползване предимно от морски съдове с ръководител инж. Величко Алекса. В реализацията на тези проекти могат да се търсят евентуални икономически ефекти от представения дисертационен труд.

6. Мотивирани препоръки за бъдещо използване на научните и научно-приложните приноси: какво и къде да се внедри?

Предложеният и използван технологичен алгоритъм за изледване на износването и коефициента на подаване на ГПВН може да се използва в експлоатацията за оценка и сравнение на различни конструкции на прецизни двойки, както за материали и технологии при тяхното производство. Дисертантът е предложил като възможност за целта йонно-плазмено азотиране с индиректен плазмотрон.

7. Други въпроси, по които рецензентът счита, че следва да вземе отношение.

При използването на ВГЕ с високо % съдържание на вода и ГПВН с директно впръскване трябва да се има предвид, че активният ход на плунжера трябва да се увеличи пропорционално на водното съдържание, което ще доведе до необходимост в изменение на конструктивните размери на плунжерната двойка. При запазване на същите конструктивни размери цикловото подаване може да се увеличи (с оглед запазване на количеството гориво впръскано за цикъл) посредством промяна на скоростния профил на ексцентрика, който да реализира адекватно налягане на впръскване.

8. Заключение с ясно становище да се даде или не научна степен.

В заключение на предлаганото становище считам, че с настоящия дисертационен труд дисертантът е изследвал с научно-експериментални методи един нов приложен проблем, а именно влиянието на 50% ВГЕ на експлоатационните качества на ГПВН плунжерен тип, с което позволява да се направи важна и обоснована стъпка за практическото прилагане на 50% ВГЕ за намаляване на емисиите NOx в корабните дизелови двигатели. Това ми дава основание да предложа на Уважаемото Научно Жури да присъди на к-н лейт. инж. ИВАЙЛО ИВАНОВ СТОЕВ образователната и научна степен «ДОКТОР»

Дата. 23.02.2014....

Рецензент:

