

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

Тимошевського Бориса Георгійовича

на дисертаційну роботу Шебанова Андрія Миколайовича

"Підвищення ефективності експлуатації суднових двигунів шляхом

удосконалення систем машиння циліндрів",

що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

Актуальність теми дослідження. На більшості суден річкового та морського транспорту в якості головних використовуються дизельні двигуни, експлуатація яких супроводжується істотними витратами на паливні та мастильні матеріали. Частка цих витрат складає близько 40% від їх загальної кількості, при цьому вартість палива і мастила неухильно зростає.

Широке використання на морському транспорті довгоходових двигунів, їхнє форсування і застосування важких палив з підвищеним вмістом сірки вимагає нових рішень щодо організації ефективної роботи лубрикаторних систем. Такі рішення повинні передбачати не тільки правильність вибору сорту циліндрового мастила стосовно до сорту палива, але й більш рівномірний розподіл по робочій поверхні циліндрової втулки та організацію стабільної плівки масла на поверхнях тертя при мінімальних його витратах.

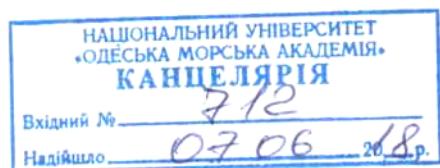
Характерні для дизелів високі витрати масла, часті розкриття циліндрів, значні зноси, а також істотні нагари у випускному тракті вказують на недосконалість систем машиння циліндрів. Особливістю організації машиння деталей циліндро-поршневої групи останніх моделей дизелів є завищений питомі витрати масла ($0,8\dots1,2\text{ г}/(\text{kBt}\times\text{г})$) у зв'язку зі збільшенням довжини циліндрових втулок, через що виникають труднощі в рівномірному розподілі мастила по поверхнях тертя.

Все це вказує на актуальність задачі підвищення ефективності роботи систем машиння циліндрів довгоходових двигунів, необхідність вирішення якої випливає з потреб річкового та морського транспорту.

Оформлення дисертації. Дисертаційна робота оформлена відповідно до існуючих стандартів і вимог та написана державною мовою. Подання матеріалу послідовне, повністю розкриває суть вирішення поставленого завдання, викладено технічно грамотно. За обсягом і структурою дисертація знаходиться в межах, що встановлені вимогами МОН України.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертації і дає повне уявлення про роботу. Автореферат написано також державною мовою, виконано відповідно до існуючих вимог, обсягом у встановлених межах.

Повнота викладення в опублікованих працях наукових положень, висновків, рекомендацій. Основні положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи опубліковані в 18 наукових роботах (з них 3 одноосібно), зокрема: у наукових профільних виданнях, що входять в перелік МОН України – 8



наукових статей; у закордонних наукових профільних виданнях – 2 наукові статті; у збірниках матеріалів наукових конференцій – 8 тез доповідей.

Отримані автором результати досліджень доповідались на 8 науково-технічних конференціях національного та міжнародного рівня. Таким чином, повнота і рівень публікацій результатів дисертаційної роботи відповідають вимогам МОН України до кандидатських дисертацій.

Ступінь обґрутованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Дисертаційна робота Шебанова А.М. є кваліфікаційною науковою працею, написаною ним особисто. Робота відповідає паспорту спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки, як за формулою спеціальності, так і за напрямками досліджень:

- за *формулою спеціальності*: "галузь науки і техніки, яка вирішує науково-технічні проблеми дослідження, проектування, випробувань, експлуатації двигунів (зокрема дизельних), ... узгодження й оптимізацію процесів взаємодії компонентів у двигунах і енергетичних установках";
- за *напрямком наукових досліджень*: "теорія двигунів і енергоустановок, експериментальні дослідження процесів у них", фізичне й математичне моделювання, системний аналіз і синтез термодинамічних і гідродинамічних процесів у двигунах, енергоустановках і їх елементах, вплив робочих тіл, теплоносіїв і мастильних матеріалів на характеристики двигунів і енергетичних установок; розроблення та дослідження конструктивних методів і технологій підвищення ефективності комплексного використання паливно-енергетичних ресурсів, системи й агрегати двигунів і енергетичних установок".

ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ.

У **вступі** автором достатньо повно розкрито сутність та сучасний стан наукового завдання забезпечення ефективної роботи системи машинення циліндров суднових двигунів, коректно сформульовані мета і головна задача дослідження, представлена наукова новизна і практичне значення наукових результатів, показаний особистий внесок автора в їх отриманні.

У **першому розділі** дисертації виконано аналіз літературних джерел за проблемою підвищення ефективності експлуатації суднових ДВЗ шляхом вдосконалення процесів і систем машинення деталей ЦПГ та показано необхідність проведення подальших досліджень для вирішення цієї проблеми.

Висновки даного розділу коректні та не викликають заперечень.

У **другому розділі** викладена загальна методика наукового дослідження, розроблена його технологічна карта, в якій відображені наукові завдання, основні наукові результати, наукова значимість, практична цінність та сформульовано наукове положення, обґрутовані методи вирішення наукових завдань, наведена методика експериментальних досліджень, в тому разі й в експлуатаційних умовах.

Також сформульована мета, висунута гіпотеза та поставлене головне завдання наукового дослідження, яке полягає в визначені оптимальних характеристик процесу машинення циліндрів ДВЗ для забезпечення рівномірного розпо-

ділу масла по поверхні його контакту з деталями ЦПГ. Обробка отриманих результатів виконувалася за допомогою методів математичної статистики з використанням таких сучасних засобів, як електронні таблиці MS Excel.

Запропонована методика експериментальних досліджень дає можливість вивчати механізм формування процесу подачі масла в циліндри ДВЗ та визнати основні його характеристики. Наведена інформація дозволяє стверджувати про відповідність використаних теоретичних та експериментальних методів, пристрій і приладів сучасному рівню наукових досліджень та свідчить про достовірності отриманих результатів.

У третьому розділі отримано вирішення першого допоміжного завдання дисертаційного дослідження, а саме: встановлення гіdraulічних характеристик процесу мащення деталей ЦПГ суднових ДВЗ та визначення характеру руху робочої рідини в лубрикаторній системі.

В розділі наведені результати дослідження впливу основних характеристик (швидкості, витрат, рівномірності, тривалості, моментів та характеру виходу масла на дзеркало циліндра та ін.) процесу мащення циліндрів ДВЗ на їх технічних стан та експлуатаційні показники роботи.

Автором проведено великий об'єм експериментальних досліджень і, що важливо, в умовах експлуатації лубрикаторних систем безпосередньо на суднових дизельних двигунах. Це забезпечило отримання більш достовірних результатів досліджень. При цьому використовувались такі методи досліджень як швидкісна кінорегістрація процесу, його осцилографування, вимірювання основних параметрів (тиску, моменту появи масла на дзеркалі, ходів плунжера та клапана, часу, ВМТ і ін.) за допомогою відповідних датчиків.

В результаті досліджень виконана оцінка роботи та ефективності чотирьох основних конструкцій систем, визначення ролі їх у забезпеченні працездатності циліндрів, а також сформульовано обґрунтовані вимоги, яким повинні задовольняти удосконалені та нові лубрикаторні системи.

На основі проведених досліджень сформульовано загальний висновок, що імпульсний (змінний) характер тиску в системі мащення обумовлює подачу більшої частини мастила в цилінди ДВЗ на перших 2-х обертах колінчастого вала двигуна, зі значною (1,3...2,2 м/с) швидкістю та з послідовними перервами в подачі протягом 3...5 обертів, це обумовлює значну нерівномірність подачі мастила, що призводить до нестабільності його плівки на дзеркалі циліндра.

Результати експериментальних досліджень послужили основою для удосконалення математичної моделі процесу мащення.

У четвертому розділі отримано вирішення другого допоміжного завдання дисертаційного дослідження, яким автором було визначена необхідність розробки математичної моделі процесу руху масла для умов роботи лубрикаторної системи з постійним тиском масла в ній та перемінним, пульсуючим тиском в порожнині циліндра ДВЗ.

В дисертаційній роботі представлені теоретичні дослідження гідродинаміки руху мастила в системі мащення, засновані на вирішенні рівнянь несталого ізотермічного руху в'язкої рідини з врахуванням початкових та граничних

умов у вузлах системи мащення, а також в рівнянні нестисливої рідини в циліндричній системі координат. При цьому для вирішення поставленого завдання застосувались необхідні перетворення (пряме та зворотне перетворення Лапласа-Карсона за часом, теорема Коші про відрахування та ін.). Перепад тиску, під дією якого відбувається рух масла в системі визначався безпосередньо з осцилограм процесу подачі масла.

В результаті теоретичних досліджень отримані рівняння, що встановлюють взаємозв'язок основних параметрів процесу подачі масла з гіdraulічними характеристиками каналу й експлуатаційними показниками роботи двигуна. Запропонована методика є більш точною, ніж існуючі, тому що завдяки їй вдалося відмовитися від осереднення швидкості по перетину мастильного каналу.

Розв'язання даного завдання презентовано у вигляді алгоритму розрахунків та програми. З метою додання цьому алгоритму універсальності всі відповідні рівняння записувались щодо безрозмірних величин. Вибір вихідних даних для виконання розрахунків по отриманих рівняннях здійснювався на підставі аналізу конструктивних характеристик систем машинення, експлуатаційних параметрів роботи дизеля, а також осцилограм процесу подачі масла. Ступінь досконалості опису систем та процесів машинення визначався на підставі порівняння величин витрат з оптимальними їхніми значеннями.

Оцінка погрішності розробленого методу виконана на підставі порівняння розрахункових та експериментальних даних визначення витрати масла по фазах циклу маслоподачі в циліндрі на прикладі двигунів RTA. Порівняння експериментальних даних з розрахунковими показало, що похибка методу не перевищує 12%.

Таким чином, запропонований автором метод розрахунків основних параметрів подачі масла в циліндр суднового двигуна дозволяє без проведення експериментів з достатньою точністю оцінювати ефективність організації процесу машинення, а також визначати оптимальну комбінацію факторів, що забезпечують рівномірну подачу масла на дзеркало циліндрової втулки ДВЗ.

У **п'ятому розділі** з метою вирішення третього допоміжного завдання встановлення залежності рівномірності подачі мастила на дзеркало циліндра від конструктивних особливостей елементів лубрикаторної системи проведено факторний експеримент. На основі синтезу наукових результатів розв'язання допоміжних завдань та узагальнення досвіду експлуатації двигунів внутрішнього згоряння морських суден вирішene головне завдання дослідження – визначення оптимальних характеристик процесу машинення циліндрів ДВЗ для забезпечення рівномірного розподілу масла по поверхні його контакту з деталями ЦПГ.

Автором запропоновано новий спосіб організації процесу машинення циліндрів суднових ДВЗ, який було реалізовано в технічному рішенні, та організовано і проведено експлуатаційну перевірку його ефективності.

В результаті виконаних вимірювань лінійного зносу циліндрових втулок та масового зносу поршневих кілець в різних умовах експлуатації дизелів, підтверджена ефективність розробленого способу машинення. Попередня підготовка дизелів до випробувань, різноманітність режимів на яких були проведені експе-

рименти, широкий діапазон дизелів, що використовувалися під час досліджень, а також сходимість отриманих результатів підтверджують достовірність проведення досліджень.

У **висновках** підтверджено виконання як допоміжних завдань, так і головного завдання дисертаційного дослідження, а також відображені його наукові та практичні результати.

Дисертаційне дослідження містить теоретичне узагальнення і нове вирішення задачі підвищення ефективності процесу подачі масла в циліндри суднових ДВЗ шляхом розробки нового способу мащення, який відрізняється тим, що для забезпечення стабільної та рівномірної плівки масла на поверхнях його контакту з деталями ЦПГ, в штуцері лубрикатора підтримується постійний тиск, який створюється за рахунок однакової жорсткості пружин клапана штуцера та акумулятора об'єму масла та їх зусиль рівних тиску продувного повітря ДВЗ, а також оптимальних розмірів (1,5...2 мм) каналу дроселя штуцера. Розроблений спосіб було реалізовано в технічному рішенні, яке пройшло експлуатаційну перевірку на суднових двигунах.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи полягає у тому, що оптимізація процесу мащення циліндрів суднового двигуна, для створення умов рівномірного розподілу мастила по поверхні його контакту з деталями ЦПГ забезпечується підтриманням постійного тиску в лубрикаторній системі протягом усього циклу маслоподачі шляхом зміни об'єму системи та завданням оптимального гіdraulічного опору.

У результаті дослідження вперше встановлено, що:

- імпульсний (змінний) характер тиску в системі мащення обумовлює подачу більшої частини масла в циліндри ДВЗ на перших 2-х обертах колінчастого вала двигуна, зі значною (1,3...2,2 м/с) швидкістю та з послідуочими перервами в подачі протягом 3...5 обертів, це обумовлює значну нерівномірність подачі мастила, що призводить до нестабільності його плівки на дзеркалі циліндра;

- стабільність плівки мастила на поверхнях тертя деталей ЦПГ забезпечується постійним тиском в лубрикаторній системі, який створюється при наступних гіdraulічних та геометричних характеристиках: одинаковій жорсткості пружин клапана штуцера і акумулятора об'єму масла, при зусиллях пружин рівних тиску продувного повітря ДВЗ; розміри каналу дроселя, які забезпечують оптимальний опір на виході із системи мащення, для розглянутих ДВЗ, знаходяться в інтервалі 1,5...2 мм.

Вдосконалено математичну модель руху робочої рідини в умовах роботи лубрикаторної системи з постійним тиском масла в ній;

Отримали подальший розвиток методи експериментальних досліджень лубрикаторних систем суднових ДВЗ в експлуатаційних умовах.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці удо- сконаленої, з оптимальними гіdraulічними характеристиками, системи мащення циліндрів, що підвищує ефективність експлуатації суднових ДВЗ.

Розроблений метод, алгоритм та програми розрахунку основних параметрів процесу маслоподачі дозволяють визначати досконалість системи мащення, а також одержувати вихідні дані для проектування нових вузлів та систем.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені на трьох морських суднах, що підтверджено відповідними актами, засвідченими представниками компаній до яких ці судна належать, а також у в науково-дослідницькій роботі та навчальний процес НУ"ОМА" що також підтверджено актами впровадження.

Особливо треба відзначити економічний ефект від використання розробок в розрахунку на одне судно із двигуном RTA, складає 22...35 тис. USD на рік в залежності від потужності двигуна, що засвідчено відповідними актами.

Оцінка висновків дисертації відносно внеску до науки полягає у встановленні можливості формування рівномірної плівки масла на поверхнях деталей ЦПГ за рахунок організації подачі однакових порцій масла на кожному оберті колінчастого вала, шляхом забезпечення постійного тиску в лубрикаторній системі та необхідного опору руху масла на вході в циліндри ДВЗ.

Головним науковим результатом дисертаційної роботи є розробка нового способу мащення, який забезпечує зменшення витрат масла, зниження зносів деталей ЦПГ та відкладень нагару в продувних вікнах суднових двигунів.

По дисертаційній роботі можна визначити наступні зауваження:

1. Дисертаційна робота має дуже великий обсяг, який можна було би скоротити за рахунок докладних описів та ілюстрацій.

2. Ані в першому, ані в подальших розділах не вказано, що тривала робота суднових дизелів, як з заниженими, так і з завищеними витратами масла є не ефективною оскільки призводить до інтенсивних зносів деталей ЦПГ, натирань на втулках, поломкам поршневих кілець та закоксовуванню продувних вікон.

3. Автором використано термін "викид" масла, який не є широко розповсюдженим, бажано було б замінити його більш вживаним терміном та таким, що об'єктивно описує процес.

4. Тезу наукової новизни дисертаційної роботи, що стабільність плівки масла на поверхнях тертя деталей ЦПГ забезпечується постійним тиском в лубрикаторній системі потрібно було підтвердити емпіричною залежністю, що з урахуванням великої кількості експериментальних даних, наведених в дисертації, можливо виконати за допомогою спеціальних математичних програмних пакетів.

5. Значна частина третього розділу виглядає як огляд конструктивних рішень, що впроваджені двигунобудівними фірмами, а аналізу спостережень процесу змащення приділено менш уваги та не визначена похибка цих спостережень.

6. У четвертому розділу, при розробці математичної моделі на наведений метод вирішення системи рівнянь та не з'ясована адекватність цієї моделі.

7. В запропонованій автором математичній моделі виходу масла на робочі поверхні циліндрів дизелів, наведенні початкові та граничні умови та не наведені прийняті допущення.

8. П'ятий розділ перевантажений другорядним матеріалом, який доцільно було би скоротити.

9. В цьому ж розділі роботи відсутня інформація стосовно величин основних параметрів двигуна, n , Pz , та інших під час проведення експлуатаційних випробувань.

10. В роботі визначені похибки експериментальних досліджень та вдосконалених математичних моделей, проте відсутня оцінка достовірності результатів експлуатаційних випробувань.

11. Не повністю розкрита суть розроблених технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи систем машинення циліндрів.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Викладене дає можливість зробити загальний висновок, що дисертаційна робота Шебанова А.М. є завершеною кваліфікаційною роботою, яка містить всі необхідні розділи (оглядовий, теоретичний, експериментальний), обґрунтовані висновки, результати впровадження досліджень. Мета, головне та допоміжні завдання, що були поставлені у дисертаційному дослідженні, виконані.

Представлена дисертаційна робота, автореферат та наукові праці дозволяють зробити висновок, що дисертація на тему "Підвищення ефективності експлуатації суднових двигунів шляхом удосконалення систем машинення циліндрів" є завершеною кваліфікаційною науково-дослідницькою роботою, яка вирішує актуальне для річкового та морського транспорту науково-прикладне завдання.

По науковому рівню, науковій новизні та практичному значенню дисертаційна робота відповідає вимогам нормативних документів, зокрема п.п. 9, 11 та 13 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань", що ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор – **Шебанов Андрій Миколайович** – безумовно заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

Завідувач кафедри

"Двигуни внутрішнього згоряння,
установки та технічна експлуатація"
Національного університету
кораблебудування ім. адмірала Макарова
д-р техн. наук, професор

Тимошевський Б.Г.

Підпис д.т.н., професора Тимошевського Б.Г. засвідчує:

Проректор з наукової роботи,
д-р техн. наук, професор

Блінцов В.С.

