

ВІДГУК

офіційного опонента Вичужаніна Володимира Вікторовича,
професора, доктора технічних наук,
завідувача кафедри “Інформаційні технології”
Одеського національного політехнічного університету
на дисертаційну роботу
Сагіна Сергія Вікторовича
«Теорія і практика енергоперетворення на суднах з мінімально неминучими
незворотними втратами»,
подану на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук
за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

1. Актуальність теми дисертації

Морській та річковій транспорт є однією з важливих галузей у морегосподарському комплексі України. Експлуатація суден спрямована на отримання прибутку, який залежить від організації перевезень, вибору економічно вигідних і безпечних морських або річкових шляхів, забезпечення максимальної швидкості судна, збереженості та своєчасної доставки вантажів, зниження витрат на паливно-мастильні матеріали. Підвищення ефективності експлуатації суден за рахунок зростання прибутку можна здійснити за двома напрямками: перший – збільшення доходів (підвищенням тарифів за надані послуги, збільшенням провізної спроможності засобу транспорту, скороченням терміну виконання транспортної послуги); другий – зниження транспортних витрат до мінімально неминучих.

Невід’ємною частиною транспортної роботи є втрати, які відносно морських та річкових засобів транспорту виникають у рушії та корпусі судна, а також під час генерації енергії у двигуні та її трансформації на споживач. Частина цих втрат у загальному процесі енергоперетворення на суднах відноситься до неминучих незворотних, тобто таких, що неможливо обернути у рушійну силу суднового пропульсивного комплексу або у теплову енергію. Найбільш вагомою складовою цих втрат є механічні втрати в трибологічних



системах суднового дизеля (насамперед між поршневими кільцями та втулкою циліндра, між колінчастим валом та вкладишем підшипника, між плунжером та втулкою паливного насосу високого тиску). При чому саме ці втрати по-перше визначають пропульсивний коефіцієнт корисної дії суднового пропульсивного комплексу, по-друге, лише вони підлягають керованому впливу та характеризуються можливістю мінімізації.

Важливість розв'язання завдань забезпечення мінімально неминучих незворотних втрат підкреслюється діючими вимогами Міжнародної морської організації щодо енергоефективності суднових енергетичних установок; вимогами Додатку VI конвенції MARPOL; резолюціями Міжнародної морської організації МЕРС.203 (62) і МЕРС.213 (63) до енергетичної ефективності суден у процесі підвищення їх ефективності експлуатації; а також положенням Транспортної стратегії України на період до 2030 року та Рішенням Ради національної безпеки і оборони України від 16.05.2008 року «Про заходи щодо забезпечення розвитку України як морської держави» (Наказ Президента України від 20.05.2008 року № 463/2008).

Визначимо також, що тема дисертації є актуальною та має важливе значення, оскільки спрямована на вирішення нерозв'язаної актуальної науково-технічної проблеми, яка на момент початку досліджень знаходилася у стадії визначення лише окремих локальних показників, що складають коефіцієнт корисної дії (ККД) пропульсивного комплексу морських та річкових засобів транспорту.

Актуальність дисертаційної роботи та обраного Сагіним С. В. напрямку досліджень також підтверджується держбюджетними науково-дослідними роботами Національного університету «Одеська морська академія»: «Підвищення ефективності робочих процесів суднових енергетичних установок на базі сучасних технічних і інформаційних технологій» № ДР 0116U002390 (2014–2017 рр.), «Розвиток систем і методів удосконалення технічної експлуатації суднових енергетичних установок на підставі сучасних

інформаційних технологій» № ДР 0110U005910 (2017–2019 рр.), «Прогнозування експлуатаційного технічного стану суднової пропульсивної установки на основі контролю її вібраційно-коливальних характеристик» № ДР 0119U001654 (2018–2021 рр.), у яких автор дисертації брав участь як відповідальний за виконання теми та виконавець.

2. Структура та зміст дисертації

Дисертація складається зі переліку умовних скорочень, вступу, основного змісту (що включає шість розділів) висновків, списку використаних джерел з 312 найменувань та одного додатка, у якому відображені сім актів впровадження результатів дисертації. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 402 сторінки.

Автореферат обсягом 48 друкованих сторінок якісно оформлений.

3. Наукова новизна одержаних результатів. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення та основні наукові результати дисертації теоретично обґрунтовані та підтверджені експериментальними дослідженнями, які були виконані в наукових лабораторіях та у виробничих умовах (безпосередньо на морських засобах транспорту різного функціонального призначення).

Основні результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на численних наукових, науково-практичних та науково-технічних конференціях, що проводилися в Україні та зарубіжних країнах, а саме: V Міжнародній науково-технічній конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми» 10.11.2011-11.11.2011. – Миколаїв, НУК ім. адм. Макарова; науково-технічній конференції «Суднові енергетичні установки. Експлуатація та ремонт», 21.03.2012 – 23.03.2012. – Одеса, ОНМА; науково-технічній конференції «Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт», 20.03.2013-22.03.2013. – Одеса; ОНМА; III Міжнародній науково-технічній конференції

«Сучасний стан та проблеми двигунобудування», 19-21 листопада 2014 р. – Миколаїв, НУК ім. адм. Макарова; VII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті – MINTT-2015» (26-28 травня 2015 р., м. Херсон) – Херсон, ХДМА, 2015; VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Суднова енергетика : стан та проблеми». – Миколаїв, НУК ім. адм. Макарова, 2017 р.; X Міжнародній науково-практичній конференції MINTT-2018, 29-31 травня 2018 р. – Херсон, ХДМА; науково-технічній конференції «Морський та річковий флот : експлуатація і ремонт», 21.03.2019–22.03.2019 – Одеса, НУ «ОМА»; XIIIth International Research and Practice Conference «Science and Education», Munich, November 2nd–3rd, 2016. – Munich, Germany; XVIth International Research and Practice Conference «European Science and Technology», Munich, March 14th–15th, 2017. – Munich, Germany; International Conference «Scientific Research of the SCO Countries: Synergy and Integration», August 31, 2019, Beijing, China.

Окремі результати дисертаційного дослідження опубліковані у іноземних виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних, зокрема:

Sagin S. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences, Published by Science Publication, 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208; бази Aerospace Database, Chemical Abstracts Service, Civil Engineering Abstracts, DOAJ, EBSCO, Genamics Journal Seek, IET – The Institution of Engineering and Technology, INSPEC, J-Gate, Metadex, ProQuest, Scopus, Thomson Gale, Ulrichsweb;

Sagin S. V. Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specifcarion / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences, Published by Science Publication, 2016. – Vol.13. – Iss. 5. – P. 618-627. DOI: 10.3844/ajassp.2016.618.627; бази Aerospace Database, Chemical Abstracts Service, Civil Engineering Abstracts, DOAJ, EBSCO, Genamics Journal Seek, IET –

The Institution of Engineering and Technology, INSPEC, J-Gate, Metadex, ProQuest, Scopus, Thomson Gale, Ulrichsweb;

Zablotsky Yu. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines / Yu. V. Zablotsky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology, Published by Indian Society of Education and Environment, May 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490; бази Chemical Abstracts Services (CAS), Scopus, J-Gate Plus, Research Bible, EBSCO Publishing's Electronic Databases, DOAJ, Ulrich's Periodical Directory, Indian Science Abstracts, Index Copernicus, Thomson Reuters (Web of Science), Indian Science.in.;

Zablotsky Yu. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives / Yu. V. Zablotsky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology, Published by Indian Society of Education and Environment. – December 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516; бази Chemical Abstracts Services (CAS), Scopus, J-Gate Plus, Research Bible, EBSCO Publishing's Electronic Databases, DOAJ, Ulrich's Periodical Directory, Indian Science Abstracts, Index Copernicus, Thomson Reuters (Web of Science), Indian Science.in.;

Sagin S. V. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391. Research India Publication; бази Scopus, EBSCOhost, Google Scholar, Journal Seek, J-Gate, ICI, Index Copernicus, UGC Approved Journal.

Автором коректно застосовано, обґрунтування та доведено наукові положення, якими є:

• механізм енергоперетворення на суднах з мінімально неминучими незворотними втратами залежить від трибологічних процесів, що відбуваються в підшипникових вузлах на лінії трансформації енергії кривошипно-шатунний механізм – колінчастий вал – споживач потужності; при цьому необхідно

враховувати, як триботехнічні характеристики самих вузлів тертя, так і функціональні та реологічні властивості мастила, що входить до трибологічної система метал – мастильний матеріал – метал;

- анізометрія структури орієнтаційно впорядкованого шару мастила поблизу твердої металевої поверхні призводить до виникнення стратифікації його в'язкості, що на режимах пуску та реверсу забезпечує підвищення, а на динамічно сталих режимах – зниження несучої здатності мастильного шару та відповідного зростання контактних навантажень;

- мінімізація неминучих втрат під час перетворення теплотворної здатності палива на ефективну потужність, що розвивається засобом транспорту, забезпечується підвищенням пружно-демпфуючих властивостей робочих речовин (палива та мастила), які виконують функції змащувального матеріалу в контактних поверхнях двигуна внутрішнього згоряння.

Наукові положення обґрунтовані науковими результатами.

Вперше:

- встановлено, що основним показником, який характеризує рівень мінімально неминучих незворотних втрат у гідродинамічному та граничному режимі мащення, є стратифікація в'язкості мастильного матеріалу, що забезпечує функціонування трибологічних систем (ТС) циліндро-поршневої групи (ЦПГ), кривошипно-шатунного механізму (КШМ) та паливної апаратури високого тиску. У діапазоні зсувних навантажень $100...350 \text{ с}^{-1}$, які характерні для основних експлуатаційних режимів роботи вищевказаних ТС суднових двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) морських та річкових засобів транспорту, стратифікація в'язкості знаходиться в межах $0,88...1,09$ її номінального значення;

- встановлена експериментальна залежність енергетичних втрат від стратифікації в'язкості шару моторного мастила, що поділяє контактні поверхні деталей ЦПГ та КШМ ДВЗ морських та річкових суден;

- оцінка рівня стратифікації в'язкості визначена «реологічною стійкістю», як відхиленням в'язкості у граничному шарі мастильного матеріалу від об'ємної в'язкості за умов відсутності та наявності зсувних напружень, які відповідають номінальному навантаженню;

- збільшення реологічної стійкості забезпечує зниження механічних втрат, підвищує механічний ККД, зменшує потужність механічних втрат та сприяє перебігу процесу енергоперетворення з мінімально неминучими незворотними втратами;

- оцінка рівня вільної енергії граничних шарів вуглеводних рідин, яка характеризує здатність утворювати на металевій поверхні наноструктуровану анізотропну фазу, визначається «оптичною щільністю» як відношенням відповідних максимумів спектрів поглинання орієнтаційно впорядкованих шарів;

- встановлено, що дисипація енергії в ТС суднових ДВЗ, розділених багатофазним шаром мастильного матеріалу, визначається величиною лінійного зносу контактуючих поверхонь, а безпосередньо процеси дисипації енергії представлені у вигляді верифікованої математичної моделі;

- підтримання мінімально неминучих втрат енергії у морських та річкових засобах транспорту досягається поліпшенням триботехнічних характеристик ТС суднових ДВЗ шляхом забезпечення самоорганізації впорядкованості наноструктури граничних шарів робочих рідин (палива і мастила);

- встановлено механізм організації впорядкованої наноструктури моторних палив, який дозволяє покращити триботехнічні характеристики прецизійних пар паливної апаратури високого тиску ДВЗ морських та річкових суден.

Удосконалено:

- математичну модель контактної взаємодії поверхонь тертя, яка враховує особливості мастильного матеріалу, якій знаходиться у неньютонівському стані;

- методику та технологію еліпсометричних вимірювань товщини тонких плівок наноструктурованих шарів вуглеводних рідин (палива та мастила);

- методику та технологію проведення спектрофотометричних досліджень орієнтованої структури мікронних шарів технологічних рідин, що утворюються поблизу металевих поверхонь;

- принцип розподілу навантаження на паралельно працюючі електричні генератори суднової електростанції морських та річкових суден з урахуванням можливої зміни реологічних характеристик моторного мастила, що забезпечує процес мащення дизель-генераторів;

- технологію визначення лінійного та об'ємного зносу окремих деталей основних ТС ДВЗ морських та річкових суден для спрощення процедури та підвищення точності вимірювань.

Набули подальшого розвитку:

- метод визначення оптимальної концентрації поверхнево-активних речовин у базовому мастилi та технологія підтримання цієї концентрації в циркуляційних та циліндрових системах мащення суднових морських та річкових суден протягом експлуатаційного періоду їх роботи, що стримує відхилення реологічних характеристик моторного мастила від допустимих значень;

- технологія визначення оптимального часу нанесення органічних покриттів на поверхні плунжерів паливних насосів високого тиску, що забезпечило процес утворення наноструктурованого шару органічного покриття з максимальною товщиною;

- процедура визначення реологічних кривих за допомогою ротаційного віскозиметру, що сприяло зменшенню дисперсії неузгодженості експериментальних значень;

- послідовність виміру в'язкості вуглеводних рідин у радіальному напрямку, що забезпечило відхилення експериментальних значень від

аналогічних показників, що отримані аналітично за допомогою математичного моделювання;

- теоретичні та експериментальні методи визначення втрат індикаторної потужності, яка розвивається у циліндрі ДВЗ, та теплової енергії, яка витрачається на отримання цієї потужності, що підвищило точність розрахунку механічного коефіцієнта корисної дії та потужності механічних втрат.

4. Достовірність результатів досліджень

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановки математичних задач дослідження та використанням відповідних математичних методів, відповідністю математичних моделей фізичній суті процесів, що описуються в роботі. Розроблені в дисертації математичні моделі ґрунтуються на фундаментальних розробках відносно розв'язання контактних завдань, теоретичного опису трансформації енергії в умовах ньютонівської та неньютонівської поведінки робочих речовин, що поділяють контактні поверхні, але використані моделі доповнені та поширені власними розробками з урахуванням змінної реології вказаних вище робочих речовин (зокрема моторного мастила та палива).

5. Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання

Наукова значимість дослідження полягає в підвищенні ефективності роботи засобів транспорту під час генерації та трансформації енергії шляхом управляючого впливу на наноструктуровані граничні змащувальні шари робочих речовин.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що на основі виконаних досліджень розроблено та впроваджено:

- математичну модель, яка дозволяє досліджувати процеси контактної взаємодії поверхонь, розділених шаром мастильного матеріалу, що знаходиться у ньютонівському, або неньютонівському стані;

- систему стабілізації реологічних характеристик мастильних матеріалів, що використовуються у вузлах тертя ДВЗ морських та річкових суден;

- систему підтримання впорядкованої наноструктури у граничному мастильному шарі, яка забезпечує його пружно-демпфуючі властивості та сприяє зменшенню рівня дисипації енергії в ТС суднових дизелів;

- технологію покращення триботехнічних властивостей прецизійних деталей паливної апаратури високого тиску;

- методику визначення реологічних характеристик мастильних матеріалів в умовах змінних зсувних навантажень.

Основні впровадження результатів дисертаційного дослідження виконані:

- під час здійснення менеджменту на судах, які знаходяться в операційному управлінні ТОВ «Незалежний морський сюрвей»;

- у складі суднових пропульсивних комплексів суден «Дунай», «Київська», «Куяльницька», «Ізмаїльська» ТОВ СМД-ІНВЕСТ;

- на судах «White Eagle» та «White Pearl» ТОВ «Marine Crew Management»;

- під час експлуатації суднових дизелів Wartsila Marine Engines морського судна “Pacific Mistral” та STX MAN Marine Engines судна “Pacific Scirocco”;

що забезпечило до 4,4 % зниження питомої витрати палива, до 12,5 % зниженню витрати мастила на випал на основних експлуатаційних режимах роботи дизелів, до 18...27 %-е зниження масового зносу вкладишів підшипників, майже 3-х кратному сприяло зниженню зносу поршневих кілець та вкладишів підшипників, та забезпечило зниження фінансових витрат від 100 до 250 \$/добу під час експлуатації морських суден у територіальних водах

України та від 200 до 600 \$/добу під час здійснення подібної експлуатації в територіальних водах країн Європейського Союзу та Світового океану.

6. Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях

За темою дисертації здобувачем опубліковано 67 наукових праць, з яких 28 – у наукових фахових виданнях України (що входять до переліку наукових фахових видань України, які рекомендовані МОН України для публікації результатів дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук); 9 – в іноземних виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science; 13 – в інших іноземних виданнях (7 – у наукових журналах, та 6 – у збірках матеріалів наукових конференцій); 17 – у збірниках за матеріалами міжнародних конференцій. В опублікованих працях викладено в повному обсязі основні отримані результати.

Особистий внесок здобувача в сумісних публікаціях є підтвердженим.

Рівень та кількість публікацій, рівень апробації відповідають вимогам, що ставляться до докторських дисертацій в Україні.

Використання чужих результатів та ідей без посилань, а також невідповідності змісту дисертації та автореферату Паспорту спеціальності 05.22.20 у тексті дисертації не виявлено.

Результати наукових досліджень, за якими здобувач захистив кандидатську дисертацію до результатів докторської дисертації не включені.

7. Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Дисертаційне дослідження спрямоване на розв'язання науково-прикладної проблеми – енергоресурсозбереження в пропульсивному комплексі транспортного судна. Результати, що досягнуті при розв'язанні цієї проблеми, можуть бути рекомендовані до використання у державних та приватних

судноплавних компаніях, що здійснюють експлуатацію морських та річкових засобів транспорту; судноремонтних підприємствах, що забезпечують ремонт та поновлення експлуатаційних характеристик двигунів; проектно-конструкторських організаціях, що займаються розробкою технології зменшення енергетичних втрат на транспорті; у наукових лабораторіях, що виконують дослідження, пов'язані з визначенням наноструктурованих фаз рідких речовин.

8. Оформлення дисертації та автореферату

Дисертація і автореферат викладені логічно, послідовно, грамотно, методично коректно, оформлені згідно з вимогами МОН України.

Зміст автореферату повністю відповідає та розкриває основні положення дисертації.

9. Зауваження щодо дисертації та автореферату

1. У п. 1.4 дисертації «Формалізація функціональних залежностей...» наведено докладний опис реологічних різних моделей моторних мастил. Доцільно було б обмежитися лише рівнями та графічними залежностями, що відповідають неньютонівської поведінки мастильного матеріалу, з урахуванням якої у подальшому подаються теоретичні та експериментальні дослідження.

2. У другому розділі, при викладенні методу експертних оцінок для визначення варіантів розв'язання завдання мінімізації незворотних втрат, не вказано як біло виконана «процедура обрання експертів», а також не обґрунтовано вибір критеріїв, за якими здійснювалась експертна оцінка.

3. У п. 3.2. «Математичні моделі процесу енергоперетворення...» на рис. 3.3 та 3.4 не наведено визначення позначень безпосередньо у підписі до рисунку, ці пояснення наведені далі в тексті дисертації, що ускладнює розуміння рисунків.

4. У пп. 3.2.6 «Критерії надійності роботи...» включена відома діаграма Герсі-Штрібека, наочне подання якої не є актуальною. Доцільно було б обмежитися лише її згадуванням.

5. На стор. 32 автореферату наведені дані визначення параметру порядку для мастил з різною в'язкістю при різних товщина граничного шару. Вважаю, що доцільно було провести аналогічні дослідження для певного мастила при різних товщина граничного шару, такі дані би підтвердили безпосередньо визначну роль наноструктурованого шару.

6. При теоретичному опису явищ, що відбуваються в наноструктурованих шарах вуглеводних рідин (п. 3.3 дисертації) наведено огляд та основні рівняння відомих моделей Майера-Заупе, Ландау-де-Жена, Ізінга, що є зайвим. Достатньо було обмежитися лише моделлю Ландау-де-Жена, яка була використана у дисертації при аналітичному розрахунку впорядкованості молекул анізотропної фази.

7. У п 3.4 «Зміна енергетичних характеристик...» наведені рівняння що забезпечують знаходження рівня вільної енергії наноструктурованих шарів вуглеводних рідин, при цьому не наведено порівняння результатів розрахунку цього параметру для різних моделей , що пояснюють властивості наноструктурованих шарів та які були розглянуті у дисертаційній роботі (моделі Майера-Заупе, Ландау-де-Жена та Ізінга).

8. У п. 3.5 «Визначення якісних і кількісних характеристик...» при викладенні результатів досліджень, що були виконані на судновому дизелі Volvo Penta TMDA 163A не вказано, що саме закид частоти обертання колінчастого валу дизеля був обраний як критерії, за яким здійснювалась оцінка реологічних характеристик мастильних матеріалів на рівень енергетичних втрат.

9. У п. 3.6. «Зміна реологічних характеристик...» автором наведені власні залежності, що дають можливість аналітично розрахувати товщину граничного

шару мастил для ньютонівського та неньютоновського стану, але не наведено зрівнянь цього параметру з експериментальними даними.

10. При визначенні реологічних кривих, графічні залежності яких що подані на рис. 3.21 дисертації та рис. 1 автореферату не вказано яким чином визначалась, або була обрана «зона номінального навантаження», в'язкість у якій суттєві відрізняється від в'язкості граничного мастильного шару та об'ємної в'язкості.

11. ПП. 4.2.2 дисертації має некоректну назву «Об'єкти досліджень». У цьому випадку, з урахуванням матеріалів, які у ньому викладені, доцільно використання назви «Характеристики моторних мастил, що використовувались під час проведення експерименту».

12. У дисертаційному дослідженні виконані комплексні дослідження по впливу температури на основні якісні та кількісні показники наноструктурованих орієнтаційно впорядкованих шарів мастила, що підтверджені даними табл. 4.2 та рис. 4.10. На жаль, результати цих досліджень не включено до загальних висновків роботи.

13. У результатах дослідження, які відображаються спектрами поглинання судових моторних мастил (рис. 4.7 дисертації та рис. 10 автореферату) не визначено, що розуміють під позначенням «від.од.». Також на цих рисунках обрані невдалі позначення I (інтенсивності світла) та частоти коливань ν . Ці ж символи далі використовуються для позначення зносу та в'язкості.

14. У п. 4.3. «Моделювання реологічних характеристик....» на рис. 4.18, а також на рис. 18 автореферату наведені комплексні діаграми, що пов'язують між собою важливі характеристики наноструктурованих шарів мастила – реологічну стійкість, рівень вільної енергії, а також знос трибологічної системи. Доцільно було б навести більш детальний аналіз цих результатів (хоча б в дисертації). Також визначимо великий обсяг цього пункту. Доцільно біло б його поділення на окремі підпункти.

15. У розділ 5 дисертаційного дослідження виконано комплекс лабораторних та виробничих випробувань з різними судновими моторними паливами, наприклад RМК380, RМК420, RМК460, RМК500, RМК750, при чому основних експлуатаційних характеристик цих палив не наведено (як це було виконано у розділах 3, 4 для моторних мастил та інших палив).

16. У розділі 6 наведені рекомендації, що забезпечують перебіг процесу енергоперетворення з мінімально неминучими незворотними втратами за рахунок створення та управління наноструктурованим шаром мастильного матеріалу для різних умов експлуатації (під час обертального руху, під час поступального руху, під час роботи в умовах високих динамічних навантажень). Впровадження цих рекомендацій здійснено на морських та річкових суднах (що підтверджується відповідними актами). Деякі (наприклад технологія нанесення органічних плівок на поверхні плунжерів паливних насосів, а також технологія контролю її товщини) відносяться до власних розробок автора. Доцільно було б навести у додатках до дисертації технологічну схему та послідовність виконання цих досліджень.

10. Узагальнена оцінка дисертаційної роботи

Представлена роботи є цілісним завершеним науковим дослідженням, що присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми – енергоресурсозбереженню в пропульсивному комплексі транспортного судна.

Дослідження містить нові науково обґрунтовані результати; не захищені раніше наукові положення і висновки, які мають суттєво значення в області застосування процесів енергоперетворення, що здійснюються в морських та річкових засобах транспорту.

Результати, що досягнути при розв'язанні проблем, розглянутих у дисертації, рекомендуються до використання у державних та приватних організаціях, що виконують обслуговування, експлуатацію та ремонту засобів транспорту.

Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.13 р. № 567 зі змінами) та іншим чинним вимогам які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор, Сагін Сергій Вікторович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інформаційних технологій
Одеського національного політехнічного
університету МОН України

" 05 " 12 2019 р.

В. В. Вичужанін

Підпис офіційного опонента, доктора технічних наук, професора В. В. Вичужаніна засвідчую.
Вчений секретар Одеського національного політехнічного університету

" 05 " 12 2019 р.

В. І. Шевчук

