

18.12.2019
1/6-05.15

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Бережного Кирила Юрійовича** на тему "МОДЕЛІ ТА ЗАСОБИ ПОВУДОВИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІДИН", представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – "Комп'ютерні системи та компоненти"

Актуальність теми роботи. Низка проблем у судновій галузі (таких, як коливання цін на паливо для двигунів внутрішнього згорання, непередбачуваність завантаження суден), а також загальносвітові тенденції щодо зменшення впливу на екосистему (тобто необхідність жорсткішого контролю шкідливих викидів суднових двигунів) потребують вирішення ряду задач щодо ефективного використання паливних ресурсів та модернізації конструкцій корпусів судна, в тому числі шляхом вдосконалення систем регулювання в'язкості суднових технічних рідин. Тому дослідження, спрямовані на розробку моделей, методів і засобів визначення реологічних характеристик суднових рідин комп'ютерними системами для підвищення ефективності роботи та зменшення шкідливих викидів у доквілля судновими мало обертовими двигунами є актуальними.

Додатково актуальність та практичну значущість отриманих в дисертаційному дослідженні результатів підкреслює зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами та планами, а саме з планом виконання науково-дослідних робіт Національного університету «Одеська морська академія» за темами: «Віскозиметр з лінійним приводом вимірювального зонду» (№ ДР 01117U000318) та «Автоматизація технологічних та адміністративних процесів на транспорті» (№ ДР 0115U003577), а також те, що дослідження проведене Бережним К.Ю. відповідає основним принципам

Транспортної стратегії України на період до 2030 року, зокрема таким, як: “Безпечний для суспільства, екологічно чистий та енергоефективний транспорт” та “Підвищення рівня екологічної безпеки на транспорті” (розп. КМУ № 430-Р від 30.05.2018 р.).

Таким чином, актуальність дисертаційної роботи Бережного Кирила Юрійовича на тему "Моделі та засоби побудови комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин" не викликає жодних сумнівів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації та їх достовірність. У дисертаційній роботі викладено авторський підхід до вирішення важливої наукової-технічної задачі - створення комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин з підвищеними показниками роботи. В основу наукової роботи лягли ідеї застосування нових інтегрованих підходів до управління процесом визначення реологічних характеристик важкого палива та мастила, а також вдосконалення методу співвісних циліндрів для визначення реологічних характеристик і розробки систем для їх визначення, як в лабораторних умовах, так і в потоці в реальному часі.

Обґрунтованість отриманих результатів підтверджується застосуванням коректних та доцільних методів дослідження, а саме: методу дедукції – при виборі напрямків дисертаційного дослідження; експертної оцінки – при виборі теми і постановці мети дослідження та аналізі результатів; системного аналізу – при розробці технології наукових досліджень; теорії автоматичного керування та теорії фрикційного контакту – при дослідженні лінійних п'єзоелектричних двигунів; схемотехнічного і математичного моделювання – при розробці моделей вимірювального зонду.

Ступінь обґрунтованості теоретичних положень та їх достовірність підтверджена практичними фізичними експериментами на макетах і дослідних зразках.

Обґрунтованість практичних результатів дисертаційної роботи Бережного К.Ю. засвідчується актами впровадження та отриманим патентом на корисну модель.

Крім того результати роботи мають достатню апробацію на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях, де отримали підтримку науковців в даному напрямку досліджень.

Таким чином, ступінь обґрунтованості та достовірність основних наукових положень дисертації та отриманих результатів є достатніми.

Наукова новизна. Наукова новизна одержаних Бережним К.Ю. результатів полягає у розробці моделей та засобів створення комп'ютерної системи визначення реологічних властивостей суднових технічних рідин на базі лінійного п'єзоелектричного двигуна, який входить до складу вимірювального зонду, що дозволяє підвищити якість роботи паливної апаратури та вузлів тертя циліндро-поршневої групи (ЦПГ).

Відмінність запропонованої системи від існуючих на суднах полягає в можливості проведення лабораторних досліджень технічних рідин, які знаходяться в триботехнічному зазорі у робочих діапазонах швидкостей пересування рухомих частин паливної апаратури та температур.

Вперше створено інформаційну модель комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин, яка відрізняється можливістю дослідити тиксотропні рідини та визначити їх реологічні характеристики в умовах, які наближені до прогнозованого частотно-температурного режиму роботи суднового малообертового двигуна (МОД), що дозволяє здійснити ефективне керування якістю підготовки палива перед подачею до форсунок МОД.

Удосконалено математичну модель вимірювального зонду комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик, яка відрізняється урахуванням властивостей реверсивного лінійного п'єзоелектричного

двигуна та триботехнічного вузла, що дозволяє врахувати процеси в осциляторі та фрикційному контакті п'єзодвигуна, сили тяжіння та тертя;

Отримав подальший розвиток метод автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин, який відрізняється від відомих рішень можливістю зміни параметрів роботи комп'ютерної системи у режимах реального часу, що дозволяє підвищити ефективність підготовки палива та зменшити кількість шкідливих викидів у довкілля.

Із зазначеного вище можна зробити висновок, що наукова новизна дисертаційної роботи Бережного К.Ю. цілком відповідає вимогам, що пред'являються до кандидатських дисертацій. Робота містить нові, отримані особисто автором результати, що не були раніше захищені.

Практичне значення отриманих результатів. За результатами теоретичних і експериментальних досліджень розроблено комп'ютерну систему визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин на базі програмованого контролера та вимірювального зонду, в роботу якого покладено метод співвісних циліндрів, яка дозволяє отримати реологічні характеристики рідин в реальному часі та запровадити їх паралельне випробування для оцінки та прогнозу стану як їх самих, так і триботехнічних вузлів паливної системи та системи змащення МОД.

Наведено практичні рекомендації щодо розрахунку, конструювання та експлуатації розробленої системи.

Розроблено та запатентовано конструкцію вимірювального зонду, до складу якого залучено триботехнічний вузол на базі розпилювачу форсунки та лінійний п'єзоелектричний двигун (ЛПД) для пересування рухомого циліндру, що дозволило проводити дослідження суднових технічних рідин як в потоці так і в лабораторних умовах з дотриманням температурного режиму МОД.

Запропоновано методику побудови реологічних характеристик рідин, які залежать від часу проходження рухомого циліндру між його крайніми положеннями всередині нерухомого циліндру, та визначати на їх основі коефіцієнти динамічної в'язкості суднових технічних рідин.

Результати роботи використовуються в навчальному процесі Національного університету «Одеська морська академія» кафедр автоматизації дизельних і газотурбінних установок і теорії автоматичного управління та обчислювальної техніки, про що відповідно складено Акт від 08.05.2018 року.

Також в дисертаційній роботі представлено Акти про використання результатів дисертаційного дослідження Бережного К.Ю. у наукових дослідженнях, що виконуються в Національному університеті «Одеська морська академія».

Отже, на підставі викладеного, можна зробити висновок, що практичне значення отриманих результатів є достатнім, а самі результати мають цінність для науки, суднобудівної галузі та навчального процесу з відповідної галузі знань.

Структура і зміст роботи. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури з 132 найменувань і додатків. Загальний обсяг становить 176 сторінок (з них 126 – основного тексту). У роботу входять також 73 рисунки й 9 таблиць.

У *вступі* обґрунтовано актуальність напрямку досліджень, наведено зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету та завдання дослідження, відображені наукова новизна, практична цінність роботи та особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію, публікації та використання результатів дослідження.

У *першому розділі* традиційно описано стан предмету дослідження та сформульовано задачі, на вирішення яких спрямовувалася дисертаційна робота. Тому приведено результати аналізу існуючих систем визначення

коефіцієнтів в'язкості та реологічних характеристик суднових технічних рідин на прикладі важкого палива та мастила. Розглянуто особливості їх використання в малооберткових двигунах, які працюють на двох сортах палива. В результаті проведеного аналізу методів визначення в'язкості та реологічних характеристик встановлено, що в останні роки набувають поширення ультразвукові системи на базі п'єзотрансформаторів з в'язкопружним зв'язком, недоліком яких є невідповідність процесів у вимірювальному зонді реальним процесам у вузлах паливної апаратури та системи змащування. Крім того було показано, що відсутні гнучкі адаптаційні алгоритми в їх роботі. Також виявлено відсутність уніфікованої інформаційної моделі, що відповідає всім сучасним вимогам інтегративності та ефективності роботи. Це й визначило один з подальших напрямів дослідження. Далі було проведено класифікацію віскозиметрів та реометрів з п'єзоелектричним приводом, в результаті якої встановлено, що найбільш відповідним до процесів у реальних вузлах паливної апаратури є вимірювальні зонди на співвісних циліндрах з лінійним приводом. У зв'язку з чим було висунуто низку ідей щодо створення нових інтегрованих підходів до управління процесом визначення реологічних характеристик важкого палива та мастила, вдосконалення методу співвісних циліндрів для визначення реологічних характеристик, а також щодо розробки систем для їх визначення, як в лабораторних умовах, так і в потоці в реальному часі, на основі чого було сформульовано основні задачі дослідження.

У другому розділі безпосередньо описана розробка моделі та методу побудови комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин. Для чого були проведені дослідження щодо створення інформаційних моделей, на основі яких в подальшому можна буде здійснити програмно-апаратну розробку комплексу автоматизації визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин. Зокрема, виконані дослідження показали можливість побудови комп'ютерної системи для визначення характеристик суднових технічних рідин та їх оперативного

контролю на базі автоматизованих систем дослідження суднових технічних рідин. Розроблено розгорнуту інформаційну модель системи визначення та контролю реологічних характеристик суднових технічних рідин, що дозволяє в автоматичному режимі здійснювати вимірювання реологічних характеристик та передавати отримані результати до інтелектуального модуля збору даних та керування для подальшого автоматизованого прийняття рішення на основі наявних технічних даних щодо режимів роботи паливної апаратури та відповідності характеристик суднових технічних рідин для корекції параметрів роботи системи їх підготовки.

Запропоновано метод автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин, що дозволяє використовувати його в комп'ютерних системах з можливістю зміни параметрів роботи системи в режимах реального часу, чим підвищити ефективність підготовки палива та зменшити кількість шкідливих викидів у довкілля.

На базі створеної розгорнутої інформаційної моделі системи визначення та контролю реологічних характеристик суднових технічних рідин розроблено інформаційну модель лабораторної дослідної системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин, що дозволить без запуску двигуна внутрішнього згоряння здійснити симуляцію роботи паливної апаратури та провести вимірювання характеристик пального відповідно до прогнозованого частотно-температурного режиму роботи двигуна. Отримані дані дозволять в подальшому здійснювати ефективне керування якістю підготовки палива перед подачею до форсунок двигуна внутрішнього згоряння. Розроблено блок-схеми алгоритмів визначення та регулювання реологічних параметрів суднових технічних рідин на базі запропонованого методу автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин, які забезпечують виконання всіх передумов до апаратно-програмної реалізації комп'ютерної

системи визначення та регулювання реологічних параметрів суднових технічних рідин.

У *третьому розділі* приведені результати розробки моделі вимірювального зонду для комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин. Описано розробку кінематичної та структурної схем вимірювального зонду з вертикальним розташуванням із приводом на реверсивному лінійному п'єзоелектричному двигуні, що дозволяє врахувати сили тяжіння, які діють на рухомий циліндр. При побудові моделі враховані процеси, які відбуваються в п'єзорезонаторі з поперечною поляризацією при фрикційному контакті та у триботехнічному вузлі. Це дозволило дослідити, як впливають властивості п'єзокераміки та лінійні розміри п'єзоелементу, а також його притиск до рухомої частини двигуна, розмір поверхні тертя та матеріалу рухомого циліндру на часові діаграми роботи вимірювального зонду. Розроблено методику визначення реологічних характеристик, в основу якої покладено вимірювання часу пересування рухомої частини вимірювального зонду, що порівнюється з часом лінійного п'єзоелектричного двигуна на холостому ході при фіксованій відстані пересування. В наслідок чого було визначено, що перед початком роботи є обов'язковим прогін лінійного п'єзоелектричного двигуна на холостому ході, а всі подальші вимірювання мають відбуватися тільки під навантаженням з боку триботехнічного вузла.

Встановлено оптимальні та граничні діапазони визначення коефіцієнтів динамічної в'язкості для вимірювального зонду. Проведено дослідження методів управління лінійними п'єзодвигунами, за результатами якого було підтверджено можливість використання широтно-імпульсної модуляції, яка дозволяє в 2-3 рази знизити витрати на схему перетворення сигналу управління п'єзодвигуном.

У *четвертому розділі* описано апаратно-програмне забезпечення системи визначення реологічних характеристик. Для початку на основі виконаних досліджень та розроблених моделей комп'ютерної системи

визначення реологічних характеристик та вимірювального зонду у її складі було створено систему визначення реологічних характеристик в лабораторних умовах, що базується на використанні реверсивного лінійного п'єзоелектричного двигуна в якості рушія рухомого циліндру вимірювального зонду. Розроблено програмно-апаратний комплекс, що дозволяє в режимі реального часу відслідковувати реологічні характеристики суднових технічних рідин. При розробці апаратної частини визначено доцільність відмови від розробки системи регулювання в'язкості важкого палива, оскільки затрачений час на розробку та сертифікаційні вимоги до системи накладуть невиправдані фінансові витрати. Тому основні елементи системи реалізовані з використанням розвиненої лінійки промислових контролерів виробництва компанії Phoenix Contact. Програмний комплекс повністю функціональний та забезпечує адекватне відображення даних, які передаються від пристроїв збору інформації. Проведений комплекс досліджень змащувального мастила до заправки мастильної системи малообертового двигуна та після 2000 годин роботи, важкого палива, та порівняльні дослідження дизельного палива без домішок та з домішками на базі алюмосилікатів підтвердив вплив маси вимірювального зонду на час пересування рухомого циліндру.

У висновках сформульовано основні результати дисертаційного дослідження.

В додатках наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, отриманий патент, паспорта важкого палива та мастила, перелік публікацій за темою дисертації.

Отже, текст дисертації викладено професійно, грамотною технічною мовою, логічно та послідовно. Стиль викладення доказовий.

Повнота викладення наукових результатів у фахових виданнях, зроблених висновках та рекомендаціях. Результати дисертаційного дослідження опубліковані в 15 наукових роботах, з яких 6 – статті у фахових

наукових журналах, які затверджені МОН України та індексуються у наукометричних базах даних (Index Copernicus та Ulrich's Periodical Directory), 7 – тези доповідей у збірниках матеріалів міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференцій, 1 - патент України на корисну модель, 1 звіт з НДР.

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на таких міжнародних науково-технічних конференціях: «Суднові комп'ютерно – інтегровані технології» (НУ «ОМА», Одеса, 2016, 2018 р.р.); «Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт» (НУ «ОМА», Одеса, 2017-2018 р.р.); «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання» (м. Івано-Франківськ, 2017-2018 р.р.); XXIV – та з автоматичного управління «Автоматика – 2017» (Київ, 2017); «Датчики, прилади та системи – 2017-2018 (ДПС, 2017-18)» (Черкаси –Миколаїв – Херсон – Лазурне, 2017-18 р.р.).

Наукові положення дисертації, висновки та рекомендації викладені у публікаціях у повному обсязі. Результати роботи пройшли достатню апробацію.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертації, а сам автореферат містить всі необхідні елементи.

Отже повнота відображення матеріалів дисертаційного дослідження та вимоги щодо кількості публікацій та апробацій відповідають вимогам, які пред'являються до кандидатських дисертацій.

Зауваження щодо змісту й оформлення роботи.

1. В першому розділі дисертації на рис. 1.3 (стор. 32) та на рис. 1.4, б (стор. 34) використані не дуже якісні скановані фрагменти. На мою думку, зображені на них схеми паливної системи та зони тертя насосного елемента ПА можна було відтворити із кращою якістю в графічних редакторах.

2. У другому розділі на сторінці 76 дисертант зазначає: «Отримана інформаційна модель дозволяє створити програмне забезпечення

комп'ютерної системи визначення реологічних властивостей суднових технічних рідин на будь-якій мові [25], які входять до стандарту Міжнародної електротехнічної комісії 61131-3, прийнятого в 2012 році, а також застосувати любі наявні контролери провідних фірм». Проте не зрозуміло, чим обґрунтовано це твердження та за рахунок чого була досягнута така універсальність моделі.

3. У підрозділі 3.2 дисертант для субмоделі п'єзрезонатору використовує сегнетожорстку кераміку, при цьому в тексті роботи не надає обґрунтування свого вибору. Тому не зрозуміло чи такий вибір обумовлений характеристиками цього типу кераміки, яких вимагає вирішувана задача, чи можливе використання інших типів п'єзокерамік, і тоді бажано було б навести дані, щодо можливостей чи обмежень їх застосування.

4. В розділі 4 апаратно-програмне забезпечення системи визначення реологічних характеристик побудоване на використанні програмного забезпечення та промислового контролера від компанії Phoenix Contact. оскільки учбовий заклад має наявне лабораторне обладнання, отримане за програмами EduNet та TATU (544010-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPHES). Проте не зрозуміло чи можна використовувати для визначення реологічних характеристик інші контролери та програмне забезпечення, оскільки переваги та недоліки інших контролерів не розглядалися.

5. В авторефераті на деяких рисунках використано занадто дрібний шрифт, що ускладнює (рис. 1 стор. 5, рис. 2 стор. 6, рис. 4 стор. 8), а іноді, навіть, унеможлиблює (рис. 7 стор. 11, рис. 10 стор. 13) якісно сприймати матеріал.

6. На жаль, при оформленні дисертаційної роботи та автореферату були допущені незначні орфографічні та стилістичні помилки, а також тавтології («набули широкого поширення» (стор. 21, 26 дисертації та стор. 2 автореферату), «в режимі реального часу або онлайн» (п. 3 новизни та висновків)), русизми (безопасность (стор. 43 дисертації) замість безпека).

Висновки. Незважаючи на зазначені вище недоліки, дисертаційна робота Бережного К.Ю. в цілому являє собою завершену наукову роботу, що присвячена вирішенню актуальної та важливої для народного господарства України науково-технічної задачі – створення комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин з підвищеними показниками роботи.

Дисертаційна робота, представлена до розгляду, відповідає всім вимогам, що пред'являються МОН України до кандидатських дисертацій, а також «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор, Бережний Кирило Юрійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – "Комп'ютерні системи та компоненти".

Офіційний опонент,
завідувач кафедри
приладобудування, мехатроніки
та комп'ютеризованих технологій
Черкаського державного
технологічного університету,
к.т.н., доцент



Ю.Ю. Бондаренко

Підпис *Бондаренко Ю.Ю.* засвідчено
Вчений секретар Черкаського державного
технологічного університету



Н.Ю. Лега