

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

доктора технічних наук, професора Пузиря Володимира Григоровича на дисертацію **Сагіна Сергія Вікторовича «Теорія і практика енергоперетворення на суднах з мінімально немінучими незворотними втратами»**, що подана до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – «Експлуатація та ремонт засобів транспорту»

Робота виконана в Національному університеті «Одеська морська академія» (м. Одеса) Міністерства освіти і науки України.

### **1. Актуальність теми дисертації, зв'язок з науковими програмами.**

Для будь якої країни водні шляхи є засобом транспортного забезпечення як внутрішніх потреб економіки так і розширення її можливостей у міжнародній кооперації. Судноплавство здавна надавало можливість встановлення і розвитку торгівельних відносин, а у сучасних умовах певна частка і виробничих процесів потребують логістичних зв'язків, що опираються на можливості транспортного флоту. То ж, дисертаційну роботу Сагіна С.В., що спрямована на підвищення ефективності експлуатації суден слід вважати цілком актуальною.

Для детального розгляду здобувачем було обрано проблему управління процесами енергоперетворення на суднах із мінімально немінучими незворотними втратами. Сформульована автором мета дисертаційної роботи спрямована на мінімізацію немінучих незворотних втрат під час забезпечення процесу трансформації теплотворної здатності палива в кінетичну енергію кривошипно-шатунного механізму та пов'язаних з ним споживачів енергії морських та річкових засобів транспорту

Дисертаційна робота містить матеріали науково-дослідних робіт, які виконувалися в Національному університеті «Одеська морська академія» відповідно до тем: «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.).

## **2. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому і зауваження до оформлення.**

Дисертація Сагіна С.В. складається з анотації українською та англійською мовами, списку публікацій здобувача, переліку умовних позначень з 18 скорочень, вступу, 6 розділів, висновків та додатку на 7 стор. Повний обсяг складає 402 сторінки, у тому числі 306 сторінок основного тексту, 35 таблиць, 87 рисунків. Розташовані на окремих аркушах таблиці та рисунки займають 16 сторінок. Список використаних джерел включає 312 найменувань на 41 сторінці, 1 додаток з актами впровадження результатів дисертаційної роботи від 6 організацій на 7 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи та її зв'язок з науково-дослідними програмами. Визначено мету і завдання досліджень, наведено методи досліджень, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Сформульовано об'єкт і предмет дослідження. Визначений особистий внесок здобувача у працях зі співавторами. Наведено перелік наукових заходів, на яких проходила апробація результатів досліджень, а також структуру та обсяг дисертації.

У **першому** розділі автором здійснено аналіз сучасних концепцій розвитку суднових дизелів та основних проблем, що виникають у процесі їх реалізації. Зокрема, до важливих віднесено необхідність зниження неминучих втрат енергії під час експлуатації. Оцінено роль вітчизняних

вчених та їх доробки у суднову енергетику, що сприяють не тільки підвищенню ефективного коефіцієнта корисної дії (ККД) теплових двигунів і пропульсивного ККД суднових енергетичних установок, а й енергетичній ефективності морських та річкових транспортних засобів.

Окреслено певні протиріччя між нормативними способами визначення енергетичних показників судна і дійсним характером розподілу корисної енергії, а аналіз досвіду проектування суден дав змогу зформулювати напрямки їх вдосконалення.

Результатом оцінки методологічних підходів до моделювання процесів енергоперетворення на судах стало те, що автор звернув увагу на реологічні властивості робочих рідин (зокрема палива і мастил), які під час експлуатації погіршуються і це призводить до зміни дисипації енергії в основних трибологічних системах, що зв'язують зовнішні впливи і корисну роботу. Різноманіття моделей, що описують поведінку мастильного матеріалу, не враховує особливості теплових і енергетичних потоків суднових енергетичних установок і тому вимагає додаткового вивчення з метою мінімізації неминучих незворотних втрат енергії.

У **другому** розділі обрано методологію наукового дослідження процесу забезпечення мінімально неминучих незворотних втрат енергії під час експлуатації морських і річкових засобів транспорту. Підкреслено актуальність обраного напрямку досліджень та його відмінність від попередніх робіт. Зформульовано комплексне завдання наукового дослідження, яке полягає у мінімізації неминучих незворотних втрат під час забезпечення процесу трансформації теплотворної здатності палива в кінетичну енергію кривошипно-шатунного механізму та пов'язаних з ним споживачів енергії морських та річкових засобів транспорту. Запропоновано його розв'язання у вигляді синтезу трьох головних завдань, які, в свою чергу, вирішуються завдяки виконанню ряду допоміжних завдань. Автором розроблено технологічну карту наукового дослідження, описані методи, які

були обрані для його реалізації. Окреслено принципи експериментальних досліджень.

**Третій розділ** автор присвятив аналізу процесів енергоперетворення під час обертального руху контактних вузлів. Розглянуто значну кількість математичних моделей, які теоретично описують перебіг поширення енергії у місці контакту твердих тіл, розділених анізотропним мастильним матеріалом. Визначено як розподіляється тиск у парі ковзання під час енергоперетворення, розмір площі контакту. Для ряду пар тертя ковзання, що відрізняються матеріалами, розраховано величини контактного тиску і оцінено вплив окремих параметрів на величину мінімально неминучих втрат енергії. Моделювалася поведінка змащувальних рідин та їх властивості у трибологічній системі ковзання у випадках ньютонівського та не ньютонівського стану мастила. Обрано критерій надійності роботи пар ковзання судових дизелів, який визначає умову наявності достатнього мастильного шару в робочій зоні.

Автором розглянуто явища, що відбуваються у наноструктурованих шарах вуглеводневих рідин за різного ступеню молекулярної впорядкованості. Застосування відомих моделей дало змогу оцінити зміну енергетичних характеристик цих шарів та поведінку вуглеводневих рідин на різних відстанях від металевої поверхні.

Якісні та кількісні характеристики мастильних шарів, що забезпечують процес енергоперетворення в теплових двигунах досліджувались експериментально оптичним методом на спеціальній установці. Крім того, до експерименту були залучені реальні судові дизелі з різними марками моторного мастила. Це дало змогу з'ясувати, що моторні мастила, які характеризуються більш високим ступенем порядку молекул в граничному змащувальному шарі, забезпечують кращий перебіг перехідних динамічних процесів з меншим часом їх тривалості.

Було розглянуто особливості зміни реологічних характеристик мастильного матеріалу, що знаходиться в зазорі «вал – вкладиш підшипника».

Модель зводилася до його представлення як багатофазної течії на різних радіальних ділянках: вал – граничний шар, граничний шар – об’ємна рідина – граничний шар, граничний шар – вкладиш підшипника. Перевірка теоретичних уявлень здійснювалась на ротаційному віскозиметрі для реальних моторних мастил та різних значень зазору у контактній парі. Результати такої перевірки підтвердили адекватність обраної моделі дійсному процесу трансформації механічної енергії.

Для оцінки рівня стратифікації моторного мастила запропоновано ввести поняття «реологічна стійкість» як величину відхилення в’язкості граничного змащувального шару від об’ємної в’язкості за відсутності зсувних напружень та із зсувним напруженням, що відповідає номінальному навантаженню.

Вплив показника реологічної стійкості моторного мастила на рівень мінімально неминучих втрат, а також технічний стан основних контактних вузлів оцінювався експериментально за результатами спостережень і замірів двох однотипних суднових дизелів з однаковим моторесурсом та рівнем навантаження. В результаті експерименту показано, що моторне мастило, яке має менший рівень вільної енергії граничного змащувального шару, а також велике значення параметра впорядкування його молекул, забезпечує менші незворотні втрати енергії за її дисипації в об’ємі мастильного матеріалу, що виражається в зменшенні зносу трибосполучення «вал – вкладиш».

У **четвертому** розділі наведено результати дослідження втрат в трибологічній системі «поршень (поршневі кільця) – мастильний матеріал – втулка циліндра», які виникають через мінімізацію зазору і можуть призвести до підвищеного зносу контактних поверхонь. Для зменшення незворотних втрат у зазначеній трибологічній системі необхідно здійснювати управління тепловими потоками в змащувальному матеріалі, що забезпечує цей рух. Його реологічні характеристики в залежності від теплового потоку автором визначались експериментально через дослідження процесів дисипації енергії у граничному змащувальному шарі методами спектрофотометрії. Для

оцінювання параметрів обирались моторні мастила реальних суднових дизелів. Отримано параметр порядку молекул у орієнтаційно впорядкованому пристінному шарі, а також товщину граничного змащувального шару. Для спектральних характеристик моторних мастил запропоновано ввести параметр «спектральна щільність» як відношення максимумів спектрів поглинання за температур 20 і 80°C.

Експериментальне дослідження реологічних характеристик наноструктурованих поверхневих шарів моторних мастил під час поступального переміщення деталей циліндро-поршневої групи здійснювалось на довгоходових малообертових суднових дизелях, де співвідношення ходу поршня до діаметра циліндра є значно більшим ніж на традиційних. Отримана в результаті проведених досліджень залежність в'язкості від швидкості зсуву підтвердила «неньютонівський» характер течіння мастильного матеріалу у вузькому зазорі пари тертя «поршневе кільце – втулка циліндра». Для моторних мастил основних фірм-виробників вони збігаються із залежностями, що ілюструють теорію пластичного течіння. Крім того, отримані результати підтвердили, що прилеглі до металевої поверхні тріади тертя граничні мастильні шари мають більшу в'язкість через наявність в них орієнтаційної впорядкованості молекул.

Узагальнені результати досліджень автором використано для представлення взаємного впливу реологічних характеристик моторних мастил на рівень мінімально неминучих втрат. Зокрема, як критерій забезпечення змащувальної здатності приймалася «реологічна стійкість»; як критерій, що оцінює рівень вільної енергії моторного мастила – «спектральна щільність»; як критерій оцінки мінімально неминучих незворотних втрат енергії – зношування поршневих кілець в % або вкладишів підшипника у відносних одиницях (для звичайних суднових дизелів) та вміст металевих домішок у пробах мастила, взятого з підпоршневого простору, в гр. (для довгоходових малообертових суднових дизелів).

У п'ятому розділі автор приділив увагу процесу дисипації енергії у трибосполученнях паливної апаратури високого тиску. Розглянуто особливості морських сортів палива для суднових дизелів, побудовано триботехнічну модель пари «плунжер-втулка паливного насоса високого тиску (ПНВТ)». Показано, що застосування поверхнево активних речовин у якості присадок до палив змінює процес граничного змащування у плунжерних парах ПНВТ і призводить до утворення мультимолекулярних шарів палива. Автор припускає, що такі шари сприяють додатковій пружності палива і забезпечують гідродинамічний або граничний (без контакту поверхонь тертя) режим мащення. Для підтвердження були виконані комплексні дослідження структурних характеристик тонких шарів палива, що утворюють граничний шар на поверхні плунжера і втулки паливного насоса високого тиску. Застосовано оптичні методи для визначення товщини граничного шару і параметра порядку (орієнтаційної впорядкованості) деяких суднових моторних палив.

Триботехнічні характеристики наноструктурованих шарів палива, що утворюються на металевій поверхні пари тертя «плунжер – втулка ПНВТ» було досліджено методом вимірювання швидкості зношування вузлів тертя, які працюють в режимі граничного змащення на спеціальній установці. Зіставлення результатів оптичних і триботехнічних досліджень дозволило зробити висновок про те, що збільшення товщини і ступеня орієнтаційної впорядкованості наноструктурованих граничних шарів палива сприяє зниженню енергетичних втрат за високих динамічних навантажень, що проявляється в зменшенні сили тертя і зниженні інтенсивності зношування контактних поверхонь.

Для зменшення рівня мінімально неминучих незворотних втрат енергії у парі тертя «плунжер – втулка ПНВТ» запропоновано нанесення регулярного мікрорельєфу на поверхню плунжера. Отримані результати проведення натурних випробувань плунжерних пар паливних насосів суднових дизелів, що експлуатувались на важкому паливі, дозволили стверджувати, що вплив

на ізотропні властивості палива за рахунок створення регулярного мікрорельєфу призводить до збільшення ресурсу роботи паливної апаратури високого тиску.

**Шостий** розділ дисертаційної роботи спрямовано на забезпечення процесу енергоперетворення з мінімально неминучими незворотними втратами за рахунок створення та управління наноструктурованим шаром мастильного матеріалу. Аналітичні судження цього розділу автор присвятив визначенню теплових і енергетичних потоків у трибологічних наносистемах дійшовши висновку - щоб використовувати теорію статистичної механіки для наносистем, необхідно застосувати ряд наближень, для чого найбільш підходить термодинаміка і статистична механіка неекстенсивних систем.

Експериментальні дослідження та отримані результати, описані у цьому розділі, підтверджують можливість управляючого впливу на експлуатаційні та реологічні характеристики судових мастил та зменшення неминучих мінімальних втрат. Зокрема, для середньооборотних судових дизелів запропонована технологія відновлення та оптимізації реологічних параметрів моторних мастил та дозованого введення поверхнево активних присадок дала змогу збільшити механічний коефіцієнт корисної дії на 3,9%. Проведений експеримент на дизелі з крейкопфним механізмом показав, що введення до моторного мастила поверхнево-активної присадки, яка забезпечує утворення наноструктурованих граничних мастильних шарів із великим параметром порядку і більшою товщиною зменшує вміст металевих домішок у відпрацьованому мастилі на 60% та збільшує залишкове лужне число на 27%. Апробована у процесі експерименту технологія епіламування прецизійних пар ПНВТ сприяє підвищенню енергетичної ефективності цієї трибологічної системи, що (залежно від часу експлуатації судового двигуна) виражається у 24,0...44,6%-му зниженні зносу плунжерів.

У **загальних висновках** автор виклав у стислій формі основні наукові та практичні результати роботи, кількісну та якісну оцінку проведених експериментальних досліджень.



Зміст дисертації загалом відзначається повнотою, основні положення, висновки і рекомендації в достатній мірі обґрунтовані, первинними документами підтверджується рівень апробації та впроваджень. Результати досліджень опубліковані у фахових вітчизняних та закордонних виданнях. З них: 27 статей 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 основних наукових праць у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами; 13 публікацій у виданнях іноземних держав; 16 статей у збірниках за матеріалами конференцій. Всі публікації були доступні широкому колу науковців для критики достатньо тривалий час.

Отже, робота Сагіна С.В. є завершеною науковою працею і оформлена відповідно до встановлених вимог МОН України.

### **3. Достовірність та наукова новизна результатів досліджень.**

Наукові результати досліджень і рекомендації є повністю обґрунтованими і достовірними, що підтверджується логікою постановки цілей та завдань досліджень, коректним використанням апробованих наукових методів шляхом узагальнення і систематизації, власних теоретичних та експериментальних досліджень.

Наукова новизна результатів дослідження Сагіна С.В.:

Розроблені у дисертаційній роботі Сагіна С.В. методи управління мінімально немінучими незворотними втратами енергії у пропульсивних комплексах морських та річкових засобів транспорту є розв'язанням важливої науково-прикладної проблеми енергоресурсозбереження на транспорті.

**Вперше** отриманими науковими результатами можуть вважатися такі:

- **встановлено**, що основним показником, який характеризує рівень мінімально неминучих незворотних втрат у гідродинамічному та граничному режимі мащення, є стратифікація в'язкості мастильного матеріалу у основних трибологічних системах суднових двигунів внутрішнього згорання та **отримані** відповідні експериментальні залежності;

– **запропоновано** показник рівня стратифікації в'язкості – «реологічна стійкість», як відхилення в'язкості у граничному шарі мастильного матеріалу від об'ємної в'язкості за умов відсутності та наявності зсувних напружень, які відповідають номінальному навантаженню. **Встановлено** залежність між цим показником та мінімально неминучими незворотними втратами;

– **показано**, що рівень вільної енергії граничних шарів вуглеводних рідин, яка характеризує здатність утворювати на металевій поверхні наноструктуровану анізотропну фазу можливо визначати «оптичною щільністю» як відношенням відповідних максимумів спектрів поглинання орієнтаційно впорядкованих шарів;

- **встановлено** механізм організації впорядкованої наноструктури моторних палив, який дозволяє покращити триботехнічні характеристики прецизійних пар паливної апаратури високого тиску двигунів внутрішнього згорання морських та річкових суден;

- доведено, що для підтримання мінімально неминучих втрат енергії у морських та річкових засобах транспорту необхідно забезпечувати самоорганізацію впорядкованості наноструктури граничних шарів робочих рідин (палива і мастила) триботехнічних систем суднових енергетичних установок.

Такими, що набули **подальшого розвитку та вдосконалення** є:

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

- методика та технологія 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;

- технологія визначення лінійного та об'ємного зносу окремих деталей основних трибологічних систем ДВЗ морських та річкових;

- метод визначення оптимальної концентрації поверхнево-активних речовин у базовому мастилі та технологія підтримання цієї концентрації в циркуляційних та циліндрових системах мащення судових морських та річкових суден протягом експлуатаційного періоду їх роботи;

- технологія визначення оптимального часу нанесення органічних покриттів на поверхні плунжерів ПНВТ для утворення наноструктурованого шару органічного покриття з максимальною товщиною;

Представлені в дисертації результати наукових досліджень отримані автором особисто, що підтверджується зробленими публікаціями.

#### **4. Наукове і практичне значення дисертаційної роботи.**

Практична цінність результатів роботи полягає у наступному:

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

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

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

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

Результати досліджень і наукові розробки були використані у навчальному та навчально-науковому процесі Національного університету «Одеська морська академія» під час читання ряду дисциплін курсантам 3-5 курсів.

## **5. Реалізація результатів дисертації.**

Результати досліджень і наукові розробки були використані на суднових пропульсивних комплексах суден «Дунай», «Київська», «Куяльницька», «Ізмаїльська» ТОВ СМД ІНВЕСТ; на суднах «Ocean Haven» та «Ocean Treasure» ТОВ «Каалбай Шиппінг Україна»; на суднах, які знаходяться в операційному управлінні ТОВ «Незалежний морський сюрвей»; на суднах «Pacific Mistral» та «Pacific Scirocco» іноземної компанії «Pacific Drilling» впровадження розробок забезпечило 18...27 %-е зниження масового зносу вкладишів підшипників; 6,3...10,8 %-е зниження витрати мастила на випал; 1,3...2,5 %-е зниження питомої витрати палива; 3,9...14,7%-е зниження потужності механічних втрат.

## **6. Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.**

Результати досліджень досить повно висвітлено у: 27 статтях 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 основних наукових працях у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами; 13 публікаціях у виданнях іноземних держав; 16 статтях у збірниках за матеріалами науково-технічних і науково-практичних конференцій, які проходили з 2011 до 2019 року.

## 7. Зауваження:

В цілому дисертаційна робота складає позитивне враження, викладені положення є завершеними, докази аргументованими, значна бібліографія дозволяє опиратись на думку широкого кола дослідників, власні сентенції пройшли апробацію у великій кількості публікацій та наукових заходах. Як будь-який рукопис, робота не позбавлена певної кількості орфографічних та стилістичних помилок та неточностей. Що ж до зауважень:

1. У першому розділі дисертації наведено докладний опис реологічних моделей моторних мастил, що забезпечують функціонування суднового двигуна внутрішнього згоряння, причому більшість поданих виразів є відомою. Достатньо було б залишити рівняння, що винесені у п. 1.4.3. «Вихідні рівняння математичної моделі».

2. У другому розділі при використанні методу експертних оцінок, не вказано, з яких міркувань були обрані критерії, за якими у подальшому було виконано вибір напрямку наукового дослідження.

3. У п. 2.5. «Принципи експериментальних досліджень» вказані лише діапазони похибок з якими були виконані експериментальні дослідження, однак не вказані характеристики обладнання та вимірювальної апаратури за допомогою якої ці дослідження виконувалися.

4. У математичній моделі розподілу тиску і визначення розміру площі контакту в парі тертя, яка забезпечує обертальний рух для ньютонівської та неньютонівської рідини наведені рівняння, що забезпечують вирішення контактної задачі Герца. Доцільно було б скоротити проміжні вирази, залишивши лише ті, що у подальшому використовуються в розрахунках.

5. У п.3.3. «Теоретичний опис явищ, що відбуваються в наноструктурованих шарах вуглеводневих рідин» наведено значну кількість аналітичних виразів, що пояснюють моделі утворення впорядкованих граничних шарів вуглеводних рідин. Доцільно було б обмежитися лише

рівняннями моделі Ландау-де-Жена, яку автор рекомендує для подальшого використання.

## **8. Загальний висновок по роботі.**

Зазначені вище зауваження та недоліки мають переважно уточнюючий характер або стосуються напрямів подальшого вдосконалення отриманих результатів. Отже, загалом дисертація Сагіна Сергія Вікторовича є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують науково-прикладну проблему, мають наукову новизну і практичне значення

Аналіз роботи і автореферату дає змогу стверджувати, що зміст дисертації та автореферату ідентичні. Публікації за темою дослідження відповідають вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України. Висновки та рекомендації здобувача мають наукову та практичну цінність. Основні положення дисертації достатньо повно розкрито у зазначених в авторефераті та дисертації публікаціях. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

Дисертація виконана на високому рівні. Її результати не співпадають з результатами кандидатської дисертації автора, що була виконана за темою «Активация и эффективное использование в судовых среднеоборотных дизелях жидкокристаллических свойств масла» та захищена у 1996 році.

За змістом, формою, рівнем та стилем викладення дисертація Сагіна Сергія Вікторовича **«Теорія і практика енергоперетворення на суднах з мінімально неминучими незворотними втратами»** відповідає п. 9, п. 10, п. 12 Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника, що затверджений постановою КМУ № 567 від 24 липня 2013 р. та паспорту спеціальності 05.22.20 – «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» у напрямках досліджень:

- створення наукових основ і методів розрахунку параметрів та управління ресурсом, надійністю й технічним станом засобів транспорту, розроблення

методів підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту та їх функціональних систем, обладнання й засобів забезпечення їх працездатності;

- дослідження впливу експлуатаційних чинників на показники роботи засобів транспорту, розроблення методів підвищення економічності витрачання палива, оливи, мастил, спеціальних рідин і поліпшення екологічних показників транспортних засобів в умовах експлуатації

Вважаю, що **Сагін Сергій Вікторович** заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – «Експлуатація та ремонт засобів транспорту».

Офіційний опонент

Завідувач кафедри експлуатації

та ремонту рухомого складу

Українського державного університету

залізничного транспорту,

доктор технічних наук, професор



В. Г. Пузир



Особистий підпис  
засвідчую 06.12. 20 19 р.  
Завідуючий канцелярією  
УкрДУЗТ

*Пузир В.Г.*  
*[Signature]*