

## ВІДГУК

офіційного опонента професора кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць»  
Державного університету інфраструктури та технологій,  
доктора технічних наук Горобченка Олександра Миколайовича  
на дисертаційну роботу Заложа Віталія Івановича «Підвищення ефективності  
контролю технічного стану транспортних дизелів шляхом використання методу  
аналітичної синхронізації даних моніторингу» подану до захисту у  
спеціалізовану вчену раду Д 26.110.01 на здобуття наукового ступеня кандидата  
технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів  
транспорту

Робота виконана в Дунайському інституті Національного університету  
«Одеська морська академія» Міністерства освіти і науки України.

### **1. Актуальність дисертаційної роботи, її зв'язок з державними науковими темами.**

Дисертаційне дослідження Заложа В.І. спрямоване на вирішення актуального науково-прикладного завдання – розробка методу аналітичної синхронізації даних моніторингу робочого процесу транспортних дизелів в експлуатації для більш точного визначення потужності та основних діагностичних параметрів транспортних двигунів, а також для суттєвого спрощення схеми і організації роботи системи діагностування.

Актуальність роботи обумовлена тим, що моніторинг та параметрична діагностика робочого процесу є основою контролю технічного стану транспортних дизелів. Так, моніторинг робочого процесу в умовах експлуатації і визначення індикаторних параметрів транспортних дизелів дозволяє виконувати ефективну діагностику паливної апаратури, механізму газорозподілу і циліндро-поршневої групи в разі аналізу даних щодо кутів повороту колінчатого валу. Вибір оптимального навантажувального режиму експлуатації та діагностика двигуна ґрунтуються на аналізі індикаторних діаграм тиску газів в робочих циліндрах. Розрахунок індикаторної потужності, яка характеризує навантажувальний режим і на базі якої визначаються показники енергоефективності, також здійснюється за допомогою аналізу індикаторних діаграм.

Відомі методи діагностування транспортних дизелів супроводжуються тимчасовим виведенням транспортного засобу з експлуатації. У зв'язку з цим актуальним стає використання аналітичного рішення задачі синхронізації даних моніторингу робочого процесу, що дозволить виконувати діагностику транспортного дизеля в процесах експлуатації тим самим підвищить ефективність контролю його технічного стану.

Дисертаційна робота відповідає пріоритетним напрямкам наукових досліджень в області "Енергетика та енергоефективність. Технології енергетичного машинобудування", затверджених Постановою Кабінету Міністрів України №942 від 7 вересня 2011 р., «Стратегії розвитку суднобудування на період до 2020 року», затвердженої постановою Кабінету

Міністрів України від 6 травня 2009 року №581-р, «Транспортної стратегії України на період до 2020 року», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 року № 2174- р.

Дисертаційна робота пов'язана з науково-дослідною тематикою кафедри «Інженерних дисциплін» Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія» та кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету. Наукові результати, що представлені в дисертації, використані: в НДР «Підвищення енергоефективності у судноплавстві» ДР № 0118U007606 від 01.01.2019 та НДР «Удосконалення технічної експлуатації суднових енергетичних установок» ДР № 0216U000617 від 29.12.2017 в якості співвиконавця розділів, присвячених методам параметричної діагностики транспортних двигунів.

## **2. Структура, обсяг дисертаційної роботи та її зміст.**

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 162 сторінки, в тому числі 133 сторінки основного тексту, 34 рисунка і 8 таблиць. Розташовані на окремих сторінках рисунки займають 5 сторінок. Список використаних джерел становить 121 найменування на 14 сторінках. 3 додатки розташовано на 29 сторінках.

**Анотація** обсягом 0,3 авторських аркуша (включаючи ключові слова та перелік опублікованих праць), виконана відповідно до умов, встановлених МОН, та викладена двома мовами – українською та англійською.

**У вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження, її актуальність, зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Обґрунтовані завдання, об'єкт і предмет дослідження, методи дослідження, наукова новизна і практична цінність отриманих результатів. Також були представлені відомості про особистий внесок здобувача, публікації автора і дані про структуру та обсяг дисертаційної роботи.

Слід підсумувати, що за постановкою завдання, ступенем наукової новизни, практичної значущості, апробації та кількості публікацій робота відповідає встановленим вимогам.

**У першому розділі** був проведений огляд існуючих методів аналітичної синхронізації моніторингу транспортних двигунів. Показано, що існуючі методи аналітичної синхронізації недостатньо ефективні через складність формулювання критеріїв синхронізації або їх недостатню точність, внаслідок впливу шумів у вихідних даних. Автором обрано метод цифрової обробки даних моніторингу діаграми із використанням фільтра низьких частот *Butterworth*, що дозволяє здійснювати чисельний аналіз екстремумів першої і другої похідних діаграм тиску для розмежування процесів стиснення і згоряння в робочому циліндрі.

**У другому розділі** саме розкрито сутність заявленого здобувачем методу аналітичної синхронізації даних моніторингу робочого процесу, який базується на алгоритмі визначення координати верхньої мертвої точки, та послідовно

використовує три етапи: лінійний, синусоїдальний і модель  $P'=0$  (рівності нулю першої похідної від тиску при стисненні).

У **третьому розділі** автором було досліджено математичне моделювання робочого процесу транспортного дизеля, що дозволило проаналізувати похибку аналітичної синхронізації. Здобувач застосовує експериментальні дані для уточнення коефіцієнтів моделі. Автор перевіряє роботу алгоритму аналітичної синхронізації за допомогою математичної моделі, а також аналізує вплив похибки визначення ВМТ на розрахунок основних параметрів робочого процесу.

У **четвертому розділі** автор застосовує розроблений ним метод аналітичної синхронізації для визначення індексу енергоефективності (*EEI*) для дунайського судноплавства. Наводить зміну індексу енергоефективності в залежності від швидкості руху різних за формою і масовими характеристиками караванів при різних способах формування баржо-буксирних комплексів.

**Висновки** включають основні наукові і практичні результати, отримані дисертантом.

У додатку А наведені акти впровадження результатів дисертаційного дослідження, у додатку Б наведено список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації. У додатку В наведено результати математичного моделювання робочого процесу.

Зміст дисертації Заложа В.І. має достатньо повне викладення основних положень і висновків. Документами підтверджується рівень апробації та впроваджень. Результати досліджень у повній мірі опубліковані у фахових вітчизняних та закордонних виданнях.

Дисертація Заложа В.І. є завершеною науковою працею, оформленою відповідно до вимог МОН України.

### **3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Обґрунтованість наукових результатів, висновків і рекомендацій, що містяться в роботі, обумовлена використанням коректних математичних моделей і числових методів розв'язання задач обробки експериментальних даних. Для визначення основних параметрів робочого процесу використовуються методи числової обробки даних моніторингу, включаючи методи числового диференціювання та цифрової фільтрації на базі дискретного перетворення Фур'є. В експериментах використовувалися методи визначення параметрів робочого процесу судових дизелів за допомогою системи моніторингу *DEPAS D4.0 HT*. При розробці алгоритмів використовувалось програмне середовище *Delphi* і математичні бібліотеки *MathToolbox*, компільовані в середовищі *Delphi*, а також метод нелінійної мінімізації *PowellMJD'64*. Для візуалізації даних і побудови регресійних моделей використовувалось середовище *Grapher 7.0*.

Крім того, обґрунтованість наукових положень підтверджується результатами обговорення на численних науково-технічних конференціях та семінарах.

#### **4. Наукова новизна результатів досліджень та їх практична цінність.**

В результаті виконання дисертаційного дослідження здобувачем отримано рішення науково-прикладної задачі, суть якої полягає в розробці методу аналітичної синхронізації даних моніторингу робочого процесу транспортних дизелів в експлуатації для більш точного визначення потужності та основних діагностичних параметрів транспортних двигунів, а також для суттєвого спрощення схеми і організації роботи системи діагностування.

У дисертаційній роботі отримані наступні наукові результати.

– *вперше* розроблено метод аналітичної синхронізації даних моніторингу робочого процесу транспортних дизелів, що забезпечило підвищення ефективності контролю їх технічного стану в експлуатації. На відміну від існуючих, розроблений метод послідовно використовує три етапи: лінійний, синусоїдальний і модель  $P'=0$  (рівності нулю першої похідної від тиску при стисненні), що дозволяє проводити розрахунок основних параметрів робочого процесу з величиною відносної похибки менш ніж 2,5%, таким чином відповідаючи вимогам сертифікаційних товариств;

– *отримав подальший розвиток* метод первинної синхронізації шляхом аналізу екстремумів діаграм швидкості і прискорення зміни тиску в робочих циліндрах транспортного двигуна, отриманих методом числового диференціювання та згладжених фільтром низьких частот *Butterworth*, що на відміну від існуючих методів дозволяє забезпечити абсолютну похибку розрахунку верхньої мертвої точки не більше  $0,5^\circ$  повороту колінчастого валу - достатню на етапі первинної синхронізації;

– *удосконалено* процедури лінійної і синусоїдальної синхронізації, які на відміну від існуючих використовують уточнені обмеження при побудові моделей, що дозволило підвищити точність синхронізації і забезпечити величину відносної похибки визначення верхньої мертвої точки за допомогою моделі  $P'=0$  в діапазоні  $0,1 \dots 0,3^\circ$  повороту колінчастого валу.

Наведені наукові результати отримано здобувачем особисто, що підтверджується зробленими публікаціями.

Розроблені теоретичні положення та практичні рекомендації уточнюють та розширюють знання про організацію проведення моніторингу судових дизелів великої потужності та про підходи до синхронізації даних при діагностуванні засобів транспорту з дизельними силовими установками.

Дослідження становить вагомий внесок у вдосконалення систем моніторингу транспортних дизелів.

#### **5. Повнота викладу наукових положень в опублікованих роботах, відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації.**

За темою дисертації опубліковано 23 наукові роботи. В їх число входять:

- 5 статей у наукових фахових виданнях України, рекомендованих МОН;

- 2 публікації у виданнях, які входять до переліку міжнародної наукометричної бази *SCOPUS*;

- 16 публікацій у збірниках матеріалів науково-технічних конференцій міжнародного та всеукраїнського рівня.

Основні результати дисертації повністю відображені в опублікованих роботах.

Автореферат повністю відповідає змісту дисертації в ньому немає положень, висновків, результатів які відсутні в роботі.

## **6. Оцінка мови та стилю викладення дисертації та автореферату.**

Матеріал дисертаційної роботи викладено у логічній послідовності, відповідно до поставлених завдань дослідження.

Дисертаційна робота написана з урахуванням вимог діючих стандартів. Стель викладу результатів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняттю.

Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам МОН України (наказ № 40 від 12.01. 2017р.).

Автореферат містить всі необхідні структурні елементи і в повній мірі відображає зміст дисертації, грамотно написаний, оформлений відповідно до вимог МОН України.

## **7. Зауваження по дисертаційній роботі.**

1. Першим розділом дисертації автор намагався виконати аналіз існуючих підходів до діагностичного контролю дизелів. На мою думку це йому не вдалось у повній мірі. Він сконцентрувався на підходах до визначення верхньої мертвої точки, але тут його аналіз виконано занадто поверхнево, обсяг аналізу фактично складає 11 сторінок, а апаратним методам визначення верхньої мертвої точки в роботі взагалі відведено дві сторінки.
2. Висновки до першого розділу носять в основному декларативний характер та не відображають того, які все ж таки завдання постають перед дисертантом в результаті аналізу існуючих систем моніторингу. Натомість, вже висновки першого розділу містять один з наукових результатів, отриманих автором, а саме «Отримав подальший розвиток метод первинної синхронізації шляхом визначення екстремумів діаграм швидкості і прискорення зміни тиску в робочому циліндрі транспортного двигуна...»  
З точки зору компонування роботи вважаю таке виконання невдалим.
3. У роботі наведено метод аналітичної синхронізації даних на базі першої похідної моделі стиснення, прирівняної до нуля, проте немає чіткого обґрунтування ефективності використання даного методу та його переваг перед іншими описаними в роботі аналітичними методами.

4. У висновках другого розділу вказано, що «Розроблено математичну модель робочого процесу дизеля.» Для більш якісного використання в подальшому цієї моделі варто було вказати такі параметри: початкові умови; обмеження на використання моделі; фактори, що знижують точність розрахунку за даною моделлю.
5. Запропонований у роботі метод синхронізації заснований на аналізі першої похідної ділянки тиску. Проте відомо, що перша похідна посилює вплив шумів вихідного сигналу, отриманого під час запису реального робочого процесу в циліндрі двигуна. Потребує пояснення, яким чином досягнуто прийняту якість моделювання похідної процесу стиснення по експериментально записаним даним.
6. Варто було б більш детально показати важливість завдання синхронізації в загальній задачі моніторингу та діагностики транспортних дизелів.
7. У тексті роботи констатується, що для уникнення похибки визначення параметрів застосовується цифровий фільтр *Butterworth*, але немає детального аналізу застосування інших фільтрів.
8. У роботі надано докладний опис застосування методу *Powell'64* – пошук по системі сполучених напрямків, але інші методи мінімізації не згадуються.
9. Таблиці 4.4 (с. 103) і 4.5 (с.104) містять дані про шкідливі викиди в атмосферу за період з 2007 по 2015 рр. Але з того часу пройшло вже п'ять років, і варто було навести актуальніші дані, що відповідають сучасному стану судових дизелів.
10. Відомо, що Міжнародна морська організація встановила вимоги до енергоефективності морських суден. Але автор у четвертому розділі більшу увагу приділяє суднам внутрішнього плавання та барже-буксирним составам у внутрішньому судноплаванні.
11. Автор ставив собі за завдання «Розрахунок і аналіз показників енергоефективності за методикою Міжнародної морської організації (ІМО), який базується на визначенні потужності.» (с. 22). При розгляді питання енергоефективності автор навів достатньо детальний аналіз чинників, що її забезпечують. Але необхідно констатувати, що поставлене завдання виконане неповністю, так як не наведено результатів розрахунку енергоефективності у числовій формі.

Перераховані зауваження не знижують позитивного враження від роботи.

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

Дисертаційна робота Заложа Віталія Івановича є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нове рішення актуального науково-прикладного завдання підвищення ефективності контролю технічного стану транспортних дизелів шляхом розроблення методу аналітичної синхронізації

даних моніторингу робочого процесу транспортних дизелів в експлуатації, виконаною на високому рівні, в якій отримані нові наукові та практичний результати.

Тема і зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.22.20 - «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» за напрямками досліджень:

- створення наукових основ і методів розрахунку параметрів та управління ресурсом, надійністю та технічним станом засобів транспорту, розробка методів підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту та їх функціональних систем, обладнання та засобів забезпечення їх працездатності;

- дослідження, розробка і прогнозування методів удосконалення тактико-технічних та експлуатаційних характеристик засобів транспорту, обґрунтування експлуатаційних вимог до їх ремонтпридатності та технологічності обслуговування, підвищення ефективності контролю технічного стану транспортної техніки, встановлення закономірностей змінювання параметрів технічного стану в процесі експлуатації, впровадження методів і засобів діагностування та прогнозування технічного стану засобів транспорту, що забезпечують високу ефективність їх використання і надійність роботи.

Дисертаційна робота Заложа Віталія Івановича «Підвищення ефективності контролю технічного стану транспортних дизелів шляхом використання методу аналітичної синхронізації даних моніторингу» **відповідає** п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами, внесеними згідно з постановами КМ № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016).

Вважаю, що Залож Віталій Іванович **заслуговує** присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 - «Експлуатація та ремонт засобів транспорту».

Офіційний опонент:  
професор кафедри «Тяговий  
рухомий склад залізниць»  
Державного університету  
інфраструктури та технологій,  
доктор технічних наук, доцент



Горобченко О. М.

Підпис Горобченко О. М. засвідчую



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
Підпис: О. М. Горобченко  
Засвідчує: О. М. Горобченко