

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Колобова Костянтина Сергійовича  
«Удосконалення способу експрес-діагностування  
технічного стану транспортних дизелів», представлену на здобуття  
наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**1. Актуальність теми дисертації.** Ефективність експлуатації транспортних засобів (ТЗ), яка визначається високими вимогами до паливної економічності, екологічної безпеки та зменшення простоїв транспорту, в значній мірі визначається технічним станом їх двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), в т.ч. й дизельних. Для активного впливу на технічний стан ДВЗ необхідна об'єктивна інформація, яка забезпечується технічним діагностуванням на базі різноманітних методів та технічних засобів. Аналіз методів, способів та засобів діагностування ДВЗ дозволяє констатувати їх велике різноманіття, складність і високу вартість при реалізації в умовах експлуатації. А умови експлуатації ТЗ визначають необхідність вибору такого методу та засобу діагностування, який би забезпечував із заданою точністю експрес-діагностування технічного стану ДВЗ безпосередньо на ТЗ за допомогою автономних та нескладних засобів технічного діагностування без застосування навантажувальних стендів. Виконані на сьогоднішній день дослідження з використання температури відпрацьованих газів (ВГ) в якості діагностичного параметра підтверджують, що він може бути одним з найбільш чутливих, стабільних та інформативних параметрів. Але, недоліки відомих способів та засобів вимірювання температури ВГ не дозволяють визначити з необхідною точністю та швидкістю технічний стан дизеля при експрес-діагностуванні в умовах експлуатації.

Дисертаційна робота Колобова К.С. присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі удосконалення способу експрес-діагностування транспортних дизелів в режимі холостого ходу за температурою ВГ застосуванням вимірювального засобу з високою швидкодією, що дозволяє покращити інформативність, спростити процес діагностування технічного стану двигунів і підвищити ефективність експлуатації ТЗ.

Дисертаційне дослідження виконано згідно плану наукових робіт державного підприємства «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут» за темою «Дослідження та розроблення рекомендацій щодо зменшення питомого споживання енергоносіїв автомобільним транспортом» на 2015-2016 роки (ДР №0115U006026), за темою «Дослідження впливу на викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря структури парку колісних транспортних засобів України» на 2015-2017 роки (ДР №0115U006027).



## 2. Структура, зміст, методологія та оформлення дисертації.

Дисертаційна робота складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 259 сторінок, включаючи 145 сторінок основного тексту, 27 таблиць, 97 рисунків, список використаних джерел зі 141 найменування та 6 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовані мета, задачі, об'єкт і предмет дослідження, викладені наукова новизна, практичне значення, інформація про апробацію та публікацію основних положень дисертації.

У першому розділі «*До вибору способу експрес-діагностування технічного стану транспортних дизелів в умовах експлуатації*» проведено аналіз існуючих методів діагностування ДВЗ, способів їх реалізації та засобів діагностування. Встановлено, що існує численне різноманіття методів діагностування ДВЗ, які складні при реалізації в умовах експлуатації, особливо при експрес-діагностуванні дизелів. Визначено, що одним з найбільш чутливих, стабільних та інформативних діагностичних параметрів є температура ВГ ДВЗ. Встановлено, що використання методу діагностування за температурою ВГ для експрес-діагностування дизелів в умовах експлуатації потребує вдосконалення способу його реалізації застосуванням засобу, який би забезпечив можливість з необхідною швидкістю та точністю визначати температуру ВГ. Сформульована гіпотеза, що реєструючи температуру ВГ за допомогою швидкодіючого засобу вимірювання на виході з випускної труби можливо визначити технічний стан як двигуна в цілому, так і окремих його циліндрів, враховуючи що характер пульсації ВГ від кожного циліндра ДВЗ при проходженні вздовж випускної труби ТЗ зберігається, незважаючи на зменшення амплітуду температури імпульсів ВГ. З проведеного аналізу існуючих способів та засобів швидкого вимірювання температури на виході з випускної труби ТЗ встановлено, що для цілей експрес-діагностування дизелів в умовах експлуатації найбільш відповідають акустичні датчики температури, а саме, фазоакустичний датчик температури (ФАДТ) з проточним акустичним резонатором коливань (ПАРК), який забезпечує достатню точність та швидкодію вимірювання. Відповідно до висновків по першому розділу встановлено мету, задачі та наведено загальну методику проведення досліджень.

*До зауважень:*

– на С. 58, невдало сформульовано назву рисунка 1.1, на якому представлено не зовсім «*Класифікацію методів діагностування ДВЗ*», а швидше «*Класифікацію діагностичних параметрів ДВЗ*»;

– мають місце невдалі вирази, наприклад на С. 34 «*внутриобластных*» замість «*внутрішньообласних*», а на С. 62 «*вихлопна труба*» замість «*випускна труба*», бо «*вихлоп*» – це русизм, замість якого слід використовувати термін «*викид*».

У другому розділі «*Розробка та побудова діагностичної моделі діагностування технічного стану дизелів*» розроблена діагностична модель дизеля, яка дозволяє, на основі логіко-імовірнісної моделі обирати мінімальну і достатню кількість діагностичних параметрів для експрес-діагностування дизеля, а також, визначити послідовність їх контролю з використанням функції переваг.

За результатами вибору раціональної послідовності контролю параметрів побудовано оптимізований алгоритм діагностування при контролі роботоздатності дизелів ТЗ, який вказує, що при їх перевірці необхідно і достатньо здійснити контроль лише двох параметрів – температури і димності ВГ. Причому, з урахуванням максимального значення функції переваги першою повинна контролюватися температура, а потім димність ВГ, і якщо обидва ці параметри відповідають нормативним значенням, то дизель перебуває у роботоздатному стані, а якщо хоч один з контрольованих параметрів не відповідає нормативу, то дизель – у нероботоздатному стані.

*До зауважень:*

– в тексті п. 2.4 «Побудова логіко-імовірнісної діагностичної моделі у вигляді матриці станів» слід було більш детально обґрунтувати чому саме мінімальна (необхідна та достатня) сукупність перевірок потребує контролю лише двох сукупностей трьох діагностичних параметрів.

У третьому розділі «Розробка макетного зразка фазоакустичного датчика температури ВГ» проведено обґрунтування вибору ФАДТ ВГ з ПАРК, представлено аналіз основних характеристик та розрахунків його технічних параметрів, а також результати оцінювання метрологічних характеристик. Встановлено, що для забезпечення діагностування дизелів окремо по циліндрах необхідно реєструвати температуру ВГ на вихідному зрізі випускної труби з частотою не нижче періоду повного циклу. Аналіз засобів вимірювання температури показав, що таку швидкодію може забезпечити акустичний термометр. Вимірювання температури ВГ за допомогою ФАДТ з ПАРК базується на залежності частоти власних коливань газів у резонаторі від температури цих газів ( $f = f(T)$ ). Основними конструктивними параметрами ПАРК є відстань між резонуючими стінками  $L_R$  резонатора та довжина звуководів  $l_{зв}$ . Згідно з результатами калібрування та розрахунків було визначено, що абсолютне значення середньоквадратичного відхилення середнього значення замірів  $\sigma_t$  не перевищує  $1\text{ }^\circ\text{C}$ , а розширена невизначеність  $U_p$  не перевищує  $3,3\text{ }^\circ\text{C}$ .

*До зауважень:*

– на С. 105 у другому абзаці не зрозуміле закінчення речення «Принцип отримання сигналу розбіжності по температурі за допомогою акустичного резонатора коливання полягає у тому, що при проходженні акустичних коливань через резонатор в ньому виникають вимушені власні коливання з той самою частотою та встановлення системи сталих хвиль».

В четвертому розділі «Експериментальне дослідження впливу відмов дизеля на його енергетичні, екологічні і економічні показники та температуру ВГ» наведено мету, задачу, програму, об'єкт та результати експериментальних досліджень. В якості об'єкта стендових досліджень обрано серійний чотирициліндровий дизель моделі OM 615 виробництва фірми Mercedes-Benz з робочим об'ємом 1,988 л, а в якості об'єкту експериментальних досліджень в умовах експлуатації – вантажний автомобіль ГАЗ-3309 з чотирициліндровим

дизелем моделі Д-245.7Е2 з робочим об'ємом 4,75 л. Під час випробування визначали енергетичні, екологічні показники, а також температуру ВГ. Загальну оцінку впливу відмов дизеля на його екологічні показники здійснювали шляхом визначення питомих викидів шкідливих речовин при випробуванні за 13-режимним циклом згідно Правил ЄЕК ООН №49-02. Результати експериментальних досліджень в навантажувальних режимах роботи дизеля підтвердили вплив кута випередження впорскування палива, подачі та тиску впорскування палива на енергетичні, екологічні показники, паливну економічність, та підтвердили їх зв'язок з температурою ВГ. Проведене випробування колісного ТЗ з дизелем в умовах експлуатації, яке підтвердило роботоздатність удосконаленого способу експрес-діагностування дизелів та можливість визначення їх технічного стану окремо по циліндрах за допомогою ФАДТ з ПАРК. Результати випробування автомобіля ГАЗ-3309 з дизелем Д-245.7Е2 за допомогою ФАДТ в умовах експлуатації підтвердили принципову можливість визначення технічного стану дизеля в цілому, а також визначити (локалізувати) несправність в окремих циліндрах дизеля при роботі на режимі холостого ходу за миттєвими значеннями температури ВГ на виході з випускної труби за допомогою ФАДТ з ПАРК.

*До зауважень:*

– з тексту дисертації не зовсім зрозуміло яким чином були отримані залежності, представлені на рисунках 3.5 та 3.6, а також не достатньо детально описано інформацію, подану на рисунку 3.8;

– на рисунках 4.17 та 4.18 мінімальні значення температури ВГ мають місце при куті випередження впорскування палива 18 град. п.к.в. до ВМТ, якому відповідають максимальні значенням ефективної потужності та ефективного крутного моменту, і цей незрозумілий ефект (чому при найбільшій цикловій подачі палива найнижча температура ВГ), зовсім не описано в тексті;

– на рисунку 4.19 на С. 152 одиниця вимірювання питомої ефективної витрати палива зазначена не вірно «г·кВт/год», в той час як має бути «г/(кВт·год)»;

– на С. 184 в другому абзаці автор робить висновок, про те, що «...при проведенні експрес-діагностування дизеля за димністю ВГ необхідно прогрівати двигун до температури охолоджуючої рідини не нижче 60 °С», хоча з графічної залежності, представленої на рисунку 4.56, цей параметр вже після 50 °С практично стабілізується.

У п'ятому розділі «Розробка технологічного процесу та оцінка ефективності удосконаленого способу експрес-діагностування транспортних дизелів» представлені результати аналізу виконаних теоретичних та експериментальних досліджень технологічного процесу діагностування дизелів та сформульовані рекомендації щодо його впровадження в експлуатацію, а також представлені розрахунки економічної та екологічної ефективності удосконалення способу експрес-діагностування ТЗ. Визначено рівень екологічних збитків за

понаднормативні викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря та прогнозний термін окупності витрат на виготовлення ФАДТ при впровадженні удосконаленого способу експрес-діагностування технічного стану дизелів в експлуатацію, який, для автопарку колісних ТЗ у кількості 20 одиниць, становить 3,3 місяці.

*До зауважень:*

– рисунки 5.1 – 5.3 доцільно було б винести в додатки і бажано було б перекласти на українську мову;

– не зрозуміло з яких міркувань побудовано шкалу осі абсцис на рисунку 5.5 (чому саме така черговість кутів випередження впорскування палива?).

Додатки містять шість розділів і доповнюють основний зміст дисертації. Методологія дисертації сучасна, включає експериментальну перевірку основних положень та широке застосування математичних методів з використанням ПК.

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

Автор виносить на захист науково обґрунтований підхід для вирішення актуальної науково-практичної задачі – удосконалення способу експрес-діагностування технічного стану транспортних дизелів для підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів.

Теоретичні та експериментальні дослідження є послідовними, логічними, обґрунтованими. Усі отримані автором результати не суперечать результатам попередніх дослідників, а є їх логічним розвитком.

Наукові положення обґрунтовано у достатній мірі на достатньо високому науковому рівні.

Загальні висновки дисертації, які складаються з 9-ти пунктів, обумовлені результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень і обґрунтовані ними. Всі вони логічно витікають з матеріалів дисертації та вірно відображають результати досліджень та цілком співставні із задачами досліджень, проте на думку опонента, у них доцільніше було дещо більше зосередитися на рекомендаціях з наведенням цифрових даних за рахунок зменшення обсягу констатуючої інформації.

**4. Достовірність і новизна висновків і рекомендацій.** Достовірність результатів досліджень забезпечується високою ступінню адекватності теоретичних моделей та експериментальних даних, а також використанням вимірювальних приладів необхідної точності. Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів і сформульованих висновків не викликають сумніву.

Наукові положення, методи експериментальних досліджень достатньою мірою обґрунтовані, базуються на сучасних методиках як теоретичних, так і експериментальних досліджень у галузі теорії робочого процесу та динаміки ДВЗ, експлуатації та ремонту засобів транспорту, а також на результатах особистих досліджень дисертанта.

Науковою новизною в роботі слід вважати наступне:

– вперше запропоновано нове застосування фазоакустичного датчика температури з проточним акустичним резонатором коливань в якості засобу діагностування для ДВЗ (патент України на корисну модель №117912);

– вперше запропоновано враховувати ймовірності станів ДВЗ, його систем та механізмів, як об'єктів діагностування, а також визначати роботоздатність дизелів при експрес-діагностуванні за миттєвими значеннями температурних імпульсів кожного циліндра на виході з випускної труби (патент України на корисну модель №117911);

– встановлено необхідність у коригуванні отриманих значень температурних імпульсів ВГ під час експрес-діагностування відповідно до температури повітря навколишнього середовища;

– уточнено розрахунки економічної та екологічної ефективності від впровадження удосконаленого способу експрес-діагностування врахуванням ймовірностей з'явлення відмов дизелів ТЗ.

Практичне значення виконаного дослідження полягає у можливості використання:

– методик побудови оптимізованого алгоритму експрес-діагностування дизеля на основі логіко-імовірнісної діагностичної моделі двигуна з використанням функції переваг, розрахунку коефіцієнта поправки значень температурних імпульсів ВГ в залежності від температури повітря оточуючого середовища і розрахунку економічної та екологічної ефективності при впровадженні в експлуатацію удосконаленого способу експрес-діагностування дизелів ТЗ;

– експериментальних даних відносно впливу відмов механізмів і систем дизеля на його енергетичні, економічні показники, викиди шкідливих речовин та температуру ВГ;

– рекомендацій щодо розробки програмованого технологічного процесу та методики експрес-діагностування дизелів за температурою ВГ із застосуванням фазоакустичного датчика температури та власне конструкції акустичного датчика миттєвої температури пульсуючих потоків газів, захищеної патентом України на корисну модель №117912.

Результати досліджень прийняті до використання в ПАТ «АвтоКрАЗ» та ТОВ «Чернігівський автозавод».

**5. Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації.** Зміст автореферату в повній мірі відображає основні положення та результати, отримані в даній роботі.

В авторефераті наведені актуальність теми; зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; мета, задачі, об'єкт, предмет та методи дослідження; наукова новизна та практичне значення одержаних результатів; особистий внесок здобувача; апробація результатів дисертації; публікації; обсяг і структура дисертації; основний зміст роботи; висновки; список опублікованих праць за темою дисертації; анотації українською, російською (розширена) та англійською мовами.

Висновки дисертації та автореферату ідентичні. Оформлення автореферату відповідає вимогам нормативних документів.

**6. Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації в опублікованих працях.** Результати виконаних автором досліджень достатньо повно відображені у 21-ій науковій праці: 9 статей у фахових виданнях України, 1 публікація у науковому періодичному виданні іноземної держави, 8 праць апробаційного характеру, 2 патенти на корисну модель, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.

### **7. Загальні недоліки по роботі:**

1. Не зовсім зрозуміло, чому в дисертаційному дослідженні суттєвий акцент робиться на такому параметрі, як кут випередження впорскування палива, який звісно буде змінюватися під час експлуатації ДВЗ ТЗ, але його дуже значна зміна може бути викликана лише неправильним його встановленням під час монтажу паливного насоса на двигун.

2. З дисертаційної роботи не можливо зробити однозначний висновок про універсальність запропонованого макетного зразка ФАДТ з ПАРК (фазоакустичного датчика температури з проточним акустичним резонатором коливань) чи його серійного варіанту в перспективі.

3. Для дисертаційного дослідження в галузі технічних наук загальні висновки хоч і цілком співставні з задачами досліджень, проте містять, на мою думку, мало цифрових даних, і подекуди мають констатаційний зміст.

4. В рукописі дисертації зустрічаються повні назви термінів (не лише при першому згадуванні), які наведені у переліку умовних позначень (наприклад «відпрацьовані гази») і навпаки в цьому переліку деякі терміни, такі як «ЦПП, КШМ, ФАДТ, ПАРК, ГРМ, ПНВТ, ТЗ, ВО, ЗВТ» не вказані, хоча вони згадуються більше ніж три рази, а також зустрічаються помилки при наборі тексту, русизми тощо.

### **8. Загальний висновок та оцінка дисертаційної роботи.**

1. Робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі – вдосконаленню способу експрес-діагностування технічного стану транспортних дизелів для підвищення ефективності експлуатації ТЗ.

2. Дисертаційні дослідження виконано методологічно вірно, поставлені задачі дослідження виконано.

3. Розроблені в дисертації методики, отримані експериментальні дані, запропоновані рекомендації можуть бути використані в автотранспортних підприємствах, а також у підприємствах, що спеціалізуються на технічному обслуговуванні та ремонті ТЗ.

4. Дисертація є закінченою науковою працею, яка виконана з використанням сучасних математичних методів досліджень, містить нові результати.

5. Зауваження по дисертаційній роботі, що відмічені у відгуку, не ставлять під сумнів вихідні наукові положення та основні результати досліджень, які отримали достатню апробацію.

6. Автореферат досить повно відображає зміст та основні результати виконаного дослідження.

З урахуванням вище викладеного вважаю, що дисертаційна робота **Колобова Костянтина Сергійовича** на тему «Удосконалення способу експрес-діагностування технічного стану транспортних дизелів», відповідає паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту та положенням п. 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор, Колобов Костянтин Сергійович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

**Офіційний опонент:**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри тракторів,  
автомобілів та біоенергосистем  
Національного університету біоресурсів  
і природокористування України

О.А. Бешун

Підписи опонентів засвідчую

Начальник відділу  
НУБіП України



М.В. Михайліченко