

РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-р инж. Велизара Пенчева
катедра "Транспорт" при Русенски университет "Ангел Кънчев"

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“

Тема: Изследване на спирачните качества на автомобил с двигател с вътрешно горене

Автор: маг. инж. Даниел Здравков Иванов

Област на висшето образование: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.1. Машинно инженерство

Докторска програма: Двигатели с вътрешно горене

Рецензия е направена на основание Заповед N 305/20.05.2025 г. на Ректора на Технически Университет Варна и е съобразена с изискванията за оформяне на рецензия върху дисертационен труд за получаване на научна степен на действащия Правилник за приемане, обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор“ и научната степен „доктор на науките“ в Технически университет – Варна.

1. АКТУАЛНОСТ НА РАЗРАБОТВАНИЯ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД ПРОБЛЕМ В НАУЧНО И НАУЧНО-ПРИЛОЖНО ОТНОШЕНИЕ. СТЕПЕН И МАЩАБ НА АКТУАЛНОСТТА НА ПРОБЛЕМА И КОНКРЕТНИТЕ ЗАДАЧИ, РАЗРАБОТЕНИ В ДИСЕРТАЦИЯТА

Изследванията върху спирачното закъснение са от съществено значение за развитието на безопасни, ефективни и устойчиви транспортни средства. С навлизането на нови технологии в автомобилната индустрия – като електрически и автономни превозни средства – необходимостта от задълбочено познаване и оптимизиране на спирачните системи нараства. Изследванията в тази област допринасят за подобряване на тяхната ефективност и интеграцията на иновативни решения.

Освен това, спирачните системи оказват пряко влияние върху екологичния отпечатък на превозните средства. Оптимизацията на спирачното закъснение може да доведе до по-ефективно използване на енергията, намалено износване на компонентите и по-ниски емисии, което е от съществено значение за устойчивото развитие и опазването на околната среда.

От гледна точка на безопасността, спирачното закъснение играе ключова роля. Разбирането на структурата на спирачния процес и факторите, които го влияят, е критично за намаляване на пътнотранспортните произшествия и повишаване на сигурността на всички участници в движението – водачи, пътници и пешеходци.

Данните, получени чрез експериментални изследвания върху реалните параметри и фази на спиране, са изходна база за развитието на автоматизирани системи за подпомагане на водача. Те осигуряват възможност за ранно предупреждение и самостоятелно въздействие върху спирачната система. Наличието на актуална и точна информация относно работата на съвременните спирачни системи е необходимо условие за оптимизиране на управлението на системите за безопасност и транспортните технологии.

Всичко това подчертава високата степен на актуалност на поставените в дисертационния труд основна цел и задачи, както и значимостта на използваните подходи и методи за тяхното постигане.

2. СТЕПЕН НА ПОЗНАВАНЕ НА ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИЯ ПРОБЛЕМ И КРИТИЧНО ОСМИСЛЯНЕ НА ЛИТЕРАТУРНИЯ ОБЗОР ОТ СТРАНА НА ДИСЕРТАНТА

Списъкът на използваната литература обхваща 116 заглавия, от които 11 на кирилица и 105 на латиница.

Изложението в дисертационния труд показва високо ниво на познаване на методите за изследване на динамичните характеристики на автомобила. Анализът на характеристиките на спирачния момент показва добри познания и способност за творчески подход при изследване на причините за наличието на трептения в характеристиките на отрицателното ускорение на автомобила. Високата степен на познаване състоянието на проблема се доказва и от научните публикации, направени по дисертационния труд, една от които е в издание, което е реферирано и индексирено в световноизвестна база данни с научна информация.

Извършеният критичен анализ показва, че дисертантът е проучил детайлно процесите в спирачните системи, методите за определяне на параметрите на ускорението на автомобила, и притежава солидна теоретична подготовка и практическа ориентация по разглежданата тематика.

3. ИЗБРАНАТА МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ ОСИГУРЯВА ПОСТИГАНЕ НА ПОСТАВЕНАТА ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.

Разработената система за високочестотна синхронна регистрация на данни, както и използването в нея на сензори с висока чувствителност, е позволило да бъдат получени стойностите на динамично развиващите се процеси в силно ограничени времеви диапазони. Създадената експериментална установка, приложените методики за предварителна и последващи обработки на експерименталните данни, както и разработеният метод за определяне фазите на спиране и техните параметри, представляват цялостен и обоснован подход за постигане на поставената в дисертационния труд цел и конкретни задачи.

4. КРАТКА АНАЛИТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЕСТЕСТВОТО И ОЦЕНКА НА ДОСТОВЕРНОСТТА НА МАТЕРИАЛА, ВЪРХУ КОЙТО СЕ ГРАДЯТ ПРИНОСИТЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд е разработен в обем от 172 страници и е структуриран в увод, пет глави, заключение и списък на използваната литература.

В увода на дисертацията докторантът представя темата на изследването, посочва нейната актуалност, степен на развитие, дефинира целта и задачите на изследването.

Глава I разглежда динамичните процеси при спирането на автомобила, като се акцентира върху екстремното спиране и работата на дисковите спирачки. Процесът на спиране включва преобразуване на кинетичната енергия в топлинна и се изследват компонентите на спирачната система като дискове и накладки. Освен това, се обсъждат проблеми като остатъчния спирачен момент и колебанията в спирачния момент, причинени от температурни и хидравлични фактори. Накрая, се разглежда рекуперацията на енергия в хибридни и електрически автомобили, която подобрява ефективността на спирането и намалява износването на спирачките.

В глава II са използвани сензори за преместване, които осигуряват висока точност при измервания, като функционират чрез правоъгълни импулси, отразяващи движението на автомобила. Сензорът е свързан с пътя чрез еластично колело и пневматична гума, като налягането и състоянието на протектора се следят за поддържане на точността.

Изследването включва два автомобила с различни схеми на задвижване: Toyota Avensis II 1.8 с класическо задвижване и Toyota Corolla Cross 1.8 с хибридно задвижване. Целта е да се оцени тяхното влияние върху процеса на спиране.

В глава III се представят методики за обработка на данните от сензорите, измерващи положението на педалите (съединител, спирачка, горивоподаване), с цел идентификация на фазите на процеса на спиране на автомобил. Предложени са

алгоритми за модифициране на масивите от данни чрез филтриране на незначещи стойности и структуриране на сигналите в синхронни вектори.

Описана е процедура за идентификация на границите на времевите интервали, свързани с реакцията на водача и техническата реакция на автомобила. Използват се числени методи, включително приближения чрез функции и медианни стойности, с помощта на средата MathCAD.

Предложен е метод за определяне на основните фази на процеса на спиране, включително: време за реакция на водача, време за задействане на спирачната система и време на активно спиране.

В глава IV се разглежда процесът на спиране на автомобил Toyota Corolla Cross Hybrid, като чрез експериментални изследвания се определят параметрите на различните фази – време за физическа реакция на водача, време за реакция на спирачната система и период на нарастване на спирачното закъснение. За целта се използват данни от височестотно семплиране (500 kHz) и прецизни сензори, включително специално разработен сензорен комплекс върху педала на спирачката.

Фазата на физическата реакция обхваща времето от отпускането на педала на газта до началото на натискане на спирачния педал. Средната ѝ продължителност е около 0.402 s, а автомобилът изминава приблизително 5.86 m, като ускорението варира от положително към отрицателно.

Следващата фаза – реакция на спирачната система – включва времето за активиране на хидравличното налягане и механичните процеси в спирачния механизъм. Продължителността ѝ е 0.117 s при средно отрицателно ускорение от -1.012 m/s^2 .

В последната разгледана фаза – нарастване на спирачното закъснение – се наблюдава прогресивно увеличаване на отрицателното ускорение поради формиране на значителен спирачен момент и повишаване на коефициента на сцепление.

Резултатите от анализа потвърждават високата ефективност на спирачната система и системата за подпомагане при аварийно спиране, като позволяват прецизна оценка и моделиране на процеса на спиране при реални условия.

В Глава V се разглежда прилагането на хармоничен (честотен) анализ за изследване на фазите на спиране на автомобил чрез обработка на данни за ускорението. Използват се методите на Фурие-преобразования за преобразуване на времевите сигнали в честотна област, като по този начин се идентифицират хармонични съставки в процеса на спиране. Анализът показва наличие на колебания в ускорението, породени от определени хармоници, чиято честота и амплитуда се променят в зависимост от началната скорост на движение.

При различни скорости на спиране (42.8 km/h, 52.3 km/h и 59.5 km/h) се установява, че с увеличаване на началната скорост честотите на хармониците нарастват, а разликите в амплитудите между тях намаляват. Това води до отчетливо изменение на характера на ускорението и засилване на колебателните процеси. Нисшите хармоници (1-2 ред) са свързани с работата на ABS системата, която регулира налягането чрез електромагнитни вентили. При по-високи скорости тя работи по-често, като увеличава честотата на задействане.

Получените резултати потвърждават, че хармоничният подход е ефективен инструмент за диагностика на динамичните процеси при спиране, като позволява откриване на структурни и функционални изменения в поведението на спирачната система при различни условия.

Дисертационният труд завършва със заключение и обобщаващи изводи от проведеното изследване и получените резултати.

5. НАУЧНИ, НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

В дисертационния труд са разработени и приложени ефективни методи, средства и подходи с пряко практическо значение. Получените резултати и направените изводи съдържат приноси, които могат да бъдат обособени в две основни групи — научно-приложни и приложни приноси, както следва:

Доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми:

- Разработен е иновативен метод за определяне на фазите на процеса на екстремно спиране въз основа на експериментални данни. Методът използва производни от висок порядък и регресионни линии за прецизна идентификация на отделните периоди в процеса на спиране.
- Разработена е методика за предварително изглаждане на дължините на елементарните периоди на преместванията и корекция на апаратни прекъсвания чрез доверителни интервали. Това осигурява по-висока точност и надеждност при анализа на експерименталните данни.
- Усъвършенствана е методика за изглаждане на експериментални данни по части, приложима при процеси с променлива динамика на измерваната величина. Предложеният подход осигурява непрекъснатост на функцията в общия динамичен диапазон, като не допуска прекъсвания във вектора на изгладените данни. Съществен принос за точността на резултатите имат: правилният избор на параметри на материалния модел, адекватното отразяване на конструктивните особености на реалния детайл, както и използването на подходяща мрежа от крайни елементи с различна гъстота в отделните зони.

Получаване и доказване на нови факти. Получаване на потвърдителни факти.

- Разработена е система за прецизни измервания и високочестотна регистрация на данни за преместването на автомобила. Системата използва специално разработен сензор и позволява синхронна регистрация на експерименталните данни в реално време чрез връзка с външни сигнали от управлението на автомобила. Това осигурява висока точност и надеждност при отчитане на динамичните процеси по време на спиране.
- Определени са границите и продължителността на отделните фази при екстремно спиране на автомобили от среден клас, движещи се със скорости, регламентирани за градски условия. Резултатите позволяват по-точно моделиране на спирачния процес и могат да се използват при разработване и валидиране на системи за активна безопасност
- Изследвани са колебателните процеси през отделните фази на спиране и са определени амплитудите и честотните спектри на значещите хармоници. Установено е, че при единични спирания и ниска температура на спирачните дискове, високи амплитуди на нисши хармоници се регистрират единствено в периода на движение с максимални отрицателни ускорения.

6. ОЦЕНКА НА СТЕПЕНТА, В КОЯТО ДИСЕРТАЦИОННИЯТ ТРУД И ПРЕДСТАВЕНИТЕ НАУЧНИ ПРИНОСИ МОГАТ ДА СЕ РАЗГЛЕЖДАТ КАТО РЕЗУЛТАТ ОТ САМОСТОЯТЕЛНАТА ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКА ДЕЙНОСТ НА ДОКТОРАНТА

Не познавам лично докторанта маг. инж. Даниел Иванов, но добрата му научна дейност, за която съдя от представената дисертационна работа и посочените публикации, ми дава основание да считам, че той, под ръководството на своя научен ръководител и с подкрепата на колегите от обучаващата катедра, се е утвърдил като добър изследовател. Убеден съм, че натрупаният опит в научните изследвания ще бъде успешно приложен както в преподавателската, така и в бъдещата му научноизследователска дейност.

7. ПРЕЦЕНКА НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.

Дисертантът е представил списък от 4 публикации, от които една е самостоятелна, три са с научния му ръководител и други автори. Резултатите от работата са докладвани на международни конференции. Една от публикациите е публикувана в издание, индексирано в Scopus, като за нея откривам 5 цитирания.

8. ИЗПОЛЗВАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД В НАУЧНАТА И СОЦИАЛНАТА ПРАКТИКА

Основните резултати от дисертационния труд са представени на международни научни конференции и са получили признание в научната общност. В представените материали не са включени конкретни данни за използване в научната практика, но самото естество на изследването и приложените методи показват значителен потенциал за цитиране и приложение на резултатите в бъдещи научни изследвания.

9. ПРЕПОРЪКИ ЗА БЪДЕЩО ИЗПОЛЗВАНЕ НА НАУЧНИТЕ И НАУЧНОПРИЛОЖНИТЕ ПРИНОСИ

Създадената система за високочестотна синхронна регистрация на данни и адаптираните методики за предварителна и последваща обработка на експерименталните данни осигуряват възможност за изследване на динамично променящи се процеси в изключително малки времеви интервали. Използваният подход за частично изглаждане на данните позволява анализ на процеси с различна динамика през отделните периоди, без да се губи информация при цифровата обработка.

Направените научни изследвания и получените експериментални резултати предоставят множество данни, които могат да бъдат използвани за извеждане на изводи относно характеристиките на отделните фази на екстремните спирания, както и за различни режими и условия на движение на автомобила. Разработените методики могат да бъдат приложени и при изследвания на други транспортни средства, включително при ускорителни режими с превключване на предавки.

10. АВТОРЕФЕРАТ

Авторефератът на дисертационния труд е изготвен в съответствие с установените академични изисквания. Съдържанието му напълно отразява структурата, логиката и основните резултати от дисертационното изследване. В него ясно са представени целите и задачите на изследването, използваните методи, основните научни приноси, както и заключенията и препоръките. Обемът от 40 страници е в рамките на допустимото и позволява пълноценно и аргументирано представяне на дисертационната работа. Стилът и езикът на изложението са ясни, точни и научно обосновани.

11. КРИТИЧНИ БЕЛЕЖКИ ПО ДИСЕРТАЦИЯТА, ВКЛЮЧИТЕЛНО И ПО ЛИТЕРАТУРНАТА ОСВЕДОМЕНОСТ НА КАНДИДАТА.

Към работата имам следните бележки и препоръки:

1. Някои от изводите от проведените изследвания могат да се прецизират.
2. Представените публикации по дисертационния труд са докладвани на научни форуми само в Русенски университет „Ангел Кънчев“. Препоръчително е в бъдещата си работа докторантът да публикува резултатите от научната си дейност и в други реномирани научни издания и на международни научни конференции. Това ще допринесе за по-широкото разпространение на научните му приноси и ще разшири възможностите за сътрудничество с международната научна общност.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният ми за рецензиране труд и значимостта на публикациите на докторанта по темата ми дават основание да приема, че образователната част на дисертацията е изпълнена. Основавайки се на резултатите и представените приноси, съдържащи се в дисертационния труд, считам, че същият отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав, Правилника за неговото приложение и действащия Правилник за приемане, обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор“ и научната степен „доктор на науките“ в Технически университет – Варна.

Всичко посочено ми дава основание да дам своята положителна оценка за работата на маг. инж. Даниел Здравков Иванов и да предложа да му бъде присъдена ОНС „Доктор“, докторска програма „Двигатели с вътрешно горене“, професионално направление 5.1. Машинно инженерство, в област от висше образование 5. Технически науки.

04.06.2025
Русе

Изготвил:
/проф./ д-р инж. Велизара Пенчева /