

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: ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ГАЗОВИ ИНЖЕКТОРИ ЗА ДВИГАТЕЛИ

Автор: маг. инж. Стоян Неделчев Стоянов

Научна област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.1. Машинно инженерство

Докторска програма: Двигатели с вътрешно горене

Настоящата рецензия е направена на основание Заповед N 753 от 13.11.2025 г. на Ректора на Технически университет Варна.

1. Информация за кандидата.

Маг. инж. Стоян Стоянов е роден на 13.10.1973. Той е редовен докторант в Технически университет – Варна в периода 2019-2023 г. Притежава богат професионален опит в областта на автомобилната диагностика, ремонт и технически прегледи на превозни средства, натрупан както в академична среда, така и в индустрията. От 2022 г. заема длъжността асистент в ТУ – Варна, където води упражнения и практическа подготовка по дисциплини, свързани с диагностика, изпитване и ремонт на транспортна техника. Образователният път на маг. инж. Стоян Стоянов включва завършени бакалавърска и магистърска степен по Машинен инженер в ТУ – Варна, както и участие в специализирани програми за автомобилна техника.

2. 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.

Съвременните тенденции в автомобилната и транспортната индустрия са насочени към намаляване на отрицателното въздействие на автомобилите с двигатели с вътрешно горене върху околната среда и към повишаване на тяхната енергийна ефективност. Все по-строгите нормативни изисквания за емисии на вредни вещества в отработените газове, в комбинация с необходимостта от надеждна и икономична експлоатация, обуславят значителен научен и практичен интерес към усъвършенстването на горивните системи.

Използването на газообразни горива в транспорта е перспективно решение за намаляване на емисиите на въглероден диоксид, азотни оксиди и твърди частици. В този контекст газовите инжектори са ключов елемент от горивната апаратура, тъй като тяхната работа определя точността на дозиране на горивото, формирането на горивната смес и в крайна сметка – екологичното поведение на двигателя. Отклоненията в параметрите на инжекторите могат да доведат до нестабилна работа, повишен разход на гориво и увеличено съдържание на токсични компоненти в отработените газове.

Характеристиките на газовите инжектори се влияят от множество фактори – конструктивни особености, хидродинамични процеси в потока на горивото, експлоатационни режими на двигателя и условията на работната среда. Ето защо изследването на тези зависимости има както фундаментално, така и приложно значение. От една страна, то обогатява познанията за протичащите физични процеси в горивната апаратура, а от друга – подпомага разработването на практически решения за оптимизация на инжекторите и за подобряване на общата ефективност на двигателите.

Актуалността на темата се подчертава от глобалните усилия за развитие на устойчив транспорт и от необходимостта от адаптиране на двигателите с вътрешно горене към нови горива и по-високи стандарти за емисионен контрол. Настоящата дисертация е посветена на изследването на характеристиките на газовите инжектори и на влиянието на хидродинамичните процеси върху тяхната работа, с цел създаване на предпоставки за по-екологична и икономична експлоатация на двигателите.

3. Познаване състоянието на проблема и творческа оценка на литературния материал.

Списъкът на използваната литература обхваща 117 заглавия, от които 16 на кирилица и 101 на латиница.

Дисертантът показва задълбочено познаване на съвременното състояние на проблема, свързан с газовите инжектори и системите за горивоподаване на втечен нефтен газ. В литературния обзор са разгледани както принципните особености на газовите уредби и тяхната съвместимост със съществуващи двигатели, така и спецификата на газовите инжектори като основен изпълнителен механизъм. Представен е ясен анализ на различните конструктивни решения, като са отчетени техните предимства и ограничения.

Авторът не се ограничава до описателен преглед, а критично оценява съществуващите методи за определяне на характеристиките на инжекторите. Обърнато е внимание на приложимостта и ограниченията на стандартизирани подходи (ISO 6358, JIS B 8390), включително използването на въздух вместо ВНГ като работен флуид, несъответствията в работните налягания и различията между статичните пневматични тестове и динамичната работа на газовите инжектори. Посочено е, че това води до необходимост от корекция на методиките и математическа обработка на данните за адекватна оценка на реалните експлоатационни характеристики.

Дисертантът използва и съвременни изследвания, в които се прилагат косвени методи и усъвършенствани измервателни подходи, и ги съпоставя с данни от производители и стандарти. Тази аналитична и сравнителна работа свидетелства за творчески подход в оценката на литературния материал, като ясно се открояват нерешените проблеми и необходимостта от усъвършенстване на методите за изследване на газови инжектори в реални условия.

Може да се твърди, че дисертантът не само познава състоянието на проблема, но и извършва критичен и творчески анализ на наличната литература, като очертава празнините в знанията и формулира аргументирана основа за собствените си изследвания.

4. Съответствие на методиката на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.

Избраната методика е адекватна и в пълна степен съответства на целта и задачите на дисертационния труд. Проектираният и изграден специализиран стенд създава възможност за провеждане на експериментални изследвания в условия, максимално близки до реалната експлоатация на газовите инжектори. Това е ключово за постигане на основната цел – определянето на действителните дебитни характеристики и идентифициране на факторите, влияещи върху горивоподаването.

Методиката включва:

- проектиране и изграждане на стенд, който възпроизвежда работните параметри (налягане, температура, агрегатно състояние на горивото), като се използват стандартни сертифицирани компоненти и допълнителни системи за безопасност и контрол. Това изпълнява първата задача.

- разработени измервателни процедури с високочестотна регистрация на бързо променящи се величини (ток, напрежение, налягания, температура, преместване на котвата, виброускорение), които позволяват както количествен, така и качествен анализ на процесите – отговаря на втората и четвъртата задача.

-математическо моделиране и възможност за сравнение на теоретично определените дебитни характеристики с експериментално получените резултати – покрива третата задача.

-измерване на цикловата порция гориво при реалистични условия, което гарантира достоверност на данните и съответствие с експлоатационните режими – пета задача.

-освен техническата изчерпателност, методиката е обезпечена и със система за безопасност (газдетектори, автоматични клапани, процедури за работа), което прави изследването практически приложимо и надеждно.

Избраната методика не само позволява постигане на основната цел – определяне на действителните дебитни характеристики на газови инжектори – но и осигурява богата информация за влиянието на различни фактори върху тяхната работа, което е съществен принос към дисертационния труд.

5. 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 167 страници, оформен в 4 глави с въведение, общи изводи, заключение, научно-приложни приноси и списък на използваната литература.

Въведението ясно очертава актуалността на изследването, като подчертава необходимостта съвременните автомобили да отговарят на пътни и екологични изисквания. Изложено е, че основният източник на емисии е работата на двигателя и че намаляването на токсичните компоненти се постига чрез управление на горивоподаването, каталитична неутрализация и използване на алтернативни горива. Особено внимание е отделено на газовите горива (CNG и LPG), които осигуряват по-ниски въглеродни емисии и ограничават количеството на лимитирани компоненти в отработилите газове.

Въведението обосновава фокуса на дисертацията върху газовите инжектори като ключов елемент от горивната апаратура, чиито характеристики и хидродинамични процеси влияят върху прецизността на дозиране и екологичното поведение на двигателя. Изложението поставя основите за целта и задачите на изследването, като аргументира научната и практическа значимост на изследването.

Глава I разглежда съвременните системи за горивоподаване на втечен нефтен газ (LPG) при двигатели с вътрешно горене, като се акцентира върху принципа на действие на газовите уредби с електронно управление и ролята на газовите инжектори като основен изпълнителен елемент. Представени са различните конструктивни видове газови инжектори и влиянието им върху прецизността на дозиране на горивото. В Глава I се прави подробен преглед на съществуващите методи за определяне на дебитните характеристики на газовите инжектори, включително стандарт ISO 6358 и косвени методи, като се обсъждат техните ограничения – използване на въздух вместо реално гориво, различни налягания, динамика на работа и технологично време на измерване. Изводите подчертават необходимостта от адаптация на методиката за точни и надеждни резултати в реални експлоатационни условия. Основният акцент на главата е върху научното обосноваване на значението на газовите инжектори за ефективността и екологичността на двигателя и необходимостта от разработване на експериментални и математически методики за определяне на действителните им характеристики.

Глава II дисертантът представя коректно числено моделиране на газодинамичните процеси в инжектор с помощта на SolidWorks FlowSimulation, като изгражда 3D модел, дефинира гранични условия и анализира влиянието на основни параметри върху масовия дебит. Подходът е целесъобразен, а резултатите са добре илюстрирани. Представените зависимости са логични и съответстват на теоретичните модели, но биха могли да бъдат допълнени с по-задълбочен количествен анализ и по-ясно очертаване на приноса за оптимизацията на инжекторите.

Глава III е посветена на изграждането на специализиран стенд за изследване на характеристиките на газови инжектори и разработването на методика за обработка на

експерименталните данни. Представена е подробно лабораторна система, която позволява управление и контрол на основните параметри, определящи работата на инжектора, като налягане, температура и условията на потока. Описани са хранващите и изходни резервоари, редуктор-изпарителят, отоплителната система, вакуумната помпа и компресорът, както и допълнителните компоненти за безопасност и регулиране. Специално внимание е отделено на мерките за сигурност при работа с втечнен нефтен газ, включително сертифицирането на елементите, вакуумирането на системата, внедрената детекция на газови течове и аварийните защиты.

В допълнение е представено контролното табло на стенда, което улеснява управлението на експериментите и визуализацията на измерваните параметри. Разработена е и методика за запис и систематизиране на експерименталните данни, включваща протоколиране на условията, регистриране на измерените величини и използване на система за запис на динамични процеси. По този начин главата обосновава надеждността на експерименталната база, която служи за валидиране на числените модели и за изследване на влиянието на различни фактори върху характеристиките на газовите инжектори.

В експерименталната част в глава 4 е изследвана динамиката на котвата на газов инжектор при различни електрически, термични и хидравлични условия. Определени са основните фактори влияещи върху величината на масовия дебит на горивото, преминаващо през инжектора. Установено е, че нискоомните инжектори показват повишена чувствителност по отношение на хранващото напрежение. Формулиран е нов критерий за оценка на периода за отваряне на инжектора, основан на изискването за повторемост на резултатите за масов дебит. Цикловата порция гориво и коефициентът на изтичане зависят от диаметра на дросела, продължителността на импулса, налягането и температурата, като резултатите съответстват на теоретичните и числените модели. Експерименталните резултати подчертават значимото влияние на електрическите параметри, температурата, налягането и геометрията върху динамиката и ефективността на газовия инжектор.

6. 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

Научно-приложни приноси

1. Създаден е хидродинамичен модел на газов инжектор, показващ нелинейното влияние на диаметра на дюзата върху пропускателната способност, като при по-големи диаметри се наблюдава преразпределение на падовете на налягане между зоната на клапана и отвора на дюзата

2. Определени са стойностите на коефициента на изтичане за различни диаметри на дроселиращия отвор, като се установява тенденция за намаляване с увеличаване на диаметъра поради променящото се съотношение между конструктивното съпротивление и отвора.

3. Изведени са зависимости за време-сеченията при различна продължителност на управляващия импулс, като е доказано линейното им нарастване над 5 ms и връзката със съпротивлението на намотката.

4. Изследвано е влиянието на различни фактори като температура на инжектора, различна стойност на съпротивлението на намотката, диференциално налягане и диаметър на дроселиращия отвор. Установено е, че устойчиви резултати за дебитните характеристики се получават след темпериране на инжектора и минимална продължителност на електрическия импулс, надвишаваща времето за отваряне на инжектора

5. Определено е влиянието на колебателните процеси в стойностите на налягането в зоната на изтичане на горивото и е установено, че при по-голяма продължителност на

управляващия импулс и честоти на въртене на колянния вал на двигателя, отварянето на инжектора се извършва в условия на незатихващи колебания на налягането.

Научно-приложните приноси могат да бъдат обособени в група: доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми

Приложни приноси

1.Проектиран и изграден е специализиран стенд за изследване на дебитните характеристики и динамиката на газови инжектори, придружен от методики за експлоатация и инструкции за безопасност.

2.Разработената методология и стендът са приложими за калибриране и оптимизация на системи за горивоподаване в двигатели с алтернативни горива.

3.Получените резултати имат потенциал за екологични приложения чрез по-прецизен контрол на цикловата порция гориво и намаляване на токсичните емисии.

4.Стендът и разработените методики могат да се използват за обучение и квалификация на специалисти в областта на газовите инжекционни системи.

Приложните приноси могат да бъдат обособени в група: получаване и доказване на нови факти и получаване на потвърдителни факти

7. Оценка в каква степен дисертационния труд и приносите представляват лично дело на дисертанта.

Въз основа на представената дисертационна работа и публикуваните научни трудове може да се оцени, че дисертационният труд и постигнатите научно-приложни и приложни приноси представляват лично дело на дисертанта маг. инж. Стоян Неделчев Стоянов. Работата в дисертационния труд показва неговата самостоятелност в изследванията, стабилни теоретични знания, както и компетентност в анализа и експерименталната дейност, като същевременно е извършена под научното ръководство на неговите ръководители и с подкрепата на колегите от катедрата.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Дисертантът е представил списък от четири публикации, от които една е самостоятелна, публикувана в материалите на Научно-техническа конференция с международно участие ЕКО Варна, 2023 г. Три публикации са в съавторство с научния му ръководител и други автори; две от тях са публикувани в рецензирани издания, индексирани в Scopus, и представени на XI Научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии „БулТранс-2019“ (10–12 септември 2019 г., Созопол, България) и на Международната научна конференция „Техника, технологии и образование“ (ICTTE 2020, 4–6 ноември 2020 г., Ямбол). В една от съавторските публикации маг. инж. Стоян Стоянов е първи автор.

Публикациите са съвременни, релевантни на темата на дисертацията и отразяват както основните теоретични, така и приложни резултати. Те подкрепят значимостта и актуалността на изследването, като показват, че кандидатът е усвоил и прилага експериментални методи, анализ на данни и научна комуникация в международна и национална среда.

9. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.

Резултатите от дисертационния труд вече намират приложение в научната практика чрез публикации в рецензирани издания и представяне на международни конференции. Те могат да бъдат използвани и в социалната и индустриалната практика, особено в областта на проектирането, изследването и оптимизацията на газови инжектори, както и при подготовката на учебни и приложни материали за инженери и специалисти в автомобилната индустрия.

10. Препоръки за бъдещо използване на научните и научноприложните приноси.

Научно-приложните и приложни приноси могат да се използват за оптимизация на конструкцията и управлението на газови инжектори, за разработка на нови методики за изпитване и калибриране, за усъвършенстване на цифрови и хидродинамични модели в обучението и научните изследвания, както и за внедряване в индустриални приложения с цел подобряване на точността на дозиране, ефективността и надеждността на горивните системи.

11. Автореферат.

Представеният автореферат е съставен според изискванията, съдържанието му съответства на дисертацията и отразява коректно всички нейни основни части. Авторефератът: представя ясно темата и предмета на изследването – газови инжектори, тяхната динамика и дебитни характеристики; отразява научните и научно-приложните приноси, включително моделиране, експериментални изследвания и определяне на ключови характеристики (коефициент на изтичане, влияние на фактори); подчертава експерименталната част, която е основна в дисертационната работа; посочва научните публикации, които подкрепят резултатите и авторството на дисертанта; отбелязва практическата приложимост на резултатите.

Единствено за максимално съответствие на изискванията може да се прецизира стилово и да се гарантира, че авторефератът е самостоятелен документ, който позволява на читателя да разбере приноса и резултатите без да се позовава на пълната дисертация. Обемът му е 38 страници.

12. Критични бележки по дисертацията, включително и по литературната осведоменост на кандидата.

1. Някои аспекти на представянето на резултатите от изследването биха могли да бъдат допълнително разширени или по-ясно формулирани, основно с цел повишаване на формалната прецизност и пълнотата на методологичното описание.

2. Някои от изводите от проведените изследвания могат да се прецизират.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отбелязаните бележки по дисертацията имат препоръчителен характер и не засягат същността на постигнатите научни резултати, нито общата положителна оценка на изследването, което напълно отговаря на изискванията за дисертационен труд.

Представеният за рецензия труд, както и значимостта на публикациите на докторанта по темата, ми дават основание да считам, че образователната и научно-изследователската част на дисертацията е изпълнена. На база на резултатите и представените приноси, съдържащи се в дисертационния труд, считам, че той отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав, правилника за неговото приложение и правилата на Технически университет – Варна.

Всичко изложено ми дава основание да дам положителна оценка на работата на маг. инж. Стоян Неделчев Стоянов 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.

16.12.2025
Русе

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