



Получена
на 11.05.2021г.

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна
и научна степен “доктор”

Автор на дисертационния труд: маг. инж. **Атанаси Минчев Ташев**

Тема на дисертационния труд: Влияние на газообразните горива върху параметрите на горивния процес и показателите на дизелов двигател.

Рецензент: проф. дтн. **Петър Иванов Димитров** - пенсионер

1. Актуалност на дисертационния труд

Газообразните горива за бутални двигатели с вътрешно горене (ДВГ) – водород, метан (природен газ), пропан-бутан (нефтен газ) и др., превъзхождат течните въглеводородни горива, получени чрез преработка на нефта (бензин и дизелово гориво), по редица показатели: по-прост химически състав; по-висока химическа устойчивост; по-високо относително съдържание на водород (по-висока добра топлина на изгаряне на 1 kg гориво); по-ниска цена и др. Те осигуряват по-висока ефективност на горивния процес и по-ниска токсичност на отработилите газове на ДВГ. При работа с газообразно гориво отработилите газове не съдържат твърди вещества (частици) и серни окиси. По-малка е и емисията на въглероден двуокис CO₂ с отработилите газове, което се отразява благоприятно върху климата (глобалното затопляне на атмосферата). При работа с такива горива се намалява нивото на шума, увеличава се срокът на експлоатация на маслото в мазилната система и ресурсът на ДВГ. Всичко това ги прави предпочитани горива от гледна точка на намаляване на разходите при експлоатацията на ДВГ и опазването на околната среда.

Важно свойство на пропан-бутана е неговата способност да остава в течно състояние при нормална температура и сравнително ниско налягане (1,6 MPa) и затова той лесно се съхранява и транспортира. Природният газ е по-малко пожароопасен от пропан-бутана (поради това, че е по-лек от въздуха), но има и съществени недостатъци: трудности при съхраняването (и при налягане 20 MPa остава в газообразно състояние) и транспорта, по-малка концентрация на енергия в единица обем и др.

Газообразните горива са по-подходящи за ДВГ с принудително възпламеняване, защото при работа с тях не се налага изменение на конструкцията им. Използването само на такива горива при ДВГ със самовъзпламеняване е по-трудно, тъй като поради високото им октаново и ниско цетаново число те не може да са единствено гориво за тях – без изменение на степента на сгъстяване, горивната система и комплектоването им със запалителна система - т.е. конвертирането им в ДВГ с принудително възпламеняване, което е свързано с влошаване на мощностните и икономичните им показатели и разходване на значителни средства. По тези

причини най-целесъобразното решение е използването им като добавка към дизеловото гориво.

Изследването на възможностите за приложение на газообразни горива в ДВГ със самовъзпламеняване като добавка към дизеловото гориво, без изменение на конструкцията, с цел намаляване на експлоатационните разходи и замърсяването на околната среда от вредните им емисии, е актуална задача.

2. Степен на познаване на състоянието на проблема в научно и научно-приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията

Степента на познаване на състоянието на проблема в научно-приложно отношение на инж. Ташев по темата на дисертацията може да се оцени по съдържанието на I-ва глава - "Литературен обзор, цел и задачи на дисертационния труд". Обзорът включва 76 заглавия - 9 на кирилица и 67 на латиница. От тях 42 са публикувани след 2010 г. (45%), т.е. през последните 10 години.

На базата на литературния обзор, дисертантът е анализирал ефекта от използването на газообразни горива при дизелови ДВГ за транспортни средства, влиянието на някои конструктивни и експлоатационни параметри върху работния процес и показателите им. Оценени са и най-важните физико-химични свойствата на тези горива, както и влиянието им върху токсичността на отработилите газове. За целите на изследването е изbral най-разпространените и най-лесно приложимите от тях - състен природен газ (метан) и втечен петролен газ (пропан-бутан).

На базата на направените анализи инж. Ташев е дефинирана основната цел на дисертационния труд: оптимизиране на приложението на състен природен и втечен петролен газ като допълнително гориво (оптимизиране на масовия им дял в общото гориво) в дизелови ДВГ с различен горивен процес (различна организация на смесообазуването и горенето), т.е. с различни горивни камери и максимална честота на въртене, посредством провеждане на допълнителни (освен описаните в литературния обзор) теоретични и експериментални изследвания на влиянието на газообразните горива върху параметрите на горивния процес и мощностните, икономичните и токсичните показатели на ДВГ.

Дисертантът си е поставил следните основните задачи, които трябва да се решат за постигане на тази цел: създаване на експериментална уредба, позволяваща изследването на горивния процес и на факторите, влияещи върху него при работа на ДВГ с два вида гориво; разработване на методика за провеждане на сравнителни стендови изпитвания на дизелови ДВГ, работещи с един и два вида гориво; провеждане на експериментално изследване на влиянието на избрани газообразни горива върху параметрите на горивния процес и показателите на дизелови двигатели с различна горивна камера; разработване на симулационен компютърен модел на дизелов ДВГ, работещ с добавка на газови горива, и провеждане на числено изследване при избрани режими на работа;

сравнение и анализ на получените теоретични и експериментални резултати.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

За обекти на изследването са избрани дизелови двигатели с различна организация на смесообразуването и горенето: нискочестотен (номинална честота на въртене 2500 min^{-1}) с непосредствено впръскване на гориво, т.е. с неразделена горивна камера – Д3900 (ВАМО-Варна), който да работи с добавяне на метан; високочестотен (номинална честота на въртене 4400 min^{-1}) с индиректно впръскване и вихрова предкамера – 1.9D (Volkswagen), който да работи с добавяне на пропан-бутан.

За да се изследва влиянието някакъв фактор (в случая масовия дял на газово гориво, добавено към основното дизелово гориво), върху параметрите на горивния процес и показателите на ДВГ (мощностни, икономични и екологични) в цялото му работни поле, е необходимо да се снемат в стендови условия сравнителни характеристики по натоварване. Те характеризират зависимостта на тези параметри и показатели от натоварването на ДВГ (спирачната сила по скалата на динамометъра на натоварващото го устройство, пропорционална на средното ефективно налягане в цилиндрите) при постоянна честота на въртене на коляновия вал.

Според предложената от дисертанта методика, базовите товарни характеристики се снемат с дизелово гориво, а сравняваните с тях съответни характеристики – с добавяне към него на газово гориво от допълнителна горивна уредба, без изменение на регулировките на изпитваните двигатели.

За да се изследва влиянието на допълнителното газово гориво върху параметрите на горивния процес и показателите на ДВГ и определи оптималното му количество в зависимост от натоварването, се снемат регулировъчни характеристики по стойностите на коефициента К, представляващ масовия дял на газовото гориво в общото количество гориво (%). На базата на тях се определя зависимостта на параметрите на горивния процес и показателите на двигателя от коефициента К при различни режими на работа на изпитваните двигатели.

Тъй като екстремумите на функциите, описващи изменението на параметрите на горивния процес и показателите на ДВГ от коефициента К – (4) на стр. 55 (максималното налягане в цилиндрите и скоростта на неговото изменение; специфичния разход на гориво; съдържанието на въглеводороди, азотни окиси и димността на отработилите газове) не съвпадат, за всеки режим на работа на ДВГ оптималните стойности на К трябва да се определят от компромисни съображения, т.е. постигането на едно и също средно ефективно налягане при $n = \text{const.}$ (една и съща мощност) да става с минимален специфичен разход на гориво при изпълнение на нормите за нивото на шума и съдържанието на вредни вещества в отработилите газове.

Избраната методика на изследването съответства на поставената цел и задачи на дисертационния труд.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Използваните при експерименталните изследвания технически средства за определяне на параметрите на горивния процес (налягането в цилиндрите и скоростта на неговото изменение); показателите на двигателите (разхода на дизелово и газово гориво и дозирането му; ефективния въртящ момент на ДВГ и др.); съдържанието на вредни вещества в отработилите газове – въглеводороди, азотни окиси, свободен въглерод и др.) и високата точност на измерване на останалите физични величини, както и използването на софтуерни продукти на водещи в областта на математичното моделиране на процесите в ДВГ фирми, дават основание за положителна оценка на достоверността на резултатите, върху които се градят основните изводи и приносите на дисертационния труд.

5. Научни и/или научно приложни приноси на дисертационния труд

5.1. Научно-приложни приноси:

- Допълнен е съществуващ математичен модел за аналитично определяне на параметрите на горивния процес на дизелови двигатели в частта му при определяне на закона за пълното топлоотделяне и скоростта на неговото изменение при горенето, като за ДВГ, работещи с два вида гориво, е предложена многокомпонентна функция [38], представляваща модификация на тази на *Вибе*. Чрез нея се постига по-добро приближение на изчислените с модела към експериментално определените закони;

- Разработена е методика за изследване и оценка на влиянието на газообразни горива върху параметрите на горивния процес и показателите на дизелов двигател, работещ с два вида горива;

5.2. Приложни приноси:

- Два от стендовете за изпитване на двигатели в катедра „ДАТ“ са окомплектовани с допълнителни горивни системи с електронно управление за дозиране на метан и пропан-бутан, което позволява тяхното използване в следващи научни изследвания и учебния процес;

- Получени са експериментални резултати за влиянието на втечен петролен газ (пропан и бутан) и същтен природен газ (метан) върху параметрите на горивния процес и мощностните, икономичните и екологичните показатели на дизелов ДВГ, които могат да намерят приложение при експлоатацията на съществуващи дизелови двигатели, приспособени за работа с газово и течно гориво;

- На базата на съществуващ програмен продукт „*Ricardo Wave*“ е разработен симулационен компютърен модел на дизелов двигател с неразделна горивна камера, позволяващ изследване на влиянието на различни газообразни

горива, добавени към основното дизелово гориво, върху параметрите на горивния процес в цялото му работно поле.

6. Оценка на степента на личното участие на дисертанта в приносите

Познавам маг. инж. Атанаси Минчев Ташев още като студент. Имам лични впечатления и от работата му по проблемите в дисертацията. Считам, че приносите в нея в голяма степен са негово лично дело, постигнати под ръководството на научния му ръководител - доц. д-р инж. Евгени Димитров.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани. Отражение в науката – използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.

Във връзка с дисертацията маг. инж. Ташев има 5 публикации, всички отпечатани в сборник-доклади на научно-технически конференции с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника „БулТранс“ - през 2013, 2014, 2015, 2016 и 2020 година. Самостоятелен автор е на една публикация, а на първо място в списъка на съавторите в 2 от публикациите.

Не е предоставена информация за цитиране от други автори.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и специалната практика. Наличие на постигнат прям икономически ефект и пр. Документи, на които се основава твърдението

Създадената комплексна експериментална уредба, разработената методика за провеждане на сравнителни стендови изпитвания при работа на дизелови ДВГ с добавка на газови горива, събралият в резултат на тях голям масив от данни при работа на дизелови ДВГ с различно смесообразуване и различна номинална чесота на въртене, програмните продукти за определяне на параметрите на горивния процес и разработеният симулационен компютърен модел на дизелов двигател с неразделна горивна камера, позволяващ изследване на влиянието на газообразни горива върху параметрите на горивния процес в цялото му работно поле, могат да намерят приложение в учебния процес и следващи теоретични и експериментални изследвания не само при работа на ДВГ с добавка на газообразни, но и с други алтернативни горива.

Няма направен анализ за постигнат прям икономически ефект от приложението на резултатите от изследването.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положение и приноси на дисертационния труд

Авторефератът отразява съдържателно съществени моменти, както и приносите в дисертационния труд. Спазени са изискванията в съответствие с образеца за изготвяне на авторефератите по дисертационните трудове, посочен в сайта "Развитие на АС - Работни документи".

10. Мнения, препоръки и забележки

- В приетата методика за провеждане на сравнителните стендови изпитвания е предвидено да се снемат само регулировъчни характеристики по масов дял на

газовото гориво (т.н. в дисертацията коефициент К). Не са снети обаче такива по тъгъл на изпреварване на впръскването на дизеловото гориво θ , чрез които за всяко К да се определи оптималната стойност на този тъгъл θ_{opt} по приетите критерии: максимално средно ефективно налягане при допустими стойности на скоростта на нарастване на налягането в цилиндрите и съдържание на токсични вещества в отработилите газове. Тъй като впръскването на дизелово гориво се извършва не само във въздух, а в смес от въздух и газово гориво, което е устойчиво към самовъзпламеняване (т.е. има ниско четаново число), θ_{opt} ще зависи и от стойностите на коефициента К.

В експлоатационни условия началото на подаване и цикловото количество дизелово гориво са неделима част от процеса на дозирането му. При съвременните здизелови ДВГ този процес се управлява по електронен път и работата им и с оптимален тъгъл на изпреварване на впръскването θ_{opt} ще повиши ефекта от използването на два вида гориво.

- В текста на дисертацията няма аргументация защо предложената функция за аналитично определяне на коефициента на пълното топлоотделяне в цилиндрите при горенето [38], представляваща модификация на формулата на *Вибе*, е четирикомпонентна. Не става ясно, дали това е продиктувано от особеностите на горивния процес при работа на ДВГ с добавяне на газово гориво или от други съображения. Показаните в таблица 8 стойности на коефициентите, участващи в предложената функция, осигуряват добро приближение на изчислените към определените експериментално закони, но са валидни само за избрания (един) режим на работа на ДВГ. За да има по-широко приложение предложената функция, е трябвало да се направи опит да се определят техните стойности в зависимост от натоварването и честотата на въртене. Така математичният модел ще осигурява добро приближение в цялото работно поле на изпитвания двигател.

11. Заключение

Изхождайки от компетентността на докторанта по разглежданите в дисертационния труд проблеми, успешното им решаване и приносите в него считам, че образователните и научните цели са постигнати. Давам положителна оценка на дисертационния труд и предлагам маг. инж. Атанаси Минчев Ташев да придобие образователната и научната степен „доктор“ в професионалното направление 5.5 „Транспорт, корабоплаване и авиация“ по научната специалност 02 01 42 “Двигатели с вътрешно горене”.

11.05.2021 г.

Рецензент:

(проф. дтн. П. Димитров)

Върно с оригинал

