

С. О. Ковальов

КАМЕРА ЗГОРЯННЯ ГАЗОВОГО ДВЗ, КОНВЕРТОВАНОГО НА БАЗІ ДИЗЕЛЯ ДЛЯ РОБОТИ НА ЗРІДЖЕНОМУ НАФТОВОМУ ГАЗІ

Проведено аналіз способів підвищення використання зрідженого нафтового газу дизельними транспортними засобами. Наведені переваги конвертації (переобладнання) дизелів у газові ДВЗ з примусовим запалюванням для роботи на зрідженому нафтовому газі. Показано, що для конвертації дизелів у газові ДВЗ з примусовим запалюванням найбільш технологічним способом зменшення ступеня стиснення є зменшення геометричного ступеня стиснення за рахунок збільшення об'єму камери згоряння. Для роботи газового ДВЗ на зрідженому нафтовому газі запропоновано нерозділену відкриту камеру згоряння у формі осесиметричного «усіченого конусу». Така форма камери згоряння дозволяє доопрацювати штатні дизельні поршні замість виготовлення спеціальних нових газових поршнів, а також зменшувати геометричну ступень стиснення лише за рахунок збільшення об'єму камери згоряння у поршині. Дослідження проведені на газовому безнаддувному двигуні моделі D-240-LPG з подачею зрідженого нафтового газу до впускного трубопроводу і безконтактною електронною системою запалювання з рухомим розподільником напруги, а також з поршнями, що мають нову форму камери згоряння. Випробування газового двигуна проводились із визначенням енергетичних та економічних параметрів і показників токсичності відпрацьованих газів. Випробування підтвердили, як доцільність конвертації дизелів у газові ДВЗ з примусовим запалюванням, так і задовільні енергетичні та економічні параметри газового двигуна із розробленою формою камери згоряння.

Ключові слова: газовий двигун внутрішнього згоряння; поршень газового ДВЗ; зріджений нафтовий газ.

Вступ

За останні десятиріччя в наслідок суттєвого збільшення забруднення навколишнього середовища транспортними засобами (далі – ТЗ), що працюють на традиційних рідких моторних паливах, виникла необхідність приділяти підвищену увагу використанню більш екологічно чистих видів палив, до яких, у першу чергу, належать газові моторні палива.

У зв'язку з цим, а також з урахуванням того, що сучасна сільськогосподарська техніка (самохідні шасі, потужні колісні та гусеничні трактори) оснащена переважно дизелями, що мають високі експлуатаційні витрати дизельного палива (ДП), стає очевидним доцільність його заміни на більш дешеве та екологічно чисте газове моторне паливо – зріджений нафтовий газ (ЗНГ, англійською мовою скорочено – LPG) [1 – 3].

Так, середня роздрібна вартість 1-го літра ДП по Україні у 2018 році складала 28,61 грн., а ЗНГ – 13,34 грн., що складає 46 % від ціни ДП. За п'ять місяців 2019 року вартість 1-го літра ДП складала 28,15 грн., а ЗНГ – 12,22 грн., що складає 43 % від ціни ДП [4].

До головних переваг застосування ЗНГ в якості моторного палива належить і те, що ЗНГ зберігається на борту ТЗ під невеликим тиском (до 1,6 МПа) у достатньо легких спеціальних автомобільних газових балонах і має об'ємну енергетичну щільність, наближену до бензинів (78 %) та дизельного палива (70 %).

Підвищення використання ЗНГ дизельними ТЗ зазвичай відбувається шляхом конвертації (переобладнання) дизелів (особливо тих, що перебу-

вають в експлуатації) у газодизелі або у газові ДВЗ з іскровим запалюванням.

Для конвертації дизеля у газодизель останній оснащують додатковою системою живлення ЗНГ, а в його конструкцію (в тому числі в регулятор частоти обертання) вносять невеликі конструктивні зміни. В результаті двигун стає двопаливним і може працювати, як тільки на дизельному паливі (за дизельним циклом), так і на суміші ЗНГ із «запальною дозою» дизельного палива (за газодизельним циклом). Але у зв'язку з тим, що ЗНГ має октанові числа рівня високооктанових бензинів, газодизель з традиційними при використанні природного газу величинами «запальної дози» ДП на рівні 25 ... 30%, зазвичай працює з детонацією. Для уникнення детонаційного згоряння у газодизелях, що працюють на ЗНГ, величина «запальної дози» ДП має бути не менше ніж 60 ... 70%. Але в наслідок цього, експлуатаційні заміщення ДП ЗНГ відносно невеликі (25 ... 30%) і така конвертація має невелику економічну доцільність.

Отже, найбільш ефективним способом підвищення використання ЗНГ як моторного палива є конвертація (переобладнання) дизелів ТЗ (особливо тих, що перебувають в експлуатації) у газові ДВЗ з іскровим запалюванням.

Таке переобладнання вимагає як повного демонтажу систем живлення і вприскування ДП, так і часткового розбирання та внесення відповідних змін до конструкції ДВЗ. До головних змін конструкції ДВЗ відноситься комплекс робіт, направлений на зменшення ступеня стиснення дизеля для забезпечення його бездетонаційної роботи знову таки в наслідок відносно невисоких величин окта-

нових чисел ЗНГ.

Найбільш технологічним і найменш трудомістким способом зменшення ступеня стиснення є зменшенням геометричного ступеня стиснення за рахунок збільшення об'єму камери згоряння.

У цій роботі розглянуто формоутворення камери згоряння газового ДВЗ, що працює на ЗНГ за циклом Отто, конвертованого на базі тракторного дизеля моделі Д-240, який має нерозділену напівзакриту камеру згоряння ЦНІДІ.

Мета роботи – обґрунтування вибору і розроблення форми камери згоряння газових ДВЗ для роботи на ЗНГ, конвертованих на базі дизелів Д-240, що перебувають в експлуатації, для забезпечення їх бездетонаційної, енергетичної та економічної роботи.

Головні вимоги до форми камери згоряння газових ДВЗ, що працюють на ЗНГ

Форма (конструкція) камери згоряння газового ДВЗ з примусовим запалюванням має забезпечити: необхідну ступінь стиснення для відповідного виду газового палива, зокрема ЗНГ; високі пускові якості; мінімальні втрати теплоти через поверхню камери згоряння, тобто мінімальну площу поверхні камери згоряння [5, 6].

До того ж, форма (конструкція) камери згоряння, має бути такою, щоб її виготовлення відбувалось шляхом доопрацювання штатних дизельних поршнів на звичайних токарних станках, а не вимагало виготовлення нових поршнів із застосуванням спеціального коштовного обладнання для лиття.

Ступінь стиснення газового ДВЗ, що працює на ЗНГ, за умови його бездетонаційної та довго-

строкової роботи обирається з урахуванням октанового числа ЗНГ. Октанове число ЗНГ залежить від його марки [7] (кількості пропану і бутану, що входять до його складу) і у цілому трохи перевищує октанові числа традиційних бензинів. У зв'язку з цим, ступінь стиснення газового ДВЗ для роботи на ЗНГ доцільно обирати у межах ступенів стиснення для бензинових ДВЗ, тобто $9,0 \div 10,0$.

Форма камери згоряння газових ДВЗ моделі Д-240-LPG, що працюють на ЗНГ

Розглянемо формоутворення камери згоряння газового ДВЗ моделі Д-240-LPG, конвертованого на базі дизеля Д-240.

На рис. 1 показано штатний поршень (кат. номер 240-1004021-А) дизеля моделей Д-240, що входить до складу комплекту «Поршнева МТЗ "ДАЛЬНОБОЙЩИК" Д-240» (далі – комплект поршнів Д-240) [8]. Ступінь стиснення дизеля Д-240 з такими поршнями дорівнює $\epsilon = 16$. Поршні мають камеру згоряння ЦНІДІ, що забезпечує об'ємно-плівкове сумішоутворення. Камера згоряння розташована у днищі поршня і має форму усіченого конуса.

Геометричні розміри поршня: діаметр - 110 мм, висота - 125 мм, діаметр горловини камери згоряння – 38,0 мм, діаметр камери згоряння – 62,1 мм, глибина (до донця) – $27^{0,18}$ мм, радіус переходу від бічної стінки до донця камери – 8,0 мм. Поршень має 3-и канавки для компресійних кілець і одну або дві канавки для маслосз'ємних кілець. Поршень виготовлено з високоміцного алюмінієвого сплаву АК12М2МгН з нанесенням на роботу поверхню антифрикційного покриття. Об'єм камери згоряння у поршні дорівнює $57,36 \text{ см}^3$.



Рис. 1. Конструкція штатного поршня дизеля Д-240 з камерою згоряння ЦНІДІ:

а – поршень з 1-ю канавкою для маслосз'ємного кільця; б – поршень з 2-а канавками для маслосз'ємних кілець; в – комплект «Поршнева МТЗ "ДАЛЬНОБОЙЩИК" Д-240»

Очевидним є факт, що як дизельна камера ЦНІДІ, яка забезпечує об'ємно-плівковий спосіб сумішоутворення, так і жодна з інших форм нерозділених камер згоряння дизелів не відповідають вимогам до камер згоряння газових ДВЗ, у яких газове паливо подається або вприскується до впус-

ного трубопроводу, а ступінь стиснення суттєво менша.

Тобто, на відміну від дизеля, який має внутрішнє сумішоутворення, газовий ДВЗ (при такій системі живлення газовим паливом) має зовнішнє сумішоутворення. При такому сумішоутворенні збі-

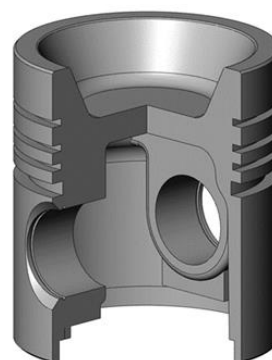
льшується час для утворення гомогенної газоповітряної суміші. Крім того, газове паливо надходить до впускного трубопроводу у газовому стані, що не потребує часу на його випаровування. Таким чином, нерозділена камера згоряння газового ДВЗ може мати нескладну форму, яка забезпечить об'ємний спосіб сумішоутворення. В результаті, форма камери згоряння газового ДВЗ, на відміну від форми камери згоряння дизеля, може бути спрощена і в ній не потрібні а ні турбулізуюча кромка, а ні витиснювач.

Таким чином, для зменшення ступеня стиснення дизеля, при його конвертації у газовий ДВЗ, необхідно збільшити об'єм камери згоряння (наприклад камери ЦНІДІ) майже у 2-а рази. Досягти цього можливо лише за рахунок суттєвого збільшення об'єму дизельної камери згоряння, перетворивши напівзакриту камеру ЦНІДІ у відкриту камеру згоряння, в якій $d_{кв}/D = 0,7 - 0,85$ [9]. Для забезпечення максимальної гомогенізації газоповітряної суміші і зменшення площі поверхні камери

згоряння доцільно обрати форму камери згоряння у вигляді перевернутого осесиметричного «усіченого конуса». При цьому, його менша основа повинна мати діаметр, що становить, відповідно, 1,0 – 1,2 діаметра донця камери згоряння ЦНІДІ, а більша основа, що направлена у бік головки блоку циліндрів, повинна мати діаметр, який становить, відповідно, 0,8 – 0,85 діаметру циліндра. Висота «усіченого конуса» має складати 1,0 – 1,06 висоти камери згоряння ЦНІДІ. Донце камери згоряння має бути сполучено із бічною поверхнею радіусом 2,0 – 10,0 мм. А діаметральна площина камери згоряння має бути сполучена із бічною поверхнею (з боку більшої основи конуса) радіусом 1,0 – 4,0 мм. На рис. 2 показано поршень газового ДВЗ Д-240-LPG з відкритою камерою згоряння, форма якої відповідає осесиметричному «усіченому конусу». Поршні виготовлено на базі штатних поршнів (див. рис. 3) дизеля Д-240, що входять до комплекту поршнів Д-240 [8].



а)



б)

Рис. 2. Поршень газового ДВЗ Д-240-LPG із формою камери згоряння у вигляді осесиметричного «усіченого конусу»:

а – фотографії поршня і камери згоряння; б – модель поршня з перетином

За рахунок застосування таких поршнів ступінь стиснення газового ДВЗ Д-240-LPG зменшена з $\epsilon = 16$ до $\epsilon = 9,5$. Співвідношення діаметра камери згоряння (більшої основи «усіченого конусу») до діаметру циліндра складає $d_{кв}/D = 0,818$, а меншої основи діаметру донця «усіченого конусу» до донця камери згоряння ЦНІДІ – відповідно 1,04. Висота «усіченого конусу» до висоти камери згоряння ЦНІДІ складає, відповідно, 1,059. Донце камери згоряння сполучено із бічною поверхнею радіусом 8 мм, а діаметральна площина камери згоряння сполучена із бічною поверхнею з боку більшої основи конусу – радіусом 1,0 мм. Об'єм камери згоряння у поршні газового ДВЗ дорівнює $120,73 \text{ см}^3$.

До складу комплекту поршнів Д-240 (див. рис.

1, в) [8] крім самого поршня входять: гільза Д-240 (виготовлена з легованого чавуну), палець Д-240 (виготовлений із сталі), поршневі кільця Д-240 (виготовлені з нанесенням на робочу поверхню покриття на основі хрому), стопорні кільця Ф38 та ущільнювальні кільця для гільзи.

При конвертації дизеля Д-240 у газовий ДВЗ моделі Д-240-LPG (див. рис. 3) на останній було встановлено чотири таких комплекта з доопрацьованими поршнями (див. рис. 2).

Експериментальні дослідження газового ДВЗ Д-240-LPG із розробленою формою камери згоряння

На рис. 3, а показано конвертований газовий ДВЗ моделі Д-240-LPG, встановлений на навантажувальному стенді Zöllner типу В-350АС.

Газовий ДВЗ моделі Д-240-LPG конвертовано на базі дизеля Д-240 шляхом проведення його капітального ремонту з демонтажем штатної системи живлення дизельним паливом. Одночасно доопрацьовано головку блоку циліндрів, в якій на місці дизельних форсунок встановлені свічки запалювання. До того ж, проведено заміну поршневої групи дизеля на нову поршкову групу з комплексу

поршнів Д-240 (див. рис. 1, в), в якій дизельні поршні були доопрацьовані шляхом зміни форми камери згоряння (див. рис. 2). Крім того, на конвертований ДВЗ встановлено систему живлення газовим паливом (зокрема ЗНГ) та безконтактну електронну систему запалювання з рухомим розподільником напруги, а також внесені зміни у систему живлення повітрям.



Рис. 3. Зовнішній вигляд конвертованого газового ДВЗ моделі Д-240-LPG, встановленого на електричному навантажувальному стенді Zöllner:

а, в – газовий ДВЗ моделі Д-240-LPG; б – шафа управління навантажувального стенда Zöllner

Система живлення газового ДВЗ містить газовий балон для ЗНГ з блоком арматури балона (мультиклапаном), газопровід високого тиску із запірним електромагнітним газовим клапаном, двоступінчатий газовий редуктор-випарник із запірним електромагнітним клапаном, газопровід низького тиску із механічним дозатором газу та газоповітряний змішувач.

У системі живлення газового ДВЗ повітрям застосовано штатний впускний трубопровід, до якого через перехідник закріплено дросельну заслінку з механічним приводом. Газоповітряний змішувач приєднано до дросельної заслінки та через гумовий патрубок з'єднано з повітряним фільтром.

На газовому ДВЗ Д-240-LPG встановлена безконтактна електронна система запалювання з рухомим розподільником напруги, що застосовується для 4-и циліндрових бензинових ДВЗ. Система включає в себе: електронний комутатор; розподільник напруги (трамблер); котушку високої напруги; високовольтні дроти та свічки запалювання.

Випробування Д-240-LPG на відповідність вимог ДСТУ 4277 [10] проводились мобільним комплексом BOSCH BEA 550 (з модулем - газоаналізатором BEA 060). Модуль BEA 060 (див. рис. 4) вимірює: вмісти CO, CO₂, CH, NO та O₂ у пробі газу та розраховує коефіцієнт надміру повітря λ.



Рис. 4. Модуль-газоаналізатор BEA 060

Результати випробувань Д-240-LPG на відповідність вимогам ДСТУ 4277 наведені у табл. 1. Результати, наведені у табл. 1, свідчать, що Д-240-LPG за вмістом оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах відповідає вимогам ДСТУ 4277 і має суттєво нижчий їх вміст, ніж гранично допустимий до двигунів без каталізаторів.

Таблиця 1. Результати випробувань Д-240-LPG на відповідність вимогам ДСТУ 4277

Режим вимірювання частоти обертання	Частота обертання колінчастого валу ДВЗ, хв ⁻¹		Вміст CO, %		Вміст CH, млн ⁻¹	
	Регламентоване значення частоти обертання *	Результат вимірювання	Гранично допустимий вміст CO	Результат вимірювання	Гранично допустимий вміст CH	Результат вимірювання
n _{мін}	800±100	895	3,5	0,072	1200	239
n _{підв}	2200±200	2200	1,5	0,074	600	184
* n _{мін} = 800 хв ⁻¹ ± 100 хв ⁻¹ і n _{підв} = 2200 хв ⁻¹ ± 200 хв ⁻¹ , якщо документацією не встановлено інше						

Визначені, у відповідності з [11], номінальна потужність Д-240-LPG становила 57,5 кВт (78 к.с.) при номінальній частоті обертання колінчастого валу 2200 хв⁻¹, а максимальний крутний момент – 304 Н·м, при 1300 хв⁻¹. Питома витрата ЗНГ при номінальній потужності склала 197 г/(кВт·год).

Отже, номінальна потужність газового ДВЗ Д-240-LPG склала 97% від номінальної потужності 59 кВт, що має дизель Д-240 при тій самій частоті обертання.

На всіх швидкісних та навантажувальних режимах роботи конвертований газовий Д-240-LPG працював стійко і без детонації.

Висновки

Показано, що найбільш технологічним способом зменшення ступеня стиснення при конвертації дизелів Д-240 у газові ДВЗ Д-240-LPG є зменшення геометричного ступеня стиснення за рахунок збільшення об'єму камери згоряння.

Для газових ДВЗ Д-240-LPG обґрунтовано вибір і розроблено нерозділену відкриту камеру згоряння у формі осесиметричного «усіченого конусу».

Розроблена форма камери згоряння дозволяє шляхом доопрацювання штатних дизельних поршнів дизелів Д-240, які мають нерозділені напівзакриті камери згоряння ЦНІДІ, зменшити ступінь стиснення ДВЗ з $\epsilon = 16$ до $\epsilon = 9,5$.

Номінальна потужність газового ДВЗ становить $N_e = 57,5$ кВт, що складає 97% від номінальної потужності дизеля Д-240. При цьому, питома витрата ЗНГ складає 197 г/(кВт·год).

Розроблена форма камери згоряння забезпечує бездетонаційну роботу конвертованого газового двигуна Д-240-LPG.

Вмісти оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах Д-240-LPG відповідають вимогам ДСТУ 4277 і мають суттєво нижчі показники, ніж гранично допустимі до двигунів без каталізаторів.

Список літератури:

1. Ковалёв С.А. Разработка электронной системы управления газовыми ДВС, переоборудованными на базе транспортных дизелей для работы на сжиженном нефтяном газе / С. А. Ковалёв // Двигатели внутреннего сгорания. – 2018. – № 2. – С. 55–61. 2. Ковальов С.О. Розроблення електронної системи управління газовими ДВЗ з примусовим запалюванням, переобладнаними на базі дизелів для роботи на зрідженому нафтовому газі / С.О. Ковальов // Науково-виробничий журнал «Автошляховик України». – 2018. – № 4. – С. 12 – 18. 3. Автомобильный справочник BOSCH. Перевод с англ. Первое русское издание. – М.: Издательство «За рулем», 2000. – 896 с. 4. Ціни на бензин, ДТ, газ на заправках України. [Електронний ресурс] // Все АЗС / Режим доступу до

журн.: <http://vseazs.com>. 5. Дизели: справ. / Под общей ред. В. А. Ванишейда, Н. Н. Иванченко, Л.К. Коллерова. – [3-е изд., перераб. и доп.] – Л., «Машиностроение», 1977. – 480 с. 6. Парсаданов І.В. Обґрунтування вибору камери згоряння при застосуванні каталітичного покриття на поверхні поршня / І.В. Парсаданов, В.О. Хижняк, І.В. Рикова // Двигатели внутреннего сгорания. – 2017. – № 2. – С. 18 – 21. 7. EN 589+ A1:2012 Automotive fuels – LPG – Requirements and test methods. 8. Каталог «ДАЛЬНОБОЙЩИК» [Електронний ресурс] // Підприємство «Завод Двигатель». / Режим доступу до журн.: <http://zdvigatel.com/katalog/dalnoboyschik>. 9. Абрамчук Ф.И. Анализ камер сгорания, используемых в современных высокооборотных автомобильных дизельных двигателях / Ф.И. Абрамчук, А.И. Воронков, С.И. Отченашко // Автомоб. трансп.: сб. науч. тр. – 2008. – Вып. 22. – С. 117 – 122. 10. Система стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання ресурсів. Атмосфера. Норми і методи вимірювання вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі: ДСТУ 4277:2004. — [Чинний від 2004-07-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2004. — 8 с. — (Національний стандарт України). 11. Правила ООН № 120 Единые требования к двигателям внутреннего сгорания для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной подвижной технике, в отношении измерения полезной мощности, полезного крутящего момента и удельного расхода топлива.

Bibliography (transliterated):

1. Kovalov, S. A. (2018), "Development of an electronic control system for gas internal combustion engines converted on the basis of transport diesel engines for operation on liquefied petroleum gas", Internal combustion engines ["Razrabotka elektronnoy sistemy upravleniya gazovymi dvigatelyami, pereoborudovannymi na baze transportnykh dizeley dlya raboty na szhizhenom neftyanom gaze", Dvigateli vnutrennego sgoraniya], No 2, pp. 55–61, <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2018.2.09>. 2. Kovalov S.O. (2018), "Development of electronic control system for gas engines with forced ignition, retrofitted on the basis of diesel engines for operation on liquefied petroleum gas", Scientific and production magazine "Auto road builder of Ukraine" ["Rozroblennya elektronnoy sistemy upravlnnya gazovimi dvigatelami z primusovim zapalyuvanniam, pereobladnanimi na bazi dizeliv dlya roboti na zridzhenomu naftovomu gazu", Naukovo-virobnichiy zhurnal "Avtoshlyahovik Ukrainy"], No 4, pp. 12 – 18. 3. "Automobile directory BOSCH" (2000), ["Avtomobilnyy spravochnik BOSCH"], Publishing "Driving", Moscow, 896 p. 4. "Prices for gasoline, diesel fuel, gas at Ukrainian gas stations", available at: <http://vseazs.com>. 5. Vansheydt, V.A., Ivanchenko, N.N., Kollerov, L.K. (1977), "Diesels: Handbook" ["Dizeli: spravochnik"], Mechanical engineering, Leningrad, 480 p. 6. Parsadanov, I.V., Khizhnyak, V.O., Rykova, I.V. (2017), "Justification of the choice of the combustion chamber when applying a catalytic coating on the surface of the piston", Internal combustion engines [Obgruntuvannya viboru kameri zgorayannya pri zastosuvanni katalitichnogo pokrittya na poverhni porshnya. Dvigateli vnutremego sgoraniya"], No 2, pp. 18 – 21. DOI: 10.20998/0419-8719.2017.2.04. 7. EN 589+ A1:2012 Automotive fuels – LPG – Requirements and test methods. 8. Katalog «DALNOBOYSCHIK»//Enterprise "Plant Engine", available at: <http://zdvigatel.com/katalog/dalnoboyschik>. 9. Abramchuk, F. I. Voronkov, A. I. Otchenashko, S. I. (2008), "Analysis of the combustion chambers used in modern high-speed automotive diesel engines" Automobile transport [Analiz kamer sgoraniya, ispolzuyemykh v sovremennykh vyisokooborotnykh avtomobilnykh dizelnykh dvigatelyah Avtomob. transp.: sb. nauch. tr.], No. 22, pp. 117 – 122. 10. National Standard of Ukraine No. 4277:2004. The system of standards in the field of environmental protection and rational use of resources. Atmosphere. Norms and methods for measuring the content of carbon monoxide and

hydrocarbons in the exhaust gases of cars with engines running on gasoline or gas fuel. 11. Regulation № 120 Uniform provisions concerning the approval of internal combustion engines to be installed in

agricultural and forestry tractors and in nonroad mobile machinery, with regard to the measurement of the net power, net torque and specific fuel consumption.

Надійшла до редакції 03.06.2019 р.

Ковальов Сергій Олександрович – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, заступник завідувача лабораторії дослідження використання палив та екології Державного підприємства «Державний автотранспортний науково-дослідний та проектний інститут», Київ, Україна, e-mail: skovalev@insat.org.ua, <https://orcid.org/0000-0002-3107-530X>.

КАМЕРА СГОРАНИЯ ГАЗОВОГО ДВС, КОНВЕРТИРУЕМОГО НА БАЗЕ ДИЗЕЛЯ ДЛЯ РАБОТЫ НА СЖИЖЕННОМ НЕФТЯНОМ ГАЗЕ

С.А. Ковалёв

Проведен анализ способов повышения использования сжиженного нефтяного газа дизельными транспортными средствами. Приведены преимущества конвертации (переоборудования) дизелей в газовые ДВС с принудительным зажиганием для работы на сжиженном нефтяном газе. Показано, что для конвертации дизелей в газовые ДВС с принудительным зажиганием наиболее технологичным способом уменьшения степени сжатия является уменьшение геометрической степени сжатия за счет увеличения объема камеры сгорания. Для работы газового ДВС на сжиженном нефтяном газе предложена неразделенную открытую камеру сгорания в форме осесимметричного «усеченного конуса». Такая форма камеры сгорания позволяет доработать штатные дизельные поршни вместо изготовления специальных новых газовых поршней, а также уменьшать геометрическую степень сжатия только за счет увеличения объема камеры сгорания в поршне. Исследования проведены на газовом безнаддувном двигателе модели Д-240-LPG с подачей сжиженного нефтяного газа во впускной трубопровод и бесконтактной электронной системой зажигания с подвижным распределителем напряжения, а также с поршнями, имеющими новую форму камеры сгорания. Испытания газового двигателя проводились с определением энергетических и экономических параметров и показателей токсичности отработавших газов. Испытания подтвердили, как целесообразность конвертации дизелей в газовые ДВС с принудительным зажиганием, так и удовлетворительные энергетические и экономические параметры газового двигателя с разработанной формой камеры сгорания.

Ключевые слова: газовый двигатель внутреннего сгорания; поршень газового ДВС; сжиженный нефтяной газ.

COMBUSTION CHAMBER FOR GAS-ENGINES, CONVERTED ON THE BASIS OF DIESEL TO WORK FOR ON LIQUEFIED PETROLEUM GAS

S.O. Kovalov

The analysis of ways to increase the use of liquefied petroleum gas diesel vehicles. The advantages of converting diesel engines into gas ICEs with forced ignition for operation on liquefied petroleum gas are given. It is shown that for converting diesel engines into gas ICEs with forced ignition, the most technologically advanced way to reduce the compression ratio is to reduce the geometric compression ratio by increasing the volume of the combustion chamber. For the operation of the gas engine in the liquefied petroleum gas, an unseparated open combustion chamber in the form of an axisymmetric “truncated cone” was proposed. Such a shape of the combustion chamber allows for the use of regular diesel pistons instead of making special new gas pistons, as well as reducing the geometric compression ratio only by increasing the volume of the combustion chamber in the piston. The studies were carried out on a gas-aspirated engine model D-240-LPG with the supply of liquefied petroleum gas in the intake manifold and contactless electronic ignition system with a movable voltage distributor, as well as with pistons having a new shape of the combustion chamber. The gas engine tests were carried out with the determination of energy and economic parameters and exhaust gas toxicity indicators. Tests confirmed both the feasibility of converting diesel engines into gas ICEs with forced ignition, as well as satisfactory energy and economic parameters of a gas engine with the new shape of the combustion chamber.

Key words: gas internal combustion engine; gas engine piston; liquefied petroleum gas.