

## **СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ, КОНВЕРТОВАНИХ НА ГАЗОВЕ ПАЛИВО**

**С.І. Криштопа**, *д-р. техн. наук, проф.*,

**М.М. Гнип**, *асп.*,

**Ф.В. Козак**, *канд. техн. наук, проф.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

**К. Гурскі**, *д-р. техн. наук, проф.*,

*Технологічний університет ім. Казімежа Пуласкего, м. Радом, Польща*

Створення провідними світовими фірмами моногазових двигунів, які вже задовольняють найбільш жорстким нормам токсичних викидів у відпрацьованих газах, свідчить про суттєві переваги переобладнання дизельних двигунів у газові з іскровим запалюванням.

В зазначеному напрямку проводять роботи такі відомі світові концерни як Cummins, MAN, Scania, Iveco, Mercedes-Benz та інші, які вже розробили на базі дизельних двигунів газові для автобусів та вантажних автомобілів [1].

Аналогічні роботи проводяться також і в країнах пострадянського простору. Так було здійснено переобладнання дизельного двигуна Мінського виробництва для роботи на природному газі [2]. У дизельному двигуні ММЗ-245.12 замість форсунок були встановлені іскрові свічки запалювання та змонтована система запалювання безконтактно-транзисторного типу. На впускному колекторі було встановлено газовий змішувач моделі СГ-250 та два газові редуктори високого і низького тиску моделі "Сага-7Б". Для уникання детонації у двигуні було зменшено ступінь стиску з 16,0 до 12,0 одиниць за рахунок розточки камери згоряння в поршні. На Ярославському моторному заводі виконувались дослідження газового двигуна, створеного на базі дизельного двигуна ЯМЗ-236НЕ [3]. Двигун обладнувався системою запалювання та газовою апаратурою з електронним управлінням. Газовий двигун комплектувався штатним турбокомпресором і системою нейтралізації відпрацьованих газів. Конвертований двигун за викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами відповідав вимогам Правил ЕЕК ООН до рівня Євро-3 і зменшив викиди CO<sub>2</sub> на 30 % в порівнянні з базовим дизельним двигуном.

В автомобільній корпорації КамАЗ була здійснена конвертація восьмициліндрового дизельного двигуна КамАЗ-740 в газовий двигун під екологічні норми Євро-5 з іскровим запалюванням і кількісним регулюванням подачі газоповітряної суміші у впускну систему [4]. Наприклад, такі двигуни встановлюються автовиробником на самоскид КамАЗ-6520PG, вантажопідйомністю 18 тонн. Паливна система автомобіля складається з балонів для стиснутого газу в кількості 13 штук, загальний об'єм балонів складає 1120 літрів або 224 м<sup>3</sup> стиснутого природного газу при тиску 20 МПа. Дальність ходу автомобіля складає 450 км (максимально навантажений) або 700 км (порожній). У конвертованому двигуні в отвори форсунок встановлені свічки запалювання з індивідуальними котушками, а камера згоряння в поршні розточена так, щоб ступінь стиску знизилась з 17,0 до 12,0 [5].

Є досвід конвертації дизельних двигунів в газові і в Україні. Аналіз розробок українських організацій свідчить про те, що одержаний певний досвід конвертації в газові двигуни декількох типів дизелів, які встановлюються на транспортних засобах і сільськогосподарських машинах. Так в Інституті проблем машинобудування ім. А. Н. Подгорного НАНУ розроблена технологія конвертації дизельних двигунів в газові і створений діючий зразок газового двигуна на базі дизельного двигуна Д-21 [6], що мав номінальну потужність 18,4 кВт.

У Луцькому національному технічному університеті дизельний двигун Д-240 білоруського виробництва був переобладнаний в газовий двигун [7]. Особливістю технології переобладнання даного дизельного двигуна в газовий було те, що зниження ступеня стиску до 12,0 досягнули за рахунок установки трьох прокладок між головкою і блоком циліндрів товщиною 4,5 мм.

Для дослідження надійності роботи дизельних двигунів, конвертованих на газове паливо в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу у співпраці з польськими колегами технологічного університету ім. Казімежа Пулаского з м. Радом було переобладнано для роботи на газовому паливі дизельний двигун моделі X17DTL автомобіля Опель Астра (рис. 1).



Рисунок 1 - Автомобіль Опель Астра конвертований з дизельного палива на пропан-бутанову суміш: *а* – дизельний двигун моделі X17DTL; *б* – головка блока переобладнаного двигуна; *в* – встановлена на переобладнаний двигун головка блока з системою запалення

Вказаний автомобіль та двигун були виготовлені в 2000 р. та на момент початку досліджень пробіг автомобіля склав 186 тис. км. Компресія в циліндрах двигуна складала  $2,95 \pm 0,05$  МПа. Для переведення дизельного двигуна моделі X17DTL автомобіля Опель Астра на газ було знижено степінь стиску двигуна та змонтовано пропан-бутанову газову апаратуру італійського виробництва. Далі встановлена оригінальна мікропроцесорна DIS-система запалення власної розробки та оптимізована робота системи управління двигуном. Коротка технічна характеристика переобладнаного дизельного двигуна моделі X17DTL автомобіля Опель Астра наведена в табл. 1.

Таблиця 1 - Технічна характеристика переобладнаного дизельного двигуна моделі X17DTL

№ п/п	Назва параметра	Значення
1	Базовий двигун	Дизельний, з електронною системою вприскування Bosch
2	Конвертований двигун	Газовий (пропан-бутанова суміш), з системою електронного управління розробки ІФНТУНГ
3	Робочий об'єм двигуна, см <sup>3</sup>	1669
4	Номінальна потужність, кВт (к.с.)	50 (68)
5	Частота обертання колінвала при експлуатаційній потужності, об./хв.	4500
6	Степінь стиску базового двигуна	22,0
7	Степінь стиску конвертованого на газ двигуна	13,1

Створена установка дозволить розширити експериментальну базу даних щодо надійності робочих процесів та зміни основних потужнісно-економічних та екологічних характеристик в перспективних конструкціях дизельних двигунів, конвертованих на газове паливо. Для прикладу на рис. 2 зображені залежності викидів оксидів азоту у відпрацьованих газах дизельного двигуна моделі X17DTL автомобіля Опель Астра при роботі на дизельному паливі та при роботі на піролізній суміші в залежності від частоти обертання колінчастого вала. Так, при роботі базового двигуна моделі X17DTL автомобіля Опель Астра на дизельному паливі при частоті обертання колінчастого вала 900 об./хв. спостерігається

відносно незначне зниження викидів оксидів азоту у відпрацьованих газах з 760 ppm до 620 ppm при роботі конвертованого двигуна на піролізній суміші, або на 19,5 %. Але при роботі базового двигуна моделі X17DTL на дизельному паливі на високій частоті обертання колінчастого вала 4500 об./хв. спостерігається суттєво вище зниження викидів оксидів азоту у відпрацьованих газах з 630 ppm до 470 ppm при роботі конвертованого двигуна на піролізній суміші, або на 25,4 %.



Рисунок 2 – Залежності викидів оксидів азоту у відпрацьованих газах дизельного двигуна моделі X17DTL автомобіля Опель Астра при роботі на дизельному паливі та при роботі на піролізній суміші в залежності від частоти обертання колінчастого вала n

Одержані результати дозволяють підвищити надійність, оптимізувати конструкції систем живлення двигунів внутрішнього згорання для роботи на альтернативних паливах та знизити викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобільних двигунів.

### Список літератури

1. Гайворонский А.И. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях / А.И. Гайворонский, В.А. Марков, Ю.В. Илатовский // М.: ООО "ИРЦ Газпром". – 2007. – 480 с.
2. Лютко В. Применение альтернативных топлив в ДВС / В.П. Лютко, В.Н. Луканин, А.С. Хачиян // М.: МАДИ (ТУ). – 2000. – 331 с.
3. Кутенёв В.Ф. Разработка газового двигателя на базе дизеля ЯМЗ – 236НЕ: (разработки отдела энергосберегающих технологий и альтернативных топлив) [Электронный ресурс] / В.Ф. Кутенёв, В.А. Лукшо // Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт – 2007. – Режим доступа к источнику: <http://www.nami.ru/subdivisions/engines/energy-efficient-technologies/development/>
4. Семейство газовых двигателей КамАЗ 820.60 [Электронный ресурс]. – Режим доступа к источнику: <http://www.kamaz.ru/production/related/semeystvo-gazovykh-dvigatelay-kamaz-820-60/>
5. Двигатели транспортные газовые КАМАЗ-820.52–260, КамАЗ-820.53–260 [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа к источнику: <http://www.remkam.ru/trangazdv82/>
6. Бганцев В.Н. Газовый двигатель на базе дизеля Д-21. / Бганцев В.Н., Левтеров А.М., Кайдалов А.А., Канило П.М., Мараховский В.П. // Авіаційно-космічна техніка і технологія. Зб. наук. пр. – Харків: ХАІ. – 2002. – Вип. 30. – С. 24-27.
7. Богомолов В.А. Особенности конструкции экспериментальной установки для проведения исследований газового двигателя 6Ч13/14 с искровым зажиганием / В.А. Богомолов, Ф.И. Абрамчук, В.М. Манойло, А.И. Воронков, С.В. Салдаев, А.Н. Кабанов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Харьков: ХНАДУ. – 2007. – № 37. – С. 43-47.