

В.І. Захарчук, О.В. Захарчук, В.В. Швабюк, В.В. Ярошук

Луцький національний технічний університет

ЗАХОДИ ЩОДО РОЗШИРЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВИХ ПАЛИВ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

Метою роботи є розробка заходів для забезпечення можливості ефективної експлуатації колісних тракторів та інших технологічних транспортних засобів на газових паливах. Переобладнано дизель Д-243 в газовий двигун з іскровим запалюванням та виконано його стендові випробування, які підтвердили його роботоздатність та показали хороші експлуатаційні показники. Потужність газового двигуна на рівні дизеля, сумарна токсичність відпрацьованих газів в 1,8 рази менша у порівнянні з дизелем, але витрата палива є більшою в газового двигуна. За тією ж технологією і з використанням тих же елементів переобладнано трактор МТЗ-80 для роботи на газових паливах. Виконані його дорожні випробування, які показали, що є певні особливості керування газовим двигуном та трансмісією такого трактора. Для забезпечення ефективної експлуатації технологічних транспортних засобів на газових паливах пропонується: встановлення високоенергетичної системи запалювання; розробка системи передпускового підігріву газового редуктора; розробка способів забезпечення технологічних транспортних засобів газовим паливом.

Ключові слова: газові палива, природний газ, колісний трактор, технологічні транспортні засоби.

V. Zakharchuk, O. Zakharchuk, V. Shvabyuk, V. Yaroshchuk

MEASURES TO EXPAND THE USE OF GAS FUELS IN TECHNOLOGICAL VEHICLES

The aim of the work is to develop measures to ensure the possibility of efficient operation of wheeled tractors and other technological vehicles using gas fuels. The D-243 diesel engine was converted into a spark ignition gas engine and bench tests were carried out, which confirmed its operability and showed good performance. The power of the gas engine is at the level of a diesel engine, the total toxicity of exhaust gases is 1.8 times lower compared to a diesel engine, but fuel consumption is higher for a gas engine. The MTZ-80 tractor was converted to run on gas fuels using the same technology and elements. Its road tests were carried out, which showed that there are certain peculiarities in the control of the gas engine and transmission of this tractor. To ensure the efficient operation of technological vehicles running on gas fuels, it is proposed to: install a high-energy ignition system; develop a system for preheating the gas reducer; develop methods for providing technological vehicles with gas fuel.

Keywords: gas fuels, natural gas, wheeled tractor, technological vehicles.

Постановка проблеми. В багатьох джерелах стверджується, що зараз перед людством стоять три основні проблеми: глобальне потепління, забруднення атмосфери великих міст, розширення застосування відновлюваних джерел енергії та енергетична безпека [1,2,3]. Як наслідок в жовтні 2014 р. Європейська рада схвалила обов'язкову ціль Європейського Союзу (ЄС) щодо скорочення викидів парникових газів щонайменше на 40% до 2030 р. порівняно з 1990 р. Крім того, обов'язковою метою ЄС є частка відновлюваної енергії принаймні у 27% в 2030 р.

В березні 2018 р. Єврокомісія заявила, що її амбітною метою є досягнення кліматичної нейтральності до 2050 р. [2, 3]. У багатьох джерелах зазначається, що транспорт викидає близько четверті викидів CO₂ в ЄС. Близько 75% CO₂ викидається автомобільним транспортом. Тому декарбонізація автомобільного транспорту є обов'язковою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Викиди CO₂ двигунами легкових автомобілів регулюються Директивою ЄС №443/2009 [4]. Відповідно до цього документу для автомобілів 1380 кг з 2021 р. граничне значення CO₂ становить 95 г, що відповідає витраті палива приблизно 3,8 л/100 км [5].

Поспішаючи виконати вимоги законодавства щодо CO₂, автомобільна промисловість почала вкладати значні кошти у виробництво гібридних автомобілів і електромобілів. Але поки рівень ефективності електромобілів не досягне прийнятного рівня, альтернативні моторні палива залишатимуться реальними заміниками нафтових палив.

З наявних на сьогодні альтернативних видів палива газ природний газ вважається одним з найкращих заміників нафтових палив, оскільки з одного боку, він сумісний зі звичайними

двигунами з іскровим запалюванням або двигунами із запалюванням від стиснення, а з іншого боку, він є більш екологічно чистим завдяки меншим викидам шкідливих речовин з відпрацьованими газами [6, 7]. Існує багато наукових праць, які визнають природний газ екологічно чистим паливом [6], [8, 9]. Сприятливе співвідношення кількості водню до кількості вуглецю в метані (4) є причиною до 30% нижчих викидів CO₂ порівняно з бензином [11]. Фактично, як зазначено в [8, 9], спалювання природного газу призводить до найнижчих викидів CO₂ серед викопних палив. Більше того, якщо використовувати метан з біогазу, отриманого в результаті переробки відходів, то це ще більш ефективно.

Крім того, як зазначено в [10], двигун на природному газі викидає менші кількості оксиду вуглецю CO та незгорілих вуглеводнів СН. Додатковою особливістю роботи двигунів на природному газі є те, що основним незгорілим вуглеводнем у відпрацьованих газах є метан, який має незначну реакційну здатність у фотохімічному циклі смогу.

Що стосується потенціалу природного газу для значного зменшення викидів сажі і твердих частинок, це має першорядне важливість у світлі майбутнього застосування EURO7, яке буде враховувати наночастинки розміром менше 23 нм, [12 - 14].

В Україні дослідження доцільності використання природного газу транспортними засобами займались в Національному транспортному університеті під керівництвом Ю. Гутаревича та в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті під керівництвом Ф. Абрамчука [18]. Але досліджувались автомобільні двигуни. Дослідження тракторних двигунів та тракторів на газових паливах практично не виконувались.

Метою роботи є розробка заходів для забезпечення можливості ефективної експлуатації використовуваних в якості технологічного транспорту колісних тракторів на газових паливах.

Основні результати досліджень. Газові палива розглядаються як альтернативний заміник нафтових палив, особливо через можливість досягнення значного економічного ефекту та низьких викидів забруднюючих речовин, що на сьогодні є надзвичайно актуальним. В даний час використовуються два види газових палив: природний газ і пропано-бутанові суміші. Високі моторні властивості газових палив, зокрема, їх октанове число, забезпечує можливість використання високих ступенів стиснення і тому досягаються енергетичні показники не гірші у порівнянні з дизелями.

У разі використання колісних тракторів в якості засобів технологічного транспорту вони часто експлуатуються в умовах обмеженого повітрообміну при їх заїзді в тваринницькі приміщення, теплиці, склади, тощо, коли приходиться особливо рахуватися з кількістю та токсичністю викинутих з відпрацьованими газами шкідливих речовин, адже поруч з джерелом шкідливих викидів знаходиться обслуговуючий персонал та інші біологічні об'єкти. В приміщеннях двигуни технологічного транспорту працюють як на холостому ходу, так і під навантаженням.

В ЛНТУ переобладнано дизель Д-243 в газовий двигун з іскровим запалюванням та виконано його стендові випробування при роботі на природному газі, які підтвердили його роботоздатність та показали хороші експлуатаційні показники (рис. 1) [18]. Технічна характеристика газового двигуна та базового дизеля показана в табл. 1

Табл. 1

Коротка технічна характеристика дизеля Д-243 та його газової модифікації

№ п/п	Найменування параметрів	Значення параметрів	
		дизель	газовий
1.	Тип двигуна	дизель	газовий
2.	Кількість і розташування циліндрів	4, рядне вертикальне	
3.	Робочий об'єм, л	4,75	
4.	Ступінь стиску	16	12
5.	Номінальна потужність, кВт	55,1	57,3
6.	Максимальний крутний момент, Нм	274	280
7.	Паливо	Дизельне паливо	Природний газ
8.	Спосіб сумішоутворення	внутрішнє	зовнішнє
9.	Спосіб запалювання паливоповітряної суміші	від стиску	примусове запалювання від іскри

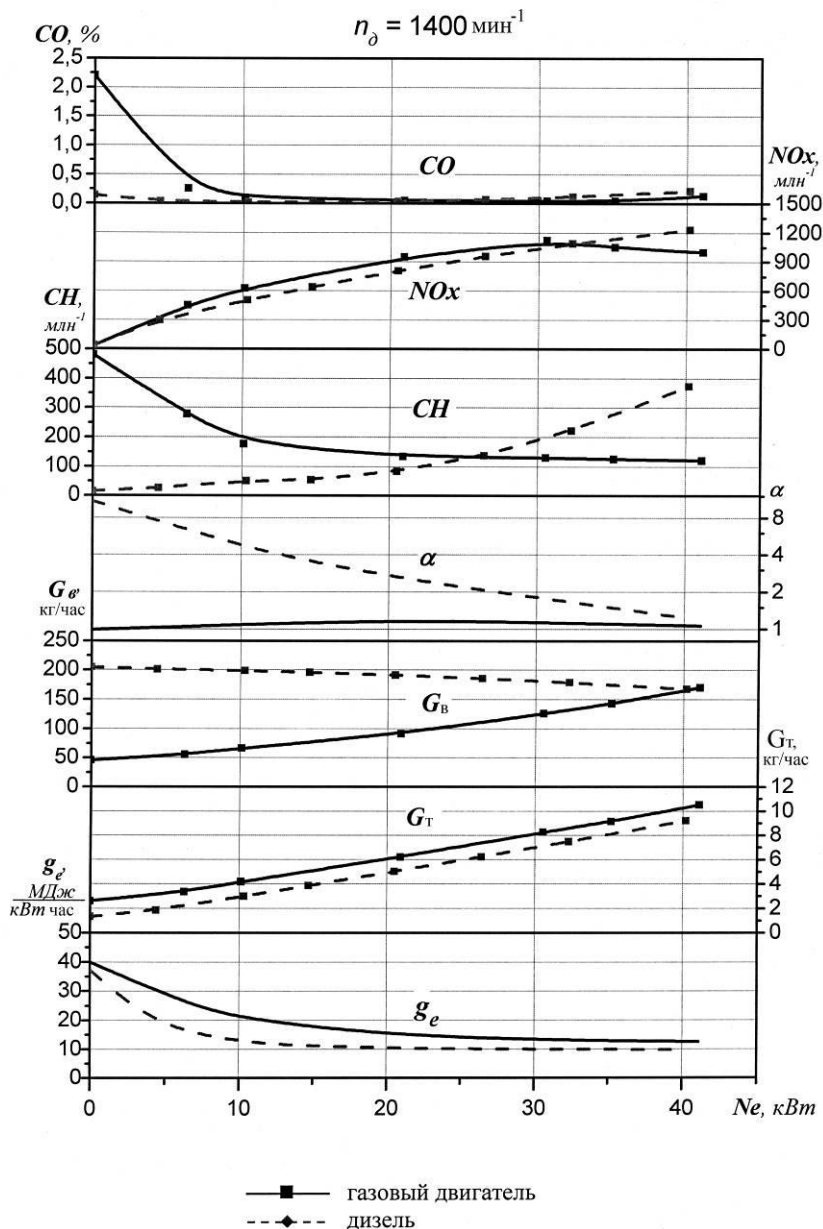


Рис. 1. Навантажувальні характеристики з заміром токсичності відпрацьованих газів газового двигуна Д-243 та базового дизеля

Попередньо математичним моделюванням робочого циклу визначено раціональне значення ступеня стиску газового двигуна (12 одиниць). На двигун була встановлена система запалювання серійного бензинового двигуна легкового автомобіля. Виконана порівняльна оцінка екологічних показників газового двигуна та базового дизеля за режимами циклу ESC. Сумарна токсичність відпрацьованих газів газового двигуна, приведена до оксиду вуглецю CO в 1,8 менша у порівнянні з дизелем. Це, в основному, завдяки відсутності сажі у відпрацьованих газах. Питома еквівалентна витрата палива газового двигуна є до 20% більшою внаслідок його роботи на більш багатих, близьких до стехіометричної, сумішах. Покращити паливну економічність можливо за рахунок організації роботи двигуна на бідних сумішах та застосуванні турбонаддуву. Для цього необхідно використовувати потужну високоенергетичну систему запалювання. Застосування такої системи запалювання дозволить також покращити запуск газового двигуна в холодну пору.

За тією ж технологією і з використанням тих же елементів переобладнано трактор МТЗ-80 для роботи на газових паливах. Виконані його дорожні випробування, які показали, що є певні особливості керування двигуном та трансмісією такого трактора. Розгін трактора з навантаженим

прицепом потрібно здійснювати з переключенням передач. Розгін трактора на одній передачі, як у випадку з дизелем з всережимним регулятором практично неможливий. Це пояснюється відмінністю характеру протікання швидкісних характеристик газового двигуна з іскровим запалюванням і дизеля з всережимним регулятором (рис. 2) і, відповідно, меншим запасом крутного моменту при роботі двигуна за частковими швидкісними характеристиками.

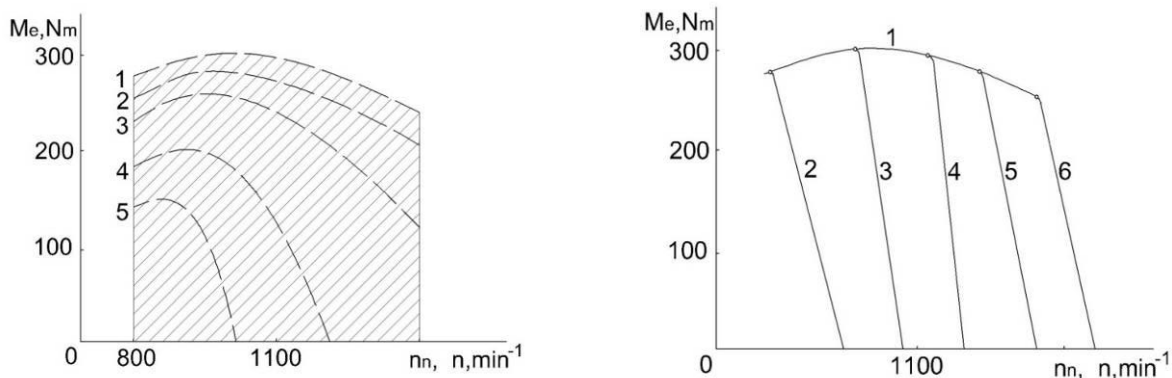


Рис. 2. Швидкісні характеристики двигунів при різних положеннях органа керування паливopoдaчею: а – двигун з іскровим запалюванням; б – дизель; 1 – повна подача паливoпoвітряної суміші або палива; 2 – 6 – часткова подача палива або паливо повітряної суміші

Поряд із перевагами використання природного газу транспортними засобами є і ряд недоліків, які обмежують використання цього виду палива: проблеми заправки, зміна деяких експлуатаційних якостей, зокрема утруднений запуск в холодну пору, підвищені вимоги до пожежної безпеки. Тому для забезпечення ефективної експлуатації технологічних транспортних засобів на газових паливах пропонується:

- встановлення високоенергетичної системи запалювання;
- розробка системи передпускового підігріву газового редуктора для полегшення пуску двигуна в зимовий період;
- розробка нових способів забезпечення технологічних транспортних засобів газовим паливом;

Що стосується передпускового підігріву, то зараз промисловістю випускаються різні види підігрівачів. При експлуатації трактора на газовому паливі потрібно вирішити питання його заправки газом. Адже газових заправок ще порівняно небагато і вони можуть розташовуватись на певній відстані від місця експлуатації трактора. Це може зробити доїзд власним ходом на заправку економічно невигідним. Виходом з положення може бути варіант встановлення на тракторі знімної касети з газовими балонами (рис. 3). Заправка трактора у цьому випадку буде здійснюватись заміною касети з порожніми балонами на касету з заправленими балонами.

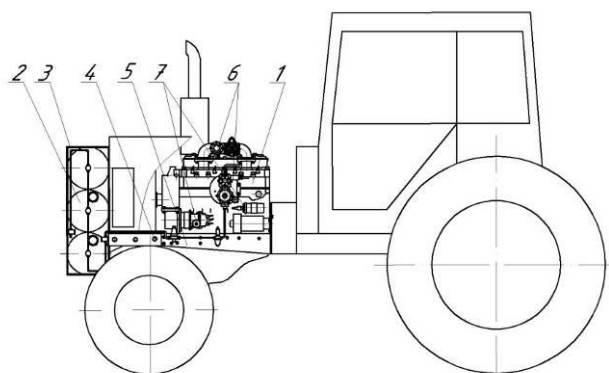


Рис. 3. Схема встановлення газових балонів на колісному тракторі:

- 1 – двигун; 2 – газові балони; 3 – касета з балонами; 4 – болти кріплення касети до рами; 5 – рама трактора; 6 – елементи газової паливної апаратури; 7 – вузли системи запалювання

Особливості експлуатації трактора на природному газі зумовлені тим, що природний газ у своєму природному стані має дуже низьку енергетичну густину (0,0364 МДж/л) у порівнянні з бензином (34,2 МДж/л) та дизельним паливом (38,6 МДж/л). Отже, для забезпечення прийняттого запасу ходу, його необхідно стискати і зберігати на транспортному засобі під високим тиском - зазвичай 20 МПа. Таким чином, він досягає густини енергії 9 МДж/л. Це все ще не порівнянна з бензином і дизельним паливом величина, але це великий крок в отриманні прийнятної густини енергії. За роботи на газових паливах має місце утруднений запуск двигуна при низьких температурах внаслідок більш високої температури займання газоповітряної суміші та меншої швидкості її згоряння. Також важливою особливістю є те, що газові двигуни з іскровим запалюванням працюють за циклом Отто.

Висновки. Виконання запропонованих заходів дасть можливість розширити використання газових палив в технологічних транспортних засобах, що в свою чергу дозволить:

- у соціальній сфері – підвищити рівень задоволення потреб підприємств екологічно чистими видами палив; поліпшити екологічний стан у закритих приміщеннях, де працює технологічний транспорт; створити нові робочі місця.
- в економічній сфері – забезпечити ефективне використання паливних ресурсів, зменшити обсяг імпортованих нафтопродуктів, розширити обсяг конкурентноспроможного транспорту, що сприятиме економічному зміцненню підприємств та створення нових робочих місць;
- у технологічній сфері – освоїти переобладнання техніки для роботи на газових паливах, що дозволить зменшити собівартість перевезень та розширити паливну базу підприємств.

Література

1. "EU Directive 2015-1513," Brussels, 2014.
2. "Our Vision for A Clean Planet for All, European Commission," European Commission, Brussels, 2018.
3. "A Clean Planet for all. A European strategic longterm vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, European Commission," Brussels, 2018.
4. European Commission, *Regulation no 443/2009*. 2009.
5. ICCT, "EU CO2 EMISSION STANDARDS FOR PASSENGER CARS AND LIGHT-COMMERCIAL VEHICLES," 2014.
6. M. I. Khan, T. Yasmin, and A. Shakoор, "Technical overview of compressed natural gas (CNG) as a transportation fuel," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 51, no. December 2017, pp. 785-797, 2015.
7. EU, *DIRECTIVE 2014/94/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the deployment of alternative fuels infrastructure*. Official Journal of the European Union, 2014.
8. R. Tilagone, S. Venturi, and G. Monnier, "Natural gas - An environmentally friendly fuel for urban vehicles: The smart demonstrator approach," *Oil Gas Sci. Technol.*, vol. 61, no. 1, pp. 155-164, 2006.
9. G. T. Chala, A. R. A. Aziz, and F. Y. Hagos, "Natural Gas Engine Technologies: Challenges and Energy Sustainability Issue," *Energies*, vol. 11, no. 11, 2018.
10. T. Korakianitis, A. M. Narnasivayarn, and R. J. Crookes, "Natural-gas fueled spark-ignition (SI) and compressionignition (CI) engine performance and emissions," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 37, no. 1, pp. 89-112, 2011.
11. M. Westerhoff, "Natural gas. A chance to be grabbed," *MTZ*, vol. 76, no. February, pp. 9-13, 2016.
12. C. Pawsey, "Gasoline Particle Emissions and Particulate Filter Technology," Berlin, 2019.
13. C. C. Ambel *et al.*, "Cars with engines: can they ever be clean?," *Transp. Environ.*, 2018.
14. B. Giechaskiel, U. Manfredi, and G. Martini, "Engine Exhaust Solid Sub-23 nm Particles: I. Literature Survey," *SAE Int. J. Fuels Lubr.*, vol. 7, no. 3, pp. 950-964, 2014.
15. A. Liati, D. Schreiber, Y. Dasilva, and P. Dimopoulos, "Ultrafine particle emissions from modern Gasoline and Diesel vehicles: An electron microscopic perspective," *Environ. Pollut.*, vol. 239, pp. 661-669, 2018.
16. "Country comparison: natural gas production," *The CIA worldfactbook*. [Online]. Available: <https://www.cia.gov/library/publications/the-worldfactbook/rankorder/2249rank.html>. [Accessed: 04-Oct 2019).
17. V. Iuga and R. Dudau, "Perspectivele gazelor naturale in Romania ~i modalitati de valorificare superioara a acestora Cuprins," Bucharest, 2018.
18. ZAHARCHUK V. The Choice of a Rational Type of Fuel For Technological Vehicles / Zaharchuk, V., Gritsuk, I., Zaharchuk, O., Golovan, A. et al., // SAE Technical Paper 2018-01-1759, 2018.

Рецензент: Скалига М.М., к.т.н., доцент, ЛНТУ