

## ОСОБЛИВОСТІ КОНВЕРТАЦІЇ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАНУ

**Манойло Володимир Максимович**, докт. техн. наук, професор  
кафедри двигунів внутрішнього згоряння,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [vladimir.m.manoylo@gmail.com](mailto:vladimir.m.manoylo@gmail.com), ORCID: [0000-0003-2208-4404](https://orcid.org/0000-0003-2208-4404)

**Корогодський Володимир Анатолійович**, докт. техн. наук, професор  
кафедри двигунів внутрішнього згоряння,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [korohodskiy@ukr.net](mailto:korohodskiy@ukr.net), ORCID: [0000-0002-1605-4631](https://orcid.org/0000-0002-1605-4631)

**Макаренко Микола Григорович**, доцент каф. «Трактори і автомобілі»,  
Державний біотехнологічний університет,

e-mail: [mak\\_nk@ukr.net](mailto:mak_nk@ukr.net), ORCID: [0000-0003-4078-9045](https://orcid.org/0000-0003-4078-9045)

**Шевченко Ігор Олександрович**, канд. техн. наук, доцент, завідувач каф.

«Трактори і автомобілі», Державний біотехнологічний університет,  
e-mail: [igorshvchnk@gmail.com](mailto:igorshvchnk@gmail.com), ORCID: [0000-0002-1280-5290](https://orcid.org/0000-0002-1280-5290)

Конвертація дизельних двигунів для використання метану може включати ряд особливостей і вимог для ефективного та безпечного їх функціонування. Дизельні двигуни зазвичай використовують системи впорскування розраховані на рідке паливо. При конвертації їх для роботи на метані, потрібно внести зміни в систему впорскування, щоб забезпечити ефективне впорскування газу [1].

Системи живлення в цілому та форсунки для роботи з метаном з метою забезпечення ефективного і безпечного впорскування газу, в порівнянні з традиційними форсунками для рідких палив, повинні мати кілька особливостей. Вони повинні бути спеціально налаштовані для роботи з тиском метану, який може відрізнитися від тиску рідких палив і можуть відрізнитися за конструкцією, матеріалами та розподілом струменя для забезпечення оптимального змішування газу з повітрям [2, 3].

Оскільки змішування газу з повітрям відбувається в камері згоряння двигуна, то форсунки повинні бути спроектовані для рівномірного та ефективного розподілу струменів газу і мати спеціальний розпилювач, що дозволяє отримати необхідний розпил газу для спалювання. Крім того вони повинні бути сумісні з електронною системою управління для точного керування часом впорскування та кількістю газу [4, 5].

Ці особливості дозволяють форсункам для метану працювати ефективно та безпечно при роботі з газоподібним паливом, забезпечуючи оптимальні умови для згоряння та функціонування двигуна.

Оскільки тиск впорскування для метану може відрізнитися від традиційного дизельного палива, то, відповідно, і система повинна бути налаштована для забезпечення заданого тиску в системі впорскування газу [6, 7].

Для точного контролю впорскування метану можуть бути додані датчики тиску, температури та концентрації газу, які будуть інформувати електронну

систему управління про умови та потреби двигуна на відповідних режимах роботи [3, 4].

Електронна система управління повинна бути перепрограмована для оптимального контролю впорскування метану. Це може включати в себе налаштування часу впорскування та кількості поданого газу.

Окрім того впорскування метану може вимагати регулювання відношення змішування газу та повітря, а також зміни кута впорскування для оптимального спалювання та отримання максимальної продуктивності.

Можуть бути введені додаткові компоненти, такі як дросельна заслінка або регулятори тиску для додаткового контролю над системою впорскування газу. Важливо також відзначити, що конвертація дизельного двигуна для роботи на метані вимагає інженерної експертизи та врахування стандартів безпеки та екології. Також, зміни повинні відповідати вимогам місцевих та міжнародних нормативів.

Використання метану вимагає також спеціального режиму запуску, оскільки газ має інші фізичні властивості та температуру самозаймання порівняно з дизельним паливом. Тому для того щоб забезпечити ефективний запуск на метані необхідне збільшення тиску в камері згоряння, що допомагає забезпечити якісне змішування газу та повітря для спалювання.

Оскільки на метан значно впливає пониження температури, тому може знадобитися підігрів для уникнення обледеніння та забезпечення нормального запуску. Для режиму запуску також можуть бути введені додаткові елементи управління, такі як система керування підігрівом палива, яка допомагає полегшити запуск на метані, а також налаштування електронної системи управління для спеціального режиму запуску, який враховує особливості метану та забезпечує необхідний режим при пуску.

Загальною метою цих заходів є забезпечення ефективного і безпечного запуску двигуна при використанні метану, уникнення можливих проблем, пов'язаних з холодним запуском та забезпечення стабільної роботи на газі. Точні модифікації залежать від конкретного дизельного двигуна та характеристик метанової системи.

Зазвичай дизельні двигуни мають камери згоряння, спроектовані для дизеля. При конвертації їх для використання метану, може знадобитися модифікація камер для оптимального спалювання газу.

Дизельні двигуни спрацьовують за допомогою самозаймання, тоді як метан потребує займання від запалювання. Тому систему запалювання слід адаптувати для використання метану, а електронна система управління дизельним двигуном повинна бути перепрограмована для взаємодії з системою впорскування газу та забезпечення оптимальної ефективності.

Адаптація системи запалювання включає постійні корекції та оптимізації, оскільки ефективність горіння може залежати від численних факторів та змінних умов експлуатації. Забезпечення ефективного займання метану включає ряд кроків та аспектів, спрямованих на оптимізацію моменту займання (ініціювання горіння газу) для метану. Основними є визначення кута займання

та його коригування з адаптацією до змінних умов, що враховують вплив умов експлуатації, таких як температура повітря, вологість, висота, а також інші чинники з використанням датчиків та зворотного зв'язку.

Окрім того датчики температури, тиску та концентрації метану повинні бути додані або адаптовані для дизельної системи з метою ефективного контролю роботи двигуна на газі.

Переобладнання системи живлення дизельного двигуна для роботи на метані включає ряд технічних аспектів. Основні теоретичні залежності, пов'язані з регулюванням впорскування палива, забезпеченням оптимального змішування газу та повітря, а також забезпечення безпеки і ефективності. Це стосується перш за все регулювання тиску та об'єму впорскування.

$$Q_{\text{метану}} = p_{\text{метану}} \cdot V_{\text{впр}} / RT_{\text{метану}}, \quad (1)$$

де  $Q_{\text{метану}}$  – об'єм метану, який впорскується;  $p_{\text{метану}}$  – тиск метану;  $V_{\text{впр}}$  – об'єм впорскування;  $R$  – універсальна газова стала;  $T_{\text{метану}}$  – температура метану.

Зміна часу впорскування визначається відношенням  $t_{\text{впр}} = V_{\text{впр}} / Q_{\text{метану}}$ .

Швидкість витікання робочого тіла (метану)  $\beta$  залежить від відношення тиску у циліндрі  $P$  до тиску впорскування  $P_2$

$$\beta = \frac{P}{P_2}. \quad (2)$$

Критична швидкість витікання дорівнює

$$\beta_{\text{кр}} = \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}. \quad (3)$$

Якщо  $\beta \geq \beta_{\text{кр}}$ , то витікання підкритичне:

$$W = \sqrt{2 \cdot \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot R_2 \cdot T_{\text{метану}} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{P}{P_2} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]}, \quad (4)$$

де  $\kappa = 1,4$  – показник адиабати робочого тіла;  $R_2$  – характеристична газова стала робочого тіла;  $T_{\text{метану}}$  – температура природнього газу.

А, якщо  $\beta \leq \beta_{\text{кр}}$ , то витікання критичне, то

$$W = W_{\text{кр}} = \sqrt{2 \cdot \frac{\kappa}{\kappa + 1} \cdot R_2 \cdot T_{\text{метану}}}. \quad (5)$$

Адаптація системи управління для роботи дизельного двигуна на метані включає перепрограмування електронної системи управління для ефективного

керування новим видом палива. Для цього необхідно врахувати особливі аспекти, які можуть бути враховані під час цього процесу. Перш за все необхідно визначення параметрів метану, таких як тиск, температура кипіння, розширювальний коефіцієнт газу і т. д., а також визначити особливості впорскування, тиску та температурних параметрів для оптимальної ефективності.

Під час роботи двигуна необхідний збір та аналіз існуючих вхідних даних від сенсорів двигуна (тиск, температура, оберти тощо) та вивчення реакції на зміни у вхідних параметрах при роботі на метані.

Також під час адаптації системи управління слід налаштувати параметри для оптимальної ефективності, забезпечуючи необхідний об'єм палива, правильний час впорскування та інші параметри відповідно до вимог роботи на метані.

### **Висновки**

Загальні концепції можуть слугувати основою для розробки конкретних систем управління та впорскування газу при конвертації дизельних двигунів для роботи на метані. При цьому важливо враховувати особливості конкретного двигуна та характеристики метану для досягнення оптимальної ефективності та безпеки. В цілому розробка та впровадження систем живлення дизельних двигунів на метані вимагає інженерного підходу та дотримання стандартів безпеки і екології.

### **Література**

1. Методичні вказівки до виконання теплового розрахунку двигуна в курсових і дипломних проектах студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» з дисципліни «Автомобільні двигуни» (розділ 3 «Теорія, розрахунок і аналіз роботи автотракторних ДВЗ») / А.Т. Лебедєв, В.М. Манойло, М.Л. Шуляк, О.В. Єсіпов, С.О. Поляшенко. – Харків: Вид-во ХНТУСГ, 2019.– 38 с.
2. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є.,Тимченко І.І. Автомобільні двгуни: Підруч. для студентів спец. Автомобілі та автомобільне господарство» вищ. навч. закладів. – К.: Арістей, 2004. –438 с.
3. Подригало Н.М. Концепція забезпечення ефективності та контролю функціональної стабільності мобільно-трансмісійних установок тягово-транспортних засобів: Дис. доктора техн. наук: 05.22.20/ Подригало Н. М. – Харків, 2016. – 408 с.
4. Протокол № 63-70 (ОП 0108) випробування дослідного зразка самохідного шасі Т-16МГ потужністю двигуна 24 к.с. (СШ-24). - Харків, 1970.