

## МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА ПІСЛЯ ГІДРОУДАРУ

**Хрулев Олександр Едуардович**, канд. техн. наук,  
керівник International Motor Bureau;

**Сарасва Ірина Юрїївна**, канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет; e-mail: [sarayeva9@gmail.com](mailto:sarayeva9@gmail.com)

**Суханов Михайло Юрїйович**, аспірант кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

**Воробйов Олександр Миколайович**, аспірант кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

Досліджується термогазодинамічний процес у циліндрі двигуна внутрішнього згорання в режимі холодного прокручування при вимірюванні компресії. Для розв'язання виявлених проблем розроблено математичну модель термогазодинамічного процесу в циліндрі при холодному прокручуванні в процесі вимірювання компресії в циліндрі. На відміну від наявних моделей покроково описує процеси в циліндрі, враховує реальний характер процесів впуску-випуску, витоку повітря через пару деталей і теплообмін зі стінками. За допомогою моделювання знайдено основні закономірності зміни компресії від режимів, характеру пошкодження сполучених деталей клапанного механізму та циліндро-поршневої групи, включаючи деформацію шатуна при гідроударі від потрапляння рідини в циліндр. За результатами дослідження зроблено висновок, що властивості моделі роблять її застосування ефективним при діагностиці та моніторингу технічного стану двигунів в експлуатації.

Аналіз різних моделей та порівняння відомих даних показали, що залишаються не вирішені до кінця проблеми побудови математичних моделей робочого циклу двигуна, а переважна більшість практичних даних та рекомендацій щодо вимірювання компресії в циліндрі заснована на емпіричних знаннях, численних експериментах та тестах. Відповідно до цього виникає потреба в розрахункових моделях процесу вимірювання компресії та їх теоретичному обґрунтуванні, особливо при експлуатаційному пошкодженні двигуна в результаті гідроудару.

Відомо, що вимір максимального тиску – компресії, в циліндрах двигуна внутрішнього згорання є одним із поширених методів діагностики технічного стану та визначення причин несправності [1, 2]. Ця перевірка зазвичай застосовується на попередньому етапі досліджень, оскільки не вимагає демонтажу великої кількості елементів двигуна. Тим самим вимір компресії є неруйнівним методом контролю технічного стану, у якому об'єкт дослідження

повністю зберігає свої функції. Ця властивість методу має важливе значення при деяких видах досліджень, наприклад, при автотехнічній експертизі.

Іншою безумовною перевагою вимірювання компресії є простота та дешевизна самого вимірювального приладу – компресометра, а також простота алгоритму застосування [3, 4]. В результаті метод отримав надзвичайно широке поширення на практиці як один із найбільш універсальних методів діагностики [5, 6], а величина максимального тиску в циліндрі увійшла практично у всі сервісні та ремонтні керівництва більшості марок та моделей автомобілів [4].

Інша проблема, яка потребує детального аналізу діаграми зміни тиску в циліндрі в режимі холодного прокручування двигуна (без згоряння палива), пов'язана з визначенням характеристик холодного старту [7]. Моделювання запуску дозволяє оцінити пускові властивості двигуна, особливо в умовах низьких температур. Це завдання близьке до завдання вимірювання компресії. Але вона має на меті не діагностику технічного стану конкретного двигуна в експлуатації, а найчастіше конструкторські роботи з поліпшення пускових характеристик двигуна [8], визначення пускової подачі палива [9], оцінку шкідливих викидів і т.д. [10].

Разом з тим, переважна більшість практичних даних та рекомендацій щодо застосування розглянутого методу побудовано на емпіричних знаннях, численних експериментах та тестах [11, 12]. Споживачеві пропонується вірити рекомендаціям, які зазвичай пов'язують величину падіння компресії від якогось «нормального» рівня з конкретним видом несправності, ґрунтуючись на статистичних даних [13, 14].

На рис. 1. представлені результати моделювання циклу холодного прокручування двигуна з витокм повітря, який заданий за допомогою налаштування моделі шляхом порівняння одержуваної величини максимальної компресії з відомими експериментальними даними.

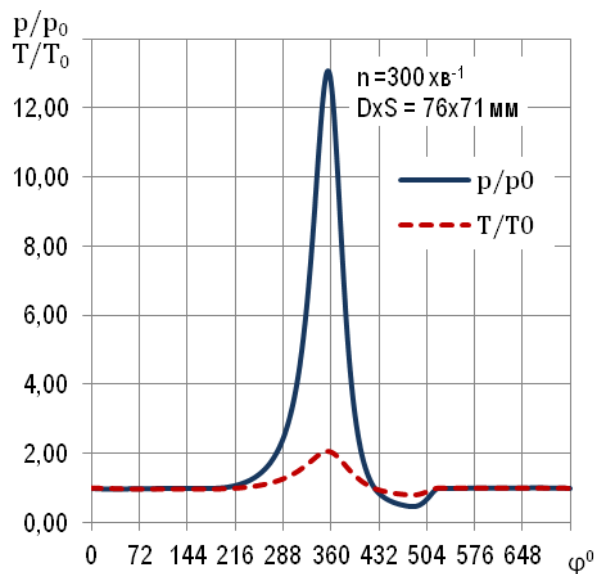


Рисунок 1 - Результати моделювання відносного тиску і температури в циліндрі при заданому витокм

## Висновки

Моделювання запуску дозволяє оцінити пускові властивості двигуна, особливо в умовах низьких температур. Це завдання близьке до завдання вимірювання компресії. Але воно має на меті не діагностику технічного стану конкретного двигуна в експлуатації, а найчастіше - конструкторські роботи з поліпшення пускових характеристик двигуна, визначення пускової подачі палива, оцінку шкідливих викидів і т.д.

## Література

1. Denton T. (2006). *Advanced Automotive Fault Diagnosis*. Second edition. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann. 271.
2. Gilles T. (2011). *Automotive Engines: Diagnosis, Repair and Rebuilding*, 6th Edition. Delmar: Cengage Learning. 734.
3. Maurya R.K. (2019). *Reciprocating Engine Combustion Diagnostics In-Cylinder Pressure Measurement and Analysis*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. 616.
4. Halderman J.D. (2012). *Automotive Technology. Principles, Diagnosis, and Service*. Fourth edition. New Jersey: Pearson Education Inc. 1652.
5. Garage Lube (n.d.). *Pressure School. Part 2: A Running Diagnosis by Pico Technology*. Retrieved from <https://www.garagelube.com/online-training/pressure-school-part-2-running-diagnosis/>.
6. Garage Lube (n.d.). *Pressure School. Part 1: Introduction to the Pressure Transducer by Pico Technology*. Retrieved from <https://www.garagelube.com/online-training/pressure-school-part-1-introduction-pressure-transducer/>.
7. Burrows J.A. (1998). *An investigation into the cold start performance of automotive diesel engines*. Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy. Nottingham. 224.
8. Pacaud P., Perrin H., Laget O. (2008). *Cold Start on Diesel Engine: Is Low Compression Ratio Compatible with Cold Start Requirements?* SAE International Journal of Engines. 20. DOI: <https://doi.org/10.4271/2008-01-1310>
9. Roberts A., Brooks R., Shipway Ph. (2014). *Internal combustion engine cold-start efficiency: A review of the problem, causes and potential solutions*. Energy Conversion and Management. 82. 327–350. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2014.03.002>.
10. Kurtyka K., Pielecha J. (2020). *Cold start emissions from a gasoline engine in RDE tests at different ambient temperatures*. Combustion Engines. 181(2). 24-30. DOI: <https://doi.org/10.19206/CE-2020-204>
11. Reißig M. (2012). *Modeling the Cold Start Process of Spark Ignition Engines*. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock. Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Universität Rostock. 133.
12. Stotsky A.A. (2009). *Automotive Engines. Control, Estimation, Statistical Detection*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. 215.