

## **ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ПУЛЬСАЦІЙ ТИСКУ І ТЕМПЕРАТУРИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ**

**Б.В. Долішній, Н.Б. Клочко**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул.Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна  
e-mail: bdolishniy@gmail.com*

Проблемі енергозбереження надається пріоритетне значення не тільки в межах України, але й у світовому масштабі. Вона є актуальною для більшості галузей господарства і гострота її посилюється поступовою вичерпністю видобувного енергетичного палива: природного газу, нафти та вугілля. У зв'язку з цим невідворотним є завдання раціонального використання енергетичних ресурсів з мінімальними втратами. До таких втрат слід віднести втрати теплової енергії, якими супроводжується робота теплових двигунів, зокрема газомотокомпресорів. Двигуни внутрішнього згорання, поршневі та з газотурбінним наддувом, є найбільш поширеними тепловими двигунами. Їхня встановлена потужність орієнтовно в 10 раз перевищує потужності всіх стаціонарних електростанцій [1]. Відпрацьовані гази газомотокомпресорів, які володіють значним запасом теплової енергії в силу того, що їхня температура досягає вище 300°C, можуть бути використані для нагріву теплоносія технологічних приміщень. Для моделювання процесу теплообміну у відхідному тракті була створена лабораторна установка на базі дизельного двигуна Д21А.

Дослідження нестационарних умов теплообміну характеризуються значно складнішим математичним описом і базуються на результатах експериментального вивчення процесів теплообміну в залежності від параметрів даного процесу, наприклад, тиску і температури. Експериментальні дослідження пульсацій тиску і температури течії відпрацьованих газів дизеля виконувалися на фіксованих частотах обертання колінчастого валу двигуна, які практично повністю охоплюють його робочий діапазон від 600 хв<sup>-1</sup> до 1600 хв<sup>-1</sup> з дискретністю 100 хв<sup>-1</sup>. Для точного задання фіксованих частот обертання використовувався регулятор подачі палива. При цьому дослідження проводилися для двох умов роботи дизеля: навантаженого і ненавантаженого. Режим постійності умов навантаження при різних обертах колінчастого валу двигуна контролювався за показами витратоміра повітря та манометра, під'єднаних до відхідного тракту повітряного компресора.

Обробка осцилограм з метою кількісної оцінки зміни амплітуди пульсацій тиску і температури від режимів роботи двигуна здійснювалася за таким розробленим алгоритмом [1,2]:

$$\nu_p = \frac{N_p \cdot V_p}{L_p}, \quad (1)$$

$$\nu_t = \frac{N_t \cdot V_t}{L_t}, \quad (2)$$

де  $\nu_p$ ,  $\nu_t$  – частоти зареєстрованих пульсацій тиску і температури відповідно, Гц;  $L_p$ ,  $L_t$  – довжини вздовж осцилограми вибраних  $N_p$  і  $N_t$  значень пульсацій тиску і температури відповідно, мм;  $V_p$ ,  $V_t$  – швидкість руху діаграмної стрічки самописця, мм/с.

Невизначеність вимірювання частоти пульсацій тиску і температури формується невизначеністю вимірювання кожного з параметрів, що входять у формули (1)-(2). При цьому обтяженість кожного вимірюваного значення аргументів складовими типу А і В зумовлювала необхідність її детального аналізу з метою конкретизації їх виду і впливу на результати вимірювань [3]. Враховуючи, що визначення частоти пульсацій здійснювалося для кожної осцилограми, то невизначеність  $u_{\theta}$ , яка залежала від непостійності швидкості руху діаграмної стрічки визначалася технічними характеристиками самописця і її віднесено до типу В. Невизначеність числа пульсацій тиску  $u_{N_p}$  оцінювалася за типом А середнім квадратичним відхиленням, оскільки відлік числа пульсацій проводився для одної осцилограми багаторазово. Вимірювання довжини реалізації вибраних для дослідження пульсацій містило дві складові невизначеності: типу В  $u_{L_p}$ , яка визначалася класом точності засобу вимірювання лінійних розмірів (довжини ділянки осцилограми), а також невизначеності типу А  $u_{L_p}$ , яка залежала від правильності й точності відліку цієї довжини

дослідником. Ці чотири складових формували сумарну стандартну невизначеність вимірювання частоти пульсацій тиску.

Враховуючи, що кількість пульсацій коливань  $N_p$  обчислювалася візуально за осцилограмою (число вибиралося близько 15-20), то невизначеність їх відліку була практично відсутня і не враховувалась при обчисленні сумарної невизначеності. Використовуючи для відліку довжини пульсацій штангенциркуль типу ШЦ з ціною поділки 0,1 мм, і приймаючи методичну складову невизначеності відліку довжини  $N_p$  вибраних пульсацій  $\pm 0,2$  мм на підставі результатів експериментальної обробки осцилограм довжиною (200 – 250) мм [1] отримали такі значення складових невизначеності за типом А і В відповідно:  $u_{A_{Lp}} = 0,001$ ,  $u_{B_{Lp}} = \pm 0,0003$

Згідно паспортних даних застосовуваного самописця типу НЗ030-4, переміщення діаграмної стрічки здійснювалося з похибкою 0,5%, яка фактично характеризувала невизначеність самописця типу В [3]:

$$u_{B_{\alpha}} = \frac{0,005}{1,1 \times \sqrt{3}} = 0,004$$

Тому значення сумарної невизначеностей типу А і В становить:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0,0041$$

Для проведених експериментальних досліджень, зважаючи на ефективне число ступенів свободи [3], коефіцієнт охоплення  $k$  для ймовірності 0,95 дорівнює 1,96. Таким чином, розширена невизначеність становить:

$$u_c = 0,0041 \times 1,96 = 0,008$$

Для отриманих результатів дослідження пульсацій тиску та температури відпрацьованих газів, які виконувались на експериментальній установці для дослідження тепловіддачі пульсуючих потоків відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання проаналізовано джерела невизначеності та розраховано розширену невизначеність вимірювання частоти пульсацій тиску і температури, що дозволить здійснити метрологічний аналіз результатів дослідження.

1. Долішній Б.В. Підвищення ефективності використання теплоти відпрацьованих газів газомотокомпресорів : дис. ... канд. техн. наук. : спец. 05.15.13 "Нафтогазопроводи, бази та сховища" / Долішній Богдан Васильович; ІФНТУНГ - Івано-Франківськ, 2003. - 179 с. Долішній

2. Б.В. Дослідження пульсацій потоків відхідних газів дизеля / Б.В. Долішній, Ф.В. Козак // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 1999. – Т.4. – № 36. – С.120-124.

3. Захаров И.П. Теория неопределенности в измерениях: Учебное пособие / И.П. Захаров, В.Д. Кукуш – Харьков: Консум, 2002. – 256 с.

УДК 502.057

## **ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТУПЕНЮ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ ВИКИДАМИ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ**

**Баран С.В., Кучірка Ю.М., Чеховський С.А.**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська 15,  
м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: [sergijbaran41@gmail.com](mailto:sergijbaran41@gmail.com)*

**Актуальність.** Складною проблемою сьогодення при видобутку та переробці нафти чи нафтопродуктів є вчасне реагування на їх можливий викид у природні водойми, які знаходяться на території України, а також за її межами. Вчасна реакція на такі події дозволяє зберегти життя та здоров'я населення, які знаходяться в цьому регіоні. Особливо актуальним це питання є для населення, яке одержує питну воду з таких водойм де вчасна реакція на виявлення нафти у водоймі суттєво підвищує безпеку у цих зонах.