

УДК 622.691.4.052.012

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПУЛЬСАЦІЙ ТИСКУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ГАЗОМОТОКОМПРЕСОРІВ

© Б.В. Долишній, Ф.В. Козак, С.І. Криштопа

ІФНТУНГ; 15, вул. Карпатська, м. Івано-Франківськ, 76019.

Представлены результаты сравнения экспериментальных исследований пульсации давления и температуры отработанных газов дизеля и промышленных газотранспортных установок.

Comparison results of experimental investigations of pressure and temperature pulsation of exhaust gases of a diesel engine and industrial gas-turbine units are given.

Газомотокомпресори (ГМК) – поширені машини на підземних сховищах газу (ПСГ). З відпрацьованими газами ГМК у довкілля викидається велика кількість теплової енергії. Рациональна утилізація зазначеної енергії – актуальна народногосподарська задача, яку необхідно вирішувати. Але, під час проектування теплообмінних апаратів, що працюють на відпрацьованих газах (ВГ) до даного часу не враховувалося, що ВГ двигунів рухаються у пульсуючому потоці, який виникає внаслідок циклічної роботи поршневого ГМК. Тому в розрахунку теплообмінників (ТО) необхідно врахувати пульсації тиску і температури газового потоку ВГ, а саме – їх амплітуду і частоту – на процес теплообміну.

Беручи до уваги, що експериментальні дослідження пульсацій тиску і температури ВГ дизеля, які проведені на кафедрі нафтогазового технологічного транспорту і теплотехніки проводилися на лабораторному устаткуванні [1], доцільним було порівняння отриманих результатів з аналогічними параметрами ВГ промислових газотранспортних устаткувань. Це дало можливість розширити зону застосування отриманих результатів з дослідження процесів теплообміну. У науковому аспекті практичну цінність мають дослідження діапазону зміни амплітуди і частоти пульсацій, а також їх форми в графічній інтерпретації. Практична реалізація поставленого завдання звелася до дослідження і реєстрації пульсацій тиску у відхідному тракті ГМК типу 10ГК в умовах Пасічнянської компресорної станції УМГ “Прикарпаттрансгаз” та на Долинському ГПЗ.

Для вимірювання пульсацій було використано обладнання, яке описане у [2], і застосований алгоритм обробки даних [2]. Відбір тиску для цього вимірювання і реєстрації здійснювався за допомогою спеціального штуцера, який був вмонтований у газовідвідний тракт на відстані 0,5 м від збірного колектора ВГ обох рядів циліндрів. При цьому довжина і діаметр імпульсних ліній від місця відбору тиску до первинного перетворювача пульсацій тиску були незмінними порівняно з результатами досліджень в умовах лабораторного устаткування. Це дозволило використати той самий алгоритм обробки інформації і використовувати для досліджень попередньо визначену постійну часу  $T_p$  первинного перетворювача тиску.

Отримані результати досліджень – осцилограми – зображено на рис. 1. Як бачимо, що частота пульсацій тиску ГМК знаходилася в межах (8-10) Гц. Ця частота візуально на осцилограмі спостерігалася як високочастотні пульсації на фоні результуючої дещо нижчої частоти змін сигналів. Пояснюється це впливом несимфазності відкривання і закривання продувних вікон двотактного газового двигуна та різною відстанню від первинного вимірювача тиску до відповідних циліндрів, відхідні тракти яких об'єднані у загальний колектор.

Тут доцільно зауважити, що за результатами осцилограм дещо складно практично відслідкувати цю частоту, так як у ряді випадків на певних кутах повороту колінчастого вала, зростання температури пульсацій компенсувалося інерційністю їх проходження вздовж відхідного тракту до первинного перетворювача тиску. При цьому експериментальні дослідження кореляційних залежностей між частотою високочастотних пульсацій і частотою обертання колінчастого вала ГМК дозволили встановити чисельне значення коефіцієнта циклічності  $K_{\omega} = 0,5$ , який входить у алгоритм, і аналітично пов'язує частоту обертання колінчастого вала ГМК з частотою пульсацій тиску. Це дозволило визначати частоту пульсацій ВГ у залежності від частоти обертання колінчастого вала ГМК. Частота високочастотних пульсацій знаходилася в межах діапазону досліджуваних частот пульсацій тис-

ку ВГ експериментальної установки. Це стало передумовою застосування результатів експериментально отриманих закономірностей впливу амплітуди пульсацій тиску та температури ВГ на якість теплообміну (які отримані на базі дизеля Д21А) на промислові газотранспортні установки.

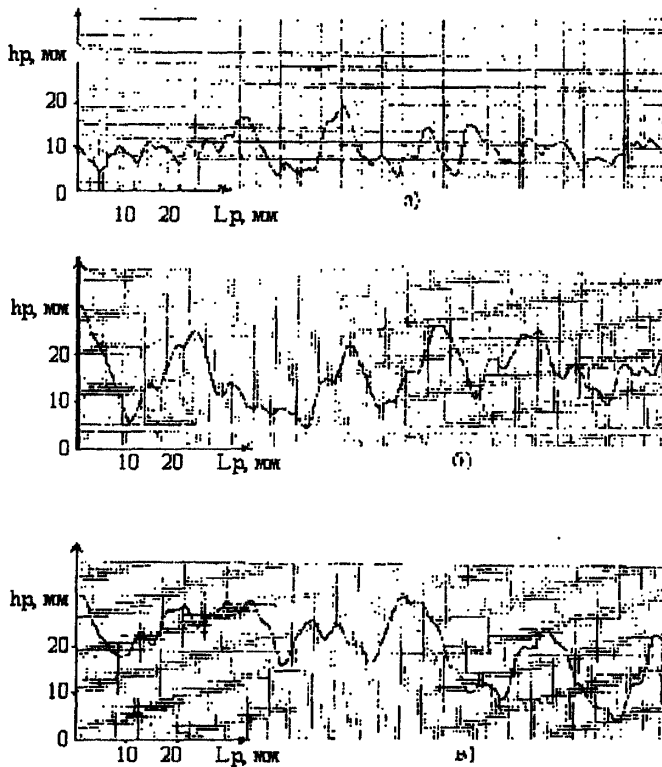


Рис.1. Осцилограми амплітуд пульсацій тиску у відхідному колекторі ГМК:  
а) – осцилограма пульсацій тиску при записі на Долинському ГПЗ;  
б), в) – ДКС “Битків”.

Параметри налаштування блоку інформаційно-вимірювального каналу:

$D$  – діапазон (межа) вимірювання пульсацій тиску:  $D = 10,0$  кПа;

$S_p$  – чутливість каналу самописця реєстрації тиску:  $S = 10$  мВ/мм;

$V_p$  – швидкість руху діагравної стрічки:  $V_p = 50$  мм/с.

Умови проведення дослідів:

частота обертання колінчастого вала ГМК –  $300$  хв<sup>-1</sup>;

тиск природного газу на вході в циліндри компресора –  $0,4$  МПа (рис.1а);  $1,2$  МПа (рис.1б,в);

тиск природного газу на виході в циліндри компресора –  $2,5$  МПа (рис.1а);  $2,6$  МПа (рис.1б,в).

При цьому кількісна оцінка амплітуди пульсацій, яка розрахована згідно алгоритму [2] становила  $(0,7-2,8)$  кПа, що відповідає експериментально зафіксованим за осцилограмами (на рис. 1) амплітудам  $(1-4)$  мм. Порівняння експериментальних досліджень у ДКС “Битків” та на Долинському ГПЗ засвідчують про їх принципову схожість і кількісна оцінка амплітуд є співрозмірною, що підтвердило правильність підходу до визначення амплітуд пульсацій тиску. Розраховані значення пульсацій тиску перевищувало значення пульсацій, які мали місце на лабораторному устаткуванні, що засвідчує про можливість досягнення ефекту від утилізації теплоти ВГ ГМК у різних технологічних об’єктах нагнітання газу, порівняно з умовами утилізації на лабораторному устаткуванні. Різниця в амплітудах пульсацій пояснюється тим, що в ГМК частота пульсацій визначалася не тільки частотою обертання колінчастого вала двигуна, яка внаслідок жорстко встановленої кількості газу, що нагнітається, та тиском на виході, не може змінюватися і на робочому режимі складає  $300$  хв<sup>-1</sup>, але й кількістю циліндрів, порядком їх роботи та різною відстанню від випускних вікон окремих циліндрів до збірного колектора. Тому осцилограми пульсацій тиску ВГ ГМК типу 10ГК істотно відрізняються від аналогічних осцилограм двоциліндрового дизеля за формою сигналу, за симетричністю відносно осі абсцис і, природно, за величиною амплітуди. При цьому лабораторне устаткування перекриває діапазон частот пульсацій ГМК, тобто має більший діапазон.

Враховуючи, що ГМК під час навантаження в процесі нагнітання газу не дав можливості змінювати частоту обертання колінчастого вала, то виникло практичне питання щодо можливої припусової зміни, за необхідності, частоти або амплітуди пульсацій ВГ для впливу на процес утилізації теплоти. Із зображених графіків також бачимо, що форма пульсацій ВГ дизеля і ГМК близькі між собою, що дозволить використовувати результати досліджень лабораторного устаткування для промислових теплосилових устаткувань.

### Література

1. *Долішній Б.В., Козак Ф.В.* Про утилізацію теплоти відхідних газів двигуна внутрішнього згорання // Вісник держ. у-ту "Львів. політехніка". – Львів, 1998. – С. 92-94.
2. *Долішній Б.В., Козак Ф.В., Середюк О.Є., Чеховський С.А.* Дослідження якісних параметрів дизельних двигунів // Методи та прилади контролю якості. – 2000. – №5. – С. 79-83.

УДК 622.691.24

## ПРО ВТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

© *Б. Навроцький<sup>1</sup>, Є. Сухін<sup>2</sup>*

1) ІФНТУНГ; 15, вул. Карпатська, м. Івано-Франківськ, 76019. E-mail: gidro@nung.edu.ua

2) Корпорація «Енерготрансінвест», м. Київ

Систематизовані і класифіковані втрати природного газу при добычє, транспортуванні, преобразованні, подземном храненні і учєтє. На базе собственных исследований и опубликованных результатов дана качественная и количественная оценка потерь.

Natural gas losses at mining, transportation, transformation, underground reservation and registration are systematized and classified. The quantitative and qualitative valuation of losses is given on basis of personal investigations and published facts.

У широкому сенсі втрати газу слід розділити на прямі, зумовлені недосконалістю процесів видобування, транспортування, розподілу, зберігання і обліку та непрямі (опосередковані), зумовлені, як правило, перетворенням енергоносіїв при виробництві теплової та електричної енергії і технологічним використанням природного газу як пального на ДКС. Власне у перетворенні енергоносіїв критерієм втрат виступає ККД, тому називаємо їх опосередкованими втратами газу.

На рис. 1 зображено блок-схему, що систематизує втрати природного газу та деталізує їх, пов'язуючи з об'єктом зберігання та витратами під час транспортування. Втрати газу під час видобування не деталізуються, оскільки в багатьох позиціях аналогічні втратам під час зберігання та транспортування.

На підземних сховищах газу України з 1515 свердловин задіяні в процес нагнітання-видобування 1316. Контроль за свердловинами ПСГ з боку Українського науково-дослідного інституту природних газів (Харків, 1998) дозволив їх класифікувати за величиною міжколонних тисків та витікань газу, як наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Стан свердловин ПСГ України

За величиною міжколонного тиску, МПа		За величиною витікань газу, н м <sup>3</sup> /добу	
до 0,1	50%	до 1	20%
0,1-1,0	25%	1-10	30%
1-3	20%	10-30	25%
3-5	5%	>30	25%

Приймаючи для розрахунків витікань газу, що 50% свердловини загального фонду є герметичними, дамо кількісну оцінку витіканням газу зі сховища, скориставшись даними із табл. 1. Величина втрат газу за безперервних витікань перевищує 5,5 млн. н м<sup>3</sup>. За середньомісячного споживання газу в 100 м<sup>3</sup> така кількість газу забезпечила б місто з населенням понад 200 тис. побутовим газом упродовж місяця, а дохід сягнув би 1 млн. грн.