

ОЦІНКА ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ МЕТОДОМ ВІВЕРА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано літературну інформацію по способах оцінки взаємозамінності горючих газів. Досліджено взаємозамінність горючих газів (генераторного, біогазу, біометану, водню) у суміші з природним газом за критеріями Вівера.

Ключові слова: біогаз, природний газ, генераторний газ, біометан, водень, спалювання, суміш газів, число Воббе, індекс неповного згорання, індекс відриву полум'я, індекс проскоку полум'я, індекс сталої теплової потужності.

Abstract

Literary information on methods of assessing the interchangeability of combustible gases was analyzed. The interchangeability of combustible gases (generator gas, biogas, biomethane, hydrogen) in a mixture with natural gas according to Weaver's criteria was studied.

Keywords: biogas, natural gas, generator gas, biomethane, hydrogen, combustion, gas mixture, Wobbe number, index of incomplete combustion, index of flame separation, index of flame penetration, index of constant thermal power.

Вступ

У різних країнах діють різні критерії взаємозамінності горючих газів (критерій Воббе, індекс Кноу, метод Вівера, критерій Даттона, метод Дельбурга, індекси АГА) [1-6]. В роботах [1, 2, 5, 6] досліджено взаємозамінність сумішей горючих газів на основі числа Воббе та критеріїв взаємозамінності Даттона. В даній роботі наводимо дослідження взаємозамінності сумішей газів за допомогою методу Вівера. Суть цього методу [2] полягає у визначенні відношення комплексу характеристик властивостей газу і процесу горіння для двох газів – основного (паспортного) і газозамінника. Якщо відношення певних фізико-хімічних характеристик двох газів близьке до 1, то гази вважаються взаємозамінними за тим чи іншим критерієм. У разі значного відхилення від одиниці гази вважаються не взаємозамінними.

Мета роботи – обґрунтування можливості спалювання сумішей штучних газів з природним газом з врахуванням критеріїв взаємозамінності Вівера.

Основна частина

Розглянемо основні індекси методу Вівера.

Індекс сталої теплової потужності $J_H(W)$ це відношення критерія Воббе для газу замітника і основного газу. На рисунку 1 наведено дослідження для сумішей таких газів: генераторний і природний газ (ГГ+ПГ), біогаз і природний газ (БГ+ПГ), водень і природний газ (водень + ПГ), біометан і природний газ. Склад газів наведено в [5]. Для досягнення взаємозамінності величина індексу повинна відрізнятись не більше, ніж $\pm 5\%$ від одиниці. Якщо значення перевищує 1,05, то при переході установки на новий газ, спостерігатиметься збільшення теплової потужності. При $J_H(W)$ менше 0,95 матиме дефіцит теплової потужності, порушення технологічного процесу установки. Вийняток є суміш природного і генераторного газів. Суміш природного і генераторного газів у всьому діапазоні досліджуваних параметрів не відповідають нормативному значенню $J_H(W)$. Суміш біометану і природного газу є взаємозамінними газами по індексу сталої теплової потужності. При вмісті водню в суміші з ПГ до 10 % теж забезпечується умова $J_H(W) \pm 5\%$.

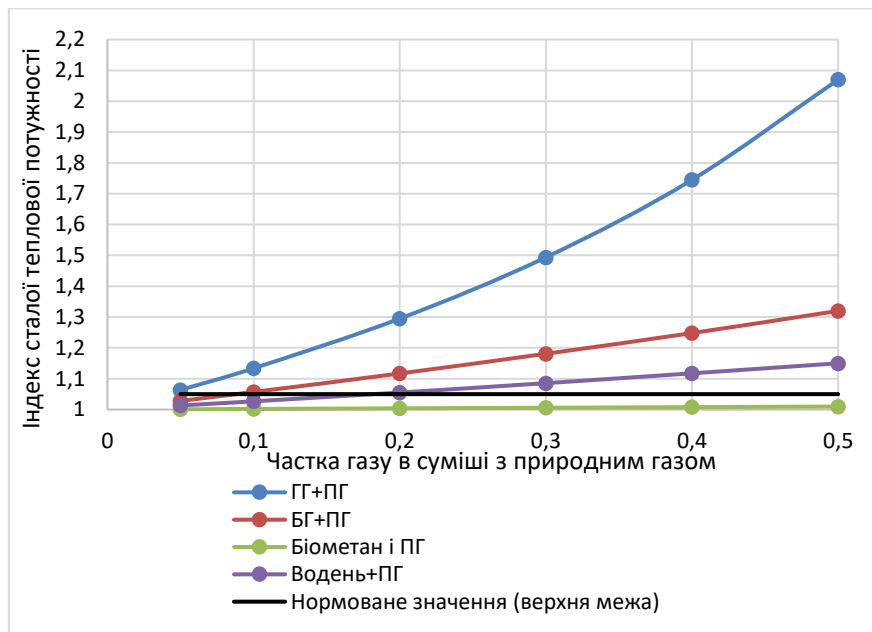


Рисунок 1 – Дослідження впливу частки газів у суміші з природним газом на індекс сталої теплової потужності

Індекс відриву полум'я $J_L(W)$ залежить від швидкості розповсюдження полум'я. Якщо $J_L(W) > 1$, то газ схильний до відриву полум'я від пальника. З рисунку 2, видно, що найбільш схильною до відривання є суміш водню і природного газу. Це пояснюється різною нормальною швидкістю розповсюдження полум'я водню (2,5 м/с) і метану (0,37 м/с). При збільшенні частки водню в суміші, збільшується швидкість розповсюдження полум'я суміші.

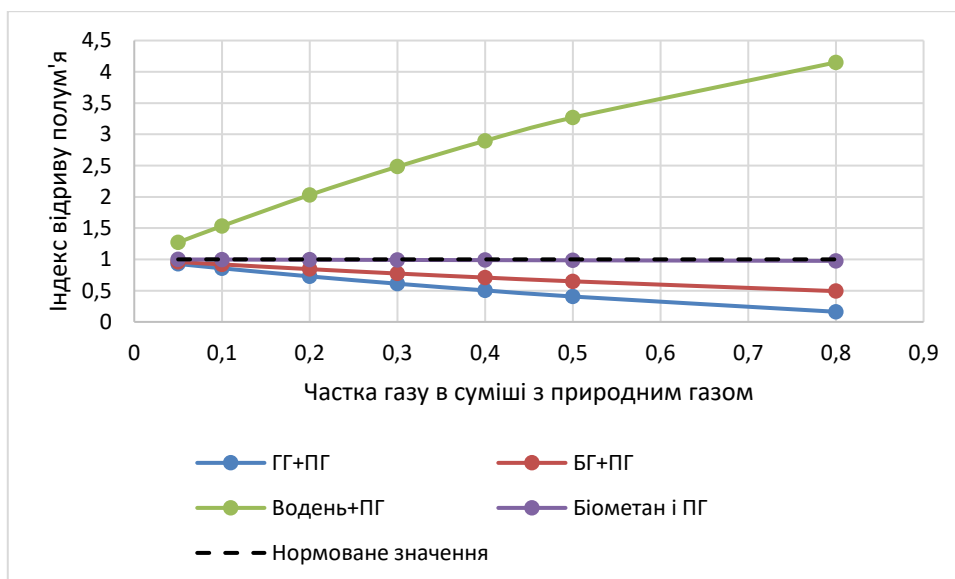


Рисунок 2 – Дослідження впливу частки газів у суміші з природним газом на індекс відриву полум'я

Індекс забезпечення необхідною кількістю повітря на горіння $J_A(W)$ повинен становити $0,95 < J_A(W) < 1,05$. Якщо $J_A(W) > 1,05$, то буде мати місце нестача повітря для повного згорання палива, що призведе до хімічної неповноти згорання, зменшення ефективності роботи установки. З рисунку 3 бачимо, що лише $J_A(W)$ для суміші біометану і природного газу знаходяться в межах $0,95 < J_A(W) < 1,05$.

Суміш водню і природного газу відповідає необхідній умові лише за вмісту водню в суміші до 10 %.

Якщо $J_A(W)$ менше 0,95, то горіння буде протікати при завищених коефіцієнтах надлишку повітря, що може призвести до відриву полум'я, збільшення втрат теплоти з відхідними газами, зменшенню ККД установки. Як видно з рисунку 3, найбільш неефективно пальник працюватиме на суміші генераторного і природного газів.

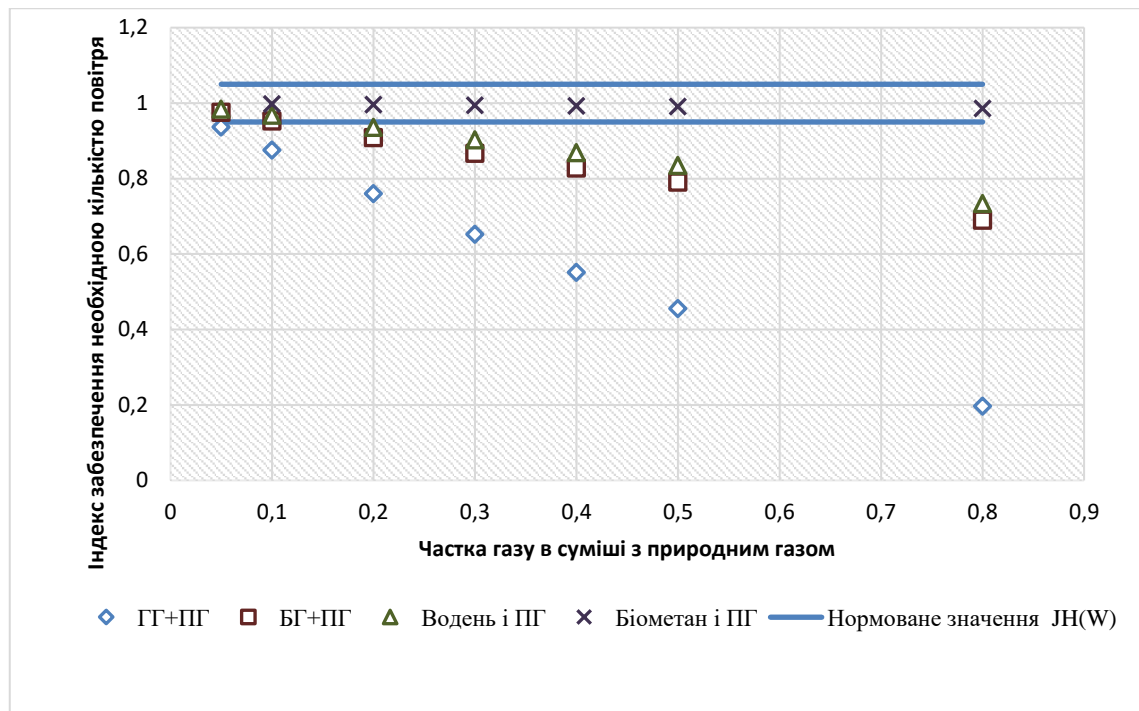


Рисунок 3 – Дослідження впливу частки газів у суміші з природним газом на індекс забезпечення необхідною кількістю повітря

Визначено *індекс проскоку полум'я* $J_F(W)$ для суміші газів. Розрахунки показали, що проскок найменш ймовірний для суміші біометану і природного газу.

Визначено *індекс жовтих проблисків полум'я* $J_Y(W)$. Якщо $J_Y(W) > 0$, то згорання газу буде супроводжуватись утворенням сажі і жовтими проблисками полум'я. Розрахунки показали, що для всіх досліджуваних сумішей горючих газів у всьому діапазоні досліджуваних параметрів $J_Y(W) < 0$, тобто жовтих проблисків полум'я не спостерігатиметься.

Огляд літературної інформації показав, що практичних рекомендацій по переведенню промислових котлів на спалювання сумішей газів з різною теплою згорання вкрай обмаль. Разом з тим цей напрямок досліджень є надзвичайно актуальним, оскільки спалювання альтернативних газів (біогазу, біометану, генераторного газу, водню) дозволить частково вирішити проблему дефіциту традиційних енергетичних палив.

ВИСНОВКИ

Проведено оцінку взаємозамінності газів методом Вівера. Визначено індекси: сталої теплової потужності $J_H(W)$, проскоку полум'я $J_F(W)$, жовтих проблисків полум'я $J_Y(W)$, забезпечення необхідною кількістю повітря на горіння $J_A(W)$. Показано, що суміш біометану і природного газу є взаємозамінними газами по індексу сталої теплової потужності. При вмісті водню в суміші з ПГ до 10 % теж забезпечується умова $J_H(W) \pm 5\%$. Найбільш схильною до відривання полум'я є суміш водню і природного газу. Індекс забезпечення необхідною кількістю повітря $J_A(W)$ для суміші біометану і природного газу знаходиться в межах $0,95 < J_A(W) < 1,05$. Розрахунки показали, що для всіх досліджуваних сумішей горючих газів у всьому діапазоні досліджуваних параметрів $J_Y(W) < 0$, тобто жовтих проблисків полум'я не спостерігатиметься.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боднар Л. А. Особливості синтезу системи виробництва і спалювання біогазу на спиртзаводі /Л. А. Боднар, Д. І. Денесяк, А. С. Лук'янець// Науково-технічний збірник "Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві".– 2018. – №2. – С. 112– 117.
2. Колієнко А. Г. Умови заміни природного газу сумішшю природного газу і водню у комунально-побутових і промислових паливоспалювальних установках [Електронний ресурс]. URL <https://epg-kolvi.com/statti/sumish-pryrodnogo-gazu-i-vodnyu-u-yakosti-palyva-chastyna-1/>
3. Guidebook to gas interchangeability and gas quality URL <https://www.igu.org/resources/guidebook-to-gas-interchangeability-and-gas-quality-august-2011/>

4. ДСТУ ISO 13686:2015 «Природний газ. Показники якості»

5. Боднар Л. А. Особливості спалювання суміші газів в промислових теплогенеруючих установках / Л. А. Боднар, О. Куленко // Електронне наукове видання матеріалів ЛП Науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету, 21-23 червня 2023 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/schedConf/presentations>

6. Боднар Л.А. Критерії взаємозамінності горючих газів [Електронний ресурс]/ Л.А. Боднар, О.О. Куленко // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції " Енергоефективність в галузях економіки України", Вінниця, 21-23 листопада, 2023 р.- Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19338>

Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ, <https://orcid.org/0000-0001-9497-214X>, e-mail: Bodnar06@ukr.net

Странцевілко Володимир Володимирович, студент групи ТЕ-23мс, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, e-mail: stronzvova2121@gmail.com

Bodnar Lilia, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Bodnar06@ukr.net.

Strancevilko Volodymyr, student, e-mail: stronzvova2121@gmail.com