

ПРОБЛЕМИ ОТРИМАННЯ БЕЗСМОЛЬНОГО ГАЗУ В ПРОЦЕСАХ ГАЗИФІКАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено аналіз літературної інформації по способах газифікації альтернативних видів палив, по вимогах до вмісту смол в генераторному газі, а також по властивостях смол. Показано, що серед відомих методів газифікації, найбільш ефективним з точки зору отримання безсмольного газу є ступінчаста газифікація. Систематизовано інформацію по вмісту смол в генераторному газі при газифікації різних видів палив.

Ключові слова: газифікація, паливо, смола, температура точки роси смоли, деревина, торф, відходи сільськогосподарських культур.

Abstract

The paper analyzes literary information on the methods of gasification of alternative types of fuels, the requirements for the content of resins in the generator gas, as well as the properties of resins. It is shown that among the known methods of gasification, the most effective in terms of obtaining a non-slag gas is the step-by-step gasification. The information on the content of resins in the generator gas during the gasification of various types of fuels is systematized.

Keywords: gasification, fuel, resin, dew point temperature, wood, peat, agricultural waste.

Вступ

Зменшення споживання природного газу в Україні на сьогоднішній день є важливою задачею, направленою на підвищення енергетичної безпеки держави [1]. В Україні спостерігається дефіцит енергоносіїв, тому використання альтернативних видів палив (відходів деревини, сільськогосподарських культур (кукурудзи, соняшнику, тощо) , зокрема низькосортних (торфу, бурого вугілля, тощо), для виробництва теплової та електричної енергій є актуальним.

Аналіз існуючих методів використання деревного палива показав, що найбільш переважаючими є методи термічної переробки: спалювання, піроліз та газифікація. При цьому техніко – економічні показники спалювання палива в топках вище в порівнянні з такими ж показниками газифікації і піролізу. Однак досить часто може виникати необхідність вирішення локальних енергетичних проблем з використанням газогенераторів для отримання газу як палива, наприклад в двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ), а також синтез – газу з подальшим його збагаченням воднем. При наявності відходів деревообробки за рахунок виробничої діяльності підприємства застосування газогенераторної установки стає рентабельним [2].

При газифікації дров, торфу, бурого вугілля, а також деяких видів кам'яного вугілля виділяється значна кількість смолистих речовин, що конденсуються при охолодженні газу. Якщо відсутні спеціальні пристосування для вловлювання смол, то в міру проходження газу по довгих газопроводах і охолодження його смоли осідають, засмічуючи газопроводи, клапани та пальники [3]. Отримання газу з низьким вмістом смол в процесах газифікації є надзвичайно актуальною проблемою.

Мета роботи – аналіз методів газифікації палива, систематизація літературної інформації по властивостях смол.

Основна частина

Способи газифікації палива

Багато відомих процесів газифікації біомаси мають загальний недолік - високу забрудненість генераторного газу смолистими речовинами. В роботі [4] наведено інформацію по вмісту смол в генераторному газі, отриманому в газогенераторі з дуттям донизу. Таким чином, при газифікації

соломи люцерни (вологість 7,9%) вміст смол в газі 2,33 г/м³, ячмінної соломи – смол немає, качанів кукурудзи (вологість 11%) – 7,24 г/м³, торфу(вологість 13%) – смол немає, лушпиння горіхів – 6,24 г/м³, солома пшениці (вологість 9,6 %) – смол немає, брикети деревини (вологість 5,4%) – 3,24 г/м³, щепи деревини (вологість 10,8%) – 6,24 г/м³. Таким чином, можна зробити висновок, що при зазначеному типі газифікації, в синтез-газі міститься велика кількість смол. Тому перед спалюванням такого газу в двигуні внутрішнього згорання необхідно ретельно його очищати.

Вельми поширена конструкція газогенератора з оберненим рухом газу - зверху вниз. Повітря підводиться зверху і рухається в тому ж напрямку, що і паливо. Газу відводяться знизу. Смолисті речовини розкладаються в зоні високих температур, і в газопровід надходить безсмольний газ [5].

Недоліками цієї конструкції є поганий випал залишків і висока температура газу. Поганий випал пов'язаний з тим, що в нижній частині газогенератора, де має відбуватися вигорання вуглецю із залишків палива, газ не містить вільного кисню, найбільш інтенсивно взаємодіє з вуглецем.

Іншою конструкцією, що застосовується лише в досить великих установках, є двозонний газогенератор, в якому повітря подається зверху і знизу, а газ відводиться з середньої частини газогенератора. Смолисті речовини, що виділилися в верхній частині газогенератора, проходять розпечений шар в присутності кисню і розкладаються, а завдяки вдуванню повітря знизу відбувається допалювання залишків вуглецю [3, 6, 7].

Газогенератори з оберненим рухом газу і двозонні в основному застосовуються для отримання газу для двигунів. Зразковий склад такого газу (силового газу з торфу) такий: CO₂– 12 %; C₂H₄– 0,1 %; CO – 16%; CH₄– 2,2%; H₂– 17%; N₂ – 52,7%; теплота згорання –1123 ккал / м³

Забрудненість генераторного газу смолами призводить до необхідності використовувати дорогі системи газоочистки і змушує шукати нові способи управління процесом газифікації. Одним з таких способів є ступінчаста газифікація, при реалізації якої стадії піролізу і газифікації відділені одна від одної [8, 9]. Дослідження таких методів газифікації проведені в роботах [8, 9].

В роботі [8] зазначається, що при використанні ступінчастого реактора, при газифікації лушпиння горіхів вміст смол в газі становить 6,5 мг/м³, а при газифікації лушпиння соняшника 7,1 мг/м³. При такому вмісті смол не потрібне додаткове очищення генераторного газу. Такі типи газифікаторів є перспективними при роботі їх з двигунами внутрішнього згорання.

У схемі запропонованій в роботі [9] газогенератор розділений на два пов'язаних реактора, в одному з яких (реактор піролізу) завантажується вхідне паливо (рис. 1).

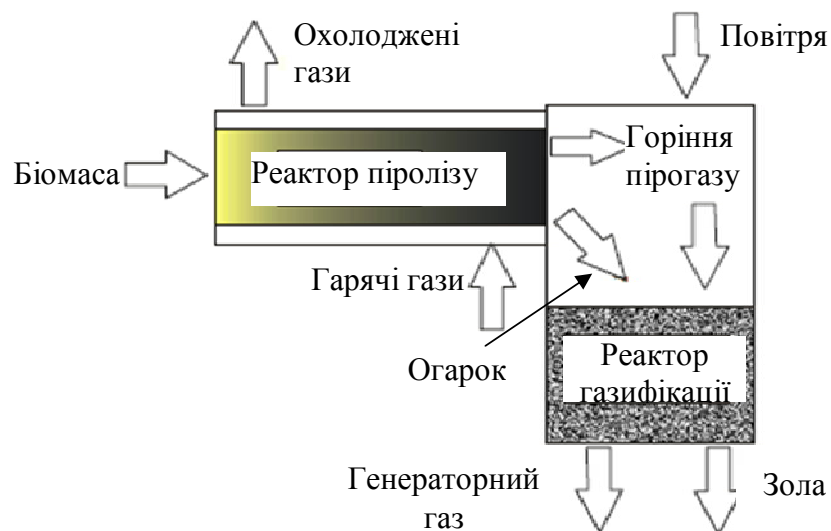


Рисунок 1 – Схема процесу ступінчастої газифікації біомаси [9]

На цій стадії паливо висушується і виділяє леткі речовини. Газоподібні продукти піролізу направляються потім в секцію для спалювання, де при високій температурі досягається глибоке очищення від смол (термічне крекирування). Гарячі гази (продукти окислення пірогазу) є дуттєвим агентом для другої стадії. При досягненні достатнього ступеня конверсії деревний недопал сорбірується недогорілі залишки смол, тому отриманий газ містить лише слідові їх кількості. Використання тепла, що виділилося при згорянні пірогазу, в

ендотермічних процесах відновлення CO_2 і H_2O недопалом дозволяє зменшити термодинамічні втрати.

Вимоги до вмісту смол в газах

Залежно від способу використання генераторного газу до нього пред'являються різні вимоги по рівню вмісту твердих частинок, смол, хлору, лужних металів.

Для газу, що використовується в ДВЗ і турбінах, ці вимоги до цього часу точно не встановлені. Виробники вказують різні вимоги, які прийнятні для їх двигунів і турбін. Вони пов'язані з необхідністю запобігання засмічення газових трактів і трубопроводів, а також ерозії, корозії і зносу елементів двигунів.

При спалюванні генераторного газу в котлах до вмісту смол в газі жорсткі вимоги зазвичай не пред'являються. Однак котел повинен розташовуватися безпосередньо біля газифікаційної установки, інакше можуть виникнути проблеми, пов'язані з конденсацією смол і засміченням трубопроводів. Для запобігання цього в обладнанні газифікаційної установки повинна бути передбачена система очищення генераторного газу від смол. Якщо газ спалюється в котлі [10], то допустима концентрація твердих частинок в ньому становить $70 - 1500 \text{ мг / м}^3$ в залежності від розмірів і місця розташування котельного обладнання. При використанні в ДВЗ генераторний газ повинен містити твердих частинок не більше $10 - 50 \text{ мг / м}^3$, в ГТУ – від 2 до 20 мг / м^3 в залежності від швидкості обертання турбіни і робочої температури.

Інформація по допустимій кількості смол в генераторному газі що спалюється в ДВЗ в літературних джерелах наводиться різна

Слід також відзначити, що інформації по допустимому вмісту смол в димових газах при прямому спалюванні деревини та інших альтернативних видах палива у відкритому доступі немає.

Властивості смол

В роботі [11], опублікованій компанією ECN, яка займається вивченням властивостей смол, їх конденсацією та очищенням від них димових газів, розміщена система класифікації смол. Вони за своїми фізичними властивостями поділяються на п'ять класів. Температура точки роси смоли залежить від класу смоли і її концентрації в продуктах згорання (рис.2).

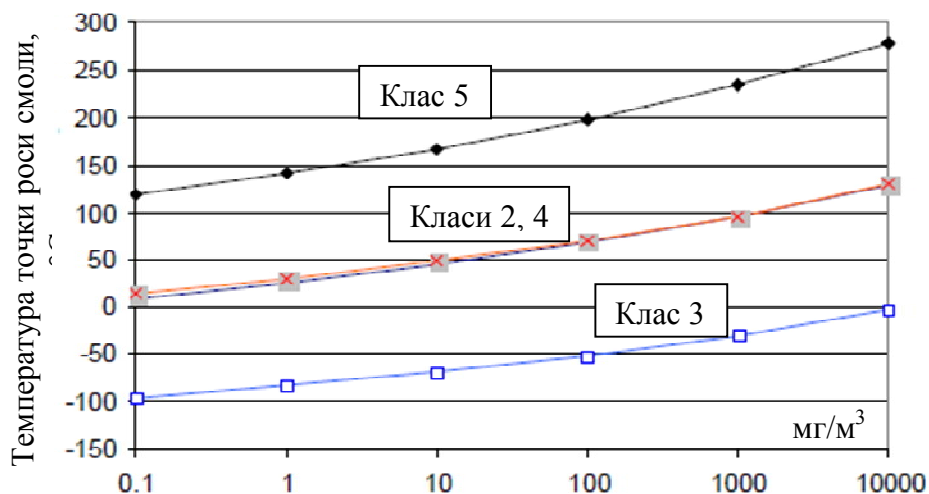


Рисунок 2 – Температура точки роси смоли при атмосферному тиску залежно від концентрації смол для різних класів

Смола деревини являє собою складну суміш органічних речовин: фенолів (10–25 %); кислот (10–30%); нейтральних речовин (40–55%). В склад фенолів входять фенол, крезолі, ксиленолі, о-етилфенол, псевдокуменоли, пірокатехін, гваякол, метилові ефіри пірогаллола та ін. Із кислот присутні представники жирного ряду від мурашиної до каприлової, бегенова та ін. В склад нейтральних сполучень входять кетони, альдегіди, спирти, вуглеводневі різних класів та ін [12].

Серед п'яти класів смол нами виділені такі, які найбільше відповідають властивостям смоли деревини. Такими класами згідно класифікацією ECN [11] є клас 2 і клас 4. Клас 2 – гетероциклічні

компоненти (фенол, пуріден, крезол). Клас 4 – легкі поліароматичні вуглеводневі (2–3 rings PAH's поліароматичні вуглеводневі). Ці компоненти конденсуються при відносно високих концентраціях і середніх температурах. Компоненти смоли – нафталін, метил-нафталін, біфенол та ін. Для згаданих класів температура точки роси смоли однакова. Клас 5 – це важкі смоли, компоненти яких конденсуються при високих температурах (120...280 °C). Для класу 1 на сайті ECN інформації по температурі точки роси немає.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено систематизацію літературної інформації по проблемах отримання безсольного газу в процесах газифікації. Проаналізовано інформацію по способах газифікації та вмісту смол в отриманому генераторному газі. Показано, що більшість з найбільш поширених технологій газифікації біомаси не задовольняє вимогам виробників ДВЗ по вмісту смол в генераторному газі. Тому найбільш доцільним способом отримання генераторного газу для спалювання його в ДВЗ є ступінчаста газифікація. Проаналізовано склад смоли і показано, що серед п'яти класів смол найбільш поширеними при газифікації деревини є класи 2 і 4. Відзначено, що інформації по допустимому вмісту смол в димових газах, за якого виключатиметься їх конденсація, при прямому спалюванні деревини та інших альтернативних видах палива у відкритому доступі немає.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетична стратегія України до 2030 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_nauk_an_rozrobku/Energy%20Strategy%202035.pdf
2. Соловьев В. Н. Отработка элементов технологии газификации местных видов топлива и органических отходов в обращенном режиме / В. Н. Соловьев, Л. А. Бида, Г. И. Фокина и др. – Минск, 2003. – 37 с. – (Препринт/НАН Беларуси. Объед. ин-т энергетич. и ядер. исслед. – Сосны; ОИЭЯИ – 9.
3. Гинзбург Д. Б. Газификация низкосортного топлива/ Д. Б. Гинзбург. –М. : Промстройиздат, 1950. – 171 с.
4. Anil K. Rajvanshi. Biomass gasification. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://nariphaltan.org/nari/pdf_files/gasbook.pdf
5. Юдушкин Н. Г. Газогенераторные тракторы. Теория, конструкция и расчет/ Н. Г. Юдушкин. – М. : Государственное научно-техническое издание машиностроительной литературы, 1955. – 242 с.
6. Han J. The reduction and control technology of tar during biomass gasification/pyrolysis: An overview / Han J. , Klin H. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. – V. 12. – P. 397 – 416.
7. The design, construction and operation of a 75 kW two-staged gasifier/ U. Henriksen, J. Ahrenfeldt, T. K. Jensen, B. Gobel, J. D. Bentzen, C. Hindsgaul. L. H. Sorensen// Energy. 2006. – V. 31. – P. 1542-1553.
8. Кремнева Е. В. Разработка энергосберегающей технологии двухстадийной газификации биомассы для когенерационных установок / Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – №8 – С. 40 – 47.
9. Донской И. Г. Расчетное исследование режимов работы двухступенчатого слоевого газогенератора для переработки древесных отходов/ И. Г. Донской, А. В. Кейко// [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docplayer.ru/51423892-Raschetnoe-issledovanie-rezhimov-raboty-dvuhstupenchatogo-sloevogo-gazogeneratora-dlya-pererabotki-drevesnyh-othodov.html>
10. Гелетуха Г. Г. Обзор технологий генерирования электроэнергии, полученной из биомассы при ее газификации / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная// Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 3. – С. 3 – 11.
11. Tar formation in fluidised-bed gasifier/ Report ECN. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ecn.nl/docs/library/report/2004/c04013.pdf?q=tar>
12. Козлов В. Н. Технология пирогенетической переработки древесины / В. Н. Козлов, А. А. Нимвицкий. – М.—Л., 1954. – 312 с.

Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: Vodnar06@ukr.net

Сологуб Тетяна Анатоліївна, студентка групи ТЕ-15 м, факультет будівництва, теплоенергетики та теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет. e-mail: tasologub@gmail.com

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

Sologub T. – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University.