УДК 577.20

ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ВИРОБЛЕННЯ ЕНЕРГОНОСІЇВ

Л. А. Боднар, А. О. Юзюк, О. В. Леонова

Проведено аналіз інформації щодо розвитку процесів виробництва штучних газів із твердих видів палива. Проаналізовано дані науково-практичної бази та сучасний стан питань із підвищення ефективності комунальної енергетики.

Проведен анализ информации из развития процессов выработки искуственных газов из твердых видов топлива. Проанализированы данные научно-практической базы и современное состояние вопросов из повышения ефективности коммунальной энергетики.

The analysis of information is conducted on development of processes of production of artificial gases from the hard types of fuel. Data of scientific – practical base and modern state of questions are analysed on the rise of efficiency of communal energy.

Вступ

Теплоенергетичні підприємства працюють переважно на традиційних видах палива, що у свою чергу з кожним роком приводить до дорожчання собівартості продукції, яку вони відпускають.

З іншого боку всі великі міста мають проблему вивезення та складування твердих побутових відходів. Але тверді побутові відходи можна переробляти і отримувати ту чи іншу енергію. Також однією з переваг відходів є їх поновлюваність і постійне зростання об'ємів, що пов'язано з ростом населення, збільшенням асортименту продукції, що фасується, та ін. В нашій державі щорічно накопичуються також великі запаси соломи, різних сільськогосподарських культур, відходи деревопереробних підприємств, що також можуть бути використані з метою виробництва енергоносіїв.

Метою даної роботи є розширення області еколого- і енергоефективного використання органічних відходів з метою вироблення енергоносіїв.

На сьогоднішній день актуальними є питання переробки органічних відходів з метою виробництва енергоносіїв, використання газифікації для отримання паливного газу та подальше його застосування в теплоенергетичному та технологічному обладнанні. Таке впровадження можна розглядати як альтернативний варіант заміни природного газу.

Основна частина

Газифікація твердого палива є важливим напрямком паливовикористання. Велике майбутнє цьому напрямку передбачив ще в кінці минулого століття Д. І. Менделєєв який сказав: «Думаю, что время выгодности устройства особых заводов для переделки топлива в горючие газы недалеко, потому что города сильно растут, заводы и фабрики скопляются около них и топливо здесь идёт в громадных массах, а сокращение хлопот и расходов с развозкой топлива и с необходимостью во многих случаях высокой температуры должно дать значительное сбережения при употреблении газового топлива» [1].

В сучасних умовах доцільність розвитку газифікації твердого палива пов'язана з тим, що застосування газу замість твердого палива інтенсифікує виробничі процеси, підвищує продуктивність і культуру праці, покращує санітарно-гігієнічні умови на підприємствах, забезпечує різке зменшення забруднення навколишнього середовища. Застосування газифікації твердих палив дозволяє розширити сферу їх використання за рахунок споживачів, для яких використання навіть високоякісного твердого палива або неможливо або порівняно із застосуванням штучного газу з цього паливо менш ефективне. В США ще в 70-х роках почала створюватись велика промисловість виробництва штучних газів-замінників дефіцитного природного газу з метою забезпечення резервного палива в разі недостачі природного газу [2].

Під час газифікації твердого палива отримується газ різного складу і теплоти згорання, який придатний для широкого використання в промисловості і як сировини для хімічної

© Л. А. Боднар, А. О. Юзюк, О. В. Леонова

промисловості.

Набула поширення газифікація сірковмісних мазутів під тиском з подальшою високотемпературною очисткою газів від сірководневих сполук, сажі, пилу; газифікація низькоякісних палив в киплячому шарі під тиском, окислювальний піроліз і електропіроліз, які вирізняються високою ефективністю і екологічною чистотою [3, 4, 5].

Авторами [5] виконані дослідження складних процесів конверсії природного газу, а також газифікації твердого і рідкого палива в широкому діапазоні тисків, температур і складів початкових сумішей. Авторами також проаналізовано основні закономірності газоутворення, вводиться кількісна оцінка умов отримання із викопних палив водню, синтез-газу, енергетичного газу та ін.

Майже у всіх промислово розвинутих країнах світу до широкого використання природного газу на підприємствах працювали газогенераторні станції, які забезпечували паливними газами печі металургійної, машинобудівельної, скловарної та інших галузей промисловості. На сьогоднішній день розроблено цілий ряд конструкцій газогенераторів та допоміжного обладнання (обв'язка газогенератора, клапанів, газоочисних приладів та ін.), що сприяє виробництву з твердого палива конкурентоспроможного генераторного газу [6].

Якість генераторного газу значною мірою визначається положенням рівноваги комплексу відповідних реакцій. Розрахунки рівноважних складів можуть заздалегідь дати уявлення про вплив складу дуття, температури і тиску, при яких буде вестись процес [7, 8]. Авторами [7, 8] описані фізико-хімічні процеси які протікають при спалюванні і газифікації палив, висвітлені основні матеріали динаміки газоутворення при газифікації твердого палива.

В СРСР газифікація твердих палив отримала великий розвиток в 40-50-х роках XX століття, коли була поставлена задача заміни далекопривізних палив місцевими видами твердого палива. Цей період відзначено початком робіт із підземної газогенерації. В довоєнний період були створені перші вітчизняні конструкції промислових газогенераторів і вдосконалені методи очистки газу і вловлювання побічних продуктів газифікації. Проведені детальні теоретичні і експериментальні дослідження фізико-хімічних і технологічних основ інтенсифікації роботи промислових газогенераторів [8]. Одним з невирішених питань того часу залишається екологічна ефективність використання палива, оскільки не було чітких норм по викидах.

Науково-дослідні роботи і отриманий досвід в області промислових газогенераторів відіграли важливу роль в роки війни. Тоді в умовах катастрофічної недостачі рідкого палива потрібно було забезпечити підвищене споживання газу воєнної та іншої промисловості, використовуючи існуюче обладнання і місцеві низькокалорійні види твердого палива [3]. Тоді ж були побудовані великі заводи для виробки газів придатних для транспорту на великі відстані (газосланцеві і завод високого тиску), а також газогенераторні станції на промислових підприємствах. Розроблені основи теорії газифікації, очистки газу для використання в двигунах внутрішнього згорання тракторів та автомобілів в 50-х роках [10, 11].

Сьогодні попередня газифікація стає актуальною при спалюванні сірковмісних і багатозольних палив на теплових електростанціях. Також не втратила свого призначення і газифікація твердого палива для місцевого газопостачання районів, віддалених від магістральних газопроводів та родовищ тощо. На додаток до системи централізованого газопостачання на основі магістральних газопроводів має існувати система локального газопостачання [3].

Огляд інформації показав, що такі питання як: проблеми хімічних реакцій газогенераторного процесу, тепловий режим газогенератора, загальні умови нормальної роботи паливного шару в газогенераторах, газопроникність шару, рух палива і золи, стійкість залягання частинок в шарі, фізико-хімічні властивості палива, міри та заходи у випадку збільшення або зменьшення потужності газогенератора, створення потужних газогенераторів і процеси отримання газів високої теплоти згорання придатних для транспортування на великі відстані значною мірою вже вирішені. Однак на сьогоднішній день в літературі мало розробок, присвячених енергоефективним газогенераторам малої потужності, що можуть бути використані в локальних системах теплопостачання [12], проте роботи в області газогенерації твердих видів палива (вугілля) знову поновлені і набувають свого подальшого розвитку [13]. У Білорусії також розвиваються технології газифікації місцевих видів палива і органічних сполук. Вивчення технологічних параметрів оберненого процесу газифікації при надлишковому тиску, відпрацювання систем подачі палива в газогенератор, систем золовидалення і керування

технологічним процесом і безпекою, а також характеристики палива (вологість, зольність, фракційний склад та ін.), хімічний склад газової фази, вміст в газі смолистих і пиловидних включень дало можливість сконструювати газогенератори потужністю 100 і 200 кВт [14].

Інститутом технічної теплофізики НАН України розроблені регіональних програми [15]. Метою яких є: підвищення ефективності і надійності функціонування комунальної теплоенергетики шляхом модернізації існуючого теплогенеруючого обладнання, залучення в енергообіг поновлюваних та нетрадиційних джерел енергії та впровадження сучасних енергоефективних технологій та устаткування на засадах інноваційного розвитку; підвищення енергозалежності конкретних об'єктів і цілих регіону за умови впровадження енергозберігаючих заходів на діючому енергообладнанні, введення нових потужностей (когенераційних установок) і залучення в енергобаланс відновлюваних і нетрадиційних енергоресурсів.

Для здійснення програм потрібне впровадження нових швидкоокупних, апробованих енергоефективних і екологічно чистих технологій і обладнання для комунальної теплоенергетики шляхом: впровадження сучасних технологій з комбінованого (когенераційного) виробництва теплової та електричної енергії, в т. ч. міні (і мікро) ТЕЦ.

Інститутом газу НАН України запропоновано концепцію «Interchangeability» [16] в рамках якої розроблені: методика розрахунку потрібної витрати альтернативного палива в умовах повного або часткового заміщення вуглеводневого палива з урахуванням зменшення потенціалу й температури горіння паливо-окислювальної суміші; горючості паливних сумішей; теплотехнічні і теплофізичні властивості продуктів згорання: коефіцієнти динамічної й кінематичної в'язкості, ступінь чорноти (випромінювальна здатність), питомий потік випромінювання, коефіцієнти тепло- і температуропровідності; вдосконалені оригінальні термодинамічні і кінетичні комп'ютерні програми, що забезпечують розрахунок перерахованих характеристик альтернативних паливних сумішей в умовах заміщення вуглеводневого палива.

В області технологічного спалювання детально вивчені хімічні процеси, пов'язані з термічним розкладом органічних палив і спалюванням при $\alpha < 1$ з метою отримання паливних газів. Ці процеси відбуваються в «реакторах», «конвекторах», «газогенераторах», «печах». Сучасні газогенераторні технології характеризує ряд ознак: горіння/газифікація в кисні при високих тисках і температурах; незначна залежність складу синтез-газу і хімічного коефіцієнта корисної дії від виду палива в межах термонейтрального автотермічного режиму, а також універсальність реакторів по паливу в межах даного режиму. Газифікація, спалювання в кисні, система CCS, двостадійний спосіб спалювання, паливна база технологічного горіння та термохімічна ефективність агрегатів технологічного горіння розроблена автором [17].

Авторами [18, 19] широко висвітлені роботи в напрямку використання біомаси та органічних відходів для отримання енергії, їх кількості, технології піролізу і газифікації, застосування когенераційних установок на базі газогенераторів з використанням генераторного газу.

В результаті аналізу відомої нам інформації на сьогодні можна подати таку схему використання енергоносіїв отриманих з біомаси (Рис. 1) [20-23]. Але на скільки нам відомо, немає наукових основ синтезу систем, узагальнень, методів прийняття рішень щодо вибору технологічного ланцюга переробки відходів в залежності від морфологічного та елементарного складу відходів та від особливостей зовнішніх зв'язків системи [24].

Таким чином, є розробки щодо зменшення витрат енергії, ресурсів та техногенного навантаження на навколишнє середовище в кожному окремому технологічному процесі переробки, але немає науково-обгрунтованих методів вибору систем переробки відходів із виробництвом енергоносіїв, методів поєднання різних способів переробки відходів з метою мінімізації техногенних ризиків.

Для мінімізації техногенних ризиків на етапі прийняття принципових рішень пропонується концепція багаторівневого формування системи виробництва енергоносіїв з органічних відходів.

Вирішення завдання пов'язане із аналізом великих об'ємів інформації, потребує розробки і використання евристичних правил на основі досвіду проектування та експлуатації, інженерних узагальнень, проведення експериментальних та розрахункових досліджень, нових оригінальних методів математичного моделювання робочих процесів в системах конверсії органічних відходів.

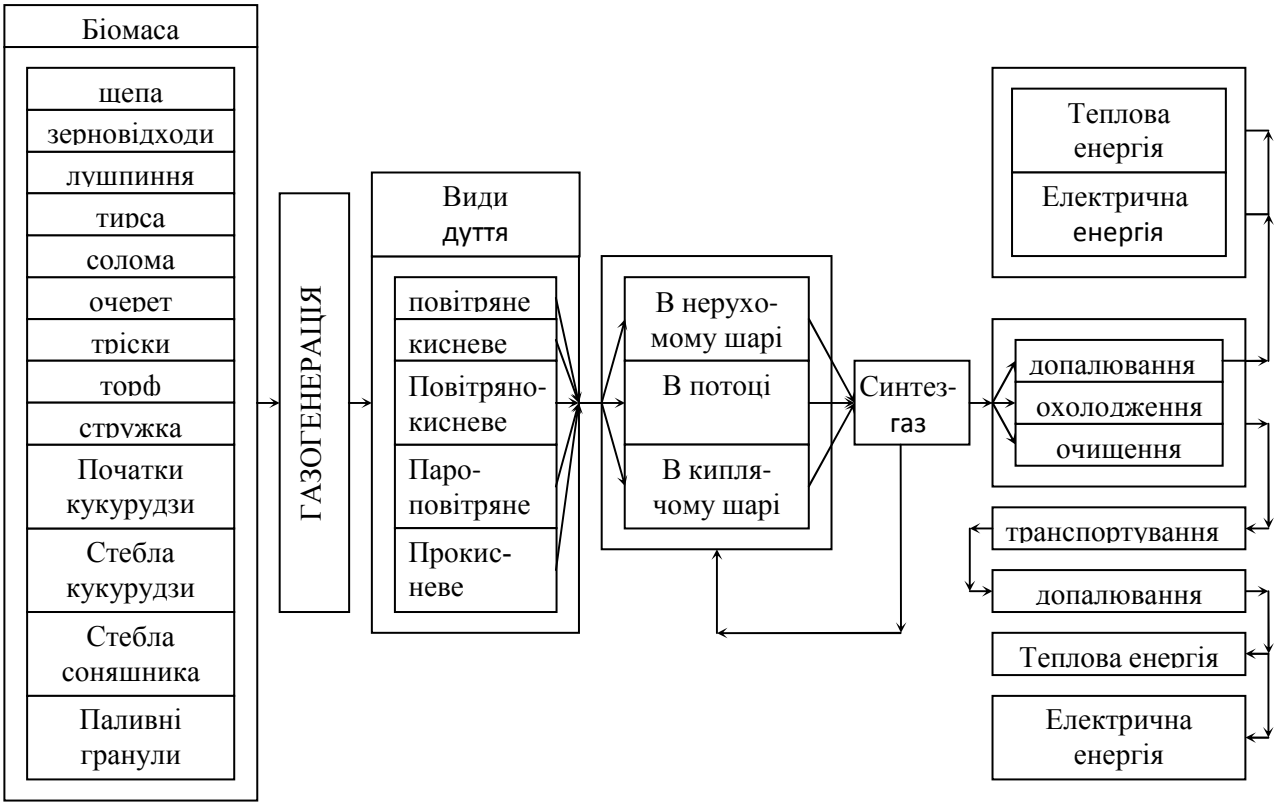

Рис. 1. Схема можливих процесів протікання газогенерації

Залишились ще не вирішеними проблеми великої енергетики при впроваджені газифікаційних технологій – дороговизна кисню, низька надійність газоохолодника, відсутність високотемпературної очистки, низька ефективність технологічного горіння, не кажучи про те, що ці ж питання не розв'язані і в малій енергетиці, для локального використання обладнання.

Теплообмін в поверхнях нагрівання теплогенератора можна віднести до детермінізованих процесів, оскільки суть теплопередачі достатньо вивчена і давно відомі характеризуючі її основні закономірності. З іншого боку, процес теплопередачі є стохастичним, тому, що аерогідродинаміка теплогенератора і теплообмінний механізм в цілому по теплогенератору не взаємопов'язані і мають ймовірнісний характер. Частково вирішено задачу комбінування променевого і конвективного теплообміну випромінюванням і знайдено оптимальне співвідношення L/D, але зроблено це для природного газу [25].

У великій енергетиці забезпечують виконання таких умов для здійснення процесів газифікації твердого палива: вловлювання виносів у циклонах із поверненням їх в зону горіння, система сіркоочистки дешевим твердим сорбентом (вапняком), без регенерації, але з перетворенням використаного сорбенту в екологічно безпечний продукт (гіпс) і наступною його утилізацією разом з виведеною золою, також газ проходить циклон потім в теплообмінник далі очищення газів через газовий фільтрскрубер потім нерухомий фільтр. Гази охолоджуються в теплообміннику а потім очищуються в рукавному фільтрі від пилу і частково від смоли. Система паливопідготовки включає в себе систему очищення від пилу (вологу або суху), систему сіркоочистки (низькотемпературну – з використанням діетаноламіну або етанол аміну або ін., високотемпературну – з використанням оксиду цинку, титану цинку, фериту цинку або ін.), систему видалення аміаку, східчасте спалювання $NO_X < 20$ ppm [26-28].

В малій енергетиці ці умови в таких масштабах важко впроваджувати через високу вартість. Автор [29, 30] пропонує такі методи запобігання відкладенню смол: створення зон високої температури; відповідність потужності котла фактичному споживанню теплоти; використання буферних ємкостей для згладжування нерівномірності споживання і роботи котла; ізоляція димоходів; дотримання низької вологості палива; підтримання температури зворотної води не менше 65 °С; запобігання тривалій роботі котла на мінімальному режимі. При проведені теоретичного і фізичного експериментів на водогрійному

газотрубному котлі на органічних відходах КС-Д-60 отримали вміст у відхідних газах характерних компонентів зведений до $\sum\alpha = 2,47$ такий: кисню – 12,5 %, двоокису вуглецю – 8,2 %, оксиду вуглецю – 6934 мг/м^3 або 0,55 % [31]. Загальний надлишок повітря $\sum\alpha = 2,47$ встановлений з метою зменшення концентрації оксиду вуглецю у відхідних газах в межах допустимої концентрації за ДСТУ 2326-93 (ГОСТ 20548-93), ДСТУ 3948-2000. На наш погляд потрібно розробити норми для котлів невеликої потужності до 3 МВт, щоб якісно і кількісно мати змогу вирішувати енергетичну і екологічну ефективність використання палива.

Висновки

- Щорічне підвищення цін на природний газ та скорочення його запасів обумовлює пошук дешевих і не менш ефективних джерел енергії. Підприємства комунальної теплоенергетики переважно використовують в першу чергу природний газ, вугілля та мазут.
- Завдяки досвіду науковців минулих років та сьогодення маємо певну науково-практичну базу для розвитку газогенерації у великих масштабах. В середині ХХ століття були створені підприємства та науково-технічна база для вироблення штучного генераторного газу із низькокалорійних видів палива, але в зв'язку зі швидкими темпами переходу промисловості на природний газ, такі розробки були майже припинені. Враховуючи реальне фінансування зі сторони держави має сенс розвивати виробництво газів із органічних відходів при побудові локальних систем опалення і гарячого водопостачання. Але для цього треба вирішити багато проблем, пов'язаних з адаптацією існуючих теплотехнологій газифікації твердих палив до виробки енергоносіїв із органічних відходів. Так, однією з проблем, яку потрібно вирішити, це екологічна і енергетична ефективність використання органічних відходів з метою вироблення енергоносіїв.

Список літератури

1. Менделеев Д. И., Сочинения, т. XI, Изд-во АН СССР, 1949, с. 60.
2. Альтшулер В. С. Новые процессы газификации твёрдого топлива / В. С. Альтшулер – М. : «Недра», 1976. – 280 с.
3. Альтшулер В. С. Методы интенсификации работы промышленных газогенераторов. – Изв. АН СССР ОТН 1943. №11, 12. – С. 22-36.
4. Альтшулер В. С. Газовые процессы / В. С. Альтшулер. – М. : Наука, 1967. – 167 с.
5. Термодинамика процессов получения газов заданного состава из горючих ископаемых / [Альтшулер В. С., Клириков Г. В., Медведев В. А. и др.]. – М. : Наука, 1969. – 103 с.
6. Гинзбург Д. Б. Газификация твердого топлива / Д. Б. Гинзбург. – М. : Атомиздат, 1958. – 256 с.
7. Лавров Н. В. Термодинамика реакций газификации и синтеза из газов / Н. В. Лавров, В. В. Коробов, В. И. Филиппова – М.: Наука, 1960. – 99 с.
8. Лавров Н. В. Физико-химические основы процеса горения топлива / Н. В. Лавров. – М. : Наука, 1971. – 272 с.
9. Лавров Н. В. Введение в теорию горения и газификации топлива / Н. В. Лавров, А. П. Шурыгин – М. : Наука, 1962. – 215 с.
10. Юдушкин Н. Г. Газогенераторные тракторы / Н. Г. Юдушкин. – М. : Машгиз, 1955. – 245 с.
11. Токарев Г. Г. Газогенератоные автомобили / Г. Г. Токарев. – М. : Машгиз, 1955. – 207 с.
12. Альтшулер В. С. Методы интенсификации работы промышленных газогенераторов / В. С. Альтшулер. – М. : Наука, 1955. – 32 с.
13. Корчевой Ю. П. Экологически чистые угольные енерготехнологии / Ю. П. Корчевой, А. Ю. Майстренко, А. Н. Топал. – К. : Наукова думка, 2004. – 187 с.
14. Отработка елементов технологии газификации местных видов топлива и органических отходов в обращенном режиме / В. Н. Соловьев, Л. А. Бида, Г. И. Фокина, Г. Г. Колчанов, А. С. Левчук, Л. И. Хилько, И. Г. Плещанков, С. Г. Щекина. – Минск, 2003. – 37 с. – (Препринт/НАН Беларуси. Объед. ин-т энергетич. и ядер. ислед. – Сосны; ОИЭЯИ – 9)
15. Долінський А. А. Регіональні програми реконструкції і модернізації комунальної теплоенергетики / А. А. Долінський, О. І. Чайка // Комплексное решение задач энергосбережения в промышленной и коммунальной энергетике на территории СНГ : междунар. конф, 11-15 сен.2007 г.: тезисы докл.–XXII., Киев-Ялта., 2007. – С. 15.
16. Сорока Б. С. Научно-технические основы замещения природного газа альтернативным

газовым топливом современный подход / Б. С. Сорока // Энергоефективность – 2010 : междунар.научю-прак.конф, 19-21 окт.2010 г.: тезисы докл., 2010. – С. 149.
17. Рыжков А. Ф. Развитие технологического горения в энергетических установках / Рыжков А. Ф. / Сборник современная наука – 2010. – № 1(3). – С 20-31.
18. Гелетуха Г. Г. Обзор технологий газификации биомассы/ Гелетуха Г. Г. Железная Т. А. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 2. – С. 21-29.
19. Гелетуха Г. Г. Перспективы использования в Украине современных технологий термохимической газификации и пиролиза биомассы / Гелетуха Г. Г., Железная Т. А., Борисов И. И., Халатов А. А. // Промышленная теплотехника. – 1997. – Т. 19, № 4-5. – С. 115-120.
20. Сигал И. Я. Источник выбросов метана в Украине и особенности утилизации биогаза / И. Я. Сигал, Н. А. Гуревич, М. М. Хворов, Э. П. Домбровская // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005. – № 3.
21. Сигал Я. И. Використання біогазу в промисловості / Я. И. Сигал // Відновлювана енергетика. – 2006. – № 2.
22. Тарасенко П. В. Газифікацій ні комплекси як джерела енергопостачання комунальної енергетики / П. В. Тарасенко, В. Д. Білодід // Энергосбережение. – 2007. – № 4.
23. Куріс Ю. В. Підвищення теплотехнічних та екологічних показників спалювання біогазу в теплоенергетичному обладнані:автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.14.06 “Теплофізика та промислова теплоенергетика”/ Куріс Ю. В. – К., 2007. – 19 с.
24. Ткаченко С. Й. Синтез природо– і енергозбережних систем вироблення енергоносіїв із органнічних відходів / С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов, А. О. Юзюк, Н. В. Пішеніна, С. В. Дишлюк // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2011. – №7. – С. 123-130.
25. Лукьянов Александр Васильевич. Теоретические основы и способы повышения энергоэкологических характеристик теплогенераторов для локальних систем теплоснабжения : дис. …док. тех. наук : 05.23.03 / Лукьянов Александр Васильевич. – Макеевка, 2008. – 320 с. – Библиогр.:с. 143-196.
26. Майстренко О. Ю. Розвиток технологій газифікації вугілля за рахунок використання багатостадійних методів його термічної переробки / О. Ю. Майстренко, М. В. Чернявський, О. В. Косячков // Теплова енергетика – нові виклики часу / за заг. Редакцією П. Омеляновського, Й. Мисака. – Львів: НВФ «Українські технології», 2009. С. 99 –104.
27. Дудник О. М. Процеси газифікації твердого палива для отримання водню / М. О. Дудник // Теплова енергетика – нові виклики часу / за заг. Редакцією П. Омеляновського, Й. Мисака. – Львів: НВФ «Українські технології», 2009. – С. 133-146.
28. Майстренко О. Ю. Сучасний стан парогазових установок із внутрішньо цикловою газифікацією твердого і рідкого видів органічного палива / О. Ю. Майстренко, О. М. Дудник // Теплова енергетика – нові виклики часу / за заг. Редакцією П. Омеляновського, Й. Мисака. – Львів: НВФ «Українські технології», 2009. С. 249-257.
29. Боднар Л. А. Тенденції розвитку теплогенерувального обладнання на твердому паливі / Л. А. Боднар, С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 3. – С. 46 – 49.
30. Боднар Л. А. Методи запобігання конденсації смол в котлах малої потужності на нетрадиційних паливах / Л. А. Боднар, Д. В. Степанов //Енергетика та електрифікація. – 2010. – № 12. – С. 48-51.
31. Юзюк А. О. Раціональний вибір коефіцієнта надлишку повітря котла на деревині / А. О. Юзюк // Труды Одесской академии холода. – 2011. – С. 157-158.

Боднар Лілія Анатоліївна – к.т.н., кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.
Юзюк Андрій Олександрович **–** аспірант кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.
Леонова Ольга Вікторівна – студентка кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.