

Список літератури

1. Скрипник А.М. Моделювання усталених та оптимальних режимів електричних мереж енергосистем в умовах їх експлуатації / А.М. Скрипник // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – К.; 2010. – Вип. 153. – С.145–152.
2. Щербина Ю.В. Моделирование установившихся режимов электрических систем с использованием алгоритма Краута / Ю.В. Щербина, А.Н. Скрипник, О.М. Гадер // Энергетика. – 1988. – №1. – С.10–13.
3. Идельчик В.И. Расчеты установившихся режимов электрических систем / Идельчик В.И.; под ред. В.А. Веникова. – М.: Энергия. 1977. – 192 с.

Предложено математическое решение включения коэффициентов трансформации трансформаторов и автотрансформаторов в элементы матрицы проводимостей в процессе ее формирования при моделировании режимов электрических сетей энергосистем и их оптимизации.

Продольные проводимости, матрица проводимостей, собственные и взаимные элементы матрицы, действительные и комплексные коэффициенты трансформации.

The mathematical solution of inclusion of coefficients of transformation of transformers and autotransformers in elements of a matrix of conductivity in the course of its formation when modeling modes of electric networks of power supply systems that their optimization is proposed.

Longitudinal conductivity, matrix of conductivity, own and mutual elements of a matrix, valid and complex coefficient of transformation.

УДК 620.92

ЕКОЛОГІЧНІ БАР'ЄРИ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОТИ

О.В. Шеліманова, В.А. Колієнко, кандидати технічних наук

Проаналізовано екологічний аспект використання біомаси для вироблення теплоти. Наведено вимоги, яких необхідно дотримуватися при впровадженні котлів на біомасі.

Біомаса, забруднюючі інгредієнти викидів в атмосферу, продукти згорання, енергоефективність.

Економічна доцільність переведення роботи існуючих котелень на біомасу (часткова або повна) залежить від співвідношення тарифів на

природний газ і біомасу. Дотаційний характер тарифів за природний газ для опалення житлових будинків в централізованих системах теплопостачання робить перехід на спалювання біомаси економічно недоцільним навіть за умови частки житлових будинків у споживанні теплоти від однієї котельні до

55 – 60 % (на жаль, для більшості міст усереднена частка теплоти на опалення житлових будинків становить близько 80 %).

Економічна доцільність у таких випадках з'являється лише за умови використання когенераційних установок, в яких можливе вироблення не лише теплової, а й електричної енергії з її реалізацією за «зеленим тарифом» (такий тариф для реалізації теплової енергії не використовується) [2] Збільшення частки громадських будівель у структурі споживання теплоти більше за 40 % дозволяє говорити про економічну доцільність впровадження біокотлів.

Енергетичні характеристики соломи як палива було оцінено у попередній статті авторів [5].

Мета досліджень – екологічна оцінка використання біопалива при виробленні теплоти в помірно централізованих (тепловою потужністю від 3,5 до 23 МВт), децентралізованих (від 1,2 до 3,5 МВт) і автономних (від 0,12 до 1,2 МВт) системах теплопостачання.

Матеріали та методика досліджень. Нині постає питання, які мотиваційні установки будуть прийняті як рушії процесу впровадження джерел чистої енергії – **економічні**, спричинені прагматичною доцільністю; **екологічні**, які визначають принципи сталого розвитку суспільства та основи виживання людини, або **енергетична незалежність** країни, як елемент її національної незалежності.

При використанні біомаси як палива для котлів систем теплопостачання однією із основних проблем стає забезпечення необхідних розмірів санітарно-захисних зон (СЗЗ), які визначаються як відстань від джерел викидів (димових труб) до межі житлової забудови, ділянок громадських установ, будинків і споруд, місць відпочинку і т.і. [3] Розмір СЗЗ встановлюється так, щоб на зовнішній її межі концентрації та рівні шкідливих факторів не перевищували їх гігієнічні нормативи (для атмосферного повітря – гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин). До таких забруднюючих речовин належать характерні інгредієнти, які утворюються при спалюванні біомаси, у тому числі: оксиди азоту NO_x , монооксид карбону CO , дисперсні частинки (пил, зола) та сірчистий ангідрид SO_2 .

Процеси спалювання біомаси супроводжуються також викидом у атмосферу такого парникового газу, як діоксид карбону CO_2 .

Згідно з п.5.1 [2] розмір санітарної зони повинен становити не менше 50 м, що призводить до суттєвих обмежень при розміщенні таких котелень на території щільної сельбищної забудови.

Величину викидів в атмосферу забруднюючих речовин можна визначити згідно з існуючими розрахунковими методиками, даними заводів-виготовлювачів паливоспалювального обладнання, а також на основі реальних вимірювань на діючому устаткуванні.

Для визначення викидів в атмосферу парникових газів використовують коефіцієнти викидів (КВ) парникових газів, які приймають згідно з даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК, 2006 рік.) або з Європейською довідковою базою даних життєвого циклу (ЄБЖЦ -СДЦ, 2009). Можливим є також використання коефіцієнтів викидів парникових газів, що наведені в Національному кадастрі антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів за 1990 – 2010 р.р. [4] .

Результати досліджень. Результати розрахунків викидів за методиками МГЕЗК та ЄБЖЦ, СДЦ наведено в табл. 1.

1. Коефіцієнти викидів парникових газів (КВ), т CO₂/МВт·год

Вид палива (енергії)	За методикою МГЕЗК, 2006	За методикою ЄБЖЦ, СДЦ,
Автомобільний бензин	0,249	0,299
Антрацит	0,354	0,393
Природний газ	0,202	0,237
Деревина	0 – 0,403	0 – 0,405
Сонячна енергія	0	–
Геотермальна енергія	0	–

Із табл. 1 видно, що величини КВ, які характеризують викиди в атмосферу в т на 1 МВт·год виробленої теплоти за різними методиками відрізняються. Тому, при здійсненні розрахунків скорочення викидів парникових газів за результатами впровадження енергоефективних заходів, або заміни традиційних викопних видів палива на чисті види енергії необхідно користуватись однією із наведених вище методик як до, так і після впровадження заходів.

Цікавим є також те, що згідно з наведеними даними при розрахунку викидів парникових газів від деревини, як і від інших видів біомаси, нульове значення коефіцієнтів викидів (що засвідчує екологічну нейтральність таких видів палива) має місце лише у випадку, якщо біопаливо отримане згідно з критеріями сталого розвитку. В інших випадках викиди парникових газів обчислюються для біомаси як для звичайного виду викопного палива, і згідно з даними табл.1 вони будуть перевищувати викиди CO₂ для таких видів палив як антрацит, бензин і природний газ (у 2 рази). Таким чином, перехід на біомасу далеко не завжди означає можливість скорочення викидів парникових газів у атмосферу.

У стадії погодження для України є такі схеми сертифікації сталості біомаси: ISCC, RSB, NTA 8080, BioGrace, REDcert. Згідно з критеріями сталості біомаса повинна бути отримана із енергетичних рослинних культур. Якщо це деревина, то її використання повинно компенсуватись насадженнями. Існує заборона вирощування сировини на території, що є цінною з точки зору збереження біорізноманіття: праліс, заповідні території, луки з високим рівнем біорізноманіття; а також на територіях, що є значними накопичувачами вуглецю: заболочені ділянки, неперервні лісові масиви (більше 1 га), торфовища і ціла низка інших обмежень.

Детальніший аналіз підтверджує логічність таких обмежень і піддає сумнівам оптимізм деяких фізичних і юридичних осіб, які декларують абсолютну екологічну безпеку переходу роботи котелень із природного газу на біомасу.

Виконані дослідження свідчать про те, що біомаса, як правило, містить у своєму складі сірку, що призводить до наявності у складі продуктів згорання сірчистого ангідриду SO_2 . Крім того, допустимі за нормативами і дійсні концентрації двох інших характерних токсичних інгредієнтів у складі продуктів згорання – оксидів азоту NO_x і монооксиду карбону CO , суттєво перевищують відповідні показники для такого палива, як, наприклад, природний газ.

Концентрації забруднюючих речовин у продуктах згорання котла потужністю 1 Гкал/ год на біомасі згідно з даними комерційних пропозицій заводів-виготовлювачів котлів за умови концентрації кисню у продуктах згорання 13 % при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 2,6$ після газоочисної становлять ;

- оксиди азоту NO_x – 400 мг/м³,
- монооксид карбону, CO – 250 мг/м³,
- тверді частинки – 20 мг/м³,

Концентрації наведені за умови використання на котельні двоступеневої технології очищення газів: золоуловлювач на першій ступені для очищення від твердих частинок золи до концентрації не більше 125 мг/м³ і тканевий фільтр на другій ступені з очищенням до концентрації твердих частинок золи не більше 20 мг/м³

Необхідно зауважити, що при виконанні розрахунків розсіювання у вітчизняній практиці використовують концентрації шкідливих інгредієнтів, які повинні бути приведені до концентрації кисню у продуктах згорання 0 %. При цьому коефіцієнт надлишку повітря повинен становити $\alpha = 1$. Таким чином, перераховані концентрації шкідливих інгредієнтів на виході із фільтрів будуть становити:

- NO_x – 1050 мг/м³;
- CO – 650 мг/м³ ;
- тверді частинки - 50 мг/м³ ;
- SO_2 за умови сірчистості соломи 0,1 % мас – 909 мг/м³.

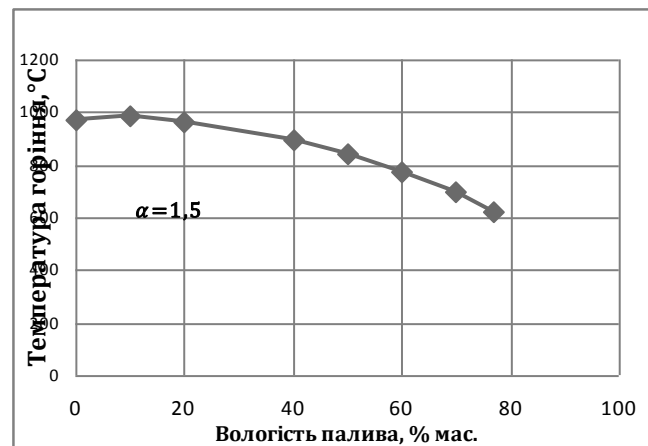
Отримані вище характеристики токсичності продуктів згорання добре корелюють із європейськими нормативами.

Проблемним є і наявність хлору у складі біомаси. Наприклад, до соломи хлор потрапляє із ґрунту. Аналіз ґрунту різних районів Полтавської області підтверджує наявність у ньому зв'язаного хлору у кількості від 0,1 до 0,2 % мас. Причиною наявності хлору є, очевидно, практика внесення мінеральних калійних добрив, основу яких становить хлорид калію.

При проходженні високотемпературної зони топки за присутності проміжних продуктів горіння і газифікації хлормістких у продуктах згорання можуть утворюватися високотоксичні інгредієнти, такі як діоксини, а також токсичні фосгени COCl_2 , хлорводневі сполуки [1]

Підтвердженням цього є значна хімічна активність хлору та його спроможність приєднуватися до ненасичених з'єднань, таких як СО.

Для попередження утворення високотоксичних хлормістких з'єднань температура в топковому просторі паливоспалювального обладнання не повинна бути меншою за 1200 °С [1]. Але розрахунки дійсної температури горіння соломи показують, що навіть за умови спалювання абсолютно сухої соломи дійсна температура згорання у котлі не перевищує 970 °С, суттєво зменшуючись у ході збільшення вологості палива (рисунок).



Зміна дійсної температури горіння у котлі при спалюванні соломи різної вологості

Суміш хлору з воднем, які присутні в соломі, може горіти з утворенням у продуктах згорання хлористого водню (парів соляної кислоти), що у свою чергу призводить до інтенсивної корозії поверхонь нагрівання котлів, особливо в умовах конденсації продуктів згорання.

Екологічні характеристики продуктів згорання біомаси вологістю 10 % наведено у табл. 2 у порівнянні з відповідними характеристиками продуктів згорання природного газу для котла потужністю 1 Гкал/год.

Аналіз даних табл.2 показує, що валові викиди в атмосферу токсичних інгредієнтів продуктів згорання соломи у десятки разів більші за викиди у продуктах згорання природного газу, навіть за умови очищення газових викидів від котлів на біомасі. Це вимагає ретельного розгляду питань про вплив на довкілля викидів котлів на біомасі і вибору місць розташування таких котлів у щільній зоні забудови населених пунктів. Як правило, такі питання повинні урегулюватися за рахунок дотримання санітарно-захисних зон котельень, виконання містобудівних умов і обмежень, впровадження вискоелективних газоочисних установок.

Одним із способів вирішення проблеми збільшення забруднення атмосфери при використанні відновлюваних джерел енергії і підвищення ефективності їх використання є обов'язкове впровадження заходів з енергоефективності і скорочення витрат енергії.

Наприклад, виконаємо розрахунки щодо можливості використання сонячної енергії для забезпечення житлового будинку теплотою для приготування гарячої води.

**2 Екологічні характеристики викидів в атмосферу від котла
потужністю 1 Гкал/год при роботі на природному газі і соломі**

№ з/п	Характеристика викидів продуктів згорання	Одиниця виміру	Види палива	
			Природний газ	Солома
1	Витрати палива	м ³ /год	133	387
2	Питомий об'єм продуктів згорання	м ³ /кг	11,5	6,0
3	Концентрація токсичних і шкідливих інгредієнтів у продуктах згорання за концентрації кисню у продуктах згорання 0 % об.:	мг/м ³		
	- оксидів азоту	мг/м ³	250	1050
	- монооксиду вуглецю	мг/м ³	125	650
	- твердих частинок	мг/м ³	–	50
	- діоксиду сірки	кг/кг	–	0,0012
	- хлористих з'єднань	кг/кг	–	0,0039
	- діоксиду карбону	соломи кг/ м ³ газу	1,3	1,88
5	Число годин роботи на номінальній потужності	год	4488	
6	Валовий викид токсичних і шкідливих інгредієнтів:	т/рік		
	- оксидів азоту		1,72	10,9
	- монооксиду вуглецю		0,86	6,77
	- діоксиду сірки		–	2,08
	- хлористих з'єднань		–	6,77
	- твердих частинок		–	0,52
	- діоксиду карбону		1170	1180

Середня кількість теплоти, яку можна отримати на широті м. Києва з одного сонячного колектора площею до 2,4 м², становить за умови помірної хмарності близько 8 – 9 МДж / м² за період з 8:00 до 16:00 (8 год.). Питома теплопродуктивність такого колектора становить 280 – 350 Вт / м². Загальна кількість теплоти, яку можна отримати за 8 год. з одного колектора площею 2.4 м², становить 5,4 – 6,7 кВт год. або 4,6 – 5,7 Мкал (19,3 – 23,9 МДж). Один колектор площею 2,4 м² протягом доби дає можливість отримати теплову енергію, яка еквівалентна теплоті згорання близько 0,5...0,7 м³ природного газу.

Для добового приготування гарячої води в 80-квартирному житловому будинку витрати енергії будуть становити близько 400 кВт год (за умови споживання однією людиною до 50 л гарячої води за добу). Необхідна площа сонячних колекторів повинна становити близько 190 м². Розміщення такої кількості колекторів на даху житлового будинку неможливе.

Але при скороченні витрат гарячої води удвічі площа колекторів зменшується до 90 м² і використання сонячної енергії стає технічно можливим.

Так само, скорочення витрат енергії може спричинити зменшення витрат біомаси як палива у котлах і забезпечити зменшення усіх екологічних характеристик процесу горіння.

Висновки

Відповідно до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», до проектної документації на будівництво біокотелень обов'язково додаються результати оцінки впливу на стан навколишнього природного середовища. При цьому відстань від котелень до житлових будинків, ділянок дитячих дошкільних закладів, шкіл, закладів охорони здоров'я, відпочинку та фізкультурних споруд слід встановлювати за результатами результатів розсіювання шкідливих інгредієнтів продуктів згорання в атмосфері за погодженням з органами державного санітарного нагляду.

З урахуванням збільшення токсичності продуктів згорання при переході з природного газу на біомасу, її використання як палива повинно супроводжуватися ретельним техніко-економічним обґрунтуванням, в якому необхідно враховувати всі чинники впливу – технічні, економічні та екологічні.

Підвищення енергоефективності і скорочення споживання енергії є обов'язковою умовою впровадження джерел чистої енергії. Це перший і обов'язковий етап диверсифікації викопних вуглецевих видів палива, який уможливорює технічно сам процес переходу на чисті і безпечні види енергії, і у ряді випадків – робить цей перехід економічно доцільним і ефективним, а відтак – і життєвездатним.

Список літератури

1. Бернадінер М.Н. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов./ М.Н Бернадінер, А.П Шурыгин. – М.: Химия, 1990. – 301 с.
2. Виробництво теплової енергії із біомаси. Аналіз законодавства, регуляторних аспектів і податкової політики та рекомендації щодо необхідних змін у чинному законодавстві: Звіт, підготовлений Всеукраїнською благодійною організацією «Інститут місцевого розвитку» у рамках виконання Проекту «Місцеві альтернативні джерела енергії: м. Миргород». – К., 2014. – 100 с.
3. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Затв. наказом Мін-ва охорони здоров'я України від 19.06.1996? № 173. – К., 1996. – 87 с.
4. Національний кадастр антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів за 1990–2011 рр. [Електронний ресурс] / Державне агентство екологічних інвестицій України. – Режим доступу: <http://www.seia.gov.ua/>.
5. Шеліманова О.В. Визначення горючих характеристик соломи та аналіз процесів її горіння і газифікації / О.В. Шеліманова, В.А. Колієнко // Науковий вісник НУБіП України. – 2014. – №. 194, ч. 2. – С.219 – 227.

Проанализирован экологический аспект использования биомассы для выработки теплоты. Приведены требования, которые необходимо соблюдать при внедрении котлов на биомассе.

Биомасса, загрязняющие ингредиенты выбросов в атмосферу, продукты сгорания, энергоэффективность.

The environmental aspect of using biomass to generate heat is analyzed. The requirements to be followed in the implementation of biomass boilers are given.

Biomass, polluting ingredients emissions, waste products, energy efficiency.

УДК 621.316.1

**ПІДХІД ІЗ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

**О.В. Гай, кандидат технічних наук
С.В. Стахнюк, студент**

Розкрито підхід із визначення показників надійності системи електропостачання з використанням методу імітаційного моделювання та сформовано математичну модель пошуку можливого діапазону кількості циклів генерування випадкової величини для подальшого отримання адекватних значень показників надійності імітаційним методом.

Система електропостачання, показники надійності, імітаційне моделювання.

Внаслідок ускладнення структури електричної мережі та розвитку фінансових взаємовідносин між споживачем та постачальником електричної енергії актуальним є питання з визначення показників надійності системи електропостачання методом імітаційного моделювання.

Мета досліджень – формування підходу з визначення показників надійності системи електропостачання з використанням методу імітаційного моделювання і вивчення зміни кількості циклів генерування випадкової величини для адекватних результатів.

Матеріали та методика досліджень. Для дослідження використано метод імітаційного моделювання – Монте-Карло [5]. Це численний метод для вирішення математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин. Завданням цієї роботи є визначення кількості випробувань для отримання адекватного значення показників надійності.