

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

СІЛЬЧЕНКО ГАННА ВАЛЕНТИНІВНА

УДК 504.620

**СИНТЕЗ РАЦІОНАЛЬНОЇ СУМІШІ БІОПАЛИВА ДЛЯ ТЕЦ
ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

Спеціальність 101 – Екологія

Автореферат
магістерської дисертації на здобуття
ступеня магістра

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Крючков Анатолій Іванович
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»

Рецензент:

доктор технічних наук, професор
Розен Віктор Петрович
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»

Захист відбудеться 22 травня 2018 р. о 14.00 на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, ауд. 201.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «__» _____ 2018 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сьогодні практично всі провідні країни світу розробляють принципово нову ідеологію побудови та функціонування енергетичної галузі з метою надання безпечного, надійного, економічно доцільного та екологічно прийняттого енергозабезпечення споживачів.

Скорочення запасів природних вуглеводнів і постійне зростання цін на них вимагає широкого освоєння альтернативних, відновлювальних джерел енергії.

Важлива роль у покращенні ситуації в енергетичній сфері надається питанню раціонального поводження з відходами. Одним із таких напрямів може бути спалювання твердої біомаси, реалізація якого зменшить обсяги накопичення відходів на полігонах, покращить стан енергетики України, зменшить залежність від використання природних ресурсів, їх транспортування та споживання, а також знизить негативний вплив на навколишнє природне середовище.

В даній магістерській роботі більш детально розглянуто стан сфери енергетики в Україні та сфери поводження з відходами, необхідність та можливість поєднання декількох видів енергетичних ресурсів для їх спалювання на теплоелектростанції (ТЕЦ), приклади розробки та впровадження новітніх підприємств в Україні та за кордоном, а також вплив роботи такого підприємства на навколишнє природне середовище та на життя і здоров'я населення.

Вагомий внесок у вирішенні проблем енергозбереження, раціонального використання ТПВ та інших енергетичних ресурсів зробили вітчизняні та зарубіжні вчені: Т.О. Бурячок, З.О. Буцьо, Г.Б. Варламов, А.К. Шидловський, Л. Г. Мельник, І. М. Сотнік, І. Я. Погрібний та інші.

У працях вищезазначених вчених висвітлені питання щодо ресурсозбереження та використання твердого біопалива в якості енергетичного ресурсу. У той же час, аналіз робіт показав, що на сьогодні лишаються недостатньо дослідженими питання щодо поєднання декількох видів твердого біопалива в якості енергетичного ресурсу. Також подальшого дослідження

потребує вибір конкретної установки, яка б могла забезпечити найбільш раціональне використання цього палива для вироблення теплової та електричної енергії. Саме це підтверджує актуальність обраної теми, визначило мету і завдання, а також структуру і зміст дисертаційної роботи.

Мета та завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розвиток науково-методичних та визначення практичних підходів до можливості використання суміші декількох видів ресурсів в якості твердого енергетичного палива при роботі ТЕЦ.

Відповідно до поставленої мети були визначені такі завдання:

- проаналізувати передумови використання ТПВ та біомаси в тепло- та електроенергетиці;
- визначити комплекс необхідного обладнання для ТЕЦ на біомасі;
- визначити раціональний склад суміші енергетичного біопалива;
- визначити вплив ТЕЦ на навколишнє природне середовище;
- проаналізувати можливість реалізації встановлення теплоелектро-централі в Україні.

Об'єктом дослідження є процес використання твердого енергетичного біопалива для ТЕЦ при переробці твердих побутових відходів.

Предметом дослідження є теоретико-методичні засади використання твердого енергетичного біопалива на підприємствах теплової та електричної енергетики.

Методи дослідження: методологічною основою дисертаційного дослідження є загальнотеоретичні методи наукового пізнання: діалектичний метод, системний підхід, а також фундаментальні положення загальної економічної теорії, економіки природокористування, теорії економічної ефективності суспільного виробництва.

Для вирішення поставлених завдань були використані такі методи наукового дослідження: абстрактно-логічний та системно-структурний – при дослідженні організаційно-технологічних процесів використання ТПВ в якості енергоресурсів на ТЕЦ на еколого-економічних засадах; порівняльний аналіз та групування – при

визначення оптимального співвідношення між різними видами ресурсів ; статистичних та експертних оцінок – при оцінці зміни еколого-економічних збитків від забруднення довкілля; економіко-математичного моделювання – при визначенні системи параметрів обґрунтування використання твердого енергетичного біопалива для потреб теплової та електричної енергетики.

Інформаційну базу дослідження склали законодавчі та нормативні акти Верховної Ради України та Кабінету Міністрів України, органів державного і регіонального управління у сфері вирішення екологічних та енергетичних проблем, первинна документація сміттесортувальних та комунальних підприємств, а також наукові праці вітчизняних та зарубіжних учених, інформація з інтернет-джерел та матеріали власних досліджень.

Наукова новизна полягає у розвитку теоретичних і науково-методичних основ теоретичного обґрунтування та організаційно-економічного забезпечення використання твердого енергетичного біопалива для ТЕЦ. Найбільш суттєві результати роботи, які мають наукову новизну, такі:

вперше:

- розроблено теоретико-методичний підхід до теоретичного обґрунтування доцільності використання декількох видів палива в якості енергетичного ресурсу, який базується на визначенні оптимального співвідношення між обсягами різного виду палива та використання отриманого виду енергетичного біопалива при роботі ТЕЦ;

- удосконалено:

- методичний підхід до визначення сукупних факторів та ступеня їх впливу на оптимальне співвідношення декількох видів ресурсів при одночасному їх використанні при роботі ТЕЦ, який на відміну від існуючих, ураховує можливість поєднання декількох видів ресурсів для більшої ефективності роботи підприємства;

- теоретико-методичний підхід до формування механізму забезпечення використання синтезу суміші біопалива, який на відміну від існуючих ґрунтується на засадах вирішення регіональної еколого-енергетичної проблеми відходів.

- дістали подальшого розвитку:

- змістовна основа та принципи територіально-виробничої організації використання суміші біопалива для ТЕЦ, які на відміну від існуючих сформовані в межах створення регіонального еколого-економічного простору, структурно-функціональна побудова якого враховує технологічні та логістичні особливості взаємодії підприємств.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні та формуванні сукупності принципів, інструментів теоретичних механізмів, які забезпечують ефективне використання декількох видів енергетичних ресурсів в якості суміші біопалива при роботі ТЕЦ. Запропоновано методичні підходи до оцінки використання декількох видів ресурсів в якості біопалива при формуванні регіональної екологічної та енергетичної політики.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою роботою, у якій здобувачем особисто розроблено науково-методичні положення щодо теоретичної оцінки використання декількох видів палива в якості енергетичного ресурсу, а також формування необхідних організаційно-економічних механізмів. Сформульовані автором наукові положення, висновки і рекомендації є його особистим внеском у розвиток теорії та практики екологічної економіки паливно-енергетичного комплексу.

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в 2-х статтях у наукових фахових виданнях (із них 2 – у співавторстві).

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації – 130 сторінки, у тому числі основного тексту 93 ст., 6 таблиць на 6 сторінках, 30 рисунків на 30 сторінках, список використаної літератури складає 51 джерело на 6 сторінках.

Ключові слова: суміш біопалива, біомаса, теплоелектроцентраль (ТЕЦ), паротурбінна установка, когенераційна установка, золошлакові відходи, система очистки димових газів, тверді побутові відходи, енергетичні ресурси, забруднюючі речовини.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації та необхідність у проведенні подальших досліджень, сформульовано мету, ідею та задачі досліджень, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведені дані про зв'язок дисертаційної роботи з науковими темами, апробація досліджень та структура роботи.

У першому розділі роботи виконано критичний аналіз загального стану сфери енергетики в Україні та визначено, що однією з найкритичніших проблем є питання поводження з відходами. Було визначено, що найкращим виходом для зменшення кількості побутових відходів на полігонах є їх спалювання на ТЕЦ з метою отримання тепла та енергії. Однак для продуктивної роботи та високого ККД теплоелектростанції недостатньо теплоти згоряння лише твердих побутових відходів. Тому надалі досліджувалась можливість спалювання декількох видів сировини, а саме: тверді побутові відходи, брикети з активного мулу та деревні брикети.

Також було проаналізовано використання біомаси в якості енергетичного ресурсу для роботи станції. Згідно з цим біоенергетика забезпечує отримання енергії шляхом використання біомаси, включаючи:

- продукти лісу у вигляді відходів лісозаготівлі і лісопереробки;
- сільськогосподарські відходи, які підрозділяються на рослинні відходи сільськогосподарських культур (солома злакових культур, стеблі кукурудзи, соняшника тощо) і тваринні відходи (гній і гнійні стоки тощо);
- водну рослинну біомасу (водорості, макрофіти тощо);
- промислові й міські відходи (тверді побутові відходи, відстої міських і промислових стічних вод тощо), утилізація яких дозволяє вирішувати важливі екологічні та соціальні проблеми [2].

В якості енергетичного палива досить доцільно використовувати паливні брикети, адже вони мають доволі високу питому теплоту згоряння, високу

щільність, низькі показники забруднюючих речовин та нижчу вартість. Це дає велику перевагу перед іншими непоновлювальними джерелами енергії [3].

Робота ТЕЦ на альтернативному виді палива дозволить зменшити кількість побутових відходів на полігонах, зменшити кількість мулових відходів та підвищити рівень енергонезалежності України, як фактор національної безпеки.

Були розглянуті теплоелектростанції, що вже працюють в Україні та використовують біоресурси в якості енергетичного палива. Їх робота доводить економічність та екологічність таких підприємств.

На основі проаналізованих сучасних наукових досягнень було сформульовано вказані вище мету та задачі дослідження.

У другому розділі визначено принципову схему ТЕЦ на біомасі (рис.1) [4].

Визначено, що для спалювання декількох видів палива найкращою є технологія спалювання біомаси в псевдозрідженому (киплячому) шарі (ПКШ).

Визначена характеристика паротурбінної установки та сама турбіна ПР- 6- 35/5/1,2, яка здатна виробляти електроенергію у 6 МВт та теплову енергію у 15 МВт (рис. 2) [4].

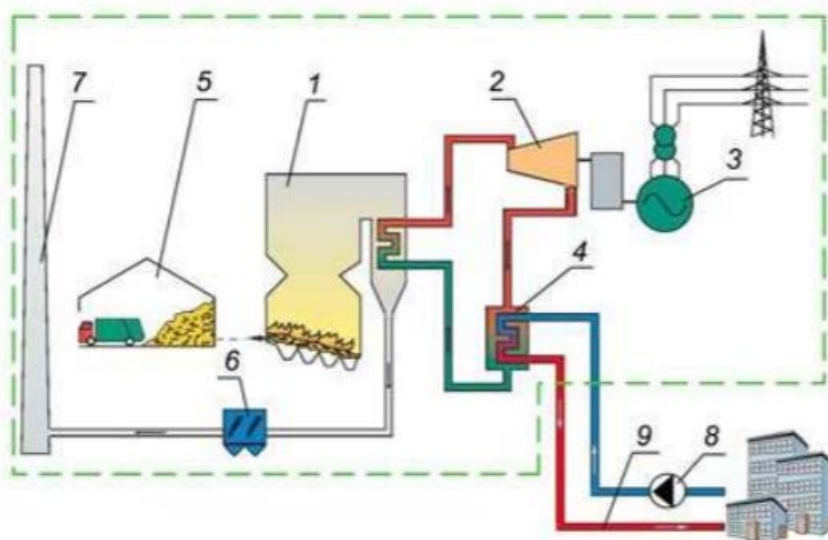


Рис. 1 – Принципова схема ТЕЦ на біомасі

- 1 – паровий котел на біомасі; 2 – парова турбіна (протитискового типу);
 3 – електрогенератор; 4 – підігрівач мережевої води на ТЕЦ; 5– склад біопалива; 6 – система очистки димових газів; 7 – димова труба; 8 – мережевий насос; 9 – система централізованого теплозабезпечення.

Такі турбіни широко використовуються на промислових ТЕЦ невеликої потужності для постачання пари технологічним споживачам двох тисків.

Також було розглянуто обладнання системи регенеративного підігрівання мережевої води, систему очистки димових газів та інше допоміжне устаткування. Доведено, що найбільш ефективним є комбінований метод очищення димових газів, тобто встановлення батарейного циклона, потім електрофільтра.

Система золошлаковидалення забезпечуватиме надійне та безперервне видалення золи та шлаку, безпеку обслуговуючого персоналу та захист навколишнього середовища від забруднення.

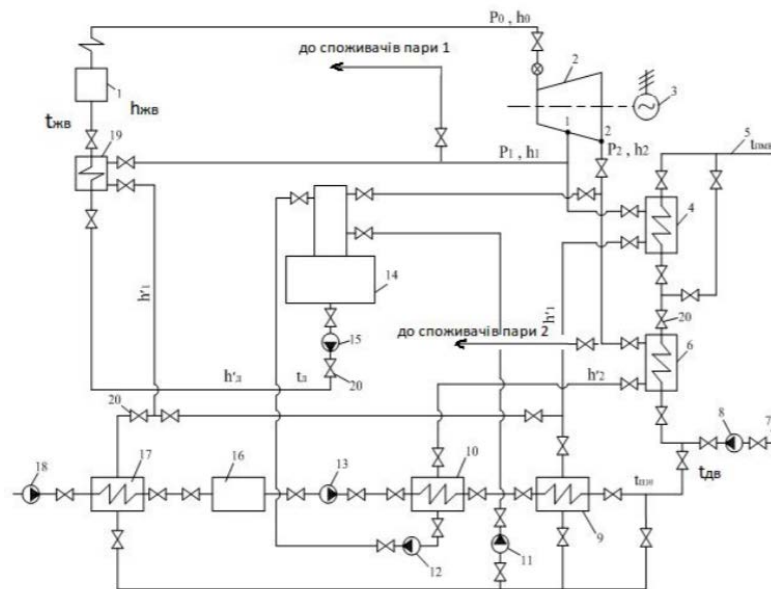


Рис. 2 – Теплова схема ПТУ з турбіною ПР-6-35/5/1,2 для перенесення теплофікаційного навантаження:

- 1 – парогенератор; 2 – парова турбіна; 3 -електрогенератор; 4 – «верхній» підігрівник мережної води; 5 – лінія прямої мережної води; 6 – «нижній» підігрівник мережної води; 7 – лінія мережної води, що повертається; 8 – насос мережної води; 9 і 10 – підігрівники додаткової хімоочищеної води; 11 і 12 – дренажні насоси; 13 – насос хімводоочистки (ХВО); 14 – деаератор атмосферного тиску; 15 – живильний насос; 16 – ХВО; 17 – підігрівник мережної води; 18 – насос сирій води; 19 – підігрівник живильної води; 20 – арматура.

Отже, спільне виробництво електроенергії та теплоти є прогресивною технологією, яка дозволяє ефективніше використовувати теплоту згорання палива і зменшити викиди парникового газу, оксидів сірки та азоту в атмосферу.

У третьому розділі аналіз показав, що використання математичних моделей процесу кінетики термічного розкладання біомаси можливе при наявності експериментальних даних з урахуванням процесів осадження шару в процесі піролізу.

Наведено дослідження, де за основу була взята модель та методика розрахунку параметрів термічної конверсії вуглемісткого палива.

Вихідними даними методики розрахунку параметрів термічної конверсії вуглецю палива, а також програмного комплексу Fuel Thermal Conversion (FTC), складеному на її основі в середовищі Maple є: матеріальний і тепловий баланс газифікатора / піролізера; обсяг і склад отриманих продуктів термічної конверсії. Основними результатами розрахунку є: склад і частка кожного продукту термічної конверсії; обсяг і теплота згорання газової фази; ефективність процесу термічної конверсії; матеріальний баланс установки [2].

Методом лінійного програмування розраховано максимальну теплоту згорання суміші палив. Встановлено оптимальне значення об'ємів окремих складових сумішей, які забезпечать максимальне значення теплоти згорання з врахуванням обмежень по вологості, зольності та температурі палива.

При згоранні в якості суміші твердого біопалива буде використовуватись ТПВ, деревні брикети та брикети з активного мулу, процес згорання яких обмежується відсотком вологості палива (W), зольністю (A) та температурою горіння (T).

Цільова функція при вищенаведених обмеженнях матиме вигляд:

$$F(x_1; x_2; x_3) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 \rightarrow \max \quad \text{– цільова функція}$$

де x_1, x_2, x_3 – кількість ТПВ, деревних брикетів та брикетів з активного мулу відповідно (%); c_1, c_2, c_3 – питома теплота згорання палива ТПВ, деревних брикетів та брикетів з активного мулу відповідно (ккал/кг).

Тоді, максимальна теплота згоряння від спалювання суміші палива в загальному вигляді складе:

$$F(x_1; x_2; x_3) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 \rightarrow \max$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_1x_1 + W_2x_2 + W_3x_3 \leq W \\ A_1x_1 + A_2x_2 + A_3x_3 \leq A \\ T_1x_1 + T_2x_2 + T_3x_3 \leq T \end{array} \right\} - \text{обмеження,}$$

де W_1, W_2, W_3 – значення вологості при спалюванні ТПВ, деревних брикетів та брикетів з активного мулу відповідно (%); A_1, A_2, A_3 – значення зольності при спалюванні ТПВ, деревних брикетів та брикетів з активного мулу відповідно (%); T_1, T_2, T_3 – значення температури при спалюванні ТПВ, деревних брикетів та брикетів з активного мулу відповідно (°C); W, A, T – загальні обмеження при спалюванні ТПВ, деревних брикетів та брикетів з активного мулу відповідно (%).

Графічним методом визначено межі області допустимих значень при спалюванні ТПВ та брикетів з активного мулу. Перетином напівплощин буде область, координати точок якого задовольняють умові нерівностей системи обмежень задачі. На рис. 3 позначені кордони області багатокутника рішень.

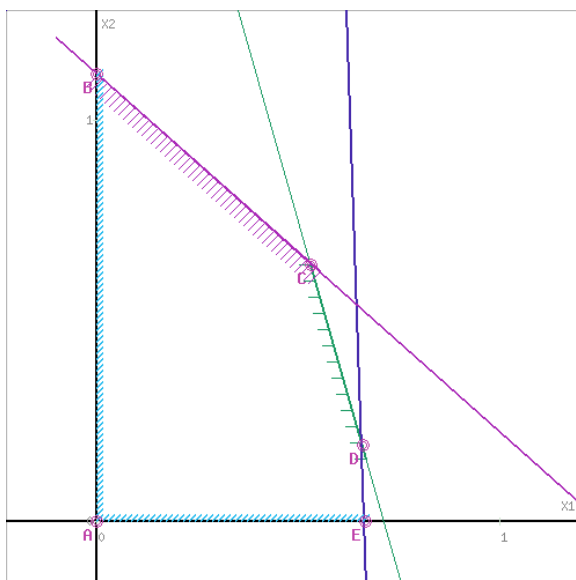


Рис. 3 – Межі області допустимих значень

Пряма $F(x) = \text{const}$ перетинає область в точці В. Так як точка В отримана в результаті перетину прямих (3) і (5), то її координати задовольняють рівнянням цих прямих: $800x_1 + 900x_2 = 1000$, $x_1 = 0$.

Вирішивши систему рівнянь, отримаємо: $x_1 = 0$, $x_2 = 1.1111$. Звідки знайдемо максимальне значення цільової функції: $F(X) = 2400 \cdot 0 + 4600 \cdot 1.1111 = 5111.1111$ ккал/кг (21384 кДж/кг).

Таким чином, графічний спосіб підтверджує подальші розрахунки визначення максимального значення цільової функції при спалюванні ТПВ та брикетів з активного мулу.

За проведеними розрахунками в програмі Microsoft Excel встановлено три варіанти біомаси: оптимальна питома теплота згоряння ТБО та деревних брикетів становить 14297 кДж/кг (14,3 МДж/кг); оптимальна питома теплота згоряння ТБО та брикетів з активного мулу становить 21384 кДж/кг (21,4 МДж/кг); оптимальна питома теплота згоряння ТБО, деревних брикетів та брикетів з активного мулу становить 43932 кДж/кг (43,9 МДж/кг). Порівнюючи з природнім газом, питома теплота згоряння якого становить 41000 - 49000 кДж/кг, можна казати про ефективність використання третього варіанту, що дозволить зробити процес спалювання більш екологічним та економічним [3].

У четвертому розділі проведений аналіз впливу роботи ТЕЦ на біомасі на навколишнє середовище. Відносно екологічної ефективності біоенергетичних технологій можна зазначити, що всі установки на твердій біомасі відповідають поточним та майбутнім вимогам Директиви 2009/28/ЕС – скорочення викидів парникових газів, обумовлене їх роботою, становить > 60% [3].

Загальні викиди забруднюючих речовин від згоряння пелетів становлять 17,7 т/тис. тон палива, що в 8,3 рази менше ніж від згоряння кам'яного вугілля, у 2,6 рази менше, ніж від згоряння мазуту. Істотно менші обсяги викидів оксидів сірки при згорянні пелетів, азоту, вуглецю та твердих частинок. Зокрема порівняно з кам'яним вугіллям викиди сірки зменшуються в 32,9 раз, азоту – у 6,8 раз, вуглецю – у 2 рази і пилу – у 15,9 раз [8]. Встановлено, що для досягнення найкращих показників при спалюванні біомаси необхідно встановити якісне обладнання для

очистки димових газів. Найменший негативний вплив на довкілля становить використання брикетів деревної біомаси. Наведений перелік основних забруднюючих речовин в продуктах згорання та їх вплив на клімат, навколишнє середовище та здоров'я людей [10]. Отже, додавання деревних брикетів та брикетів з активного мулу до ТПВ буде сприяти зменшенню показників забруднюючих речовин при їх спалюванні.

В п'ятому розділі розглянута можливість практичного встановлення ТЕЦ на біомасі в Україні. Також розглянуті основні законодавчі та нормативні акти щодо стимулювання використання твердого біопалива. Одними із засад державної політики є розвиток та збалансоване використання когенераційних установок у національній економіці та створення розподілених (місцевих) електрогенеруючих потужностей як умови підвищення надійності та безпеки енергопостачання на регіональному рівні. Виявлено основні завдання під час розробки логістичних рішень та пошуку постачальників. На рис. 3 приведені етапи реалізації проекту теплоелектроцентралі з електричною потужністю від 1,5 - 4 МВт та тепловою потужністю від 7 - 30 МВт (м. Київ), що працює на відходах деревини. Загальна тривалість проекту від проектування до введення в експлуатацію оцінюється у 20 місяців [5].



Рис. 3 – Етапи реалізації проекту будівництва теплоелектроцентралі

Фінансові труднощі є основною перешкодою для подальшого розвитку ринку виробництва енергії з твердого біопалива. Будівництво ТЕЦ на твердій біомасі потужністю у 6 (15) МВт вимагає розмір земельної ділянки площею в 1 га.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою в рамках поставлення задач дослідження, у яких на підставі встановлених закономірностей спалювання біомаси на ТЕЦ вирішено актуальну задачу наукового обґрунтування та практичної реалізації проекту встановлення такої теплоелектроцентралі в Україні.

У дисертації наведено теоретико-методичне узагальнення та запропоновано нове вирішення науково-прикладної задачі, що полягає в удосконаленні принципів еколого-економічної оцінки використання твердих побутових відходів (ТПВ), брикетів з активного мулу та деревних брикетів у теплоенергетиці, яка базується на комплексному врахуванні ефектів та збитків на всіх етапах технологічного процесу.

Результати виконаного дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Статистичний аналіз стану сфери енергетики та сфери поводження з відходами показав, що наразі для України гостро стоїть питання щодо поводження з відходами. Спостерігається стійка тенденція до збільшення кількості відходів.

2. Наразі найкращим методом для зниження кількості відходів є їх спалювання з метою отримання електроенергії та тепла.

3. Приведена в роботі схема ТЕЦ на біомасі вміщує в себе усе необхідне обладнання для стабільної роботи підприємства. За основу процесу спалювання палива взята парова котельна установка на біомасі. Спалювання в псевдозрідженому вихровому киплячому шарі відбувається за рахунок ступінчатої подачі повітря, що дозволить знизити на 30% викиди NO_x . Технологія взята завдяки можливості поєднання різних видів біомаси, гнучкості таких печей щодо розміру частинок та рівня вологості паливної суміші. Паротурбінна установка використовується для промислових ТЕЦ невеликої потужності. Для подальшого аналізу та розрахунків розглядається установка з

номінальною електричною потужністю у 6 МВт та тепловою потужністю у 15 МВт.

4. Наведений алгоритм розрахунку параметрів термічної конверсії палива, що реалізується в методиці розрахунку параметрів термічної конверсії вуглецю палива, а також в програмному комплексі Fuel Thermal Conversion (FTC), складеному на її основі в середовищі Maple дозволить розрахувати термодинамічні параметри термічної конверсії, обсяг і теплоту згоряння газової фази, ефективність процесу термічної конверсії та матеріальний баланс установки.

5. Методом лінійного програмування розраховано максимальну теплоту згоряння суміші палива у трьох варіантах, а саме: ТПВ та деревні брикети (14 МДж/кг); ТПВ та брикети з активного мулу (23 МДж/кг); ТПВ, брикети з активного мулу та деревні брикети (43 МДж/кг).

6. За розрахунками в програмі Microsoft Excel встановлено, що із трьох запропонованих варіантів найбільш оптимальним є варіант № 3 (згоряння ТБО, деревних брикетів та брикетів з активного мулу). Згоряння цих трьох компонентів за ідеальних умов дає найбільшу питому теплоту згоряння, що становить 43932 кДж/кг (43,9 МДж/кг). Це на 10 % нижче, ніж питома теплота згоряння природного газу.

7. Для очищення димових газів найбільш ефективним є комбінований метод, тобто встановлення батарейного циклона, потім електрофільтра. Завдяки своїй конструкції мультициклон має більшу продуктивність, ніж звичайний циклон, а електрофільтр з високим ступенем екологічності, високим ступенем очищення газів (до 99%) і низьким газодинамічним опором (100-150 Па) дозволить знизити об'єм вихідних забруднюючих речовин до мінімуму. Ефективність такого комплексу складе до 98 %. Дотримання викидів допустимої кількості шкідливих речовин та встановлення для цього відповідного обладнання дозволить в десятки разів зменшити негативне навантаження на навколишнє середовище.

8. Найбільш безпечним видом сировини, окрім природного газу, є пелети, згорання яких дозволяє зменшити обсяги викидів, порівняно з кам'яним вугіллям викиди сірки зменшуються в 32,9 раз, азоту – у 6,8 раз, вуглецю – у 2 рази і пилу – у 15,9 раз.

9. Основними показниками екологічності роботи ТЕЦ на біомасі є: викиди газів за рахунок ізольованості бункерів, підвищені вимоги щодо очищення в них повітря, налагоджена система золошлаковидалення та спалювання сировини, в результаті оптимізації більш повне спалювання сировини.

10. ТЕЦ невеликої потужності на біомасі у порівнянні з традиційними способами виробництва електроенергії і тепла викидає в атмосферу на 60% менше вуглекислого газу та оксидів азоту. Міні-ТЕЦ дозволяють отримати досить рівень використання первинної енергії до 90% та вище.

Основні положення дисертації опубліковано в роботах:

1. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє / за ред. І. Плачкова. – Книга 5. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-4/section-3>.

2. Степанюк А. Р., Степчук І. В. Паливні брикети, як альтернативне паливо. Процес виготовлення паливних брикетів / А. Р. Степанюк, І. В. Степчук // [Наукові праці \[Одеської національної академії харчових технологій\]](#). - 2014. - Вип. 45.

3. Гелетуша Г. «Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні». Практичний посібник/За ред. Г. Гелетуша. – К.: «Поліграф плюс», 2015. – 72 с.

4. Федюхин А. В. Разработка систем комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на основе исследования процессов пиролиза

и газификации биомассы: дис. канд. техн. наук: 05.14.04 – промислова теплоенергетика / Федюхин Александр Валерьевич – Москва, 2014. – 155 с.

5. Сільченко Г. В., Крючков А. І. Оптимізація складу енергетичного палива при роботі ТЕЦ / Сільченко Ганна Валентинівна, Крючков Анатолій Іванович // Збірник наукових статей. – Переяслав-Хмельницький: (Вип. 42)–Київ, 2018.

6. Гелетуша Г. Г. Енергетичний та екологічний аналіз технологій виробництва енергії з біомаси / Г. Г. Гелетуша, О. І. Дроздова, Т. А. Железна. // Біоенергетична асоціація України, 2014. – 2014. – С. 25.

7. Разанов С. Ф. Порівняльний аналіз викидів забруднюючих речовин у повітря традиційними енергоносіями та різними видами біопалива / С. Ф. Разанов, О. П. Ткачук. // СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО Екологія та охорона навколишнього середовища. – 2015. – С. 152–160.

8. Практичний посібник з використання біомаси як палива в муніципальному секторі України. // Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй. – 2017. – 52 с.

9. Марайкін Р. В. Будівництво комплексу теплоелектроцентралі на біомасі / Ростислав Валерійович Марайкін. – 2016.

10. Виробництво теплової енергії із біомаси. // Проект USAID «Місцеві альтернативні джерела енергії. – 2014. – 100 с.

АНОТАЦІЯ

Сільченко Г.В. «Синтез раціональної суміші біопалива для ТЕЦ при переробці твердих побутових відходів». – Рукопис.

Дисертація на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 101 – Екологія. Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського». – Київ, 2018.

Дисертацію присвячено удосконаленню науково-методичних та визначення практичних підходів до можливості використання декількох видів ресурсів в якості твердого енергетичного палива при роботі ТЕЦ.

Практичне значення полягає у розробленні та формуванні сукупності принципів, інструментів теоретичних механізмів, які забезпечують ефективне використання декількох видів енергетичних ресурсів в якості суміші біопалива при роботі ТЕЦ. Запропоновано методичні підходи до оцінки використання декількох видів ресурсів в якості енергоресурсів при формуванні регіональної екологічної та енергетичної політики, а також реалізації проектів еколого-енергетичного спрямування.

Ключові слова: суміш біопалива, біомаса, теплоелектроцентрально (ТЕЦ), паротурбінна установка, когенераційна установка, золошлакові відходи, система очистки димових газів, тверді побутові відходи, енергетичні ресурси, забруднюючі речовини.

АННОТАЦИЯ

Сильченко А.В. «Синтез рациональной смеси биотоплива для ТЭЦ при переработке твердых бытовых отходов». - Рукопись.

Диссертация на соискание степени магистра по специальности 101 - Экология. Национальный технический университет Украины «КПИ им. И. Сикорского». - Киев, 2018.

Диссертация посвящена усовершенствованию научно-методических и определения практических подходов к возможности использования нескольких видов ресурсов в качестве твердого энергетического топлива при работе ТЭЦ.

Практическое значение состоит в разработке и формировании совокупности принципов, инструментов теоретических механизмов, обеспечивающих эффективное использование нескольких видов энергетических ресурсов в качестве смеси биотоплива при работе ТЭЦ. Предложены методические подходы к оценке использования нескольких видов ресурсов в

качестве энергоресурсов при формировании региональной экологической и энергетической политики, а также реализации проектов эколого-энергетического направления.

Ключевые слова: смесь биотоплива, биомасса, теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), паротурбинной установки, когенерационная установка, золошлаковые отходы, система очистки дымовых газов, твердые бытовые отходы, энергетические ресурсы, загрязняющие вещества.

ABSTRACT

Hanna Silchenko "Synthesis of a rational compound of biofuel for CHP in the process of solid domestic waste processing". – the manuscript.

Thesis for a master's degree in specialty 101 - Ecology. National Technical University of Ukraine "KPI them. I. Sikorsky. " - Kiev, 2018.

The dissertation is devoted to the improvement of scientific and methodological and the definition of practical approaches to the possibility of using several types of resources as a solid energy fuel in the operation of CHP.

Practical value consists in the development and formation of a set of principles, tools of theoretical mechanisms that ensure the effective use of several types of energy resources as a mixture of biofuel in the operation of CHP. Methodical approaches are proposed to assess the use of several types of resources as energy resources in the formation of regional environmental and energy policies, as well as the implementation of projects of the environmental and energy sector.

Key words: biofuel blend, biomass, heat power plant (CHP), steam turbine installation, cogeneration unit, ash-slag waste, flue gas cleaning system, solid waste, energy resources, pollutants.