Міністерствo освіти і науки України

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**Близнюк Євген Володимирович**

УДК 620.93+621.352

**КОМПЛЕКСНЕ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ДЕРЕВООБРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

Спеціальність 8.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання

**Автореферат**

магістерської дисертації

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі електропостачання Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник**: **к.т.н., асист.** **Костюк Василь Осипович**

Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ

Рецензент:

1. Старший науковий співробітник «Інституту електродинаміки НАН України» докт. техн. наук Юрченко О.М.

Захист відбудеться 16 червня 2016 р. о \_\_\_\_\_ годині у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» за адресою:

03056, м. Київ-56, вул. Борщагівська, 115, ауд. 309а-22.

З дисертацією можна ознайомитися на кафедрі електропостачання Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, м. Київ-56, Борщагівська, 115.

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми магістерської дисертації**

Стрімкий розвиток суспільства, науки та техніки, який спостерігається протягом останніх десятиліть, зумовив небачений до цього часу попит на енергоресурси. Забезпеченість країни енергоносіями є запорукою розвитку не лише економіки, а й усіх суспільних сфер життєдіяльності. На даному етапі розвитку все більш значуще місце посідає відновлювана енергетика Про важливість і актуальність альтернативної енергетики в нашій країні свідчить створення Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. Тому аналіз сучасного стану даної галузі господарства, а також прогнозування можливого розвитку подій набуває надзвичайної актуальності.

Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) є одним із найбільш важливих напрямів енергетичної політики України, направленої на заощадження традиційних паливно-енергетичних ресурсів та поліпшення стану оточуючого середовища.

Напрям роботи пов’язаний із застосуванням технологій та комплексних технічних рішень у сфері енергопостачання, що забезпечують: скорочення споживання запасів традиційних паливно-енергетичних ресурсів на виробництво теплової та електричної енергії − на рівні суб’єктів господарювання; зниження енергоємності виробничих процесів – у масштабах галузі; покращення екологічного стану навколишнього середовища та зменшенні залежності Української економіки від імпортних енергоносіїв, природного газу (ПГ) зокрема – на загальнодержавному рівні.

Науково-технічним проблемам виробництва енергії шляхом переробки деревини присвячена низка досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених. Так основними джерелами, що розкривають теоретичні основи виробництва енергії шляхом піролізу є роботи В. Ляміна, А. Слявянского, А. Кісліцина, Н. Тімербаєва, А. Садртдінова.

Аналіз доцільності використання розплавно-карбонатного паливного елемента розглянуто в роботах Song S., Han J., Buccarella M., Cecchini M., Colantoni A.

Проблеми та перспективи впровадження екологічно чистого виробництва в Україні порушені в працях Нікішина О.В., Корчаковської Г.С., Харченко М.О., Панченко А.О.

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Виконані в роботі дослідження зроблені з урахуванням Енергетичної стратегія України на період до 2030 року, Комплексної державної програми енергозбереження України, Державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2016 роки та інших. Тема дисертації відповідає пріоритетним завданням навчального процесу по підготовці висококваліфікованих фахівців.

**Мета і задачі дослідження.** Метою є вибір субоптимального компонувального рішення автономної комплексної системи енергопостачання (КСЕ) господарського об’єкта шляхом співставних варіантних розрахунків техніко-економічних показників (оцінок нормованої собівартості та ціни) виробництва теплової та електричної енергії для КСЕ із застосуванням паливних елементів (ПЕ) та організацією циклу утилізації технологічних відходів деревообробного підприємства, що використовується у якості первинного палива.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд завдань:

1) оцінити економічні показники сумісного і нарізного виробництва електричної та теплової енергії з використанням ПГ, а також у разі заміщення природного газу синтетичним паливом – врахувати вартісні витрати на організацію та експлуатацію технологічного циклу із застосуванням спеціального обладнання для виробництва синтез-газу із твердих технологічних відходів деревини, включно на його очищення від сполук-забруднювачів.

2) вибрати раціональну конфігурацію КСЕ на основі ПЕ шляхом розрахунку добових показників споживання технологічними ділянками підприємства;

3) виконати розрахунки техніко-економічних оцінок виробництва електричної та теплової енергії та запропонувати раціональні технологічні режими з метою поліпшення показників енергоефективності об'єкта.

**Об'єкт дослідження** – комплексна система енергопостачання деревообробного господарства з використанням паливних елементів.

**Предметом дослідження** є технологічні компонувальні рішення для ефективної комплексної автономної системи тепло- і електропостачання деревообробного господарства (КСЕ), які забезпечують економічну вигоду за умов господарювання в Україні в умовах кризи порівняно із схемами енергозабезпечення на основі традиційних інженерних рішень.

**Методи дослідження**. Наукові результати дисертаційної роботи були отримані на основі методології системного аналізу та з використанням математичних методів: статистичного аналізу, техніко-економічного аналізу.

**Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:**

Виконано обґрунтування доцільності побудови КСЕ на основі ПЕ для підприємства деревообробної промисловості – шляхом аналізу економічної вигоди від експлуатації нових джерел енергії в умовах економічної кризи, визначеної в реальних грошових одиницях через розрахунки кумулятивних дисконтованих грошових потоків.

Спроектовано високоефективну КСЕ з використанням когенераційної установки на промислових ПЕ, із частковим або повним заміщенням споживання ПГ синтетичним паливом, виробленим із відходів деревини методом високотемпературного піролізу. Варіантні розрахунки техніко-економічних показників виконано із застосування детермінованої економіко-математичної моделі життєвого циклу з урахуванням паливної компоненти.

**Апробація результатів дисертації**. Основні результати за тематикою досліджень обговорювалися та доповідалися на Міжнародній конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS’15» м. Київ, 19 травня 2015р та «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS’16» м. Київ, 31 травня 2016р., у міжнародній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» м. Київ, 1 червня 2016р.

**Публікації**. Основний зміст дисертаційної роботи відображено у 3 наукових працях в збірниках матеріалів і тез конференцій.

**Структура й обсяг магістерської дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 3 розділів, висновків, переліку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи складає 135 сторінок, у тому числі 107 сторінки основного тексту, 33 рисунків, 11 таблиць, переліку використаних джерел зі 45 найменуваннями та 2 додатків.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та наукову новизну, а також наведено відомості про їх апробацію.

В **першому розділі** проаналізовано динаміку розвитку сучасного деревообробного господарства в Україні. Наведена загальна характеристика підприємства деревообробної промисловості, типові графіки добового споживання електричної та теплової енергії.

З економічної точки зору найбільші затрати на виготовлення одиниці готової продукції на підприємстві деревообробної промисловості припадають на теплову та електричну енергію. Застосування сучасних напрямів енергоефективного використання енергоресурсів потрібно для того, щоб зменшити собівартість продукції або ж збільшити сукупний валовий прибуток. Використання ВДЕ є одним із найбільш важливих напрямів енергетичної політики України, направленої на заощадження традиційних паливно-енергетичних ресурсів та поліпшення стану оточуючого середовища. Тому створення широкого ряду потужностей автономних енергоджерел з виробництвом та акумулюванням електричної і теплової енергії забезпечить певний енергетичний резерв в централізованій системі і надійність в даний час, а надалі, з розвитком малої енергетики на їх основі, вона буде не тільки альтернативою централізованої системи, але й основою для швидкої побудови, створення і впровадження автономного децентралізованого тепло- та електропостачання в місцях віддалених від центрального енергопостачання.

В **другому розділі** приведені практичні аспекти застосування схем розрахунку оцінок техніко-економічних показників електрогенерувальних устав з відновлюваними джерелами енергії за принципом середньозваженої (нормованої) ціни виробництва (фактично, середньозваженої собівартості – *Levelised Energy Cost*) – для умов їх функціонування, передбачених українським законодавством.

В моделях використано такі терміни для позначення вартості грошей і, відповідно, цін: *дійсні* і *номінальні*. «Дійсні» відображають реальну поточну спроможність (силу) грошових потоків у незмінній (фіксованій) валюті. «Номінальні» – враховують підвищення цін на товари і послуги в часі, тобто цінову «ескалацію». Дійсні відсоткові ставки ніколи «не спостерігаються» – вони визначаються на підставі співвідношення:

, (1)

де застосовані позначення: *R*,% – номінальна ставка (дисконт, або середня кредитна ставка, за якою банківська установа може надати позику), *r* – дійсна чи фіксована ставка, *і*,%– показник ескалації цін (або ж темп інфляції, зумовлений зростанням споживчих цін і/або цін промислових виробників – у подальшому «інфляція»). Значення ставок у виразі (1) обчислюють у відносних одиницях, задають у %.

Середньозважену собівартість виробленої енергії *LCOE* (*LCOE*)визначають в термінах поточної (фіксованої на дату приведення) вартості грошей *PV* (*Present Value*) для номінального значення потужності *GW* енергоустави з урахуванням розрахункових значень коефіцієнта використання встановленої потужності  (КВВП) для кожного планового року *t*:τ експлуатації об’єкта електрогенерації. Для цього розглядають рівняння балансу сумарних приведених грошових потоків надходжень і витрат, записане для розрахункового (прогнозного) терміну експлуатації тривалістю *n* років:

. (2)

Розрізняють три окремі визначення оцінок нормованої ціни, які однаково успішно застосовують для побудови моделей за схемою *LCOE.* У цьому дослідженні використано оцінку *номінальної* нормованої ціни, отриманої на основі фіксованої *дійсної* з урахуванням дії інфляційних чинників. Для її розрахунку поточні експлуатаційні витрати враховують з показником річної інфляції *і* ≠0 в термінах номінальної вартості грошей:

, (3)

Значення нормованої ціни для випадку врахування явища поступової деградації продуктивності установки (ефективну потужність диференційовано по рокам) обчислюють безпосередньо за виразом:

. (4)

Зроблено огляд та проведені співставні характеристики традиційніх технологій  тепло- електрогенерування  для малих об’єктів та на основі паливних елементів. Аналіз експлуатації двигунів показує, що широкий спектр низькокалорійних газів може бути ефективно утилізований в газових двигунах. Основним критерієм, що визначає можливість утилізації того чи іншого газу є ламінарна швидкість полум'я, а не теплота згоряння.

В **третьому розділі**  визначено оцінки чисельних показників ефективності комплексної системи енергопостачання з використанням паливних елементів із циклом перетворення паливного ресурсу на власні потреби системи (рис.1) на основі моделі життєвого циклу в умовах нестабільності фінансового та споживчого ринку в Україні, що викликано системними кризовими явищами і зовнішньо-політичними обставинами. Для цього виконано варіантні розрахунки (рис. 2, рис. 3) собівартості виробництва електричної та теплової енергії когенераційною установкою для забезпечення технологічного процесу та сушильного комплексу деревини на базі підприємства деревообробної промисловості.



Рис. 1 – Технологічна схема КСЕ із циклом перетворення паливного ресурсу

Рис. 2 – Розрахункові криві собівартості енергії (ПГ)

Так оцінки ефективності використання КСЕ з використанням паливних елементів показують, що собівартість вироблення електричної та теплової енергії, шляхом газифікації відходів підприємства деревообробної промисловості, очищення отриманого синтез-газу від домішок та спалювання його у ПЕ, знаходиться на досить привабливому рівні.

Рисунок 3 – Розрахункові криві собівартості енергії (синтез-газ)

Оскільки, робота КГУ можлива на змішаному паливі, а саме синтез-газ, біогаз та природний газ, то проаналізована нормована ціна виробництва електричної енергії при різних пропорціях синтетичного палива та природного газу під час сумісної генерації електричної та теплової енергії (рис. 4).

Рисунок 4 – *LCOE* когенерація при різному складі палива

**ВИСНОВКИ**

1. В умовах постійного зростання витрат на традиційні енергоносії виникла необхідність в пошуку шляхів ефективного їх заміщення за рахунок поновлюваної енергії. Аналіз систем енергопостачання показує, що використання поновлюваних і традиційних джерел енергії в комплексному їх застосуванні, значно підвищують надійність та стабільність енергозабезпечення споживачів.

2. Виконаний аналіз світового досвіду використання паливних елементів свідчить, що ринок застосувань цих нетрадиційних джерел енергопостачання знаходиться у початкові стадії формування. Розробники фокусують зусилля на вдосконалення технологій ПЕ з твердополімерним електролітом та розплавно-карбонатним паливним елементом. Лідерами щодо успішного впровадження ПЕ у якості стаціонарних мікрокогенераційних блоків є Японія та Корея.

3. Проаналізовавши стан енергопостачання об’єктів лісопереробної та деревообробної промисловості було встановлено необхідність удосконалення системи енергопостачання з використанням найбільш доступної сировини для даних галузей, а саме деревних відходів. З цією метою, виконано обґрунтування доцільності побудови КСЕ на основі ПЕ для підприємства деревообробної промисловості – шляхом аналізу економічної вигоди від експлуатації нових джерел енергії в умовах економічної кризи, визначеної в реальних грошових одиницях через розрахунки кумулятивних дисконтованих грошових потоків.

4. Запропоновано проект високоефективної КСЕ потужністю 300 кВт з використанням когенераційної установки на промислових ПЕ, із частковим або повним заміщенням споживання ПГ синтетичним паливом, виробленим із відходів деревини методом високотемпературного піролізу. Варіантні розрахунки техніко-економічних показників виконано із застосування детермінованої економіко-математичної моделі життєвого циклу з урахуванням паливної компоненти.

5. При використанні суміші палива для спалювання у ПЕ, з метою генерації електричної і теплової енергії у концентраціях ПГ/синтез-газ 0/100 – 100/0 собівартість вироблення електричної енергії буде становити від 0,70 грн/кВт·год до 1,16 грн/кВт·год. При використанні лише синтетичного газу, вартість теплової енергії становитиме 455,37 грн/Гкал, що нижче ніж ринкові тарифи енергопостачальних організацій.

6. Використання синтез-газу на рівні промисловості дозволить скоротити споживання ПГ як дорогого ПЕР, дефіцит котрого добре помітний останнім часом в нашій країні

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Шульженко С.В. Економічна оцінка перспективи використання паливних елементів для енергопостачання локального об’єкта / С.В. Шульженко, В.О. Костюк, Є.В. Близнюк // Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічна та навчально-методична конференція “Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку”.– Київ. 2015, – С. 57-58.

2. Костюк В.О., Близнюк Є.В. Система енергопостачання деревообробного підприємства з   виробництвом синтетичного палива для когенераційної установки на основі паливних елементів // Збірник тез доповідей ІІ-ої міжнародної науково-технічна та навчально-методична конференція “Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку”.– Київ. 2016

3. Близнюк Є.В. Комплексна система енергопостачання деревообробного підприємства з використанням синтетичного палива для живлення розплавно-карбонатних паливних елементів// Збірник тез доповідей міжнародної конференція “Енергетика. Екологія. Людина”.– Київ. 2016.

**АНОТАЦІЯ**

**Близнюк Є.В. Комплексне енергопостачання підприємства деревообробної промисловості з використанням паливних елементів. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 8.05070103 – електротехнічні системи електроспоживання. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, 2016.

У дисертації подано практичні аспекти застосування схем розрахунку оцінок техніко-економічних показників нових електрогенеруючих установок з з використанням паливних елементів на основі принципу середньозваженої (нормованої) ціни виробництва - для умов їх функціонування, передбачених законодавством України. Оцінено економічні показники сумісного і нарізного виробництва електричної та теплової енергії з використанням ПГ, а також у разі заміщення природного газу синтетичним паливом. Обрано раціональну конфігурацію КСЕ на основі ПЕ шляхом розрахунку добових показників споживання технологічними ділянками підприємства. Запропоновано раціональні технологічні режими з метою поліпшення показників енергоефективності об'єкта

**Ключові слова:** комбіноване виробництво енергії, паливні елементи, чисте виробництво, модель життєвого циклу, кумулятивний грошовий потік, нормована ціна виробництва енергії.

**Blizniuk Y.V. Energy supply system for wood-processing facility with the fuel cell power unit. – Manuscript.**

Dissertation on the competition of master’s degree of technical sciences on the specialty 8.05070103 – energy systems and complexes – National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 2016.

In the dissertation presents the practical aspects of modes of estimates the technical and economic performance of new electricity generating installations using fuel cells on the basis of the weighted average (normalized) cost of production - the conditions for their functioning, the laws of Ukraine. Reviewed by economic indicators and separate joint production of electricity and heat using reduction and replacement in case of natural gas to synthetic fuel. Chosen a rational configuration of the energy supply system through the use fuel cell by calculating the daily consumption energy of woodworking enterprise. Chosen a rational technological modes in order to improve energy efficiency facility.

**Key words:** сombined production of energy, fuel cells, clean production, life-cycle model, the cumulative cash flow, normalized cost of energy