

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

Сисєжкін Ю.Ф., д-р техн. наук, чл.-кор. НАНУ, Корінчук Д.М., канд. техн. наук,  
Безгін М.М., аспірант, Степчук І.В., магістрант  
Національна академія наук України «Інститут технічної теплофізики», м. Київ

*Один із шляхів ефективного використання твердих рослинних, деревинних відходів, торфу випуск паливних гранул та брикетів. Енергетичний аналіз головних стадій виробництва біопалива дозволяє виділити основні ділянки, що впливають на енергоефективність виробництва та собівартість продукції. При виробництві біопалива найбільш енергоємним є процес теплового сушіння. В процесі подрібнення біомаси в дробарках видаляється до 10 % вільної вологи. На підприємствах, де встановлено декілька стадій подрібнення, зафіксовано підвищення на 2-3% електричних енерговитрат, в той же час спостерігалось зниження теплових витрат на сушіння до 10 %.*

*One of the ways to use effectively solid herb, wood waste, peat is issue fuel pellets and briquettes. Energy analysis of the main stages of the biofuels production allows identify key areas that affect the profitability and cost of production. In the production of biofuels the most energy intensive is thermal drying process. 10% of free moisture is removed during the grinding process of biomass in the crushers. The enterprises which use multiple stages of crushing, recorded an increase electrical energy consumption at 2.3 %, while heat loss decrease observed to 10 % on drying.*

Ключові слова: енергоефективність, біопаливо, технологічні лінії, брикетування, гранулювання, сушіння, подрібнення, відновлювані джерела енергії

Використання торфу, деревинних і сільськогосподарських відходів різних виробництв є одним із способів вирішення світової енергетичної проблеми. Це спричинило активний розвиток технологій з переробки біомаси в паливо. Частка біомаси з усіх ВДЕ, для виробництва теплоти, в Європі складає 93%.

В Україні за останні роки вироблено біопалива еквівалентом 38 млн т у.п./на рік. Значною частиною сировини для біопалива стали відходи деревообробки, сільськогосподарства (соняхів, кукурудзи), енергетичні культури (тополя, міскантус, акація, верба) та солома злакових. Лушпиння соняшнику, гречки та інших зернових культур, а також солома та інші відходи переробки продукції рослинництва утворюють, без перебільшення, величезний ресурс біомаси, що є придатною для подальшого використання, в тому числі і для енергетичних цілей. В Україні цей ресурс досі використовується вкрай неефективно. Сьогодні українські аграрії спалюють мільйони тон подібних відходів, завдаючи при цьому колосальний збиток навколишньому середовищу і упускаючи значні обсяги потенційного біопалива, яке можливо використовувати в якості економії витрат на опалення та енергопостачання місцевих споживачів. Це, в першу чергу, пов'язано з відсутністю можливостей ефективного збирання та зберігання сировини.

Основною метою статті є аналіз енергоефективності існуючих в Україні технологій виробництва твердого біопалива, виявлення шляхів та способів зменшення енерговитрат при виробництві твердого біопалива та забезпечення стабільної роботи підприємств.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

-виділити основні ділянки енергоспоживання та визначити співвідношення теплових і електричних витрат ліній різної продуктивності за стадіями виробництва;

-дослідити фактори впливу на продуктивність та працездатність ліній виробництва твердого біопалива;

-визначити граничні умови ефективного виробництва біопалива.

Один із шляхів ефективного використання твердих рослинних, деревинних відходів, торфу випуск паливних гранул та брикетів. Гранули представляють собою облагороджене паливо, отримане в результаті переробки сировини рослинного та деревинного походження (тирси, шліфувального пилю, стружок, кори, струганого тріски, торфу, відходів переробки дерев у пиломатеріали, соломи, відходів сільськогосподарства, харчової промисловості, торфу). Основна маса біопалива постачається за кордон. Це пов'язано з тим, що піки виробництва біопалива на українських підприємствах і споживання гранул на внутрішньому ринку України не співпадають в межах річного циклу за часом. Виробництво біопалива під час опалювального сезону має найменшу рентабельність в зв'язку з додатковими тепловими витратами на прогрівання замерзлої біомаси та устаткування, підтримки необхідного режиму виробництва і устаткування.

Виробники сезонно виробляють біопаливо та якщо є можливість, складують його і потім розпродають впродовж року. В іншому випадку продають за кордон, де є постійний попит на цей продукт. Без сезонних простоїв можуть працювати лише великі підприємства і заводи масового виробництва продуктивністю від 3 т/год (рис.1.1).



Рис. 1.1 – Характеристика середньорічної продуктивності ліній виготовлення твердого біопалива в Україні

Енергетичний аналіз головних стадій виробництва біопалива дозволяє виділити основні ділянки, що впливають на рентабельність виробництва та собівартість продукції. Технічний огляд трьох десятків підприємств України дозволив побудувати узагальнюючу характеристику залежностей питомих енерговитрат від продуктивності виробництва (рис. 1.2). З рисунку видно, що суттєве зростання питомих енергетичних витрат спостерігається при зменшенні обсягів виробництва від 3 т/год і нижче.

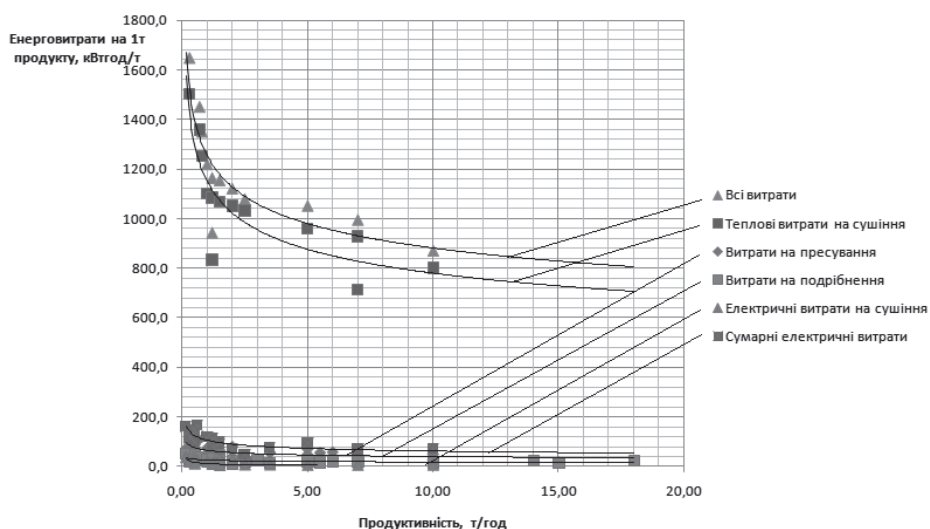


Рис. 1.2 – Залежність питомих енерговитрат від продуктивності виробництва

При виробництві біопалива найбільш енергоємним є процес сушіння. Близько 90 % теплової енергії витрачається на випаровування вологи. В середньому на цей процес витрачається 12-20 % цільового продукту біопалива, що виробляється на підприємстві. Частка електричних витрат на потреби виробництва, в загальному енергетичному балансі змінюється не суттєво.

Для більш коректного порівняння витрат теплової та електричної енергії на різних стадіях виробництва палива всі енерговитрати переведено в тепловий еквівалент. Коефіцієнт перетворення теплової енергії в електричну складає близько 30 %. При перетворенні всіх енерговитрат на виробництво палива в тепловий еквівалент матимемо інші співвідношення. Частка загальних конвертованих електричних витрат становить 27 % при продуктивності виробництва 1т/год і становить 23 % при продуктивності 5 т/год (рис. 1.3). Відповідно, питома вага енергетичних витрат на подрібнення та пресування також є значною,

що робить обґрунтованим вдосконалення цих стадій та залучення системи когенерації на виробництві біопалива.

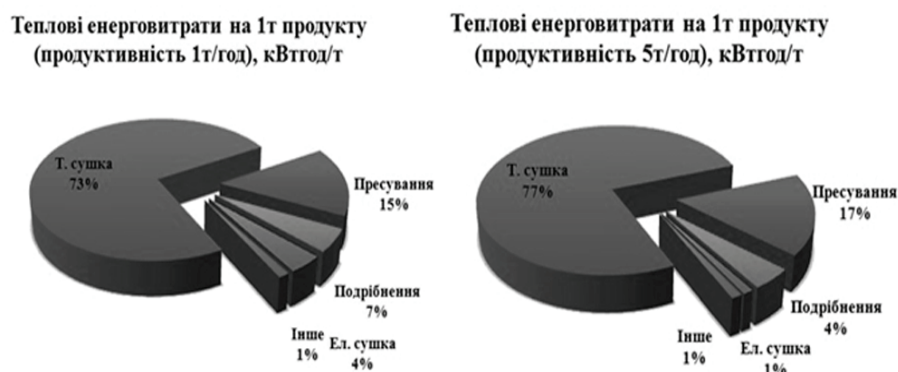


Рис. 1.3 – Загальні енерговитрати лінії в тепловому еквіваленті

В більшості технології, тепловий агент генерується на підприємстві з сировини, що переробляється, або з виготовленої продукції (пелети, брикети). На рисунку 1.4 криві показують відношення кількості отриманого палива в енергетичному еквіваленті до енергії, яка витрачається на виробництво цього палива (отриманої теплової енергії до затраченої теплової енергії), в залежності від початкової вологості вихідної сировини.

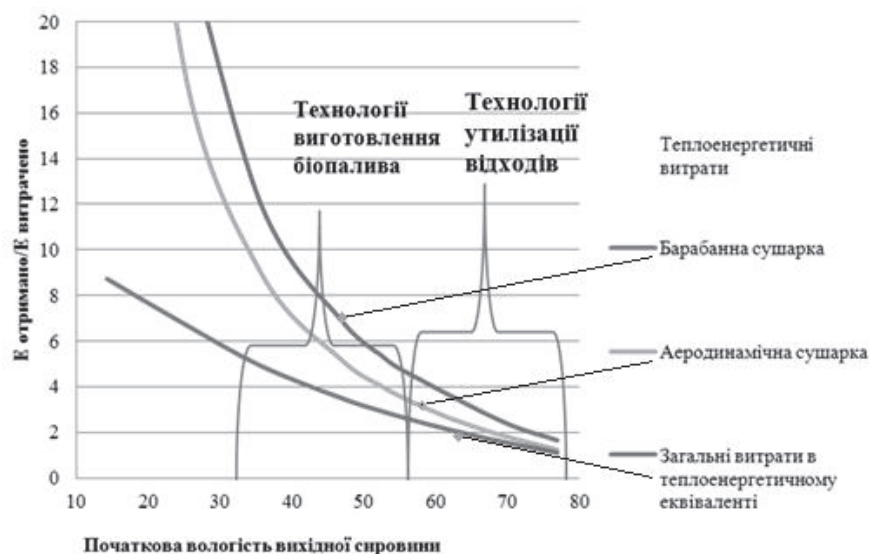


Рис. 1.4 – Теоретичний розрахунок кількості палива в енергетичному еквіваленті, що приходиться на одиницю витраченої енергії

Аналіз виробництв твердого біопалива показує, що мінімальний рівень рентабельності виробництва має лежати в діапазоні від 3 до 6, що відповідає вологості вихідної сировини та в середньому не нижче 55%. Питомі витрати енергії на сушку сировини на тону кінцевого продукту зменшуються при зменшенні початкової вологості сировини та змінюються в межах 10% в залежності від вибору сушильного обладнання. При вихідній вологості біомаси вище 55% технологія її переробки переходить до категорії утилізації відходів.

Проаналізувавши існуючі технологічні лінії, встановлено, що потужність теплогенератора установки теплового сушіння, який підігріває теплоагент сушарки, пропорційна потужності лінії з розрахунку 1МВт на 1 т/год продуктивності. З рисунку 1.5 видно, що такі лінії можуть досить ефективно працювати при вологості вихідної сировини 50-55%.

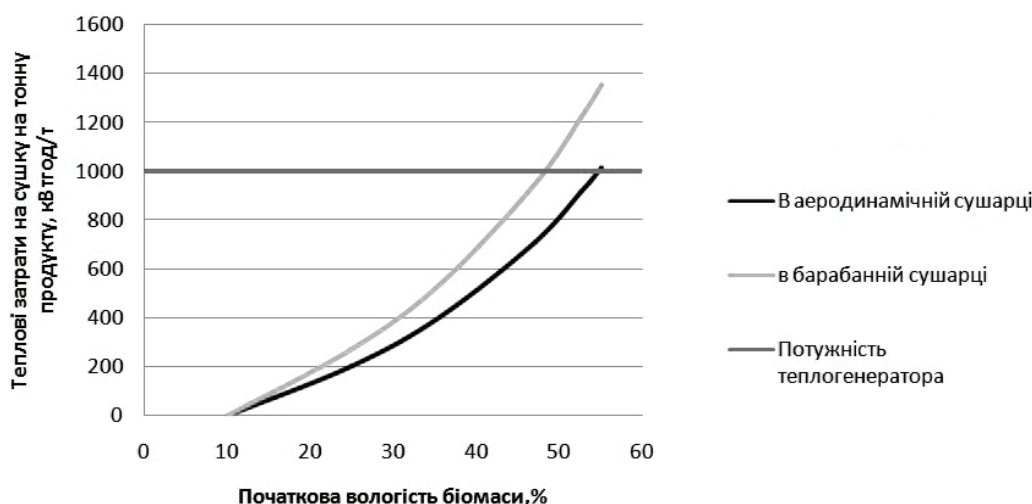


Рис. 1.5 – Теоретичний розрахунок теплових витрат на сушку в залежності від початкової вологості біомаси

Відповідно початкова сировина не повинна мати відносну вологість вище 55%, оскільки потужності теплогенератора буде недостатньо для забезпечення технологічного режиму, а продуктивність лінії буде падати чи лінія перестане бути працездатною. Вибір більших потужностей теплогенератора призводить до зменшення рентабельності виробництва.

Цікавий ефект спостерігається при 2-ох стадійному подрібненні сировини (додаткова стадія подрібнення до або під час стадії сушіння), коли на першій стадії подрібнення біомаси в такий спосіб видаляється до 10% вільної вологи. На підприємствах, де встановлено декілька стадій подрібнення, зафіксовано підвищення на 2-3% електричних енерговитрат, в той же час спостерігалось зниження теплових витрат на сушіння до 10%.

Вказане технічне рішення можливо застосовувати за умови переробки сировини вологістю вище 55%. В той же час поєднання стадій сушіння та подрібнення в одному апараті, або чергування (за принципом: подрібнення-підсушування сировини; остаточне здрібнення-досушування) дозволить, як інтенсифікувати процес зневоднення так і вирішити проблеми подрібнення надто вологої сировини, які існують на більшості виробництв.

#### Висновки

При аналізі питомих енерговитрат 30 різних підприємств була виявлена тенденція до зменшення енергетичних витрат для ліній з високими обсягами виробництва.

При виробництві брикетованого та гранульованого біопалива біля 90% енергетичних витрат припадають на стадію сушіння. Частка електричних витрат на потреби виробництва, в загальному енергетичному балансі змінюється не суттєво.

Встановлено, що при початковій вологості сировини вище 55% більшість технологічних ліній виробництва твердого біопалива непрацездатні, а технологія переробки біомаси переходить до категорії утилізації відходів.

Застосування багатостадійного подрібнення дозволяє видалити до 10% вологи з сировини механічними методами, вирішити проблему працездатності лінії при граничних коливаннях вологості сировини біля 55%.

#### Література

1. Гомонай М. В. «Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы»: Монография. - М.: МГУЛ (Московский государственный университет леса), 2006.
2. Теория сжигания древесины. "Лес и бизнес", №6 (16) август 2005 г., с.9.
3. Рекламные материалы ОАО "БЕЛКОТЛОМАШ", 2006 г., с.32.
4. Тиайненен В.С., "Преимущества прессованного биотоплива: топливные гранулы и брикеты":- Леспроектинформ, №11, 2003 г., с. 42-45.
5. Бородуля В.А., Пальченок Г.И., "Денсифицированное биотопливо-энергетическая альтернатива для Беларуси: потенциал, проблемы и перспективы.-Энергоэффективность. Мн., №11, №12, 2002 г.
6. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Олейник Е.Н. «Перспективы производства тепловой энергии из биомассы в Украине» "- Альтернативная энергетика, №5, 2003 г., с. 48-53