

АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ І ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ШЛЯХІВ ВПРОВАДЖЕННЯ В СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО ЗОНИ ПОЛІССЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ТЕПЛОВИХ КОТЛІВ

Нездвецька І.В.

кандидат технічних наук

Житомирський національний агроекологічний університет

Практична відсутність у Житомирській області діючого видобутку власних традиційних паливно-енергетичних ресурсів та енергогенеруючих потужностей, висока енергоємність внутрішнього валового продукту обумовлюють обтяжливу залежність регіону в придбанні привозних енергоносіїв, порушення ритму виробничих процесів та великі труднощі в енергопостачанні житлово-комунальної сфери. З огляду на поширення світової тенденції до впровадження енергозберігаючих технологій із використанням альтернативних джерел енергії (біомаси в тому числі), вага сільськогосподарських та лісопереробних підприємств, як основних постачальників твердого біопалива на енергетичні ринки України, зокрема в зоні Полісся, має перспективи до зростання [1]. Ці галузі із споживачів енергії мають перетворитися у виробників, здатних задовольнити потреби місцевих підприємств та об'єктів комунальної і колективної власності.

Ефективне використання енергоресурсів має вирішальне значення для економічного і соціального розвитку регіонів. Враховуючи те, що Житомирська область займає одне з лідируючих в Україні місць за загальною площею вкритих лісовою рослинністю ділянок і має розвинену деревообробну промисловість, достатні потенційні запаси відходів с.-г. виробництва, а також потужні родовища торфу, доцільним є використання цих енергоресурсів в якості палива для невеликих котелень місцевого призначення. Залучення до енергетичного комплексу області раціональних способів теплової утилізації відходів лісопереробки та с.-г. виробництва – ефективний метод щодо збереження для майбутніх поколінь викопних енергоресурсів, запаси яких в світі зменшуються зростаючими темпами.

Твердопаливні котли, в залежності від їх конкретних характеристик, можуть бути орієнтовані на різні сегменти ринку: від виробництв, що мають доступ до сировини та здатні самі виробляти та споживати теплову енергію до підприємств муніципальної (комунальної) власності, які внаслідок складних фінансових умов не можуть сплачувати за спожитий газ та електроенергію. Досить перспективним і доцільним є застосування твердопаливних котлів на всіх типах деревообробних підприємств, де має місце проблема утилізації відходів виробництва. Можливість використання відходів деревообробки з метою енергетичного забезпечення підприємств (господарств) дозволяє не лише економити на транспортних та інших витратах, які є неодмінною складовою при утилізації вказаних відходів, а і економити на закупівлі палива. Відомо, що питома вартість енергії, отриманої із соломи в тюках, в залежності від її вологості та технології енергоконверсії, на 35-70 % нижча за питому вартість енергії, отриманої із природного газу [3], та на 10-20 % нижча за вартість одиниці енергії, отриманої шляхом прямого спалювання деревини (вологістю в межах 20 %). В умовах відсутності або недостатньої газифікації об'єктів різних форм власності, відсутності надійного постачання електроенергії, наявних фінансових проблем, які останнім часом склалися в державі, – твердопаливні котли є одним із засобів, що дозволить досягти необхідного рівня енергетичного забезпечення і енергетичної автономності підприємств та установ.

Ефективність енергетичного використання твердих видів біопалив в енергогенеруючих пристроях підвищується в результаті організації наступних заходів:

- механізації і автоматизації процесів складування і транспортування палива до енергогенеруючих пристроїв;

- вдосконалення конструкцій енергогенеруючих пристроїв, підвищення їх ККД, зниження затрат ручної праці на обслуговування устаткування і забезпечення використання відходів з високими показниками вологості та зольності;

- розробки систем підготовки відходів до теплової утилізації з метою підвищення їх транспортних і енергетичних характеристик.

Твердопаливні котли класифікують за такими критеріями:

I) за матеріалом теплообмінника:

- чавунний;
- сталевий;

II) за типом палива:

- на дровах;
- на вугіллі;
- на пеллетах;
- на трісках;

III) за способом завантаження палива:

- з ручним завантаженням;

- з автоматичною подачею палива, що одержали широке поширення в європейських країнах. Такі котли можуть працювати в залежності від типу пальника на таких видах палива як вугілля фракцією до 25 мм, пелетах, сухій деревній стружці. Найголовніша їх перевага в тому, що, завантаживши бункер один раз, котел тривалий час (від трьох до семи і більше діб залежно від розмірів бункера) не потребує завантаження. ККД цих котлів достатньо високий, викиди в атмосферу мінімальні. Проте, для роботи цих котлів необхідно автономне електричне живлення.

IV) за типом автоматики управління:

- енергонезалежні (подача повітря регулюється механічним регулятором тяги);

- енергозалежні (подача повітря регулюється нагнітаючим вентилятором, керування якого здійснюється електронним блоком управління).

V) за способом утилізації палива твердопаливні котли діляться на «класичні» та піролізні (газогенераторні).

Вибір котла конкретного типу обумовлюється його вартістю, потужністю, ККД, тривалістю безперервної роботи, типом палива та вимогами до його фізичних характеристик, габаритними розмірами тощо (табл. 1).

Традиційні котли прямого спалювання мають розширену топку (чим менша теплотворна здатність палива, тим топка більша) і відносно низький робочий тиск (2 атм). Аналіз конструкцій котлів прямого спалювання (табл. 1) показав, що, основними загальними характеристиками цих котлів є:

- ККД роботи не більший 71-79 %;
- можливість використання додаткових видів твердого палива (кокс, пеллети, брекети, тюки, тріска);
- низький рівень або відсутність автоматизації (ручне регулювання температури теплоносія);
- невеликий час горіння однієї закладки палива.

Низький рівень автоматизації роботи таких котлів не дозволяє працювати системам в повністю автоматичному режимі і вимагає регулярного завантаження палива (вугілля – зазвичай кожні 6-8 годин і дрова – 2-3 години). Керувати процесом горіння твердого палива складно, тому точність підтримки заданої температури невисока. Автоматична підтримка заданої температури здійснюється за допомогою встановленого на виході із котла датчика, що відстежує температуру води (теплоносія). Проте позитивним в роботі таких котлів є те, що даний пристрій не потребує підключення до джерела електричної енергії і залишається простим у конструкційному виконанні та низьковартісним.

Невисока вартість та повна незалежність від електроенергії – головні переваги цього класу котлів. Проте в наші дні таке устаткування вже застаріло і на зміну йому прийшли

твердопаливні котли із застосуванням передових технологій, що забезпечують високу ефективність, надійність, безпеку, а також простоту та тривалість експлуатації.

Таблиця 1

Порівняльні особливості типів твердопаливних котлів

Вимоги до палива	Переваги	Недоліки
<i>Класичні твердопаливні котли на колосниковій решітці (прямого спалювання)</i>		
Вугілля, дрова, солома, брикети, тюки	Проста технологія, надійність, невисока вартість, можливість використання різних видів палива	Невисокий ККД; цикл прогорання однієї порції палива – не більше 3-4 год.; майже повна відсутність можливості регулювання температури теплоносія. <u>Основний недолік:</u> працюють циклом: <i>завантаження палива — розпалювання — горіння — затухання — чистка котла.</i> Дозавантаження котла можливо, але технологічно ускладнено
<i>Твердопаливні котли тривалого горіння (Candles)</i>		
Вугілля, кокс, пелети, дрова, брикети, тріска вологістю до 35 %	Час роботи котла на одній порції палива до 3-х діб; енергоавтономність	Низький ККД (близько 70 %); відсутність можливості регулювання температури теплоносія; високі вимоги до якості палива
<i>Твердопаливні котли на пелетах (автоматизовані)</i>		
Пелети	Великі інтервали між завантаженням палива; високий ККД; широкий діапазон регулювань теплової потужності; компактне пакування палива	Висока вартість як самих котлів, так і палива до них; потребують підключення до електроживлення
<i>Газогенераторні (піролізні) котли</i>		
Сухі брикети, тирса, стружка, тріска, суміш деревини, торф, відходи харчової і легкої промисловості, що містять целюлозу, вологість до 20 %	Високий ККД ; великі інтервали між завантаженнями палива; широкий діапазон регулювань; надійність і зручність в експлуатації	Потребують підключення до електроживлення; за відсутності футерування камери завантаження чутливі до вологості палива; при неповному футеруванні камери згорання дуже швидко виходять з ладу із-за прогорання стінок

Перш за все, високу ефективність спалювання забезпечують котли із пальниками сучасних конструкцій, що здатні отримувати максимальну кількість енергії з деревної сировини. Наприклад, в твердопаливних котлах BUDERUS Logano G211, DAKON DOR, DEMRAD 30-60 E паливо може спалюватися двома способами: відгоранням і прогоранням. Ефективність спалювання забезпечується за рахунок використання системи колосників і нової конструкції камери згорання із спільним використанням первинного і вторинного повітря та можливістю регулювання подачі додаткового повітря (рис. 1). Простіше кажучи, при такому процесі горіння повітряні потоки формуються так, щоб дрова тліли в нижній частині топки біля колосника, а продукти згорання, що виділяються, догорали в додатковій камері під колосником. Це забезпечує більш рівномірне і тривале горіння палива, його більш повне використання. Завдяки конструкції сучасних котлів максимально можлива частина тепла передається безпосередньо теплоносію, а високоефективна теплоізоляція зводить до мінімуму теплові втрати.

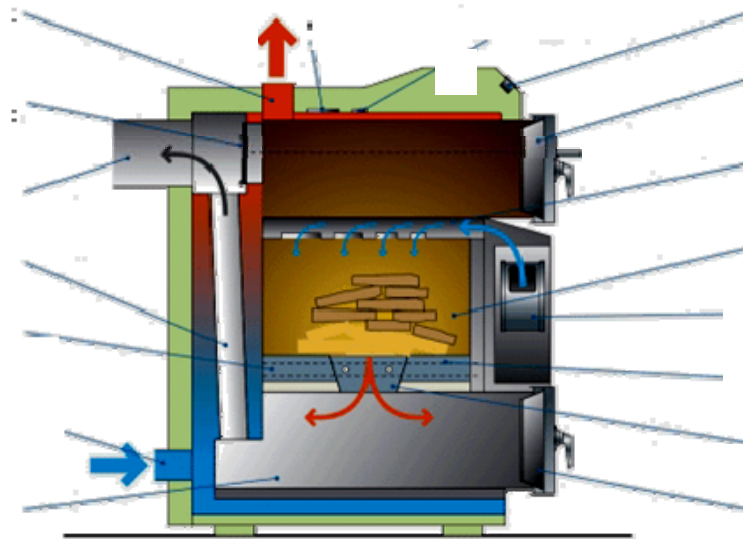


Рис. 1. Схема конструкції твердопаливного котла прямого спалювання: 1 – патрубок подачі води; 2 – дросель димоходу; 3 – боров; 4 – димоходний канал; 5 – канал подачі вторинного повітря; 6 – патрубок оберненої подачі води; 7 – камера нагрівання; 8 – регулятор; 9 – верхній отвір; 10 – канал подачі повітря; 11 – камера спалювання; 12 – вентилятор; 13 – водяний теплообмінник; 14 – форсунка; 15 – нижній отвір; 16 – датчик температури; 17 – датчик тиску.

Для забезпечення оптимізації процесу спалювання певного виду палива деякі виробники випускають спеціальні модифікації, що найкраще пристосовані саме для окремих видів палива. ККД таких котлів може досягати 78 % (котли серії Dor D і FB D від DAKON, U22 D від VIADRUS, Logano G211 D, Logano S111 від BUDERUS). Наприклад, у чеської фірми DAKON в асортименті присутні котли для всіх видів твердого палива (модифікація DOR), а також моделі, розраховані, в першу чергу, для спалювання деревини і деревних відходів (модифікація DOR D). Будова DAKON DOR D аналогічна будові серії DOR. Основна відмінність — камера згорання модифікації DOR D доповнена жаростійкими сегментами і шамотними дошками, призначеними для поліпшення спалювання деревини і виступаючими в якості каталізаторів. Перевага даних котлів — можливість спалювати деревину з вологістю до 35 %. В VIADRUS ця проблема вирішена за рахунок збільшеного отвору для завантаження твердого палива, що забезпечує більший об'єм закладки деревини, якої вистачає на 6-10 годин горіння.

У деяких котлах конструктивно передбачений захист від перегріву. Саме наявність цієї деталі вигідно відрізняє котли OPOP (Чехія) від багатьох твердопаливних котлів від інших виробників. Захист від перегріву забезпечується наявністю водяного охолоджувального. Ця система може контролюватися вручну, тобто при збільшенні температури теплоносія необхідно відкрити вентиль на патрубку відведення рідини, що охолоджує систему (вентиль на патрубку, що підводить, постійно відкритий). Крім того, ця система може також управлятися автоматично. Для цього на відповідному патрубку встановлюється клапан зниження температури, який автоматично відкриватиметься при досягненні теплоносієм максимальної температури.

З метою регулярної подачі палива в топку котла, ряд фірм розробили *автоматизовані топкові апарати* (АТА). По мірі згорання палива, його нова порція подається із завантажувального бункера автоматично. Але паливо в цьому випадку годиться вже не будь-яке, а дрібних фракцій. Виробництвом побутових АТА для котеджів сьогодні займаються багато іноземних компаній в усьому світі. На українському ринку починає з'являтися продукція від BAXI (Італія), BENTONE (Швеція), VERNER (Чехія), VISSMANN (Німеччина). Конструкційне виконання та принцип роботи моноблочних апаратів різних

виробників подібні. Наприклад, Vitolog 300 від VIESSMANN потужністю 5...26 кВт складається з двох агрегатів: котла з топкою і піролізу пальника.

Стокерний пальник включає в своїй конструкції металевий контейнер, до якого приєднаний шнековий транспортер, що переходить в пристрій пальника з нагнітаючим повітрям вентилятором. Завантаження деревних гранул із спеціального контейнера ємкістю 150 л здійснюється автоматично за допомогою спеціального гвинтового конвеєра, що переходить у нагнітаючий вентилятор. В залежності від температури зовнішнього повітря об'єму контейнера може вистачити на дві доби роботи котла. Новітня розробка компанії – Vitolog 300 по зручності обслуговування та комфорту відповідає газовим і рідкопаливним котлам завдяки вбудованому цифровому контролеру і модульованому процесу узгодження номінальної потужності і теплового навантаження. Об'єму контейнера цілком достатньо для автоматичної роботи котла протягом двох діб. Є пристрій з терміном безперервної роботи до 2...7 діб (VAP 25 Zeus від VERNER (Чехія).

Принципові зміни при використанні твердих видів біопалив відбулися із впровадженням і розвитком конструкційно-технологічного виконання *піролізних та газогенераторних котлів* (рис. 2). Як піроліз, так і газогенерація побудовані на термічному розкладанні твердого біопалива з обмеженням доступу кисню. Результатом піролізу є утворення деревного вугілля (теплотворна здатність 7000-8000 кал/кг), генераторного газу (теплотворна здатність 800-1200 кал/м³) та рідких фракцій, тепла утилізація яких також можлива. При газогенерації утворюється лише тільки газогенераторний газ, теплотворна здатність якого знаходиться в межах від 6700 кДж/м³ до 35000 кДж/м³ в залежності від конструкційно-технологічного виконання газогенераторного котла. Хоча ці котли позбавлені однієї з головних переваг традиційних агрегатів на твердому паливі – незалежності від електроенергії, проте майже повне спалювання палива з мінімальною кількістю золи і сажі, можливість автоматичного регулювання інтенсивності горіння та їх високий ККД (від 85 %) є умовами до зростання потреб з боку споживачів на котли саме таких конструкцій.

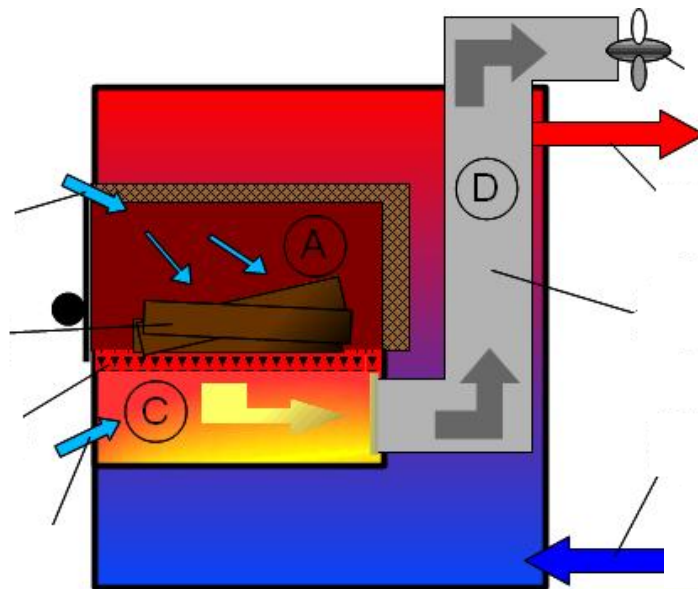


Рис. 2. Схема конструкції твердопаливного котла піролізного типу:

- 1 – первинне повітря; 2 – паливо; 3 – колосник; 4 – вторинне повітря;
 5 – вентилятор; 7 – гази, що видаляються; 6, 8 – вхід і вихід води; А – камера газифікації, ,
 С – камера опалювання; D – вихід відпрацьованих газів.

Принцип безкисневого отримання теплової енергії із деревного палива давно відомий і широко застосовується в теплогенеруючих установках. Інженерні дослідження

технологічних особливостей процесів піролізу та газогенерації забезпечили появу широкого спектру відповідного техніко-технологічного устаткування, головний принцип роботи якого полягає у наступному. У шар тліючого палива, що знаходиться в паливному бункері, вентилятором подається повітря (рис. 2). В результаті утворюється горючий генераторний газ, що складається в основному із СО, та деревне вугілля. Утворений газ проходить через керамічну форсунку, де змішується з додатковим (вторинним) повітрям. Газоповітряна суміш запалюється в камері згорання, стикаючись з каталізатором, при цьому згорають і важкі з'єднання, і частки сажі. Порівняно з котлами поверхневого горіння, такі котли виробляють димові гази, що практично не містять токсичних і інших домішок.

Розпалювання котлів таких конструкцій здійснюється традиційно, або за допомогою системи електричного підпалювання. Проте, такі котли критичні до вологості палива (вологість до 20 %), хоча в загальному випадку для газифікації можуть використовуватися сухі брикети, тирса, стружка, тріска, суміш деревини і деревних відходів, деякі види торфу, а також відходи харчової і легкої промисловості, що містять целюлозу. При підвищенні вологості палива знижується теплотворна здатність газу, збільшується утворення накипу, дьогтю і конденсату.

Більшість виробників забезпечують управління котлом від кімнатного програматора. На пульт управління виводяться параметри роботи котла (температура теплоносія, сигнали про аварійні ситуації, режим роботи вентилятора). Як правило, газогенераторні котли використовуються в опалювальних системах з примусовою циркуляцією теплоносія. Всі вони є одноконтурними і гарячої води не виробляють. Але завдяки високій ефективності і екологічності популярність їх на ринку залишається високою. Декілька модифікацій котлів з піролізним спалюванням випускає чеська фірма DAKON (GASOGEN і KP PYRO потужністю до 40 кВт), а також німецька VIESSMANN (Vitolig 150 – до 80 кВт).

Асортимент імпортованих твердопаливних котлів, представлених на вітчизняному ринку, значно бідніше у порівнянні не лише з газовими або рідкопаливними, але і з електричними котлами. Серед зарубіжних виробників можна назвати чеські фірми VIADRUS, DAKON, OPOP, VERNER, німецькі VIESSMANN, BUDERUS, JUNKERS турецькі DEMRAD, італійські FERROLI.

Основними загальними характеристиками газогенераторних (піролізних) котлів, виходячи з аналізу технічної документації, є:

- підвищений ККД роботи – до 85 % (на 4...7 % вище, ніж в традиційних твердопаливних котлів);
- робота лише на целюлозовмісних відходах;
- можливість автоматизації (використання програмованих пультів управління);
- енергозалежність (без електрики не працюють);
- автоматичне включення димососа при відкритті дверей топки (для захисту від чадного газу);
- вища вартість (у порівнянні з традиційними котлами).

Для вибору твердопаливного котла із забезпеченням максимально ефективної його роботи, необхідно врахувати такі їх параметри, як якість та вид палива, умови роботи котла та вимоги споживача теплової енергії.

Всі котельні України щорічно споживають понад 26 млн т у. п., причому котельні, розміщені в сільській місцевості, використали близько 0,9 млн т у. п. і ця потреба може бути покрита за рахунок використання відходів рослинництва [1]. Котли на біомасі можуть конкурувати з котлами на природному газі в районах, де доступні значні ресурси біомаси. Їх впровадження буде вагомим внеском в місцеве самоенергозабезпечення регіонів та окремих підприємств. Крім того, на відміну від біоетанолу чи біодизелю, енергоконверсія нехарчових вихідних матеріалів дозволяє зняти питання про небезпеку використання сільськогосподарських земель для вирощування енергетичних культур, які могли б бути використаними для вирощування культур продовольчого спрямування.

Котли за технологією прямого спалювання. Виробництво тепла з біомаси є

конкурентноспроможним вже зараз, навіть за використання закордонного обладнання. При певних умовах, таких як утилізація власних відходів з нульовою вартістю (наприклад, відходи деревини на деревообробному підприємстві, надлишки соломи на фермі) та використання вітчизняного обладнання (котли українського виробництва), виробництво тепла з біомаси може бути більш реальним, ніж з дорогих викопних палив. Багато деревообробних підприємств та лісогосподарств переобладнали власні вугілля та мазуті котли на системи спалювання власних відходів рослинного походження. Загальна кількість таких котлів в Україні становить близько 1000 одиниць, що становить майже 75 % всіх котлів, що працюють в деревообробній та лісовій промисловості. Зазвичай, переобладнані котли мають дуже низький ККД та високий рівень викидів. Велика кількість котлів на деревині українського виробництва працює на різних українських підприємствах, переважно це водогрійні котли потужністю до 1 МВт. Багато вітчизняних котлів та печей на деревині знаходяться в приватному користуванні, особливо в сільській місцевості [2].

Таблиця 2

Пріоритетне (з найкращими економічними показниками) біоенергетичне обладнання, що може бути встановлено в Україні до 2015 р. [2]

Тип обладнання	Місткість українського ринку, установок	Встановлена потужність, МВт	Скорочення CO ₂ , млн. т на рік	Час експлуатації, год/рік	Заміщення природного газу, млрд. м ³ на рік	Сумарні інвестиції, млн. гривень
Котельні центрального опалення на деревині потужністю 1-10 МВт	500	500	0,51	4400	0,26	100
Промислові котли на деревині потужністю 0,1-5 МВт	360	360	0,46	6000	0,24	72
Домашні котли на деревині потужністю 10-50 кВт	53000	1590	1,65	4400	0,84	318

В табл. 2, 3 відображене пріоритетне обладнання для спалювання біомаси, що може бути встановлено в Україні в найближчі роки, а в табл. 4, 5 – економічні показники українських твердопаливних котлів за їх серійного виробництва.

Таблиця 3

Котли для спалювання біопалива, що серійно випускаються на заводах України [3]

Виробник	Марка котла	Потужність, кВт	Витрати палива, кг/год	к.к.д., %
ВАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод»	КОВА-25	25	8	85
	КОВА-50	50	15	90
	КОВП-25	25	6	85
	КОВП-50	50	13	85
	КОВП-100	100	25	89
ВАТ «Броварський завод комунального обладнання»	Ardenz TG 20	20	4,08	84
	Ardenz T 50	50	21	84
	Ardenz T 75	75	33	84
	Ardenz T 100	100	48	84
	Ardenz T 200	200	96	84

Економічні показники українських котлів на деревині [2]

Економічні показники	Потужність котлів на деревині, кВт				
	100	250	500	1000	1500
Вартість котла, тис. гривень	35	75	135	210	392
Витрата деревного палива, т/рік	360	900	1791	3583	5374
Економія природного газу, тис. м ³ /рік	86	215	430	860	1290
Період окупності, років	1,2	1,1	1	0,7	0,8

Так, ВАТ «Броварський завод комунального обладнання» випускає типорозмірний ряд мультипаливних водогрійних котлів, що працюють на дровах, тирсі, паливних брикетах і торфі, а також можуть використовувати в якості палива кам'яне вугілля. Ці котли призначені для теплопостачання об'єктів побутового, комунального і промислового спрямування. Науковцями НУБіП України спільно з чеськими колегами розроблено й розпочато виробництво на Могилів-Подільському машинобудівному заводі котлів-автоматів і котлів газифікації потужністю 25, 50 та 100 кВт, які працюють на біопаливі. З метою підвищення рівня автоматизації обладнання, у типових конструктивно-технологічних рішеннях котлів-автоматів функцію дозаторів виконують шнекові транспортери, що керуються за заданою програмою.

Економічні показники українських котлів на соломі [2]

Економічні показники	Потужність котлів на соломі, кВт					
	60	130	250	500	700	1000
Вартість котла, тис. грн	32	62,4	91,8	160	238,7	302,8
Тип солом'яного тюка	малі – 12 кг		круглі – 250 кг		великі – 500 кг	
Витрата соломи, т/рік	68	146	281	563	788	1100
Економія природного газу, тис. м ³ /рік	22	48	92	185	259	361
Період окупності, років	3,7	3,5	2,5	2,3	2,2	2,2

Ефективне використання котлів на твердому біопаливі обумовлене розробкою сучасних технологій підготовки сировини, систем автоматичного управління процесом спалювання та спеціальних (керамічних) матеріалів камер згорання. Автоматичні водяні опалювальні котли КОВА призначені для обігріву житлових будинків, дач і інших об'єктів із тепловим навантаженням 25 кВт і 50 кВт. Завдяки великому об'єму топки, електронному регулюванню з використанням термостату і пальника типу реторти із завантажувальним пристроєм дані котли працюють в автоматичному режимі. Вони призначені для спалювання паливних гранул з деревини й рослинної біомаси. Потреба в паливі при номінальній продуктивності складає відповідно 7,2 та 9,7 кг за годину. При мінімальному завантаженні цих котлів достатньо 1,5 і 2,3 кг паливних гранул за годину [4].

Котли, що працюють за технологією газифікації. Котли таких типів призначені для спалювання кускової деревини діаметром 80...150 мм з вологістю до 20 % й паливних брикетів з біомаси. Також в камеру завантаження можна додавати до 10 % стружки чи інших дрібних деревних відходів. Підвищення ефективності котлів газифікації викликається встановленням акумулюючих місткостей, які можуть продовжувати роботу опалювальної системи на протязі 1-3 днів після останнього завантаження біопалива. Для котла КОВП-25 достатньо, щоб об'єм акумулюючої місткості складав до 1500 літрів. Установка котла з місткістю акумуляції приносить ще кілька вигод. По-перше, зменшується на 20...30 % витрата біопалива, бо котел працює на повну потужність з максимальною ефективністю аж до повного завершення роботи. По-друге, подовжуються терміни служби котла і димаря, бо

відбувається мінімальне утворення дьогтю і кислот при мінімізації роботи котла на перехідних режимах. Нарешті, зростає комфортність опалювальної системи, а також її екологічна безпека. Генераторний газ в процесі згорання взаємодіє з активним вуглецем, унаслідок чого димові гази на виході з котлів газифікації майже не містять шкідливих домішок, а також істотно скорочують викиди CO₂ в довкілля. Потреба в паливі при номінальному навантаженні складає відповідно 6 та 25 кг за годину при потужностях 25 і 100 кВт, відповідно. А коефіцієнт корисної дії даних котлів становить не менше 80...89 % [4]. Широкий асортимент котлів газогенераторного типу пропонує ВАТ «Мотор Січ». Котли на дровах «Мотор Січ» (табл. 6) відрізняються тим, що при виготовленні стінок камери згорання і камери завантаження використовують високоякісну сталь завтовшки 6-10 мм і покриття (футерування) з якісного керамобетона. Наявність футерування камери згорання дозволяє надійно захистити стінки котла від можливого прогорання, і значно підвищити температуру усередині котла. Футерування котла також створює відмінні умови для повного спалювання твердого палива з мінімумом викидів та дають можливість спалювати деревину вологістю до 50 %.

Ефективність використання котлів газогенераторного типу очевидна. Для прикладу, проведемо прості розрахунки. В Україні вартість магістрального природного газу, яка залежить від обсягів спожитого газу, в середньому складає 4,6 грн/м³ для юридичних осіб та 1,8 грн/м³ для населення. Для отримання 1 МДж теплової енергії необхідно спалити 0,115 м³ природного газу, із чого походить, що вартість 1 кВт теплової енергії при використанні природного газу складає 0,53 грн для юридичних осіб та 0,21 грн для населення.

Таблиця 6

**Техніко-економічні характеристики газогенераторних котлів від
ВАТ «Мотор Січ» (потужністю до 60 Вт)**

№ п/п	Параметри	Один. вимір.	Модельний ряд				
			МС-16	МС-25	МС-32	МС-40	МС-60
1	Теплопродуктивність	кВт	8-19	13-30	16-38	20-48	30-72
2	Об'єм камери завантаження (газоутворення)	м ³	0,08	0,13	0,13	0,17	0,33
3	Об'єм води	л	61	94	107	114	153
4	Робочий тиск теплоносія (не більше)	МПа	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
5	ККД при пологості палива: 20% 40%	%	90	90	90	90	90
			82	82	82	82	82
6	Температура відпрацьованих газів	°С	110	110	110	110	110
7	Споживана електрична потужність	Вт	40	40	40	40	90
8	Опалювальна площа (орієнтовна)	м ²	80-190	130-300	160-380	200-480	300-720
9	Максимальна довжина палива	м	0,38	0,5	0,5	0,5	1,0
10	Габаритні розміри: глибина ширина висота	мм	1055	1450	1480	1500	2240
			745	740	740	840	850
			1255	1250	1250	1360	1360
11	Маса	кг	420	530	610	680	1050
12	Паливо, яке використовується		Дрова, паливні брикети				
13	Ціна	грн	17 000	19 000	21 000	25 000	38 000

При середній вартості 1 м³ дров 300 грн, їх теплотворній здатності 12 МДж/кг, середній щільності 700 кг/м³, 1 МДж теплової енергії, що отримана при спалюванні дров коштує 0,036 грн. Розглянемо витрати на опалення дровами приміщення площею 400 м² і висотою 2,5...2,7 м за один опалювальний сезон в Україні. Відомо, що в умовах помірного європейського клімату для забезпечення необхідного мікроклімату в приміщеннях у відповідності до санітарних норм, номінальна тепла потужність обладнання повинна складати 0,1 кВт на 1 м² опалювальної площі. Тоді для опалювання приміщення в 400 м² необхідно встановлення котла номінальною потужністю 40 кВт. Враховуючи теплотворну здатність дров, для забезпечення необхідних санітарних температурних умов в приміщенні, добова потреба в дровах складатиме 120 кг, а сезонна (за 180 діб) – 21600 кг. В грошовому еквіваленті це складатиме 9257 грн. Розглянемо фінансові затрати на опалення цього приміщення протягом опалювального сезону (табл. 7).

Таблиця 7

Порівняльні техніко-економічні показники організації опалювання приміщення площею 400 м² протягом опалювального сезону (180 діб)

Тип енергоносія	Вартість 1 кВт, грн	Витрати на опалювання, грн	
		За місяць	За сезон
Опалювання магістральним газом (юр. особи)	0,53 грн	7 632	1373760
Опалювання магістральним газом (фіз. особи)	0,21 грн	3 024	544320
Опалювання дровами	0,1 грн	1 542	9257

Слід зазначити, що показники в табл. 8 розраховано для теоретичного к.к.д. теплового обладнання, близького до 100 %, чого в реаліях бути не може. Тому при розрахунку показників ефективності теплової утилізації в реальних умовах слід враховувати к.к.д. технологічного обладнання. Наприклад, при переході від опалювання магістральним газом до опалювання деревиною шляхом її спалювання в котлі «Мотор Сич – 40», вартістю 25 000 грн, к.к.д. якого складає 90 % (табл. 6), власник нерухомості площею 400 м² за один опалювальний сезон має можливість зекономити на опалюванні близько 34 257 грн і повністю окупити вартість обладнання.

Загальні витрати у процесі виробництва, транспортування та кінцевого використання теплової енергії складають 50...55 % від її вартості [4]. З метою зниження собівартості енергії, загалом, та виробленої із твердих паливних ресурсів, зокрема, необхідно звести до мінімуму витрати на транспортування енергоресурсів, що можливо здійснити шляхом максимального використання місцевих видів палива, в тому числі альтернативних. Дослідження науковців зводяться до висновку, що для багатьох регіонів України використання власного твердого біопалива є більш економічно та екологічно вигідним у порівнянні із використанням кам'яного вугілля або нафтопродуктів. Вироблене з місцевої сировини біопаливо обходиться у 2-4 рази дешевше й не потребує значних транспортних витрат на його доставку [5]. Світова тенденція до зростання вартості енергоресурсів обумовлює скорочення обсягів споживання у господарському комплексі області традиційних палив немісцевого походження та заміщення їх місцевими видами енергоресурсів, сумісно із впровадженням новітніх ресурсозберігаючих та екологобезпечних технологій біоенергоконверсії.

Енергетичний потенціал паливних ресурсів Полісся України загалом та Житомирської області зокрема оцінюється наявністю викопних твердих паливних ресурсів (торфу, бурого вугілля) та відходами сільськогосподарського та лісгосподарського виробництва (біомаси),

найбільшу частку у структурі яких займає побічна продукція рослинництва (64 %), меншу (29 %) – відходи лісо переробки.

Буре вугілля «наймолодше» із викопного вугілля, має бурий колір містить 65...70 % вуглецю, теплота згорання – 10...16 МДж/кг. Сучасні технології теплової утилізації бурого вугілля (метод вугільного пилу та метод киплячого шару), на відміну від технологій спалювання кам'яного вугілля в традиційних котельнях, передбачають мінімум шкідливих викидів у навколишнє середовище. Окрім того, відомі технології видобутку з цього виду копалин керосину, бензину та дизпалива.

Україна має можливість вирішення проблеми місцевої енергетики, екології і підвищення родючості ґрунтів, в тому числі, за рахунок покладів *торфу*, 47 % світових запасів якого приходить на вітчизняні надра. В області нараховується понад 500 торф'яних родовищ. Загальні експлуатаційні запаси торфу лише по трьох родовищах, на яких здійснюється видобування торфу, становлять близько 10 млн. т, у тому числі торфу паливного – 6 млн. т, що достатньо для роботи підприємств терміном на 50 років [6].

Проте варто враховувати той фактор, що майже всі родовища, що є на балансі в регіоні, розвідані до 1990 року. Переважна кількість з них розвідувалась з метою забезпечення добривом чи паливом окремої місцевості (колгоспу, району) за умов бюджетного фінансування витрат. В результаті виникнення складних фінансових умов переважна більшість таких родовищ не змогла витримати конкуренцію в умовах ринкової економіки і прийшла в занепад.

У даний час матеріальна база ДП «Житомирторф» та енергоємне діюче устаткування з випуску паливних торфобрикетів не забезпечують належну ефективну організацію виробництва. Геологічне вивчення сировинної бази та залучення до розробок нових родовищ не проводяться. Рівень зносу основного технологічного устаткування та транспортних засобів становить 80 %. Великим тягарем для підприємств став земельний податок, що є однією з причин їх збитковості. Проте, потужна та якісна сировинна база, за умови державної підтримки галузі, дає потенційні можливості для нарощування обсягів виробництва та постачання торфу на експорт [6]. Збільшення обсягів випуску торф'яного палива відкриває реальну перспективу забезпечення потреби області в енергоносіях за рахунок місцевих ресурсів та призведе до зменшення бюджетних витрат на закупівлю палива в інших регіонах.

Відходи рослинництва є альтернативою викопним енергоресурсам, що знаходяться на території зони Полісся, і Житомирської області у тому числі, являються ресурси рослинного походження у вигляді біомаси, яка є вагомою частиною усього обсягу перспективних поновлювальних джерел енергії для отримання твердого біопалива. Основними складовими потенціалу рослинної сільськогосподарської біомаси є енергетичні культури, соломка та інші відходи рослинництва (стебла, початки, лушпиння тощо). У Житомирській області біомаса рослинного походження, яка є придатною для переробки на тверде біопаливо, в основному представлена соломкою зернових культур, стеблами та качанами кукурудзи на зерно, стеблами і лушпинням соняшника, соломкою ріпаку, сої тощо. Оцінка можливостей використання відходів рослинництва на прикладі Житомирської області показала, що щорічний обсяг цих відходів, основну частку яких складає соломка зернових, знаходиться на рівні 280 тис. т [6]. Використання соломи зернових культур для енергетичних потреб регіону, на сьогодні є одним із перспективних, адже питома вартість соломи набагато нижча питомої вартості мінеральних видів палив (табл. 8).

Відходи лісопереробки. За офіційними даними, Україна займає 8 місце в Європі за площею і запасами лісу. Загальна площа земель лісового фонду становить близько 9,5 млн. га, що складає більше 15 % території України. Житомирська область займає перше місце в Україні за площею лісів і має розвинену деревообробну промисловість. Структура лісів Житомирщини потребує проведення щорічних рубок з догляду та вибірково-санітарних рубок на площі близько 55 тис. га. Все це зумовлює наявність значного обсягу відходів лісогосподарського виробництва.

Порівняльна характеристика властивостей палива [3]

Вид палива	Теплотворна Здатність	Вартість (на 2007 р.)	Питома вартість енергії палива
Природний газ	8570 ККал/м ³	1010 грн/тис. м ³	118 грн/ГКал
Вугілля	5153 ККал/кг	650 грн/т	126 грн/ГКал
Солома в тюках	3238 ККал/кг	120-250 грн/т	37-78 грн/ГКал

Значна кількість відходів лісозаготівлі і виробництва пиломатеріалів використовується у промисловості. Проте цей показник ще залишається досить низьким і не досягає рівня 50 %, а використання навіть половини від вказаної кількості відходів в якості палива може значно зменшити рівень використання природного газу в області (табл. 9).

Обсяги відходів лісозаготівлі і деревообробки в Житомирській області у перерахунку на природний газ

Сировина	Обсяг отриманих відходів, кг	Теплотворна здатність, МДж/кг	Кількість зекономленого газу, м ³
Неліквідна деревина від рубок з головного догляду	77225600	10-12	25741867
Рубки формування і оздоровлення лісів	106629600		35543200
Тирса	4800000		1600000

Джерело: розраховано за даними Житомирського обласного управління лісового господарства.

Найбільш доцільною вважається утилізація рослинних відходів з метою отримання тепла, що значно скорочує витрати на закупівлю енергоносіїв та сприяє розв'язанню екологічних проблем, пов'язаних з використанням традиційного палива. Відходи деревини майже не мають у своєму складі сполук сірки та хлору, а вміст сполук азоту у 100...150 разів нижчий, ніж у природних копалинах. Тому концентрація шкідливих речовин у викидах у повітря значно нижча, ніж при спалюванні викопних видів палива (табл. 10).

Основні паливно-технологічні характеристики твердого біопалива прийнято вважати сталими. Проте біомаса, як тверде біопаливо, має низку особливостей, які відрізняють її від традиційних енергоресурсів, що застосовуються для опалення. Найбільш важливою паливно-технологічною характеристикою біомаси є її теплотворна здатність, яка залежить від багатьох чинників: генетичних особливостей енергетичних рослин, впливу навколишнього середовища, умов зберігання, вологості тощо. У табл. 10 наведено середню теплотворну здатність різних видів енергетичної сировини при абсолютній її вологості на рівні 20 %. Спалювання кускових відходів, стружки та тирси через значний рівень вологості є менш ефективним у порівнянні з тепловою утилізацією паливних брикетів і гранул.

Важливою характеристикою твердого біопалива є щільність. Актуальним постає питання технологічного забезпечення процесів приготування біомаси для спалювання, фізико-хімічні властивості якої визначають вибір конструкційно-технологічного виконання теплотехнічного обладнання та впливає на техніко-економічні та екологічні показники його роботи.

Таблиця 10

Порівняльна еколого-економічна характеристика властивостей деяких видів палива

Вид палива	Вологість матеріалу, %	Теплотворна здатність, МДж/кг	Вміст сірки, %	Вміст золи, %
Природний газ	-	35–38 МДж/м ³	-	-
Кам'яне вугілля	-	15–25	1–3	10–35
Паливо моторне	-	42,5	0,2	1,0
Мазут	-	42	1,2	1,5
Тріски дерев, тирса	40–45	10,5–12,0	-	2,0
Брикети, гранули з деревини	7–8	16,8–21,0	0,1	1,0
Брикети, гранули з соломи	8–10	16,5–18,8	0,2	4,0

Джерело: [3].

З огляду на викладене, найважливішою роллю брикетування є збільшення теплотворної здатності відходів (біомаси). Найбільш раціональним є поєднання лісопильного виробництва і лінії з виробництва паливних гранул.

Таблиця 11

Характеристика твердих видів біопалива в залежності від технології їх приготування для спалювання

Вид біопалива	Щільність, кг/м ³	Теплотворна здатність, МВт/м ³
Звичайна солома	20-50	0,16-0,7
Подрібнена солома (січка)	40-60	0,13-0,19
Великі прямокутні паки	70-130	0,23-0,43
Круглі паки соломи	60-90	0,19-0,29
В'язанки соломи	50-110	0,16-0,36
Брикети із соломи	300-450	0,99-1,48
Пеллети із соломи	350-500	1,1-1,6
Тріски дерев, тирса	220-250	2,3–3,0
Брикети, гранули з деревини	450-650	7,5–13,6

В процесі аналізу стану регіонального ринку енергетичних матеріалів та нафтопродуктів запропоновано застосувати коефіцієнт забезпеченості попиту за рахунок власного виробництва на підставі даних статистичної звітності щодо їх виробництва та споживання за виразом:

$$k_n = \frac{O}{C} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де O – обсяг виробництва даних ресурсів в регіоні;

C – загальне споживання даних ресурсів в регіоні.

Аналіз наведених даних показує, що область забезпечує власні потреби в енергоресурсах ресурсах на 22,6 %, в тому числі в паливі – на 8,9 % за рахунок дров для опалення, торфу паливного і торф'яних брикетів, коефіцієнти забезпеченості попиту на які обсягами власного виробництва складають відповідно 119,7 %, 132,1 % та 71,3 %. Потреби в теплоенергії забезпечуються стовідсотково за рахунок місцевих ресурсів. Проте, потенційні можливості місцевих ресурсів (табл. 12) дозволяють стверджувати, що є можливим зменшення витрат на привозні енергоресурси в області за рахунок використання місцевих.

Таблиця 12

Середні показники виробництва та споживання основних видів паливно-енергетичних ресурсів у Житомирській області за 2010-2011 р.р.

Види палива	Виробництво	Споживання	Коефіцієнт забезпеченості попиту, %
Всього, тис. т у.п.	634,0	2726,8	23,3
у тому числі:			
Паливо	162,2	1819,2	8,9
з нього:			
Кам'яне вугілля, тис. т	-	95,1	-
Природний газ, млн. куб. м	-	1029,4	-
Торф паливний, тис. т	21,0	15,9	132,1
Дрова для опалення, тис. куб. м	569,6	475,9	119,7
Торф'яні брикети, тис. т	8,2	11,5	71,3
Автомобільний бензин, тис. т	-	119,8	-
Дизпаливо, тис. т	-	128,6	-
Мазут топковий, тис.т	-	9,6	-
Масла та мастила, тис. т	-	5,6	-
Електроенергія, млн кВт. год.	37,3	1676,6	2,2
Теплоенергія, тис. Гкал	2702,0	2702,0	100,0

Запаси корисних копалин в регіоні, що належать до паливно-енергетичного комплексу, складають 35,6 % від загального обсягу мінеральних ресурсів Житомирщини. Зокрема, розташування двох закритих буровугільних розрізів (Андрушівського і Коростишівського) дає потенційні можливості забезпечення регіону бурим вугіллям у кількості 10,844 млн. т (30 % від запасів бурого вугілля України). Проте, внаслідок складних економічних умов видобуток бурого вугілля на території області не ведеться. Коростишівський вуглерозріз з запасами 5,16 млн. т було закрито в 1996 році, а Андрушівський з запасами 5,7 млн. т – у 2004 році.

Таблиця 13

Енергетичний потенціал місцевих твердих паливних ресурсів Житомирської області

Вид ресурса	Географічне розташування (район)	Потенційні обсяги виробництва, тис.т	Енергетична цінність ресурсу, МДж/кг	Енергетичний потенціал доступного обсягу енергоресурсу, ТДж
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Викопні тверді енергоресурси (потенціал загальних покладів)				
Буре вугілля	Коростишівський	5160	22,6-31	$(116,6-160) \cdot 10^3$
	Андрушівський	5700		$(126,3-176,7) \cdot 10^3$
	Всього	10860		$(245,4-366,7) \cdot 10^3$
Торф	500 родовищ	500000	до 24	до $1200 \cdot 10^4$
Загальний енергетичний потенціал викопних твердих паливних ресурсів регіону				1445400-1902700
Річний енергетичний потенціал викопних твердих паливних ресурсів регіону (при умові видобутку протягом 30 років)				48180-63423,3
Біомаса (щорічний потенціал)				

Відходи рослинництва	Попільнянський	58,5	14-17 (насіпом) 16,5–21,0 (брикети, гранули)	819-1228,8
	Ружинський	25,7		359,8-539,7
	Любарський	33,4		467,6-701,4
	Андрушівський	23,9		334-501,9
	Новоград-Волинський	20		280-420
	Чуднівський	24,2		338,8-502,8
	Бердичівський	17,4		243,6-365,4
	Смільчинський	11,6		162,4-243,6
	Брусилівський	11,2		156,8-235,2
	Овруцький	4,9		68,6-102,9
	Романівський	7,2		100,8-151,2
	Житомирський	0,2		2,8-4,2
	Радомишльський	4,8		67,2-100,8
	Червоноармійський	0,5		7-10,5
	Баранівський	0,1		1,4-2,1
	Черняхівський	0,9		12,6-18,9
	Малинський	0,5		7-10,5
	Коростенський	-6,6		-
	Коростишівський	-2,1		-
	Олевський	-2,2		-
	Лугинський	-2,0		-
	Володарсько-Волинський	-4,3		-
	Народицький	-0,1		-
Усього по області	234,8	3287,2-4930,8		
Відходи деревогеребки	Попільнянський	1,000	10,5–12,0	10,50-12,00
	Ружинський	0,550		5,78-6,60
	Любарський	0,370		3,89-4,44
	Андрушівський	0,330		3,47-3,96
	Новоград-Волинський	18,000		189,00-216,00
	Чуднівський	0,105		1,10-1,26
	Бердичівський	0,101		1,06-1,21
	Смільчинський	4,400		46,20-52,80
	Брусилівський	0,098		1,03-1,18
	Овруцький	1,390		14,60-16,68
	Романівський	0,720		7,56-8,64
	Житомирський	0,590		6,20-7,08
	Радомишльський	1,120		11,76-13,44
	Червоноармійський	0,480		5,04-5,76
	Баранівський	0,440		4,62-5,28
	Черняхівський	0,290		3,05-3,48
	Малинський	4,800		50,40-57,60
	Коростенський	0,340		3,57-4,08
	Коростишівський	4,990		52,40-59,88
	Олевський	3,900		40,95-46,80
	Лугинський	0,390		4,10-4,68
	Володарсько-Волинський	0,520		5,46-6,24
	Народицький	0,330		3,47-3,96
	Усього по області	45,254		475,17-543,05
Сумарний щорічний енергетичний потенціал відходів сировини рослинного походження		280,054	10,5-21,0	2940,57-5881,134

Використання соломи зернових культур для енергетичних потреб регіону наразі є одним із перспективних, проте її розподіл за районами області є нерівномірним (табл. 13). Серед районів з доступними обсягами соломи (понад 60 тис. т), яку можна розглядати як перспективну для отримання енергії, можна виділити Попільнянський, Ружинський, Любарський, Андрушівський, Новоград-Волинський, Чуднівський та Бердичівський. В

сільськогосподарських підприємствах цих районів області можна очікувати отримання додаткових фінансових ресурсів від конверсії органічної сировини в енергоресурс [7]. У господарствах із середнім значенням потенціалу соломи зернових культур (10...30 тис. т) доречним є її використання як енергоресурсу для внутрішньогосподарських потреб, що дозволить підвищити рівень власної енергозабезпеченості. Використання ж соломи як енергоресурсу в господарствах з потенціалом нижчим за 10 тис. т є неможливим і економічно недоцільним.

Запаси торфу в області досягають рівня 500000 тис. т (48 % від загальнодержавних запасів), проте, в зв'язку із складними економічними умовами видобуток торфу практично не ведеться. Річний видобуток торфу складає всього 21 тис. т. Як паливо торф застосовується в різних видах:

- кусковий торф;
- фрезерний (подрібнений) торф у вигляді розсипу для спалювання в зваженому стані;
- напівбрикет (шматковий) торф, отриманий при низькому ступеню пресування, виготовлений безпосередньо на торф'яному покладі;
- торф'яний брикет – висококалорійний продукт (за умови великого ступеню пресування замінює кам'яне вугілля);
- паливні гранули.

Виробництво торф'яних гранул і брикетів характеризується рядом особливостей (табл. 14), проте може бути високорентабельним і масштабним бізнесом, завдяки обширній сировинній базі, низькій собівартості і споживчим властивостям торф'яних гранул.

При виробництві паливних брикетів із торфа вихідним матеріалом служить фрезерний торф, досушений в польових умовах до вологості 25...28 %. В такому вигляді паливний торф поступає на завод, де він проходить стадію сепарації крупніших часток, залишків деревних включень та інших домішок, досушується в спеціальних сушарках до вологості 12...18 % і під великим тиском пресується в брикети певної форми і розміру з метою збільшення його теплотворної здатності і зручності транспортування.

Таблиця 14

Відмінні особливості торф'яних гранул

Енергетична цінність	Залежить від відповідних характеристик вихідної торф'яної сировини і обумовлюється мірою розкладання торфу та його фізичними властивостями (вологістю, щільністю). Теплотворна здатність торф'яних гранул за вологості 10 %: 15...21 МДж/кг
Зольність	Залежить від зольності вихідного торфу. Найчастіше, масова доля золи в торф'яних гранулах і брикетах складає 2...8 %. Цей показник може бути і вище, проте гранулювання такого торфу буде пов'язано з інтенсивним зносом матриць і роликів і, відповідно, високими експлуатаційними витратами при виробництві гранул
Насипна щільність	650-750 кг/м ³
Ринок збуту	- Експорт за ціною, дещо нижчою за ціну деревних гранул - Внутрішній ринок: муніципальні і приватні котельні, опалювання індивідуальних будинків

При умові забезпечення екологічних вимог при видобутку торфу (очищення стічних вод і пиловловлювання), реалізація проектів із розробки торфового родовища сприятиме розвитку соціальної інфраструктури регіонів, зниженню відтоку грошових коштів за їх межі, створенню нових робочих місць, підвищенню життєвого рівня населення, що має позитивний вплив на стан регіональної економіки в цілому.

Проведене дослідження у розрізі районів Житомирської області засвідчує, що більшість відходів лісгосподарської діяльності, які можуть слугувати для енергозабезпечення, не використовуються, а отже, підприємства лісового господарства щорічно втрачають значні економічні ресурси для їх подальшого розвитку (рис. 3) [8].

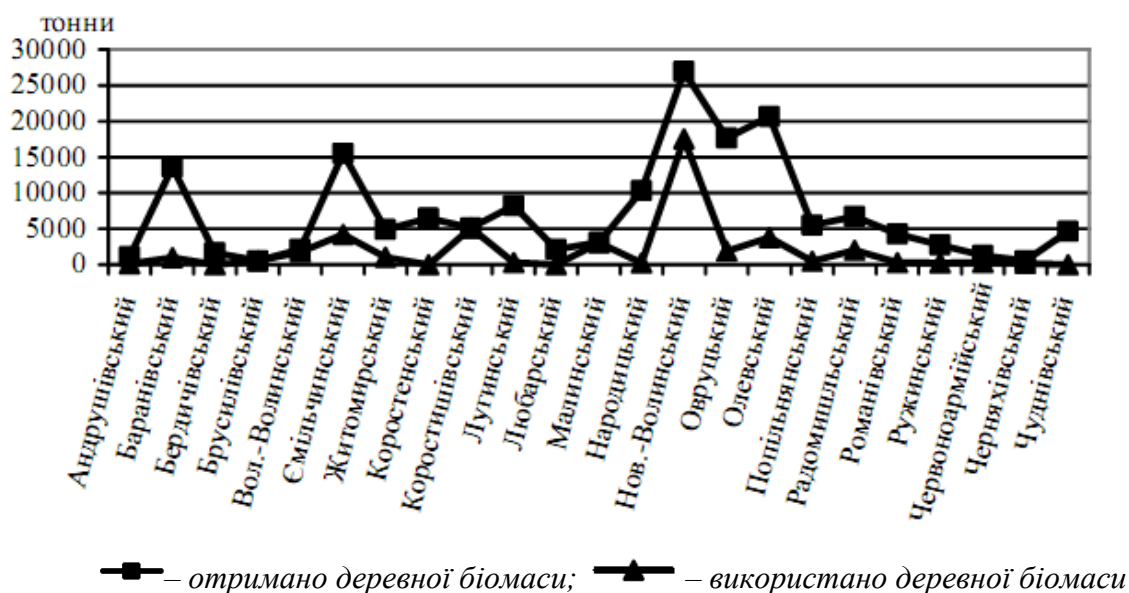


Рис. 3. Структура щорічного використання лісових ресурсів по районах Житомирської області

Досвід ведення лісового господарства у промислово розвинених країнах свідчить, що при здійсненні рубок догляду та санітарних рубок, не зменшуючи заготівлі товарної деревини та дров, можна додатково виробляти до 40 м³/га паливної тріски. Вартість такого палива в лісових господарствах Житомирської області становить приблизно: хмизу – 20–25 грн за 1 м³, тирси – 10 грн за 1 м³.

Таким чином, аналіз структури енергоспоживання сільськогосподарських підприємств області свідчить про їх високу енергоємність: витрати енергоресурсів на 1 т зерна складають 105 кг у. п., на 1 т молока – 627 кг у. п., на виробництво кормів – 389 кг у. п. Тому необхідна переорієнтація процесу сільськогосподарського виробництва на використання енергозберігаючих технологій із максимальним використанням власних відходів рослинного походження в якості енергетичних ресурсів. Особливо актуальним це питання стоїть на територіях лісових регіонів України, в тому числі і зони Полісся, де відсутня система магістрального газопостачання. Підприємства аграрного та лісгосподарського спрямування Житомирської області мають потенційні можливості повного забезпечення твердими видами біопалива власних потреб з метою отримання теплової енергії. Світова тенденція до зростання вартості енергоресурсів робить можливим отримання додаткових прибутків сільгоспвиробникам від реалізації відходів рослинного походження на внутрішньому ринку. Це не тільки розширить діапазон джерел енергії, зміцнить енергетичну безпеку держави, але і створить нові ринки збуту для сільгоспвиробників.

Використання твердих видів біопалива з органічної сировини рослинного походження буде більш ефективним за умови дотримання вимог технологічної підготовки сировини для теплової утилізації та узгодження основних техніко-економічних характеристик усіх структурних елементів процесу отримання теплової енергії.

Література

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://energetyka.com.ua/normatyvna-baza/384-energetichna-strategiya-ukrajini-na-period-do-2030-roku> – Назва з екрану.
2. Огляд відновлюваних джерел енергії в сільському та лісовому господарстві України / Г. Г. Гелетуша [та ін.] – К. : Ін-т екон. дослідж. та політ. консультацій, 2006. – 58 с.
3. Альтернативна енергетика : [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / М. Д. Мельничук, В. О. Дубровін, В. Г. Мироненко [та ін.]. – К. : ХОЛТЕХ, 2011. – 568 с.
4. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад : наук.-метод. рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграр. підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив / В. О. Дубровін, М. Д. Мельничук, Ю. Ф. Мельник та ін.] ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України; Ін-т будівництва, механізації та електрифікації сіл. госп-ва (Польща), Ін-т аграр. інженерії (Литва). – К., 2009. – 122 с.
5. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні / Г. Г. Гелетуша, Т. А. Железна, Б. Ю. Матвєєв, М. М. Жовнір // Пром. теплотехніка. – 2006. – Т. 28, № 2. – С. 85-93.
6. Стратегія розвитку Житомирської області на період до 2015 року : додаток до рішення обл. ради від 23.04.08 №503 (із змінами, внесеними рішенням обл. ради від 15.12.11 № 323).
7. Кухарець В. В. Обґрунтування економічно вигідного розміщення переробного підприємства для конверсії органічної сировини / В. В. Кухарець, Н. І. Драгнева // Наук. вісн. НУБіП України. – 2010. – Вип. 154 – С. 111-116.
8. Ходаківський Є. І. Економічні альтернативи використання лісосировини / Є. І. Ходаківський, В. О. Смаглій, О. В. Іванюк // Вісн. ЖНАЕУ. – 2011. – № 2. – С. 24–32.