

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗБІЛЬШЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ БІОПАЛИВ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

Радченко С.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Канніст, 2а, Київ, 03057, Україна, мол. наук. співробітник, sveta@secbiomass.com, ORCID 0000-0003-0611-5602

<https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2023.10>

Проаналізовано поточний стан та перспективи використання таких видів твердого палива як деревина та відходи сільського господарства. Визначено заходи щодо сприяння збільшенню частки енергії з відновлюваних джерел енергії у валовому кінцевому енергоспоживанні. Зроблено висновок, що ефективність заготівлі твердої біомаси суттєво залежить від адаптованості техніки, яка застосовується, до виду біомаси і її особливостей та способу заготівлі.

The current state and prospects for the use of such types of solid fuels as wood and agricultural waste were analyzed. Activities to support the increase of the share of renewable energy sources in the final consumption volume were identified. It was concluded that the efficiency of harvesting solid biomass significantly depends on the adaptation of the used equipment to the type of biomass and its features and method of harvesting.

Бібл. 14, рис. 3.

Ключові слова: заготівля біомаси, деревна тріска, порубкові рештки, сільськогосподарські залишки.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю збільшення частки енергії з відновлюваних джерел енергії у валовому кінцевому енергоспоживанні України.

Метою даної роботи є аналіз можливостей покриття дефіциту палива в Україні за рахунок використання тих видів твердих біопалив, яких бракує на ринку через поточну практику заготівлі та зберігання біомаси.

Методи дослідження включають вивчення статистичних та інших даних, аналіз публікацій, виконання розрахунків та порівнянь.

Тенденції розвитку відновлюваної енергетики.

Згідно статистичних даних основним джерелом виробництва енергії з біомаси у світі є тверда біомаса - на частку дров, деревної тріски і гранул, деревного вугілля, деяких інших видів твердої біомаси припадає 85% загального обсягу споживання біомаси для енергетичних потреб. У 2018 р. валове внутрішнє споживання біомаси в ЄС-28 становило 144 млн т н. е./рік, що еквівалентно близько 11% загального постачання первинної енергії (понад 65 % внеску всіх відновлюваних джерел енергії (ВДЕ)), або 12 % валового кінцевого споживання енергії. У структурі цієї біомаси 70% припадає на лісову біомасу, 18 % — на агробіомасу, 12 % — на відновлювану частину відходів. Понад 70% загального обсягу біомаси витрачається на виробництво теплової енергії, решта приблизно порівну — на виробництво електроенергії і біопалив для транспорту. Внесок біоенергетики ста-

новить 18 % у кінцевому споживанні тепла, 5,3 % — у виробництві електроенергії, 5 % — у секторі транспорту. [1]

Означені світові тенденції та перевірені часом рішення, вочевидь, були в враховані в Держенергоефективності України при розробці проекту Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року, згідно з яким передбачається збільшення частки енергії з відновлюваних джерел енергії у валовому кінцевому енергоспоживанні у 3 рази: з 9% у 2020 році до 27% у 2030 році, зокрема у секторах:

- електроенергетики - збільшення частки енергії з відновлюваних джерел у 2 рази: з 14% у 2020 р. до 25% у 2030 р, що потребує збільшення потужності до рівня 23,6 ГВт (збільшення на 9,2 ГВт);

- опалення та охолодження - збільшення частки енергії з відновлюваних джерел у 4 рази: з 9% у 2020 р. до 35% у 2030 р, що потребує будівництва (модернізації) 35,6 ГВт теплогенеруючих потужностей;

- у транспортному секторі - збільшення частки енергії з відновлюваних джерел у 5 разів: з 3% у 2020 р. до рівня 14% у 2030 році.

Для стимулювання виробництва теплової енергії з відновлюваних джерел у сфері теплопостачання та забезпечення цих генеруючих потужностей біопаливом Держенергоефективності у 2022 році продовжило роботу над законопроектами щодо обнуління ставки

екологічного податку за викиди двоокису вуглецю для установок, якими здійснюються такі викиди в результаті спалювання біопалива та щодо розвитку електронної торгівлі твердим біопаливом [2].

В Україні енергоспоживання на основі енергії біопалива та відходів збільшується з кожним роком (рис. 1).

Зокрема, у 2020 р. виробництво первинної енергії з відновлюваних джерел енергії становило 10,3% від 57,0 млн. т н. е., тобто 5,871 млн. т н. е. або 5871 тис. т н. е. У структурі загальних обсягів виробництва ВДЕ у 2020 р. найвагомішу частку займали біопаливо та відходи – 75,4% (це 4427 тис. т н. е.). Також в 2020 р. обсяг загального постачання первинної енергії становив 86,4 млн. т н. е., від якого частка ВДЕ складала 6,6% (5,702 млн. т н. е. або 5702 тис. т н. е.) [3]. Порівнюючи дані по виробництву та постачанню первинної енергії з ВДЕ отримаємо розбіжність на 3%. Порівнюючи дані 2020 р. по виробництву первинної енергії та енергоспоживанню на основі енергії біопалива та відходів отримаємо, що перше більше другого на 4%. Слід також відзначити, що згідно даних [3] в 2020 р у структурі експорту енергії біопаливо складало 34%.

В 2020 р. у виробництві електроенергії з ВДЕ частка біопалив складала 4,3%, що більш ніж в 4 рази менше частки вітрової або майже в 8 разів менше частки сонячної енергії. Основним напрямком споживання біопалив в енергетиці є виробництво теплової енергії для опалення та гарячого водопостачання.

Якщо застосувати до біопалива та відходів наведену вище загальну ціль збільшення частки енергії з

ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні в 3 рази у період 2020 - 2030 рр, то у 2030 р. енергоспоживання на основі енергії біопалива та відходів має бути приблизно 12,7 млн. т н. е. Трикратне збільшення поточного виробництва первинної енергії з біопалива та відходів дасть близько 13,3 млн. т н. е. За минуле десятиріччя 2010 – 2020 рр. енергоспоживання на основі енергії біопалива та відходів збільшилось з 1,476 до 4,243 млн. т н. е., тобто у 2,87 рази. Тому зобов'язання по енергетичній трансформації України потребують не тільки тримати темп виробництва та споживання енергії з біопалива та відходів, а навіть трохи його збільшити.

Розглянемо можливості збільшення частки використання твердого біопалива в енергетиці України.

Автори [4] порахували, що технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси та торфу складає 35,665 млн т н. е./рік. За даними [5],[1] Україна має значний потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії, — загалом майже 24 млн т н. е./рік.

Досвід використання деревини як палива.

Внесок деревної біомаси в енергетичний потенціал біомаси в Україні є відносно невеликим і становить близько 2,8 млн т н. е./рік, або 12 % загального потенціалу. Деревну біомасу для потреб енергетики можна умовно поділити на таку, що походить із традиційних джерел (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки) та додаткових джерел (сухостій, деревина від реконструкції й відновлення полезахисних та інших захисних лісосмуг, відходи від обрізування та викорчовування фруктових садів і виноградників). [1]

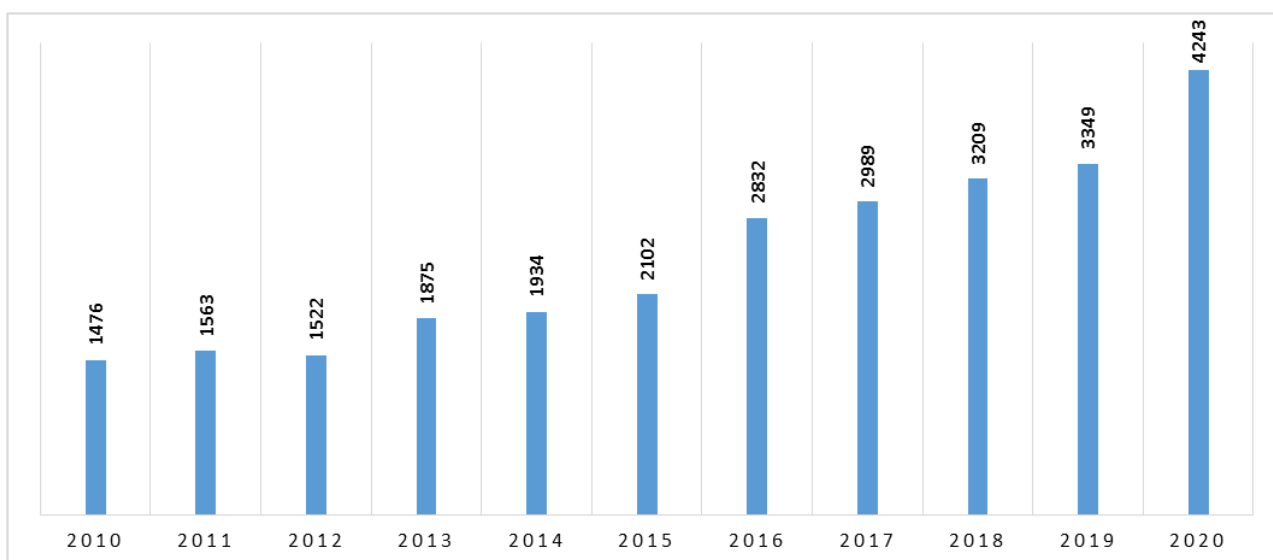


Рис. 1. Енергоспоживання на основі енергії біопалива та відходів за 2010 - 2020 рр., тис. т н. е. [3]

В Україні використання дров суттєво переважає використання деревної тріски та стружки (дані Держстату на рис. 2) і в натуральних і в умовних енергетичних одиницях.

Переважає використання дров в Україні можна пояснити великою часткою їх споживання населенням та розповсюдженням котельних на біомасі потужністю до 1 МВт. В основному дрова використовують в центральних, північних та західних областях. Використання тріски передбачає впровадження котельних більшої потужності, що облаштовані відповідними котлами. [6]

В базі публічних закупівель на сьогодні основна частка договорів на закупівлю деревної паливної тріски

передбачає постачання і формування ціни за кубічні метри. Обсяг укладених договорів за три останні роки зріс із 30 до 45 тис. м кубічних у 2022 році (рис. 3).

Ціна паливної деревної тріски найбільше залежить від регіону, наявності у ньому промислових котелень і ТЕЦ на біомасі, відстані доставки. [7]

Розглянемо особливості зберігання деревного палива у вигляді дров та тріски.

Всі види деревного палива при зберіганні можуть втрачати не тільки вологу, а й сухі речовини, при цьому втрачається певна частина енергії палива. При зберіганні без накриття, тріска зі свіжих порубкових решток може втрачати 20...35%, а свіжі дрова – лише 1...3% сухих



Рис. 2. Використання деяких деревних палив в Україні, тис. т

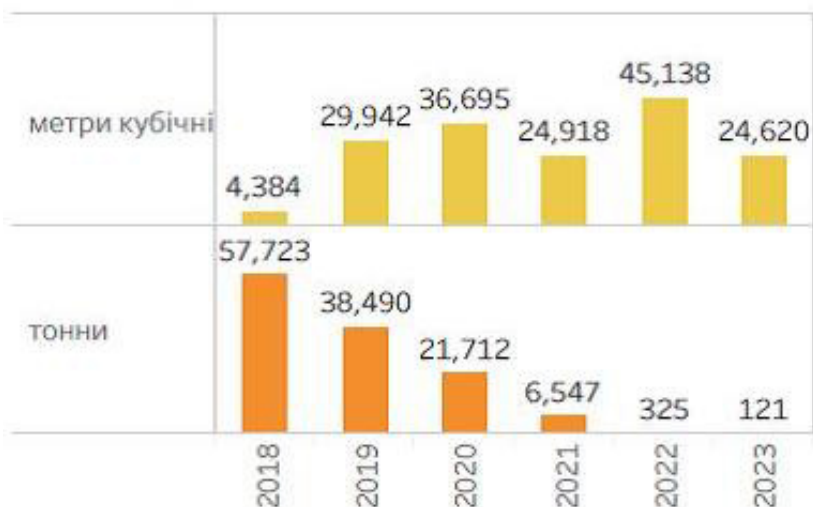


Рис. 3. Обсяги закупівлі деревної паливної тріски в базі публічних закупівель України

речовин за рік. При дослідженні зберігання колоїї деревини та тріски, втрати сухої речовини були набагато більшими для тріски, ніж для колоїї деревини – 2,9% проти 0,3% на місяць під час нетривалого зберігання. Під час зберігання подрібнених лісових відходів протягом 3...9 місяців відбувається втрата енергії палива на рівні 6...23%, залежно від розміру частинок, початкового вмісту вологи, вмісту листя та кори. Дослідження, проведене в 2018 році показало, що теплотворна здатність (на кг маси) неподрібнених дерев збільшується в 64% стовбурів залежно від терміну зберігання, виду та вмісту вологи. Що ж до тріски, матеріал у зовнішньому шарі показав збільшення на 30...48%, тоді як внутрішні шари показали зниження на 59 та 68% протягом 1 і 2 років зберігання на відкритому повітрі.

Причиною втрати сухих речовин та енергії деревного палива при зберіганні є активність мікроорганізмів та грибків, що проникають в деревину на ділянках, де немає кори. У тріски відкрита площа дуже велика, тому при зберіганні втрати сухої речовини відбуваються значно швидше, ніж втрата вологи, на відміну від неподрібненої деревини. Через це ряд літературних джерел рекомендують проводити подрібнення деревного палива незадовго до його спалювання. Одна з переваг полягає в тому, що порубкові рештки під час зберігання втрачають листя та хвою. Це покращує якість біомаси та відновлює поживні речовини на лісосіках. Крім того, кора захищає внутрішні шари деревини від адсорбції води (снігу, дощу), тоді як відкриті волокна тріски є досить гігроскопічними і легко звожуються при зберіганні без накривання. Тріску із порубкових решток радять зберігати в купах висотою 7 м не більше 6 місяців. При цьому категорично не дозволяють ущільнювати купи тріски, виготовленої з порубкових решток.

Хорошим способом зберігання деревини для отримання енергії вважають круглий ліс, що зберігається в місці, доступному за будь-яких погодних умов, бо його розкладання відбувається набагато повільніше, а вартість зберігання нижча порівняно з тріскою. Цю деревину можна подрібнювати по мірі необхідності. Тріску із стовбурової деревини можна зберігати в купах висотою 15 м протягом 9 місяців.

Що ж до деревної тріски, тріска вологістю менше 30% вважається придатною для зберігання в закритих приміщеннях без можливих проблем з мікробіологічним розкладанням. При зберіганні на відкритому повітрі, слід віддавати перевагу природній вентиляції, що прискорює втрати тепла та води. Цьому сприяє більш крупний та однорідний розмір часток тріски. Ризик псування тріски

та її самозаймання залежить від розміру та вологості в купі, що зберігається. По можливості слід обмежити висоту куп (не більше 7 м) та мінімізувати тривалість зберігання до 3...4 місяців, а краще лише 2...3 тижні, причому можна очікувати значного підвищення температури протягом перших тижнів зберігання. Слід звести до мінімуму вміст хвої, листя та кори, які легко піддаються розкладу мікроорганізми, а також дрібних часток деревини, для чого при подрібненні застосовувати гострий інструмент. Не рекомендують зберігати тріску в невеликих (менше 200 м³) відкритих купах, за винятком короткого часу, оскільки атмосферні опади можуть повністю наситити їх водою. У деяких країнах розмір купи тріски вважають прямим фактором ризику займання, а у випадку більших куп вимагають додаткових протипожежних заходів та постійну перевірку стану куп, що спричинює додаткові витрати.

На відміну від більшості країн, що широко використовують деревне паливо в енергетичних цілях, і де основним його джерелом є порубкові рештки, в Україні вони майже не використовуються для виробництва біопалива. Враховуючи, що верхівки та гілки дерев по масі становлять близько 15...20% до маси стовбура, а обсяг ділової та дров'яної деревини при заготівлі приблизно однаковий, причому верхівки та гілки відділяються як від ділової так і дров'яної деревини, порубкові рештки можуть збільшити поточний обсяг заготівлі деревного палива ще на 30...40%. [6]

Потенціал сільськогосподарських залишків, що доступні для виробництва енергії.

У Євросоюзі вбачають великі перспективи у виробництві енергії з агробіомаси (сільськогосподарські залишки і енергетичні рослини). Близько 146 млн т (сух.) /рік залишків можуть бути зібрані та утилізовані для потреб енергетики (55 млн т н.е.) без негативного впливу на вміст органічної речовини в ґрунті. [8].

В Україні теж великі очікування від залучення до енергетичного використання сільськогосподарських залишків, які згідно оцінок експертів складають 46% загального потенціалу біомаси, доступної для виробництва енергії. Це 11,0 млн т н. е./рік. Основу цього потенціалу складають побічна продукція та відходи виробництва зернової кукурудзи (кукурудзиння — 33 %) і солома зернових колосових культур (35 %). [1]

Враховуючи, що врожайність зернових та олійних культур у 2020 році була найнижчою за період 2018-2021 рр. [9]., то оцінка енергетичного потенціалу залишків та відходів по даним 2020 року буде найбільш консервативною. По даним, наведеним у [1] в Україні фермери

можуть збирати від 2 до 4,5 т сухої речовини соломи на гектар. В 2020 році було зібрано пшеницю з площі 6,6 млн га та ячмінь з площі 2,4 млн га, що в сумі 9 млн. га. [10] Якщо на енергетичні потреби закласти 3 т сухої речовини соломи на гектар, то з площі 9 млн. га можна збирати 27 млн. т соломи.

Згідно даних Держкомстату площі вирощування кукурудзи в Україні в 2020 році становили близько 5,4 млн га. Із врахуванням науково обґрунтованої частки (30–40%) рослинних решток, яку можна використати для виробництва енергії, потенціал використання на енергетичні цілі незернової частини урожаю кукурудзи складає до 12 млн т [11].

Аналогічно можна підрахувати потенціал використання на енергетичні цілі незернової частини урожаю соняшника. Площі вирощування соняшнику в Україні в 2020 році становили близько 6,4 млн га, що в структурі посівних площ складає 21,1%. Із врахуванням науково обґрунтованої частки (30–40%) рослинних решток, яку можна використати для виробництва енергії, потенціал використання на енергетичні цілі незернової частини урожаю соняшнику складає до 8 млн т [12].

Загалом перелічені вище види сільськогосподарських залишків дають 47 млн т (сух.) / рік. Якщо перерахувати цей потенціал по коефіцієнту для агробіомаси в Європі (0,377), то отримаємо 17,7 млн т н.е. / рік, а якщо скористатись коефіцієнтом для соломи (0,24), що пропонується в матеріалах [13], то енергетичний потенціал буде складати 11,3 млн т н.е. / рік. Це практично співпадає з оцінкою 11,0 млн т н.е. / рік авторів [1], наведеною вище.

Порівнюючи цей потенціал з даними на рис. 3 по енергоспоживанню у 2020 р. (4,243 млн. т н.е.) можна зробити висновок, що збільшення енергоспоживання з біопалива та відходів у 2 рази можливе лише за рахунок використання потенціалу сільськогосподарських залишків.

Аналіз можливостей по збору та зберіганню біомаси з агровідходів.

При збиранні соломи зернових колосових культур ланцюжок постачання складається з валкування соломи зернозбиральним комбайном, тюкування, збирання тюків та тимчасового зберігання поблизу поля, завантаження та транспортування тюків соломи до основного сховища.

Автор дослідження [14] визначив, що основні вигоди до спресованих тюків та рулонів такі: щільність пресування має бути рівномірною по всьому об'єму рулону чи тюка (для різних моделей прес-підбирачів вона становить в межах від 70 до 200 кг/м³); вони мають

зберігати задану форму та габаритні розміри під час завантаження у транспортні засоби, перевезення, розвантаження та укладання для зберігання.

Виробництво поршневого прес-підбирачів, що формують невеликі тюки, зменшується, тому що їх використання потребує великих затрат праці під час укладання тюків на зберігання. Такі прес-підбирачі через невелику масу тюків (до 36–40 кг) набули широкого використання лише у фермерських та інших господарствах з невеликими площами землекористування, де низький ступінь механізації виробничих процесів.

Для великих об'ємів заготівлі соломи у пресованому вигляді найефективнішою є валкова технологія. У цій технології перевага віддається прес-підбирачам великогабаритних тюків як базовій машині. Ці преси за питомими витратами палива знаходяться практично на одному рівні з рулонними, але затрати праці з їх використанням майже втричі менші, що пояснюється тим, що преси для формування великогабаритних тюків усі технологічні операції (підбір валків, формування тюків і їх вивантаження) виконують без технологічних зупинок (на відміну від рулонних пресів). Прес-підбирачі великогабаритних тюків мають певні переваги перед іншими конструкціями машин: у них висока продуктивність, менші затрати праці, краще збереження якості соломи; тюки дають змогу оптимальніше завантажувати транспортні засоби, площі складських приміщень, збільшувати продуктивності навантажувачів.

Тим не менше, останніми роками значного поширення набула технологія заготівлі соломистих матеріалів в рулонах (згідно з статистичними даними, понад 70 % продажу техніки для підбирання валків на світовому ринку припадає саме на рулонні прес-підбирачі). Це пов'язано з тим, що за конструкцією вони значно простіші і дешевші порівняно з моделями, які формують великогабаритні тюки. [14]

При збиранні кукурудзи на зерно зернозбиральним комбайном формуються три потоки рослинних решток: стерня; стебла і листя, які залишаються за жаткою; обгортка і стрижні, що залишаються за комбайном.

При збиранні кукурудзи зернозбиральними комбайнами, оснащеними кукурудзяними жатками, рослинні залишки орієнтовно перерозподіляються так: стерня — 10 % маси зерна, залишки за жаткою — 96 % і залишки за комбайном — 24 % маси зерна.

Пресування біомаси у тюки завдяки ущільненню сировини сприяє підвищенню в більш ніж 4 рази ефективності логістики та зменшенню необхідних

площ складів. Технологічні схеми збирання побічної продукції кукурудзи на зерно у тюках можна поділити на чотири основні типи:

1. Однопрохідна схема, в якій зернозбиральний комбайн з'єднаний із прес-підбирачем, що дає змогу формувати тюки кукурудзиння одночасно з обмолотом зерна.

2. Двопрохідна система: зернозбиральний комбайн з жаткою, що формує валок із кукурудзиння, яке далі тюкується трактором із прес-підбирачем.

3. Трипрохідна система: зернозбиральний комбайн + трактор з мульчувачем-валкоутворювачем + трактор з прес-підбирачем великих прямокутних тюків (рулонів).

4. Багатопохідна система: зернозбиральний комбайн + трактор з мульчувачем + трактор з граблями + трактор з прес-підбирачем.

З цих технологій для заготівлі значних обсягів біомаси використовують трипрохідну систему: зернозбиральний комбайн + трактор з мульчувачем-валкоутворювачем + трактор з прес-підбирачем для великих прямокутних тюків. Ця технологія заготівлі кукурудзиння відрізняється від збирання соломи додатковою операцією мульчування та формування валків за допомогою трактора з мульчувачем-валкоутворювачем. [1]

В роботах [11], [12] порівняні декілька способів збирання незернової частини кукурудзи та соняшнику. В результаті були зроблені висновки, що найменші приведені витрати при заготівлі кукурудзи спостерігаються при збиранні із формуванням валків листостеблової маси за допомогою жнивarki зернозбирального комбайна для досушування та наступного підбирання їх серійними прес-підбирачами. Це дозволить збирати 50–70 ц/га маси за рівня вологості 20–25% та приведених витратах в межах 500–550 грн/т.

Через багатократне проходження збиральних агрегатів по полю, коли відбувається збирання незернової частини урожаю соняшнику із формуванням валків за допомогою причіпних подрібнювачів-валкоутворювачів, ростуть приведені витрати. Крім того, після проходження зернозбирального комбайна частина рядів стебел соняшнику прикочується колесами до землі, що значно ускладнює їх скошування. До недоліків також відносять те, що за значного подрібнення стебел спостерігаються суттєві втрати маси при її підбиранні прес-підбирачами.

Зменшити приведені витрати на збирання побічної продукції соняшнику до 32 % можливо завдяки способу, коли зернозбиральний комбайн обладнується подрібнювачем з напрямним дефлектором та причіпним копнувачем. Подрібнена маса збирається та вивантажується на краю поля. Пресування маси

здійснюється за допомогою прес-підбирача, обладнаного дозувальним пристроєм. За даного способу зменшується кількість проходів збиральних агрегатів по полю. Використання описаного способу дозволить зібрати лише масу, що пройшла крізь молотарку комбайна, в обсягах 1,0–1,2 т/га. Але найбільш перспективним варіантом технології збирання стебел соняшнику на енергетичні цілі на думку автора [12] є скошування та укладання їх у валок жнивarkою зернозбирального комбайна одночасно з обмолочуванням, з наступним підбиранням і пресуванням. За даного способу відбувається розділення технологічних потоків матеріалів при збиранні соняшнику зернозбиральним комбайном. При цьому обмолочені кошики та частина стебел, які пройшли через молотарку комбайна, укладаються зверху на валок зі стебел, сформований жнивarkою. Використання даного способу дозволить збирати до 2,0–2,5 т незернової частини урожаю соняшнику з гектара, та забезпечить підвищення ефективності збирання до 40% в порівнянні зі способом збирання незернової частини урожаю із формуванням валків за допомогою причіпних подрібнювачів-валкоутворювачів. Реалізація рекомендованого способу потребує розроблення адаптера до жнивarki для збирання соняшнику для додаткового скошування стебел та укладання їх у валок.

Висновки

1. Перспективним для України є напрям виробництва тріски з порубкових решток, що можуть збільшити поточний обсяг заготівлі деревного палива ще на 30...40%. Зараз цей потенціал майже не використовуються через низький рівень механізації лісозаготівельних процесів та відсутність практики заготівлі порубкових решток.

2. Лише за рахунок використання потенціалу сільськогосподарських залишків можливе збільшення частки енергії з біопалива та відходів у 2 рази в порівнянні з поточним рівнем енергоспоживання.

3. Більша вартість та складність прес-підбирачів для великогабаритних тюків в порівнянні з рулонними прес-підбирачами, які значно простіші і дешевші, є причиною обмеження долі цієї техніки на ринку, навіть враховуючи такі безперечні переваги прес-підбирачів для великогабаритних тюків як висока продуктивність, краще збереження якості соломи; оптимальне завантаження/розвантаження і зберігання.

4. Ефективність збирання незернової частини урожаю кукурудзи і соняшника та приведені витрати на цей процес суттєво залежать від способу заготівлі та адаптованості техніки, яка застосовується, до виду біомаси та її особливостей.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Георгій Гелетука, Тетяна Желєзна, Юрій Матвєєв, Петро Кучерук, Семен Драгнєв, Володимир Крамар, Віталій Зубенко, Анатолій Баишовий, Ольга Гайдай, Світлана Радченко, Анна Пастух, Олександра Трибой* Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи. - Ін-т технічної теплофізики НАН України. — Київ: Академперіодика, 2022. — 373 с. ISBN 978-966-360-464-0, <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.464.373>
2. *Публічний звіт Голови Держенергоефективності за 2022 рік* https://saee.gov.ua/sites/default/files/SAEE_report_2022.pdf
3. *Енергетичний баланс України за 2020 рік.* https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energ/en_bal/arh_2012.htm та <https://ukrstat.gov.ua/express/expr2021/11/147.pdf>
4. *Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі.* — Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. — 82 с. <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/atlas.pdf>
5. *Georgii Geletukha, Tetiana Zheliezna.* Prospects for Bioenergy Development in Ukraine: Roadmap until 2050 // Ecological Engineering & Environmental Technology, Volume 22, Issue 5, 2021, p.73–81 <https://doi.org/10.12912/27197050/139346>, <http://www.ecoet.com/Prospects-for-Bioenergy-Development-in-Ukraine-Roadmap-until-2050,139346,0,2.html>
6. *Крамар В.Г.* Аналіз зарубіжного досвіду для розширення виробництва і постачання деревної тріски в Україні // Теплофізика та теплоенергетика, 2022, т. 44, № 3, с. 84-89. DOI <https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2022.8>, <https://ihe.nas.gov.ua/index.php/journal/article/view/504/428>
7. *Євген Олійник* Аналіз публічних закупівель паливної тріски, 25/04/2023, <https://saf.org.ua/news/1673/>
8. <https://uabio.org/agrobiomass/>
9. <https://kurkul.com/spetsproekty/1406-yak-viyna-vplinula-na-vrojaj-zernovih-ta-oliynih--pidsumki-sezonu-2022>
10. <https://www.slovoidilo.ua/2020/12/15/novyna/suspilstvo/minekonomiky-oprylyudnylo-rezultaty-zboru-vrozhayu>
11. *А.Я. Кузьмич* Порівняння ефективності способів збирання незернової частини урожаю кукурудзи/ VIII всеукраїнська науково-практична конференція „інноваційні технології в АПК” Збірник тез доповідей [Електронний ресурс] 20-21 травня 2021 р. м. Луцьк, с. 75-77 <https://lib.udau.edu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/586c1343-4f00-4986-ae9f-9f35da684cb1/content>
12. *Кузьмич А.Я., Анеляк М.М., Грицака О.М.* Підвищення ефективності збирання побічної продукції сояшнику на енергетичні цілі / I Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження» (м. Полтава, 01-02 червня 2021 р.), с 146-148
13. *Табл. 4. Звіту ДАЕЕ* про результати стимулювання та використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел, в Україні за 2018-2019 рр. Обсяг пропозиції біомаси для використання в енергетичних цілях <https://saee.gov.ua/sites/default/files/Report%20to%20Energy%20Commun%20RES%20UKraine%202018-2019%20%28final%29.pdf>
14. *Гайденко О. М.* Техніка для заготівлі соломи та стебел сільськогосподарських культур // Матеріали VI-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». — Глеваха, 2018. — с 15-18, <http://animal-conf.inf.ua/tezy.conf.6.pdf>

ANALYSIS OF OPPORTUNITIES TO INCREASE
THE USE OF SOLID BIOFUELS IN ENERGY OF
UKRAINE

Radchenko S.V.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2a, Marii Kapnist str., Kyiv, 03057, Ukraine, orcid.org/0000-0003-0611-5602, e-mail: sveta@secbiomass.com

<https://doi.org/10.31472/tpe.3.2023.10>

Abstract

The data of the biomass energy potential in Ukraine and energy consumption from energy of biofuels and wastes are given in the article. The goals of increasing the share of renewable energy sources in the final consumption volume, which are determined in the draft National Renewable Energy Development Action Plan until 2030, are shown. It is outlined what steps are proposed by the state to stimulate of thermal energy production from renewable sources in the field of heat supply and to provide these generating capacities by biofuel. The contribution to the energy potential of such types of biomass as wood and agricultural residues is considered. The features of wood fuel storage as firewood or wood chips and possibilities of agricultural waste harvesting are analyzed. It has been proven that the current level of energy consumption from energy of biofuels and wastes can be increased at least double only by agricultural residues using. The production of wood chips from logging residues which can increase the current volume of wood fuel harvesting by another 30...40%, is determined as promising direction for Ukraine. Now this potential is almost not used due to the low level of mechanization of logging processes and the lack of practice of logging residues harvesting. The efficiency of harvesting the non-grain part of the corn and sunflower was analyzed and it was concluded that the costs for this process significantly depend on the method of harvesting and adaptation of the used equipment to the type of biomass and its features.

References 14, figures 3.

Key words: biomass harvesting, wood chips, logging residues, agricultural residues.

1. *Georgii Geletukha, Tetiana Zheliezna, Yurii Matvieiev, Petro Kucheruk, Semen Drahnev, Volodymyr Kramar, Vitalii Zubenko, Anatolii Bashtovyi, Olha Haidai, Svitlana Radchenko, Anna Pastukh, Oleksandra Tryboi* Vyrobnystvo enerhii z biomasy v Ukraini: tekhnolohii, rozvytok, perspektyvy [Energy production from biomass in Ukraine: technologies, development and prospects].- In-t tekhnichnoi teplofizyky NAN Ukrainy. — Kyiv: Akademperiodyka, 2022. — 373 s. ISBN 978-966-360-464-0, (Ukr.) <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.464.373>

2. *Publichnyi zvit* Holovy Derzhenerhoefektyvnosti za 2022 rik [Public report of the Head of the State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine (SAEE) for 2022] (Ukr.) https://saee.gov.ua/sites/default/files/SAEE_report_2022.pdf

3. *Enerhetychnyi balans Ukrainy za 2020 rik.* [Energy balance of Ukraine for 2020] (Ukr.) https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/ener/en_bal/arh_2012.htm and <https://ukrstat.gov.ua/express/expr2021/11/147.pdf>

4. *Atlas enerhetychnoho* potentsialu vidnovliuvanykh dzherel enerhii Ukrainy [Atlas of the energy potential of renewable energy sources of Ukraine] / za zah. red. S.O. Kudri. — Kyiv: Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NAN Ukrainy, 2020. — 82 s. (Ukr.) <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/atlas.pdf>

5. *Georgii Geletukha, Tetiana Zheliezna.* Prospects for Bioenergy Development in Ukraine: Roadmap until 2050 // Ecological Engineering & Environmental Technology, Volume 22, Issue 5, 2021, p.73–81 <https://doi.org/10.12912/27197050/139346>, <http://www.ecoet.com/Prospects-for-Bioenergy-Development-in-Ukraine-Roadmap-until-2050,139346,0,2.html>

6. *Kramar V.H.* Analiz zarubizhnogo dosvidu dlia rozshyrennia vyrobnytstva i postachannia derevnoi trisky v Ukraini [Analysis of international experience to expand production and supply of wood chips in Ukraine] // Teplofizyka ta teploenerhetyka, 2022, t. 44, № 3, s. 84-89. DOI <https://doi.org/10.31472/tpe.3.2022.8>, (Ukr.) <https://ihe.nas.gov.ua/index.php/journal/article/view/504/428>

7. *Yevhen Oliinyk* Analiz publichnykh zakupivel palyvnoi trisky [Analysis of public purchases of fuel wood chips], 25/04/2023, (Ukr.) <https://saf.org.ua/news/1673/>

8. <https://uabio.org/agrobiomass/>

9. <https://kurkul.com/spetsproekty/1406-yak-viynavplnula-na-vrojaj-zernovih-ta-oliynih--pidsumki-sezonu-2022>

10. <https://www.slovovidilo.ua/2020/12/15/novyna-suspilstvo/minekonomiky-oprylyudnylo-rezultaty-zboru-vrozhayu>

11. *A. Ya. Kuzmych. Porivniannia efektyvnosti sposobiv zbyrannia nezernovoi chastyny urozhaiu kukurudzy [Comparison of the effectiveness of methods of harvesting the non-grain part of the corn crop]/VIII vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia „Innovatsiini tekhnolohii v APK” Zbirnyk tez dopovidei [Elektronnyi resurs] 20-21 travnia 2021 r. m. Lutsk, s. 75-77 (Ukr.) <https://lib.udau.edu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/586c1343-4f00-4986-aef9-9f35da684cb1/content>*

12. *Kuzmych A. Ya., Aneliak M. M., Hrytsaka O. M. Pidvyshchennia efektyvnosti zbyrannia pobichnoi produktsii soniashnyku na enerhetychni tsili [Improving the efficiency of harvesting sunflower by-products for energy purposes]/ I Vseukrainska naukovo-praktychna internet-konferentsiia «Novitni tekhnolohii v ahroinzhenerii: problemy ta perspektyvy vprovadzhennia» (m. Poltava, 01-02 chervnia 2021 r.), s 146-148 (Ukr.)*

13. *Tabl. 4. Zvitu DAEE pro rezultaty stymuliuvannia ta vykorystannia enerhii, vyroblenoi z vidnovliuvanykh dzherel, v Ukraini za 2018-2019 rr.[SAEЕ report on the results of stimulation and use of energy is produced from renewable sources in Ukraine for 2018-2019] Obsiah propozyitsii biomasy dlia vykorystannia v enerhetychnykh tsiliakh (Ukr.) <https://saee.gov.ua/sites/default/files/Report%20to%20Energy%20Commun%20RES%20UKraine%202018-2019%20%28final%29.pdf>*

14. *Haidenko O. M. Tekhnika dlia zahotivli solomy ta stebel silskohospodarskykh kultur [Equipment for harvesting straw and stalks of agricultural crops] // Materialy VI-i Naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Tekhnichniy prohres u tvarynnytstvi ta kormovyrobnytstvi». – Hlevakha, 2018. – s 15-18, (Ukr.) <http://animal-conf.inf.ua/tezy.conf.6.pdf>*

Отримано 19.06.2023

Received 19.06.2023

*Прийнято до друку 15.08.2023
Accepted for publication 15.08.2023*