

**Аналіз технологій та технічних засобів для використання відходів
виробництва соняшнику в якості біопалива**

С.П. Соколів

Сумський національний аграрний університет (Суми, Україна)

В статті розглянуто потенційні можливості отримання і використання біомаси соняшнику, досліджені передумови для ефективного її використання в енергетичному напрямку.

Розглянуто способи збирання соняшнику та технічні засоби для їх здійснення. Наведено інформацію про паливні характеристики стебел соняшнику та властивості її золи. Проведено огляд технологій та обладнання для збирання незернової частини соняшнику. Приділено увагу передовому досвіду збирання в Україні та закордоном.

Визначено основні види біопалив, які можна отримувати з рослинної та зернової маси соняшнику. Враховано переваги та недоліки використання кожного виду палива.

Із зростанням врожайності соняшнику збільшуються і обсяги побічної продукції, які можна використовувати для енергетичних потреб.

При визначенні обсягів заготівлі незернової частини соняшнику в умовах України необхідно враховувати баланс гумусу і поживних елементів, уникати таких наслідків, як ерозія та погіршення характеристик ґрунту.

Перспективним є використання незернової частини соняшнику у вигляді твердого палива (брикети, гранули, тюки), враховуючи, що вона має кращі паливні характеристики ніж солома зернових колосових культур. Необхідно виділити наступні переваги використання гранул та брикетів в якості палива: кількість залишків спалювання (золи) складає від 2,2% до 10% від загального обсягу використаних гранул; процес спалювання гранул піддається повній автоматизації; зручність транспортування та зберігання; відсутність шкідливих викидів в продуктах спалювання; попіл можна використовувати як органічне добриво.

Перепоною для виробництва твердих палив з стебел соняшнику є їхня велика вологість. Тому заготовляти незернову частину соняшнику необхідно у період, коли вологість біомаси зменшиться до 20%. Необхідно координувати плани виконання робіт збиральної компанії із прогнозом погоди. Важливими чинниками для забезпечення належної якості біомаси є правильно підібрані технологія та обладнання.

Ключові слова: *соняшник, біопаливо, рослинна маса, лушпиння, паливний брикет, гранула, біогаз.*

Вступ. Останніми роками як у світі, так і в Україні зокрема, в зв'язку з подорожчанням енергоносіїв, все більше уваги почали приділяти біопаливу, що виробляється з

високопродуктивних енергетичних культур.

Виробництво енергії з відновлювальних джерел, включаючи біомасу, динамічно розвивається в

більшості європейських країн. Наприклад, основною сировиною для виробництва біопалива у Бразилії є цукрова тростина, у США - кукурудза (з 1 т соняшнику на силос можна отримати від 200 до 400 м³ біогазу). В європейських країнах, а особливо в Німеччині, постійно збільшується виробництво біопалива з цукрових буряків.

Одним із найперспективніших альтернативних джерел енергії на сьогодні є тверда біомаса органічного походження, в тому числі і рослинного, яка є екологічно чистим відновлювальним джерелом енергії. Енергія біомаси еквівалентна 2 млрд т у. п./рік, що становить близько 13-15% загального використання первинних енергоресурсів світу. Частка України, за деякими оцінками, становить близько 50 млн т у. п., але економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн т у. п./рік [1].

Постановка проблеми.

Перспективним напрямом розвитку теплової енергетики України є використання альтернативних видів палива, виготовлених із місцевих ресурсів рослинної сировини, значну кількість у загальному обсязі яких складають сільськогосподарські відходи. Домінуюче значення за кількістю утворення відходів належить грубостебловим культурам, зокрема соняшнику, а одним із раціональних методів їх утилізації є використання останніх як сировини для виготовлення твердого палива. Такий вид палива, зважаючи на високу теплотворну здатність (12-15 МДж/кг), низьку зольність під час спалювання (3,5-7,5 %), мінімальний негативний вплив на довкілля, можливість використання для твердопаливних котлів різної потужності, теплогенераторів, котелень, камінів, печей, зручність у складуванні та транспортуванні, може

значною мірою замінити викопні палива.

Аналіз останніх досліджень.

Аналіз технологій виробництва брикетів з рослинних матеріалів показав, що нині виникла потреба в дослідженнях, спрямованих на зниження енергоємності процесу перероблення рослинних відходів на тверде біопаливо на стадіях сушіння та пресування; удосконалення конструкцій існуючих машин для ущільнення сировини з метою підвищення їх надійності, розширення функціональних можливостей у забезпеченні пресування різних видів рослинних матеріалів, а також вивчення оптимальних параметрів сировини для отримання високої щільності брикетів.

Вчені Г.Г. Гелетука, В.А. Герасимович, В.О. Дубровін, Т.А. Железна, Д.П. Кіндзера та ін. зробили значний внесок щодо перспектив використання біомаси для виготовлення газоподібного, рідкого і твердого палива. Ці вчені досліджували параметри технологічних процесів і режими роботи обладнання, показники ефективності використання біопалива.

В Україні використовуються декілька технологій збирання соняшнику, що вимагає приділити увагу аналізу окремих операцій і доведення робочих параметрів відповідних машин до оптимальних значень.

Мета досліджень. Метою статті є вивчення потенційних можливостей отримання і використання біомаси соняшника, дослідження передумов для ефективного її використання в енергетичному напрямку.

Рішення поставленого питання дозволить почати роботи по обґрунтуванню технології збирання незернової частини врожаю соняшнику

з метою її використання в енергетичному напрямку.

Результати досліджень.

Потенціал відходів виробництва соняшника (стебла, кошики) в Україні є дуже великим. Виходячи з даних по валовому збору у 2013 році та відношення НЧВ до насіння (2,0), він оцінюється у 22 млн. т. З насіння соняшника виробляють харчову та технічну олію; макуха (залишки після відтискання олії) є поживним кормом для худоби, стебла соняшника можуть йти на силос. Соняшник збирають у вересні-листопаді. При збиранні культури в оптимальній фазі стиглості вологість кошиків становить 70-75%, стебел – 60-70% [2]. Соняшник збирають зернозбиральними комбайнами, обладнаними жатками. Якщо агрегат «комбайн-жатка» оснащений подрібнювачем, то він забезпечує зрізання рослини, обмолот кошиків, збір насіння в бункер, подрібнення обмолочених кошиків зі стеблами й розкидання їх на полі або збір у причіп. Інший варіант збирання соняшнику полягає у обмолоті кошиків та їх збору в копнувач в цілому вигляді з наступним вивантаженням на полі невеликими копами. Стебла, що залишилися після збирання, підрізають та подрібнюють дисковими лушпильниками. Після цього їх згрібають у валки, з яких формують копи [3]. Саме ця технологія (із залишенням стебел у полі) застосовується в Україні.

Рослинні відходи як паливо мають ряд негативних властивостей, що вимагає досить ретельного підходу до їх застосування. Так, солома може містити хлор і лужні метали, завдяки чому в процесі її спалювання утворюються такі хімічні сполуки як хлорид натрію і хлорид калію. Ці сполуки викликають корозію сталевих елементів енергетичного обладнання,

особливо при високих температурах. Іншою особливістю соломи як палива є відносно низька температура плавлення золи – 800-950 °С (для порівняння – у деревини ~1200 °С), що може призвести до шлакування елементів енергетичного обладнання.

Про стебла соняшника як паливо інформації наразі небагато. За даними [4] їх елементарний склад близький до складу соломи й стебел соняшнику, але вміст золи вищий – близько 10% маси сухої речовини (табл. 1). Вміст лужного металу калію також суттєво вищий – до 5% маси с.р.

Таблиця 1 - Хімічний склад та деякі характеристики стебел соняшника

Показники	Стебла соняшника
Вологість, %	60-70% (після збирання) ~20 (висушені на повітрі)
Нижча теплота згорання, МДж/кг	16 (W<16%)
Вміст летючих речовин, %	73
Зольність, %	10-12
Елементарний склад, %:	
вуглець	44,1
водень	5,0
кисень	39,4
хлор	0,7-0,8
азот	0,7
сірка	0,1
Температура плавлення золи, °С	800-1270

Прикладів виробництва енергії зі стебел соняшника на сьогодні досить мало, в першу чергу через їх високу вологість під час збирання.

Основними стадіями виробництва паливних брикетів з рослинної сировини є її подрібнення, сушіння, брикетування або гранулювання, охолодження та пакування продукції. Кожна із цих стадій є енергоємною. Сушіння сировини реалізують у барабанних, стрічкових сушарках та сушарках киплячого шару, які є громіздкими, потребують встановлення очисного обладнання, а основне – є енергоємними, оскільки на процес затрачається до 37 % енергозатрат технологічного процесу виробництва брикетів.

Енергозатратною стадією виробництва є також брикетування або гранулювання, на реалізацію якої затрачається до 20 % загальних енергозатрат. Середні витрати електроенергії на виготовлення однієї тонни брикетів становлять 60-80 кВт, а на одну тонну гранул – 90-110 кВт. Для реалізації процесів брикетування застосовують шнекові преси, які відрізняються конструкціями шнека, формувальної головки, механізму подачі сировини. Недоліком пресів такого типу є велика залежність продуктивності від характеристик рослинної сировини, що призводить до необхідності встановлення додаткових вузлів (пристрою для рівномірної подачі сировини і механізму зміни зазору між пресувальним шнеком і формувальною головкою), які підвищують вартість обладнання. Окрім цього, шнекові преси потребують більших енергозатрат (0,074-0,111 кВт·год/кг), порівняно з поршневими (0,028-0,1 кВт·год/кг). Поршневі преси є надійними в роботі та обслуговуванні, однак мають недоліки: періодичність роботи і, як наслідок, невисока продуктивність, значні габаритні розміри, утворені брикети мають нижчу щільність, порівняно з екструзійними.

Отже, актуальними питаннями сьогодення є зменшення енергозатрат на процес виробництва брикетів та підвищенням їх якості. Вирішенню цих питань сприятиме вивчення можливостей удосконалення конструкцій сушильного та пресувального обладнання з одночасним забезпеченням раціональних параметрів проведення процесів, а також вивчення оптимальних характеристик сировини (ступеня подрібнення, вологості) [5].

Кількість соняшникового лушпиння при промисловій переробці насіння соняшника становить значну частину – 17-20% до маси насіння. Лушпиння різних гібридів і сортів соняшника складає в середньому: жиру 3%, білка 3,4%, безазотистих екстрактивних речовин 29,7%, клітковина 61,1%, зола 2,83% [6].

На сьогодні, більше половини річного обсягу утвореного лушпиння спалюється в котлах з метою виробництва теплової енергії, близько 22% використовується для виробництва гранул та брикетів, досить велика частка (до 80 тис т/рік) вивозиться на звалища, певна кількість продається сільськогосподарським підприємствам та населенню для господарських потреб [7]. З джерела [8] теплотворна здатність 1 кг сухої речовини соняшникового лушпиння еквівалентна 17,2 МДж. За цим показником лушпиння переважає дрова – (14,6-15,9) МДж/кг і буре вугілля – 12,5МДж/кг. При спалюванні соняшникового лушпиння кількість вуглекислого газу, що виділяється не перевищує того, що утворюється при природному розкладанні деревини. Так як соняшникове лушпиння має дуже низьку насипну щільність (170кг/м³) та його транспортування на велику відстань є економічно недоцільним, тому надзвичайно актуальним і

економічно вигідним, на сьогоднішній день, є виробництво гранул або брикетів, щільність яких складає 1200 кг/м³. Характеристики таких брикетів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 - Технічні характеристики брикетів із лушпиння соняшнику

Параметри	Значення
Щільність брикетів, т / м ³	1,1-1,2
Теплотворність, ккал / кг	5000-5200
Зольність брикетів, %	2,7-4,5
Сірка, %	0,23-0,45
Щільність сировини, т/ м ³	0,12
Вологість сировини, %	до 8
Розмір часток сировини, мм	2-8

На сьогодні в Україні є досвід виробництва брикетів із лушпиння соняшнику. Такі брикети екологічно чисті і мають значно більший час горіння, ніж традиційні види палива. Сировиною для брикетів слугує просушене до вологості 8% лушпиння насіння соняшнику.

Необхідно також виділити переваги використання гранул та брикетів в якості палива: кількість залишків спалювання (золи) складає від 2,2% до 10% від загального обсягу використаних гранул; процес спалювання гранул піддається повній автоматизації; зручність транспортування та зберігання; відсутність шкідливих викидів в продуктах спалювання; попіл можна використовувати як органічне добриво.

Висновки. Крім основної продукції – зерна, соняшник формує значні обсяги побічної продукції, яка є цінною сировинною для виробництва різних видів продукції, зокрема

біопалив.

При визначенні обсягів заготівлі незернової частини соняшнику в умовах України необхідно враховувати баланс гумусу і поживних елементів, уникати таких наслідків, як ерозія та погіршення характеристик ґрунту.

До основних шляхів використання соняшникового лушпиння належать спалювання, виробництво гранул/брикетів.

Використання в якості альтернативного джерела палива гранул та брикетів є найбільш ефективним, як з точки зору енергетики, так і екології.

Можна очікувати, що обсяги використання незернової соняшника у енергетичному секторі будуть збільшуватися, враховуючи, що вона має кращі паливні характеристики, ніж солома зернових колосових культур. Зокрема за показниками плавкості золи наближається до деревної біомаси.

Заготовляти стебла соняшнику для енергетичного використання краще у період, коли вологість біомаси зменшиться до 20%, інакше суттєво зростатимуть витрати на додаткове сушіння. Необхідно координувати плани виконання робіт збиральної компанії із прогнозом погоди. Важливими чинниками для забезпечення належної якості біомаси є правильно підібрані технологія та обладнання.

Література

1. <http://www.propozitsiya.com/?page=146&itemid=3624>
2. О. Поляков, А. Мінковський. Збирання врожаю – один із відповідальних етапів, який завершує процес вирощування культури // Пропозиція, 2014, №1
3. В. Погорілий, А. Мигальов. Жатки для збирання пізніх // "The Ukrainian Farmer", 2011

<http://www.agrotimes.net/zshatku-dlya-zbyrannya-piznih.html>

4. Аналітична записка БАУ №7 «Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні» <http://www.uabio.org/activity/uabio-analytics>

5. Кіндзера Д.П. Дослідження процесу формування паливних брикетів із рослинної сировини та визначення їх характеристик / Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.17 – с. 138-146.

6. Державний комітет статистики України Н А К А З Про затвердження

Методичних рекомендацій щодо проведення розрахунків витрат кормів худобі та птиці у господарствах усіх категорій (Методичні рекомендації, розд.4) 24.01.2008 № 18 (v0018202-08).

7. Авершин Д.А. Оцінка та використання вторинних матеріальних ресурсів / Науковий вісник Національного університету ДПС України (економіка, право). – 2009. – № 4(47). – С.141-147.

8. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы.— Наукова думка, 1999. – 315 с.

Аннотация

Анализ технологий и технических средств для использования отходов производства подсолнечника в качестве биотоплива

С.П. Соколик

В статье рассмотрены потенциальные возможности получения и использования биомассы подсолнечника, исследованы предпосылки для эффективного ее использования в энергетическом направлении.

Рассмотрены способы уборки подсолнечника и технические средства для их осуществления. Приведена информация о топливных характеристиках стеблей подсолнечника и свойства его золы. Проведен обзор технологий и оборудования для сбора незерновой части подсолнечника. Уделено внимание передовому опыту уборки в Украине и за рубежом.

Определены основные виды биотоплива, которые можно получать из растительной и зерновой массы подсолнечника. Учтены преимущества и недостатки использования каждого вида топлива.

С ростом урожайности подсолнечника увеличиваются и объемы побочной продукции, которые можно использовать для энергетических нужд.

При определении объемов заготовки незерновой части подсолнечника в условиях Украины необходимо учитывать баланс гумуса и питательных элементов, избегать таких последствий, как эрозия и ухудшение характеристик почвы.

Перспективным является использование незерновой части подсолнечника в виде твердого топлива (брикеты, гранулы, тюки), учитывая, что она имеет лучшие топливные характеристики чем солома зерновых колосовых культур. Необходимо выделить следующие преимущества использования гранул и брикетов в качестве топлива: количество остатков сжигания (золы) составляет от 2,2% до 10% от общего объема использованных гранул; процесс сжигания гранул подвергается полной автоматизации; удобство транспортировки и хранения; отсутствие вредных выбросов в продуктах сжигания; пепел можно использовать как органическое удобрение.

Преградой для производства твердого топлива из стеблей подсолнечника является их большая влажность. Поэтому заготавливать стебли подсолнечника

необходимо в период, когда влажность биомассы уменьшится до 20%. Необходимо координировать планы выполнения работ уборочной компании с прогнозом погоды. Важными факторами для обеспечения надлежащего качества биомассы являются правильно подобранные технологии и оборудование.

Abstract

Analysis of technologies and equipment for the production of sunflower waste as biofuel

S. Sokolik

The article examines the potential opportunities and the use of sunflower biomass, investigated the preconditions for its effective use in the energy area.

The methods of the sunflower harvest and means to implement them had analyzed. The information about the characteristics of the fuel sunflower stalks and properties of its ashes had analyzed. The review of technologies and equipment for the collection of non-grain part of a sunflower. Paying attention to best practices in harvesting in Ukraine and abroad.

The main types of biofuels that can be produced from plant sunflower and grain weight. Taken into account the advantages and disadvantages of each type of fuel.

With the growth of sunflower yield increase and the volume of by-products that can be used for energy.

In determining the volume of billet grain part of a sunflower in the conditions of Ukraine should take into account the balance of humus and nutrients to avoid consequences such as erosion and deterioration of the characteristics of the soil.

Promising is the use of non-grain part of a sunflower in the form of solid fuels (briquettes, pellets, bales), given that it has better characteristics than the fuel straw cereal crops. The following advantages of using pellets and briquettes as fuel is necessary to select: the number of incineration residue (ash) is from 2.2% to 10% of the total volume of used pellets; the process of burning pellets is subjected to complete automation; ease of transport and storage; the absence of harmful emissions in the combustion products; ash can be used as organic fertilizer.

Barriers to the production of solid fuel from sunflower stalks is their high humidity. Therefore, it is necessary to harvest sunflower stalks at a time when the biomass moisture content is reduced to 20%. It is necessary to coordinate the implementation plans of work cleaning company with the weather forecast. The important factors to ensure the quality of biomass are properly selected technology and equipment.