

УДК 621.57

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.154-164>

Л.В. Коломієць, доц., канд. с.-г. наук, **С.А. Мартиненко**, доц., канд. техн. наук, **К.А. Левицька**

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

e-mail: lyudkolomiec11@meta.ua

Оцінка шляхів використання відходів рослинницької продукції

Проаналізовано питання утворення та використання відходів рослинництва. Накреслено шляхи оптимізації поводження з відходами в умовах сьогодення. Доведено доцільність використання біопалива. **рослинництво, солома, стебла, побічні продукти, біоконверсія, брикети, гранули, біопаливо, енергія, відновлювані джерела енергії**

Л.В. Коломієць, доц., канд. с.-х. наук, **С.А. Мартиненко**, доц., канд. техн. наук, **К.А. Левицька**

Центральноукраїнський національний технічний університет, г.Кропивницький, Україна

Оценка возможностей использования отходов растительной продукции

Проаналізовано питання утворення та використання відходів рослинництва. Очерчено шляхи оптимізації поводження з відходами в умовах сьогодення. Доведено доцільність використання біопалива.

рослинництво, солома, стебла, вторичні продукти, біоконверсія, брикети, гранули, біопаливо, енергія, відновлювані джерела енергії

Постановка проблеми. В агровиробництві на сьогодні накопичується значна кількість відходів біомаси рослинних решток, які практично ніде не застосовуються. Частина з них приорується, ще деяка – використовується на корм та підстилку в малочисленній галузі тваринництва, та в багатьох випадках поширена практика спалювання залишків соломи, стебел на місці їх утворення. Нераціональне поводження з відходами рослинництва в умовах підвищення вартості традиційних джерел енергії є неприпустимим, оскільки вони являють собою цінну енергетичну сировину, значний і дешевий резерв паливних ресурсів.

Щорічно в Україні побутовими та промисловими користувачами споживається близько 200 млн. т умовного палива, але при цьому власний видобуток становить лише 80 млн. т. Важливим потенційним ресурсом за такого балансу власної та імпортованої енергетичної сировини може стати біопаливо, що є відновлюваним джерелом енергії, крім того, не чинить негативних екологічних наслідків при його використанні.

Частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в первинному споживанні енергії в країнах Європи досягла 12,5% в 2010 р. і на сьогодні зберігається тенденція до збільшення. Згідно з Директивою ЄС 2009/28/ЄС частка ВДЕ в 2020 р. повинна досягти 20%. Незважаючи на фінансову та економічну кризу, деяке зростання виробництва ВДЕ все ж відбувається. Але біля 49% ВДЕ виробляється з деревини і вторинних деревних ресурсів. Збільшення попиту на первинну деревину призводить у ряді випадків до нераціонального вирубування полезахисних насаджень, лісових масивів, санітарно-захисних зелених зон.

© Л.В. Коломієць, С.А. Мартиненко, К.А. Левицька, 2018

Тому на сьогодні є актуальним широке впровадження в господарствах, де активно ведеться вирощування груп культурних рослин, технологічних ліній для переробки поживних решток і формування пелетів, гранул та ін. видів біопалива, яке може використовуватися в сучасних паливних системах, котлоагрегатах, ТЕЦ, котлах приватних домоволодінь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сектор сільського господарства України є досить високорозвиненим, тому тут щорічно генерується великий обсяг різноманітних відходів та залишків, зокрема рослинної продукції. Рослинна біомаса вже у найближчому майбутньому може стати одним з найбільш перспективних джерел одержання твердого біопалива, що особливо актуально на фоні постійного зростання цін на природний газ і вичерпання природних ресурсів корисних копалин.

Виробництво зернових і зернобобових культур в Україні становить порядку 40-50 млн.т/рік при врожайності 25-30 ц/га. Крім товарної частини врожаю, приблизно стільки ж утворюється відходів, або побічної продукції рослинництва (ПП).

Науково-практичний досвід показує, що рослинна біомаса є одним з найбільш перспективних джерел одержання твердого біопалива в Україні. Біопаливо вигідне тим, що ціна на нього не залежить від стрибків цін на викопні види палива і на екологічні податки, що збільшуються. Крім цього, при спалюванні твердого біопалива не спричиняється значного негативного впливу на навколишнє середовище, тому що рослинна сировина дає дуже низький вихід забруднюючих речовин. В сучасних умовах господарювання наявні різноманітні джерела біомаси, включаючи сільськогосподарські відходи, цільове вирощування енергетичних культур, деревину та відходи деревини, що потребують біоконверсії [1-3].

В Україні вже існує певний досвід утилізації соломи зернових та технічних культур для виробництва енергії. В населених пунктах введено в дію більш ніж 100 котлів теплогенераторів, вітчизняного та зарубіжного виробництва, що працюють на тюках соломи. З 2012 р. в окремих областях розпочато виробництво брикетів та гранул з соломи.

За характеристиками плавкості золи, зокрема кукурудзяна солома наближається до деревної біомаси (для порівняння: у деревини температура плавлення золи складає близько 1200⁰С), що забезпечує кращі умови для спалювання порівняно із соломою зернових колосових культур. Крім того, солома кукурудзи містить менше хлору (0,2% маси сухої речовини (с.р.) порівняно із свіжою («жовтою») соломою зернових колосових (0,75% маси с.р.). Це є позитивним фактором з точки зору застосування соломи як палива з огляду на те, що сполуки хлору викликають корозію сталевих елементів паливно-енергетичних установок [3-5].

За елементарним складом кукурудзяна солома майже не відрізняється від соломи інших зернових колосових, тому у них майже однакова теплотворна здатність. Властивості соломи залежать від місця вирощування, періоду збирання та погоди, ґрунту й добрив. Найбільше на теплотворну здатність біомаси кукурудзи впливає вологість під час збирання. Таким чином, заготовляти побічні продукти кукурудзи на зерно для енергетичного використання краще у період, коли вологість біомаси зменшиться до 20%, що приблизно настає після 150 дня від дати сівби, внаслідок природних факторів онтогенезу.

Для поліпшення умов використання соломи необхідно запобігати до тюкування її в полі, що полегшує перевезення та зберігання.

На сьогодні однією з основних сільськогосподарських культур, що вирощується на Україні, є соняшник. Збір в окремі роки сягає до 10 млн.т, при урожайності приблизно 25ц/га. Є тенденція до збільшення площ під соняшником. Це культура

вирізняється серед інших за своєю здатністю збіднювати потенціал ґрунту. Вся олійна група характеризується негативним впливом на земельні ресурси. Соняшник є особливо популярним серед аграріїв, оскільки має високу рентабельність вирощування, а стійкі сорти і гібриди сучасної колекції не підводять виробників в будь-яких погодних умовах. Але відходи вирощування – стебла – є певною проблемою, оскільки потребують значних витрат на попереднє подрібнення та приорювання, і навіть загорнуті в ґрунт, мінералізуються не надто швидко, погіршуючи умови догляду та вирощування культури-послідовника. Вирішенням може стати видалення стебел із поля та переробка їх у паливну сировину [4-6].

Постановка завдання. Необхідно визначити напрямки переробки на біопаливо відходів соломи, стебел соняшнику та кукурудзи, що утворюються в господарстві. Для цього потрібно дослідити можливості біоконверсії відходів; з'ясувати екологічні наслідки від різних способів утилізації рослинних відходів та передумови виробництва біопалива.

Виклад основного матеріалу. Утворені в рослинництві первинні відходи, що включають солому зернових та інших культур, стебла кукурудзи та соняшнику, кошики соняшнику, а також вторинних – лушпиння соняшнику, гречки, рису та ін. , - частково використовуються на внутрішні потреби господарства, інша частина може бути задіяна в інших виробництвах, але найбільш поширеною є практика невдалої утилізації – спалювання в полі (щоб не витратись на вивезення), або розміщення на звалищі. Це протирічить будь-яким законам природи. По-перше, вирощена біомаса частково має повертатись в ґрунт для позитивної динаміки органічної речовини (іншу частину має складати органічне удобрення відходами тваринництва). Стосовно агроєкосистем, де відбувається внесення поживних речовин з мінеральним удобренням та перегноєм, допускається винос певної частини біомаси з поля. Але витратити її для локального підігрівання атмосфери (спалюючи на місці утворення) є вкрай безглуздом, з огляду на вартість традиційних видів палива та екологічні наслідки від його видобування та спалювання. Крім того, спалювання веде за собою вигорання органіки верхнього шару ґрунту та загибель ґрунтової мікрофлори, - тобто це не лише протизаконно, але й недопустимо з екологічних міркувань.

Під зернові колосові відведено біля 40% загальних посівних площ, зростає площа посівів соняшнику, скорочується площа посівів одно- та багаторічних кормових культур. Основним відходом вирощування є солома та стебла, у приблизному співвідношенні 1:1, для кукурудзи 1:1,3 (зерно до стебел). Частина, що залишається у вигляді стерні, приорується (рис.1).

Для заготівлі соломи зернових колосових застосовують такі технології:

-потокову, коли подрібнена комбайном солома збирається у причеп і доставляється до місця зберігання;

-копицева, коли копнувач у складі технологічної лінії комбайна формує окремі копиці масою до 300 кг, які залишаються за комбайном, а пізніше забираються і транспортуються волокушами або стоговозами;

- валкова, - коли спеціальний пристрій в агрегаті з комбайном укладає солому у валки. Валки надалі можуть тюкуватись валкопідбирачами;

-розсівна, - подрібнювач, агрегований з комбайном, розкидає солому по полю, щоб оптимізувати умови її загортання у ґрунт під час зорювання. Екологічно, звісно, це найдоцільніший спосіб використання соломи, оскільки органіка мінералізується у ґрунті, поліпшуючи його властивості.

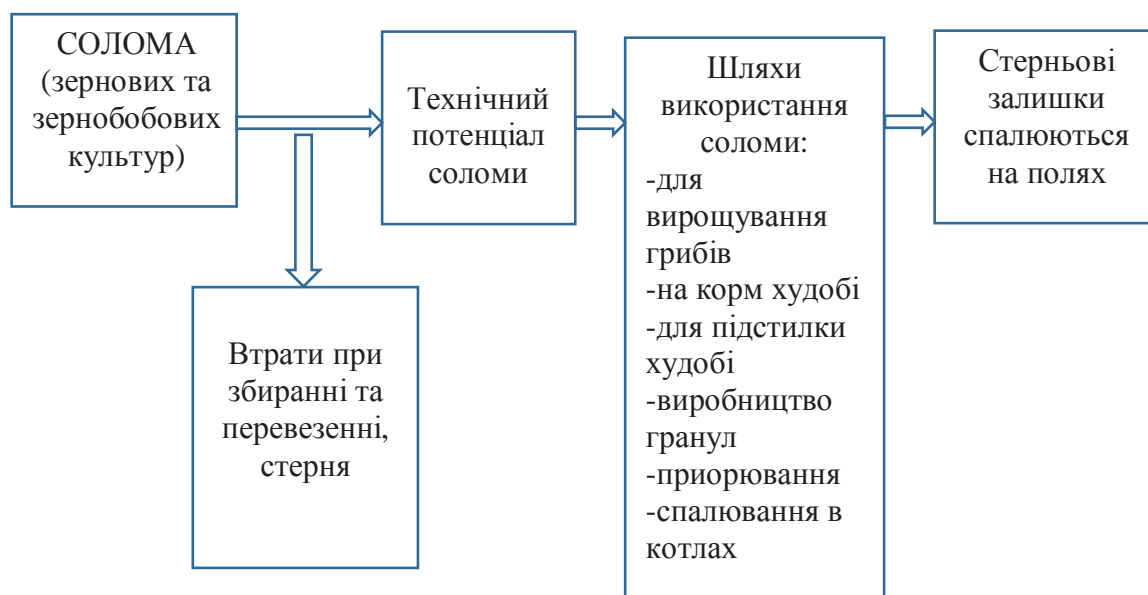


Рисунок 1 – Схема утворення та використання соломи в Україні
Джерело: розроблено на підставі [4]

Кілька десятиліть назад найчастіше застосовувалось валкоутворення, тому що солома використовувалась в тваринництві. Хоча солома і незамінна у використанні як підстилка для худоби, але вона має і ряд недоліків – швидко злежується, вражається грибками, спричиняє запиленість повітря. На сьогодні в умовах недостатнього розвитку галузі тваринництва відкрились можливості використання соломи як енергоносія.

Статистичні дані агрохімічної паспортизації полів, свідчать про негативну динаміку гумусу. Протягом останніх двох десятиліть спостерігається зниження внесення не лише органічних, а й мінеральних добрив, що й призводить до зменшення вмісту гумусу в ґрунтах. На 1 га в середньому зараз вноситься менш ніж 1 т/га гною, а мінімальна потреба становить до 15 т/га. Тому втрати гумусу відбуваються з прискоренням, і становлять за рік біля 0,6-0,7 т/га [7,8].

Солома та стебла є джерелом повернення органіки в ґрунт, але в певних умовах можуть спричинити небажаний вплив, оскільки збідненість біомаси на азот означає відбирання його з ґрунтових комплексів, тобто коли господарники збираються приорювати солому, то мають потурбуватися про закупівлю та організацію внесення в ґрунт додаткових доз азотних добрив. Негативним впливом на культури є депресивна дія соломи, оскільки під час розпаду вивільняються фенольні сполуки, які токсичні для рослин. Це порушує обмін речовин та викликає хлороз рослин. За умови гарної аерації та високої біологічної активності ґрунтів небажані сполуки розкладаються швидше.

Щорічні відходи сільського господарства в Україні (солома, стебло, качани кукурудзи, стебла та лушпиння соняшнику) становлять приблизно 49 млн. тонн, з яких на власні потреби сільських господарств використовується не більше 34 млн. тонн, решта розподіляється на завжди раціонально, але потенційно може бути використана для виробництва енергії (табл. 1.)

Таблиця 1 - Потенціал біомаси рослинних відходів в Україні

№№ п/п	Тип біомаси	Енергетичний потенціал, млн. т у.п./рік
1	Солома зернових культур	5,6
2	Стебла, качани кукурудзи на зерно	2,4
3	Стебла та лушпиння соняшника	2,3
4	Біогаз з гною	1,6
5	Біогаз з осаду стічних вод	0,2
6	Звалищний газ	0,3
7	Відходи деревини	2,0
8	Паливо з твердих побутових відходів	1,9
9	Рідкі палива з біомаси (біодизель, біоетанол, та ін.)	2,2
10	Енергетичні культури (верба, тополя, та ін.)	5,1
11	Торф	0,6
	Всього	24,2

Джерело: розроблено на підставі [7]

В Україні валовий збір кукурудзи в рік сягає біля 40 млн.т, при урожайності в середньому 48 ц/га зерна.

Рентабельність вирощування кукурудзи традиційно залишається високою, але ціна її закупівель на світових ринках поступово знижується. Тому аграріям необхідно боротися за збільшення доходів з гектару та зменшення собівартості. Зокрема, це може бути заробіток на побічних продуктах кукурудзи. Виділяються наступні складові побічної продукції кукурудзи на зерно: стебло, листя, стрижень та обгортка качана. У кукурудзи співвідношення маси побічних продуктів до зерна залежить від багатьох факторів, у першу чергу від гібриду.

У сучасних технологіях збирання кукурудзи на зерно побічна продукція переважно подрібнюється та розкидається по полю. Якщо комбайни не обладнані подрібнювачами, виникає необхідність у застосуванні мульчувачів, агрегованих з тракторами, які дозволяють якісно подрібнити і рівномірно розподілити рослинні рештки по поверхні поля.

Потенціал побічної продукції (ПП) кукурудзи на зерно в Україні загалом становить біля 35 млн. (рис.2).

Кукурудза – цінна сировина не тільки для АПК, але і для інших галузей економіки, оскільки при повній і комплексній її переробці отримують більше 500 видів різних продуктів. У США та деяких країнах ЄС значні обсяги ПП заготовлюються і використовуються у промислових масштабах для виробництва широкого асортименту продукції. В Україні ПП кукурудзи на зерно переважно використовують як добриво, а також традиційно застосовують у тваринництві як корм і підстилку та у деяких регіонах — як тверде біопаливо [9,10].

Як тверде біопаливо може використовуватись практично вся непродуктивна частина кукурудзи: стебла, стрижні, листя та обгортки.

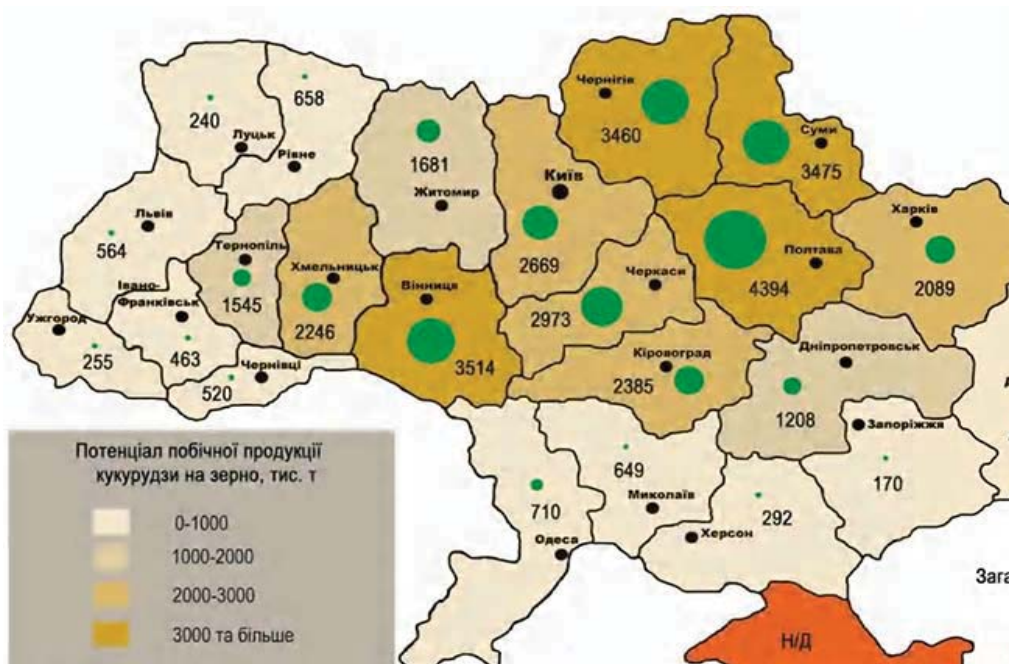


Рисунок 2 – Потенціал побічної продукції поживних решток кукурудзи

Джерело:[7]

З побічних продуктів кукурудзи на зерно переважно виробляють тверді види біопалива: прямокутні і круглі тюки, гранули та брикети.

Важливими чинниками для забезпечення належної якості біомаси є правильно організовані технологічні операції та підібране і налагоджене обладнання. Також необхідно координувати плани виконання робіт збиральної кампанії із прогнозом погоди, що розробляється місцевими метеостанціями.

Втім, використання ПП кукурудзи на зерно для отримання енергії в Україні практикується давно, але у досить обмежених масштабах, переважно для виробництва теплової енергії для потреб приватних домогосподарств, хоча існує значна сировинна база для масштабного розвитку. Крім цього, необхідно визначити умови, при яких можливо відчувувати ПП з полів без шкоди для родючості ґрунтів. Значного досвіду раціонального використання поживних решток в Україні, якщо порівнювати з іншими країнами, немає. Зважаючи на зростаючі потреби в зерні кукурудзи (вирощування цукрової кукурудзи, розвиток тваринництва, експорт і т.д.), – призводить до утворення все більшої кількості рослинних решток, що певним чином починає створювати проблеми для фермерів. Збільшення кількості рослинних решток від вирощування кукурудзи на зерно спричиняє накопичення в ґрунті хвороб рослин, перешкоджає сівбі і стабільному розвитку рослин та викликає поглинання азоту. Тому відчуження частини ПП з високопродуктивного поля може навіть покращити пророщення, ріст та підвищити врожайність культур.

При спалюванні в котлах відмічається утворення більшого обсягу золи – 9,2% для стебел кукурудзи проти 2,6% для соломи інших зернових. Зола від спалювання ПП кукурудзи може бути використана як добриво в сільському господарстві та декоративному рослинництві. Національною академією аграрних наук України для АПК розроблені рекомендації із застосування соломи і післяживних решток як органічних добрив, тоді як спеціалізовані рекомендації із визначення можливості відчуження побічної продукції рослинництва поки що відсутні. Тому вітчизняні

агровиробники на власний розсуд визначають напрямки використання побічної продукції рослинництва, що часто не є раціональним, або спалюють її разом із стернею на полях, що завдає значної шкоди навколишньому середовищу, забруднюючи атмосферне повітря, та знищуючи корисну мікрофлору верхнього шару ґрунту.

Під час збирання врожаю зернозбиральним комбайном з кукурудзяною жаткою рослинні рештки перерозподіляються частково у стерні, за жаткою комбайна та за комбайном. Найбільший обсяг біомаси із стебел і листя утворюється за жаткою, що у вологому стані дорівнює 0,96 маси зерна.

Технологічні операції заготівлі пожнивних решток з послідуочим вивезенням із поля у загальному випадку передбачають подрібнення, розподілення та ущільнення біомаси. Відповідно до способів заготівлі ПП кукурудзи на зерно, можна виділити п'ять базових технологій. Крім цього, розподілену після зернозбирального комбайна ПП кукурудзи можна тюкувати, але є низькою ефективність підбирання залишків (25-30%), тому це економічно недоцільно. Використовуючи поєднання базових технологій можна забезпечити збирання певної кількості біомаси, чого важко досягнути при заготівлі соломи зернових колосових, сої та ріпаку з огляду на те, що вся ПП зосереджується за комбайном.

Також є значний потенціал накопичення стебел та кошиків соняшнику в рослинництві. Культура вкрай затребувана на внутрішньому і зовнішньому ринках, - олія, шрот реалізуються за високими цінами. Особливо цінується олія першого холодного віджиму, але це в основному експортний продукт, пересічним українцям більш доступною є екстрагована олія, яку отримують вторинним вилученням за допомогою гексанового розчинника.

Для використання ПП соняшнику як енергетичної сировини необхідно забезпечити правильні умови збирання. Якщо агрегат комбайн-жатка обладнано подрібнювачем, він зрізає стебла та вивантажує їх у полі невеликими копами. Якщо стебла залишаються на полі, використовують дискові лушчильники для оптимізації умов мінералізації даних решток.

Зважаючи на високий вміст вологи у стеблах соняшнику (власне обумовлений періодом збирання), дану продукцію доцільно використовувати для отримання біогазу. Спалювання може супроводжуватися засміченням обладнання котлоагрегатів олійними рештками. Тому виникає необхідність в додатковому просушуванні сировини та очищення обладнання під час використання пелетів із відходів соняшнику.

Рослинні відходи як паливо мають деякі негативні сторони. Рештки соломи та стебел можуть містити сліди мінеральних дорив та пестицидів, що при спалюванні поступають в атмосферу в зміненому вигляді. Також в соломі та стеблах може міститися хлор, лужні метали, калій, та ін., що спричиняє корозію обладнання котелень, забруднює довкілля. Тобто в окремих умовах необхідно розглядати необхідність установки додаткового очисного обладнання для запобігання забруднення атмосфери [8,11].

Вивчивши світовий досвід та вітчизняні здобутки в галузі освоєння ринку біопалива, – у «ФГ Гусака В.М.», що знаходиться в Кіровоградській області, та має переважним видом діяльності рослинництво з великою часткою зернових колосових, а також кукурудзи та соняшнику в сівозміні, – було прийнято рішення розпочати впровадження обладнання для здійснення технологічних операцій з виробництва твердого біопалива (паливних гранул) з рослинної біомаси сільськогосподарських культур за наступною схемою: велике подрібнення, сушка, дрібне подрібнення, зволоження, пресування, охолодження, фасування.

Крупне подрібнення виконують, укладаючи тюки або рулони соломи на планчасті рухомі транспортери та подають їх по мірі завантаження до дробарки. Великі дробарки подрібнюють сировину для подальшого сушіння. Процес подрібнення має забезпечити розміри частинок не більше 10 мм. Велике подрібнення дозволяє швидко і якісно підготувати сировину для сушки та до подальшої переробки в дрібній дробарці.

Оскільки зазвичай солому зберігають у вигляді тюків або рулонів на відкритих майданчиках, то під дією атмосферного впливу початкові значення вологості соломи можуть змінюватися, що негативно впливатиме на процес її подрібнення. Відходи з вологістю більше 15% погано пресуються, особливо пресами з круглими матрицями. Крім цього, виготовлені паливні гранули з підвищеною вологістю не мають відповідних параметрів якості. Тому сировина перед пресуванням повинна мати вологість в межах від 8 до 12 %. Для отримання якісного продукту вологість повинна складати 10 ± 1 %.

З метою доведення вологості сировини до нормативних значень використовують сушарки барабанного або стрічкового типу. Вибір типу сушарки визначається видом сировини, вимогами до якості продукції і джерелом одержуваної теплової енергії. В технологічному процесі виробництва твердого біопалива сушка є найбільш енергоємним процесом.

Дрібне подрібнення обов'язкове, т. я. згідно з технологічними вимогами для пресування сировина повинна поступати фракціями з розмірами частинок до 4 мм. Для отримання якісного продукту насипна вага після подрібнення повинна складати $150 \text{ кг/м}^3 \pm 5\%$, а основний розмір часток не повинен перевищувати 1,5 мм. Для подрібнення сировини використовують молоткові дробарки, оскільки вони найбільше відповідають вимогам процесу подрібнення маси соломи сільськогосподарських культур.

Зволоження необхідне, оскільки сировина з вологістю менше 8% погано піддається «склеюванню» під час пресування, а готова продукція (паливні гранули) в процесі подальшого механічного впливу під час проведення робіт з фасування, навантаження, транспортування та ін. втрачає початкові габаритні розміри, подрібнюється та утворюються пилоподібні частини, що негативно впливає на її якість. Тому занадто суха маса має бути зволожена до нормативних значень вологості. Для проведення зволоження сировини використовують установку дозування води. Для проведення процесу зволоження сировини доцільно використовувати шнекові змішувачі, в яких вбудовані входи для подачі води або пари.

Процес пресування (гранулювання) може здійснюватися на пресах різних конструкцій з плоскою або циліндричною матрицею. При цьому діаметр матриці може бути більше метра, а потужність преса до 500 кВт, залежно від заданої продуктивності обладнання. Так само на продуктивність преса в межах 20% впливає розмір одержуваних паливних гранул. Паливні гранули діаметром до 6 мм виготовляють для приватного споживання, до 10 мм – для промислового. Речовиною, що природно пов'язує подрібнений матеріал у паливних виробках, є лігнін – аморфний полімер, який виділяється під дією тиску і температури і міститься у клітинах біомаси рослин.

Виконуються дані технологічні операції на лінії обладнання, встановленого на виробничому майданчику машинно-тракторного двора господарства.

Для обґрунтування доцільності переробки відходів рослинництва з подальшим використанням для власних потреб господарства, населення та реалізації, як приклад, приведемо розрахунок витрат на опалення будинку з розрахунковими тепловтратами 20 кВт загальною площею 200 м.кв при використанні різних енергоносіїв.

Будинок має тепловтрати 20 кВт – це розрахункове значення при зовнішній температурі -22°C .

Більше 90% часу протягом опалювального сезону тепловтрати нижче, і котел працює не на повну потужність. Тому при розрахунках загального споживання енергоносіїв за рік треба оперувати умовною цифрою 2100 год (згідно цього отримуємо, що протягом опалювального сезону тривалістю 6 міс. Робота котлів з частковим навантаженням еквівалентна 2100 год безперервної роботи з максимальною потужністю).

Всі розрахунки проводяться приблизно, з деякими спрощеннями. Витрата енергії на приготування гарячої води не враховується. Для будинку типової сучасної української сім'ї (120-200 м², 3-4 мешканців) орієнтовно він може становити 10-20% від загальних витрат на опалення.

Для будівель готельного типу, спорткомплексів і т.д. частка споживаної енергії на приготування гарячої води може бути значно вище.

Якщо опалення виконується на твердому паливі (гранули), тоді: орієнтовно 1 л рідкого палива по калорійності еквівалентний 2 кг гранул. На практиці калорійність гранул трохи нижче, тому згідно з європейськими норм їх вологість повинна бути не більше 12%, що в наших умовах не завжди дотримується (хоча вологість сильно підвищити не можна - гранули не будуть спресовуватися). Також в гранулах є домішки низькокалорійних деревних фракцій (кора, гілки і т.д.) і добавки типу соломи, лузги насіння і т.д..

Тоді приблизна витрата гранул на опалення приватного будинку за опалювальний сезон з урахуванням ККД спеціального котла 90-95% і більш високої вологості складе 9038 кг (збільшення витрати мінімум на 10% через підвищену вологість). При ціні гранул 2500 грн./т загальні витрати складуть: $9,038 \text{ т} * 2500 \text{ грн.} / \text{т} = 22595 \text{ грн.}$

Витрати на доставку і збереження у розрахунках не враховуються.

Якщо опалення традиційно виконується газом, то газовий котел, при розрахункових тепловтратах 20 кВт, витрачає на опалення приватного будинку протягом опалювального сезону при ККД 93% $(2,0 \text{ м}^3 / \text{г.} * 2100 \text{ год.}) / 0,93 = 4516 \text{ м}^3$.

В такому випадку витрати, з урахуванням тарифу на газ (з 1.11.18 р.). – 8,55 грн. / м³, складуть $4516 \text{ м}^3 * 8,55 \text{ грн./м}^3 = 38611 \text{ грн.}$ за опалювальний сезон.

Звісно, такий розрахунок не враховує багатьох супутніх витрат, але все одно свідчить про доцільність впровадження в приватних домоволодіннях більш економічного опалення. Зважаючи на екологічну доцільність переходу на новий вид палива, варто на базі кожного сільськогосподарського підприємства переробляти відходи рослинництва для отримання біопалива. Це єдиний раціональний шлях до збереження корисних копалин, стану довкілля та економії коштів.

Висновки. Сільське господарство є значним джерелом утворення рослинних решток. Солома та стебла утворюються щорічно, частково приорюються, певна кількість їх спалюється на полі. В господарствах, де ведеться рослинництво, впровадження обладнання для виробництва біопалива забезпечує виконання вимоги до раціонального використання біомаси відходів, та вирішується питання енергоносіїв. Тому подальші дослідження даного питання передбачають визначення шляхів збільшення рослинної біомаси відходів, оскільки певну частину їх необхідно повертати в ґрунт, а надлишок стає важливим резервом альтернативного біопалива, екологічно чистого та недорогого порівняно з традиційними енергоресурсами.

Список літератури

1. Голуб Г.А. Біоенергоконверсія органічної сировини агроценозів із забезпеченням енергетичної автономності виробництва. *Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві*. Запоріжжя, 2008. Вип. 3(3). С. 3-7.
2. Виробництво паливних брикетів з рослинних відходів. URL: <https://bio.ukrbio.com/ua/articles/6015/>
3. Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії, як альтернативні первинним джерелам в регіоні: зб. наук. статей п'ятої міжн. наук.-практ. конф. (м. Львів, 02–03 квітня 2009 р.). Львів: ЛьвЦНТЕУ, 2009. 353 с.
4. Енергетична оцінка агроєкосистем: навч. посіб. / О.Ф.Смаглій, А.С.Малиновський, А.Т.Кардашов та ін.; за ред. О.Ф.Смаглія. Житомир: ДАУ, 2002. 160 с.
5. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підручник. Київ: НТУУ "КПІ", 2012. 489 с.
6. Кухарець С.М., Голуб Г.А. Забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем на основі виробництва біопалива. *Вісн. Житомир. нац. агроєколог. ун-ту*, 2012. No 1, т. 1. С. 345–352.
7. Альтернативні джерела енергії. URL: https://pidruchniki.com/73013/ekologiya/kotli_alternativnih_paliv#14
8. Голуб Г.А., Таргоня В.С. Технічне забезпечення органічного виробництва сільськогосподарської продукції та біопалив. *Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві*. Запоріжжя: ІМТ НААН України, 2011. Вип. 2(8). 239 с.
9. Голуб Г.А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроєкосистеми. *Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК*, 2010. Вип.144, ч. 4. С. 303–312.
10. Биомасса как источник энергии : пер с. англ. / под ред. С.Соуфера, О.Забарски. Москва : Мир, 1985. 368 с.
11. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві / Голуб Г.А. та ін.; за ред. Г.А. Голуба. Київ: НУБіП України, 2017. 229 с.

References

1. Holub, H.A. (2008). Bioenerhokonversiiia orhanichnoi syrovyny ahrotsenoziv iz zabezpechenniam enerhetychnoi avtonomnosti vyrobnytstva [Bioenergeonconversion of organic raw materials of agroecosystems with the provision of energy autonomous production]. *Mekhanizatsiia, ekolohizatsiia ta konvertatsiia biosyrovyny u tvarynnystvii, 3(3)*, 3-7 [in Ukrainian].
2. Production of fuel briquettes from vegetable wastes [Production of fuel briquettes from vegetable wastes]. *bio.ukrbio.com*. Retrieved from <https://bio.ukrbio.com/ua/articles/6015/> [in Ukrainian].
3. Alternative and renewable sources of energy as alternatives to primary sources in the region: *5 mizhn. nauk.-prakt. konf.* (m. L'viv, 02–03 kvitnia 2009 r.) – *5th International Scientific and Practical Conference*. L'viv: LvTsNTEU [in Ukrainian].
4. Smahlij, O.F., Malynovs'kyj, A.S., Kardashov, A.T. (2002). Enerhetychna otsinka ahroekosystem: navch. posib [Energy assessment of agroecosystems]. O.F.Smahliia (Ed.). Zhytomyr: DAU [in Ukrainian].
5. Kudria, S.O. (2012). Netradytsijni ta vidnovliuvani dzhherela enerhii: pidruchnyk []. Kyiv: NTUU "KPI" [in Ukrainian].
6. Kukharets', S.M., Holub, H.A. (2012). Zabezpechennia enerhetychnoi avtonomnosti ahroekosystem na osnovi vyrobnytstva biopalyva [Alternative and renewable energy sources]. *Visn. Zhytomyr. nats. ahroekoloh. un-tu, 1, Vol. 1*. 345–352 [in Ukrainian].
7. Al'ternatyvni dzhherela enerhii. [Alternative Energy Sources]. *pidruchniki.com*. Retrieved from https://pidruchniki.com/73013/ekologiya/kotli_alternativnih_paliv#14 [in Ukrainian].
8. Holub, H.A., Tarhonia, V.S. (2011). Tekhnichne zabezpechennia orhanichnoho vyrobnytstva sil'skohospodars'koi produktsii ta biopalyv [Technical support of organic production of agricultural products and biofuels]. *Mekhanizatsiia, ekolohizatsiia ta konvertatsiia biosyrovyny u tvarynnystvii, Vol. 2(8)*, 239 [in Ukrainian].
9. Holub, H.A. (2010). Tekhniko-tekhnolohichne zabezpechennia enerhetychnoi avtonomnosti ahroekosystemy [Technological and technological support of energy autonomy of agroecosystems]. *Nauk. visn. Nats. un-tu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ser. Tekhnika ta enerhetyka APK, Vol.144, ch. 4*, 303–312 [in Ukrainian].
10. Soufera, S., Zabarsky, O. (1985). *Biomass as a source of energy* (Trans.). Moscow: Myr [in Russian].
11. Holub, H.A., Kukharets', S.M., Marus, O.A. et al. (2017). Bioenerhetychni systemy v ahrarnomu vyrobnytstvii [Bioenergy systems in agricultural production], H.A. Holuba (Ed.), Kyiv: NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].

Lyudmila Kolomiyets, Assoc. Prof., PhD agr. sci., **Martinenko Serhey**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Levitska Karina**, graduate student

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Estimation of Ways to Use Crop Production Waste

The purpose of the paper is to substantiate the necessity of recycling of secondary raw materials in agriculture, illumination of ways to use plant-based raw material waste as an alternative source of energy.

The agricultural sector of Ukraine is highly developed, therefore, a large amount of crop production waste is generated annually. The production of grain and leguminous crops in Ukraine is about 40-50 million tons per year. In addition to the part of the harvest, about the same amount of waste produced, or by-products of plant production. Therefore, in farms where the growing of groups of cultivated plants is actively carried out, the wide introduction of technological lines for the processing of cultivars and the formation of pellets, granules and others. types of biofuels that can be used in modern fuel systems, boilers, etc.

Having studied the world experience and domestic achievements in the field of development of the biofuel market, it is recommended to introduce equipment for the implementation of technological operations for the production of solid biofuels (fuel pellets) from plant biomass of agricultural crops according to the following scheme: large grinding, drying, fine grinding, moisturizing, pressing, cooling, packing.

Large shredding is performed by stacking bales or straw rolls on the flatbed moving conveyors and feeding them as loading to the crusher. Large crushers grind the raw material for further drying. The grinding process should ensure that the particles are not more than 10 mm in size. Large shredding allows you to quickly and qualitatively prepare the raw material for drying and further processing in a small crusher.

It was established that fuel raw material obtained from plant products does not cause significant pollution of the environment; is formed continuously; has a stable price, unlike traditional energy resources.

Thus, today agriculture is a significant source of biomass production of secondary vegetable raw materials. Further definition of ways to increase plant biomass waste is necessary, since a certain part of them must be returned to the soil, and the surplus becomes an important reserve of alternative biofuels.

crop production, straw, stems, by-products, bioconversion, briquettes, pellets, biofuels, energy, renewable energy sources

Одержано (Received) 12.12.2018

Прорецензовано (Reviewed) 18.12.2018

Прийнято до друку (Approved) 20.12.2018

УДК 631.363.2: 631.22:636.034 DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.164-170>

І.А. Велит, доц., канд. техн. наук

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Д.О. Бондаренко, інженер-механік

Господарство «Райс-Максимко» Полтавської області, м. Полтава, Україна

e-mail: Velit_Ira@ukr.net

Агрегат для плющення зерна в потоково-технологічних лініях кормоприготувального відділення молочної ферми

У статті представлено аналіз агрегатів для плющення зерна. Розглянуто вибір обладнання в технології процесу приготування кормів. Приведена технологічна схема кормоприготувального відділення молочної ферми. Проаналізовано використання агрегату для плющення зерна в потоково-технологічних лініях концентрованих кормів. Розглянута доцільність використання плющеного зерна в раціоні годівлі на тваринницьких фермах. Проаналізовано вплив способу обробки сухого зерна на надої корів, одержання якісного виробництва молочної продукції.

молочна ферма, раціон, потоково-технологічні лінії, агрегат для плющення зерна

© І.А. Велит, Д.О. Бондаренко, 2018