

## ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

*А.А. Голубенко, Н.М. Цивенкова, С.М. Кухарець, В.О. Шубенко*  
*Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир*

*Наведено аналіз ресурсного забезпечення технологічних процесів сушіння зерна за рахунок енергетичного використання побічної продукції - соломи, що здійснюється шляхом газифікації та спалювання генераторного газу. Наведено економічне обґрунтування впровадження газогенераторного обладнання в процесі сушіння зернових.*

**Ключові слова:** зерно, солома, сушіння, газифікація, енергоефективність, брикети, пелети, гранули.

## JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF GRAIN DRYING WITH USING RAW MATERIALS OF VEGETABLE ORIGIN

*Anna Golubenko, Nataliya Tsyvenkova, Saveliy Kukharets, Vladuslav Shubenko*  
*Zhytomyr national agroecological university, Zhytomyr*

*The analysis of resource support of grain drying technological processes through the energy using of by-products such as straw is done. It implements by the way of gasification and generator gas's combustion. The economic justification of implementation of gas-generator equipment in the process of grain drying is done.*

**Keywords:** grain, straw, drying, gasification, energy efficient, briquettes, pellets, granules.

### **Постановка проблеми в загальному вигляді.**

Сушіння зернових є важливим технологічним процесом, від виконання якого залежить формування та збереження насінневих якостей зерна, а від енергоефективності та енергоощадності - собівартість кінцевого продукту [10]. При використанні технологій газифікації забезпечується підвищена енергоефективність, в порівнянні з методами прямого спалювання соломи при сушінні зернових. Проте, схема технологічного процесу сушіння зернових з використанням продуктів газифікації соломи потребує ретельного вивчення технологічних та конструктивних параметрів відповідного обладнання і встановлення граничних умов його раціонального використання.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

За способом передачі тепла до зернини процес сушіння може бути: конвективним, кондуктивним, радіаційним (випромінюванням) та за допомогою електроструму. Існує також спосіб сушіння без передачі тепла – адсорбційно-контактний.

Для збереження харчових та насінневих якостей зернових при подальшому їх зберіганні важливим є дотримання технологічних режимів сушіння.

Сушіння зернових за рахунок спалювання соломи є специфічним через низьку щільність та нерівномірність отриманого теплового потоку, що не дозволяє забезпечити якісний результат в процесі сушіння зерна [2, 5, 7, 8, 9, 10].

В Україні солома сільськогосподарських культур складає найбільшу частку в структурі потенціалу біомаси для енергетичних потреб – 43%. Щорічне її виробництво сягає близько 7,62 млн.т., з яких лише 20% може бути використано в енергетичних цілях, коли в країнах ЄС цей показник складає 35% [1, 3, 6].

Виходячи з вище вказаного на основі соломи можна створити потужну енергосировинну базу з подальшим її використанням в газогенераторних установках.

В Україні виробляються газогенераторні установки для газифікації соломи, які можна агрегувати з сушарками та використовувати генераторний газ для сушіння зернових, а також, пресове обладнання для виробництва гранул та брикетів з соломи [11]. Використання ж хіміко-термічної конверсії соломи в агроекосистемах з виробництвом генераторного газу дає змогу забезпечити

часткову енергетичну автономність виробництва із збереженням родючості ґрунтів [4].

**Метою дослідження** є встановлення раціонального складу лінії для сушіння зернової продукції з використанням газогенераторних технологій; визначення переваг використання таких технологій та меж їх практичного застосування.

**Об'єктом дослідження** є процес сушіння зернових, його особливості, параметри, які визначають вибір складу технологічного комплексу та вихідні характеристики соломи для прямого спалювання та газифікації (хімічний склад, склад та кількість забруднюючих компонентів, температурні умови, вологість газу, теплота згоряння генераторного газу).

#### **Матеріали та методика досліджень**

Для проведення дослідження використано комплекс методів наукового дослідження: порівняльний, теоретичний та статистичний методи, системний метод аналізу і синтезу, формальна та аналітична оптимізація системи використання генераторного газу для сушіння зернових.

#### **Результати досліджень.**

Узагальнена схема енергетичного використання соломи за допомогою газогенераторної установки зображена на рис. 1.

Відповідно до наведеної схеми збирання соломи є першою ланкою технологічного процесу її підготовки до газифікації. Проаналізувавши найбільш розповсюджені методи збирання зернових, такі як: пряме комбайнування; збирання соломи та полови комбайном до копнувача з вивантажуванням стогів на поле; подрібнення соломи з подальшим її навантаженням окремо, або з половию, в транспортний засіб, чи розкиданням по полю; подрібнення соломи з наступним її складанням окремо, чи разом з половию в валок було прийнято доцільним не обмежувати потенційного користувача технології певними способами збирання соломи.

Доцільність використання соломи в енергетичних цілях залежить від конкретних агротехнічних, технологічних та економічних можливостей конкретного господарства. При впровадженні обладнання з газогенераторним приводом слід максимально раціонально використовувати вже існуючі виробничі потужності та засоби механізації господарства для зниження капітальних вкладень в проект. В той же час за умов комплексної реорганізації енергетичної системи існуючого господарства, або на етапі проектування нового, важливо врахувати найбільш ефективні способи збирання соломи. Серед них обмолот на стаціонарі, при якому скошений хлібостій повністю вивозиться з поля та обмолочується на спеціальних токах. Це полегшує використання соломи та сировини рослинного походження, які утворюються в процесі післязбиральної обробки зерна.

При збиранні з поля соломи, складеної у валки, раціональним є поєднання збирання з попередньою підготовкою, наприклад, використання тюкових та рулонних прес-підбирачів (підбирання, ущільнення, пакування) або подрібнювачів і з грануляторами (подрібнення, утворення гранул, також можливе дозування та фасування).

Наступний етап – транспортування. Воно пов'язане із витратами пального, що здорожує використання соломи в якості біопалива. Отже, обмежуючим фактором в даному випадку є відстань транспортування (переважно до 30 км).

Підготовка соломи до спалювання має кілька традиційних стадій: сушіння, подрібнення, ущільнення. На початковому етапі переробки, як правило, стикаємося з соломною у вигляді рулонів та тюків, при цьому щільність соломи суттєво нижча за щільність тирси та щепи. Враховуючи, що переважна кількість соломи збирається механізованим способом, в соломі можуть бути присутні частки ґрунту, які негативно впливають як на процес підготовки до спалювання, так і безпосередньо на газифікацію. При значному забрудненні соломи перевагу слід надавати її пресуванню та брикетуванню, при незначному – пелетуванню (гранулюванню).

Газифікація соломи без попередньої її підготовки знижує ефективність цього процесу та ускладнює завантаження газогенератора.

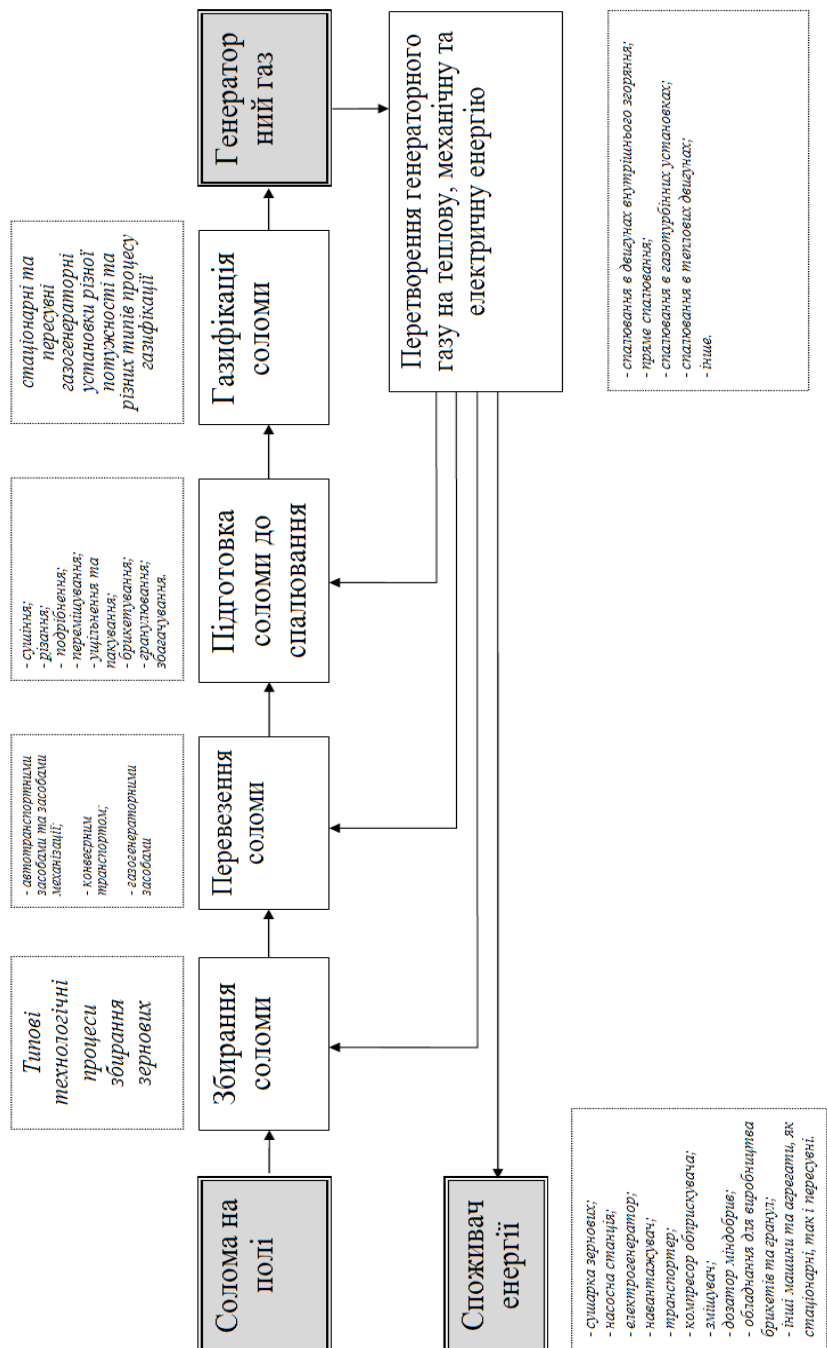


Рис. 1. Узагальнена схема технологічного процесу енергетичного використання сировини рослинного походження

Газифікацію соломи слід проводити в газогенераторах спеціальної конструкції, яка враховує спосіб підготовки палива, або в модернізованих газогенераторах. Використання солом'яних брикетів та пелетів допускає використання газогенераторів для газифікації деревини з мінімальними конструктивними змінами – заміною камери газифікації із фурмовим поясом. Однак, для досягнення найкращої якості генераторного газу, перевагу слід віддавати проектуванню газогенераторної установки під конкретні умови.

Наведена на рисунку 1 схема окреслює широкі межі використання соломи для забезпечення різними видами енергії локальних споживачів і служити основою для модернізації існуючого або створення нового енергетичного комплексу з використанням сировини рослинного походження.

Одним з найбільш енергоємних процесів переробки зернових є їх сушіння. Зважаючи на те, що солома – один з побічних продуктів виробництва зерна і її кількість в певних межах пропорційна кількості отриманого товарного продукту, логічним є проектування технологічного процесу сушіння зернових з використанням власної соломи. Розглянемо технологічний процес використання соломи для сушіння зернових починаючи зі збирання з подальшою її підготовкою до газифікації в газогенераторних установках і отриманням газу. Схема такого процесу представлена на рис.2.

Для побудови схеми, наведеної на рисунку 2 був обраний розповсюджений метод збирання соломи з поля – тьюковим прес-підбирачем з подальшим її транспортуванням з поля до місця підготовки до газифікації. З соломи виробляємо паливні гранули (пелети), які завантажуються в газогенератор.

З огляду на використання технологій газифікації для сушіння зернових доречним є обрати конвективний та кондуктивний способи, оскільки саме ці способи дозволяють більш повно використати потенціал газифікації при використанні побічної продукції.

Важливою вимогою до процесу сушіння є стабільність температури агенту протягом всього циклу, що ставить додаткові вимоги до керованості процесу отримання тепла та регулювання його подачі в сушильну камеру. Залежно від вологості зерна процес сушіння триває протягом 20...36 годин. При цьому за температури агента сушіння в межах 120...140°C споживається біля 5 кВт/год на 1 кг вологи, що випаровується.

Основною особливістю схеми, наведеної на рис.2. є використання виділеної технологічним обладнанням побічної енергії та використання частини генераторного газу для приводу пелетярні. Теплова енергія, що виділяється при газифікації, при охолодженні генераторного газу та при спалюванні його в ДВЗ, використовується для підсушування соломи та попереднього підсушування зерна.

Можливі проблеми використання генераторного газу для сушіння зернових, пов'язані із нестабільністю процесу газифікації і зміною складу газу протягом циклу. Також змінюються температурні параметри газифікації та її продуктів, в тому числі і кількості теплоти, що виділяється при охолодженні генераторного газу. Частково ця проблема може бути вирішена використанням електричних підігрівачів, які живляться від електрогенератора, що працює на генераторному газі.

Ще однією важливою умовою реалізації схеми, наведеної на рис.2. є збереження енергетичного балансу в середині системи. Потреби в енергії не мають перевищувати енергетичного потенціалу соломи, що утворюється при виробництві необхідного обсягу зернових, з урахуванням енерговитрат на їх транспортування та підготовку.

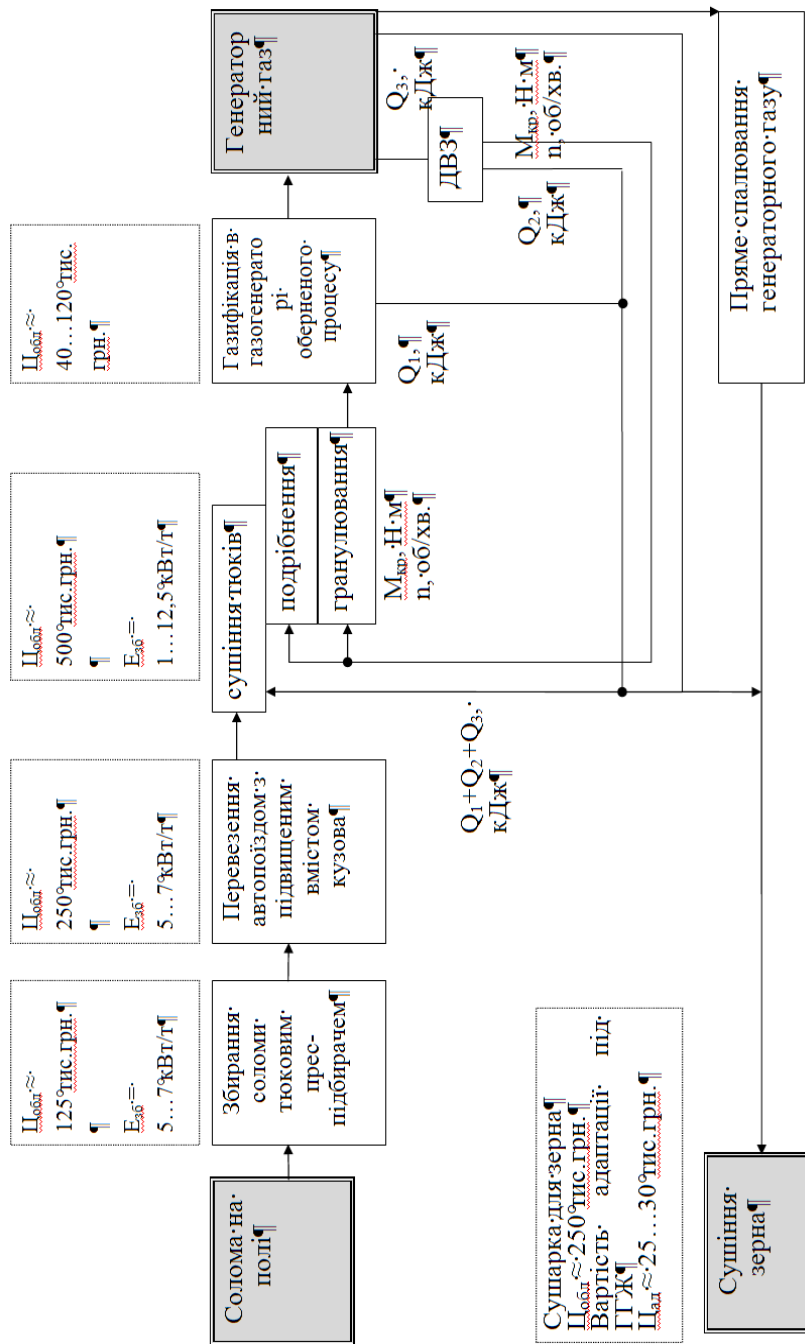


Рис. 2. Схема технологічного процесу сушіння зернових з енергетичним використанням власної сировини рослинного походження  
\*ГГЖ – газогенераторне живлення

### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Використання генераторного газу газифікованої соломи робить процес сушіння зернових можливим в межах використання власної соломи, доступної для енергетичного використання. Це відбувається як через підвищення теплотворної здатності генераторного газу в порівнянні з прямим спалюванням соломи, так і через додаткові резерви енергетичних потоків, які утворюються в запропонованій схемі.

При газифікації сировини рослинного походження, в тому числі і соломи, слід враховувати відмінності їх хімічних та фізико-механічних характеристик, що залежать від виду рослин, способу вирощування та збирання, метеорологічних умов протягом усього періоду розвитку рослини та під час збирання сировини рослинного походження; способів, режимів та тривалості їх зберігання. Це ставить певні вимоги до конструкції газогенераторів, такі як здатність газогенератора певним чином компенсувати відмінності вище згаданих характеристик за рахунок внесення певних конструктивних змін, при чому можливість здійснення цих змін має бути закладена в конструкції газогенератора у вигляді налагодження режиму газифікації.

### **Список використаних джерел**

1. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні / Г.Г. Гелетука, Т.А. Железна, Б.Ю. Матвеев, М.М. Жовнір // Пром. теплотехніка. – 2006. – Т.28, №2. – С. 85-93.
2. Газогенераторные установки - путь к энергонезависимости сельхозпредприятий и снижению затрат на энергоносители. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ventkanal.com/page.php?id=12>
3. Гелетука Г.Г. Обзор технологии сжигания соломы с целью выработки тепла и электроэнергии / Г.Г. Гелетука, Т.А. Железная // Экологические и ресурсосбережение. – 1998. №6. – С. 3-12.
4. Голуб Г.А. Проблемы биоконверсии органической сировини в агроценозах // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 1 – С. 43-48.
5. Голуб Г.А. Теплота згоряння та умови спалювання соломи / Г.А. Голуб, В.О. Лук'янець, С.В. Субота // Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» УААН. – 2010. - №8. – С.49-52.
6. Жовнір М. Альтернативное теплоснабжение за сет использования соломы / М. Жовнір, Е. Олійник, С. Чаплигин // Комунальное хозяйство. – 2007. №8. – С.24-27.
7. Жовнір М. Солома обігріє села /М. Жовнір, Є. Олійник, С. Чаплигин // Агросектор. - 2007. - № 5. – С. 28-31.
8. Комышник Л.Д. «Сушка и хранение семян подсолнечника» / Л.Д. Комышник, А.П. Журавлев, Ф.М. Хасанова. – М.: 1988 г.
9. Пугач Л. И. Нетрадиционная энергетика – возобновляемые источники, использование биомассы, термохимическая подготовка, экологическая безопасность: учеб. пособие / Л. И. Пугач, Ф. А. Серант, Д. Ф. Серант. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 347 с.
10. Рекомендації щодо створення сільськогосподарського обслуговуючого кооперативу для надання послуг у виробництві та реалізації біопалива в Житомирській області / Н.М. Головченко, В.Є. Данкевич, С.В. Добрякова, В.О. Дубровін, Г.Р. Зіміна, В.В. Зіновчук, Н.В. Зіновчук, В.М. Карпюк, В.В. Кухарець, С.М. Кухарець, А.В. Ращенко. – Житомир, 2011.-96с.
11. Самочетов В.Ф. «Техническая база хлебоприемных предприятий» / В.Ф. Самочетов, Г.А. Джорогян, Е.И. Никулин. – М.: 1978 г.