

УДК 631.311:631.326  
© 2010

*Удовиченко Г.А., кандидат технічних наук,  
Хоменко Л.В., науковий співробітник,  
Алєйнікова Т.Л., лаборант*  
Полтавський інститут АПВ ім. М.І. Вавилова

*Дерієнко В.В., директор  
ТОВ „Теплодар-Енергія”*

*Ткаченко С.К., завідувач лабораторії*  
Полтавський обласний державний проектно-технологічний центр охорони  
родючості ґрунтів і якості продукції "Облдержродючість"

## ДОСВІД ВИРОБНИЦТВА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ВИДІВ ПАЛИВА НА ПОЛТАВЩИНІ

*Рецензент – кандидат сільськогосподарських наук І.В. Крамаренко*

*Розглянуто передовий досвід із виробництва альтернативних видів палива. Визначені основні параметри і режими роботи технологічних ліній із виробництва паливних брикетів. Наводяться фізико-механічні та хімічні властивості соняшникової лузги і брикетів. Проведений аналіз досліджень технічних засобів і публікацій з виробництва паливних брикетів із лузги соняшникового насіння та соломи. Представлені останні розробки технологічного обладнання з виробництва альтернативних видів палива ТОВ "Теплодар-Енергія".*

**Ключові слова:** паливні брикети, альтернативні види палива, технологічні лінії з виробництва брикетів.

**Постановка проблеми.** Спеціалісти прогнозують, що до середини ХХІ ст. споживання енергії буде в 15 разів більше кількості енергії, витраченої упродовж усього ХХ століття. За результатами багатьох досліджень, органічне паливо (нафта, природний газ, вугілля) в 2020 р. може задовольнити потреби світової енергетики лише наполовину, а тому залишається розраховувати на нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Запаси невідновлюваних і відновлюваних джерел Землі такі:

- органічне паливо (нафта, кам'яне та буре вугілля тощо)  $5,5 \cdot 10^{16}$  кВт. год.;
- ядерна енергія  $5,7 \cdot 10^{17}$  кВт. год.;
- термоядерна енергія  $1 \cdot 10^{20}$  кВт. год.;
- енергія сонячних променів  $6,7 \cdot 10^{19}$  кВт. год.;
- енергія вітру  $1,7 \cdot 10^{16}$  кВт. год/рік.;
- енергія річок  $1,8 \cdot 10^{13}$  кВт. год/рік.;
- енергія морів, океанів  $7 \cdot 10^{16}$  кВт. год/рік.;
- енергія внутрішнього тепла Землі  $1,3 \cdot 10^{14}$  кВт. год/рік [6].

Україна в загальних об'ємах енергоресурсів

використовує лише 0,7% альтернативних джерел, хоча може сміливо використовувати близько 20%.

Полтава також має переорієнтуватися на систему опалення з інших джерел, аніж газ. По-перше, через дорожнечу блакитного палива; по-друге, через наявність масштабних обсягів інших джерел. Запасів однієї лише соломи в Полтавській області досить, аби опалювати чотири таких міста, як Полтава. Запасів тирси та інших відходів дерева вистачає, щоб опалювати дві Полтави. Полтавський регіон має значні запаси нафти і газу, які в даний час активно розвідуються й використовуються. Сподіваємося, що в недалекому майбутньому в Полтаві буде побудований енергозберігаючий житловий будинок за вже виготовленим проектом.

В Україні за останні роки швидко зростають ціни на газ, нафту, паливо-мастильні матеріали тощо. Без альтернативних джерел енергії обійтися неможливо. До перспективних напрямів розвитку альтернативних джерел енергії в Україні слід віднести такі: виробництво синтетичного газу; когенераційні технології; біоенергетика; використання шахтного метану; мала енергетика; сонячна енергія; геотермальна енергетика; виробництво біопалива.

Впровадження котлів, які працюють на біомасі, допоможе невдовзі замінити природний газ для виробництва теплової енергії з найнижчими інвестиційними затратами й найкоротшими термінами окупності проектів. Потенціал біогазу, доступного для виробництва енергії на великих полігонах твердих побутових відходів, становить близько 400 млн. м<sup>3</sup>/рік, що відповідає 0,3 млн. тонн у. п. / рік. Планується перевести на місцеві види палива (відходи деревообробки та рослин-

ного походження, торфу, бурого вугілля тощо) способом застосування установок. У країні передбачено будівництво 23 біопаливних заводів, що дасть можливість довести виробництво дизельного біопалива до 623 тис. т/рік. Це сприятиме зменшенню імпорту нафти до 1,88 млн. тонн [5]. Однак затрати на його виготовлення досить високі. Витрати на виготовлення паливних брикетів із лузги соняшника, гречки, соломи, тирси значно нижчі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** Для виробництва паливних брикетів із рослинних залишків промисловість України випускає необхідні машини.

Брикетувальна машина моделі В-80 призначена для виготовлення брикетів із тирси, лузги соняшникового насіння, гречки, а також подрібненої соломи, бадилля квасолі та відходів переробки льону. Машина працює в комплексі з механізмом подрібнення соломи (бадилля, відходів) або сушкою для тирси і механізмами подачі сировини в зону пресування. Продуктивність на брикетуванні соломи, тирси, лузги соняшникового насіння, бадилля квасолі, відходів переробки льону становить, відповідно, 600, 1200, 900, 600, 600 кг/годину. Допустима волога матеріалу – 12%.

Машина УБ-01 виготовляє трубчаті брикети з тирси, лузги соняшникового насіння та інших подрібнених відходів рослинної сировини методом гвинтопресування з наступним спіканням. Машина працює разом із подрібнювачем та механізмом подачі й механізмом різки на рівні брикети.

ТОВ “ЧеркасиЕлеваторМаш” регулярно проводить конференції EXTRUtec із застосування нових технологій з переробки відходів рослинного походження. Це підприємство випускає екструдери BRONTO – Е-150, Е-250, Е-500, Е-1500, модифікацій G, S, U. Продуктивність цих машин становить, відповідно, 150, 250, 500, 1000, 1500 кг/годину. Фізико-хімічні процеси проходять у робочому органі екструдера під дією механічних зусиль за умови наявності вологи і високотемпературного впливу [4].

**Методика досліджень.** Визначення характерних умов випробувань, загальних показників оцінки конструкцій машин, якості роботи, експлуатаційних показників ефективності здійснювалося нами на основі „Методичних рекомендацій з виробничих випробувань сільськогосподарської техніки” (Київ – Глеваха, 1992 рік) та „Типових програм і методик випробувань машин

із дослідних партій і технічних засобів, створених раціоналізаторами і винахідниками (Київ, 1990 рік).

Вологість лузги і брикетів визначалася за допомогою взяття проб згідно з методикою Б.А. Доспехова „Методика полевого опыта”.

Масу і об'єм брикетів визначали в трьох повтореннях, за результатами яких і знаходили фактичну щільність.

**Мета досліджень** – визначити експлуатаційні, техніко-економічні показники машин, підвищити ефективність їх використання.

**Результати дослідження.** За підрахунками, Україна може щорічно виробляти 1,4 млн. тонн дизельного палива з ріпаку. Цієї кількості достатньо, щоб не імпортувати солярку. Технологічні лінії з виробництва біодизеля побудовані й працюють у трьох районах області: Лубенському, Машівському та Новосанжарському. У 2007 році було виготовлено понад 4000 тонн цього палива, яке використовувалося як пальне для тракторів, комбайнів та іншої техніки з дизельними двигунами. У 2008 році виробництво біодизеля на Полтавщині скоротилося вчетверо й становило близько 1000 тонн. Посівні площі ріпаку з кожним роком збільшуються, а виробництво біодизеля зменшується.

Полтавщина має нині 23 тис. тонн деревини, яку можна переробити на альтернативні види палива.

Також у регіоні є понад 70 тис. тонн торфу, який може поповнити енергозберігаючі ресурси.

Швидкими темпами розробляються нові проекти вітрових електростанцій. Якщо вчора вітрова електростанція потужністю 100 квт/год. була еталоном, то сьогодні є розробки на 600 квт/год. Полтавщина має місця (постійний, сильний вітровий потік), де можна побудувати вітрові електростанції, але відсутні кошти, щоб профінансувати цей край необхідний енергозберігаючий проект.

Нині в області відновлено 4 електростанції, залишилося відновити ще стільки ж.

Є багато високоврожайних рослин, які при згоранні виділяють значну кількість тепла. Варто зазначити, що зібраної такої сільськогосподарської культури як мескантус із площі 0,2 га достатньо, аби обігріти один сільський будинок протягом року.

Найбільш економічним і прийнятним варіантом альтернативного твердого палива в усьому світі визнані брикети, одержувані шляхом механічної переробки й пресування різної фітомаси. Брикети не мають у своєму складі ніяких зв'язу-

вальних речовин окрім натурального природного лігніну, що міститься в рослинних клітинах. Висока щільність (1,1-1,3 кг/дм<sup>3</sup>) забезпечує зручність при транспортуванні й зберіганні. Якщо раніше лушпиння соняшника машинами вивозили на смітник, то сьогодні воно все затребуване. Через відсутність сировини в м. Полтава за останній рік зменшилася кількість технологічних ліній із 26 до 14. Інша річ – солома, профіцит якої спостерігається повсюдно. Кожна тонна пшениці – це як мінімум одна тонна соломи. Відсотків двадцять-тридцять її можна подрібнити й додати як добриво, що, власне, й роблять дбайливі господарі. Решту можна переробити на брикети й отримати грошей стільки, скільки за зерно пшениці озимої (500-1000 грн./т.).

ТОВ "Теплодар-Енергія" розроблена й успішно апробована повноциклова технологічна лінія з виробництва паливних брикетів із соломи для республіки Крим. Лінія складається з подрібнювача соломи, аерофонтанного рюмкового сушіння, обладнаного генератором потужністю 500 КВт діаметром 1,6 метра і двох шнекових пресів ШБП-700. Сюди ж входить лінія аспірації, циклонрозвантажувач. У 2009 році успішно пройшов випробування подрібнювач соломи, який дозволяє подрібнювати тюки соломи діаметром до 1,8 метра, домагаючись за один прохід одержання фракції, достатньої для пресування паливних брикетів.

Основою технологічної лінії з виробництва паливних брикетів є шнековий прес ШБП-700, в якому до 150 тонн збільшили потужність тиску. У результаті на виході маємо оригінальний круглий брикет діаметром 81 мм із отвором 30-32 мм. Це досить важливий момент, оскільки округла форма найбільш прийнятна для забезпечення максимально ефективного горіння. Сама округлість визначає ефективніший доступ кисню до будь-

якої точки горючого матеріалу за рахунок зменшення площі зіткнення. Продуктивність ШБП-700 на лушпинні насіння соняшника становила понад 700 кг на годину. Щільність такого брикету – 1,3 кг/дм<sup>3</sup>, калорійність досягає 5000 ккал. Він тоне у воді й досить добре горить. Незважаючи на відносну новизну розробки, більше двох десятків найпотужніших в Україні шнекових пресів ШБП-700 уже знайшли своїх власників в особі виробників високо екологічного твердого палива.

У ТОВ «Теплодар -Енергія» розробляються й випробовуються ударно-механічні преси продуктивністю 2 і 4 т/год.

Встановлено, що затрати на виробництво брикетів технологічною лінією з використанням шнекового екструдера більші порівняно з технологічною лінією, в якій працює ударний прес. Витрати електроенергії шнековим екструдером і ударним пресом становлять, відповідно, 70 і 50 КВт/год. Тому технологічну лінію доцільніше комплектувати ударно-механічними пресами.

Нами проводилась експлуатаційна перевірка обладнання технологічних ліній з виробництва брикетів із соломи та лушпиння соняшника в ТОВ «БІОС», «Моторсервіс» Полтавського району. Наведені фізико-механічні та хімічні властивості соняшникової лузги і брикетів (табл. 2). Визначені експлуатаційні, техніко-економічні показники машин, підвищена ефективність їх використання (табл. 1).

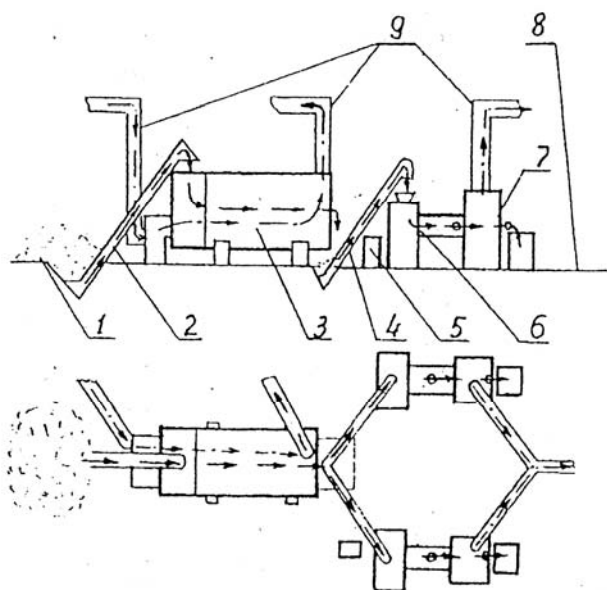
З метою переробки соняшникової лузги в паливні брикети на Полтавщині побудовані технологічні лінії, що складаються з завантажувальної площадки, шнекового транспортера, барабанної сушарки, шнекових транспортерів, пульта управління, прес-екструдерів, дільників, площадки для упаковки брикетів, вентиляційної системи (мал. 1).

**1. Основні економічні показники технологічної лінії з виробництва паливних брикетів ТОВ "Моторсервіс"**

Назва показників	Одиниця виміру	Показники
Споживання електроенергії за одну годину роботи технологічної лінії	кВт год.	100
Витрати на електроенергію	грн./т. прод.	56
Витрати на заробітну плату	грн./т. прод.	50
Витрати на сировину	грн./т. прод.	75
Обслуговуючий персонал	чоловік	4
Вартість екструдера з дільником брикетів	тис. грн.	94
Собівартість продукції	грн./т прод.	380
Прибуток	тис. грн.	85

**2. Фізико-механічні та хімічні властивості соняшникової лузги і брикетів**

Назва показників	Одиниця виміру	Показники
Вологість лузги (до висушування )	%	12-25
Вологість лузги (після висушування )	%	8-10
Щільність лузги	кг/дм <sup>3</sup>	0,12
Розмір частин	мм	2-8
Кут природнього схилу лузги при вологості 10-25%	градуси	37-40
Температура загорання лузги	°С	235
Вологість брикетів	%	6-9
Щільність брикетів	кг/дм <sup>3</sup>	1,1-1,2
Кут зсуву брикету по сталевій поверхні	градуси	18-20
Розміри брикету: довжина	мм	300
ширина	мм	50
висота	мм	50
Отвір діаметром	мм	25
Теплотворність	ккал/кг	5000-5200
Запах брикетів		пережареного насіння
Зольність	%	2,7-4,5
Сірка	%	0,23-0,45



**Мал. 1. Схема технологічної лінії з виробництва паливних брикетів:**

1 – площадка для сировини; 2 – шнековий транспортер ПШП-3М; 3 – сушарка барабанна; 4 – транспортери шнекові ПШП-3 (2 шт.); 5 – пульт управління; 6 – прес-екструдери ЕВ-350 (2 шт.); 7 – дільники (2 шт.); 8 – площадка для упаковки готової продукції; 9 – вентиляційна система.

*Примітка:*

- → – лузга соняшникового насіння;
- – брикет;
- . → – повітря.

Технологічна лінія працює так: лузга шнековим транспортером подається в сушарку, де проходить процес сушки сировини до вологості 8-10%. Висушена лузга по шнекових транспортерах подається в два прес-екструдери, в яких виготовляються паливні брикети. Шнековий транспортер ПШП-3М здатний транспортувати лушпиння соняшникового насіння в барабанну сушарку під кутами 30-75° із продуктивністю 700 кг/год., використовуючи безступінчасте регулювання оборотів шнека електричним приладом GFM-210. Вентиляційна система технологічної лінії включає подачу підігрітого повітря в барабанну сушарку і витяг його із двох екструдерів. Барабанні сушарки виготовляються в Україні, Литві, Польщі, Угорщині та інших країнах [2-3]. Обертаючий барабан перемішує і направляє лузгу на потік підігрітого повітря, який забирає вологу й транспортує її по внутрішньому, середньому і зовнішньому циліндрах [7].

За даними Нерінга [1], на випаровування 1 кг води в барабанних сушарках витрачається 1100 калорій тепла. Слід відмітити, що в барабанній сушарці волога лузги соняшникового насіння виділяється рівномірно, без перегріву і самозагорання. На вході і виході сушарки встановлені датчики температури, з допомогою яких регулюється технологічний процес. Температура лузги на виході не перевищувала 60°. Швидкість обертання барабана регулюється варіатором, кут на-

хилу – опорними катками.

Екструдер EB-350 працює в номінальному режимі при продуктивності 350 кг/год., вологості лузги 8-10%, температурі процесу утворення брикетів 250-270°C. Зафіксовано, що смолисті речовини з лузги соняшникового насіння виділяються при температурі процесу утворення брикетів 250-270°C.

Аналізуючи дані проведених нами досліджень, можна констатувати, що після екструдвання брикети мають вологість 6,0-9,5%, тобто на 1,5-2,5% менше від вологості лузги, що поступає в прес-екструдер.

При згоранні брикетів із лушпиння соняшникового насіння вуглекислого газу в повітря виділяється в 15, 20, 30, 50 разів менше, ніж при згоранні, відповідно, газу, мазуту, коксу, вугілля. Тобто, виготовляється екологічно чиста продукція.

Брикети з лузги соняшникового насіння мають темно-коричневий колір, гладку поверхню, запах пережареного соняшникового насіння.

Спостереженнями встановлено, що при спрацюванні витка шнека на 5-6 мм та швидкозшошуваних деталей продукт із прес-екструдера виходить неякісний.

Проведеними дослідженнями встановлено, що при роботі обладнання технологічної лінії на номінальному режимі вихід готової продукції становить 84-92%.

Робота, на основі досліджень [8], витрачена на пресування лузги в екструдері до заданої щільності і придання необхідної форми й розмірів, визначається за формулою:

$$A = \frac{C}{m-1} (\rho^{m-1} - \rho_0^{m-1}), \quad (1)$$

де:  $\rho_0$  і  $\rho$  – початкова і кінцева щільність матеріалу, кг/дм<sup>3</sup>;

$C$  і  $m$  – коефіцієнти, що залежать від властивості сировини.

Зі збільшенням щільності сформованих брикетів зростає енергоємність процесу.

З метою усунення потрапляння сторонніх магнітних предметів у шнекову частину в лотку встановлений магнітний уловлювач. Система управління (за допомогою автоматичного захисту) здатна виводити машину з нерозрахункових режимів роботи і продовжувати строк служби основних деталей і вузлів, тобто ресурс всієї машини.

При продуктивності екструдера 350 кг/год., температурі процесу, меншій від заданої (250°C), вологості лузги 8-10%, якість кінцевого

продукту не задовольняла вимогам технічних умов (брикети крихкі, розсипаються через не виділення лігніну). При вологості лузги 8-10%, температурі процесу, більшій від заданої (270°C), відбувається перепалення брикетів, перевитрата енергії на виготовлення одиниці продукту.

Якщо при оптимальній температурі процесу (250-270 °C) поступає в екструдер лузга вологістю понад 10%, то зовнішня поверхня брикетів матиме тріщини. Зменшуючи подачу сировини в екструдер, процес утворення брикетів уповільнюється, – виникає загроза перепалення вихідного продукту. Встановлено, що підвищення вологості лузги соняшникового насіння на 1% знижує температуру процесу на 4-6 °C.

За даними центральної лабораторії виробничого об'єднання „Укрвуглегеоекологія” встановлено, що при згоранні брикетів із лузги соняшникового насіння вологістю 8,1% виділяється 5019 ккал /кг тепла, сірки – 0,23%, зольність становить 2,7%, температура загорання брикетів 235°C. Ці показники в декілька разів нижчі від максимально допустимої концентрації компонентів. Відповідно до технології з сушарки та екструдерів забирається відпрацьоване повітря вентиляційною системою.

Система управління технологічною лінією з виробництва брикетів має надійний автоматичний захист: вона оберігає машини від роботи на нерозрахункових режимах, спрощує експлуатацію, нагляд за роботою обладнання. Агрегат обслуговує один оператор і троє робочих.

Виробництво брикетів із лузги соняшникового насіння проводиться з дотриманням екологічно чистої технології. Технологічна лінія здатна переробляти лузгу з соняшника, гречки, грецьких горіхів, соломи, льону, тирси та інших видів біомаси, які вважаються відходами виробництва. Показники теплотворності лузги соняшникового насіння, гречки, тирси, бурого вугілля, відповідно, становлять 5000-5200 ккал. /кг, 4800-5000 ккал. /кг, 4600-4900 ккал. /кг, 4400-5400 ккал./кг. Аналіз показав, що показники теплотворності лузги соняшникового насіння і бурого вугілля майже однакові і на 100-400 ккал. /кг більші від показників теплотворності лузги насіння гречки та тирси.

Економічні підрахунки підтвердили, що виготовляти тверді альтернативні види палива за даною технологічною лінією вигідно як із господарської, так і з екологічної точки зору. Собівартість виготовлення однієї тонни брикетів становить майже 400 гривень, що в 1,3-1,5 разу нижче

від вартості вугілля. Від застосування технологічних ліній виробництва паливних брикетів значно зростає прибуток.

На Полтавщині виробляється понад 10 тис. тонн брикетів, які продають за кордон у країни західної Європи. Така кількість брикетів (за теплотворністю) може замінити 5 млн. м<sup>3</sup> імпортного природного газу, який щороку дорожчає. Кожного року на Україні вирощують близько 6 млн. тонн соняшника. Якщо припустити, що весь соняшник переробляється в Україні, то можна виготовити понад 1 млн. тонн брикетів, які можуть замінити 0,5 млрд. м<sup>3</sup> природного газу.

**Висновки.** У результаті проведеної експлуа-

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Азаров Б.М., Аурик Х., Дичев С.* Технологическое оборудование пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 463-464.
2. *Бориневич В.А.* Приготовление и хранение сена и травяной муки. – М.: Россельхозиздат, 1970. – С. 99-104.
3. *Валдман А.Р., Захарченко И.М., Абрамов А.И.* Мука из зеленых кормов. – М.: Колос, 1971. – С. 32-33.
4. *Гулий І.С., Гушанко М.М., Орлов Л.О.* Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості, Вінниця: Нова книга, 2001. – С. 37-43.
5. *Михайлов Ю.* Біопаливо: одна із найбільших

таційної перевірки обладнання технологічної лінії з виробництва паливних брикетів встановлено, що при вологості лузги 15-25% на оптимальному режимі роботи екструдерів вихід готової продукції (брикети вологістю 6-9%) становить 84-92%. Виробництво брикетів проводиться з дотриманням екологічно чистої технології.

Аналізуючи економічні показники, стверджуємо, що собівартість виготовленої продукції (паливних брикетів із лузги соняшникового насіння) становить майже 400 грн./ т<sub>прод.</sub>, що в 1,3-1,5 рази нижча від вартості вугілля. Витрати від собівартості на сировину, зарплату, електроенергію становлять, відповідно, 19, 7, 13, 2, 14, 7 відсотків.

- дурниць в історії людства // Пропозиція. – 2008. – № 1. – С. 16-27.
6. *Павлишин М., Чеховой М., Ясенецький В.* Комбіновані енергетичні системи з нетрадиційними джерелами енергії. Техніка і технології АПК. – 2009. – С. 10-13.
7. *Старченко В.М.* НОТ на виробництві травяної муки и сенажа. – М.: Россельхозиздат, 1976. – С. 9-11.
8. *Фарбман Г.Я.* Основа технологии гранулирования и брикетирования кормов. – Л.: Колос, 1976. – С. 156-157.