

УДК 669.01:621.9

ПІДГОТОВКА СОНЯШНИКОВОГО ЛУШПИННЯ ДО БРИКЕТУВАННЯ

Ялпачик В.Ф., д.т.н.,

Стручаєв М.І., к.т.н.,

Ялпачик Ф.Ю., проф.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел (0619)42-13-06

Анотація - у роботі розглянуто підготовку соняшникового лушпиння до брикетування шляхом сушіння, з подальшим використанням брикетів у якості палива для твердопаливних котлів.

Ключові слова - підготовка соняшникового лушпиння до брикетування, сушіння, сушильний барабан, завантажувальний бункер, топка, шнек, вологість сировини.

Постановка проблеми. У даний час питання економії енергоресурсів є досить актуальним. Використання рослинних відходів як палива набуває важливого значення, враховуючи, що, наприклад, теплота згоряння соняшникового лушпиння складає 18 ... 22 МДж/кг (4285 ... 5200) ккал/кг [1].

Промисловість почала випускати різні прес-гранулятори та прес-брикетувальники для пресування сухих рослинних відходів [2,3]. Досвід реальної роботи прес-брикетувальника показав, що при подачі лушпиння підвищеної вологості в пресуючу камеру, де відбувається його стискання і одночасне нагрівання до температури 280-310°C, вода, яка є у лушпинні, закипає, утворюючи пару високого тиску, яка «вистрілює» брикет з величезною силою, руйнуючи його і створюючи небезпеку для працівників.

Тому однією з основних попередніх операцій перед брикетуванням соняшникового лушпиння є його сушіння.

Аналіз останніх досліджень. Робота присвячена розгляду питання підготовки соняшникового лушпиння до брикетування шляхом сушіння. Оскільки сушильний апарат виконує технологічний прийом, що впливає на наступні операції і їх результат, то роль сушильного апарату пов'язана з основним технологічним процесом виготовлення паливних брикетів із соняшникового лушпиння.

Існують різноманітні конструкції сушильних апаратів для рослинної сировини, що випускаються світовим машинобудуванням [1,4], однак вони не охоплюють усього діапазону продуктивності установок.

Умовно сушильні апарати можна підрозділити на три типорозміри: для промислового виробництва, для дрібнотоварного виробництва і для підсобного господарства.

Формулювання цілей статті. Основна мета статті – показати послідовність розрахунку процесу сушіння для підготовки соняшникового лушпиння до процесу брикетування.

Завдання роботи полягає у тому, щоб запропонувати методику визначення кількості води, яку необхідно видалити з лушпиння, та розрахунку кількості палива, необхідного для її видалення шляхом сушіння у сушильному апараті. Дати основні конструктивні параметри сушильного апарату, що дозволяють виконати технологічний процес сушіння соняшникового лушпиння.

Основна частина. Установка брикетування відходів рослинної сировини дозволяє отримувати високоякісні паливні брикети з широкого різноманіття відходів рослинного походження, у тому числі відходів олійних культур, таких як лушпиння соняшника, з подальшим використанням отриманих брикетів у вигляді палива для котлів різних модифікацій. Брикети виробляються без хімічних закріплювачів під високим тиском. Прес для брикетів складається з приймального бункера, шнека-дозатора, шнека, що пресує, дільника, витяжної парасольки.

Попередньо висушені до необхідної вологості (6...8%) рослинні відходи надходять у приймальний бункер і далі рівномірно шнеком-дозатором подаються у пресуючу камеру, де відбувається стиснення і одночасне нагрівання подрібненої маси до температури 280- 310 °С. Під впливом температури поверхня брикета оплавлюється, що сприяє дуже тривалому зберіганню і зручному транспортуванню продукції. У результаті термічної обробки відбувається виділення природної в'язучої речовини – сполучного: лігніну, а при сильному стисненні відбувається брикетування сировини до заданої щільності 950 ... 1200 кг/м³. Після пресування брикет виходить з преса і розділювачем розділяється на брикети певної довжини. Отримані брикети надходять на охолодження і зберігання.

Сушарка призначена для безперервного сушіння рослинної сировини: лушпиння соняшник перед його брикетуванням. Експлуатація сушарки проводиться у закритих приміщеннях з установкою вентиляційно-димовідсмоктувального обладнання. Сушарка – це барабан, до якого примикають завантажувальний бункер і топка (калорифер). Основною частиною сушарки є похилий

циліндричний барабан. Усередині барабана встановлений обертовий шнек зі спеціальними лопатями, що забезпечують рівномірний розподіл і добре перемішування матеріалу.

Агентом сушіння є гаряче повітря. Нагрівання сушильного агента відбувається у топці (калорифер). Усередині барабана за всією його довжиною розташований шнек з лопатями, які при обертанні сприяють пересипанню лушпиння, його перемішуванню з одночасним поступовим переміщенням до розвантажувального отвору. При обертанні шнека лопаті захоплюють і піднімають матеріал, а потім він, падаючи униз, омивається гарячим повітрям. Висушений матеріал автоматично видаляється через розвантажувальний отвір.

Нами розроблена методика визначення кількості води, яку необхідно видалити з лузги, та розрахунку кількості палива, необхідного для її видалення шляхом сушіння у сушильному апараті. Для цього необхідно задатися наступними умовами: наприклад, для сушіння використовуємо атмосферне повітря при початковій температурі $t_1 = 20^\circ\text{C}$ і вологості $\varphi = 60\%$. У калорифері сушильний агент (повітря) підігрівають до $t_2 = 95^\circ\text{C}$ і направляють у сушарку, звідки він виходить при $t_3 = 35^\circ\text{C}$.

Для виконання розрахунків необхідно визначити кінцеву відносну вологість повітря, $\varphi_2 \%$ (для запобігання конденсації вологи вона повинна бути менше 95%); витрату повітря на 1 кг вологи, що випаровується, $V, \text{ м}^3/\text{кг}$ (знаючи витрату повітря, можна точно підібрати номер вентилятора); витрату теплоти на 1 кг вологи, що випаровується, $q, \text{ кДж/кг}$ (знаючи витрату теплоти, можна визначити необхідну для якісного сушіння витрату дров у топці).

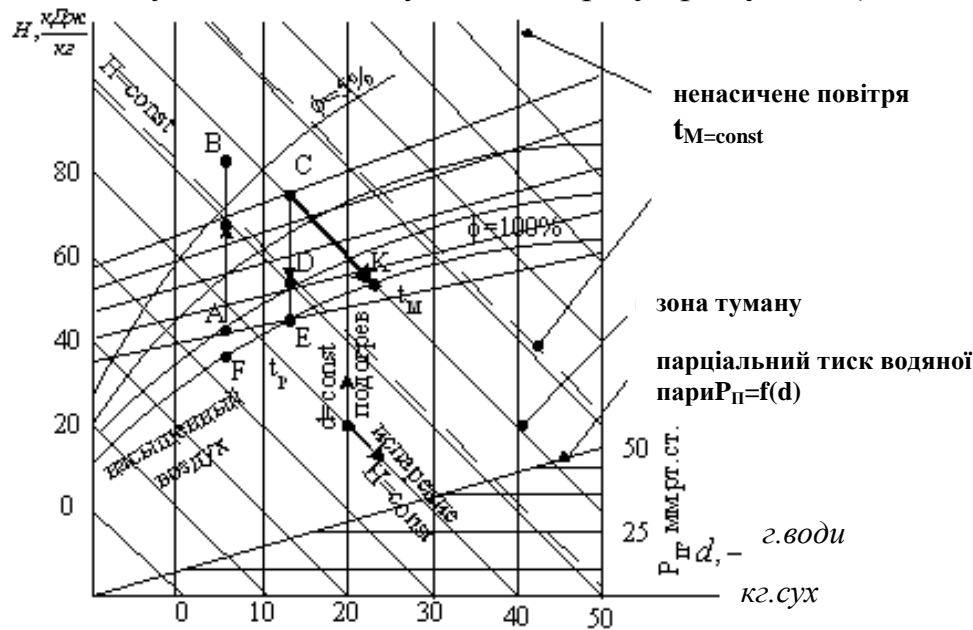


Рис. 1. Розрахунок процесу сушіння соняшникового лушпиння за Hd -діаграмою Рамзина

1. За Hd -діаграмою (рис. 1) [1,4] знаходимо точку «А» на перетині ліній $t_1=20^\circ\text{C}$ і $\varphi_1 = 60\%$ і для неї визначаємо вміст води в кубометрі повітря (вологеміст), рівний $d_1 = 8,9$ грамів на кг і ентальпію $H_1 = 42,7$ кДж/кг.

2. Проводимо лінію $d = \text{const}$ з точки «1» до перетину з ізотермою $t_2= 95^\circ\text{C}$. Точка перетину «В» характеризує стан повітря на виході з топки.

3. З точки «В» проводимо лінію $H = \text{const}$ до перетину з ізотермою $t_3 = 35^\circ\text{C}$. Точка перетину «К» характеризує стан повітря на виході з сушарки. Вміст вологи сушильного агента (повітря) на виході з сушарки буде: $d_3 = 33$ грам/кг; ентальпія на виході з сушарки буде: $H_3 = 120$ кДж.

4. Визначаємо зміну вологомісткості вологого повітря відносно 1 кг сухого повітря: $\Delta d = d_3 - d_1 = 33 - 8,9 = 24,1$ грам/кг.

Тобто, 1 кілограм повітря може забрати з соняшникового лушпиння 24,1 грама води і видалити її у вигляді водяної пари (дуже важливо, щоб пара не була сконденсована в сушарці або на її виході).

5. Визначаємо витрату сухого повітря у кг на випаровування 1 кг вологи:

$$l = \frac{1000}{d_3 - d_1} = \frac{1000}{24,1} = 41,5, \text{ кг/кг}$$

6. Визначаємо витрату сухого повітря у м^3 на випаровування 1 кг вологи:

$$V = l/\rho = 41,5/1,29 = 32,2 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

7. Витрата теплоти в топці на нагрівання 1 кг повітря

$$\Delta H = H_3 - H_1 = 120 - 42,7 = 77,8 \text{ кДж/кг}.$$

8. Витрата теплоти в топці на нагрів 1 м^3 повітря

$$\Delta H = \Delta H/\rho = 77,8/1,29 = 60,3 \text{ кДж/м}^3.$$

9. Витрата теплоти на 1 кг випаровуваної вологи (тобто на 41,5 кг сухого повітря):

$$q = l \cdot \Delta H = 41,5 \cdot 77,3 = 3208, \text{ кДж/кг}$$

10. Продуктивність сушарки за кількістю випаровуваної вологи:

$$W_{c.y.} = G_1 \frac{W_1 - W_3}{100 - W_3} = 400 \cdot (22 - 8)/(100 - 8) = 60,86 \text{ кг/год}.$$

При різній вихідній вологості, щоб висушити соняшкову лузгу до 8%, необхідно видалити з 400 кг соняшникового лушпиння від 20 до 61 кілограма води.

11. Продуктивність сушарки за кількістю висушеного соняшникового лушпиння:

$$G_3 = G_1 - W_{cy} = 400 - 60,86 = 339,14 \text{ кг/год}.$$

12. Тривалість процесу сушіння соняшникового лушпиння: Тривалість (експозиція) сушіння значною мірою впливає на якість

висушуємого соняшникового лушпиння і не може бути обрана довільно. З метою забезпечення максимальної якості соняшникового лушпиння швидкість сушіння повинна відповідати допустимому вологоз'єму - зниженню вологості в одиницю часу. Для соняшникового лушпиння величина τ (тривалість процесу сушіння) визначається зі співвідношення:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = 0,185\tau + 3 \text{ хв}$$

Враховуючи, що при русі уздовж барабана соняшникове лушпиння частину часу перебуває у шарі при слабкому випаровуванні, величину τ слід прийняти рівною не менше 12 хв.

13. Тепловий баланс сушильного барабана визначається з рівняння теплового балансу для дійсного процесу сушіння:

$$q = l(H_1 + H_0) = l(H_2 - H_0) + q_m + q_{mp} + q_5 + q_{доб} - C_{вл} t_{н.л.}$$

Величина Δq - це втрачена (якщо $\Delta q < 0$) або додатково підведена (якщо $\Delta q > 0$) кількість теплоти на 1 кг вологи.

14. Визначення чисельного значення величини Δq :

$$\Delta = q_{доб} + C_{вл} t_3' - (q_m + q_{mp} + q_5)$$

додаткова кількість теплоти, внесеної у сушильну камеру (в даному випадку $q_{доб}=0$); фізична кількість теплоти вологи, веденої з матеріалом (соняшникового лушпинням): $C_{вл} t_3''$ кДж/(кг·град); $C_{вл} = 4,19$ кДж/кг; кількість теплоти, що витрачається на нагрівання матеріалу (соняшникового лушпиння)

$$q_m = \frac{G_2 C_3}{W_{c\delta}} + (t_3'' - t_3''')$$

$$C_3 = 4,19 \left[\frac{0,37(100 - W_2) + W_2}{100} \right] \text{ кДж/(кг·град)},$$

C_3 - масова теплоємність соняшникового лушпиння:

Витрата кількості теплоти на прогрів транспортних пристосувань, (у даному випадку $q_{mp}=0$); втрати теплоти в навколишнє середовище

$$q_5 = \frac{1}{W_{c\delta}} KF_{c\delta} \Delta t$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \text{ Вт/м}^2.$$

де α_1 - коефіцієнт тепловіддачі від димових газів до внутрішніх стінок сушильного барабана, Вт/(м²·град).

Приймаємо $\alpha_1 = \alpha_2 = 1,163 (5 + 3,4v)$ Вт/(м²·град);

v , м/сек - швидкість димових газів всередині сушильного барабана, орієнтовно $v = 3$ м/сек;

$\delta = 0,003$ м - товщина стінки барабана;

$\lambda = 57$ Вт/м²·гр - коефіцієнт теплопровідності стінки барабана;

Δt - температурний напір

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}}$$

F - площа поверхні сушильного барабана, м²

$$F_{c\delta} = \pi D H + \frac{2\pi D^2}{2} \text{ м}^2.$$

15. Витрата палива для дійсної сушарки

$$B = \frac{g_c W_{c.б.}}{Q_p^p \eta_m \eta_{mp}} = 3,208 * 60,86 / (14 * 0,6) = 23,24, \text{ кг/год.}$$

де $\eta_m = 0,9$ - к.к.д. топки, враховує тепловипромінювання трубопроводів.

При різній вихідній вологості щоб видалити з 400 кг соняшникового лушпиння, від 20 до 61 кілограма води, необхідно спалити від 7 до 23,24 кілограмів дров на годину. Вид палива можна підібрати за таблицями 1 і 2

Таблиця 1 – Характеристика стандартних палив

Родовище	Марка	Склад горючої маси, %				
		C ₂	H ₂	O ₂	N ₂	S ₂
Донецький басейн	Д	75	5,5	18,1	1,6	5,8
Донецький басейн	Г	80,5	5,4	8,3	1,5	4,3
Донецький басейн	ПЖ	83	5,1	5,6	1,5	4,8
Донецький басейн	АМ	93,5	1,5	8,0	1,0	1,7
Донецький басейн	АШ	98,5	1,8	8,5	1,0	2,2
Торф фрезерний		57,8	6,0	33,4	2,5	0,3
Торф кусковий		57,8	6,0	33,4	2,5	0,3
Мазут «40» малосірч.		87,5	11,2	0,7		3,2

Таблиця 2 – Характеристика деревних палив

Назва палива	Склад робочої маси палива, %					
	Вологість, %	Зола %	C ₂	H ₂	O ₂	N ₂
Солома	10	4,0	43	5	37,5	0,5
Дрова сухі	20	1	45	4	29,5	0,5
Тирса волога	60	0,5	57	5	37,2	0,6

Розрахунок гідравлічного опору газового тракту і вентилятора для сушильного барабана:

1. Опір шару соняшникового лушпиння

а) Число Рейнольдса, $R_e = \frac{vd}{\nu}$ $v = 3$ м/сек; $d = 0,01$ м; $\nu = 20 \cdot 10^{-6}$ м²/сек

б) $a = \frac{490}{R_e} + \frac{100}{\sqrt{R_e}} + 5,85$; $H = 4,7$ м - довжина сушильного барабана

$\rho_z = 1,04$ кг/м³ - щільність димових газів; $C_1 = \frac{1-\xi}{\xi}$; $\xi = \frac{\rho_k - \rho_m}{\rho_k}$

$\rho_k = 1200$ кг/м³ - щільність соняшникового лушпиння;

$\rho_m = \frac{0,25(G_1 + G_2)\eta}{0,75 \cdot 2 \cdot V_\sigma}$ - щільність соняшникового лушпиння в шарі;

$\eta = 0,33$ - коефіцієнт заповнення барабана $V_\sigma = \frac{\pi D^2}{4} H$ - об'єм барабана, м³; $d = 0,008$ м - розмір частки (соняшникового лушпиння).

2. Гідравлічний опір циклону: $\Delta S_y = 30$ мм.вод.ст .

3. Гідравлічний опір топки: $\Delta S_m = 5$ мм.вод.ст .

4. Місцевий опір і витрати на тертя

$$\sum \Delta S_m = 0,1(\Delta S_3 + \Delta S_y + \Delta S_m).$$

5. Загальний гідравлічний опір тракту

$$\Delta S = \Delta S_3 + \Delta S_y + \Delta S_m + \sum \Delta S_m \text{ мм.вод.ст}$$

6. Дінамічний напір: $H_\sigma = \frac{v_\sigma \rho_z}{2 \cdot 9,81}$ мм.вод.ст, $v_\sigma = 24$ м/с - швидкість

газового потоку у вхідному вікні вентилятора, $\rho_z = 1,04$ кг/м³

7. Повний напір вентилятора: $H_n = H_\sigma + \Delta S$

8. Вибір вентилятора сушильного барабана за швидкістю у вхідному вікні ($v_\sigma = 24$ м/с) і подачі вентилятора (витраті сухого повітря у м³ на випаровування 1 кг вологи): $V = l/\rho = 41,5/1,29 = 32,2$ м³/кг.

Продуктивність сушарки за кількістю випаровуваної вологи:

$$W_{c.y.} = G_1 \frac{W_1 - W_3}{100 - W_3} = 400 \cdot (22 - 8) / (100 - 8) = 60,86 \text{ кг/год.}$$

$$Q_{\text{час}} = V \cdot W_{c.y.} = 32,2 \cdot 60,86 = 0,54 \text{ м}^3/\text{с} = 1959,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

визначаємо номер вентилятора типу Ц9-57. №3

9. Потужність, споживана вентилятором

$$N = 1,15 \cdot \frac{Q_{\text{сек}} H_n}{1,02 \cdot \eta} = 1,15 \cdot 0,54 \cdot 1000 / (1,02 \cdot 0,44) = 1,3 \text{ кВт.}$$

η - к.к.д. вентилятора визначаємо за номограмою $\eta = 0,44$.

Для вентилятора Ц4-70. № 2,5

$$N = 1,15 \cdot \frac{Q_{\text{сек}} H_n}{1,02 \cdot \eta} = 1,15 \cdot 0,54 \cdot 700 / (1,02 \cdot 0,44) = 0,9 \text{ кВт.}$$

Висновки. Запропонована методика може бути використана для практичного застосування при розрахунку підготовчих операцій перед брикетуванням рослинних відходів, наприклад, соняшникового лушпиння.

При різній вихідній вологості щоб висушити соняшникове лушпиння до 8%, необхідно видалити з 400 кг соняшникового лушпиння від 20 до 61 кілограма води.

При різній вихідній вологості щоб видалити з 400 кг соняшникового лушпиння від 20 до 61 кілограма води, необхідно спалити від 7 до 23,24 кілограмів дров на годину.

Необхідно встановити додатковий відсмоктуючий вентилятор типу Ц9-57 №3, або Ц4-70 № 2,5 на виході з сушарки.

Трубу від топки до сушильного барабана і сам сушильний барабан необхідно теплоізолювати, що зменшить теплові втрати і буде запобігати конденсації водяної пари.

Література:

1. *Завражнев А.И., Николаев Д.И.,* Механизация приготовления и хранения кормов.- М.:Агропромиздат.1990.-336с.

2. *Егорчиков М.И., Шамоу И.Г.* Кормоцехи животноводческих ферм.-М.:Колос 1983.-175с.

3. Технологія виготовлення паливних брикетів з лузги соняшнику в умовах сільгосп підприємства /В.Лілевман, Н.Легкодух//Техніка і технологія в АПК – 2010.– №3 с.7-9.

4. *Голубович А.В.* Теория и технология сушки.- М.:Агропромиздат –1987г. – 142 с.

5. *Атанзевич В.И.* Сушка.- М.:Агропромиздат,1989. – 239 с.

ПОДГОТОВКА ПОДСОЛНЕЧНИКОВОЙ ЛУЗГИ К БРИКЕТИРОВАНИЮ

Ялпачик В.Ф., Стручаев Н.И., Ялпачик Ф.Е.

Аннотация – в работе рассмотрена подготовка подсолнечной лузги к брикетированию путем сушки с дальнейшим использованием брикетов в качестве топлива для твердотопливных котлов.

PREPARATION OF SUNFLOWER HUSK TO BRIQUETTING

Yalpachik V., Struchaev N., Yalpachik F.

Summary

Preparation of sunflower husk to briquetting by drying, with the further use of preforms as a fuel for hard fuel caldrons are considered.