

## СОЛОМА, ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ВИД ПАЛИВА

Єсіпов О.В., к.т.н., доц., Поляшенко С.О., к.т.н., доц., Бутенко Д.Ю., студ.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*У багатьох європейських країнах важливе місце в їх паливно-енергетичному балансі займає солома. Спалювання соломи, яка не використовується як корм або підстилка для тварин, в котлах спеціальної конструкції є раціональним способом отримання теплової енергії.*

**Вступ.** Солома є значним джерелом енергії, хоча також і проблематичним видом палива, що викликає корозію в котельних біогазових установках. Використання соломи з метою отримання енергії стало популярним з 1980-их років. Сьогодні близько 2 мільйонів тон соломи не використовується, і в разі вирощування нових видів культур, надлишок соломи стане ще більшим.

До недавнього часу солома вважалася проблемним відходом, який підлягав утилізації в мінімальний термін. Солома, невикористана як корм або підстилки для худоби, спалювалась прямо на полях після збирання врожаю. У 1991 році спалювати солону на полях заборонили, і з того часу фермери почали замислюватися над тим, щоб використовувати солону в енергетичних цілях.

**Мета.** Розв'язання низки проблем, які спричинені: неоднорідністю складу соломи; високим виходом летких речовин при її горінні; низькою теплоотоємністю згоряння (особливо за умови високої вологості палива); наявністю хлору, який призводить до корозії трубної частини котла, а також високою зольністю соломи і низькою температурою розм'якшення золи, що призводить до шлакування колосникової решітки і забруднення трубної поверхні нагрівання.

**Основна частина.** У багатьох європейських країнах важливе місце в їх паливно-енергетичному балансі займає солома. Спалювання соломи в котлах спеціальної конструкції є раціональним способом отримання теплової енергії. У соломи як у палива є ряд переваг: солома - на CO<sub>2</sub>-нейтральний вид палива, і тому солома є екологічно чисте джерело енергії; солома є місцевим видом палива, досить поширеним в сільськогосподарських районах; солома - побічний продукт виробництва зерна, і тому є відносно дешевим видом палива, в порівнянні з традиційним паливом (газ, вугілля, мазут).

Однак з іншого боку, солону дуже не просто використовувати в якості палива як на етапах збору, транспортування і зберігання, так і на етапі безпосередньо спалювання. Це пов'язано з її неоднорідністю, відносно високою вологістю, низькою температурою золи і підвищеним вмістом хлору.

Вихід летких речовин при спалюванні соломи (близько 70%) обумовлює спеціальні вимоги до розподілу і змішуванню повітря, що надходить в зону горіння. Діапазон вологості, допустимий для спалювання соломи складає 10-25% (оптимальне значення - 5%).

В Україні, як і в більшості країн Східної Європи на сьогодні найбільш поширеним методом збору і транспортування соломи є її подрібнення і накопичення в вантажних причепах. Після цього солома зберігається у великих копицях, як правило, паркінг. Такий спосіб не зовсім підходить для зим Західної Європи, що відрізняються великою кількістю опадів і сильними вітрами. У країнах західної Європи найбільш поширеним способом обробки соломи є пресування тюків. Солома пресується в малі, циліндричні або великі тюки. При пресуванні солома може подрібнюватися, для того, щоб тюки легко познімати на частини при використанні в якості підстилки для тварин.

Солома, призначена для спалювання повинна зберігатися в сухих умовах. Тому найкраще зберігати солону під дахом, наприклад, у відносно дешевих польових сараях без бічних стін (тобто під навісами) або ж в закритих приміщеннях. При використанні навісів, навіси повинні мати великий козирок, щоб дощова вода не потрапляла на солону. Важливо забезпечити вільний доступ до соломи, для того щоб спростити процедуру зберігання та завантаження / розвантаження соломи. При переміщенні і зберіганні малих пакунків дуже зручно використовувати конвеєр. Для операцій з великими пакунками необхідний трактор з фронтальним навантажувачем. Крім того, в приміщенні повинно бути достатньо місця для маневру трактора. Можна зберігати солону під плівковим покриттям, але це не рекомендується за умови клімату, що характеризується сильними вітрами. При зберіганні соломи на відкритому повітрі існує ризик підвищення її вологості (особливо у верхніх шарах) до рівня, який вище допустимого для спалювання соломи (25%).

Навантаження та транспортування соломи можна організувати різними способами. Маленькі тюки можна вантажити вручну або за допомогою більш-менш складних пристроїв. Тепер на зміну малим тюкам прийшли великі або циліндричні тюки, що значно скоротило витрати праці.

Головною перевагою соломи при використанні в біогазовому секторі є нейтральність цього палива щодо викиду CO<sub>2</sub> в атмосферу. Це означає, що спалювання соломи не підвищує вміст парникових газів в атмосфері.

Сьогодні солома в основному використовується в якості палива на приватних фермерських біогазових установках, на місцевих теплоцентралях, а також на великих електростанціях, але в майбутньому планується використовувати солону для отримання газу і біоетанолу. Компанія DONG Energy інвестувала великі гроші на розвиток нових технологій отримання енергії з соломи, а також побудувала дослідну установку з виробництва біоетанолу з соломи, і в даний час компанія займається розробкою установки по термальній газифікації соломи.

Основною перевагою отримання газу з соломи є прекрасна можливість її утилізації в існуючих котельнях, що працюють на вугіллі.

Вміст води в солоні приблизно 14-20%, яка випаровується при спалюванні. У сухій речовині міститься близько 50% вуглецю, 6% водню, 42% кисню, а також невелика кількість азоту, сірки, кремнію, луги, хлориду і ін. При використанні соломи як палива вміст води в ній не повинно перевищувати 20%. Якщо частка води більше, зростає ризик виникнення корозії і конденсату. Наявність в газі -

від спалювання соломи - хлору і лугу призводить до утворення солі і хлориду калію, які є дуже агресивними речовинами, що викликають корозію устаткування, - особливо при високій температурі.

Отже, завдання полягає в тому, щоб використовувати солому з низьким вмістом шкідливих речовин, і в цьому величезну роль грає природа. Несвіжа солома, що довго пролежала на полі, неодноразово промочена дощами і вже потемніла від вологи, менш агресивна, ніж свіжа ще жовта солома. Зольність соломи становить 2-10%, середній показник - 4%. Найбільш низькою зольністю характеризується солома від культур, що ростуть на піщаних ґрунтах. Солома, прибрана з низинних ґрунтів, як правило, має найбільшу зольність. Теплотвірна здатність тим вище, чим нижче зольність соломи. Це означає, що використання соломи з піщаних ґрунтів краще для отримання теплоенергії. При спалюванні соломи зола стає в'язкою вже при 600С<sup>0</sup>, що важливо для електростанцій, де висока температура пара означає високу ефективність вироблення електроенергії. Нові типи котлів та кращий сплав сталі зменшують ризик пошкодження обладнання під час спалювання соломи, але до сих пір електростанції бажають використовувати дерево замість соломи.

Таблиця 1 – Паливний показник соломи. Жовта солома була прибрана з поля відразу ж після збирання зернових. Темна солома була вимочена дощами до того, як її прибрали з поля

	жовта солома	темна солома
Вміст води	10-20%	10-20%
Зола	4%	3%
Вуглець	42%	43%
Водень	5%	5%
Кисень	37%	38%
Хлорид	0,75%	0,20%
Азот	0,35%	0,41%
Сірка	0,16%	0,13%
Теплотворна здатність	14.4 МДж/ кг	15.0 МДж/' кг

Для визначення діапазону зміни вологості соломи було проведено експериментальне дослідження з визначення її вологості за різних умов зберігання і зволоження. Дослідження виконувалися згідно з методикою, яка передбачає визначення вологості соломи за різницею маси до і після висушування зразка у сушильній шафі при температурі близько 105<sup>0</sup>С.

Моделювання різних умов зберігання соломи і зволоження повітря, в якому вона знаходилась, здійснювалося внесенням до повітря розпиленої води із наступною витримкою соломи у зволоженому стані від 2 до 3 діб. На момент проведення досліджень з визначення вологості соломи у чашці для визначення

маси соломи краплена водяна пара була відсутня. Таким чином визначалася кількість вологи, яка була поглинута соломю. Кількість води, яку вносили до повітря та соломи поступово збільшували. Основні результати досліджень наведено в табл. 2. Кожний результат отримано на основі 4-5 разових повторень досліджень.

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень вологості соломи

№ п.п.	Кількість внесеної води	Маса соломи нетто, г		Вологість, % мас.	
		Вологої	Після висушування	Згідно з розрахунком внесеної води	Згідно з експериментальними даними
1	0	13,95	12,72	–	8,8
2	3	12,09	10,70	24,8	11,5
3	10	17,95	10,63	55,7	40,7
4	20	25,07	6,92	79,7	72,3
5	30	24,20	6,04	100	75,0
6	40	24,11	5,62	100	76,6
7	50	28,16	6,47	100	77,0

Як видно із табл. 2 абсорбційна здатність соломи відносно водяної пари обмежує величину максимальної вологості на рівні близько 77 %. Після досягнення зазначеної величини вологості настає насичення, і вологість соломи практично не збільшується.

Отримані дані показують, що за умови зволоження соломи атмосферною вологою її максимальна масова вологість може досягати високих значень (до 77 % мас.), що суттєво погіршує горючі властивості біомаси як палива (зменшення теплоти згорання, збільшення витрат теплоти на висушування, погіршення якості горіння, зменшення температури продуктів згорання). Збільшення вологості біомаси спричинює також зростання парникового газу при спалюванні палива, що пояснюється збільшенням об'єму продуктів згорання за рахунок зростання вмісту в них CO<sub>2</sub>.

Аналіз характеристик процесу горіння біомаси залежно від її вологості показує, що у разі збільшення вологості біомаси характеристики процесу горіння суттєво погіршуються. Таким чином, можна зробити висновок, що внаслідок значної гігроскопічності соломи у логістичних схемах забезпечення об'єктів теплоенергетики біомасою необхідно обов'язково зберігати і транспортувати солону у закритому і захищеному від атмосферної вологи просторі з метою запобігання збільшення вологості біомаси.

Однією з найважливіших завдань енергетичного сектора є утилізація відходів виробництва без шкоди для навколишнього середовища. При спалюванні вугілля на енергетичних станціях отримана зола йде на виробництво цементу та бетону. Гіпс, що утворився в результаті десульфурізації, використовується у виробництві гіпсового картону. При спалюванні біомаси можливості утилізації золи залежать від технології спалювання. При спалюванні соломи в бойлері з ґратчастим дном велика частина золи зсипається на дно бойлера, частина залишається у вигляді летючого попелу в летучому газі. Попіл

містить поживні для рослин речовини, особливо калій. Внесення попелу на поля як добрива є хорошим способом утилізації відходів енерговиробництва, а також дозволяє скоротити частку мінеральних добрив. Зольний пил становить близько 20% від загальної кількості попелу, отриманого від спалювання соломи. Зольний пил також містить багато поживних для рослин речовин, особливо хлорид і сульфат калію. При згорянні соломи солі калію виділяються в летючий газ і концентруються в летючий попіл. Але в летючого попелу також концентрується важкий метал кадмію, який є небезпечним для навколишнього середовища.

Нині накопичено достатній досвід використання рослинної продукції сільськогосподарського виробництва (біомаси) і в першу чергу соломи як палива для опалювальних котелень.

Солома - це досить висококалорійне паливо. 2,5 кг соломи вологістю до 20% можуть замінити 1 літр дизельного палива або 1 м<sup>3</sup> природного газу і при спалюванні дають 10 кВт / год теплової енергії. Один рулон соломи діаметром 1,8 м і довжиною 1,2 м замінить близько 140 літрів дизельного палива або 140 м<sup>3</sup> природного газу. В європейських країнах використання соломи - це високоприбутковий бізнес, що вирішує питання екології, сільського господарства, будівництва та енергетики.

**Висновки.** На даний момент існує чимало бар'єрів для широкого і швидкого поширення нових енергоефективних технологій використання соломи в якості палива для виробництва енергії. В першу чергу агропідприємства повинні володіти власними (вільними) фінансовими ресурсами на впровадження таких проєктів, а кредитування є для них поки що досить дорогим задоволенням

За статистичними даними в останні роки в Україні щороку виробляється близько 25 млн. т соломи, з яких 20% (5 млн. т.) не використовується ні в якості підстилки, ні в якості корму для тварин. Очевидно, що ця маса повинна бути спрямована на виробництво теплової енергії. Так, загальний потенціал обладнання, необхідного для її спалювання оцінюється в 113 тис. Фермерських установок потужністю 0,1-1 МВт і в 700 установок централізованого теплопостачання потужністю 1-10 МВт. Перші котли вже встановлені, ринок споживачів і виробників обладнання почав своє формування, тепер підвищення цін на природний газ та інші традиційні енергоресурси будуть працювати тільки на розвиток цього ринку.

### Список використаних джерел

1. Спалювання соломи в Україні. — Датський сільськогосподарський консультаційний центр. 2002. — С. 24.
2. Зелена Енергетика. – №1(21).– 2006 р.– 17-18 с.
3. Тепло з полів. Економіка спалювання соломи // ММ Деньги і Технології. - Червень. - 2001 р.
4. Г.М. Калетнік, В.М. Пришляк. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України. Вінниця 2008. 190с.

## **Аннотация**

### **СОЛОМА, КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВИД ТОПЛИВА**

Есипов А.В., Поляшенко С.А., Бутенко Д.Ю.

*Во многих европейских государствах важное место в их топливно-энергетическом балансе занимает солома. Сжигание соломы, которая не используется в качестве корма или подстилка для животных, в котлах специальной конструкции является рациональным способом получения тепловой энергии.*

## **Abstract**

### **STRAW AS ALTERNATIVE FUEL**

O. Esipov, S. Polyashenko, D. Butenko

*In many European countries the important place in their fuel and energy balance takes straw. Burning of straw is not used as feed or bedding for animals in specially designed boilers is a rational way to get heat.*