

СОЛОМА ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ

**РИШАРД ТИТКО, ПРОФЕСОР,
ОБ'ЄДНАННЯ ШКІЛ ЕЛЕКТРИЧНИХ, М. КРАКІВ, ПОЛЬЩА,
КАЛІНІЧЕНКО В.М., К.С.-Г.Н., КОРДУБАН Р.С., СТУДЕНТ, ПАНЧЕНКО Н.М., МАГІСТРАНТ,
ПОЛТАВСЬКА ДЕРЖАВНА АГРАРНА АКАДЕМІЯ**

У статті розглядаються передумови, шляхи, можливості, перспективи й досвід використання соломи в якості джерела енергії в умовах України. Для порівняння наводиться досвід Польщі й проводяться аналогії у розвитку альтернативної енергетики.

In the article pre-conditions, ways, possibilities, prospects and experience of the use of straw, are examined in quality an energy source in the conditions of Ukraine. For comparison experience of Poland is pointed and analogies are conducted in development of alternative energy.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Україна завжди була країною з високорозвиненим сільським господарством. До тих пір, поки ціни на енергоносії були не високими, а екологічні проблеми не були настільки актуальними, на можливості використання відходів сільського господарства в якості паливних ресурсів, практично не звертали уваги.

Останніми роками проблема енергоносіїв постала досить гостро, особливо для сільгоспвиробників, що відчувають постійну нестачу коштів. Тому можливість використання рослинних решток у якості палива є досить привабливою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні увага дослідників все частіше привертається до різних шляхів утилізації або використання у якості вторинної чи енергетичної сировини відходів сільськогосподарського виробництва [1-5]. Досить цікавим й практично корисним для України може стати досвід Польщі у цій галузі [7-8].

Цілі статті. Метою досліджень було вивчення передумов та можливостей використання соломи у якості енергетичної сировини в умовах України.

Виклад основного матеріалу. Велике різноманіття рослинних решток з біоенергетичної точки зору можна розбити на дві основні групи. Перша група – це рослинні рештки, що супроводжують технологічні процеси отримання основної сільськогосподарської продукції (табл. 1.) [1] і зараз утилізуються, як то: виноградна лоза і гілки після обрізання плодівих дерев, лузга, тощо, друга – це солома й стебла сільськогосподарських культур.

Таблиця 1

Кількість рослинних решток у 2009 році

Група культур	Площа вирощування, млн. га	Кількість рослинних решток, млн. т.
Зернові колосові	13,7	42,8
Кукурудза	2,2	12,5
Соняшник	4,1	7,9
Ріпак	1,1	3,9
Інші культури	1,1	2,9
Всього	22,8*	70

* Враховано площі культур, після збирання яких на полі залишаються стебла і солома.

При сучасному валовому зборі зерна на рівні 50 млн. т для енергетичних цілей може бути використано до 24 млн. т соломи. При зростанні валового збору до 80 млн. т ця цифра зросте до 40 млн. т. Якщо врахувати, що така кількість рослинної маси еквівалентна 5 і 8 млн. т.у.п, відповідно, значення такого виду біопалива важко переоцінити. Так, енергія, що може бути отримана при використанні такої кількості палива, перевищує потужності усіх опалювальних котелень, що експлуатуються у сільській місцевості. Використання соломи в таких обсягах дозволило б зекономити від 4,5 до 14 млрд. м³ природного газу та зменшити викиди CO₂ до атмосфери приблизно на 12 – 16 млн. тонн [2].

Що стосується використання соломи і стебел культурних рослин для виробництва біогазу або спалювання в якості твердого палива, то при визначенні допустимих обсягів їх як біоенергетичної сировини необхідно врахувати і традиційні напрями їх використання: для утримання і годівлі тварин та відтворення родючості ґрунту. Науково обґрунтований баланс рослинних решток за всіма напрямками використання показано у таблиці 2 [2].

Найбільшим потенціалом біомаси володіють Одеська (0,64 Мт.н.е), Дніпропетровська (0,56 Мт.н.е), Полтавська (0,51 Мт.н.е), Кіровоградська (0,49 Мт.н.е), Запорізька (0,44 Мт.н.е), Донецька (0,43

Мт.н.е), Харківська (0,41 Мт.н.е) області. Ці області покривають 47,8% загальних ресурсів біомаси. Вони розташовані у західній і південній Україні, для яких характерною є інтенсивна сільськогосподарська діяльність. У цих областях відходи сільського господарства становлять більше 79% загальних ресурсів біомаси.

Таблиця 2

**Баланс рослинних решток
за всіма напрямками використання**

Роки	Кількість рослинних решток	Напрями використання		
		на корм і підстилку для тваринництва	заробка в ґрунт	на енергоносії
2005	53	15	21	17
2008	75	20	29	26
2009	70	19	28	23
Прогноз на 2015 (80 млн. т.зерна)	120	32	48	40

Значні ресурси біомаси наявні також у Миколаївській (0,40 Мт.н.е), Київській (0,38 Мт.н.е), Херсонській (0,32 Мт.н.е), Чернігівській (0,31 Мт.н.е) та Вінницькій (0,29 Мт.н.е) областях. Ці області складають 23,4% загального потенціалу біомаси. Згадані області є також важливими сільськогосподарськими зонами. Частка відходів сільського господарства в цих областях більше ніж 71% від загальної кількості ресурсів біомаси.

Зараз для виробництва енергії використовується солома в обсязі, еквівалентному 2 ГВт-год/рік. Прогноз розвитку біоенергетики показує, що споживання соломи та стебел для виробництва енергії в 2030 р. буде еквівалентним 23 ТВт-год/рік, можна припустити, що в 2050-му році цей показник зросте до 50 ТВт-год/рік, що потребуватиме використання до 60% технічно доступних ресурсів.

Теплова енергія 1 кг соломи з вологістю 15% становить біля 14,3 МДж, що відповідає запасам теплової енергії 0,81 кг деревини для опалення, 0,75 грубого вугілля або 0,41 м³ природного газу.

У таблиці 3 представлені розрахункові показники економічної ефективності використання соломи в якості палива у розсіпному вигляді, ущільненої у рулони або пресованої у брикети.

Таблиця 3

**Показники економічної ефективності використання соломи
як альтернативного джерела палива**

Тип обробки соломи	Витрати на заготівлю, грн/т	Витрати на спалювання, грн/т	Собівартість транспортування автотранспортом на 10 км грн/т	Середня собівартість виробництва тепла грн./ГДж	Економічна ефективність виробництва тепла із соломи у порівнянні із газовим опаленням, грн	
					на 1 т соломи	на 1 ГДж
Подрібнення	108	407	72	43	600	50
Ущільнення у рулони	112	415	68	47	526	47
Брикетування	467	382	22	72	451	38

У якості порівняння слід зауважити, що у сусідній Польщі щороку виробляється близько 25 млн. тонн соломи (еквівалентних 11,5 млн. тонн вугілля) [3]. Оцінюється, що для енергетичних цілей можна використати близько 8-10 млн. тонн. Це дозволить зменшити використання вугілля приблизно на 4-5 млн. тонн, а також зменшити викиди CO₂ до атмосфери приблизно на 8-10 млн. тонн. Ціна тонни соломи складає 80 – 100 злотих. Спалювання соломи супроводжує залишкова емісія SO₂, а значення емісії NO_x такі ж, як з вугільних котелень. Зольні залишки становлять 3-5% від маси спалюваної соломи. Головною складовою попелу є калій, що може використовуватись у якості добрив.

У Польщі солома використовується як паливо для обігріву житлових будинків, господарських будівель в аграрних підприємствах, комунальних котельнях, теплоелектроцентралях.

В Україні зараз випускаються котли для спалювання соломи різних конструкцій та потужності. В Україні їх продають ВАТ "ЮТЕМ" (Київ), ВАТ "Бриг", ВАТ "Могилівський машинобудівний завод ім. С. М. Кірова", ЗАТ "Порцелакінвест (Київ), ВАТ "Макаротех" (м. Макарів Київської обл.); ВАТ "ЮТЕМ" продукує котли за ліцензією данської компанії "ЮТЕМ". Їх потужність — від 150 до 860 кВт. Вони пристосовані для використання пресованої соломи у великих рулонах і паках. Котли "ЮТЕМ" призначено для опалення ферм, теплиць, шкіл та інших об'єктів [5].

Впровадження іноземних котлів в Україні і демонстрація їх успішної роботи сприяла розвитку виробництва аналогічних котлів українськими підприємствами. У 2003 р. ВАТ

«Південтеплоенергомонтаж» за винятковою ліцензією фірми Passat Energi (Данія) розпочало випуск теплогенераторів (котлів) для спалювання тюкованої соломи. Виробляються котли потужністю 150, 250, 300 і 600 кВт, які приблизно на 30% дешевше західних аналогів. Проте для українських сільськогосподарських підприємств вартість цих котлів все ще залишається дуже високою, і вони продаються, в основному, за кордон (Польща, Данія). Іншим позитивним прикладом є ЗАТ «Житомирремхарчомаш», що випускає водогрійні котли з нижньою подачею палива на деревних відходах потужністю 40-820 кВт. Середня вартість такого обладнання 20-30 дол./кВт, що приблизно в 6 разів дешевше аналогічних котлів закордонного виробництва. Котли виробництва «Житомирремхарчомаш» активно продаються на ринку України й уже починають поступово виходити на ринок сусідніх країн США. Крім того, СПКТБ «Енергомашпроект» успішно займається розробкою котлів для спалювання лушпиння соняшника [6].

Солома як паливо, що використовується для спалювання у котлах, характеризується великою неоднорідністю та різним вмістом мінеральних частин і, що дуже важливо, різною вологістю. Летючі складові соломи сягають 70%. Тому солома вважається досить важким паливом для ефективного спалювання. Для отримання нормального режиму горіння соломи необхідно, щоб її вологість не перевищувала 20%.

Сучасні котлоагрегати для спалювання соломи дозволяють отримати показники ККД на рівні 80-90% з наднизькими показниками викидів.

В процесі спалювання соломи горючі гази і недоокислені частки палива вимагають допалювання при температурі понад 800 °С, перед тим як вони охолонуть у зоні теплообмінника котла. Для такого способу спалення використовують різні конструкції котлів, складність якої залежить насамперед від потужності котла.

Можна виділити три головні типи котлів для спалювання соломи:

- котли з „сигарним” спалюванням всього тюку соломи. Переважно це великі котли, якими забезпечені теплові мережі і теплоелектроцентралі, оснащені автоматичною системою завантаження тюками соломи масою до 500 кг;

- котли для спалювання подрібненої соломи малої та середньої теплової потужності. Подача соломи відбувається від соломорізки пресованої соломи (кожна з яких пристосована для окремого виду тюків соломи) через систему транспортерів або за допомогою повітряного потоку. Паливо подається безперервно. Система автоматичної подачі соломи істотно впливає на ціну всього агрегату;

- котли з двофазним спалюванням тюків малої та середньої потужності. Двофазне спалювання є комбінацією процесів газифікації біопалива та спалювання газу і часток палива в потоці припливного повітря.

Перша в Польщі велика опалювальна котельня із застосуванням соломи у якості палива була введена у експлуатацію 26 жовтня 1996 р. в мікрорайоні Зеленки в селі Шропи у гміні Старий Тарг біля Мальборка. У проєкті використовуються 2 датські котли DANSTOKER, кожен потужністю 500 кВт, які опалюють 450 будинків. У якості палива використовують солому в пресованих тюках розмірами 2x1x0,85 м, що безперервно подається в топку автоматичним способом. Попіл і шлак становлять 3,5% маси спаленої соломи. Своєчасно контролюється якість димових газів. Котельню на одній зміні обслуговує два працівники. Опалення у такий спосіб є у 3 рази дешевшим, ніж до модернізації вугільної котельні. Вартість виробленого з соломи тепла складає близько 8 зл/ГДж, в той час як з вугільного пилу – 19,3 зл/ГДж, а з кам'яного вугілля – 28 зл/ГДж [3] .

Котельню на соломі з приблизно такими ж параметрами, як в Зеленках (1 МВт) побудовано на початку 1997 року в Грабовці біля Замосця (1 МВт), а в середині 1997 року в Черніні біля Мальборка (3 МВт). Деяко пізніше побудовано котельню на соломі в Любаню (8 МВт). Оригінальний польський проєкт застосовується в котельні на соломі в селі Венець на Собешевському острові біля Гданська (0,6 МВт). Побудовано також декілька котельень середньої потужності, опалюваних соломною, що використовують обладнання фірми GRASO зі Старогарду Гданського. Це котельні у Бончку біля Старогарду Гданського (0,6 МВт), в Каменніку біля Ельблонга (0,3 МВт) і в Трутновах біля Тчева (0,3 МВт). У котельнях, розташованих у Бончку, Каменніку і Трутновах, використовуються солом'яні тюки циліндричної форми діаметром 1,5 м і висотою 1,2 м. Спалювання відбувається системою одноразового завантаження за відсутності безперервної подачі палива. У котел одночасно завантажуються 2 тюки, а час "сигарного згорання" становить 4-9 год., залежно від температури зовнішнього повітря. У Каменніку обігривається мікрорайон з 82 будинками, в Бончку – свинарник з поголів'ям у 6000 свиней. Фірма Graso пропонує також соломоспалювальні котли потужністю 350 кВт і менше. Фірма Bioagra розпочала побудову теплоелектроцентралі, опалюваної соломною. Вартість будови становить біля 200 млн. злотих [9].

У Польщі виробляються також соломоспалювальні котли малої потужності (50-60 кВт) для сільськогосподарських підприємств. Такі котли виробляються фірмами Energomontaz в Гданську (45 кВт), METALERG з Олав біля Вроцлава (60 кВт), ТОВ Спомаж та ін.

На кінець 2008 року в Польщі на соломі працювало 43 котельні великої потужності (>500 кВт) і близько 240 менших (<500 кВт) котельень. Загальна потужність цих котельень становила 83 МВт.

У більшості господарств соломоспалювальні котли включені до мережі центрального обігріву

паралельно з основним опаленням, що дозволяє зберегти енергетичну безпеку на випадок браку пелет або брикетів з соломи. Єдиним обмеженням для такого проекту є потреба у додатковому просторі у котельнях

під обладнання. Котли середньої потужності пристосовані для спалювання тюків вагою до 12 кг. Обслуговування котлів дуже просте. До котлів потужністю до 100 кВт завантажується декілька невеликих брикетів вагою до 12 кг від 2 до 6 штук не частіше, ніж три рази на добу. Влітку однієї загрузки соломи на добу достатньо для підігріву води для системи гарячого водопостачання. Застосування у системах гарячого водопостачання та обігріву теплотвірника дозволяє значно полегшити їх обслуговування. Ємність вмістилища розраховується, виходячи з потужності котла. Коефіцієнт корисної дії твердопаливних котлів, розрахованих на спалення брикетів, не перевищує 80%. Великим недоліком для використання цього типу котлів є їх вимогливість до вологості соломи, яка не повинна перевищувати 20%. Підвищений вміст вологи призводить до значного зменшення теплотворної здатності, навіть до 8 МДж/кг (тобто майже до 50%), та неповного згоряння паливних брикетів.

Польський ринок насичений котлами великої потужності (100 – 500 кВт) для спалювання соломи в брикетах та котлами потужністю до 1 МВт для спалювання подрібненої соломи.

Спалювання подрібненої соломи в котлах не вимагає застосування добре просушеного палива. Іншою перевагою таких котлів є можливість застосування сучасних рішень при завантажуванні біомаси, що дозволяє управляти продуктивністю котла. Коефіцієнт корисної дії котлів великої потужності становить близько 85% при плавному регулюванні потужності від 20% до 100%. Але виникає інша проблема – поставка необхідної кількості палива. Для гарантованої роботи котельні потужністю 1 МВт необхідно мати біопаливо у кількості приблизно 1000 тонн на обігрівальний сезон.

Переваги використання соломи для енергетичних цілей:

- зменшення викидів CO₂, SO₂, NO_x;
- зменшення кількості спалюваної на полях соломи – уникнення деградації навколишнього середовища;
- високий рівень ККД обладнання;
- збільшення періоду між чистками котла (наприклад, котел 1 МВт вимагає очистки раз на тиждень);
- робочий режим котла від 20% до 100% від номінальної потужності;
- значне зменшення коштів на вироблення 1 ГДж теплової енергії;
- використання місцевого відновлюваного джерела енергії;
- підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції;
- створення додаткових робочих місць для місцевого населення при доставці палива;
- підвищення енергетичної безпеки;
- приток на місцевий ринок грошей за виробництво „зеленої енергії”.

Недоліки:

- низька теплотворна здатність – близько 15 ГДж/т;
- значна залежність теплотворної здатності від вологості соломи;
- великі витрати на отримання, переробку, транспортування та зберігання;
- недостатня кількість печей для спалювання соломи;
- недостатня кількість агрегатів для пелетування;
- недостатньо розвинений та насичений ринок біопалива не дає гарантій на забезпечення великих теплоелектроцентралей достатньою кількістю соломи;
- існуючі законодавчі акти не передбачають фінансових преференцій за тепло, отримане з соломи в теплових установках малої потужності;
- під час спалювання виділяються: сполуки хлору, калію, які спричиняють корозію, а також велика кількість лужних металів, що призводять до виникнення шлаків.

Висновки. Україна, як розвинена сільськогосподарська держава має значні запаси біомаси з відходів сільського господарства, використання якого здатне покрити потреби у паливі еквівалентні 7,74 млн. т.у.п.

Використання соломи як палива зменшує ціну за одиницю виробленої теплової енергії і підвищує рівень життя сільського населення, конкурентоспроможність сільськогосподарської продукції і значно зменшує загрозу виникнення пожеж, сприяє зменшенню викидів CO₂.

Виробництві тепла з біомаси є конкурентоспроможним навіть при використанні закордонного обладнання. При застосуванні котлів українського виробництва терміни окупності складають близько 2-4 роки при спалювання соломи. Період окупності соломоспалювальних котелень на імпортному обладнанні становить близько 5 – 6, а на вітчизняному – 2-4 років.

Для інтенсивнішого розвитку цього ринку звернути увагу державних установ та інших інституцій для вирішення низки таких проблем:

Література.

1. Доповідь віце-президента Української академії аграрних наук академіка УААН Миколи Дмитровича Безуглого на сесії Загальних зборів (21 грудня 2009) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uaan.gov.ua/news.php>.
2. Усе що треба знати про українські ГЕС [Електронний ресурс] // Український тиждень. – Режим доступу: <http://www.ut.net.ua>.
3. Seminarium targowe "Elektro-Energy 2003", "Kierunki rozwoju wykorzystania biomasy na cele energetyczne" A. Grzybek, P. Gradziuk, s.35,46,47
4. Проект Плану дій по біомасі в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.minagro.gov.ua/page/?7787>.
5. Пояснювальна записка до Закону України про зменшення споживання природного газу стосовно котлів на біомасі та інших видах місцевого палива Електронний журнал ЕСКО №2, 2006 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://esco-ecosys.narod.ru/frames/site_map.htm.
6. Сайт НПК «Протек» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://protek.if.ua/fuel.html>.
7. Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kape.gov.pl>.
8. Strona firmy Metalerg, producenta kotłów opalanych słomą, drewnem i inną biomasą oraz medycznych zestawów do podawania tlenu [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.metalerg.pl>
9. Konferencja z udziałem Ryszarda Tytko w SOLARWATT – Drezno – 05.09.2007.
10. Konferencja-Targi OZE - ENEX – Kielce, 2008.
11. Materiały z konferencji OZE – Grudziądz 2006 – referat: Jacek Zimny.