



USAID
ВІД АМЕРИКАНСЬКОГО НАРОДУ



**ІНСТИТУТ
МІСЦЕВОГО
РОЗВИТКУ**

ЗВІТ ПРО ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ СОЛОМИ ЯК ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

REPORT ON THE ANALYSIS OF THE QUALITY OF STRAW AS OF
A SOLID BIO-FUEL – Task 2

Підготовлено в рамках виконання Угоди про спільні дії AID-121-A-13-00002 від 23 травня 2013 р. між Агентством США з міжнародного розвитку (USAID) та ВБО «Інститут місцевого розвитку» для виконання Проекту «Місцеві альтернативні джерела енергії: м. Миргород»

Завдання 2

Інститут місцевого розвитку
04070 м. Київ, вул. Ігорівська 14 А
Тел: +38 044 428 7610/11, факс: +38 044 428 7612
office@mdi.org.ua, www.mdi.org.ua

**Березень 2014 р.
Київ, Україна**

Погляди авторів, викладені у цьому документі, не обов'язково відображають думку Агентства США з міжнародного розвитку або уряду Сполучених Штатів Америки

ЗМІСТ

Executive Summary.....	3
1. Резюме	4
2. Вступ.....	6
3. Обґрунтування необхідності проведення лабораторного дослідження фізико-хімічних властивостей соломи.....	7
4. Результати лабораторного дослідження зразків соломи	9
5. Висновок	13

Executive Summary

The Report on the analysis of the quality of straw as of a solid bio-fuel was prepared in the framework of Task 2 of the Work Plan of the USAID Project “Local Alternative Energy Solutions in Myrhorod” (LAESM).

The success of the pilot bio-boiler project that is implemented in the framework of the LAESM Project depends on the accuracy of the baseline parameters that will be used for technical calculations, in particular, on the combustive qualities of straw. Aiming at the analysis of the quality of biomass that will be used for energy purposes under the LAESM Project, on December 10, 2013, local project experts have collected straw samples and sent them to CCI, LLC, a certified testing laboratory that is located in Luhansk on 115, Sverdlov St. Straw samples were collected from the local agro-producer Zorya-Agro, LLC, in compliance with CEN/TS 14778-1 “Solid biofuels. Sampling. Part 1. Methods for sampling”. The testing laboratory is certified by the National Certification Agency for compliance with the national standards and technical specifications ISO/IEC 17025 (certificate #2H880 dated of December 28, 2012).

It is worth stating that in Ukraine straw is not yet used in the areas that require fuel quality certificates, so presently there are no good data regarding the physical and chemical qualities of straw. As a rule, average European indicators are used for energy calculations. Even if the physical and chemical qualities of straw would be tested and analyzed in Ukraine, for the pilot bio-boiler project that is implemented in Myrhorod, they would be different from average indicators in Ukraine.

Section 3 of this Report justifies the need in the laboratory analysis of the physical and chemical qualities of straw.

The agriculture biomass (including straw), that is used as a bio-fuel, has some specific features that make straw different from the traditional energy resources used for heating purposes. The heating power of straw is the most important fuel quality of biomass that is used as a solid bio-fuel. The heating power of biomass depends on a number of factors such as genetic qualities of energy crops, ecology, storage conditions, humidity, etc.

Given the pilot bio-boiler project is implemented in Myrhorod, it was decided to make a physical and chemical analysis of straw that will allow determine the following most important qualities of straw as of a solid bio-fuel: lower heating power; humidity; ash content; sulphur content, light particles output; carbon dioxide, hydrogen, nitrogen, oxygen, chlorine content; ash distortion temperature.

The results of the analysis revealed the lower heating power of straw that is 14,96 MJ/kg or 3 574 kilocalorie/kg. This means that 1 tonne of straw can replace 0,44 m³ of natural gas. According to Myrhorod Heating Company, the lower heating power of natural gas that they use for heating is 8 267 kilocalorie/m³. Section 4 of this Report presents the results of the laboratory analysis of the collected straw samples. These results will create a basis for the further relevant calculations that will be made in the framework of the LAESM Project. These results will allow for using the physical and chemical qualities of straw which are close to the qualities of straw that will be used at the pilot bio-boiler to the highest extent possible, because straw samples were collected from the Myrhorod Rayon of Poltava Oblast.

Section 5 of this Report presents the conclusions regarding the quality of straw as of a solid bio-fuel.

1. Резюме

Звіт про дослідження якості соломи як твердого біопалива підготовлений в рамках виконання завдання 2 Робочого плану Проекту USAID «Місцеві альтернативні джерела енергії: м. Миргород» (МАДЕМ).

У зв'язку з тим, що в Україні солома ще не використовується в сферах, для яких необхідно мати сертифікати якості пального, на сьогоднішній день відсутні достовірні данні про фізико-хімічні властивості соломи. Для енергетичних розрахунків переважно використовуються усереднені європейські показники. Але, якщо б лабораторні дослідження соломи на предмет фізико-хімічних властивостей проводились би в Україні, все одно для проекту, який реалізується в м. Миргород, ці показники могли би відрізнитись від дійсних.

Сільськогосподарська біомаса (в тому числі солома), що використовується як паливо, має ряд особливостей, які відрізняють її від традиційних енергоресурсів, що застосовуються для опалення. Найбільш важливою паливною характеристикою біомаси, що використовують як тверде біопаливо, є її теплотворна здатність, яка залежить від багатьох чинників: генетичних особливостей енергетичних рослин, впливу навколишнього середовища, умов зберігання, вологості тощо.

У зв'язку з тим, що проект реалізується саме в м. Миргород, експертами проекту вирішено провести фізико-хімічний аналіз соломи, який дозволить визначити найважливіші показники соломи як твердого біопалива, а саме:

- нижчу теплотворну здатність;
- вологість;
- зольність;
- вміст сірки;
- вихід летких речовин;
- вміст вуглецю, водню, азоту, кисню та хлору;
- температури деформації золи.

Очікується, що солома, яка буде використовуватися в якості палива для біокотельні, матиме такі ж самі фізико-хімічні властивості, оскільки зразки соломи взяті саме із земель Миргородського району.

За результатами проведених досліджень визначена нижча теплотворна здатність соломи, яка становить 14,96 МДж/кг або 3 574 ккал/кг. Виходячи з отриманих показників, 1 т соломи здатна замінити 0,44 м³ природного газу.

Успішна реалізація пілотної частини Проекту залежить від точності прийнятих вихідних параметрів для технічних розрахунків, зокрема, паливних характеристик соломи. В зв'язку з цим, з метою оцінки якості біомаси для енергетичних потреб Проекту МАДЕМ 10.12.2013 р. місцевими експертами, згідно з вимогами CEN/TS 14778-1 «Solid biofuels. Sampling. Part 1. Methods for sampling», було проведено відбір пробних зразків соломи на одному з агропідприємств Миргородщини та направлено до сертифікованої лабораторії ТОВ «СІІ» за адресою: м. Луганськ, вул. Свердлова, 115. Ця випробувальна лабораторія акредитована у Національному агентстві з акредитації України на відповідність вимог стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025 (атестат №2Н880 від 28 грудня 2012 р.).

Обґрунтування необхідності проведення лабораторного дослідження фізико-хімічних властивостей соломи міститься у розділі 2 звіту.

У розділі 3 представлені результати лабораторного дослідження зразків соломи. Отримані результати після проведення лабораторного дослідження характеристик соломи ляжуть в основу всіх подальших розрахунків, які будуть проведені в рамках Проекту МАДЕМ, і дозволять використовувати фізико-хімічні показники соломи, які максимально наближені до показників соломи, яка використовуватиметься на пілотній біокотельні.

Розділ 4 звіту містить висновки по результатах дослідження якості соломи, як твердого біопалива.

2. Вступ

Кожне паливо має свої власні характеристики, від яких залежить вибір технології отримання теплової енергії та котельного устаткування. На сьогоднішній день широке використання соломи, як твердого біопалива, спостерігається лише в сільській місцевості на власні потреби агровиробників.

У зв'язку з тим, що в Україні солома ще не використовується в сферах, для яких необхідно мати сертифікати якості пального, на сьогоднішній день відсутні достовірні данні про фізико-хімічні властивості соломи. Для енергетичних розрахунків переважно використовуються усереднені європейські показники. Але, якщо б лабораторні дослідження соломи на предмет фізико-хімічних властивостей проводились би в Україні, все одно для проекту, який реалізується в м. Миргород, ці показники могли би відрізнитись від дійсних.

Сільськогосподарська біомаса (в тому числі солома), що використовується як паливо, має ряд особливостей, які відрізняють її від традиційних енергоресурсів, що застосовуються для опалення. Найбільш важливою паливною характеристикою біомаси, що використовують як тверде біопаливо, є її теплотворна здатність, яка залежить від багатьох чинників: генетичних особливостей енергетичних рослин, впливу навколишнього середовища, умов зберігання, вологості тощо.

У зв'язку з тим, що проект реалізується саме в м. Миргород, експертами проекту вирішено провести фізико-хімічний аналіз соломи, який дозволить визначити найважливіші показники соломи як твердого біопалива, а саме:

- нижчу теплотворну здатність;
- вологість;
- зольність;
- вміст сірки;
- вихід летких речовин;
- вміст вуглецю, водню, азоту, кисню та хлору;
- температури деформації золи.

Очікується, що солома, яка буде використовуватися в якості палива для біокотельні, матиме такі ж самі фізико-хімічні властивості, оскільки зразки соломи взяті саме із земель Миргородського району.

За результатами проведених досліджень визначена нижча теплотворна здатність соломи, яка становить 14,96 МДж/кг або 3 574 ккал/кг. Виходячи з отриманих показників, 1 т соломи здатна замінити 0,44 м³ природного газу¹.

Більш детальна інформація про фізико-хімічні властивості соломи наведена у п. 3 цього звіту.

¹ За даними КП «Миргородтеплоенерго» нижча теплотворна здатність природного газу, який вони використовують, становить 8 267 ккал/м³.

3. Обґрунтування необхідності проведення лабораторного дослідження фізико-хімічних властивостей соломи

Солома складається із горючої органічної маси і баласту, до якого відносять вологу і мінеральні речовини, які після спалювання залишаються в зольному залишку. Горюча складова соломи, яка характеризує теплотворну здатність, включає в себе вуглець, водень, кисень, азот та сірку. До мінеральних складових соломи, які не приймають участь у горінні і вважаються баластом, належать карбонати, силікати, фосфати, сульфідні та сульфатні, а також деякі інші хімічні сполуки різних елементів, які потрапляють в рослину під час її росту із ґрунту. Однією із найбільш важливих характеристик твердого палива є вихід із нього летких речовин і характер нелеткого залишку.

Технічний аналіз соломи, як твердого біопалива, дозволить визначити вміст основних хімічних компонентів, їхню паливну цінність та інші характеристики. Технічний аналіз соломи передбачає визначення вологості W , зольності A , виходу летких речовин V , вмісту сірки S , та теплотворної здатності Q . Отримані дані відносяться до певного стану біопалива: робочого повітряного або абсолютно сухого. Робочим називається таке біопаливо, яке не піддавалось підсушці. Дані технічного аналізу віднесені до такого біопалива, позначаються W^r , A^r , V^r і т.і.

Повітряно-сухим називається паливо, яке одержується в результаті підсушки лабораторної проби при $70-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сушильній шафі, а потім при кімнатній температурі на повітрі. У цьому випадку вологість палива буде визначатись його гігроскопічністю. Дані технічного аналізу при цьому позначаються як W^d , A^d , V^d і т.д.

Абсолютно сухим вважається паливо, яке отримується в результаті підсушки лабораторної проби за $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постійної маси. Зольність і кількість летких розраховані на абсолютно сухе паливо, позначаються відповідно $A^?$, $V^?$.

Кількість вологи у соломі, після збирання врожаю, коливається від 10% до 17%. Вологість тюкованої соломи значною мірою залежить від погодних умов та способу зберігання. Наявність вологи у соломі знижує її теплотворні характеристики та збільшує вірогідність її псування при тривалому зберіганні.

Зола, яка утворюється після спалювання соломи, складається із мінеральних речовин, які були поглинуті рослиною з ґрунту протягом її росту. Характеристики золи, зокрема її обсяг та температура плавлення, значною мірою впливають на методи спалювання соломи та конструкцію теплогенеруючої установки. Варто зазначити, що мінеральні домішки при згорянні соломи змінюють свої початкові склад і властивості. Тим не менше, зола, яка утворюється після спалювання соломи, вважається цінним мінеральним добривом.

Наявність сірки у соломі ускладнює її використання в якості біопалива. Оскільки, утворюються гази H_2S , SO_2 та ін., які мають згубний ефект для навколишнього середовища. Також, окиси сірки із вологою, яка наявна в біопаливі, утворюють у продуктах спалювання надзвичайно агресивні речовини: H_2SO_3 та H_2SO_4 , які руйнують металеві частини котла та газоходу.

До летких речовин відносять паро- і газоподібні продукти, які утворюються при нагріванні соломи без доступу повітря. Термічний розклад соломи, який відбувається в

результаті її нагрівання, характеризують обсягом летких речовин, що можуть утворитися.

Успішна реалізація пілотної частини Проекту залежить від точності прийнятих вихідних параметрів для технічних розрахунків, зокрема, паливних характеристик соломи. В зв'язку з цим, місцевими експертами було проведено відбір пробних зразків соломи на одному з агропідприємств Миргородщини та направлено до сертифікованої лабораторії. Отримані результати після проведення лабораторного дослідження характеристик соломи вважатимуться основою для всіх подальших розрахунків, які будуть проведені в рамках Проекту МАДЕМ.

4. Результати лабораторного дослідження зразків соломи

З метою оцінки якості біомаси для енергетичних потреб проекту МАДЕМ 10.12.2013 р. була відібрана проба соломи на одному з аграрних підприємств Миргородського району. Відбір проб проведений згідно з вимогами CEN/TS 14778-1 «Solid biofuels. Sampling. Part 1. Methods for sampling».

Солома пшениці на підприємстві зберігається у рулонах в приміщенні колишнього корівника, повністю захищена від опадів. Результати візуального огляду: солома світло-жовтого кольору із світло-бурими вузлами, забарвлення однорідне, зустрічається полова, сторонні рослинні домішки не виявлені, довжина соломи 40-60 см, характерний приємний запах. Щільність рулонів соломи близько 80 кг/м³.

Упакована у герметичний пакет проба соломи масою 2 кг була відправлена у випробувальну лабораторію ТОВ «ССТ» за адресою: м. Луганськ, вул. Свердлова, 115. Ця лабораторія акредитована у Національному агентстві з акредитації України на відповідність вимог стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025 (атестат №2Н880 від 28 грудня 2012 р.) За результатами випробування ТОВ «ССТ» видала протокол випробувань якості соломи (рис. 1).

Визначені наступні показники якості соломи:

- загальна волога у робочому стані палива відповідно до EN 14774-1:2009;
- зольність у сухому стані палива згідно із EN 14775:2009;
- загальна сірка у сухому стані палива за EN 15289:2011;
- вихід летких речовин у сухому без зольному стані палива відповідно до EN 15148:2009;
- нижча теплота згоряння у робочому стані палива та вища теплота згоряння у сухому без зольному стані палива згідно із EN 14918:2009;
- вуглець, водень, азот, кисень у сухому стані палива за EN 15104:2009;
- хлор у сухому стані палива відповідно до EN 15289:2011;
- температура стадій плавкості золи згідно із CEN/TS 15370-1:2006.

Типові значення хімічного складу та показників якості соломи наведені у європейському стандарті EN 14961-1 «Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part 1: General requirements».

Для забезпечення належного спалювання, вологість соломи має становити не більше 20-25%, а для деяких котлів – до 15%. Відповідно до результатів випробувань вміст загальної вологи у робочому стані палива відібраної соломи 11,2%, що входить у допустимі межі.

При горінні соломи утворюється досить велика кількість золи, її вміст у соломі у сухому стані палива становить від 2 до 10%. Зольність відібраної соломи у сухому стані палива 6,59%, що більше ніж типове значення згідно із EN 14961-1 для соломи 5%. Виробники котлів на біомасі обмежують максимальну зольність біопалив у робочому стані палива. Визначити зольність соломи у робочому стані палива можна за формулою:

$$A^r = \frac{(100 - W^r)}{100} \cdot A^d = \frac{(100 - 11,2)}{100} \cdot 6,59 = 5,85\%$$

де W^r – загальна волога у робочому стані палива;

A^d – зольність у сухому стані палива.

Таким чином, зольність відібраної соломи 5,85%, що вище типового значення відповідно EN 14961-1.

Високий вміст сірки у паливі може викликати низькотемпературну корозію у газоходах та димовій трубі. Вміст загальної сірки у сухому стані відібраної соломи складає 0,08%, що нижче типового значенню вмісту сірки у пшеничній соломі за EN 14961-1 – 0,1%, діапазон типового відхилення від 0,05 до 0,2%.

Вихід летких речовин у сухому без зольному стані відібраної соломи 80,2%, що відповідає типовим значення, оскільки у біопаливах вихід летких речовин високий і знаходиться у діапазоні від 80 до 90%. У зв'язку з цим більша частина тепла у котлах на біопаливі виділяється у топковому об'ємі, який повинен забезпечувати повне згоряння летких речовин палива.

Нижча теплота згоряння характеризує теплотворну здатність біопалива. У відібраної соломи у робочому стані вона складає 14,96 МДж/кг. У EN 14961-1 типовим є нижча теплота згоряння біопалива у сухому стані. Перерахувати нижчу теплоту згоряння у робочому стані палива на сухий стан для відібраної соломи можна за формулою:

$$Q_i^d = \frac{Q_i^r + 2,442 \frac{W^r}{100}}{1 - \frac{W^r}{100}} = \frac{14,96 + 2,442 \cdot \frac{11,2}{100}}{1 - \frac{11,2}{100}} = 17,15 \text{ МДж/кг.}$$

де Q_i^r – нижча теплота згоряння у робочому стані палива.

Отже, нижча теплота згоряння відібраної соломи знаходиться у типовому діапазоні EN 14961-1, що для пшеничної соломи у сухому стані палива становить від 15,8 до 19,1 МДж/кг.


Вміст у сухому стані відібраної соломи вуглецю становить 45,64%, водню – 5,97%, азоту – 0,37% та кисню – 41,36%, що знаходиться у типових діапазонах та майже відповідають типовим значенням вмісту цих елементів відповідно EN 14961-1, що складають для вуглецю 41–50% (типове значення 47%), водню 5,4–6,5% (типове значення 6%), азоту 0,2–1,5% (типове значення 0,5%), кисню 36–45% (типове значення 41%).

Солома містить хлор, з'єднання якого викликають корозію теплообмінного устаткування. При цьому у «жовтій» (свіже зібраній) соломі хлору майже в 4 рази більше, ніж у «сірій» (зів'ялій). Вважається, що для вимивання хлоридів з соломи вистачає 5-7 днів [Производство энергии из соломы. Положение, технологии и инновации в Дании 2011 / Inbiom, 2011. – 40 с.] Вміст хлору у сухому стані відібраної соломи 0,392%, що майже відповідає типовому значенню 0,4% згідно з EN 14961-1, типовий діапазон відхилення від 0,1 до 1,2%.

Зола заважає нормальному протіканню процесу горіння в тому числі внаслідок низької температури розм'якшення. Ошлакування соломи може проходити при низьких температурах, розм'якшення золи соломи жита, вівса, ячменю починається при температурі 735-840 °С, що необхідно враховувати при виборі технологій спалювання

та налагодженні режиму горіння у топці [Виллу Варес, Юло Касък, Пезтер Муйсте, Тьну Пиху, Сулев Соосаар Справочник потребителя биотоплива / Таллинн: Издательство Таллиннского технического университета 2005. – с. 37]. Температура стадій плавкості золи відібраної соломи: деформації 1150 °С, полусфери 1390 °С та розтікання 1470 °С. Це високі для соломи показники, які майже відповідають характеристикам плавкості золи з деревини.

З вищевказаних показників якості соломи для енергетичного використання основними, що впливають на вибір котла є максимальна вологість, зольність та мінімальна нижча теплота згоряння у робочому стані палива, крім цього важливі показники: вміст хлору та температура плавкості золи. У відібраної соломи більшість показників відповідають типовим значенням та лежать у типових діапазонах відхилення для пшеничної соломи згідно із EN 14961-1. Поруч із цим, її зольність більше типового значення, та не зважаючи на те, що знаходиться у типовому діапазоні, значно обмежує вибір котла.



**СОВРЕМЕННАЯ
СЕРТИФИКАЦИЯ
И ИНСПЕКЦИЯ**

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

ГОЛОВНОЙ ОФИС:
91055, Украина, г. Луганск, ул. Свердлова, 115
тел.: +380 642 50 21 90 (многоканальный)
факс: +380 642 50 10 18
e-mail: inspection@cci.ua
www.cci.ua

Per. № UA 6996/2013/3.1

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

ЗАКАЗЧИК: ВБО «Институт
местного развития»

**№ ПРОБЫ
ЗАКАЗЧИКА:** -

**№ ПРОБЫ
ЛАБОРАТОРНЫЙ:** 6996/3.1

ИСПЫТАНИЯ: Проба № 6996/3.1 испытана в аккредитованной в соответствии с требованиями ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 (ISO/IEC 17025:2005) лаборатории (аттестат: № 2Н880 от 28 декабря 2012 г.) согласно нормативным документам, приведенным ниже.

ПРОДУКЦИЯ: * Солома

**ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ
ИСПЫТАНИЙ:** 25.12.2013 г. –
26.12.2013 г.

**ДАТА ДОСТАВКИ В
ЛАБОРАТОРИЮ:** 25.12.2013 г.


РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ	ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
Общая влага, W_{t^d} , %	EN 14774-1:2009	11,2
Зольность, A^d , %	EN 14775:2009	6,59
Общая сера, S_{t^d} , %	EN 15289:2011	0,08
Выход летучих веществ, V^{daf} , %	EN 15148:2009	80,2
Низшая теплота сгорания, Q_{r^f} , ккал/кг	EN 14918:2009	3574
Низшая теплота сгорания, Q_{r^f} , МДж/кг		14,96
Высшая теплота сгорания, Q_s^{daf} , ккал/кг		4722
Высшая теплота сгорания, Q_s^{daf} , МДж/кг		19,77
Углерод, C_{t^d} , %	EN 15104:2009	45,64
Водород, H_{t^d} , %		5,97
Азот, N^d , %		0,37
Кислород, O^d , %		41,36
Хлор, Cl_{t^d} , %	EN 15289:2011	0,392
Температуры стадий плавкости золы, °С	CEN/TS 15370-1:2006	
Деформации, t_d		1150
Полусферы, t_b		1390
Растекания, t_c		1470

* По данным заказчика


Дата: 27.12.2013 г.
г. Луганск

Заведующая испытательной лабораторией



Е.Ф. Данильченко


Результаты испытаний касаются только пробы, предоставленной заказчиком и подвергнутой испытанию.
Запрещено частичное воспроизведение протокола без разрешения испытательной лаборатории.



2Н880

ДСТУ ISO/IEC 17025:2006

Испытательная лаборатория ООО «ССТ» аккредитована Национальным агентством по аккредитации Украины в соответствии с требованиями стандарта ISO 17025 (аттестат аккредитации № 2Н880).
Инспекционный орган ООО «ССТ» аккредитован в соответствии с требованиями стандарта ISO 17020 (аттестат аккредитации № GAS.10.001)



SIC 10.001

043048

Рис. 1. Протокол випробування соломи

5. Висновок

У попередніх технічних розрахунках, пов'язаних із визначенням обсягів соломи, необхідних для забезпечення потреб твердопаливної котельні, використовувались наближені параметри, які були предметом постійних дискусій.

Проведені лабораторні дослідження дозволять використовувати фізико-хімічні показники соломи, які максимально наближені до показників соломи, яка використовуватиметься на пілотній біокотельні.

Таблиця 1

Порівняння паливних характеристик соломи

Назва показника	Значення показника		
	Європейські середньостатистичні показники	Українські середньостатистичні показники ²	Лабораторні дослідження соломи Миргородщини ³
Загальна волога, W^r , %	15	15	11,2
Зольність, A^d , %	5,7	4	6,59
Загальна сірка, S^d , %	0,082	0,16	0,08
Вихід летких речовин, V^d , %	75	70	80,2
Нижча теплота згоряння, Q^r , МДж/кг	14,4	14,4	14,96
Вуглець, C^d , %	45,6	42	45,64
Водень, H^d , %	5,8	5	5,97
Азот, N^d , %	0,48	0,35	0,37
Кисень, O^d , %	42,4	37	41,36
Хлор, Cl^d , %	0,19	0,75	0,392
Температура деформації золи, °С	1050	950	1150

В подальшому експерти та залучені фахівці при розробці технічних та економічних розрахунків повинні використовувати лабораторно обґрунтовані паливні характеристики соломи, які наведені у протоколі досліджень на рис. 1.

² УДК662.636 «Огляд технології спалювання соломи з метою отримання теплової і електричної енергії» Гелетуха Г.Г., Железна Т.А.

³ За даними лабораторних досліджень в рамках реалізації пілотної частини Проекту.