

Войтов В. А.

Цимбал Б. М.

Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків, Ук-
раїна
E-mail: ndch_khntusg@mail.ru

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ
МІНЕРАЛЬНИХ (АБРАЗИВНИХ) ДОМІШОК, ЯКІ
КОНТАКТУЮТЬ З РОБОЧИМ ОРГАНАМИ
ЕКСТРУДЕРУ**

УДК 621.891

Приведена розроблена методика та визначений вміст мінеральних домішок рослинної сировини для виробництва паливних брикетів, які контактують з філь'єрами та шнеком екструдера, яка необхідна для попередження абразивного зношування та контролю якості сировини. Визначений вміст макро- та мікрочастинок мінеральних домішок.

Ключові слова: абразивне зношування, мінеральні домішки, робочі органи, методика, рослинна сировина, тверде біопаливо, екструдер для виробництва паливних брикетів.

Вступ. Деревинна тирса, лузга соняшнику, лушпиння гречки та рису, відходи зернового виробництва, солома, очерет, костриця льону та інша біомаса, яка використовується для виробництва твердого біопалива має мінеральні домішки. Висока температура до 450°C та тиск, які виникають на поверхні металу, при пресуванні біомаси призводять до окиснення сировини та утворення золи, яка призводить до інтенсифікації абразивного зношування філь'єр та шнека екструдера для виробництва паливних брикетів [1].

Тому для попередження інтенсифікації абразивного зношування, необхідно контролювати вміст мінеральних домішок рослинної сировини для виробництва твердого біопалива, шляхом його визначення.

Огляд літературних джерел за напрямком досліджень. Більшість літературних джерел рекомендує виробляти паливні гранули (брикети) з будь якої деревинної сировини: гілки, листя, обапіл, але вона вмістить велику кількість мінеральних домішок. У зв'язку з відсутністю у більшості лісопильних підприємств України корувального обладнання, сировина має велику кількість мінеральних домішок (піску) [2].

Чим більше у складі сировини компонентів, які мають абразивні властивості, спроможних нанести збитки обладнанню, збільшуючи зольність виготовленого твердого біопалива, тим вище будуть витрати та нижче – якість готової продукції. До абразивних компонентів відносяться пісок, камінці, металічні частинки та ін. сторонні предмети. Для запобігання абразивного зношування необхідно контролювати вміст мінеральних (абразивних) домішок сировини та проводити від них очищення.

Корування круглого лісу (балансу, тонкоміра, технічної сировини) призначеного для переробки в тверде біопаливо здійснюється з метою зниження рівня вмісту золи та абразивних складових (піску) у сировині. Для цього застосовується корувальне обладнання. Повітряні сепаратори застосовується для виділення важких часток від подрібненої біомаси [3]. Знизити вміст мінеральних домішок можливо з застосуванням сортувальних машин. Встановлення пісковіддільного обладнання дозволяє скоротити кількість мінеральних домішок у сировині в 8-10 раз, зменшити питомі затрати на повторне подрібнення. Принцип дії пісковіддільного обладнання заснований на розділенні вхідної сировини по фракціям. Крупна фракція – подрібнюється, дрібна – поступає до бункера гранулятора, а пісок виходить з машини разом з мучкою, яка пройшла крізь сито 0,55x0,55 мм або 0,63x0,63 мм. Вміст піску у відсіві досягає 52 %, що підтверджується лабораторними дослідженнями. Засміченість рослинної сировини призводить до підвищеному зносу формують інструменту та шнеків екструдера [2, 3].

Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів
 Technical service of agriculture, forestry and transport systems

Європейські та міжнародні стандарти ставлять високі вимоги до паливних гранул та брикетам, а саме до зольності, вимоги яких наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Вимоги до зольності твердого біопалива згідно з європейськими та міжнародними стандартами

Міжнародні та європейські стандарти	Зольність, %
DIN plus, ФРН	<0,5
O-Norm M 7135, Австрія	<0,5
DIN 51731, ФРН	<1,5
Проект нормативних значень	<0,5
EN plus-A2	≤1,0
EN plus-A1	≤0,7
EN-B	≤3,0
SS 187120	<1,5
СТБ 2027-2010, Республіка Білорусь	≤2,5

Нормована зольність європейськими стандартами величина зольності 0,5 % практично недосяжна для українських виробників, тільки проби паливних гранул та брикетів, вироблених з тирси хвойних порід, дубу, буку, осини, та ін. витримують вимоги стандартів DIN 51731 та DIN plus, та мають значення в межах від 0,33 до 0,9 %. Тверде біопаливо виготовлене з лузги соняшнику та соломи, мають великі значення зольності, відповідно до 2,6 та до 8 %, що знижує їх показники якості та використання їх для котельних (тепло- та електростанцій) [4, 5].

В залежності від використання європейські стандарти до паливних гранул мають певні вимоги до вмісту золи, табл. 2.

Таблиця 2

Вимоги до зольності гранул для виробників України

Параметри	Паливні гранули деревні, світлі	Паливні гранули з лушпиння соняшнику	Паливні гранули з соломи
Відповідність стандарту	DIN 51731, DIN plus	EN-B	EN-B
Мета використання	Для побутових споживачів	Для котелень (тепло- та електростанцій)	Для котелень (тепло- та електростанцій)
Сировина	Хвойні породи, дуб, бук, осика, тополя	Лушпиння соняшнику	Солома пшениці, проса, гречки
Зольність, %	0,33-0,9	<2,6	<8

В табл. 3 наведені дані по хімічному складу золи зерновідходів, маючих найбільше значення зольності. Найменший вміст в зерновідходах калію та кальцію, при значній кількості діоксиду кремнію (піску) пов'язане з зовнішніми мінеральними забрудненнями [6].

Виходячи з табл. 3 можливо зробити висновок, що зола рослинної сировини у своєму складі має більше всього діоксиду кремнію (піску) та оксиду кальцію (негашеного вапну).

Проаналізувавши літературні джерела, можливо зробити висновок, що в Україні відсутні стандарти для визначення якості сировини для виробництва твердого біопалива, а саме відсутня методика для визначення вмісту мінеральних домішок.

Мета дослідження – розробити методику та визначити вміст мінеральних (абразивних) домішок рослинної сировини для виробництва паливних брикетів, які контактують з філь'ерами та шнеком екструдера. Визначити вміст макро- та мікрочастинок мінеральних

(абразивних) домішок. Порівняти вміст мінеральних домішок різних типів рослинної сировини для виробництва твердого біопалива.

Таблиця 3

Хімічний склад золи твердого біопалива, % маси

Хімічні сполуки	Відходи зернопереробки	Щепа деревинна	Солома
Al ₂ O ₃	1,5	0,9	0,1
CaO	8,5	22,4	15,0
Fe ₂ O ₃	3,5	0,7	0,1
K ₂ O	4,8	12,2	29,4
MgO	3,7	4,3	3,1
Na ₂ O	0,6	1,4	0,8
P ₂ O ₅	4,9	2,3	3,8
SO ₃	4,3	7,1	12,8
SiO ₂	67,0	46,7	34,8
Інші	1,2	2,0	0,1

Матеріали та методи дослідження. Методика для визначення вмісту мінеральних домішок рослинної сировини для виробництва твердого біопалива основана на ГОСТ 30483-97 «Зерно. Методи визначання загального і фракційного вмісту смітної та зернових домішок; вмісту дрібних зерен і крупності; вмісту зерен пшениці, пошкоджених клопом-черепашкою; вмісту металомангітних домішок» та на ГОСТ 18320-78 «Тирса деревинна технологічна для гідролізу. Технічні умови». Її основою є метод просіювання сировини для визначення вмісту макрочастинок (гальки та каміння) сировини та відстоюванню – для визначення мікрочастинок (піску, ґрунту) мінеральних домішок. Перевагою цих методів є їх точність, здатність визначати вміст мінеральних домішок різних розмірів та всіх типів сировини.

Для проведення дослідження використовували наступну апаратуру, реактиви:

- ваги лабораторні загального призначення з допустимою похибкою зважування $\pm 0,01$ г;
- розсів лабораторний з круговими рухами сит РА-5, РА-5М, У1-ЕРЛ та розсів з прямолінійними зворотно-поступовими рухами сит РЛ-3М (ЛР-3);
- чашки для навісок;
- лабораторний штатив з затискачами для кріплення стакану в вертикальному положенні;
- лабораторні сита: з круглими отворами діаметром 6,0, 5,0, 3,0 мм;
- стакан хімічний за ГОСТом 25336-82, місткістю 250 см³;
- стакан фарфоровий або скляний, місткістю 500 мл;
- стакан монель-металевий або з капронової сітки з отворами діаметром 3 мм, місткістю 250 мл;
- воронка скляна за ГОСТом 25336-82;
- хлористий цинк за ГОСТом 4529-78 або насичений розчин будь якої солі щільністю 1,4-1,6 кг/м²;
- фільтр беззольний паперовий «синя стрічка» ГОСТ 12026, 9 мм;
- дистильована вода за ГОСТом 6709-72;
- шафа сушильна електрична, яка забезпечує температуру (100 \pm 5) °С.

Визначення вмісту мінеральних (абразивних) домішок в рослинній сировині для виробництва твердого біопалива проводили в два етапи. На першому етапі з наважки рослинної сировини виділяли та визначали масову долю мінеральних домішок (макрочастинок) розміром більше 3 мм. На другому етапі визначали масову долю мікрочастинок, абразивних, мінеральних домішок розміром менш 3 мм.

Для визначення вмісту мінеральних домішок відбирали проби сировини та в різних місцях партії брали вибірку в розмірі 1%, але не менше 3 і не більше 8 пакувальних одиниць. З кожної тари пробовідбірником відбирали проби по 500 г.

З середньої проби сировини виділять наважку масою 10 г та зважують з точністю до першого десятинного знаку. Наважку просівають на ситі діаметром 3 мм, на лабораторному розсіві протягом 15 хвилин. Виявлені на ситі мінеральні домішки зважували з точністю до другого десятинного знаку.

Вміст мінеральних домішок, більше 3 мм визначали за формулою:

$$Z = \frac{m_{\text{мак}} \cdot 100}{10} = 10 \cdot m_{\text{мак}}, \quad (1)$$

де $m_{\text{мак}}$ - виявлені на ситі мінеральні макродомішки, г;

10 – маса наважки взятої для дослідження, г.

Для визначення вмісту мікродомішок, мінерального походження, наважку сировини масою 2 г, висушеної до постійної маси, яка попередньо була просіяна крізь сито діаметром 3 мм, висипали в монель-металевий стакан з отворами діаметром 3 мм, місткістю 250 мл, який ставили в фарфоровий або скляний стакан, місткістю 500 мл, в який попередньо був залитий розчин повареної солі щільністю 1,6 г/см³. Після розмішування, монель-металевий стакан був закріплювався на штативі, а суспензія відстоювалась. Після відстоювання монель-металевий стакан з сировиною без домішок був висунутий. Отримані після відстоювання мінеральні домішки з розчином повареної солі переносили у воронку з фільтром, який попередньо звішували зважували з похибкою не більше 0,01 г. Відкинутий з фільтру осад двічі промивали дистильованою водою, а фільтр з мінеральними домішками після промивання гарячою водою сушили у сушильній шафі при температурі (105 ± 5) °С до постійної маси і зважували з похибкою не більше 0,01 г.

Масову долю мінеральних, мікродомішок розраховували за формулою:

$$Y = \frac{m_{\text{мік}} \cdot 100}{2} = \frac{100 \cdot (m_{\text{ф.2}} - m_{\text{ф.1}} + m_{\text{в.}})}{2} = 50 \cdot (m_{\text{ф.2}} - m_{\text{ф.1}} + m_{\text{в.}}), \quad (2)$$

де $m_{\text{ф.1}}$ - маса фільтра до фільтрування, г;

$m_{\text{ф.2}}$ - маса фільтра після фільтрування, г;

$m_{\text{в.}}$ – маса відкинутого осаду, г;

2 – маса наважки сировини, г.

Масова доля мінеральних мікро- та макродомішок розраховували за формулою:

$$X = Z + Y = 10 \cdot m_{\text{мак}} + 50 \cdot (m_{\text{ф.2}} - m_{\text{ф.1}} + m_{\text{в.}}) \quad (3)$$

Розрахунки вели до першого знаку після коми. Дослідження проводили двома паралельними випробуваннями, різниця між якими не перевищувала 1 %.

Результати дослідження. Для дослідження вмісту мінеральних мікро- та макродомішок рослинної сировини, твердого біопалива, були взяті деревинна тирса (сосни), лушпиння соняшнику, солома ячменю, які є основною сировиною.

В таблиці 4 представлені результати досліджень мінеральних мікро- та макродомішок, динаміка яких співпадає з міжнародними та європейськими стандартами DIN 51731, DIN plus, EN-B на вміст золи у паливних гранулах, з певного типу сировини. Найбільший вміст мінеральних, макродомішок має лушпиння соняшнику 3,9%, а найменший - деревинна тирса 0,8%. Найменший вміст мінеральних мікродомішок має деревинна тирса 1%, а найбільший – солома ячменю. Найбільший вміст мінеральних, абразивних мікро- та макродомішок, має солома ячменю 12%, на 4% більше від допустимого, а найменший деревинна тирса 1,8%, що на 0,9% більше від допустимого та середнє – лушпиння соняшнику 6,7%, що на 4,1% більше від допустимого.

Таблиця 4

Вміст мінеральних, абразивних мікро- та макродомішок, рослинної сировини для виробництва твердого біопалива, які визначені за приведеною методикою

Тип сировини	Вміст мінеральних макродомішок, %	Вміст мінеральних мікродомішок, %	Загальний вміст домішок, %
Деревина тирса з сосни	0,8	1	1,8
Лушпиння соняшника	3,9	2,8	6,7
Солома ячменю	3	9	12

Висновки

1. Розроблена методика для визначення вмісту мінеральних, абразивних мікро- та макродомішок рослинної сировини для виробництва твердого біопалива, яка відрізняється від відомих методик тим, що дозволяє визначити загальний вміст, а й вміст мікро- та макродомішок рослинної сировини для виробництва твердого біопалива. Визначити ступінь очищення та готовність до використання. Це дає можливість попередити абразивний знос в абразивному середовищі, визначити якість сировини та за необхідністю ступінь очищення.

2. З приведеними показниками вмісту мінеральних домішок обрана сировина не може бути використана для виробництва твердого біопалива, бо виготовлене тверде біопаливо не відповідатиме міжнародним та європейським стандартам DIN 51731, DIN plus, EN-V за показником зольності та потребує очищення від домішок, з додатковим контролем вмісту мінеральних домішок.

4. При розробці нового обладнання знання абразивних домішок, дасть змогу зробити правильний вибір матеріалу робочих органів обладнання, яке контактує з рослинною сировиною, яка містить абразивні домішки.

Література

1. Козлов В.Н. Пиролиз древесины / В.Н. Козлов. - М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 282 с.
2. Страшен ли песок для топливных гранул - отвечают специалисты [Электронный ресурс]: (Сайт) / Информационно аналитическое агентство «Инфобио», журнал «Международная биоэнергетика» / – Электрон. дан. – 2016. – Режим доступа: <http://www.infobio.ru/analytics/3147.html>. – Название с экрана.
3. Технологии подготовки сырья [Электронный ресурс]: (Сайт) / Wood-pellets.com биотопливный портал / – Электрон. дан. – 2016. – Режим доступа: <http://www.wood-pellets.com/cgi-bin/cms/index.cgi?ext=content&pid=1560&lang=1>. – Название с экрана.
4. Гайденко О. Твёрдое биотопливо: требования, свойства и технология [Электронный ресурс] О. Гайденко // Твёрдое биотопливо Украины – информационный портал о твердом биотопливе и топливных котлах: производители, котлы, цены, информация / – Электрон. дан. – 2016. – Режим доступа: <http://ru-bio.ukrbio.com/ru/articles/8769/>. – Название с экрана.
5. Гранулы древесные топливные. Общие технические условия. Типы: СТБ 2027-2010. -[Действительный от 2010-01-01]. - Минск: Госстандарт, 2010. - 14 с. – (Республика Беларусь).
6. Котусов В.В. Физико-химические свойства топливных гранул, полученных из отходов переработки зерна / В.В. Котусов, С.В. Самусенко, Ю.В. Максимук, В.Н. Куревич // Хлебопёк. – 2008. - № 6. – С. 14-16.

Voitov V.A., Tsymbal B.M. Working methods and determination of mineral (abrasive) impurities that are in contact with the working bodies extruders

The above developed a technique and determined the content of mineral impurities plant raw material for production of fuel pellets, which are in contact with the die and extruder screw which is necessary to prevent abrasion and raw material quality control. The content of macro- and micro-particles of mineral impurities.

Key words: abrasive wear, mineral admixtures, working bodies, technique, plant material, solid biofuels extruder for production of fuel pellets.

References

1. Kozlov V.N. Piroliz drevesiny / V.N. Kozlov. - M.: Izd-vo AN SSSR. 1952. – 282 s.
Strashen li pesok dlya toplivnykh granul - otvechayut spetsialisty [Elektronnyy resurs]: (Sayt) / Informatsionno analiticheskoye agentstvo «Infobio». zhurnal «Mezhdunarodnaya bioenergetika» / – Elektoron. dan. – 2016. – Rezhim dostupa: <http://www.infobio.ru/analyt-ics/3147.html>. – Nazvaniye s ekrana.
2. Tekhnologii podgotovki syria [Elektronnyy resurs]: (Sayt) / Wood-pellets.com biotoplivnyy portal / – Elektoron. dan. – 2016. – Rezhim dostupa: <http://www.wood-pellets.com/cgi-bin/cms/index.cgi?ext=content&pid=1560&lang=1>. – Nazvaniye s ekrana.
3. Gaydenko O. Tverdoye biotoplivo: trebovaniya, svoystva i tekhnologiya [Elektronnyy resurs] O. Gaydenko // Tverdoye biotoplivo Ukrainy – informatsionnyy portal o tverdom biotoplive i toplivnykh kotlakh: proizvoditeli, kotly, tseny, informatsiya / – Elektoron. dan. – 2016. – Rezhim dostupa: <http://ru-bio.ukrbio.com/ru/articles/8769/>. – Nazvaniye s ekrana.
4. Granuly drevesnyye toplivnyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya. Tipy: STB 2027-2010. -[Deystvitelnyy ot 2010-01-01]. - Minsk: Gosstandart. 2010. - 14 s. – (Respublika Belarus).
5. Kotusov V.V. Fiziko-khimicheskiye svoystva toplivnykh granul. poluchennykh iz ot-khodov pererabotki zerna / V.V. Kotusov. S.V. Samusenko. Yu.V. Maksimuk. V.N. Kursevich // Khlebopek. – 2008. - № 6. – S. 14-16.