

Рис. 3. Залежність тепловтрат біореактора від температури навколишнього середовища за різних товщин теплової ізоляції: 1) $\delta=0,05$ м; 2) $\delta=0,1$ м; 3) $\delta=0,15$ м

Проаналізувавши отримані результати досліджень, можна зробити висновок, що потужність системи підігріву, яка компенсує тепловтрати біореактора прямо пропорційна температурі зовнішнього повітря і не пропорційна величині товщини теплової ізоляції. Графічна залежність (рис. 3) була апроксимована і отримано емпіричний вираз:

$$Q = 12,11 - 47,03 \cdot \delta - 0,3 \cdot t_3 + 1,17 \cdot \delta \cdot t_3 \quad (7)$$

Графічну залежність необхідної кількості теплоти для нагріву біореактора від температури зовнішнього повітря представлено на рис. 4. При цьому розглядали резервуар об'ємом 1 м^3 , ізолюваний мінеральною ватою товщиною від $0,05$ м до $0,15$ м з постійним температурним режимом метаноутворення 40°C .

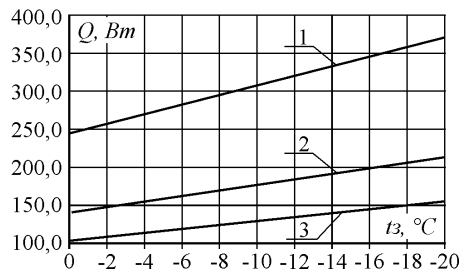


Рис. 4. Залежність тепловтрат біореактора об'ємом 1 м^3 від температури навколишнього середовища за різних товщин теплової ізоляції: а) $\delta=0,05$ м; б) $\delta=0,1$ м; в) $\delta=0,15$ м

Цю графічну залежність було апроксимовано і отримано рівняння:

$$Q = 303,8 - 1407,9 \cdot \delta - 7,6 \cdot t_3 + 35,2 \cdot \delta \cdot t_3 \quad (8)$$

За допомогою отриманої графічної та емпіричної залежностей можна визначити необхідну потужність системи підігріву біореактора для різних товщин теплової ізоляції та температур зовнішнього повітря.

Висновки. Отримано залежності зміни потужності системи теплозабезпечення метантенку від температури довкілля і товщини його теплової ізоляції. Встановлено, що температура біомаси t_b залишалась постійною і знаходилась в межах $\approx 40^\circ\text{C}$ незалежно від температури зовнішнього повітря та

товщини теплової ізоляції. Визначено, що тепловтрати біореактора прямо пропорційні температурі навколишнього середовища і не пропорційні величині товщини теплової ізоляції.

Література

1. Биомасса как источник энергии : пер. с англ. / ред. С. Соуфер, О. Заборски. – М. : Изд-во "Мир", 1985. – 138 с.
2. Возняк О.Т. Основы научных исследований в строительстве / О.Т. Возняк, В.М. Желих. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2003. – 173 с.
3. Кравченко В.П. Исследование теплового режима в закрытых ограниченных объемах, подверженных интенсивным тепловым полям высокой температуры / В.П. Кравченко, Н.И. Шут // Проблемы управления и информатика. 2000. – № 2. – С. 80-83.
4. Желих В. Патент на корисну модель № 57360 – Біогазовий реактор / В. Желих, Ю. Фурдас.

Фурдас Ю.В. Определение мощности системы подогрева бытового биореактора

Установлены и проанализированы зависимости изменения теплового состояния жидкости в биореакторе от температуры наружного воздуха в холодный период года при различных толщинах тепловой изоляции. Подтверждена целесообразность использования тепловой изоляции для уменьшения теплопотерь резервуара биогазовой установки. Определено количество теплоты, необходимой для подогрева метантенка. Результаты исследований представлены в графическом и эмпирическом виде.

Ключевые слова: биогазовая установка, биореактор, метантенк, температурный режим, биогаз.

Furdas Yu.V. Determining the power of heating system of household bioreactor

The article determines and analyzes changes in the thermal state of the liquid bioreactor from ambient temperature in the cold season at different thicknesses of thermal insulation. The expediency of the use of thermal insulation to reduce heat reservoir biogas plant. The amount of heat required for heat digesters is singled out. The results of research are presented in graphical and empirical form.

Keywords: biogas plant, bioreactor, digesters, temperature regime, biogas.

УДК 662.818

Доц. О.О. Шепелюк, канд. техн. наук;

доц. М.М. Копанський, канд. техн. наук;

асист. Р.Й. Салдан, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА У ВИГОТОВЛЕННІ ПАЛИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проведено аналіз використання відходів целюлозного виробництва з метою створення новітніх паливних матеріалів. Розроблено методику, здійснено експериментальні дослідження та отримано значення основних фізико-механічних показників виготовлення паливних матеріалів на основі скопу та відходів лісопильного виробництва.

Актуальність. Потреба людства в енергоносіях постійно зростає. Це зумовлено значним приростом населення, зростанням попиту виробництв в енергоносіях, зростанням потреб людини в нових видах продукції, зменшенням запасів легких та важких вуглеводнів. Теперішня життєдіяльність людини призводить до зменшення площі лісів, що є основним, протягом еволю-

ційного розвитку людської цивілізації енергетично-відновлювальним джерелом тепла. Окрім цього, ще більшою проблемою є неефективне використання сировини, відходів основних виробництв. Тому, комплексне використання сировинної бази, відходів основних виробництв у виготовленні нових тепло-ворних матеріалів забезпечить сталий розвиток майбутніх поколінь.

Целюлозно-паперове виробництво характеризується утворенням значних обсягів відходів, а саме: кори – під час обкорювання деревинної сировини, м'яких відходів при її розкроюванні та скопу – під час фільтрації деревинноволокнистої маси. Варто зауважити, що враховуючи низьку культуру виробництва, застарілість технології та відсутність нових капіталовкладень у технологічні потоки основних виробництв, усі вказані відходи вивозяться на сміттєзвалища. Це негативно впливає на екологічний стан навколишнього середовища, зумовлює забруднення ґрунтових вод та збільшує потреби в лісо-сировині під час виробництва продукції целюлозно-паперової промисловості.

Деревний скоп є сукупністю проклеєних волокон органічними адгезивами природного походження і містить мінеральні включення, клубки нероз'єднаних волокон, продукти часткового гідролізу деревини та проклеюючі речовини. У сухому стані деревний скоп володіє високою міцністю, що зумовлює його використання як в'язучого матеріалу. Разом з цим, тирса підвищеної вологості та кора можуть слугувати наповнювачами для створення нових паливних матеріалів.

Мета роботи – встановити можливість використання целюлозного скопу кори та м'яких відходів підвищеної вологості для виробництва нових паливних матеріалів.

Матеріали та методи дослідження. Експериментальні дослідження проводили таким чином: відбирали тирсу вологістю 80 %, кору та скоп. Компоненти дозували і змішували в певному співвідношенні. Пресування матеріалів здійснювали за тиску 5; 15; 25 МПа з подальшим сушінням композиту за температури 40; 60; 80°C до вологості 8 %. Основними властивостями досліджуваного паливного матеріалу були: щільність матеріалу в сухому та вологому станах (проводили згідно з ГОСТ 16483.7-81); вологопоглинання та максимальна вологість (згідно з ГОСТ 9621-72); зольність (згідно з ГОСТ 11022-95 (ISO 1171-97)); час горіння та час затримки запалення; стирання, скидання і стискання (згідно з ГОСТ 21289-75, ГОСТ 18132-72, ГОСТ 21289-75).

Результати дослідження. Визначення щільності паливних матеріалів, отриманих на основі відходів целюлозно-паперового виробництва, кори і м'яких відходів лісопиляння, проводили у вологому стані. Внаслідок оброблення експериментальних даних отримано залежності щільності паливних матеріалів на основі скопу і м'яких відходів лісопиляння (рис. 1), а також скопу і кори, із різним їх вмістом, від тиску пресування (рис. 2).

Як видно з графіків, залежність між щільністю і тиском пресування (рис. 1; 2) наближається до лінійної і зростає зі збільшенням тиску пресування та вмістом скопу. Збільшення тиску пресування паливних матеріалів та вмісту скопу призводить до зростання щільності внаслідок рахунок дії сили стискання. Окрім цього, скоп, порівняно з вологою тирсою та корою, має більшу щільність.

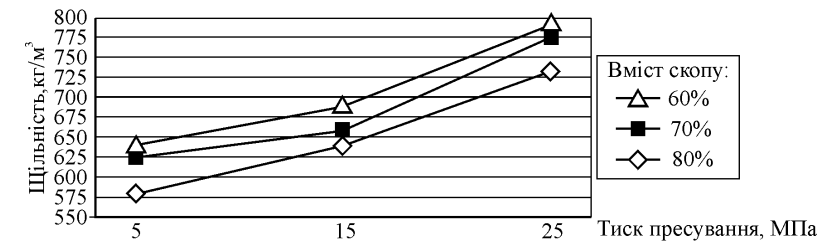


Рис. 1. Залежність і щільності паливних матеріалів на основі скопу і м'яких відходів лісопиляння від тиску пресування і співвідношення компонентів

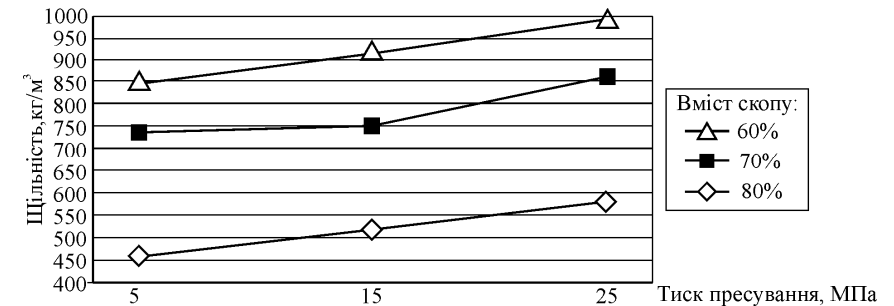


Рис. 2. Залежність щільності паливних матеріалів на основі скопу і кори від тиску пресування і співвідношення компонентів

Зокрема, для рис. 1 при вмісті скопу в паливному матеріалі від 60 % до 80 % за тиску пресування 5 МПа щільність зростає на 9,8 %; за тиску пресування 15 МПа – на 7,5 %; за 25 МПа – на 7,3 %. Для рис. 2. при вмісті скопу в паливному матеріалі від 60 % до 80 % за тиску пресування 5 МПа щільність зростає на 45 %; за тиску пресування 15 МПа – на 43,7 %; за 25 МПа – на 41,5 %. Інтенсивне зростання щільності у разі використання кори пояснюється тим, що пористість кори порівняно з пористістю відходів лісопиляння є значно більшою.

Вологість паливних матеріалів на основі відходів целюлозно-паперового виробництва (скопу) та кори і м'яких відходів лісопиляння під час визначення їх щільності становила 8 %. Внаслідок оброблення експериментальних даних було отримано залежності величини щільності сухих паливних матеріалів на основі скопу і тирси та скопу і кори від тиску пресування і температури сушіння, (рис. 3.) та (рис. 4) відповідно.

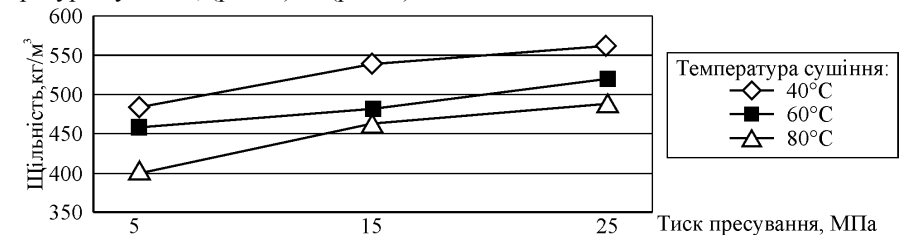


Рис. 3. Залежність щільності сухих паливних матеріалів на основі скопу і тирси від тиску пресування і температури сушіння

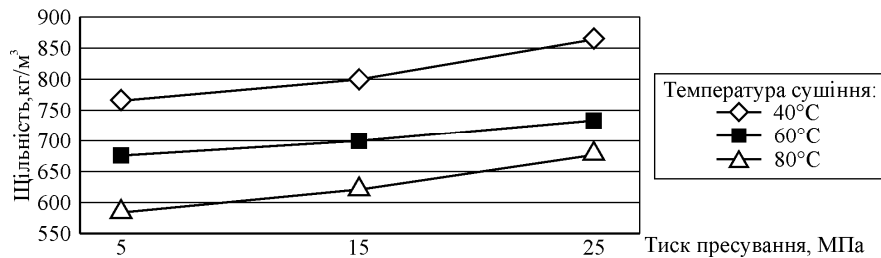


Рис. 4. Залежність щільності сухих паливних матеріалів на основі скопу та кори від тиску пресування і температури сушіння

Як бачимо з рис. 3 і 4, щільність сухих паливних матеріалів зростає із збільшенням тиску пресування та зниженням температури сушіння. Це пояснюється механічною дією сили стискання, а в разі підвищення температури сушіння щільність паливного матеріалу збільшується внаслідок впливу руйнівної дії підвищених температур на цілісність паливного матеріалу.

Зокрема, як бачимо з рис. 3, за температури сушіння паливних матеріалів від 40 °C до 80 °C і за тиску пресування 5 МПа щільність паливних матеріалів зменшується на 16 %; за 15 МПа – на 14,7 %; за 25 МПа – на 13 %. Для паливних матеріалів зі скопу також із підвищенням температури сушіння паливних матеріалів від 40 °C до 80 °C за тиску пресування 5 МПа щільність спадає на 23,6 %; за тиску пресування 15 МПа – на 21,2 %; за 25 МПа – на 20,4 %.

На основі отриманих результатів досліджень можна зробити висновок про те, що температура сушіння істотніше впливає на цілісність паливних матеріалів, ніж тиск пресування. Оптимальним є таке співвідношення компонентів: 80 % скопу та 20 % м'яких відходів лісопиляння та 80 % скопу і 20 % кори, тому подальші дослідження проводили саме за таких співвідношень. Найвища щільність паливних матеріалів спостерігається за температури сушіння 40 °C. Тому, для визначення фізико-механічних властивостей паливних матеріалів у подальших експериментах використовували зразки, висушені до абсолютно сухого стану за температури 40 °C. Графічні залежності вологопоглинання та максимальної вологості від тиску пресування паливних матеріалів на основі скопу, м'яких відходів лісопиляння і кори наведено на рис. 5 і 6 відповідно.

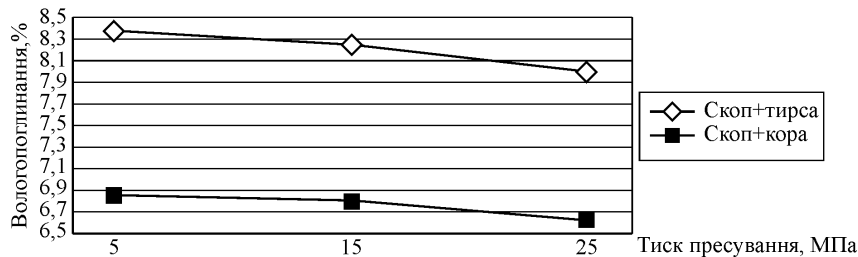


Рис. 5. Залежність вологопоглинання паливних матеріалів на основі скопу, кори і м'яких відходів лісопиляння від тиску пресування

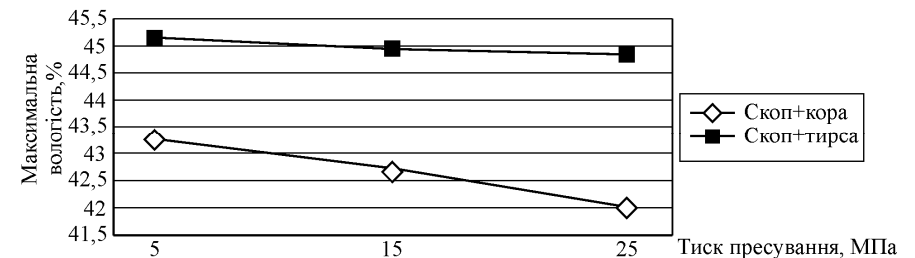


Рис. 6. Залежність максимальної вологості від тиску пресування паливних матеріалів на основі скопу, кори та тирси

Як бачимо з рис. 5, вологопоглинання істотно залежить від тиску пресування. Із збільшенням тиску пресування, вологопоглинання зразків зменшується. Це можна пояснити тим, що під час збільшення тиску пресування зростає щільність зразків, а це перешкоджає швидкому проникненню вологи всередину зразка. Зокрема, як видно з рис. 5, за тиску пресування від 5 МПа до 25 МПа вологопоглинання паливних матеріалів на основі скопу і тирси спадає на 4,3 %, а на основі скопу і кори – на 3,1 %.

Щодо максимальної вологості, то, як видно з рис. 6, із збільшенням тиску пресування вологість паливних матеріалів цей показник зменшується. Це пояснюється зменшенням пористості зразків із збільшенням тиску їх пресування. Тому паливних матеріалів спресованих за тиску 25 МПа, вбирають вологи найповніше. Аналіз рис. 6 дає змогу зробити висновок, що за тиску пресування від 5 МПа до 25 МПа максимальна вологість паливних матеріалів на основі скопу та тирси спадає на 0,7 %, а на основі скопу та кори на 3 %. Внаслідок оброблення експериментальних даних було отримано графічні залежності зольності паливних матеріалів на основі скопу, кори та м'яких відходів лісопильного виробництва від тиску пресування паливних брикетів (рис. 7).

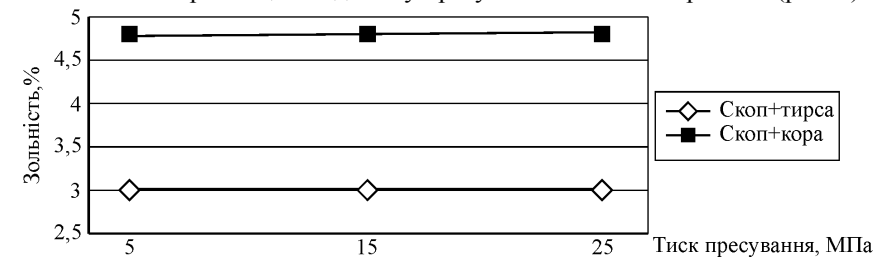


Рис. 7. Залежність зольності паливних матеріалів на основі скопу, кори і м'яких відходів лісопиляння від тиску пресування

Отримана лінійна характеристика залежності зольності паливного матеріалу від тиску пресування, пояснюється тим, що зола, яка залишається після спалювання палива, утворюється з неорганічних сполук, що входять до складу паливної речовини, і з наявних мінеральних речовин. Зольність палива змінюється лише за рахунок зміни хімічного складу паливних матеріалів на основі скопу, кори та м'яких відходів лісопиляння [2].

Зольність паливних матеріалів (рис. 7) на основі скопу та кори більша від зольності паливних матеріалів на основі скопу та тирси на 37,2 % і не залежить від тиску пресування, а відповідно і щільності паливного матеріалу. Це пояснюється підвищенням вмісту в корі мінеральних речовин. Внаслідок оброблення експериментальних даних було отримано залежності часу горіння паливних матеріалів на основі скопу, тирси та кори (рис. 8) і часу затримки запалення паливних матеріалів від тиску пресування (рис. 9).

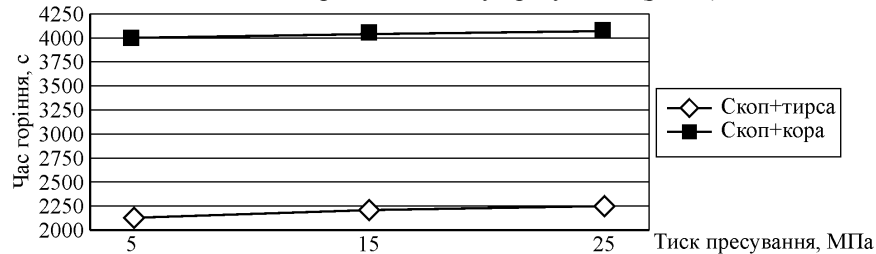


Рис. 8. Залежність часу горіння паливних матеріалів на основі скопу, кори і м'яких відходів лісопиляння від тиску пресування

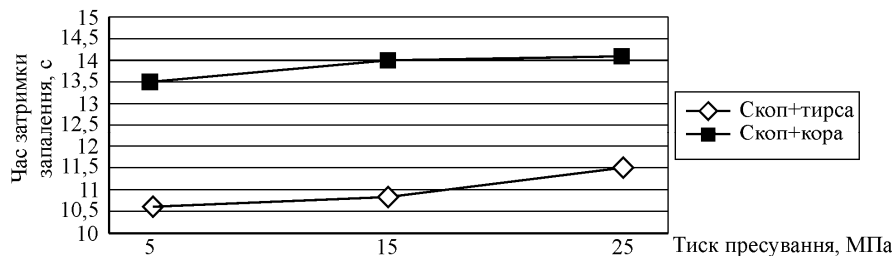


Рис. 9. Залежність часу затримки запалення від тиску пресування паливних матеріалів на основі скопу, кори і м'яких відходів лісопиляння

Із графіків залежності часу горіння і часу затримки запалення паливних матеріалів на основі скопу, кори та м'яких відходів лісопильного виробництва видно, що із збільшенням тиску пресування час горіння зростає, як і час затримки запалення. Це можна пояснити тим, що із збільшенням тиску пресування зростає щільність паливного матеріалу, яка своєю чергою сповільнює процес горіння та запалення паливного матеріалу.

Зокрема, як видно з рис. 8, зі зростанням тиску пресування від 5 МПа до 25 МПа час горіння паливних матеріалів на основі скопу і тирси спадає на 5,3 %, а на основі скопу і кори – на 1,2 %. Щодо затримки запалення паливних матеріалів на основі скопу та тирси, то, як бачимо з рис. 9, за тиску пресування від 5 МПа до 25 МПа цей показник зростає на 8,4 %, а на основі скопу і кори – на 4,4 %.

З метою забезпечення транспортабельної міцності паливних матеріалів на основі скопу та кори і м'яких відходів лісопиляння проводили визначення міцності на стирання, скидання і стискання. Варто зауважити, що визначення твердості та міцності на розтяг паливних матеріалів на основі відходів целюлозно-паперового виробництва в даному випадку досліджень не є

актуальною. Залежність відсоткового показника міцності на стирання, скидання та міцність на тиск вказаних матеріалів від тиску пресування показана на рис. 10, рис. 11 і 12 відповідно.

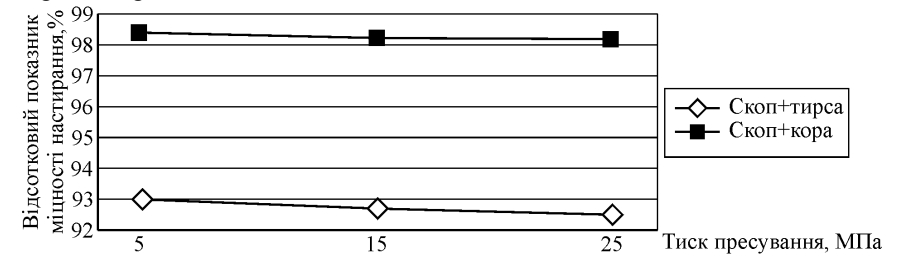


Рис. 10. Залежність відсоткового показника міцності на стирання паливних матеріалів на основі скопу та кори і м'яких відходів лісопиляння від тиску пресування

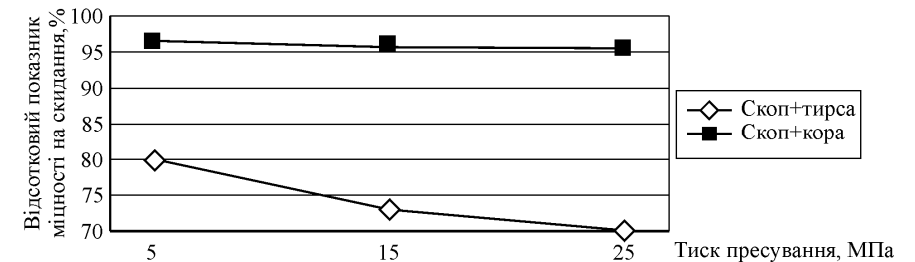


Рис. 11. Залежність відсоткового показника міцності на скидання паливних матеріалів на основі скопу, кори і тирси від тиску пресування

Із графіків на рис. 10 і 11 видно, що із збільшенням тиску пресування паливних матеріалів відсотковий показник міцності на стирання і скидання із збільшенням тиску пресування, знижується. Паливні матеріали, які спресовані за тиску 5 МПа, є більш пружними і еластичними, порівняно з тими, що спресовані за тиску 25 МПа.

Зокрема, з рис. 10 видно, що при збільшенні тиску пресування паливних матеріалів від 5 МПа до 25 МПа відсотковий показник міцності на стирання спадає на 0,62 % для зразків із скопу та тирси і на 0,2 % для зразків із скопу та кори. Щодо рис. 11, то відсотковий показник міцності на скидання при збільшенні тиску пресування паливних матеріалів від 5 до 25 МПа спадає на 12 % для паливних матеріалів з скопу та тирси і на 0,8 % для паливних матеріалів із скопу та кори. Це пояснюється тим, що за високих тисків пресування спостерігається перехід пружно еластичних деформацій в пластичну.

Вплив тиску на міцність під час стискування паливних матеріалів на основі скопу та кори і м'яких відходів лісопиляння (рис. 12) має протилежний характер. Тобто, із підвищенням тиску пресування міцність паливних матеріалів збільшується через більшу щільність паливного матеріалу, що зумовлює збільшення кількості внутрішніх зв'язків у брикеті. Спостерігається зростання міцності на стискання із підвищенням тиску пресування паливних матеріалів на основі скопу та м'яких відходів лісопиляння на 14,6 %; на основі скопу та кори – на 15 %.

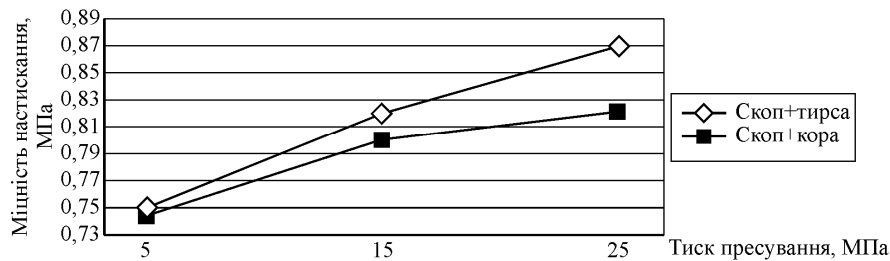


Рис. 12. Залежність міцності на стискання від величини тиску пресування паливних матеріалів на основі скопу та кори і м'яких відходів лісопилення

Ми також здійснювали оцінку калорійності (теплотворної здатності) паливних матеріалів на основі скопу та кори м'яких відходів лісопилення. Нижча теплота згоряння визначається експериментально для кожної речовини і є довідковою величиною. Також її можна визначити для твердих матеріалів, за відомого елементарного складу, розрахунковим способом відповідно до формули Д.І. Менделєєва, кДж/кг або ккал/кг. Результати розрахунків зведено в табл. 1.

Табл. Експериментальні дані з визначення розрахункової калорійності (теплотворної здатності) паливних матеріалів на основі скопу, кори та м'яких відходів лісопильного виробництва

№ з/п	Тиск пресування брикету	Теплотворна здатність, кДж/кг	
		скоп+тирса	скоп+кора
1	5	20208,5	20304,2
2	15	20208,5	20304,2
3	25	20208,5	20304,2

Проаналізувавши табл., можна зробити висновок, що теплотворна здатність паливних матеріалів не залежить від тиску пресування. Це можна пояснити тим, що спалювання палива залежить від хімічного складу паливної речовини. Теоретична калорійність палива може змінюватися лише внаслідок зміни хімічного складу. Механічна дія незначно впливає на хімічний склад палива. Теплотворна здатність паливних матеріалів на основі скопу з м'якими відходами лісопилення є нижчою від теплотворної здатності скопу з корою, що пояснюється більшою теплотворною здатністю самої кори за рахунок меншого вмісту лігніну, порівняно з м'якими відходами лісопилення.

Висновки. Аналіз результатів проведених досліджень дає змогу зробити такі висновки:

1. Використання відходів целюлозно-паперового виробництва у композиції із відходами лісопилення для отримання альтернативних паливних матеріалів є актуальним. Це дає змогу одночасно виробляти нетоксичний матеріал і утилізувати відходи целюлозно-паперового виробництва та м'які відходи лісопильного виробництва, що є проблемою сьогодення. Сферою використання такого паливного матеріалу можуть бути різні галузі, які зацікавлені у використанні дешевого, альтернативного, відновлювального виду палива. За своїми фізико-механічними властивостями цей матеріал поступається продуктам розвинених виробництв біопалива,

який відповідає міжнародним стандартам. Але подальші дослідження використання відходів целюлозно-паперового виробництва дасть змогу наблизити його до терміна "паливний брикет". Цей паливний матеріал є значно дешевшим, оскільки виготовляється на основі відходів. Також відбувається значна економія в обладнанні, сировині і енергії, які не затрачуються у цьому процесі виготовлення паливних матеріалів на основі відходів целюлозно-паперового виробництва, кори і м'яких відходів лісопильного виробництва.

2. Властивості отриманих паливних матеріалів відповідають існуючим вимогам і наближені до інших видів альтернативного палива.
3. Виготовлення запропонованих паливних матеріалів і їх використання дасть змогу вирішити дві стратегічні проблеми: а) забезпечити споживачів альтернативним джерелом енергії на основі відновлювальних природних матеріалів; б) утилізувати відходи целюлозно-паперових виробництв, які чинять негативний вплив на довкілля та забруднюють навколишнє середовище.

Література

1. Бехта П.А. Технологія деревинноволокнистих плит / П.А. Бехта, В.К. Онисько. – Львів – 2007. – С. 92-100.
2. Закон України "Про альтернативні джерела енергії" від 20.02.2003 р., № 555-IV із змінами та доповненнями. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=555-15>.
3. Розпорядження Кабінету міністрів України "Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми розвитку виробництва та використання біологічних видів палива" від 12.02.2009 р., № 276. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.zakon.rada.gov.ua>.
4. Максимів В.М. Аналіз, особливості, проблеми та досвід використання додаткових ресурсів сировини – відходів та вживаної деревини / В.М. Максимів, С.В. Гайда // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2007. – Вип. 33. – С. 63-73.
5. Кухар В. Екобіотехнологія та біоенергетика: проблеми становлення та розвитку / В. Кухар, Є. Кузьмінський, О. Ігнатюк, Н. Голуб // Вісник НАН України. – 2005. – № 9. – С. 3-18.

Шепельюк О.О., Копанский М.М., Салдан Р.Й. Использование отходов целлюлозно-бумажного производства в изготовлении топливных материалов

Проведен анализ использования отходов целлюлозного производства с целью создания новых топливных материалов. Разработана методика, проведены экспериментальные исследования и получены значения основных физико-механических показателей изготовления топливных материалов на основе скопа и отходов лесопильного производства.

Shepelyuk O.O., Kopansky M.M., Saldan R.Yo. Use of waste pulp and paper production in the manufacture of fuel materials

The analysis of the use of waste cellulose production in order to create new fuel materials. The method conducted experimental studies and obtained values of the basic physical and mechanical properties of materials producing fuel from waste has waste and sawmill production.