

УДК 633.521:631.17.001.4

РОЗРОБЛЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ОТРИМАННЯ АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ З ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ ЛЬОНУ

**І. Лілевман, О. Лілевман,
Південно-Українська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого,
М. Подольський,
Херсонський національний технічний університет**

На основі експериментальних досліджень і запропонованих математичних залежностей обґрунтовано технологію термолізної переробки костриці льону. Розроблено і описано конструкцію установки промислового типу для виробництва активованого вугілля з костриці льону. Застосування описаного методу отримання активованого вугілля з відходів переробки льону дозволить створити безвідходне виробництво і залучити до господарського обороту додаткові сировинні ресурси.

Ключові слова: зберігання ресурсів, термолізна переробка костриці льону, активація деревного вугілля, установка імпульсного типу.

Суть проблеми. У зв'язку з гострою нестачею і збільшенням вартості сировинних, енергетичних і водних ресурсів, основний приріст потреб продуктивної сфери в ресурсах повинен забезпечуватися за рахунок економії. Існує багато резервів економії, і передусім це стосується впровадження енергоощадних технологій, які до цих пір використовуються недостатньо. Так, якщо всю отримувану в Україні економію прийняти за 100%, то на впровадження прогресивних норм витрачання первинних ресурсів припадає лише 10%, на використання вторинних ресурсів – 39%, на зняття з виробництва застарілих і випуск нових виробів – 30,9%, на скорочення втрат від браку – 8,2%, на впровадження ефективних замінників дорогих сировини і матеріалів – 1,3%, на впровадження маловідходних та безвідходних технологій виробництва та устаткування, що зберігають енергію – 2,7%, на інші чинники – 7,9% [1].

Питання поліпшення екологічного стану нині також розглядається як дуже актуальне. Погіршення екології – одна з істотних характеристик в системі глобальних змін та динаміці економічного зростання. Обумовлюючи якісно нову економічну ситуацію, екологічні обмеження прискорюють перехід на ресурсоощадний тип розвитку виробництва.

Зберігання ресурсів стає якісно новим чинником виробництва, оскільки змінюється співвідношення між засобами виробництва і витратами праці за

рахунок зростання продуктивності праці. Досягається такий стан суспільного виробництва, за якого економія стає вирішальним джерелом зростання народного господарства [2].

Одним з ефективних інструментів вирішення цих проблем є формування виробничого механізму, направленого на раціональне й ефективне використання вторинних ресурсів. Для переходу до маловідходних і безвідходних виробництв потрібний комплекс заходів, що включає розроблення і впровадження принципово нових і вдосконалення існуючих технологічних процесів, які діють з метою істотного скорочення виробничих відходів, розроблення і впровадження найбільш досконалих методів їх очищення, переробки і знешкодження.

В Японії рівень використання промислових відходів перевищує 80%, у Германії промислові відходи використовуються на 68%, в Угорщині – на 45% [3-5]. Темпи зростання об'ємів залучення вторинної сировини в господарський оборот по окремих розвинених країнах значно вище вітчизняних.

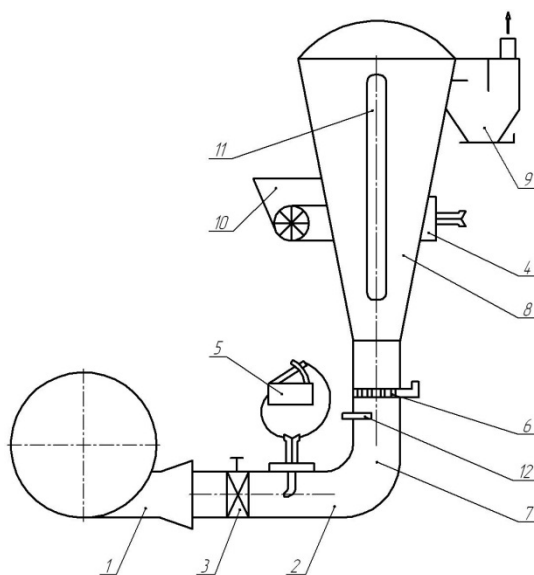
Аналіз роботи передових країн зі збору і переробки вторинних ресурсів у порівнянні з аналогічною роботою в Україні показує, що існуючі об'єми переробки відходів виробництва і темпи їх зростання в нашій країні не відповідають сучасним темпам розвитку промисловості і науки. Недоліки у використанні відходів первинного виробництва є також у галузі переробки лубових волокон. За даними асоціації “Укрльоконоплепром”, ступінь використання відходів виробництва, як вторинної сировини, становить 12-15% від загальної маси відходів [8]. Проте ці показники неповною мірою відображають стан проблеми, оскільки відходи виробництва, що містять целюлозу, часто використовуються нерационально. В основному вони йдуть на опалення і як матеріал утеплювача. У зв'язку з цим робота, що присвячена розробці технологічного процесу і устаткування для переробки відходів лляних та прядильних виробництв у сорбенти, є дуже актуальною.

Мета дослідження – розробити і дослідити імпульсний методу активації деревного вугілля з костриці льону, розробити обладнання для активації деревного вугілля імпульсним методом, дослідити поведінку сировини костриці льону у процесі її переробки.

Виклад основного матеріалу дослідження. З відомих методів активації найбільший інтерес викликає метод “киплячого” шару. “Киплячий” шар виникає тоді, коли швидкість потоку повітря і газів крізь шар сировини перевищує швидкість, при якій зберігається стійкість щільного шару цієї сировини. Обертально-пульсуючий рух частинок сировини при цьому нагадує рух киплячої рідини, тому такий шар і називається “киплячим”. При цьому газоповітряний потік не циркулює в шарі, а прямоточно продуває його. Основною характеристикою “киплячого” шару є збільшення його об'єму при продуванні повітрям або збільшення висоти в порівнянні з щільним шаром

сировини. За нормального “кипіння” шар сировини збільшується в 1,5-3 рази в порівнянні з щільним шаром.

Дослідження проводили за допомогою лабораторної установки, схема якої представлена на рис. 1. Визначалися наступні аеродинамічні характеристики частинок деревного вугілля: швидкість витання частинок (м/с); критична концентрація завантаженого матеріалу (кг/м^3); швидкість віднесення частинок з робочої камери (м/с).



- 1 – вентилятор; 2 – повітряний канал; 3 – шибер;
 4 – пневматична трубка; 5 – мікроманометр;
 6 – колосникова решітка; 7 – скляний циліндр; 8 – робоча камера;
 9 – бункер-осаджувач; 10 – завантажувальний пристрій;
 11 – вікно для спостережень; 12 – місце для вимірювання статичного тиску

Рисунок 1 – Схема лабораторної установки для визначення аеродинамічних характеристик деревного вугілля

Усі експериментальні дані за аеродинамічними показниками деревного вугілля зведені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Аеродинамічні характеристики деревного вугілля

Показник	Фракції деревного вугілля		
	дрібна	велика	суміш
Швидкість витання частинок, м/с	0,71	0,84	0,80
Критична маса завантаженої порції деревного вугілля, кг	0,24	0,20	0,22
Критична концентрація завантаженого деревного вугілля, кг/м ³	2,55	2,13	2,34
Швидкість віднесення частинок, м/с	2,18	2,50	2,38

У ретортах з “киплячим” шаром продукти, що активуються, і газу ґрунтовно перемішуються. При цьому, в порівнянні з установками інших конструкцій, значно скорочується час активації.

Процес може бути безперервним і періодичним. Відомі багатоступінчасті реактори, що складаються з вертикально або горизонтально розташованих камер з переходами між ними, а також реактори з великим числом відділень. У реакторі з кількома розташованими один над одним решітками активоване вугілля безперервним потоком проходить зверху вниз, а робочі і активаційні газу подаються проти течії. Проте, вимоги до температурного режиму і часу витримки частинок у багатоступінчатому реакторі більш жорсткі, ніж при використанні реактора з однією активаційною зоною. Крім того, вугільсирець, що подається у верхню зону реактора з “киплячим” шаром, через значний ступінь насичення і нерідко високий вміст вологи має велику щільність у порівнянні з активованим вугіллям. Тому, для забезпечення “кипіння” шару необхідна більша витрата робочого газу, для чого він подається під верхню решітку. Газо- або пароподібні продукти розкладання, які виходять з розташованого нижче “киплячого” шару, згорають з виділенням теплоти [2].

Реактор з “киплячим” шаром більш простої конструкції має герметичну циліндричну або прямокутну активаційну камеру, забезпечену перфорованими розподільними решітками, через які надходять активаційні газу. У разі тривалого перебування в реакторі сировини можливе сильне вигорання частинок вугілля, за короткочасного перебування – недостатньо повна активація, тому час знаходження частинок в зоні реакції повинен бути по можливості однаковим. Крім того, середня температура кожної частинки повинна відповідати середній температурі шару, а температура над і під шаром повинна бути однаково високою. Ці умови краще всього виконуються при висоті шару в реакторі не більше 10 см, а оптимальною є висота 3-7 см.

Нагрівання реактора з “киплячим” шаром завдає значних труднощів. Існує також небезпека винесення пилу в результаті сильного стирання вугілля під час перемішування. Якщо газу для обігріву надходять через решітки, то внаслідок високої температури, необхідної для процесу

активування, частинки золи, які осідають на розподільних решітках, починають спікатися і можуть забити решітки та перешкоджати надходженню газового потоку. Внаслідок цього можливі нерівномірність “кипіння” шару, посилене стирання вугілля і винесення пилу.

Процес можна оптимізувати, використовуючи для прямого обігріву внутрішнього об'єму реактора тепло, отримане в результаті згорання CH_2 , що утворюється в процесі активування водяною парою. Проте, в цьому випадку необхідне строге дозування кисню, щоб уникнути надмірного обгоряння поверхні частинок вугілля і скорочення виходу продукту. Інша можливість підвищити продуктивність полягає в додатковому підведенні тепла для зовнішнього обігріву реактора, в який нагріті активуючі гази подаються з швидкістю, що забезпечує “кипіння” шару вугілля. Розділення зовнішнього обігріву і псевдозрідження дозволяє автономно регулювати подачу тепла і швидкість газу в “киплячому” шарі. Це створює можливість м'якого активування різної сировини.

Багато технологічних процесів, що відбуваються за участю твердої фази у псевдозрідженому стані, значно прискорюються внаслідок інтенсивного руху частинок в газовому потоці. До таких процесів відносяться каталітичні процеси, процеси сушіння, адсорбції, випалення сировини, що містить вуглець, і тому, подібний псевдозріджений шар має деякі властивості рідини: його вільна поверхня залишається горизонтальною при нахилі судини; він стає текучим; важкі тіла, потрапивши в псевдозріджений шар, опускаються на дно, легкі – спливають. Ці властивості використовуються при конструюванні апаратури і розробленні технологічних процесів. Особливо цінною властивістю є плинність псевдозрідженого шару, завдяки якому можна зробити процес безперервним [1].

Гідравлічний опір (D_p) шарів костриці льону залежить від швидкості газу (V_0). При цьому, при різній висоті шарів костриці (H) ця залежність має характерні особливості.

У кінці стадії фільтрації газу, через нерухомий шар костриці, сумарний перепад тиску нерухомого шару максимальний, оскільки відбувається розрив сил зчеплення між частинками костриці під час переходу їх до псевдозрідження. Потім починається псевдозрідження, при якому $D_p = \text{const}$. Критична швидкість газу при цьому називається швидкістю псевдозрідження (V_{01}).

При подальшому зростанні швидкості $V_0 > V_{01}$ збільшуються як відстані між частинками, так і загальний об'єм псевдозрідженого шару. Але, оскільки перепад тиску при псевдозрідженні витрачається на підтримку шарів у зваженому стані, а маса частинок при цьому залишається незмінною, гідравлічний опір D_p шару буде постійним протягом всього часу збільшення

V_0 до другої критичної швидкості (V_{02}), при якій починається віднесення частинок.

Псевдозріджений шар існує при робочих швидкостях газу в повному перерізі апарату в межах $V_0 = V_{01} \dots V_{02}$.

Відношення робочої швидкості псевдозрідження V_0 до швидкості псевдозрідження V_{01} називається числом псевдозрідження n .

$$n = V_0 / V_{01}$$

Встановлено, що оптимальним числом псевдозрідження є $n = 2$, якому відповідають найбільша інтенсивність і рівномірність перемішування фаз. Подальше збільшення n зможе привести до поршневого псевдозрідження, в режимі якого “киплячий” шар розподіляється з шарів газу і частинок, що чергуються по висоті костриці, що приводить до віднесення цих частинок з апарату. При $n < 2$ перемішування фаз достатньо рівномірне, проте інтенсивність його низька. Таким чином, оптимальна робоча швидкість псевдозрідження

$$V_0 = 2V_{01}$$

Швидкість псевдозрідження:

$$V_{01} = \frac{Re_{01}\mu}{d\rho}$$

де: Re_{01} – критерій Рейнольда;

μ – ступінь в'язкості;

d – еквівалентний діаметр частинок костриці;

ρ – щільність костриці.

Розрахунковим шляхом визначено, що середнє значення

$$V_{01} = 0,43 \text{ м/с}$$

Отже, робоча швидкість псевдозрідження в кожній точці перетину:

$$V_0 = 0,86 \text{ м/с}$$

Перепад тиску при псевдозрідженні:

$$\Delta P_0 = qH(1 - e)$$

де: H – висота шару костриці, м;

$q = 9,8 \text{ м/с}$ – пористість шарів, рівна відношенню об'єму порожнього простору до загального об'єму засипаної костриці.

Дослідним шляхом встановлено, що $e = 0,47$.

Оскільки щільність костриці та її пористість взаємопов'язані, то для визначення перепаду тиску необхідно знати висоту шарів засипаної костриці:

$$\Delta P_0 = 974,3H$$

Наступним етапом є визначення пористості і висоти псевдозрідженого шару:

$$e_0 = [(18Re_0 + 0.36Re_0^2)Ar]^{0.21}$$

де: Ar – критерій Архімеда;

$$e_0 = 0,69$$

Висота псевдозрідженого шару:

$$H_0 = \frac{H(1 - e)}{(1 - e_0)}$$

$$H_0 = 1,709H$$

Величини V_0 і H_0 враховуються при конструюванні апарату з “киплячим” шаром. По заданій продуктивності по газу і швидкості V_0 визначають його перетин і діаметр, а виходячи з пористості і ступеня розширення шарів – висоту шарів H_0 і робочу висоту апарату.

Застосування описаного методу отримання активованого вугілля з відходів переробки льону дозволить підприємствам галузі створити безвідходне виробництво і залучити в господарський оборот додаткові сировинні ресурси, що принесе додатковий прибуток заводам і підвищить їх рентабельність.

Висновки

1. За проведеними теоретичними і експериментальними дослідженнями запропоновано і розроблено метод активації вугілля з костриці льону.
2. За визначеними параметрами запропоновано та виготовлено установку для одержання активованого вугілля з костриці льону.
3. Встановлено теоретичні залежності та оптимальні параметри процесу переробки.
4. На підставі матеріалів статті можна рекомендувати промислову технологічну схему процесу термолізної переробки костриці льону в сорбенти.

Література

1. Чурсина Л.А. Основные направления научных исследований в области первичной обработки волокнистых материалов / Чурсина Л.А., Клевцов К.Н., Бергер Е.Э. – Учеб. пособие. – К. : УМК, 1996. – 86 с.
2. Чурсина Л.А. Активирование угля в роторах с “кипящим слоем”. Ресурсосберегающие технологии в первичной обработке натуральных

волокон / Л.А. Чурсина, С.И. Антонов, Е.Э. Бергер. – Сб. науч. трудов. – К. УКРНИИТЭЙ. 1995. – С. 17-19.

3. Бергер Е.Э. Активирование газами. Ресурсосберегающие технологии в первичной обработке натуральных волокон. / Е.Э. Бергер, Л.А. Чурсина, К.Н. Клевцов. – Сб. науч. трудов. – К. УКРНИИТЭЙ. 1995. – С. 19-21.

4. Шостак А.Я. Определение аэродинамических характеристик углясырца при активации в реакторах “кипящего слоя” / А.Я. Шостак, Л.А. Чурсина, С.И. Антонов, Е.Э. Бергер. – Сб. науч. трудов. – К. Министерство экономики Украины. ЦБТИ легкой и текстильной промышленности. 1995. – С. 18-19.

5. Кунин Д., Левеншпиль О. Промышленное псевдоожигение. (Перевод с английского) / Д. Кунин, О. Левеншпиль – М. Химия, 1976.

6. Чурсина Л.А., Основы термолизной утилизации костры льна и конопля. Научный прогресс в производстве натуральных волокон / Л.А. Чурсина, К.Н. Клевцов, Е.Э. Бергер., Шостак А.Я. – Сб. науч. трудов. – К. Министерство экономики Украины. ЦБТИ легкой и текстильной промышленности. 1995. – С. 21-22.

7. Шостак А.Я. Факторы влияющие на распределение пор и скорость активирования углей. Научный прогресс в производстве натуральных волокон / А.Я. Шостак, Л.А. Чурсина, С.И. Антонов, Е.Э. Бергер. – К. Министерство экономики Украины. ЦБТИ легкой и текстильной промышленности. – 1995. – С. 22-24.

8. Справка о показателях работы льнозаводов Украины. – Киев: Госагропром, 2001. – 45 с.

Аннотация

На основе экспериментальных исследований и предложенных математических зависимостей обоснована технология термолизной переработки костры льна. Разработана и описана конструкция установки промышленного типа для производства активированного угля из костры льна. Применение описанного метода получения активированного угля с отходов переработки льна позволит создать безотходное производство и привлечь в хозяйственный оборот дополнительные сырьевые ресурсы.

Summary

On the basis of experimental studies and proposed mathematical relationships flax hards processing thermalizes technology is grounded. The industrial-scale plant design for activated carbon production from flax hards is developed and described. Applience of the described method of obtaining activated carbon from flax wastes will enable to create zero waste production and bring into the economy additional raw materials.