

УДК 633.521:631.17.001.4

Лілевман І., зав. лабораторії (Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого), **Бергер Є.**, канд. тех. наук, доцент, **Подольський М.**, асистент (Херсонський національний технічний університет, кафедра технології машинобудування)

Розроблення технології термолізної переробки костриці льону

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.

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

Вступ. У зв'язку з гострим браком і збільшенням вартості сировинних, енергетичних і водних ресурсів основний приріст потреб продуктивної сфери в ресурсах повинен забезпечуватися за рахунок економії. Багато резервів економії, і передусім це стосується впровадження енергоощадних технологій, до цих пір використовуються недостатньо. Так, якщо всю отриману в Україні економію прийняти за 100%, то на впровадження прогресивних норм витрачання 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 заміників дорогої сировини і матеріалів – 1,3%, на впровадження маловідхідних та безвідхідних енергоощадних технологій виробництва та устаткування – 2,7%, на інші чинники – 7,9% [1].

Питання поліпшення екологічного стану на сьогодні також розглядається як дуже актуальне. Погіршення екології – одна з істотних характеристик в системі глобальних змін в 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, спрямованого на раціональне й ефективне використання вторинних ресурсів. Для переходу до маловідхідних і безвідхідних виробництв необхідно розробити і впровадити принципово нові і вдосконалити існуючі технологічні процеси, що істотно скорочують виробничі відходи, та найбільш досконалі методи їх очищення, переробки і знешкодження.

В Японії рівень використання промислових відходів перевищує 80%, а використання зношених шин – 96%, лому і відходів металів – 93%. У Германії промислові відходи використовують на 68%, в Угорщині – на 45% [3-5]. Темпи зростання об'ємів залучення вторинної сировини у господарський обіг в окремих розвинених країнах значно вищі вітчизняних.

Організація збирання та переробки відходів виробництва у різних країнах різна. В Японії відповідальність за переробку відходів несуть ті підприємства, де утворюються ці відходи. Окрім того, тут понад 500 підприємств займаються безпосередньо питаннями переробки відходів виробництва. У більшості зарубіжних країн таку роботу виконують спеціалізовані фірми. В Германії їх налічується понад 6000, у Франції – більше 7000, в США лише заготівлю і переробкою вторинних металів займається понад 2000 корпорацій [6-7].

Аналіз роботи передових країн щодо збирання 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 й науки. Недоліки у використанні відходів

первинного виробництва простежуються також у галузі переробки лубових волокон. За даними асоціації «Укрльноконоплепром», ступінь використання відходів виробництва, як вторинної сировини, становить (12-15)% від загальної маси відходів [8]. Проте ці показники не повною мірою відображають стан проблеми, оскільки відходи виробництва, що містять целюлозу, часто використовуються нерационально. В основному їх застосовують для опалення і як матеріал утеплювача. А тому робота, присвячена розробленню технологічного процесу і устаткування для переробки відходів лляних та прядив'яних виробництв в сорбенти, є дуже актуальною.

Мета дослідження – розробити й дослідити імпульсний метод активації деревного вугілля з костриці льону, розробити обладнання для активації деревного вугілля імпульсним методом, дослідити стан сировини – костриці льону в процесі переробки.

Основна частина. З відомих методів активації найбільший інтерес викликає метод «киплячого» шару. «Киплячий» шар виникає, коли швидкість потоку повітря і газів, що проходить крізь шар сировини, перевищує швидкість, за якої зберігається стійкість щільного шару цієї сировини. Обертально-пульсуючий рух частинки сировини в цьому шарі нагадує рух киплячої рідини, тому він і називається «киплячим». До того ж газоповітряний потік не циркулює в шарі, а прямотечійно продуває його. Основною характеристикою "киплячого" шару є збільшення його об'єму під час продування повітрям або збільшення висоти в порівнянні зі щільним шаром сировини. Відносна швидкість потоку повітря є відношенням швидкості потоку, середньої по всьому перетину шахти, до критичної швидкості витання окремої частинки, характерної для даної фракції. За нормального «кипіння» шар сировини збільшується в (1,5-3) рази в порівнянні зі щільним шаром.

Під час досліджень, які проводили за допомогою спеціальної лабораторної установки (рис. 1), визначали такі аеродинамічні характеристики частинок деревного вугілля: швидкість витання частинок (м/с); критичну концентрацію завантаженого матеріалу (кг/м³); швидкість віднесення частинок з робочої камери (м/с).

Всі експериментальні дані за аеродинамічними показниками деревного вугілля зведені в таблицю.

У ретортах з «киплячим» шаром активовані продукти і гази ґрунтовно перемішуються. При цьому у порівнянні з печами інших конструкцій значно скорочується час активації. Процес може бути неперервним і періодичним. Для активації сировини використовують багатоступінчасті реактори, що складаються з вертикально або горизонтально розташованих камер з переходами між ними, а також реактори з великою кількістю відділень. У реакторі з кількома розташованими один над одним решітками активоване вугілля безперервним потоком проходить зверху вниз, а робочі і активаційні гази подаються в протитечії. Проте вимоги до температурного режиму і часу витримки частинок в багатоступінчастому реакторі більш жорсткі, ніж при використанні реактора з однією активаційною зоною. Крім того, вугілля-сирець, що подається у верхню зону реактора з «киплячим» шаром, часто через значну насиченість вологою має велику щільність у порівнянні з активованим вугіллям. Тому для забезпечення «кипіння» такого шару необхідна більша витрата

робочого газу (для цього 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 гази. За дуже тривалого перебування в реакторі сировини можливе сильне вигорання частинок вугілля, за короткочасного – недостатньо повна активація, тому час перебування частинок в зоні реакції повинен бути по можливості однаковим. Окрім того, середня температура кожної частинки повинна відповідати середній температурі шару, а температура над і під шаром має 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 пов'язане з певними труднощами. Існує також небезпека винесення пилу внаслідок надмірного стирання вугілля під час перемішування. Якщо гази для обігріву надходять через решітки, то через високу температуру, необхідну для процесу активування, частинки золи, які осідають на розподільних решітках, можуть спікатися і забити решітки, що перешкоджає 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 від згорання CH_2 ,

що утворюється в процесі активування водяною парою. Проте в цьому випадку необхідне строге дозування кисню, щоб уникнути надмірного обгорання поверхні частинок вугілля і скорочення виходу продукту. Інша можливість підвищення продуктивності полягає в додатковому підведенні тепла для зовнішнього обігріву реактора, в який нагріті активаційні гази подаються зі швидкістю, що забезпечує «кипіння» шару вугілля. Розділення зовнішнього обігріву і псевдозрідження дозволяє автономно регулювати подачу тепла і швидкість подачі газу в «киплячому» шарі. Це створює можливість м'якого активування різної сировини.

Застосування описаного методу отримання активованого вугілля з відходів переробки льону і конопель дозволить підприємствам галузі створити безвідходне виробництво і залучити до господарського обігу додаткові сировинні ресурси, що може принести додатковий прибуток заводам і підвищити їх рентабельність.

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 тощо. Псевдозріджений шар має деякі властивості рідини: його вільна

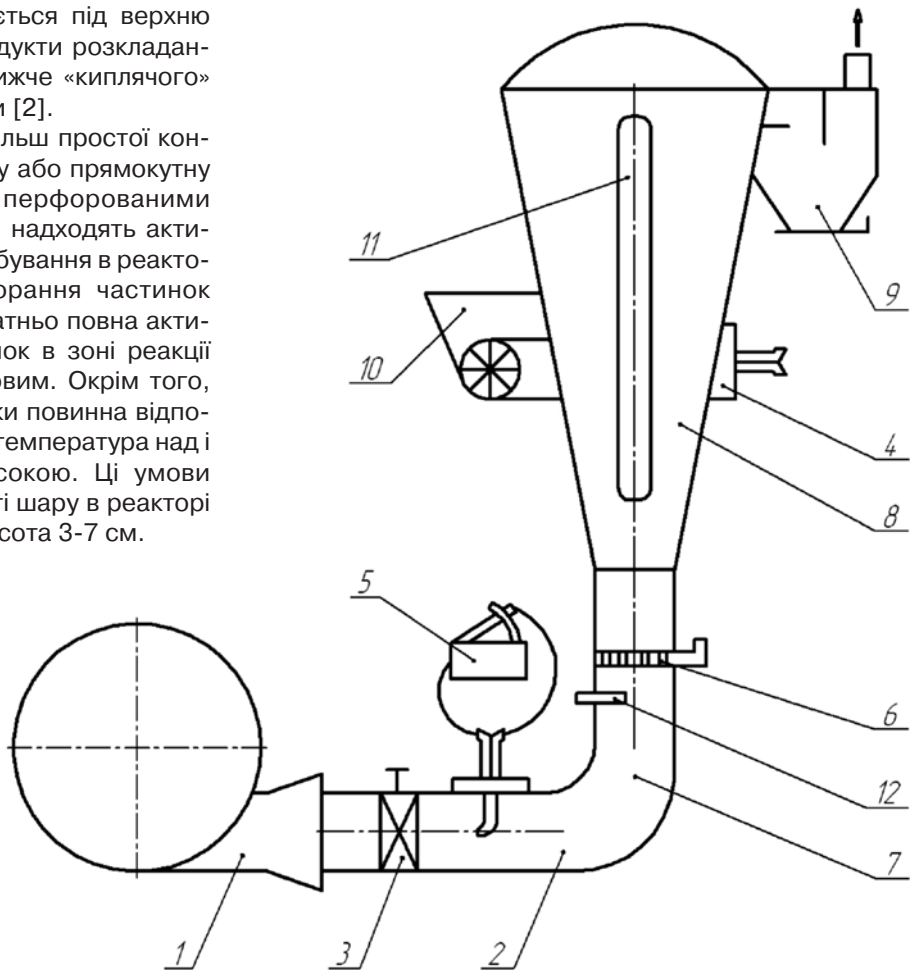


Рис. 1 – Схема лабораторної установки для визначення аеродинамічних характеристик деревного вугілля: 1 – вентилятор, 2 – повітряний канал, 3 – шибера, 4 – пневматична трубка, 5 – мікроманометр, 6 – колосникова решітка, 7 – скляний циліндр, 8 – робоча камера, 9 – бункер-осаджувач, 10 – завантажувальний пристрій, 11 – вікно для спостережень, 12 – місце для вимірювання статичного тиску

поверхня залишається горизонтальною під час нахилу посудини; він стає плинним; важкі тіла, потрапивши в псевдозріджений шар, опускаються на дно, легкі – спливають. Ці властивості використовують під час конструювання апаратури і розроблення технологічних процесів. Особливо цінною властивістю є плинність псевдозрідженого шару, завдяки якому можна зробити процес неперервним [1].

Гідрравлічний опір (D_p) шарів костьорізки залежить від швидкості подачі газу (V_0). До того ж за різної висоти шарів костьорізки (H) ця залежність має характерні особливості.

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

В 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, за якого $D_p = \text{const}$. Критична швидкість газу V_0 при цьому називається швидкістю псевдозрідження (V_{01}).

З подальшим зростанням швидкості $V_0 > V_{01}$ збільшуються як відстані між частинками так і загальний об'єм псевдозрідженого шару. Але оскільки перепад тиску під час псевдозрідження витрачається на підтримку шарів у зваженому стані, а маса частинок при цьому залишається незмінною, гідравлічний опір D_p шару буде постійним протягом усього часу збільшення V_0 до другої критичної швидкості V_{02} , за якої починається віднесення частинок.

Псевдозріджений шар існує за робочих швидкостей 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 може викликати поршневе псевдозрідження, в режимі якого «киплячий» шар складається з шарів газу і частинок, що чергуються по висоті костриці, що призводить до віднесення цих частинок з апарата. 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

$$V_{01} = 0,86 \text{ м/с,}$$

перепад тиску під час псевдозрідження

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

де: H – висота шару костриці, m ; $q = 9,8 \text{ м/с}$ – 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

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

$$H_0 = 1,709 \text{ H.}$$

Величини V_0 і H_0 враховують під час конструювання апарата з «киплячим» шаром. В залежності від швидкості подачі газу V_0 визначають його перетин і діаметр, а виходячи з пористості і ступеня розширення шарів – висоту шарів H_0 і робочу висоту апарата.

Висновки.

1. За проведеними теоретичними і експериментальними дослідженнями запропоновано і розроблено метод активації вугілля з костриці льону.

2. За визначеними параметрами розроблено та виготовлено установку для виробництва активованого вугілля з костриці льону.

3. Встановлено теоретичні залежності та оптимальні параметри процесу переробки костриці льону.

4. На підставі матеріалів статті можна рекомендувати промислову технологічну схему процесу термолізної переробки костриці льону в сорбенти.

Список літератури

1. Основные направления научных исследований в области первичной обработки волокнистых материалов: Учеб. пособие Л.А. Чурсина, К.Н.Клевцов, Е.Э. Бергер. – К.: УМК, 1996 – 86с.

2. Чурсина Л.А., Антонов С.И., Бергер Е.Э. Активирование угля в роторах с «кипящим слоем» // Ресурсосберегающие технологии в первичной обработке натуральных волокон: Сб. науч. трудов. – К. УКРНИИТЭИ. – 1995. – С. 17-19.

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

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

5. Кунин Д., Левеншпиль О. Промышленное псевдоожидание. Перевод с английского. – М.: Химия. 1976.

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

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

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

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.

Summare. On the basis of experimental researches and offered mathematic is grounded technology of the τ processing fires of flax. Developed and described construction of setting industrially of type for the production of absorbent carbon from fires of flax.

Стаття надійшла до редакції 17 грудня 2012 р.