



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122693** (13) **C2**

(51) МПК (2021.01)

C10L 5/44 (2006.01)**C10L 9/08** (2006.01)**B01D 21/26** (2006.01)**C12M 1/00****F26B 1/00**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

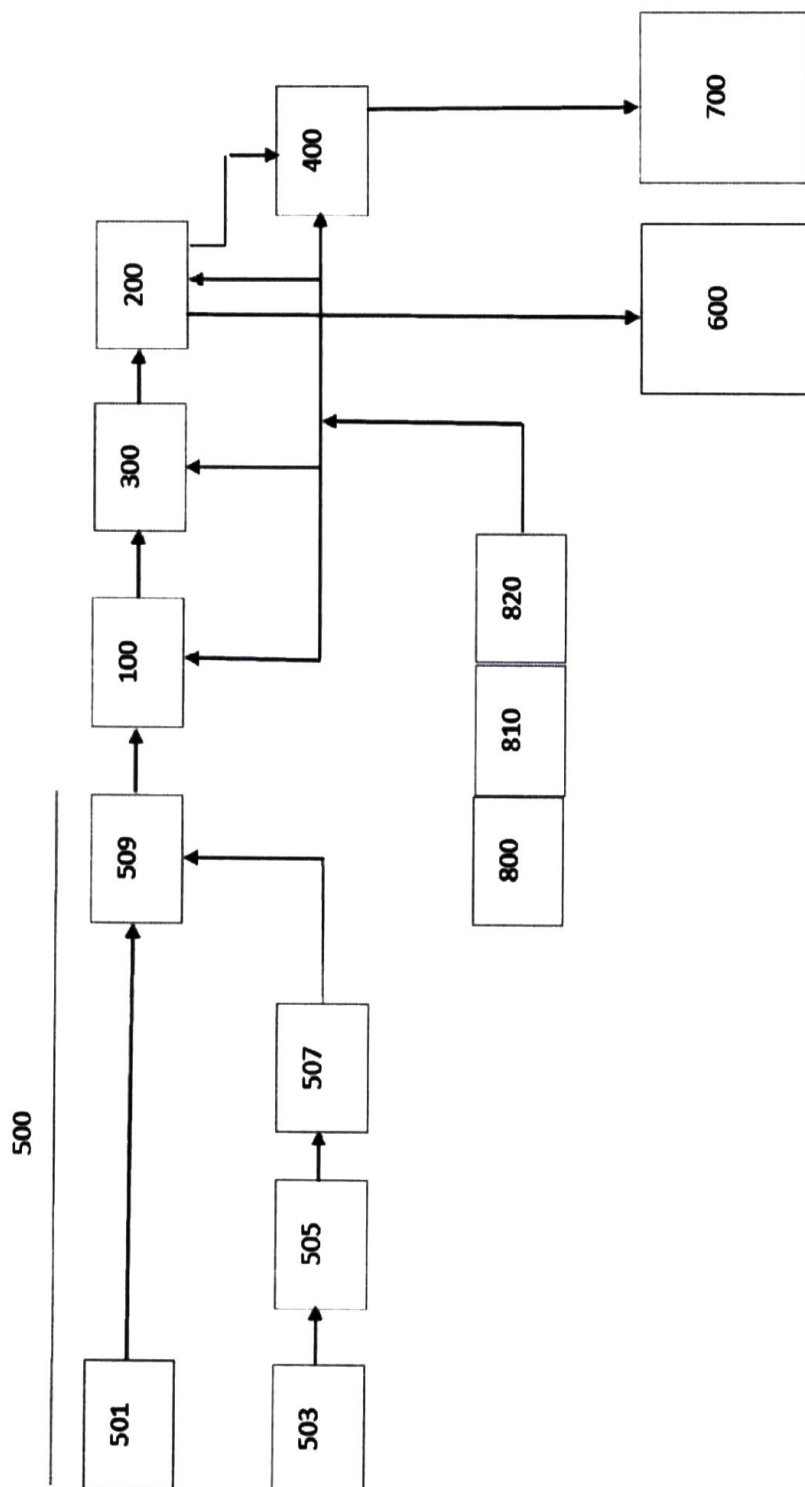
(21) Номер заявки:	а 2017 12245	(72) Винахідник(и):	В'єслє Жан-Поль (ВЕ)
(22) Дата подання заявки:	10.06.2016	(73) Володілець (володільці):	БЮКАРБОН ІНДАСТРІС САРЛ , 11 avenue de la Porte-Neuve, 2227 Luxembourg, Luxembourg (LU)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	29.12.2020	(74) Представник:	Кислиця Тетяна Олегівна, реєстр. №425
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	92738	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	WO 2004/072211 A2, 26.08.2004 FR 1460736 A, 04.03.1966 FR 2449860 A1, 19.09.1980 JP 2006273970 A, 12.10.2006 US 4589357 A, 20.05.1986 US 5662810 A, 02.09.1997 US 5958233 A, 28.09.1999 US 2011/252698 A1, 20.10.2011 Arden Just ET AL. Attrition Dry Milling In Continous And Batch Modes. [Інтернет -публікація] URL: http://www.unionprocess.com/tech_papers/dry_milling.pdf (збережено 12 грудня 2008 року, знайдено 24 серпня 2016 року) Atritor Broyeurs-Sécheurs Séries 'A' et 'B'. [Інтернет - публікація] URL: http://www.atritor.com/literature/fr/atritor-main_fr.pdf (збережено 5 жовтня 2014 року, знайдено 25 серпня 2016 року)
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	11.06.2015		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заяву:	LU		
(41) Публікація відомостей про заяву:	10.05.2018, Бюл.№ 9		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	28.12.2020, Бюл.№ 24		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	РСТ/ЕР2016/063375, 10.06.2016		

(54) СПОСІБ І УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ БІОМАСИ**(57) Реферат:**

Винахід стосується способу та установки для приготування лігноцелюлозної біомаси, зокрема, за допомогою видалення води і, при необхідності, гранулометричного подрібнення, з метою її подальшого використання, зокрема, в процесі випалу, карбонізації, виробництва гранул, наприклад паливних гранул або гранул для поліпшення ґрунту, або виготовлення будівельних

UA 122693 C2

матеріалів, або приготування агропромислової продукції. Спосіб включає етап центрифугування біомаси, за яким йде етап подрібнення-сушіння за допомогою стирання. Установка містить щонайменше один подрібнюючий пристрій і одну ситову центрифугу, за якою встановлено пристрій для подрібнення-сушіння за допомогою стирання.



ФІГ. 1

Даний винахід відноситься до способу приготування біомаси, зокрема, за допомогою видалення рідини, з метою її подальшого використання або в поточному стані, або після гранулометричного подрібнення, в процесі випалу, карбонізації або виробництва паливних гранул, в процесі виробництва гранул для поліпшення ґрунту, в процесі виготовлення будівельних і/або конструкційних матеріалів, або в процесі приготування, наприклад, продукції агропродовольчого сектору. Винахід також відноситься до установки для реалізації цього способу.

У контексті даного винаходу термін "біомаса" вживається для позначення сукупності органічних матеріалів лігноцелюлозної рослинної природи, включаючи деревину і залишки лігноцелюлозних культур, таких як солома або тростинний жом.

Відомі численні технології переробки лігноцелюлозної біомаси в різні види палива. Так, зокрема, випал біомаси полягає в її нагріванні до температури 180-300 °C у відновному середовищі. При цьому одержують рихлий продукт з високою нижчою теплотою згорання. Відомі також технології переробки деревної стружки або інших лігноцелюлозних біомас на паливні гранули. Крім того, відомі способи виготовлення матеріалів для загального чи цивільного будівництва з целюлозної біомаси, як, наприклад, деревостружкові плити, плити з орієнтованою структурою, елементи з гідротехнічного бетону, наприклад облицювальні камені, та ін. Для підвищення ефективності всіх згаданих технологій потрібне проведення належного сушіння біомаси, а також відповідне регулювання її гранулометричного складу перед подальшим використанням.

Як відомо, сушіння є дуже енергоємною операцією. Для досягнення високої економічної рентабельності процесів переробки біомаси та зниження сумарного енергоспоживання при цій переробці доцільний деякий вплив на хід операції сушіння. Відомо також, що ефективність сушіння пов'язана з гранулометричним складом частинок маси, яка підлягає сушінню, – чим розмір частинок більше, тим важче видаляти з них воду. Проте, при занадто дрібному гранулометричному складі існує ризик виникнення реальних проблем в процесі проведення як сушіння, так і наступних операцій обробки і/або переробки.

Відомо, що лігноцелюлозні рослинні органічні матеріали містять так звану вільну воду, так звану зв'язану воду і так звану конституційну воду. Вільна вода спонтанно виділяється при випаровуванні, зокрема, під дією руху повітря. Однак слід зауважити, що сушіння, наприклад, деревини в полінах, коли необхідно видалити вільну і зв'язану воду до досягнення прийнятного залишкового вмісту вологи, займає від 1 до 3 років. Слід розуміти, що зв'язана вода утворена водною фракцією, інтегрованою в молекулярні структури матеріалу, зокрема, деревини, які визначаються, головним чином, геміцелюлозою і целюлозою, в тому числі макропорами і мікропорами, в залежності від того, чи маємо ми справу з м'якими або твердішими деревними породами. Що стосується конституційної води, то видалити її можна тільки шляхом деяких, по суті, необоротних модифікацій матеріалу. Зазначимо виключно в порядку довідки, що при вмісті води в біомасі порядку 50-55 мас. %, вільна вода буде відповідати фракції до 25 мас. %, зв'язана вода 10-35 мас. % і конституційна – 0-10 мас. %.

Традиційні технології сушіння вимагають, як правило, використання гарячого газу для видалення води з біомаси, гранулометричний склад якої вибраний таким, щоб полегшити видалення. Так, в документі US-4552863 описаний спосіб одержання гранул активованого вугілля. Цей спосіб включає в себе етап сушіння до досягнення вмісту вологи в діапазоні від 4 до 5 мас. %, етап формування гранул і етап випалу гранул, після якого проводять активацію обпалених гранул водяною парою з високою температурою. У документі US-8388813 також описаний спосіб обробки біомаси, який включає в себе етапи випалу або карбонізації. Етап сушіння проводять за допомогою обертового барабана, через який пропускається гарячий газ з температурою в діапазоні 315-425 °C, на матеріалі з гранулометричним складом частинок близько сантиметра до одержання залишкового вмісту вологи в діапазоні 2-4 мас. %. У документі DE-102011016003 описана переносна установка для випалу біомаси, в якій частинки деревини пневматично переносяться в циклонну сушарку, де відбувається зниження вмісту вологи з приблизно 50 до приблизно 10 мас. %. У документі WO 2013/003615 описаний вертикальний реактор, в якому подрібнена біомаса вводиться у верхню частину і послідовно пропускається через розташовані одне під одним сита. Введена таким чином біомаса висушується гарячими газовими потоками, що проходять через щаблі сушарки. Нарешті, в документі CA-2710625 (або EP-2287278) описана установка випалу біомаси, яка забезпечена апаратом для сушіння гарячим газом, що забезпечує екстрагування 85-98 % вологи, яка міститься в біомасі.

Крім того, відоме застосування, в процесах виробництва деревних гранул, зазвичай званих "пелетами", операції сушіння частинок біомаси з наступними етапами спресування і/або екструзії.

Так, в документі DE-102010032610 розкрита установка для сушіння біомаси, яка містить кілька розташованих одна над одною конвеєрних стрічок, причому матеріал, що передається по ним, вивантажується з верхньої конвеєрної стрічки на нижню конвеєрну стрічку і конвеєрні стрічки розташовуються в замкнутому просторі, який нагрівається за допомогою нагрівальних елементів, поміщених на дні цього об'єму. У документі DE-102006061340 також описана установка для виробництва пелет, до складу якої входить сушильне устаткування, в якому за допомогою вентиляторів гарячі гази пропускаються через вертикальний шнек, завантажений біомасою.

Неважко зрозуміти, що зазначені сушильні засоби споживають багато енергії. Коли сушильні гази мають високу температуру, ефективність сушіння висока, але при використанні подібної технології є велика небезпека займання матеріалу. Якщо ж дані гази мають низьку температуру, близько 140 °C і нижче, це дозволяє, зрозуміло, обійтися малою витратою теплової енергії, проте можна припустити, що в цілому буде потрібно не менше 1,1 МВт на тонну водяної пари.

Нарешті, в документі WO 2011/131869 описаний спосіб виготовлення пелет, згідно з яким сушіння біомаси вимагає зменшену кількість енергії і проводиться одночасно з формуванням пелет із низькою температурою від 65 до 95 °C, після чого використовується сушарка, де вміст води пелет знижують приблизно до 10 %.

Документ JP 2006/273970 відноситься до приготування палива, призначеного для виготовлення клінкера. Це паливо містить дрібні частинки вугілля і біомаси. Частинки, або тріски, біомаси з вмістом води близько 25 мас. % і розмірами до 40 мм, а також вугілля з вмістом води близько 9 мас. % і частинками до 40 мм із середнім діаметром близько 25 мм піддаються сушінню і подрібненню суміші. Для сушіння використовуються гарячі гази з температурою 250-500 °C в установці для виробництва клінкера. Частинки подрібнюються до одержання фракції частинок розміром понад 90 мкм і 20-50 мас. %, а потім піддаються сепарації. В результаті одержують паливо з дрібними частинками, займистість яких близька до такої для вугільного пилу, що дає можливість рекуперації теплової енергії, яка міститься в біомасі. Даний продукт вводиться як паливо в обертову піч для випалювання клінкера, а більш великі частинки вводяться в пальник для попереднього випалу. Як засіб подрібнення можна використовувати валковий або кульовий подрібнювач. Сепарація здійснюється на ситі, наприклад, вібраційного типу.

Документ US-4589357 також відноситься до приготування палив на основі біомаси, які спалюються в пальнику, що працює за принципом інжекції підвішених в повітрі горючих речовин. Мета полягала в зменшенні енергетичних витрат на подрібнення біомаси, для чого було запропоновано бімодальне пальне, що містить частинки, подрібнені до розміру менше 100 мкм, які служать для підпалу основної фракції пального, яка, в свою чергу, складається з більш великих частинок, що мають все таки розмір менше 10 мм. Частинки можуть подрібнюватися в подрібнювачах різних типів, зокрема вказані стиральні подрібнювачі. Даний документ не описує як матеріал сушать до одержання потрібної вологості.

В документі US-5662810 розкриті спосіб і пристрій зневоднення осадів, які одержуються при виробництві спирту з зерен і рослинних волокон. Розділення рідини і твердих речовин здійснюється за допомогою центрифугування на ситах або в шнекових пресах. При цьому одержують шар з кількістю сухої речовини 33-34 % і, отже, як і раніше більше 65 % води.

У документі WO 2004/072211 також описано паливо на основі біомаси, що містить тонко подрібнені і висушені частинки деревини, кори, деревного вугілля або інших целюлозних матеріалів, яка зволожена маслом або рослинним спиртом. Якщо в неї додають деревне вугілля, то його одержують шляхом нагрівання до температури близько 280 °C. Що стосується целюлозних частинок, то їх піддають при необхідності попередньому сушінню, а потім центрифугують при температурі, яка підбирається таким чином, щоб можна було екстрагувати з них смоли. Фактично це особливий вид часткового випалу, що вимагає часу і енергії для досягнення належної сепарації та одержання палив. Далі частинки подрібнюють до розміру менше 500 мкм. Вміст води у них досить незначний, близько 6 мас. %.

У деяких випадках застосування біомаси може знадобитися її замочування в розчиннику, такому як вода або інша рідина, з наступним сушінням і/або витягуванням корисних речовин.

З вищесказаного випливає, що етап видалення рідини, зокрема, води, вимагає особливої уваги. Даний винахід спрямовано на вдосконалення процесу видалення води, зокрема, сушіння біомаси, за рахунок зниження споживання енергії, необхідної для досягнення прийнятної вмісту залишкової рідини, зокрема, до значення в діапазоні від 2 до 12 мас. % в біомасі, яка

надходить на етап подальшого формування і/або переробки, наприклад, виробництва гранул різного призначення, зокрема, паливних гранул або гранул для поліпшення ґрунту, випалювання або карбонізації, виробництва будівельних матеріалів або продукції агропродовольчого сектору.

Більш конкретно, винахід спрямовано на створення вдосконаленого способу приготування лігноцелюлозної біомаси, зокрема, механічного видалення води з лігноцелюлозної біомаси для можливості використання для різних призначень, наприклад, для виготовлення будівельних матеріалів і деревостружкових плит, формування в гранули різного призначення або переробки, зокрема за допомогою випалу, або переробки в деревне вугілля, або приготування харчових добавок або іншої агропромислової продукції.

Ще одним завданням є створення установки для реалізації вищевказаного вдосконаленого способу.

Перший аспект винаходу стосується способу приготування лігноцелюлозної біомаси, зокрема за допомогою видалення води, для подальшого її використання, що включає в себе центрифугування біомаси, потім подрібнення-сушіння за допомогою стирання.

Мається на увазі, що біомаса, яка подається для цього, може попередньо піддаватися іншим операціям обробки, таким як роздрібнення для доведення розміру біомаси до потрібної величини, що оптимальна для способу згідно із винаходом, і/або нагрівання до належної температури. Біомаса може бути також попередньо піддана обприскуванню і/або зануренню в текуче середовище, таке як розчинник і/або вода з температурою, для полегшення розкриття пор матеріалу. Така попередня обробка може сприяти видаленню рідини при здійсненні способу згідно із винаходом.

Хоча саме по собі центрифугування широко відомо, воно ще не знайшло застосування у видаленні води з твердої біомаси, точніше – в сушінні даної біомаси. Відомі випадки застосування обмежуються відділенням біомаси від води, яка утримує її в підвищеному стані, як при висушуванні опадів. Інше відоме застосування центрифугування целюлозної біомаси полягає у видаленні з неї смол з досить високою температурою. Було виявлено, що така технологія центрифугування, будучи застосованою до біомаси, яка в ряді випадків попередньо прополіскується або обробляється водою або будь-яким іншим текучим середовищем, дозволяє домогтися економічного видалення з неї води, зі зниженням енергетичних витрат.

Доцільно здійснювати центрифугування біомаси з крупним гранулометричним складом частинок, зокрема, в ситовій центрифугі, яка обертається зі швидкістю, що створює відцентрову силу понад 1000 G, переважно понад 1200 G, більш переважно понад 1500 G, ще більш переважно понад 2500 G. Мається на увазі, що верхня межа визначається параметрами механічної конструкції, з урахуванням економічних чинників. На практиці цілком можливо ціною прийнятних витрат досягти сил в зазначеному діапазоні величин. Переважно, щоб центрифугування здійснювалося в центрифугі з ситом з горизонтальною віссю, з ситом в формі усіченого конуса, з безперервною подачею потоку біомаси, зокрема потоку текучого середовища, наприклад повітря, завантаженням біомасою, при необхідності за допомогою шнекового живильника, на стороні малого діаметра, при цьому біомаса переміщається уздовж сита за допомогою шнека і біомаса зі зменшеною вологістю витягується на стороні великого діаметру. Може використовуватися центрифуга типу Conturbex (комерційне найменування компанії Siebtechnik), відома, зокрема, за застосуванням для фізичної сепарації твердих та рідких речовин у хімічній, харчовій та інших галузях промисловості, проте зазвичай не використовується для цілей видалення рідин, зокрема, води, точніше – для сушіння біомаси. При переміщенні біомаси уздовж сита з ідеальною формою усіченого конуса вона піддається дії зростаючих відцентрових сил. Мається на увазі, що вибір кута збігу сита в формі усіченого конуса дозволяє адаптувати центрифугування біомаси для досягнення бажаних результатів. Доцільно, щоб швидкість обертання транспортувального шнека відрізнялася від швидкості обертання сита і регулювалася так, щоб задавати час перебування матеріалу в центрифугі, дозволяючи тим самим в більшій чи меншій мірі забезпечити видалення рідини. Доцільно також, щоб біомаса переносилася потоком гарячого повітря з температурою нижче 200 °C, переважно нижче 140 °C, більш переважно в діапазоні від температури навколишнього середовища до 95 °C, ще більш переважно – в діапазоні від 40 до 95 °C, при необхідності – за допомогою шнекового живильника. Було виявлено, що на етапі центрифугування в подібній установці вдається домогтися зниження вмісту вологи в біомасі на 8-20 мас. %, доводячи її до значення нижче 50 мас. %, переважно нижче 45 мас. %, більш переважно нижче 40, 35 або навіть 30 мас. %. Слід зазначити несподіване одержання не тільки сепарації твердих та рідких речовин, але і видалення такої значної частини зв'язаної води за допомогою, головним чином, механічної обробки при низькій температурі. Подібні температури перешкоджають формуванню і/або

видалення смол і інших розчинів. Передбачається, що зазначений несподіваний результат обумовлений тим, що при перенесенні при навколишній температурі в гарячих газах пори відносно великих частинок біомаси, зокрема деревини, розширюються, і внаслідок центрифугування вивільняється значна кількість зв'язаної води. З огляду на вигірний енергетичний баланс цієї операції, яка проводиться на біомасі з частинками дуже крупним гранулометричним складом, доцільно підвищувати ступінь центрифугування, без шкоди при цьому для механічної і економічної надійності процесу.

Крім того, було виявлено, що розмір частинок може бути досить великим без спричинення при цьому суттєвого негативного впливу на результат центрифугування. Зокрема, центрифуга описаного вище типу забезпечує гнучкість регулювання відцентрової сили і/або часу перебування матеріалу так, що в ній можна обробляти біомаси з широким діапазоном гранулометричного складу. На практиці, виходячи, головним чином, з міркувань економії та доступності, працюють з подрібненими частинками біомаси типу тріски. Така тріска може мати максимальний розмір до 100 або 63 мм з товщиною від 0,5 до 13 мм, в залежності від розмірів використовуваної машини; далі, зокрема, враховані розміри транспортувального шнека. Таким чином, немає труднощів у використанні сит з розмірами P16-P100 згідно зі стандартом EN 14961. В той же час, вибір гранулометричного складу біомаси, яка подається в рамках запропонованого способу, залежить від необхідного гранулометричного складу на виході способу, з урахуванням наступних етапів формування і/або переробки.

Потім біомасу зі зменшеним вмістом води піддають операції подрібнення-сушіння за допомогою стирання. Операція подрібнення-сушіння за допомогою стирання, в свою чергу, зменшує розмір частинок біомаси, що надійшли на етап подрібнення-сушіння за допомогою стирання, а потім забезпечує теплове просушування біомаси за допомогою видалення рідини, зокрема, води, завдяки, зокрема, внутрішньому нагріванню, що зумовлене подрібненням і стиранням. Операцію подрібнення-сушіння переважно здійснювати в стиральному подрібнювачі типу Attritor (торгове найменування), який містить нерухомий плоский барабан, по обох бокових сторонах якого встановлені нерухомі подрібнюючі органи, диск, що обертається в зазначеному барабані і обмежує з кожного боку першу порожнину і другу порожнину, і на якому встановлені рухомі подрібнюючі органи, причому диск обертається зі швидкостями в діапазоні від 500 до 3500 об/хв, переважно в діапазоні від 700 до 1900 об/хв. Застосування подібних стиральних подрібнювачів відомо, зокрема, для подрібнення вугілля, а також в гірничорудній і хімічній промисловості. Матеріал подається за допомогою потоку текучого середовища, наприклад газу або повітря, поблизу осі обертання в першу порожнину, що також називається порожниною подрібнення, де відбувається його грубе подрібнення, потім подається до периферії барабана так, щоб він обійшов диск і перейшов у другу порожнину, перед видаленням нарешті з другої порожнини потоком текучого середовища поблизу осі обертання. На виході доцільно встановити фільтрувальну діафрагму, що пропускає частинки потрібного діаметру і утримує в другій порожнині більші частинки, які будуть там подрібнюватись до одержання потрібних розмірів. У другій порожнині потік текучого середовища, який використовується для перенесення, прагне доставити продукт до виходу вивантаження поблизу осі, тоді як відцентрові сили, обумовлені обертанням диска, який забезпечений подрібнюючими стрижнями, прагнуть знести великі частинки до периферії барабана. Ці протидіючі сили створюють суспензію продукту в несному газі, яка інтенсивно перемішується зазначеними стрижнями. В результаті продукт подрібнюється за рахунок взаємного тертя частинок. Стосовно більш дрібних частинок переважає тяга потоку текучого середовища і вони захоплюються до виходу. Дана операція дозволяє обробляти частинки широкого діапазону розмірів, зокрема, грубо подрібнених біомас, зокрема, в залежності від розмірів обладнання вище по ходу протікання процесу.

Хоча подрібнення стиранням саме по собі відомо, до теперішнього часу воно не знаходило застосування в сушінні твердих целюлозних біомас з частинками великої крупності, до величин приблизно 100 мм, за допомогою видалення води з самого матеріалу. Відомо лише застосування для обробки осадів біомаси, дигестатів (зброджених органічних осадів) і дистилатів, з метою відокремлення твердих речовин від рідин.

Коли матеріал завантажують в стиральний пристрій подрібнення-сушіння, використовуючи потік гарячого газу, в результаті ще більше підвищується ефективність сушіння за допомогою стирання. Згідно із одним з варіантів здійснення винаходу для цього можна використовувати гаряче повітря, переважно низької температури, зокрема нижче 145 °C, точніше в межах від температури навколишнього середовища до 95 °C, ще точніше – від 40 до 95 °C. Такий варіант дозволяє використовувати малу кількість теплової енергії, забезпечуючи тим самим суттєву економію. Згідно з іншим варіантом можуть використовуватися гази згорання, зокрема з

температурами в діапазоні від 250 до 600 °C і, отже, з дуже малим вмістом кисню або ж взагалі без кисню. Перевага цього варіанту полягає в рекуперації енергії димових газів, при цьому включається етап фільтрації. На етапі подрібнення-сушіння доцільно знижувати ступінь вологості біомаси на 8-30 мас. %, переважно на 10-25 мас. %, більш переважно – на 12-22 мас. %.

Як зазначено вище, ефективність зневоднення в значній мірі залежить від розміру частинок або, кажучи інакше, гранулометричного складу. Стосовно розміру частинок, зрозуміло, треба керуватися вимогами до наступних етапів способу.

Згідно з одним із кращих варіантів спосіб згідно з винаходом додатково включає етап попереднього сушіння гарячим газом низької температури, зокрема, нижче 200 °C, переважно нижче 140 °C, який здійснюється між центрифугуванням і подрібненням-сушінням за допомогою стирання. Переважно на даному етапі низькотемпературного сушіння передбачено зниження вмісту вологи на 10-20 мас. %.

Даний етап сушіння можна проводити на різному обладнанні. Згідно з одним із варіантів, біомасу можна висушувати на активній основі, переважно автоматизованій. Під "активною основою" розуміється основа, що дозволяє укласти біомасу на висоті від кількох сотень міліметрів до приблизно 3200 мм, при цьому купа біомаси піддається механічному струсу або перемішуванню для проникнення в неї повітря, здатного повести за собою значну кількість води. Хороші результати були одержані при роботі з шарами матеріалу в діапазоні до 3000 мм. Переважно, щоб температура повітря була трохи вище температури навколишнього середовища. Перемішування або ворухіння можна здійснювати за допомогою обертового валу з лопатями, які заходять в купу біомаси. Даний етап дозволяє знизити вміст води на 5-20 мас. %, переважно на 10-15 мас. %.

Згідно з іншим варіантом може бути передбачений етап проміжного сушіння в установці з поміщеними одна над одною конвеєрними стрічками, через які пропускають висхідний потік гарячого повітря. В установці такого типу є дві або більше розміщених одна над одною конвеєрних стрічок, при цьому біомаса надходить з верхньої стрічки на нижню і вивантажується з останньої в наступну по потоку обладнання. Знизу подають потік гарячого повітря, який проходить через нижню конвеєрну стрічку і покладену на неї купу біомаси, потім через верхню конвеєрну стрічку і покладену на неї купу біомаси і т.д., несучи з собою вологу, яка міститься в біомасі. Доцільно, щоб температура повітря була нижчою 200 °C, переважно нижче 140 °C, переважно в діапазоні від температури навколишнього середовища до 95 °C, ще більш переважно від 85 до 95 °C, так щоб використовувати малу кількість теплової енергії.

Згідно з ще одним варіантом способу згідно із винаходом проміжне сушіння може проводитися в боксах з рухомих дном. Мова може йти про бокси з перфорованим дном, наприклад з тягнутого або мікроперфорованого металу, яке утворене різними поздовжніми елементами, кожен з яких робить незалежний поздовжній зворотно-поступальний рух, захоплюючи таким чином біомасу в поздовжнє переміщення. Через перфоровані поздовжні елементи пропускають потік гарячого повітря малої теплоти, який проходить через укладену біомасу, забезпечуючи її сушіння.

Нарешті, коли це буде потрібно, може бути передбачений етап додаткового сушіння гарячим газом низької температури, зокрема, нижче 200 °C, переважно нижче 140 °C, переважно в діапазоні від температури навколишнього середовища до 95 °C, ще більш переважно від 40 до 95 °C, так щоб досягалася потрібна ступінь вологості біомаси. Цей етап дозволяє також дозувати подачу на наступні етапи. Переважно, щоб цей етап проводився в пристрої з псевдозрідженим шаром з використанням осциляції і вібрації.

Як зазначено вище, спосіб згідно із винаходом відноситься до приготування біомаси, зокрема, за допомогою видалення води, для її подальшого використання або в поточному стані, або після гранулометричного подрібнення. Подальше використання може полягати в процесі переробки, або ж процесі формування, або ж процесі виготовлення будівельних і/або конструкційних матеріалів або продукції агропродовольчого сектору. Під формуванням розуміється формування паливних гранул або тріски з використанням традиційних технологій, наприклад, пресування, динамічної екструзії, а також формування гранул для інших спеціальних цілей. Під переробкою розуміється, зокрема, випал або коксування, наприклад, для приготування деревного вугілля. При виробництві деревостружкових плит або будівельних матеріалів типу облицювальних каменів біомаса змішується з в'язівником і використовується згідно з відомими технологіями. У разі виробництва агропромислової продукції здійснюється змішування волокнистих біомас з іншими компонентами і/або кормами; при необхідності одержану суміш формують, наприклад, у вигляді гранул.

Виявлено, що спосіб згідно із винаходом, в першу чергу спосіб приготування, що містить центрифугування з подальшим подрібненням-сушінням, дозволяє одержати біомасу з бажаним ступенем вологості, витрачаючи при цьому менше енергії, ніж при використанні традиційних технологій. Маючи вихідну біомасу з досить великими частинками і ступенем вологості приблизно 55 мас. %, вдається одержати біомасу з гранулометричним складом порядку міліметра і ступенем вологості нижче 15 мас. %, нижче 8 мас. % або навіть нижче 4 або 3 мас. %, споживаючи при цьому незначну кількість енергії, тобто, суттєво менше, ніж зазвичай споживається при використанні традиційних способів сушіння. Спостерігалася загальна економія енергії в діапазоні від 20 до 60 %, тобто, наприклад, на всьому процесі сушіння і подрібнення. Мається на увазі, що при використанні обробленої таким чином біомаси в операції формування, наприклад при гранулюванні формою, може бути доцільно підтримувати більш високий вміст води, в діапазоні 10-12 мас. %, з огляду на необхідність підтримувати плинність матеріалу, призначеного для процесу гранулювання і/або агломерації, і те, що тертя в формі також підвищує температуру, чим можна скористатися для видалення води.

Згідно з іншим аспектом винахід відноситься до установки для приготування лігноцелюлозної біомаси, зокрема, за допомогою видалення рідини, і, зокрема, води, можливо шляхом гранулометричного подрібнення, для подальшого її використання, зокрема, в процесі випалу, карбонізації і/або формування, зокрема, виробництва паливних гранул або гранул для поліпшення ґрунту, в процесі виготовлення будівельних і конструкційних матеріалів, або процесі приготування продукції агропродовольчого сектору, що містить щонайменше один засіб для подрібнення біомаси до потрібного гранулометричного складу, одну ситову центрифугу і один пристрій подрібнення-сушіння за допомогою стирання.

Згідно з ще одним аспектом винахід відноситься також до установки для приготування лігноцелюлозної біомаси, зокрема, за допомогою видалення води і гранулометричного подрібнення, для подальшого її використання, зокрема, в процесі випалу, карбонізації і/або формування, зокрема, при виробництві паливних гранул або гранул для поліпшення ґрунту, або в процесі виготовлення будівельних і конструкційних матеріалів або процесі приготування продукції агропродовольчого сектору, що містить щонайменше одну ситову центрифугу і один пристрій подрібнення-сушіння за допомогою стирання.

Переважно ситова центрифуга обертається зі швидкістю, що створює відцентрову силу понад 1000 G, переважно понад 1200 G, більш переважно понад 1500 G, ще більш переважно понад 2500 G. Доцільно використовувати згадану вище машину типу Conturbex, забезпечену ситом, переважно в формі усіченого конуса з горизонтальною віссю, в яку безперервно подається біомаса, переважно за допомогою потоку текучого середовища, наприклад повітря, завантаженого біомасою, на стороні малого діаметра, при цьому біомасу зі зменшеною вологістю витягають на стороні великого діаметра після перенесення її шнеком уздовж внутрішньої стінки сита. Перенесення біомаси може здійснюватися потоком повітря з температурою нижче 200 °C, переважно нижче 140 °C, переважно в діапазоні від температури навколишнього середовища до 95 °C, ще більш переважно – від 40 до 95 °C. Після центрифугування доцільно виконати подрібнення-сушіння за допомогою стирання.

Як пристрій подрібнення-сушіння за допомогою стирання доцільно використовувати описаний вище подрібнювач-сушарку типу Attritor, що містить нерухомий плоский барабан, з обох бічних сторін встановлені нерухомі подрібнюючі органи, і диск, що обертається в зазначеному барабані і обмежує з кожного боку першу порожнину, названу порожниною подрібнення, і другу порожнину, і на якому встановлено також рухомі подрібнюючі органи, причому диск обертається зі швидкостями в діапазоні від 500 до 3500 об/хв, переважно в діапазоні від 700 до 1900 об/хв. Має місце також канал подачі біомаси, завислої в газовому потоці, переважно гарячому, поблизу осі обертання, в першу порожнину і канал вивантаження матеріалу, завислого в газовому потоці, з другої порожнини поблизу осі обертання.

Установка згідно із винаходом може також містити, між засобами центрифугування і подрібнення-сушіння за допомогою стирання, апарат (300) для проміжного сушіння гарячим газом низької температури, зокрема, нижче 200 °C, переважно нижче 140 °C, зокрема, в діапазоні від температури навколишнього середовища до 95 °C. Різні альтернативи подібного обладнання описані вище.

Нарешті, установка згідно із винаходом може також містити, нижче по потоку від пристрою подрібнення-сушіння за допомогою стирання, апарат для додаткового сушіння гарячим газом низької температури, зокрема, нижче 200 °C, переважно нижче 140 °C, зокрема, в діапазоні від температури навколишнього середовища до 95 °C, переважно від 40 до 95 °C. Апарат для додаткового сушіння може бути сушильним апаратом з псевдозрідженим шаром, зокрема, відомий апарат з мікроперфорованим лотком з використанням осциляції і вібрації.

Далі наводиться більш детальний опис винаходу з посиланнями на креслення, на яких:
 фіг. 1 є функціональною схемою установки згідно із винаходом;
 фіг. 2 є поздовжнім перерізом через ситову центрифугу в формі усіченого конуса з
 безперервною подачею в осьовому напрямку;
 5 фіг. 3 є поздовжнім перерізом через стиральний подрібнювач, який використовується в
 рамках винаходу;

фіг. 4 є схематичним зображенням активної основи типу "алея-траншея".

На функціональній схемі з фіг. 1 показані різні етапи приготування біомаси, зокрема,
 деревних плит, які називаються також стружкою, яка подрібнена деревиною або деревною
 10 тріскою, за допомогою центрифугування 100 і подрібнення-сушіння 200 перед переходом до
 формування 600 паливних гранул (зазвичай названих пелетами) або до переробки шляхом
 випалу або карбонізації з метою виробництва біовуглецю або деревного вугілля 700. Показаний
 спосіб приготування біомаси переважно включає також етап 300 проміжного сушіння і етап 400
 додаткового сушіння. Мається на увазі, що для одержання можливості створення продукту з
 15 можливо більш постійною якістю необхідно збирати, зберігати, подрібнювати і змішувати вихідні
 матеріали з якомога більшою рівномірністю, що має загальне позначення 500. Зберігання
 переважно проводиться таким чином, щоб не допустити біологічного бродіння. У розглянутому
 прикладі як лігноцелюлозний матеріал виступає деревина, що надходить з північних регіонів.
 Можна також переробляти інші лігноцелюлозні біомаси, наприклад, соломі або тростинний
 20 жом. Може виявитися доцільним подрібнювати деревину на місці рубки з подальшим
 транспортуванням і зберіганням 501 в формі тріски лісових порід. Можна також транспортувати
 деревину і потім зберігати у вигляді кругляка або пиловочного кряжа, при цьому можна
 передбачити обкоркування 505 кряжа і/або подрібнення в тріску потрібних розмірів за місцем
 25 робіт – див. 507, можливо з проміжним буферним зберіганням. Потім можна змішати 509
 біомаси різної природи, наприклад, різні деревні масла, після чого вони надійдуть на обробку
 згідно із винаходом. Для цих цілей можна вдаватися до відомих процесів з використанням відомих
 видів обладнання.

Як показано нижче, перенесення біомаси в пропоновану установку проводиться гарячим
 газом низької температури, зокрема, нижче 140 °C, переважно нижче 95 °C, що дозволяє
 30 обійтися малою кількістю теплової енергії. Відповідно, необхідно передбачити термоблок 800
 для нагрівання повітря, забезпечений теплообмінниками 810 для регенерації тепла повітря, що
 відводиться, і відповідною керуючою апаратурою 820. Гаряче повітря належним чином
 подається по відповідних каналах 833, 835, 837 і 839 на різні етапи способу згідно із винаходом.

Згідно із винаходом, центрифугування доцільно здійснювати в центрифугі типу Conturbex
 35 (комерційне найменування компанії Siebtechnik), осьовий переріз якої схематично наведено на
 фіг. 2. Має місце сито 101 в формі усіченого конуса, що консольно змонтоване на осі 103
 обертання, яке може обертатися зі швидкостями, що забезпечують створення відцентрових сил
 в діапазоні від 1800 до 2000 G. На осі обертання закріплений також шнек 105 в формі усіченого
 конуса, що обертається зі швидкістю, меншою, ніж у сита 101. На стороні малого діаметра в
 40 шнеку 105 в формі усіченого конуса виконані прохідні отвори 107. Біомасу, підвішену в потоці
 гарячого повітря низької температури, тобто нижче 140 °C, переважно від 40 до 95 °C, подають
 в осьовому напрямку по каналу 109, з якого біомаса вивантажується на стороні малого діаметра
 шнека 105 в формі усіченого конуса. Відцентрова сила переміщує біомасу через отвори 107 на
 сито 101. Шнек 105 переносить її уздовж внутрішньої стінки сита 101, з якого вона
 45 вивантажується на стороні великого діаметру. Завдяки відцентровій силі, що діє на біомасу на
 всьому її шляху вздовж сита 101, відбувається видалення води з твердих частинок, після чого
 вона може бути відведена, при необхідності після відбору з неї тепла і/або спеціальних текучих
 середовищ, які в цілях економії можуть бути рекуперовані. Гаряче повітря, що використовується
 для перенесення, може бути використане знову або ж подано в теплообмінник для вилучення з
 50 нього тепла з метою повторного використання в способі згідно з винаходом, або спрямоване в
 будь-яке обладнання лінії приготування. Сама по собі така машина відома, проте раніше не
 використовувалася для подібного призначення. До переваг відноситься її надійність,
 можливість досягнення значної продуктивності, цілком достатньої для цілей способу згідно із
 винаходом, без необхідності будь-яких модифікацій, не рахуючи рутинних налаштувань, при
 55 цьому майже не потрібне техобслуговування. Завдяки можливості регулювання шнека
 незалежно від швидкості сита вдається домогтися потрібної гнучкості регулювання і
 зневоднення, за допомогою регулювання часу знаходження біомаси в центрифугі. Було
 виявлено, що центрифугування 100 може видаляти від 8 до 20 мас. % води, що міститься в
 частинках деревини, всю незв'язану воду, а також значну частину зв'язаної води. В залежності
 60 від регулювань, вмісту вологи і розмірів частинок деревини, які направляються в центрифугу,

можливо після відповідної попередньої обробки, можна довести вміст води в завантаженої масі, в якій знаходиться від 50 до 65 мас. % води, до величин в діапазоні від 25 до 45 мас. %.

Як відомо, здатність до видалення води в великій мірі залежить від гранулометричного складу і пористості. Гранулометричний склад частинок біомаси, що надходять, вибирається в залежності від економічності параметрів подрібнення і вимог до кінцевого використання приготованої біомаси. З урахуванням відносно низьких експлуатаційних витрат на цьому першому етапі центрифугування, доцільно інтенсифікувати зневоднення відносно великих частинок. В даному варіанті робота велася з подрібненими частинками типу тріски, що відповідає вимогам стандартів паперової промисловості (див. також стандарт EN 14961). Якщо точніше, використовувалися дерев'яні пластини завдовжки менше 63 мм, товщиною близько сантиметра. При більш тонкому подрібненні (з одержанням частинок, в основному, майже тієї ж товщини, але з довжиною менше 45 мм) поліпшується зневоднення в центрифугу. Для більш великих частинок потрібний більш тривалий час перебування при тому ж кінцевому гранулометричному результаті. Якщо зазвичай центрифугування здійснюється для відділення невеликої кількості твердих речовин від великої кількості води, то тут центрифугування було використано для відділення невеликої кількості рідини від великої кількості твердих речовин.

Подрібнення за допомогою стирання саме по собі відомо, проте передбачається, що до теперішнього часу його не застосовували ні для лігноцелюлозних біомас, ні для частинок з гранулометричним складом понад 80 мм, виходячи з того, що дана технологія використовується, як правило, для перетворення твердих речовин в дрібне деревне волокно. Перевага полягає в подрібненні частинок біомаси до потрібної крупності при генерації внутрішньої теплоти за рахунок тертя частинок одна об одну. Таким чином, одержана можливість нагрівання частинок матеріалу для видалення значних кількостей зв'язаної і конституційної води, що захоплюється і видаляється потоком гарячого повітря з низькою температурою. Згідно із варіантом в розглянутому прикладі пристрій подрібнення-сушіння є стиральним подрібнювачем типу Attritor 20A, що містить відносно плоский нерухомий циліндр 201 і коаксіальний обертовий диск 203. Обертовий диск 203 ділить об'єм циліндра 201 на дві порожнини 205, 207, з кожного боку диска 203. Бічні сторони 209 і 211 циліндра 201 забезпечені так званими нерухомими стрижнями 213 і 215, обертовий диск забезпечений по обидва боки так званими рухомими стрижнями 217. Біомаса подається потоком гарячого газу, що переносить підвішену біомасу по каналу 206, на одній стороні нерухомого циліндра 201 через бічну поверхню 209 поблизу центральної осі 220. Вона захоплюється газовим потоком і відцентровою силою, що створюється обертовим диском 203 і його стрижнями 217, в напрямку периферії нерухомого циліндра 201. При проходженні через першу порожнину 205 біомаса подрібнюється між нерухомими стрижнями 213 і рухомими стрижнями 217. Потім вона обходить обертовий диск 203 і надходить в порожнину 207, звідки видаляється через вихідну систему фільтрувальну діафрагму 221 по каналу 219. Фільтрувальна діафрагма пропускає частинки бажаного розміру, тоді як занадто великі частинки захоплюються відцентровою силою в газовий потік, який особливо інтенсивно переміщується в зоні стрижнів 211, 217, що забезпечує подрібнення частинок за допомогою стирання. Нарешті, гарячий потік проводить подрібнені належним чином частинки через сито 221. Було виявлено, що на цьому етапі цілком досяжно видалення від 8 до 30 мас. % води з суттєвою економічною рентабельністю.

У даному варіанті здійснення як газ, що використовується для перенесення, виступає гаряче повітря, температура якого відрізняється від температури навколишнього середовища, в діапазоні від 40 до 95 °C, причому гаряче повітря присутнє в установці, оскільки використовується також для перенесення біомаси в центрифугу. Мається на увазі, що операція сушіння і подрібнення за допомогою стирання може проводитися і за допомогою повітря, що має температуру навколишнього середовища. З таким же успіхом можна транспортувати біомасу в потоці газу згоряння в котлі (з невеликим вмістом або повною відсутністю кисню), який служить, наприклад, для генерації гарячого повітря. Фахівці в цій галузі зможуть легко скомбінувати різні варіанти з урахуванням вимог до процесу, доступного бюджету, а також екологічних та економічних вимог в конкретній ситуації застосування.

Згідно зі способом, що розглядається як приклад, передбачений проміжний етап 300 між центрифугуванням 100 і подрібненням-сушінням 200. В основі цього варіанта, цей етап проводиться на автоматизованій активній основі. Пристрій складається з основи 301, на яку укладають купу 303 матеріалу по висоті приблизно 3000 мм. Наявний воружильний пристрій 305, який переміщується уздовж купи 303 матеріалу і здійснює її перевертання, воружіння і провітрювання. Провітрювання укладеної біомаси дозволяє відвести воду, яка міститься в ній, що виконується при температурі навколишнього середовища або більш високій температурі, переважно трохи вищій, а саме – в діапазоні від 40 до 95 °C. До складу воружильного пристрою

305 може бути включений циліндр 307 з лопатями, що обертається в матеріалі для його ворущіння. Звісно, на цьому етапі можуть бути застосовані ворущильні пристрої та іншого типу. Ефективність способу частково залежить від видалення наповненого вологою повітря, тому важливо передбачити належне вентилявання ділянки, на якій знаходиться активна основа.

5 Може виявитися доцільним проміжне сушіння, особливо якщо біомаса на виході стирального подрібнювача повинна мати дуже низький вміст води, порядку декількох відсотків. В цьому випадку параметри проміжного сушіння слід розраховувати з урахуванням потрібного результату на виході подрібнювача.

10 На виході етапу подрібнення за допомогою стирання матеріал може вже бути придатним для подальшої переробки. Так, зокрема, коли необхідно одержати паливні гранули (пелети), біомаса, одержана на виході етапу подрібнення за допомогою стирання, може бути подана безпосередньо в процес переробки, зокрема, для пресування.

15 У деяких ситуаціях застосування, зокрема, коли потрібний випал або коксування біомаси, наприклад, з метою виробництва біовуглецю, є переважним інтенсифікувати сушіння. У цьому варіанті передбачений етап додаткового сушіння, наприклад, з псевдозрідженим шаром 400, з метою досягнення оптимального ступеня вологості. Такий пристрій добре відомий, тому не вимагає окремого опису. Відзначимо лише, що повітря суспензії має температуру переважно нижче 140 °C, а більш переважно – в діапазоні 40-95 °C.

20 Сукупна енергія (електрична і теплова), необхідна для такого приготування біомаси, зменшується щонайменше приблизно на 50 % в порівнянні з традиційними способами.

Як згадано вище, лігноцелюозна біомаса може переноситися в стиральному подрібнювачі також за допомогою газів згоряння. Такі гази мають досить високу температуру і тому можуть сприяти сушінню. Небезпека самозаймання та формування смол невелика, оскільки ці гази майже не містять кисню.

25 Як впливає з опису винаходу, він відноситься і до установки більш простої конструкції, ніж описана вище як приклад. Далі для порівняння наводиться опис установки згідно із винаходом для приготування біомаси, яка містить центрифугу типу Conturbex 520 (торгове найменування), здатну обробляти до 20 м³ матеріалу на годину. Біомасу, що підлягає обробці, попередньо подрібнювали до розміру деревних плит менше 63 мм в довжину при товщині близько 30 сантиметра і щільністю 200-300 кг/м³. Таким чином, в машині можна обробляти від 4 до 6 т біомаси на годину. Лігноцелюозна біомаса може мати вміст води від 40 до 90 %, при цьому було встановлено, що в результаті видалення центрифугою її залишається 30-40 %. Таким чином, при завантаженні 5 т/год. вдається видалити від 0,5 до 2,5 т води, в залежності від початкового вмісту води в матеріалі. Потужність машини Conturbex 520 становить 22 кВт/ч, так 35 що ефективне споживання дорівнюватиме в середньому 14,3-22 кВт/год. (з урахуванням множника 0,65 між номінальним значенням і середнім) при здатності до видалення від 500 до 2000 л.

40 Для порівняння, якщо взяти 5 т/год. матеріалу, що надходить, з 50 % вмістом води, при мінімальному видаленні 10 % або 250 л, Conturbex 520 буде споживати в середньому 57,2 кВт на тонну відведеної води.

В цілому, теплові процеси, що забезпечують сушіння, споживають від 1 до 1,5 МВт на тонну випареної води. Відповідно, має місце зниження енергоспоживання з коефіцієнтом мінімум 17,5.

45 Відповідно, установка для обробки біомаси згідно із винаходом, що містить стиральний подрібнювач, також відрізняється зниженим енергоспоживанням для визначеної міри сушіння в порівнянні з традиційними процесами теплової обробки. Як приклад можна відзначити, що подрібнювач типу Attritor 18a (торгове найменування) дозволяє довести попередньо подрібнену біомасу як описано вище до необхідного гранулометричного складу (від 0,1 до 30 мм) за один прохід з продуктивністю 24 т/год. Номінальна потужність подрібнювача Attritor 18a дорівнює 160 кВт/год. Для виконання такої ж операції традиційними засобами подрібнення (молоткові 50 дробарки, ланцюгові або ножові апарати) для досягнення бажаної продуктивності обробки, потужності і ціни, знадобиться використовувати два подрібнювача, які встановлюються один за одним, кожен з потужністю 370 кВт/год. і продуктивністю 18 т/год., що дає середнє енергоспоживання 26,7 кВт на одну тонну подрібненої біомаси. Подрібнювач типу Attritor 18a дозволяє досягти того ж результату при 4,3 кВт/т; тобто, споживання енергії знижено в 6 разів.

55 Для аналогічної операції сушіння в подрібнювачі типу Attritor було виявлено зменшення маси води від 6 до 10 %, в залежності від матеріалів, завдяки внутрішньому нагріванню при атмосферному тиску, без підведення зовнішнього тепла. Було також виявлено, що при підведенні зовнішнього тепла продуктивність сушіння з використанням подрібнення за допомогою стирання, дозволяє домогтися ефективності порядку 0,75 МВт на тонну води, що 60 видаляється.

Можна відзначити, що в інших подрібнювачах теж спостерігалася втрата маси води, але вона обмежувалася величинами 2-3 %. У розглянутому ж вище прикладі втрата води була в 2-3 рази більше. Відносно сушіння за рахунок підведення зовнішнього тепла, ефективність сушіння за допомогою подрібнювача Attritor в 1,5-2 рази вище, ніж в інших технологіях.

- 5 Продовжуючи порівняння, слід зазначити, що обслуговування звичайного подрібнювача є в загальному випадку досить трудомістким і вимагає регулярності. Навпаки, стиральний подрібнювач, такий як вищезгаданий подрібнювач типу Attritor, вимагає лише незначного обслуговування, яке може проводитися час від часу. Крім того, така машина дозволяє працювати в контрольованому середовищі, що навряд чи можна реалізувати в разі традиційних
- 10 подрібнювачів, відмінних від Attritor, тому цей варіант здійснення винаходу може мати особливу важливість.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 15 1. Спосіб приготування лігноцелюлозної біомаси, причому біомаса представлена у формі частинок, які мають розподіл гранулометричного складу типу P16, P31.5, P45, P63 або P100 згідно зі стандартом EN14961, при цьому спосіб включає видалення води з частинок біомаси, який **відрізняється** тим, що видалення води включає центрифугування біомаси, потім подрібнення-сушіння за допомогою стирання і потім біомасу вилучають з розмірами частинок в
- 20 діапазоні від одного міліметра до одного сантиметра.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що центрифугування здійснюють в ситовій центрифугі (100), яка обертається зі швидкістю, що створює відцентрову силу понад 1000 G, переважно понад 1200 G, більш переважно понад 1500 G, ще більш переважно понад 2500 G.
3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що центрифугування здійснюють в центрифугі (100),
- 25 яка забезпечена ситом (101) з горизонтальною віссю, в яку безперервно подають потік біомаси (108) на стороні малого діаметра, при цьому біомасу зі зменшеною вологістю витягають на стороні великого діаметра.
4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що повітря для перенесення біомаси має температуру нижче 200 °C, переважно температуру нижче 140 °C, більш переважно в діапазоні
- 30 від температури навколишнього середовища до 95 °C, ще більш переважно в діапазоні від 40 до 95 °C.
5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що при центрифугуванні знижують вміст води в біомасі на 8-20 мас. %, доводячи її до значення нижче 50 мас. %, переважно нижче 45 мас. %, ще більш переважно нижче 40, 35 або 30 мас. %.
- 35 6. Спосіб за будь-яким з пп. 1-5, який **відрізняється** тим, що при подрібненні-сушінні за допомогою стирання зменшують розмір частинок біомаси, які надійшли на етап подрібнення-сушіння за допомогою стирання, потім піддають біомасу термообробці теплом, яке утворюється при подрібненні і стиранні, причому подрібнення-сушіння здійснюють в стиральному подрібнювачі (200) типу Attritor, який містить нерухомий плоский барабан (201), на двох бічних
- 40 сторонах якого встановлені нерухомі подрібнюючі органи (213, 215), і диск (203), який обертається в зазначеному барабані (201) і обмежує з кожного боку першу порожнину (205) і другу порожнину (207), і на якому встановлено рухомі подрібнюючі органи (217), причому диск обертається зі швидкостями в діапазоні від 500 до 2000 об./хв, переважно в діапазоні від 700 до 1900 об./хв, при цьому матеріал подають за допомогою потоку текучого середовища, поблизу
- 45 осі обертання, в першу порожнину, піддають там грубому подрібненню і передають до периферії барабана так, щоб обійти диск і забезпечити перехід до другої порожнини, і, нарешті, видаляють з другої порожнини потоком текучого середовища поблизу осі обертання через регульовану діафрагму.
7. Спосіб за п. 1 або п. 6, який **відрізняється** тим, що при подрібненні-сушінні за допомогою
- 50 стирання знижують вміст води в біомасі на 8-30 мас. %, переважно на 10-25 мас. %.
8. Спосіб за будь-яким одним з пп. 1-7, який **відрізняється** тим, що між центрифугуванням і подрібненням-сушінням за допомогою стирання передбачений етап проміжного сушіння з використанням гарячого газу низької температури, зокрема нижче 200 °C, переважно нижче 140 °C.
- 55 9. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що на етапі проміжного сушіння на низькій температурі знижують вміст води на 10-15 мас. %.
10. Спосіб за пп. 1-9, який **відрізняється** тим, що передбачений наступний етап додаткового сушіння гарячим газом низької температури, зокрема нижче 200 °C, переважно нижче ніж 140 °C, більш переважно в діапазоні від температури навколишнього середовища до 95 °C, ще

більш переважно в діапазоні від 40 до 95 °С, переважно за допомогою псевдозрідженого шару з використанням осциляції і вібрації.

11. Спосіб за пп. 1-10, який **відрізняється** тим, що додатково включає, нарешті, етап випалу або карбонізації або етап формування або виготовлення будівельних матеріалів.

5 12. Установка для приготування лігноцелюлозної біомаси, яка **відрізняється** тим, що містить щонайменше один подрібнюючий пристрій, виконаний з можливістю отримання на своєму виході біомаси, яка має розподіл гранулометричного складу типу P16, P31.5, P45, P63 або P100 згідно зі стандартом EN14961, і одну ситову центрифугу (100), за якою встановлено пристрій (200) для подрібнення-сушіння за допомогою стирання, який виконаний з можливістю вилучати

10 біомасу з розмірами частинок в діапазоні від одного міліметра до одного сантиметра.
13. Установка за п. 12, яка **відрізняється** тим, що ситова центрифуга (100) виконана з можливістю обертання зі швидкістю, що створює відцентрову силу, яка дорівнює щонайменше 1000 G, переважно щонайменше 1200 G.

14. Установка за п. 13, яка **відрізняється** тим, що ситова центрифуга (100) містить сито (101) у формі зрізаного конуса з горизонтальною віссю, яке виконано з можливістю безперервної подачі в нього потоку (109) біомаси на стороні малого діаметра і вилучення біомаси зі зменшеною вологістю на стороні великого діаметра.

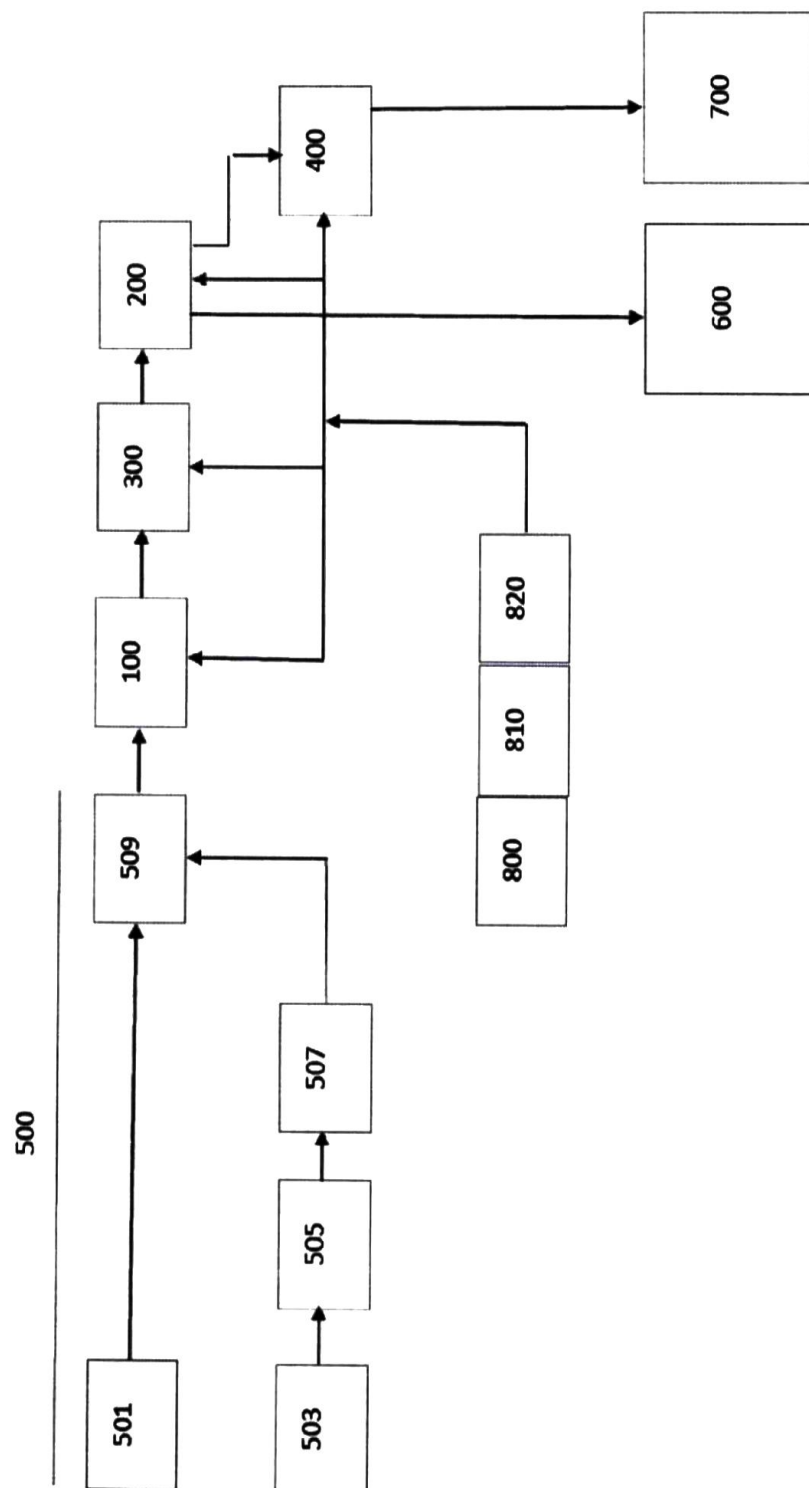
15. Установка за п. 12 або п. 13, яка **відрізняється** тим, що виконана з можливістю перенесення біомаси газовим потоком з температурою нижче 200 °С, переважно нижче 140 °С.

20 16. Установка за п. 12 або п. 13, яка **відрізняється** тим, що пристрій (200) для подрібнення-сушіння за допомогою стирання є стиральним подрібнювачем типу Attritor, який містить нерухомий плоский барабан (201), на двох бічних сторонах якого встановлені нерухомі подрібнюючі органи (213, 215), і диск (203), який виконаний з можливістю обертання в зазначеному барабані і обмежує з кожного боку першу порожнину (205) і другу порожнину (207), і на якому встановлено рухомі подрібнюючі органи (217), причому диск (203) виконаний з

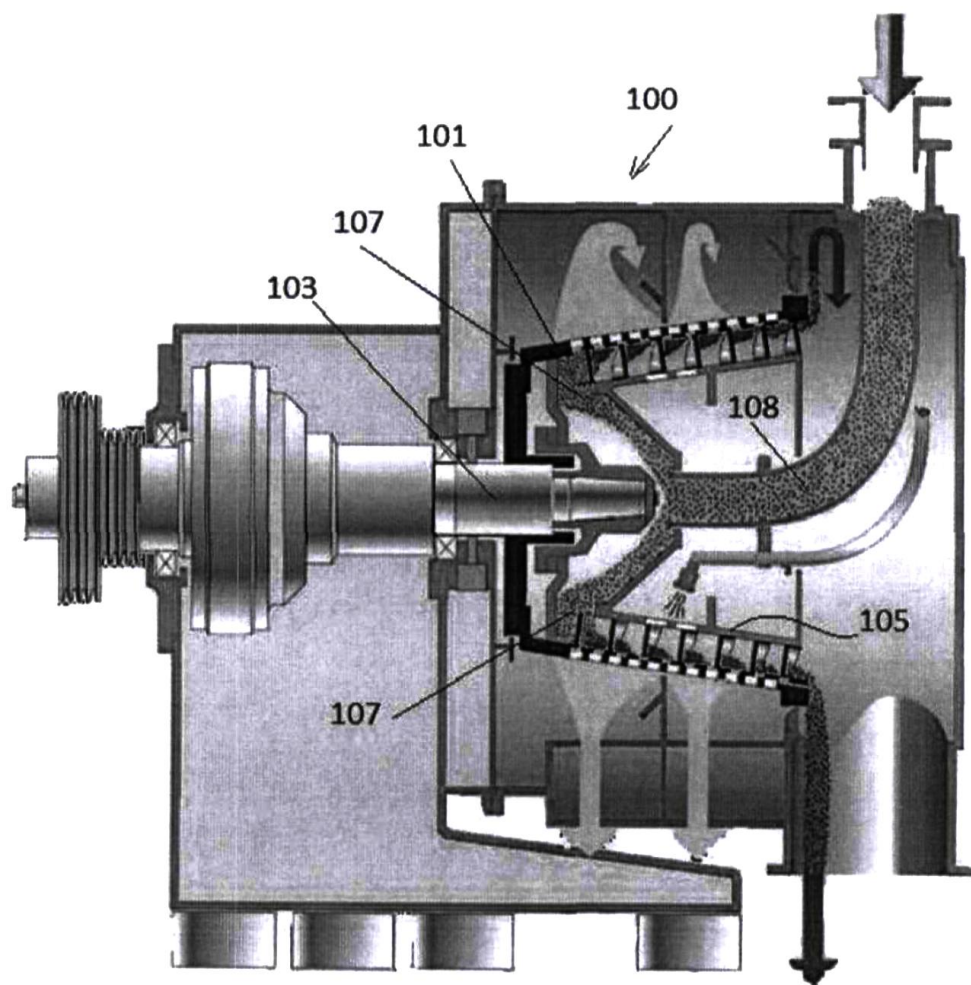
25 можливістю обертання зі швидкостями в діапазоні від 500 до 2000 об./хв, переважно в діапазоні від 700 до 1900 об./хв, а також канал (206) подачі біомаси, завислої в газовому потоці, поблизу осі обертання, в першу порожнину (205) і канал (219) вивантаження матеріалу, завислого в газовому потоці, з другої порожнини (207) поблизу осі (220) обертання.

30 17. Установка за будь-яким одним з пп. 12-16, яка **відрізняється** тим, що додатково містить, між засобами центрифугування і подрібнення-сушіння за допомогою стирання, апарат (300) для сушіння гарячим газом низької температури, зокрема нижче 200 °С, переважно нижче 140 °С.

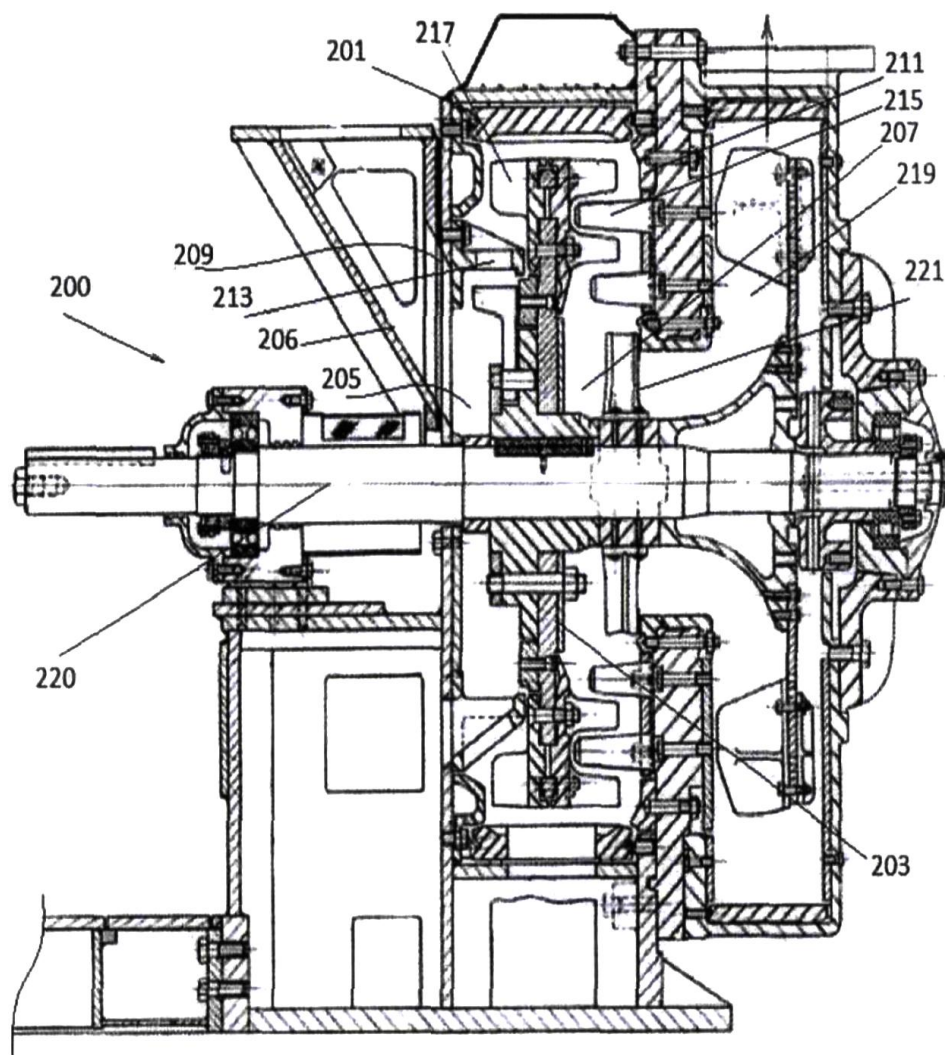
35 18. Установка за одним з пп. 12-17, яка **відрізняється** тим, що додатково містить, нижче по потоку від пристрою для подрібнення-сушіння за допомогою стирання, апарат (400) для додаткового сушіння гарячим газом низької температури, зокрема нижче ніж 200 °С, переважно нижче ніж 140 °С, більш переважно в діапазоні від температури навколишнього середовища до 95 °С, ще більш переважно в діапазоні від 40 до 95 °С, зокрема, за допомогою псевдозрідженого шару з використанням осциляції і вібрації.



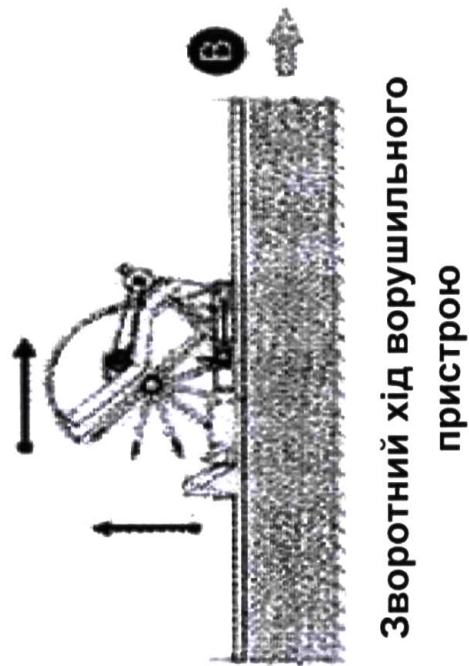
Фиг. 1



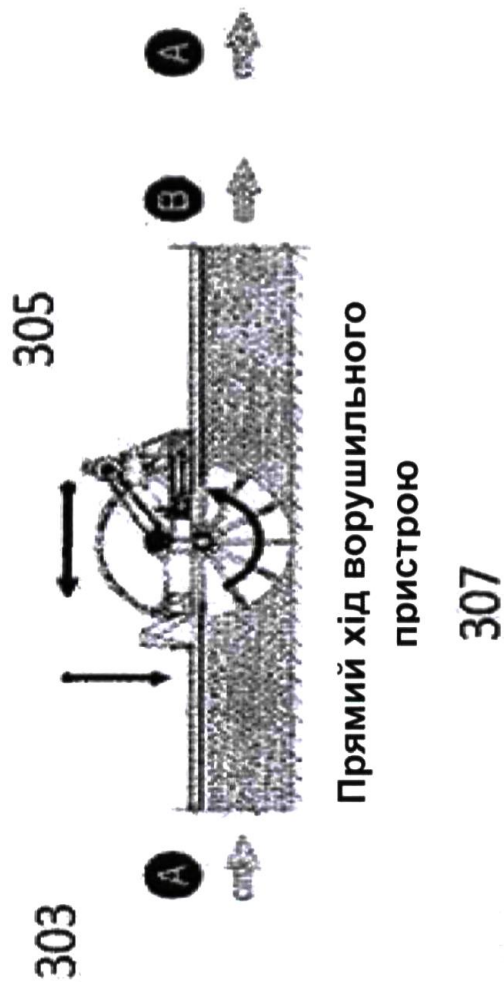
ФІГ. 2



ФІГ. 3



Зворотний хід ворушильного пристрою



Прямий хід ворушильного пристрою

ФІГ. 4