



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 6545

(13) U

(51) 7 F26B3/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ ТА ІНШОЇ СИРОВИНИ

1

(21) 20040907844
(22) 27 09 2004
(24) 16 05 2005
(46) 16 05 2005, Бюл №5, 2005р
(72) Коц Іван Васильович, Скородзієвська Лариса Василівна, US
(73) Вінницький національний технічний університет
(57) Спосіб сушіння рослинної та іншої сировини, в якому розташовують сировину в теплоізольованій робочій камері, обдувають її вихровими циркуляційними потоками нагрітого газоподібного теплоносія, охолоджують і відводять відпрацьований і збагачений вологою теплоносій від висушуваної сировини, який відрізняється тим, що обдувають сировину циркуляційними газовими потоками, відділяють від них частину відпрацьованого і збагаченого вологою сушильного агента і направляють на охолодження та осушення послідовно у дві стадії на першій стадії охолоджують і осушують відділену частину сушильного агента до температури, близької до точки роси за рахунок пере-

2

дачі теплоти сушильному агенту, що повертається після другої стадії охолодження і осушення, на якій здійснюють конденсацію водяної пари, а потім після двостадійного послідовного підігріву повертають в теплоізольовану робочу камеру, окрім того, на першій стадії підігріву відділеної частини сушильного агента його нагрівають за рахунок відібраної теплоти від цієї відділеної частини відпрацьованого сушильного агента на першій стадії його охолодження і осушення, а на другій стадії його змішують з основним потоком сушильного агента, від якого постійно відбирають таку ж масову частину сушильного агента на осушення, весь потік нагрівають за рахунок енергії, підведеної ззовні, а потім направляють в сушильну камеру, для збалансування кількості видаленої із сировини і сконденсованої із відпрацьованого сушильного агента вологи заміщують частину сушильного агента з підвищеним вологовмістом на таку ж частину сушильного агента із пониженим вологовмістом, який беруть ззовні

Корисна модель відноситься до тепломасообмінних процесів і може бути використана для сушіння рослинної сировини, наприклад, фруктів, овочів, ягід, солоду та інших харчових продуктів і кормів для тварин (жом, комбіновані корми і т.п.), зокрема, цільх, нарізаних дольками або гранульованих, а також таких, що знаходяться у рідкому, дисперсному або пастоподібному стані, коли необхідно отримувати продукцію висушену до необхідного ступеня вологості в нормальній, інертній, окислювальній, відновлювальній або в іншій контрольованій атмосфері, а також виключати або зменшувати до мінімуму винесення випарованої із продукції вологи разом із сушильним агентом. Крім того, корисна модель може бути використана у кормовиробництві, у хімічній, мікробіологічній, фармацевтичній та й інших галузях промисловості для сушіння і терміобробки сировини, напівфабрикатів і продукції у контрольованому газовому середовищі зі збором продуктів випарювання.

Відомо спосіб сушіння матеріалів для різних технологічних процесів [Нагревательные установки ПАП 32 для сушки древесины Рабочие чертежи Москва НИИ Информтяжмаш, 16-32-71, 1971г], в основу якого покладено явище газодинамічного розігріву циркулюючого сушильного агента газового потоку, внаслідок тепловиділень при обертанні роторного нагрівача,

виконаного у вигляді радіального (відцентрового) вентилятора, за рахунок гальмування потоку газу у полі відцентрових сил, його аеродинамічного стиснення та розширення, вихрових ефектів тощо. Роторний нагрівач, що застосовується при реалізації цих способів, є одночасно нагінатчем повітря і генератором теплоти, забезпечуючи інтенсивну циркуляцію (рециркуляцію) і нагрів сушильного агента - газового потоку, за допомогою контактної взаємодії якого з поверхнею продукції відбувається її сушіння. Вологообмін сушильного агента, що полягає у притоці свіжого та викиді відпрацьованого зволоженого повітря, здійснюється шляхом відкриття або закриття дроселюючих засувок із дистанційним керуванням, встановленими у патрубках, які з'єднують внутрішню порожнину теплоізольованої робочої камери із навколишнім середовищем.

Недоліком цього способу є функціональна непридатність для сушіння каплярно-пористих колоїдних тіл, якими є фрукти, ягоди та овочі, що вміщують значну кількість вологи (до 90% води). Спосіб не передбачає конденсацію і видалення вологи із сушильного агента. Окрім того, при реалізації цього способу, відбуваються втрати теплової енергії в результаті викиду зволоженого теплого повітря із герметичної теплоізольованої камери в атмосферу, що призводить до підвищення енергоємності і зниження ККД установки.

(19) UA (11) 6545 (13) U

Прототипом є спосіб сушіння рослинної сировини [Патент України №10712А, МПК F26В3/06, 1995р], який полягає в тому, що висушувану продукцію розміщують у теплоізольованій робочій камері і здійснюють її обдування вимушеною циркуляцією сушильного агента в замкнутому герметичному просторі сушарки, а утворений в процесі сушіння збагачений вологою та іншими леткими ароматичними речовинами сушильний агент охолоджують, після чого продукти конденсації виводять назовні. Як газоподібний сушильний агент використовують контрольоване нормальне, інертне чи окислювальне, відновлювальне, або інше газове середовище.

Спосіб передбачає повернення в герметичну теплоізольовану робочу камеру частини теплової енергії за рахунок збору конденсату всередині цієї робочої камери. Але, очевидно, основну частину теплоти від утворення конденсату в такий спосіб використати неможливо, бо вона виводиться з конденсатом назовні камери. Інша більша частка теплоти, яку отримують при охолодженні та осушуванні сушильного агента, постійно віддається охолоджуючій воді, що протікає крізь конденсатор. Потік теплового зволоження сушильного агента частково контактує з поверхнею трубчатого конденсатора і за умови підтримання на поверхні конденсатора температури, яка нижча за точку роси, відбувається конденсація пари, а конденсат виводиться назовні.

До недоліків даного способу можна віднести ускладнення в регулюванні параметрів температури і вологості циркулюючого потоку. Їх регулювання є можливим лише за рахунок зміни площі живого перерізу конденсатора та завдяки регулюванню температури проточної води, яка охолоджує конденсатор. Змінювати площу живого перерізу конденсатора і температуру проточної води, збільшуючи її витрати, в процесі практичного використання досить складно і не завжди економічно доцільно. Температура і вологість, сушильного агента у великій мірі залежить від інтенсивності випаровування вологи із об'єкту сушки, а тому, наприклад, при сушінні кисточкових плодів та інших об'єктів, які погано віддають (випаровують) вологу, сушильний агент, що взаємодіє з ними, має низьку вологість і при контакт з поверхнями конденсатора віддає йому тепло без осушення повітряно-водяної суміші - сушильного агента. Все тепло при цьому йде лише на розігрівання проточної води і значно подовжує тривалість сушіння.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу сушіння рослинної та іншої сировини, в якому шляхом організації технологічного процесу та його окремих операцій і необхідних технічних засобів, забезпечується підвищення енергоефективності і загальний енергетичний ККД, за рахунок чого поліпшується споживча якість висушуваної продукції, в якій зберігаються цінні ароматичні і біологічні складові речовини, отримані внаслідок рівномірного, стабільного і кондиційного сушіння рослинної або іншої сировини.

Поставлена задача розв'язується завдяки тому, що відповідно до запропонованого способу сушіння рослинної сировини висушувану продукцію розташовують в теплоізольованій робочій камері і обдувають сировину циркуляційними газовими потоками, відділяють від них частину відпрацьованого і збагаченого вологою сушильного агента і направляють на охолодження та осушення послідовно у дві стадії: на першій стадії охолоджують і осушують відділену частину су-

шильного агента до температури близької до точки роси за рахунок передачі теплоти сушильному агенту, що повертається після другої стадії охолодження і осушення, на якій здійснюють конденсацію водяної пари. Потім після двостадійного послідовного підгріву повертають в теплоізольовану робочу камеру. Окрім того, на першій стадії підгріву відділеної частини сушильного агента його нагрівають за рахунок відділеної теплоти від цієї відділеної частини відпрацьованого сушильного агента на першій стадії його охолодження і осушення, а на другій стадії його змішують з основним потоком сушильного агента, від якого постійно відбирають таку ж масову частину сушильного агента на осушення. Весь потік сушильного агента нагрівають за рахунок енергії підведеної із зовні, а потім направляють в сушильну камеру, для збалансування кількості видаленої із сировини і сконденсованої із відпрацьованого сушильного агента вологи замщують частину сушильного агента з підвищенням вологовмістом на таку ж частину сушильного агента із пониженням вологовмістом, який беруть із зовні.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак корисної моделі і технічним результатом, якого можна досягти, полягає в наступному:

Запропонований спосіб сушіння рослинної сировини передбачає, з метою енергозбереження, теплоутилізацію теплоти, що надходить з відділеної частини відпрацьованої пароповітряної суміші - сушильного агента до великого контуру, в якому відбувається послідовна двостадійна тепловолопсна обробка відділеної частини сушильного агента. Завдяки поверненню цієї частки теплоти до теплоізольованої робочої камери сушарки, суттєво зростає енергетичний ККД процесу, які реалізуються за даним способом, у порівнянні із прототипом. Поступове заміщення сушильного агента, який насичений відділеною із висушуваної рослинної сировини вологою і циркулює у малому контурі робочої камери сушарки, на зневоднений і попередньо підігрітий сушильний агент, що повертається у робочу камеру сушарки із великого контуру циркуляції, забезпечує рівномірне, стабільне і кондиційне сушіння рослинної сировини, допоможе зберегти цінні ароматичні і біологічні складові речовини у висушуваній продукції.

На Фіг зображено теплову принципову схему сушарки, яка реалізує запропонований спосіб сушіння рослинної та іншої сировини.

До складу сушарки входить герметична теплоізольована робоча камера 1, в центрі задньої стінки якої встановлено у замкнутій камері 2 теплогенеруючий пристрій - роторний аеродинамічний нагрівач 3, виконаний у вигляді відцентрового вентилятора, що приводиться в рух від зовнішнього електродвигуна 4, а також циркуляційні направляючі екрани 5 і 6 із розгалуженою системою направляючих отворів, що призначені для організації і спрямування потоків сушильного газоподібного агента. Робоча камера 1 складається із двох сушильних секцій (може бути одна, дві або більше окремих секцій) і в кожній із них встановлені вертикальні стелажі 7 і 8 з решічастими полицями, на яких розташовується висушувана рослина або інша сировина. Замкнута камера 2, в якій розташовується теплогенеруючий пристрій - роторний аеродинамічний нагрівач 3 в передній частині відділена від внутрішнього об'єму робочої камери 1 жалюзійною ґраткою 9 із дистанційним управлінням, а крізь бокові отвори у вертикальних стінках цієї камери вона поєднується із горизонтальними повздовжніми повіт-

ропроводами 10 і 11, в яких розташовані регулювальні дросель-клапани 12 і 13. Повздовжні повітропроводи 10 і 11 утворені і обмежуються з однієї сторони поверхнею задньої стінки робочої камери 1, а з іншої поверхнями направляючих циркуляційних екранів 5 і 6, які відділяють повздовжні повітропроводи 10 і 11 від внутрішнього об'єму робочої камери 1, в якій встановлені вертикальні стелажи 7 і 8. В центрі робочої камери і поміж вертикальними стелажимами 7 і 8 встановлено внутрішній теплообмінник 14 типу "повітря-повітря" з розташованим на передній його стороні колектором каналів 15 для збору відпрацьованої і збагаченої вологою частини газоподібного теплоносія, який каналами прямого контуру 16 цього теплообмінника і повітропроводами 17 і 18 зв'язаний із входом прямого повітряного контуру 19 зовнішнього теплообмінника 20 типу "повітря-вода", вихід із якого приєднаний повітропроводом 21 до всмоктуючого патрубку нагнтового вентилятора 22, а його вихідний патрубок, в свою чергу, повітропроводами 23, 24 і 25 приєднаний до входу колектора каналів 15 і через нього до зворотного контуру 26 внутрішнього теплообмінника 14 типу "повітря-повітря", а вихідний повітропровід 27 із зворотного контуру 26, влаштований на задній стороні цього теплообмінника перед жалюзійною ґраткою 9 і спрямований своєю вільною відкритою стороною у центральну частину зони всмоктування роторного аеродинамічного нагрівача 3. Паралельно до всмоктуючого патрубку нагнтового вентилятора 22 приєднано зовнішній повітропровід 28 з дросельним пристроєм 29 із регульованим розміром прохідного отвору, через який він з'єднується із навколишнім повітряним середовищем чи резервуаром іншого газу. Зворотній водний контур 30 зовнішнього теплообмінника 20 типу "повітря-вода" з'єднаний із водогоним, в якому циркулює охолоджуюча вода. Поміж повітропроводами 17 і 24 встановлено повітропровід 31 з дросельним пристроєм 32 із регульованим розміром прохідного отвору. До повітропроводу 25 під'єднано повітропровід 33 з дросельним пристроєм 34 із регульованим розміром прохідного отвору. Протилежна сторона повітропроводу 33 має вільний вихід в навколишнє повітряне середовище. Для перекриття повітряних потоків при здійсненні різних режимів сушіння у повітропроводах встановлену запірні засувки 35, 36, 37, 38 і 39. Для збору конденсату, який випадатиме із пароповітряної суміші у внутрішньому та зовнішньому теплообмінниках 14 і 20 передбачені збірні ємності, відповідно 40 і 41, з яких конденсат виводиться зовні і утилізується. Передня частина теплоізолюваної робочої камери 1 герметично зачинена теплоізолюваними дверима 42 і 43.

Спосіб сушіння здійснюють шляхом виконання наступних операцій. Після завантаження рослинної або іншої сировини на вертикальні стелажи із решітчастими полицями 7 і 8, теплоізолювану робочу камеру 1 щільно зачиняють (герметизують), виключаючи зв'язок внутрішньої порожнини із зовнішнім атмосферним середовищем. Потім здійснюють обдування сировини вихровими циркуляційними потоками нагрітого сушального газоподібного агента, який розігривається роторним нагрівачем відцентрової дії 3 у замкнутому герметичному просторі сушарки, а отриманий внаслідок контакту із висушуваною продукцією збагачений вологою та іншими леткими ароматичними речовинами сушальний агент, що поступає із окремих секцій робочої камери сушарки, розподіляють частинами на малий і великий контури циркуляції сушального аген-

ту, які утворені, відповідно всередині і зовні робочої камери 1. Малий контур циркуляції сушального агента роторний аеродинамічний нагрівач 3 - замкнута камера 2, повздовжні повітропроводи 10 і 11 - розгалужена система направляючих отворів циркуляційних направляючих екранів 5 і 6 - робочі простори над решітчастими полицями вертикальних стелажів 7 і 8 - жалюзійна ґратка 9 - всмоктуючий отвір роторного аеродинамічного нагрівача 3. Великий контур циркуляції сушального агента роторний аеродинамічний нагрівач 3 - замкнута камера 2 - повздовжні повітропроводи 10 і 11 - розгалужена система направляючих отворів циркуляційних направляючих екранів 5 і 6 - робочі простори над решітчастими полицями вертикальних стелажів 7 і 8 - колектор каналів 15 та прямий контур 16 внутрішнього теплообмінника 14 - повітропроводи 17 і 18 - прямий повітряний контур 19 зовнішнього теплообмінника 20 - повітропровід 21 - нагнотельний вентилятор 22 - повітропроводи 23, 24 і 25 - колектор каналів 15, зворотний контур 26 і вихідний повітропровід 27 внутрішнього теплообмінника 14 - жалюзійна ґратка 9 - всмоктуючий отвір роторного аеродинамічного нагрівача 3. Запірні засувки 35, 36, 37 і 38 відкриті, а засувка 39 замкнута. При цьому зниження вологовмісту у циркулюючій масі сушального агента у малому контурі, в якому відбувається теплообмінний процес - сушіння, здійснюють поступово заміною частини відпрацьованого і збагаченого вологою сушального агента газом з великого контуру з більш низьким вологовмістом. У великому контурі виконують тепловолосну обробку відділеної частини сушального агента, а саме, послідовно і дві стадії у внутрішньому та зовнішньому теплообмінниках 14 і 20 охолоджують і осушують його, з метою доведення параметрів сушального агента до значень потрібних для організації сушальних процесів у робочій камері сушарки, а потім, після двостадійного послідовного підгріву у внутрішньому теплообміннику 14 та в замкнутій камері 2 роторного аеродинамічного нагрівача 3, повертають його в теплоізолювану робочу камеру 1. Причому, на першій стадії охолодження у осушення, відділену частину сушального агента охолоджують до температури близької до точки роси за рахунок передачі теплоти сушальному агенту, що повертається по зворотному контурі 26 внутрішнього теплообмінника 14 після другої стадії охолодження і осушення у прямому контурі 19 зовнішнього теплообмінника 20, на якій здійснюють конденсацію водяної пари, а конденсат видаляють із системи. На першій стадії підгріву відділеної частини сушального агента його нагрівають у зворотному контурі 26 внутрішнього теплообмінника 14 за рахунок відібраної теплоти від цієї відділеної частини відпрацьованого сушального агента на першій стадії його охолодження і осушення у прямому контурі цього ж теплообмінника, а на другій стадії його змішують у замкнутій камері 2 роторного аеродинамічного нагрівача 3 з основним потоком сушального агента, від якого постійно відбирають таку ж масову частину сушального агента на осушення, і весь потік нагрівають за рахунок енергії підведеної на привід роторного аеродинамічного нагрівача 3 від зовнішнього електродвигуна 4, а потім направляють в сушальну робочу камеру 1. Для збалансування кількості видаленої із сировини і сконденсованої із відпрацьованого сушального агента вологи заміщують частину сушального агента з підвищеним вологовмістом на таку ж частину сушального агента з пониженим вологовмістом, який беруть із зовні (дозовану кількість

свіжого повітря з навколишнього повітряного простору чи іншого газу із окремого резервуару) через повітропровід 28 і дросельний пристрій 29. Регулюванням положень дросель-кранів 12 і 13, а також площі прохідних отворів жалюзійної ґратки 9 і витратами охолоджувальної води у зворотному контурі 30 зовнішнього теплообмінника 20 досягають різних температурних режимів сушіння сировини у робочій камері 1.

У випадку сушіння сировини з пониженим вологим вмістом та у випадку досушування запропонований спосіб сушіння рослинної та іншої сировини може бути реалізований без використання зовнішнього теплообмінника 20 типу "повітря-вода". У даному випадку перекривається водопідвід охолоджувальною водою, яка циркулює у зворотному контурі 30 зовнішнього теплообмінника 20, вимикається привід нагнітального вентилятора 22, перекриваються запірні засувки 36 і 37, а запірні засувки 39 відкриваються. При цьому відпрацьований і збагачений вологою сушильний агент частково надходить із прямого контуру 16 внутрішнього теплообмінника 14 по повітропроводах 17, 31 і 33 на викид у навколишнє повітряне середовище і частково повертається по повітропроводу 25, зворотному контурі 26 і повітропроводі 27 внутрішнього теплообмінника 14 до робочої камери 1. Дозований викид необхідної маси відпрацьованого і збагаченого вологою сушильного агента здійснюють відповідною настройкою положень дросельних кранів 32, 34 і 35. Сушарки за даним способом можуть бути конструктивні рішення, коли робочий

об'єм герметичної теплоізолюваної робочої камери сушарки складають з однієї, двох або більше окремих секцій, які поєднані в контурах циркуляції сушильного агента. Такі конструктивні рішення розширюють функціональні можливості сушарки реалізованою за заявленим способом сушіння.

Запропонований за даним способом сушіння приклад схеми об'язки сушарки сприяє вдосконаленню цього способу, завдяки оптимальній організації всього технологічного процесу та його окремих операцій і внаслідок застосування необхідних технічних засобів, а також забезпечує підвищення енергоефективності і загального енергетичного ККД, за рахунок чого поліпшується споживча якість висушеної продукції, в якій зберігаються цінні ароматичні і біологічні складові речовини, отримані внаслідок рівномірного, стабільного і кондиційного сушіння рослинної або іншої сировини.

Коефіцієнт корисної дії експериментальної сушарки, робота якої була організована за способом, який заявляється, складає в середньому 80-85%, що на 15-25% більше ніж у кращих конвективних сушарках, де - 60-70%.

Розрахунки, які були проведені згідно відомих теплотехнічних методик підтвердили експериментальні результати. Так, для традиційних сушарок розрахункові значення коефіцієнта корисної дії склали 54-68% в залежності від режиму, а для запропонованих сушарок, які працюватимуть згідно заявленому способу 86-91%.

