



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94307 (13) C2  
(51) МПК  
F26B 3/02 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРОЦЕС СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

1

2

(21) а200908131

(22) 03.08.2009

(24) 26.04.2011

(46) 26.04.2011, Бюл.№ 8, 2011 р.

(72) КОЛОМИЦЕВ ЄВГЕНІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ,  
ВАСИЛЬЄВ АНАТОЛІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, РІШНЯК  
ІВАН МИКОЛАЙОВИЧ, КОЛОМИЦЕВ ВАДИМ ЄВ-  
ГЕНІЙОВИЧ, МАРЧЕНКО ВАЛЕРІЙ МИКОЛАЙО-  
ВИЧ, ОСІПОВ ВАЛЕРІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

(73) КОЛОМИЦЕВ ЄВГЕНІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ,  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) RU 2020391 C1; 30.09.1994

RU 2127405 C1; 10.03.1999

UA 39672 U; 10.03.2009

RU 2005968 C1; 15.01.1994

US 4126946 A; 28.11.1978

US 4142302 A; 06.03.1979

(57) Процес сушіння зернових культур, який вклю-  
чає попереднє нагрівання зерна газоподібним су-  
шильним агентом з підвищеним вмістом вологи з  
наступним зневодненням зерна газоподібним су-  
шильним агентом при температурі на 10-15 °С

вище гранично допустимої температури нагріван-  
ня даного зерна, який **відрізняється** тим, що по-  
переднє нагрівання зерна здійснюють до гранично  
допустимої температури на поверхні зерна даної  
культури і як сушильний агент використовують  
суміш із відпрацьованого сушильного агента, топ-  
кових газів та гарячого повітря з зони охолодження  
зерна із вмістом вологи 20-55 г/кг і температурою  
на 1-40 °С вище гранично допустимої температури  
сушильного агента для даної культури зерна, а  
для стадії зневоднення як газоподібний сушильний  
агент використовують топкові гази або суміш топ-  
кових газів та гарячого повітря з зони охолодження  
зерна з вмістом вологи 12-18 г/кг, при цьому зне-  
воднення здійснюють до зниження температури на  
поверхні зерна на 5-10 °С нижче гранично допус-  
тимої температури нагрівання даного зерна, потім  
дискретно, періодично знову повторюють увесь  
процес сушіння зерна до одержання кінцевого  
вміщення вологи в ньому, величина якої відпові-  
дає технічним нормам для даного зерна.

Винахід належить до процесів сушіння диспе-  
рних та сипучих матеріалів і може бути викорис-  
таний у сільському господарстві та інших галузях.

Відомий процес сушіння зерна зернових куль-  
тур у шахтній прямооточній сушарці (Станкевич  
Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зер-  
на. - К.: Либідь, 1997. - С. 96, 97, 142 - 145, 150 -  
155, 189 -193), який включає попереднє нагрівання  
зерна з наступним зневодненням (власне сушін-  
ням) з використанням як агента сушіння для обох  
стадій суміші топкових газів з повітрям або зазна-  
ченої суміші з додаванням до неї гарячого повітря  
із зони охолодження зерна з температурою агента  
сушіння гранично допустимою для даної культури.

Недоліком зазначеного процесу є те, що і по-  
переднє нагрівання і зневоднення (власне сушін-  
ня) здійснюється одним і тим же сушильним аген-  
том з високим вмістом вологи і тепловмістом, що  
зумовлює протікання процесу випарювання вологи  
з зерна при досить тривалому впливі агента су-  
шіння, температура якого у 2,5-3 рази більша за  
гранично допустиму температуру нагрівання зер-

на. Останнє призводить до перегріву зерна, загли-  
бленню зони випарювання у його середину та, як  
наслідок, пересушування його плодової оболонки  
та розтріскування зерна, що зумовлює погіршення  
його якості і зменшення продуктивності процесу  
сушіння. До того, зазначене сушіння супроводжу-  
ється витрачанням підвищеної кількості енергії, а  
отже, витрачанням підвищеної кількості палива.  
Таким чином, зазначений процес не є ефективним.

Відомий також процес сушіння зерна круп'яних  
культур (патент RU №2020391, Мкл. 5 F26B3/02,  
30.09.1994г), який включає попереднє нагрівання  
зерна газоподібним сушильним агентом з підви-  
щеним вмістом вологи та температурою, що пере-  
вищує гранично допустиму температуру сушиль-  
ного агента для даного зерна, з наступним його  
зневодненням газоподібним сушильним агентом  
при температурі на 10-15° С вище гранично допус-  
тимої температури нагрівання для даного зерна.  
Зазначений процес сушіння взятий нами за прото-  
тип як більш близький за суттєвими ознаками та  
очікуваним результатом.

(13) C2

(11) 94307

(19) UA

Недоліком зазначеного процесу є те, що попереднє нагрівання зерна відбувається відпрацьованим сушильним агентом, який має вміст вологи 30-35 г/кг та нагрітий до температури 90-120 °С. При цьому, відпрацьований сушильний агент додатково нагрівають до вищевказаної температури, що приводить до додаткового витрачання палива та ускладнює процес. Оскільки зерно має малу теплопровідність та низьке теплосасвоєння (Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна. - К.: Либідь, 1997. - С.25-26), дія зазначеної високої температури під час попереднього нагрівання призводить до перегрівання і розтріскування зерна, тобто до зниження якості зерна. Таким чином, зазначений процес сушіння зерна також не є ефективним.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення відомого процесу сушіння зернових культур шляхом підбирання більш ефективного агента сушіння та більш ефективних режимів попереднього нагрівання зернових культур та наступного їх зневоднення, які забезпечили б високу якість висушеного зерна, сприяли підвищенню продуктивності процесу його сушіння та економічному витрачання палива, тобто підвищили ефективність процесу сушіння зернових культур.

Поставлена задача вирішується тим, що у процесі сушіння зернових культур попереднє нагрівання зерна здійснюють до гранично допустимої температури на поверхні для даного зерна сумішшю відпрацьованого сушильного агента, топкових газів та гарячого повітря з зони охолодження зерна, яка має вміст вологи 20-55 г/кг і температуру на 1-40 °С вище гранично допустимої температури сушильного агента для даної культури зерна, а зневоднення здійснюють топковими газами або сумішшю топкових газів та гарячого повітря з зони охолодження зерна з вмістом вологи 12-18г/кг до зниження температури на поверхні зерна на 5-10°С нижче гранично допустимої температури нагрівання для даного зерна, потім дискретно (періодично) знову повторюють увесь процес сушіння зерна до одержання кінцевого вміщення вологи в ньому, величина якої відповідає технічним нормам для даного зерна.

Проведення попереднього нагрівання зерна до температури нижче гранично допустимої на поверхні для даного зерна гальмує швидкість переміщення вологи із глибинної зони зерна до її поверхні, у той самий час нагрівання до температури вище гранично допустимої на поверхні для даного зерна приводить до перегрівання зерна і в подальшому до пересушування його плодової оболонки, що сприяє розтріскуванню зерна.

Використання під час здійснення попереднього нагрівання зерна суміші відпрацьованого сушильного агента, топкових газів та гарячого повітря з зони охолодження зерна, яка має вміст вологи 20-55 г/кг і температуру на 1-40 °С вище гранично допустимої температури сушильного агента для даної культури зерна забезпечує прискорення нагрівання зерна та економічне використання палива, що зумовлює підвищення ефективності сушіння. До того ж, вміст вологи у зазначеній суміші менше ніж 20 г/кг характеризується малим тепло-

вмістом, що зумовлює збільшення тривалості процесу та призводить до збільшення витрат палива. Вміст вологи більше ніж 55 г/кг призводить до різкого збільшення швидкості нагрівання зерна, що в свою чергу призводить до перегрівання зерна і зниженню його якості. Підвищення температури більше ніж на 40 °С вище гранично допустимої температури сушильного агента для даної культури зерна призводить до перегрівання зерна і погіршанню його якості, а також збільшенню витрат палива.

Здійснення зневоднення топковими газами або сумішшю топкових газів та гарячого повітря з зони охолодження зерна, яка має зменшений вміст вологи, а саме 12-18 г/кг та температуру на 10-15°С вище допустимої температури нагрівання зерна до зниження температури на поверхні зерна на 5-10 °С нижче гранично допустимої температури нагрівання для даного зерна, забезпечує прискорення відбирання вологи з поверхні зерна за рахунок більш низького парціального тиску агента сушіння, що зумовлює підвищення ефективності процесу сушіння зерна. До того, вміст вологи у зазначеній суміші менше ніж 12 г/кг обумовлює здійснення зневоднення тільки топковими газами, що призводить до збільшення витрат палива. Вміст вологи у зазначеній суміші більше ніж 18 г/кг призводить до надмірного зниження швидкості зневоднення і, як наслідок, призводить до зниження продуктивності та збільшення витрат палива. Зниження температури на поверхні зерна менше ніж на 5 °С призводить до зниження відбирання вологи, внаслідок чого відбувається неповне зневоднення і потрібно багато часу, щоб здійснити повне зневоднення, що потребує збільшення витрат палива. Зниження температури на поверхні зерна більше ніж на 10 °С зменшує швидкість десорбції вологи, внаслідок чого процес зневоднення різко сповільнюється.

Дискретне повторення всього процесу внаслідок низької теплопровідності та температуропровідності зерна забезпечує поступове його прогрівання за його товщиною та поступовий відбір вологи, що у свою чергу сприяє отриманню зерна високої якості і підвищенню ефективності самого процесу сушіння, знижуючи витрати палива.

Таким чином, запропоновані відмітні ознаки разом із відомими забезпечують вирішення поставленої задачі.

Запропонований процес здійснюється у такій послідовності:

- зерно нагрівають сушильним агентом, який являє собою суміш відпрацьованого сушильного агента, топкових газів та гарячого повітря з зони охолодження зерна, яка має вміст вологи 20-55г/кг і температуру на 1-40 °С вище гранично допустимої температури сушильного агента для даної культури зерна;

- потім здійснюють зневоднення (власне сушіння) зерна топковими газами або сумішшю топкових газів та гарячого повітря з зони охолодження зерна з вмістом вологи у топкових газах або зазначеній суміші 12-18 г/кг та температурою на 10-15 °С вище гранично допустимої температури нагрівання зерна до зниження температури на його

поверхні на 5 – 10 °С нижче гранично допустимої температури для даного зерна,

- дискретно повторюють зазначені операції спочатку і до кінця до одержання кінцевого вмісту вологи в зерні, величина якої відповідає технічним нормам для даного зерна.

Приклад конкретного виконання.

#### Приклад 1

Випробування способу здійснювали на зерні продовольчої пшениці з початковою вологістю 20% до одержання кінцевого вміщення вологи 14% при температурі атмосферного повітря + 20 °С та відносній вологості  $\phi$  0,6 в прямоточній зерносушарці (мод. А1-ДСП-50).

Попереднє зерно продовольчої пшениці нагрівають до гранично допустимої температури нагрівання, яка дорівнює +50 °С. Для нагрівання використовують суміш сушильного агента, що містить відпрацьований сушильний агент, топкові газу та гаряче повітря із зони охолодження зерна. Суміш має вміст вологи 45 г/кг і температуру + 130 °С, що вище на 10 °С гранично допустимої температури сушильного агента для даної культури. Сам процес попереднього нагрівання здійснюють протягом 5 хвилин (300 секунд). При цьому, з поверхні зерна випаровується адсорбована на ній волога, підвищується парціальний тиск пари, після чого автоматично вмикається подача сушильного агента з низьким вмістом вологи, що дорівнює 15 г/кг, і температурою +60 °С, яка на 10 °С вище гранично допустимої температури нагрівання для продовольчої пшениці, таким чином здійснюють зневоднення (власне сушіння) зерна. Подачу сушильного агента з низьким вмістом вологи регулюють шляхом зниження витрат газу на пальнику в топці зерносушарки, та перекриттям подачі відпрацьованого сушильного агента. Як сушильний агент використовують суміш топкових газів та гарячого повітря із зони охолодження зерна і сам процес зневоднення здійснюють протягом 3 хвилин (180 секунд) до температури на поверхні зерна + 40 °С, що на 10 °С нижче гранично допустимої температури нагрівання для даної культури. При цьому, з поверхні зерна активно відбирається волога, внаслідок чого знижується парціальний тиск пари, сповільнюється процес прогрівання зерна по товщині, отже і зменшується швидкість десорбції вологи, що знижує сам процес сушіння зерна. Для поступового відбору вологи та прогрівання зерна за його товщиною знову автоматично збільшують подачу газу на пальнику в топці і поновлюють подачу відпрацьованого сушильного агента, який змішують з топковими газами і гарячим повітрям із зони охолодження зерна і направляють на повторний цикл сушіння, який включає нагрів зерна сушильним агентом з підвищеною вологістю (45 г/кг) та температурою + 130 °С протягом 5 хвилин (300 секунд) з наступним зневодненням зерна сушильним агентом з низьким вмістом вологості (15 г/кг) і температурою + 60 °С протягом 3 хвилин (180 секунд) до температури на поверхні зерна +40 °С. Таким чином, дискретно повторюють увесь цикл процесу сушіння зерна, що дорівнює 6 повним циклам, до отримання кінцевого продукту з вмі-

стом вологості 14 %. На весь процес сушіння затрачено 48 хвилин. В разі значно скороченого часу, який необхідно для отримання кінцевого продукту з вмістом вологи 14 %, величина якої відповідає технічним нормам для даної культури, отриманий продукт має високу якість. Окрім цього до 30 % палива заощаджено для проведення усього процесу сушіння.

#### Приклад 2

Експеримент проводився при тих самих початкових умовах, що і перший. Попереднє нагрівання здійснювали сумішшю сушильного агента, топкових газів та гарячого повітря із зони охолодження зерна. Суміш мала вміст вологи 16 г/кг і температуру +110 °С, що нижче гранично допустимої температури сушильного агента для даного зерна на 10 °С. Зерно нагрівали до заданої гранично допустимої температури нагрівання (+50 °С) протягом 9 хвилин (540 секунд). Процес зневоднення здійснювали топковими газами з вмістом вологи 11 г/кг і температурою +55 °С, що вище гранично допустимої температури нагрівання зерна на 5 °С, до температури на поверхні зерна +47 °С, тобто на 3°С нижче гранично допустимої температури нагрівання, протягом 5 хвилин (300 секунд). Кількість періодичних циклів до отримання продукту з кінцевим вміщенням вологи дорівнювала 6. На весь процес сушіння затрачено понад 84 хвилин. Отриманий готовий продукт хоча і відповідає технічним нормам, однак витрати палива збільшено у 1,5 рази та понад 1,7 рази знизилась продуктивність самої сушарки.

#### Приклад 3

Експеримент проводився при тих самих початкових умовах, що і перший. Попереднє нагрівання здійснювали сумішшю сушильного агента, топкових газів та гарячого повітря із зони охолодження зерна. Суміш мала вміст вологи 57 г/кг і температуру +165 °С, що вище гранично допустимої температури сушильного агента для даного зерна на 45 °С. Зерно нагрівали до заданої гранично допустимої температури нагрівання (+50 °С) протягом 2,5 хвилин (150 секунд). Процес зневоднення здійснювали сумішшю топкових газів та гарячого повітря із зони охолодження зерна з вмістом вологи 20г/кг і температурою +70 °С, що вище гранично допустимої температури нагрівання зерна на 20°С, до температури на поверхні зерна +38 °С, тобто на 12 °С нижче гранично допустимої температури нагрівання, протягом 3 хвилин (180 секунд). Кількість періодичних циклів до отримання продукту з кінцевим вміщенням вологи дорівнювала 8. На весь процес сушіння затрачено понад 44 хвилин. Якість готового продукту не відповідала технічним нормам для зерна продовольчої пшениці, на 20 % збільшились витрати палива для здійснення процесу сушіння, до 20 % підвищилась продуктивність сушарки.

Проведений експеримент підтверджує думку про те, що найбільш оптимальним режимом для процесу сушіння зернових культур, є заявлені технологічні параметри.

