



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63083 (13) U
(51) МПК (2011.01)
F26B 3/00ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ СУШІННЯ ЗЕРНА В БУНКЕРАХ АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ

1

2

(21) u201102720

(22) 09.03.2011

(24) 26.09.2011

(46) 26.09.2011, Бюл. № 18, 2011 р.

(72) КОТЛИК СЕРГІЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ, МАЛИХ
СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ(73) ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАР-
ЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ(57) Спосіб сушіння зерна в бункерах активного
вентилювання, що включає завантаження волого-
го зерна в бункер, сушіння його підігрітим тепло-

носієм, періодичне вивантаження партій зерна, висушеного до кондиційної вологості, із бункера і наступне дозавантаження партій вологого зерна, який **відрізняється** тим, що додатково здійснюють сушіння зерна тепловою енергією, що виділяється при проходженні через зерно змінного або постійного струму низької напруги, при цьому струм пропускають через зерно в період між закінченням завантаження вологого зерна в бункер і до початку вивантаження партій зерна, висушеного до кондиційної вологості.

Корисна модель належить до сільськогосподарського виробництва і може бути використана при післязбиральному сушінні зерна.

Відомий спосіб сушіння зерна в бункерах активного вентилявання, що включає операції завантаження вологого зерна в бункер, його сушіння підігрітим теплоносієм, вивантаження завантаженого зерна висушеного до кондиційної вологості (див. Рекомендации по сушке селекционных семян сельскохозяйственных культур. ВНМ, М., 1970, с. 30-41).

Недоліками способу є:

- низька продуктивність сушіння, наприклад, 0,33-0,4 т/год.;

- погіршення якості зерна через його пересушування в нижній частині бункера і перезволоження в шарі, розміщеному біля зовнішніх перфорованих стінок у верхній частині бункера.

Відомий спосіб сушіння зерна в бункерах активного вентилявання, що включає операції завантаження вологого зерна в бункер, сушіння підігрітим теплоносієм з періодичною рециркуляцією зерна за допомогою завантажувально-розвантажувальних пристроїв з доведенням до кондиційної вологості зернової маси, вивантаження завантаженого зерна, висушеного до кондиційної вологості, (див. Методические рекомендации по эффективному использованию зерноочистительных-сушильных пунктов в колхозах и совхозах УССР. УкрНИИТИ, К., 1978, с.28-30).

Зазначений спосіб незначно підвищує продуктивність процесу сушіння і частково вирівнює во-

логість зерна, однак, при цьому в період рециркуляції (завантаження-вивантаження) зерно додатково травмується органами завантажувально-розвантажувальних пристроїв.

Найбільш близьким за технічною суттю до способу, що заявляється, є спосіб сушіння зерна в бункерах активного вентилявання, що включає операції завантаження вологого зерна в бункер, сушку зерна підігрітим теплоносієм протягом 12-14 годин, після чого вивантажують першу партію висушеного до кондиційної вологості зерна, що становить 1/6-1/8 зерна в бункері, дозавантаження бункера до початкового об'єму вологим зерном. Потім через кожні 6-7 годин сушіння проводять вивантаження 1/4-1/5 об'єму зерна в бункері з подальшим дозавантаженням бункера вологим зерном до початкового об'єму (див. патент України на винахід №57682 "Спосіб сушіння зерна в бункерах активного вентилявання", опубл. в Бюл. №6, 2003 р.).

У способі як теплоносієм використовується атмосферне повітря, яке підігрівають електрокалорифером для підвищення його температури на 7-9 °С і одночасно знижують його відносну вологість до 30-40 %.

Зазначений спосіб дозволив підвищити продуктивність процесу сушіння тільки за рахунок регулювання періодів та обсягів вивантаження-дозавантаження зерна.

Проте, в ньому не реалізована можливість додаткового підвищення продуктивності процесу сушіння за рахунок скорочення періоду прогріву

(13) U
63083
(11)
UA
(19)

зерна при сушінні, а також для забезпечення рівномірності прогріву зерна по всьому об'єму бункера. Наприклад, у способі найближчого аналога період сушіння порцій вологого зерна тільки підігрітим теплоносієм (атмосферним повітрям) становить від 12-14 годин до 6-7 годин. Це явище обумовлене тим, що вологе зерно в бункері повільно сушиться і прогрівається зазначеним теплоносієм. Так, теплоємність підігрітого повітря з температурою 45 °C і вологістю 30 %, становить $C=1,015 \text{ кДж/(кгK)}$, а теплоємність сухого зерна $\sim 1,8 \text{ кДж/(кгK)}$. Тривалість сушіння пов'язана і з нерівномірністю прогріву зерна із-за швидкого насичення з його поверхні вологою підігрітого повітря, що випаровується. Якщо на вході в бункер відносна вологість повітря дорівнює 30 %, то після завантаження вологого зерна, наприклад, з вологістю 20 %, вологість повітря в нижній частині бункера в шарі, що дорівнює 1/6-1/8 бункера, протягом 12-14 годин залишається вище 70 %, а у верхній частині бункера на виході з нього, протягом усього періоду сушіння, наприклад, при повному бункері, вологість теплоносія становить $\sim 90 \%$. Відомо, що при відносній вологості повітря 70 % рівноважна вологість зерна (пшениця, жито) становить $\sim 16 \%$. Таким чином, сире зерно, наприклад, з вологістю 20 %, не може досягти кондиційної вологості 14 %. При 90 % вологості теплоносія рівноважна вологість зерна становить $\sim 25 \%$, тому у верхній частині бункера зерно не сушиться, а перезвожується. Щоб прискорити процес сушіння при збереженні низької витрати теплової енергії на підігрів атмосферного повітря, необхідно рівномірно підігрівати зерно безпосередньо всередині бункера по всьому його об'єму.

Задачею корисної моделі є розробка способу сушіння зерна в бункерах активного вентилявання, при якому шляхом застосування нового прийому рівномірного підігріву зерна в бункері в сукупності з методом вентилявання зерна підігрітим висушеним повітрям, скоротити тривалість періоду сушіння та зменшити затрати електроенергії.

Технічний результат від використання корисної моделі - підвищення продуктивності сушіння зерна та його екологічності з використанням підігрітого і осушеного повітря.

Поставлена задача вирішена в способі сушіння зерна в бункерах активного вентилявання, передбачає завантаження вологого зерна в бункер, сушіння його підігрітим теплоносієм, періодичне вивантаження партій зерна, висушеного до кондиційної вологості із бункера, і наступне дозавантаження партій вологого зерна, тим, що додатково здійснюють сушіння зерна тепловою енергією, що виділяється при проходженні через зерно змінного або постійного струму низької напруги, при цьому струм пропускають через зерно в період між закінченням завантаження вологого зерна в бункер і до початку вивантаження партій зерна, висушеного до кондиційної вологості.

Підігрів тепловою енергією, що виділяється при проходженні через зерно змінного або постійного струму низької напруги в період між закінченням завантаження вологого зерна в бункер і до початку вивантаження партій зерна, висушеного

до кондиційної вологості, скорочує період його сушіння.

Спосіб проілюстрований кресленням, де представлена загальна схема установки для сушіння зерна, що містить завантажувач 1 вологого зерна 2, бункер 3, забезпечений перфорацією по всій бічній поверхні у вигляді наскрізних отворів 4, замкнутий циліндр 5, забезпечений перфорацією по всій бічній поверхні у вигляді наскрізних отворів 6, джерело струму низької напруги (трансформатор напруги з 220 В на 24 В) 7, струмопровідники 8, 9, контактуючий із зерном 2, вентилятор 10, трубку 11 для надходження атмосферного повітря у вентилятор 10, електрокалорифер 12, трубопровід 13, що з'єднує вентилятор 10 і електрокалорифер 12, трубопровід 14, що з'єднує електрокалорифер 12 з внутрішньою порожниною замкнутого циліндра 5, днище 15, струмоізоляцію 16 з листової гуми, розміщена на зовнішній поверхні днища 15 і локально на верхній кінцевій частині трубопроводу 14 в місці його проходження через днище 15, патрубок для вивантаження 17 сухого зерна, опорні стояки 18, струмопровід (заземлювач) 19, що з'єднує металевий бункер 3 із землею 2.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Завантажувачем 1 вологе зерно 2 завантажують у бункер 3, при цьому зерно 2 розміщують між бічними перфорованими поверхнями бункера 3 і замкнутого циліндра 5. Потім джерело струму низької напруги 7 підключають до електромережі змінного струму напругою 220 В і встановлюють напругу 24 В. Струм напругою 24 В подають у напрямку (на кресленні вказано стрілками) до бункера 3 по струмопровідникам 8 і 9, при цьому струмопровідник 9 безпосередньо контактує з вологим зерном 2. При проходженні струму через вологе зерно 2, яке є струмопровідником, що має певний опір, відбувається виділення теплової енергії. Кількість виділеної теплової енергії, згідно з відомим законом Джоуля-Ленца, пропорційно квадрату сили струму, опору провідника і часу проходження струму.

Вказану теплову енергію використовують для рівномірного підігріву вологого зерна 2 по всьому об'єму бункера 3. Електричний струм до вологого зерна 2 підводять у період між закінченням його завантаження в бункер 3 і до початку вивантаження партій зерна висушеного до кондиційної вологості, рівної 14 %, Паралельно з підведенням струму до вологого зерна 2 в період його сушіння, включають вентилятор 10, який через трубку 11 засмоктує атмосферне повітря, наприклад, з температурою 36 °C і вологістю 55 %.

Зазначене повітря по трубопроводу 13 підводять до електрокалорифера 12 в якому повітря підігрівається і осушується, наприклад, до температури 45 °C та вологості 30 %.

Підігріте і осушене повітря по трубопроводу 14 вентилятором 10 нагнітають в замкнутий циліндр 5, з якого вказане повітря через перфоровану отворами 6 бічну поверхню замкнутого циліндра 5 прокачують через шар вологого зерна 2, яке одночасно підігрівають тепловою енергією, що виділяється при проходженні струму через вологе зерно 2, з нагріванням його поверхні, наприклад, до

45 °С. У цьому випадку значно посилюється процес переходу вологи в пару з поверхні вологого зерна 2, а тепловміст підігрітого і осушеного повітря поряд зі швидкістю та обсягом його руху всередині шару вологого зерна 2, витрачається на видалення вологи, що випарувалась. Це призводить до інтенсифікації процесу сушіння і, тим самим, скорочує його тривалість.

Вода, що випарилась, з вологого зерна 2 насичує рухоме через вологе зерно 2 підігріте повітря, яке, в основному, видаляють через перфоровану отворами 6 бічну поверхню замкнутого циліндра 5, а так само частково і через відкритий верх бункера 3. Якщо в процесі сушіння погіршуються погодні умови (туман, дощ) або в неробочому стані, відкриту поверхню бункера перекривають рухомим конусним "козирком" (на кресленні не показано).

Після завершення періоду сушіння до кондиційної вологості першої партії вологого зерна 2, яка розміщена на днищі 15 і в нижній частині бункера 3, що становить, наприклад, партію з об'ємом, рівним 1/6 зерна в бункері 3, відключають підведення струму до вологого зерна 2, вимикають вентилятор 10 і електрокалорифер 12. Потім включають вивантажувач 17 і вивантажують першу партію висушеного зерна 2. Далі в бункер 3 подають чергову партію вологого зерна 2, наприклад, еквівалентну за обсягом вивантаженої партії сухого зерна.

Знову підводять до вологого зерна 2 струм через джерела струму низької напруги 7, потім послідовно включають електрокалорифер 12 і вентилятор 10 для організації спрямованого руху осушеного і підігрітого повітря з атмосфери через трубопровід 14 у внутрішню порожнину замкнутого циліндра 5, що забезпечений перфорацією по всій бічній поверхні у вигляді наскрізних отворів 6.

Процес сушіння вологого зерна 2 відбувається у період до досягнення кондиційної вологості другої партії вологого зерна 2, розміщеної на днищі 15 і в нижній частині бункера 3, і складової, наприклад, 1/4 загального обсягу зерна в бункері 3. Потім відбувається, як і у випадку сушіння першої партії вологого зерна 2, повторення всіх дій по вимкненню підведення струму до вологого зерна 2, вентилятора 10 і електрокалорифера 12, з подальшим вивантаженням другої партії зерна і дозавантаженням в бункер 3 еквівалентної за обся-

гом партії вологого зерна 2. Зазначений процес повторюється до завершення висушування запланованого обсягу зерна до післязбиральної переробки. Заземлення металевого бункера 3, як і струмоізоляція 16, діють постійно, забезпечуючи безпеку процесу сушіння з використанням низької напруги, наприклад, стандартного для постійного струму 12 або 24 В.

Запропонований спосіб може бути реалізований як з використанням в якості джерела струму понижувального трансформатора, так і генератора постійного струму.

Для визначення періоду сушіння зерна запропонованим способом у порівнянні з найближчим аналогом проведено лабораторне дослідження, при якому маса висушеного (вивантажуемого) зерна пшениці була однаковою і становила 1 кг.

Результати дослідження з зазначенням параметрів наведені в таблиці. Як випливає з даних, наведених в таблиці, використання підігріву зерна в бункері електричним струмом напругою 24 В скорочує період сушіння приблизно на 15 % при використанні постійного струму. Це також дає змогу приблизно на 15 % підвищити продуктивність процесу сушіння в бункерах.

Запропонований спосіб сушіння екологічний на відміну від способу-прототипу, в якому для підвищення продуктивності процесу сушіння зерна атмосферне повітря нагрівають до температури 65-75 °С за допомогою топкових газів (див. Станкевич Г.М. та ін. "Сушіння зерна", вид. "Либідь", К., 1997, 352 с.).

Очікуваною перевагою розробленого способу сушіння є дуже малі витрати електроенергії при сушінні за рахунок нагріву електричним струмом не всього обсягу окремих зерен, а тільки їх поверхневого шару. Цей шар має найбільшу струмопровідність, так як він утримує як вологу змочування, так і адсорбційно зв'язану вологу біля поверхні розділення зерна з навколишнім середовищем.

У способі, що заявляється, струм в першу чергу проходить через найбільш струмопровідний шар і швидко нагріває його, наприклад, до 45 °С. Цей ефект створює температурний градієнт по товщині зерна і спрямований рух вологи до його поверхні. При цьому випаровування вологи з поверхні зерен відбувається конвективним шляхом при русі нагрітого і осушеного повітря всередині бункера.

Таблиця

Результати визначення періоду сушіння зерна повітрям, підігрітим до 35 °С і осушеним до 30 % без використання і з використанням підігріву зерна струмом з напругою 24 В

№ досліду	Маса зерна, кг	Вид сушіння			Вологість зерна, %		Час сушіння, год.
		продування повітрям, підігрітим до 35 °С осушеним до 30 %	підігрів поверхні зерна змінним струмом до 45 °С	підігрів поверхні зерна постійним струмом до 45 °С	До сушіння	Після сушіння	
1	1,0	+	-	-	20	16	0,5
2	1,0	+	+	-	20	16	0,4
3	1,0	+	-	+	20	16	0,25

