

## ВПЛИВ ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ НА ЯКІСТЬ СУШІННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ В СУШАРЦІ МОДУЛЬНОГО ТИПУ

Занько М., канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0001-8964-0706>),  
Гайдай Т., канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>,  
Степченко С., <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>,  
Нілова Н., <https://orcid.org/0000-0001-5514-2338>  
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

### Анотація

**Мета досліджень** – визначити вплив природних факторів на вологість висушеного зерна кукурудзи в зерновій сушарці модульного типу.

**Методи досліджень:** експериментальні дослідження в експлуатаційних умовах та графічне моделювання вологості висушеного зерна залежно від природних факторів.

**Результати.** Зміна умов природного середовища впливає на віддачу відпрацьованого теплоагента сушарки в навколишнє середовище та на процеси сушіння зерна, знижуючи ефективність сушіння та призводячи до отримання недосушеного зерна.

Досліджено вплив природних факторів – температури і вологості повітря, атмосферного тиску та швидкості вітру – на вологість зерна кукурудзи, під час його сушіння в одномодульній зерновій сушарці. Теплоагент з парами вологи виходить через перфоровані панелі контуру сушарки. За цих умов він одночасно зазнає протидії з боку атмосферного тиску. Результати свідчать, що зменшення атмосферного тиску сприяє зменшенню опору для виходу теплоагента через поверхню корпусу сушарки. Внаслідок цього теплоагент у камері сушарки ефективніше тратиться на процес сушіння зерна. Про це свідчить зниження вологості висушеного зерна з одночасним зниженням атмосферного тиску.

Режим роботи сушарки під час роботи зазнає впливу від вітру, її корпус охолоджується, а температура та умови сушіння зерна погіршуються. Наприклад, упродовж часу досліджень швидкість вітру зменшилась з 5,3 м/с до 4,4 м/с, а якість висушеного зерна підвищилась, його вологість знизилась з 15,2 % до 13,9 %. Тобто, зменшення впливу сили вітру на поверхню сушарки справило позитивну дію на процес сушіння зерна.

Однією з ознак повітря є його вологість. Її зниження сприяє кращій вологовіддачі із зерна кукурудзи та насиченню цієї вологою повітря. І, як наслідок, вологість висушеного зерна знижується.

Плюсова температура атмосферного повітря створює додаткову теплову дію на сушарку та процес сушіння в ній. Тепло, яке подається в робочу камеру сушарки, продуктивніше витрачається на процес сушіння. Спостереження показали, що з підвищенням температури атмосферного повітря з 15,8 до 23,4 °C вологість висушеного зерна знизилась з 15,2 % до 13,9 %, відповідно.

За результатами експериментальних досліджень побудовані графічні залежності вологості висушеного зерна кукурудзи від вологості, тиску, температури та швидкості руху атмосферного повітря.

**Висновки.** Процес сушіння зерна та вологість отриманого висушеного зерна зернових сушарок модульного типу залежить від впливу об'єктивних природних факторів. До них, зокрема, відносяться погодні умови під час експлуатації сушарок. З підвищенням вологості, тиску і швидкості руху повітря якість сушіння погіршується. Сушіння зерна в умовах плюсових температур атмосферного повітря, особливо вище 21 °C, є найбільш сприятливим для отримання зерна вологістю значно менше 14 % і навпаки.

Отриманню висушеного зерна з регламентованою вологістю сприяють незначна швидкість вітру, сухе та тепле атмосферне повітря з низьким тиском.

*Для максимального усунення несприятливого впливу природних факторів на якість роботи сушарок модульного типу за критерієм вологості висушеного зерна в умовах Лісостепової зони України доцільно процес сушіння проводити в кінці вересня і на початку жовтня.*

**Ключові слова:** сушіння зерна, вологість зерна, атмосферний тиск, температура та вологість повітря, швидкість вітру, зернова модульна сушарка, залежність, вплив.

**Вступ.** Сушіння зерна – це необхідний та ефективний метод підготовки зерна для тривалого зберігання. Його застосування та інші роботи з первинної переробки зерна обумовлюють фізико-хімічні зміни у його якості [Кораді та ін., 2021]. Зокрема, проведено дослідження впливу умов сушіння та зберігання на вміст ліпідів і крохмалю в зерні кукурудзи. Отримані результати із застосуванням фізичного аналізу, встановили, що підвищення температури під час сушіння впливає на зерно на клітинному рівні, зокрема на зменшення вмісту ліпідів, крохмалю та промисловий вихід етанолу. Температура сушіння при 40 °С і контрольоване зберігання при 15 °С зберігає якість зерна кукурудзи протягом шести місяців і позитивно впливає на якість його переробки.

Для забезпечення якісного зберігання зерна кукурудзи застосовано нові підходи, на основі яких розроблені принципово нові способи сушіння зерна. Інфрачервона термічна обробка під час сушіння, зокрема, спрямована на забезпечення якості насіння, а саме на боротьбу з грибовими захворюваннями (Моххамаді Шад та ін., 2021). За результатами досліджень оцінено ефективність системи безперервного теплового потоку для одночасного висушування та знезараження кукурудзи, розміщеної з різною товщиною сушильних шарів – 1,5 см, 2,7 см та 4,5 см.

Сушіння – енергоємний процес і потребує значних затрат тепла та енергії. У процесі роботи сушарки умови функціонування можна оптимізувати, аналізуючи наявні та недоступні частини енергії (Челік та ін., 2021). Про це свідчать дослідження енергетичного та ексергійного аналізів процесу сушіння кукурудзи. Експерименти, проведені в лабораторній сушарці, при температурі теплоагента 103 °С та на двох різних швидкостях його

руху – 2,8 м/с та 3,5 м/с. Щоб виявити вплив швидкості руху повітря, із застосуванням першого та другого законів термодинаміки, проведено аналіз енергії та ексергії. Результати показують, що коефіцієнт використання енергії зростає зі збільшенням швидкості повітря, а максимальна ефективність ексергії спостерігається за високої швидкості руху повітря.

Температура сушіння впливає на твердість зерна та на ступінь його подрібнення вальцювим або молотковим млином і тривалість зберігання (Кордова-Нобоа та ін., 2021). Дослідженням піддано зерно кукурудзи, яке сушили при температурі 35 °С, 80 °С та 120 °С. Встановлено, що незалежно від методу подрібнення, зерно, яке висушене при 120 °С, призводить до більшої кількості подрібнених частинок з більшими геометричними розмірами ніж в аналогічного зерна кукурудзи, але сушеного при температурі 80 °С або 35 °С.

Для сушіння зерна кукурудзи в Бразилії застосовуються змішані кабінні сонячні сушарки. За результатами їхньої роботи проведено енергетичний та ексергійний аналіз сушіння зерна кукурудзи (Да Сільва та ін., 2021). В основі конструкції цих сушарок – фотоелектричний сонячний модуль. Для середньої сонячної радіації (710 Вт/м<sup>2</sup>) та температури навколишнього середовища 30 °С отримана середня тепла ефективність становила 21 %. Встановлено, що зерно кукурудзи досягло необхідної вологості 13 % за 8,5 годин, а аналогічний зразок зерна, підданий тільки природному сушінню, не досяг цього вмісту вологи за 24 години. Модуль, який використовувався для попереднього нагрівання повітря, збільшив температуру повітряного теплового потоку в середньому на 14 °С, досягнувши максимуму в 27 градусів.

До недоліків деяких конструкцій су-

шарок можна віднести нерівномірність руху в сушарці і, відповідно, нерівномірність його нагрівання та сушіння [колектив авторів за ред. В. І. Кравчука, 2011].

Серед великої кількості чинників впливу на термін зберігання зерна найбільший вплив мають агротехнічні та погодно-кліматичні умови його вирощування, способи збирання, сушіння й очищення [Гузь М., 2017].

Зібране зерно кукурудзи має значну вологість. Його сушіння, як правило, відбувається восени [Занько М., 2020], коли атмосферні умови суттєво змінюються впродовж доби, що впливає на час сушіння зерна. У більшості сушарок поверхня виготовлена з металу. Внаслідок втрат тепла корпусом сушарки прилеглий до нього шар зерна нагрівається недостатньо, з нього видаляється менше води, а це призводить до зменшення ефективності і продуктивності сушіння та збільшує його вартість, оскільки потребує повторного сушіння для отримання регламентованої вологості. Зберігання недосушеного зерна в силосі потребує постійного контролю і в подальшому досушування, а це додаткові затрати.

У технології сушіння зерна широкого застосування набув технологічний прийом активного вентиляювання [Кирпа М., 2016 р.]. Він полягає в тому, що зерно в сушарці не досушується до встановлених 14 % (зернові культури, кукурудза), а тільки до вологості 15-16 %. Наднормові 1-2 % вологості видаляються у вентиляційному бункері, куди зерно надходить із сушарки. Тут воно в активному режимі продувається по всій його висоті потужним потоком атмосферного повітря, створюваного вентилятором, розміщеним в основі конструкції бункера. Цей технологічний прийом забезпечує суттєве зниження затрат енергії порівняно з термічною сушаркою.

Настання біологічної стиглості зерна, що зазвичай пов'язано з процесом природного його висихання ще в польових умовах, залежить від комплексу факторів, зокрема від біологічних особливостей гібридів, погодно-кліматичних і техно-

логічних умов вирощування [Кирпа М., 2018 р.].

Для сушіння зерна використовують в основному зернові сушарки різних типів [колектив авторів за ред. В. І. Кравчука, 2011]. Процес сушіння зерна в сушарках потребує значних затрат енергії. Причому її кількість визначається рядом факторів, включаючи продуктивність сушіння та незалежність від умов навколишнього середовища. Коефіцієнт корисної дії сушарки також змінюється залежно від погодніх умов, оскільки продуктивність сушіння зерна залежить безпосередньо від температури атмосферного повітря.

У зерновиробництві використовується значна кількість типів сушарок, які мають характерну для них особливість процесів та якість сушіння. Правильне використання сушарок залежно від множини факторів, які впливають на їхню роботу, допоможе підвищити якість їхньої роботи та ефективність їх використання.

Друге місце в Україні, за кількості застосовуваних для сушіння зерна, займають модульні сушарки. Секції модулів виготовлені із перфорованих металевих листів, які не мають зовнішньої теплоізоляції. Внаслідок цього сушарки віддають тепло в атмосферу. Це обумовлює певний негативний вплив на температурний стан всієї сушарки, теплові процеси в ній та вологість висушеного зерна.

До інших факторів, які характеризують природні умови і з якими пов'язані процеси сушіння зерна в сушарці, відносяться тиск, вологість та температура атмосферного повітря [Занько М., 2020]. Однак конкретна оцінка якості функціонування сушарки – вологості висушеного зерна від зазначених факторів – відсутня.

Новизна роботи полягає в отриманні залежності якості висушеного зерна – його вологості – для сушарки модульного типу, як похідної її узагальнених технічних характеристик, режиму роботи і конкретних природних умов.

Практичне значення статті полягає у можливості виробників виконувати сушіння зерна модульними сушарками з

урахуванням погодних умов, або в терміни та за погодних умов, які є найбільш сприятливими для економічності процесу сушіння.

Внесок у вітчизняну науку полягає у встановленні емпіричних залежностей, які характеризують вологість висушеного та вихідного із сушарки зерна кукурудзи відповідно до природних умов.

#### **Постановка завдань.**

**Мета роботи:** дослідження впливу природних факторів – температури повітря, його вологості, атмосферного тиску та швидкості вітру – на вологість зерна, висушеного в модульній зерновій сушарці.

**Завдання досліджень:** оцінювання впливу на вологість зерна, висушеного в зерновій модульній сушарці, природних факторів – температури повітря, його вологості, атмосферного тиску та швидкості вітру.

#### **Методи і матеріали.**

*Гіпотеза.* Формування вологості висушеного зерна доцільно досліджувати на рівні макросистем: природне середовище-зернова сушарка модульного типу; при цьому якість висушеного зерна, за критерієм вологості, залежить від умов роботи сушарки, що характеризуються природними факторами, які включають температуру повітря, його вологість, атмосферний тиск та швидкість вітру; залежність між вологістю висушеного зерна, температурою атмосферного повітря, його вологістю, тиском і швидкістю вітру є похідними окремих однофакторних експериментів;

До макросистеми природне середовище доцільно віднести такі фактори: температура повітря, вологість повітря, атмосферний тиск та швидкість вітру.

Для характеристики режимів функціонування складової частини макросистеми зернова модульна сушарка, зокрема застосовують:

- температуру теплоагента і зерна всередині сушарки:

- тиск потоку теплоагента із парами води, створюваний вентилятором сушарки під час виходу через перфоровану поверхню секцій в навколишнє середовище.

Експериментальні дослідження впливу температури і вологості повітря, атмосферного тиску та швидкості вітру на вологість висушеного зерна проведено на базі одномодульної зернової сушарки, яка виконувала сушіння зерна кукурудзи в жовтні місяці 2019 року в безперервному режимі в господарських умовах Лісостепової зони України (Київська область). Сушарка знаходилась на відкритому майданчику зернового складу. Теплоагент, нагріте атмосферне повітря біотеплогенератором до температури +70 °С, подавався в сушарку штатним вентилятором сушарки. Процес формування теплоагента був стабільний та однорідний завдяки постійній нормі подачі біопалива в топку теплогенератора і його однорідності за складу та вологістю. Теплоагент разом з відокремленою із зерна вологою видалявся із камери сушарки через перфоровану поверхню секцій під тиском, створюваним відцентровим вентилятором. Перфорована зовнішня поверхня модулів під час сушіння зерна була постійно відкритою для вільного проходу через неї відпрацьованого теплоагента.

Для отримання статистичних даних проведено дослідження в цих умовах на рівні однофакторних експериментів відповідно до залежності:

$$Y = f(X), \quad (1)$$

де  $Y$  – вологість висушеного зерна, %;  
 $X$  – природні фактори (температура повітря, °С; вологість повітря, %; атмосферний тиск, мм рт. ст., швидкість вітру, м/с).

Погодні умови, тобто тиск, температура, вологість і швидкість руху атмосферного повітря в процесі досліджень змінювалися природно, вимірювалися відповідними приладами та розраховувались з 10-ї години ранку до 16-ї години дня через кожні 2 години. Проби висушеного зерна, для визначення його вологості, відбиралися на виході із сушарки. Отримані статистичні дані комп'ютером реалізовані в графічні залежності вологості висушеного зерна від:

- атмосферного тиску;
- вологості атмосферного повітря;
- швидкості атмосферного повітря;
- температури атмосферного повітря;

**Результати.** За результатами однофакторних експериментальних досліджень отримано показники вологості висушеного зерна кукурудзи в залежних від різних значень атмосферного тиску, температури повітря, швидкості атмосферного повітря та його вологості (табл. 1).

**Таблиця 1 – Результати досліджень вологості висушеного зерна за різних природних умов**

Найменування показників	Значення показників			
Час доби, години	10	12	14	16
Атмосферний тиск, мм рт. ст.	758	752	748	745
Вологість атмосферного повітря, %	81	63	56	54
Швидкість вітру, м/с	5,3	4,9	4,4	4,4
Температура повітря, °С	15,8	18,6	20,6	23,4
Динамічний тиск потоку теплоагента, Па	264			
Статичний тиск вентилятора, Па	280			
Вологість висушеного зерна, %	15,2	14,3	14,1	13,9

Аналіз отриманих даних свідчить про таке.

Вихід відпрацьованого теплоагента із сушарки із наявними в ньому парами води, одночасно пов'язаний з атмосферним тиском, вологістю, температурою повітря та його швидкістю і характеризується такими особливостями:

- зазнає протидії з боку атмосферного тиску оскільки його нижчий рівень, поза робочим об'ємом сушарки, сприяє зменшенню опору для виходу відпрацьованого теплоагента через перфоровану поверхню секцій модуля. Внаслідок цього більше тепла використовується безпосередньо на процеси сушіння. Тому з падінням тиску вологість висушеного зерна зменшується (табл. 1; рис. 1);

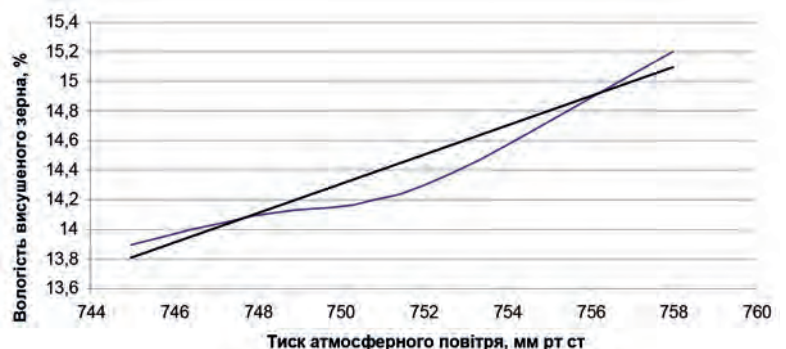
- залежить від вологості повітря у прямій пропорції (табл. 1; рис. 2). Зменшення вологості повітря сприяє зменшенню непродуктивних втрат тепла від секцій

повітря навколишнього середовища і одночасному збільшенню кількості тепла, із загального, яке залишається в сушарці та припадає на процеси відокремлення вологи із зерна, при цьому вологість висушеного зерна зменшується (рис. 2);

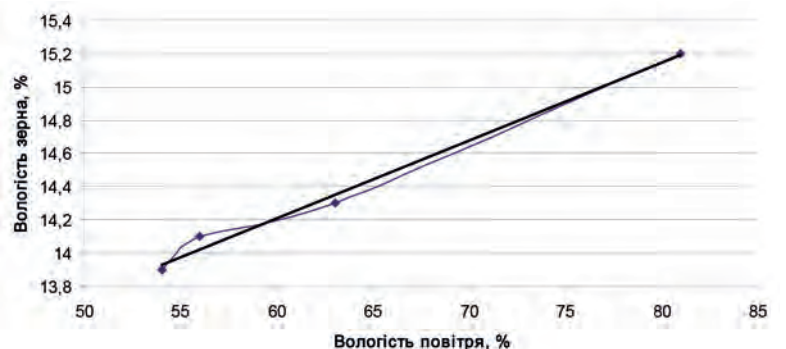
- залежить від швидкості атмосферного повітря, оскільки переміщення біля сушарки атмосферних потоків охолоджує поверхню секцій, які контактують із прилеглим шаром зерна та несанкціоновано охолоджується.

Відповідно, кількість тепла, яка витрачається на процес сушіння всередині секцій — зменшується, внаслідок чого на виході із сушарки зерно має збільшену понад норму вологість. Тому отриманню висушеного зерна з регламентованою вологістю сприяє

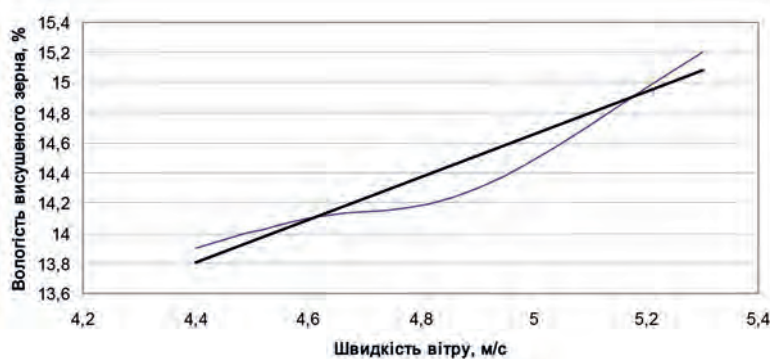
незначна швидкість вітру (рис. 3);



**Рисунок 1 – Залежність вологості висушеного зерна від атмосферного тиску**

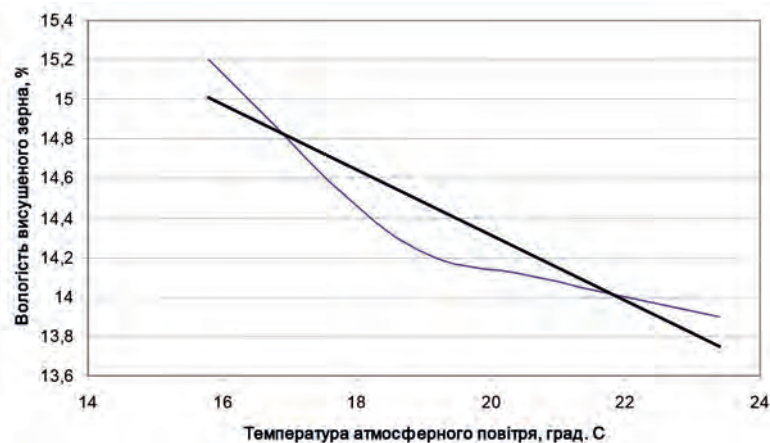


**Рисунок 2 – Залежність вологості висушеного зерна від вологості атмосферного повітря**



**Рисунок 3** – Зміна вологості висушеного зерна від швидкості атмосферного повітря

- залежить від температури повітря навколишнього середовища, що підтверджено тим, що протягом часу досліджень позитивна температура поступово збільшувалась з 15,8 °С до 23,4 °С. Тепле атмосферне повітря обумовило нашаровування позитивно впливаючи на процес теплової оболонки навколо сушарки. Внаслідок цього непродуктивні теплові втрати секціями, які контактують із зовнішнім теплим повітрям, зменшуються. Тепло, яке подається в цей час в робочу камеру сушарки, більш продуктивно витрачається на процес сушіння і процес віддачі вологи зерном покращується: вологість висушеного зерна кукурудзи зменшилась з 15,2 до 13,9 % (рис. 4).



**Рисунок 4** – Залежність вологості висушеного зерна від температури повітря навколишнього середовища

**Обговорення.** Результати досліджень якості сушіння зерна залежно від природних факторів на рівні статистичних даних, математичних моделей чи графічних залежностей, які отримані в цій роботі,

відсутні у науково-інформаційних джерелах. Тому порівняти отримані результати з ними немає можливості.

Результати досліджень зазначеного питання іншими авторами з їхньою констатацією процесу не дають змоги конкретизувати вплив природних факторів на вологість висушеного зерна в числових вимірах.

Зерно зберігають з урахуванням його вологості, призначення та тривалості зберігання. В умовах України під час зберігання кукурудзи вологість повинна бути такою [Кирпа М., 2018]: 15-16 % – для зерна, призначеного для переробки на комбікорми; 14-15 % – для виготовлення продовольчих і технічних продуктів; 13-14 % – для зберігання тривалістю до одного року; 12-13 % – для тривалого зберігання (понад один рік). Разом з тим автор, відповідно з достатньо широким, як для зберігання, діапазоном вологості зерна – 12-16 % рекомендує постійно контролювати зерно з тим, щоб забезпечувалася необхідна його якість.

В Україні спостерігається нарощування об'ємів виробництва кукурудзи. Її зберігання впродовж тривалих термінів сприяє можливості економічно вигідної реалізації продукції, наприклад, весною. Але для цього потрібні сучасні технології, які забезпечили б зберігання зерна кукурудзи на необхідному рівні вологості та якості. У сучасній Бразилії вдосконалення технології отримання кукурудзяного етанолу передбачають застосування низьких температур у системах сушіння та зберігання кукурудзи в контрольованих середовищах [Кораді та ін., 2021].

На ефективність дії теплового потоку – якість сушіння та знезараження зерна – мають вплив обробка зерна з проміжним температурним відпуском та кут (Е) потоку випромінювача (Моххамаді Шад та ін., 2021). Нагріванням вдалося знезаразити та висушити

кукурудзу до вологості 21 %. При цьому видалення вологи було найбільш ефективним за найменшої товщини шару зерна (1,5 см). За такої товщини шару зерно з безпечною вологістю (14 %) було отримано через 15 хвилин інфрачервоним нагріванням кукурудзи із загартуванням, що призвело до зменшення кількості грибків. Інфрачервоне нагрівання під куом Е-30 прискорює зменшення кількості грибків.

Однією з причин отримання зерна з вологістю, яка перевищує регламентовану для кукурудзи (14 %), є паливо, особливо біопаливо, яке використовують в господарстві для сушіння зерна та рівномірність його подачі в теплогенератор, для генерування теплоагента [Занько, 2020].

Необхідно зазначити, що процес сушіння та формування регламентованої вологості вихідного із модульних сушарок висушеного зерна є в достатній мірі складним. Його конкретне вираження можливе на макрорівні з урахуванням усіх факторів, які входять до макросистеми «природне середовище-зернова модульна сушарка». Це суттєво збільшить вірогідність та точність досліджень.

**Висновки.** Процес сушіння зерна та вологість отриманого висушеного зерна зернових сушарок модульного типу залежні від впливу об'єктивних природних факторів. До них, зокрема, відносяться погодні умови під час експлуатації сушарок. Зі збільшенням вологості, тиску і швидкості руху повітря якість сушіння погіршується: зі зниженням вологості зерна з 18,5 °С до регламентованої 14 %, за одноразового проходу через сушарку, вологість висушеного зерна перевищує регламентовану і навпаки. Сушіння зерна в умовах позитивних температур атмосферного повітря, особливо при температурі повітря більше 21 °С, є найбільш сприятливим для отримання зерна з вологістю значно менше 14 % і навпаки.

Отриманню висушеного зерна з регламентованою вологістю сприяють незначна швидкість вітру, сухе та тепле атмосферне повітря з низьким тиском.

Для максимального усунення несприятливого впливу природних факторів на

якість роботи сушарок модульного типу за критерієм вологості висушеного зерна в умовах Лісостепової зони України доцільно процес сушіння проводити у кінці вересня на початку жовтня.

### Перелік літератури

Гузь М., Сиволапов В., Мартіна Н., Марченко В. (2017), Чинники, що визначають тривалість зберігання зерна. Журнал Агроексперт, №8.

Занько М. (2020) Якість висушеного збіжжя: залежність вологості зерна від технічних факторів та погодних умов. Журнал Пропозиція. №296. 146-149.

Кирпа М. (2016). Семь способов сушки зерна. Активное вентилирование — способ сушки зерна без термической обработки. Журнал «Зерно», №11.

Кирпа М. (2018) Кукуруза — убираем, дорабатываем, храним. Журнал «Пропозиція», №11.

Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки і зберігання зернових культур (2011): Посібник (колектив авторів за ред. В.І. Кравчука). Дослідницьке. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 224.

Celik, Emel; Parlak, Nezaket; Cay, Yusuf (2021). Exergy and energy analyses of corn drying process: an experimental study in a laboratory-scale dryer. / heat transfer research. Volume 52. Issue 3. 1-13.

Coradi, Paulo Carteri; Nunes, Marcela Trojahn; Bellochio, Sabrina Dalla Corte; con coautores (2021). Efectos de las temperaturas de secado y las condiciones de almacenamiento sobre los niveles de Inpidos y almidones en los granos de manz para la industria del etanol de rendimiento.

Cordova-Noboa, Hernan A.; Oviado-Rondon, Edgar O.; Ortiz, Andres; с соавторами (2021). Effects of corn kernel hardness and grain drying temperature on particle size and pellet durability when grinding using a roller mill or hammermill. Animal feed science and technology. Volume 271.

Da Silva, Gisele Mol; Ferreira, Andre Guimaraes; Coutinho, Rogerio Morouco (2021). Energy and exergy analysis of the

drying of corn grains. *Renewable energy*. Volume 163. 1942-1950.

Mohammadi Shad, Zeinab; Oduola, Abass A.; Wilson, Shantae с соавторами (2021). New infrared heat treatment approaches to dry and combat fungal contamination of shelledcorn. *Journal of food safety*. Volume: 41. Issue. 2.

### References

Celik, Emel; Parlak, Nezaket; Cay, Yusuf (2021). Exergy and energy analyses of corn drying process: an experimental study in a laboratory-scale dryer. *Heat transfer research*. Volume 52. Issue 3. 1-13.

Coradi, Paulo Carteri; Nunes, Marcela Trojahn; Bellochio, Sabrina Dalla Corte; with co-authors (2021). Effects of drying temperatures and storage conditions on lipid and starch levels in corn kernels for the performance ethanol industry.

Cordova-Noboa, Hernan A.; Oviedo-Rondon, Edgar O.; Ortiz, Andres; (2021). Effects of corn kernel hardness and grain drying temperature on particle size and pellet durability when grinding using a roller mill or hammermill / *Animal feed science and technology*. Volume. 271.

Da Silva, Gisele Mol; Ferreira, Andre Guimaraes; Coutinho, Rogerio Morouco (2021). Energy and exergy analysis of the drying of corn grains. *Renewable energy*. Volume. 163. 1942-1950.

Guz M., Sivolapov V., Martina N., Marchenko V. (2017). Officials, the triviality of grain harvesting. *Agroekspert magazine*, №8.

Kirpa M. (2016). Seven ways of grain drying. Active ventilation is a method of drying grain without heat treatment. *The magazine «Grain»*, No. 11.

Kirpa M. (2018). Corn - we remove, modify, store. *The magazine «Proposition»*. № 11.

Machines, aggregates and complexes for processing and harvesting grain crops (2011): Posibnik (a team of authors edited by V.I. Kravchuk). - *Doslidnitske - UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo*. 224.

Mohammadi Shad, Zeinab; Oduola, Abass A.; Wilson, Shantae с соавторами (2021). New infrared heat treatment approaches to dry and combat fungal contamination of shelledcorn. *JOURNAL OF FOOD SAFETY*. Volume. 41. Issue 2.

Zanko M. (2020). Yakness of dried grain: staleness of grain in terms of technical factors and weather minds. *Journal Proposition*. № 296. 146-149.

UDC 631.354.2: 001.8

## INFLUENCE OF NATURAL FACTORS ON THE QUALITY OF DRYING CORN GRAIN IN A MODULAR TYPE DRYER

Zanko N., Ph.D. Tech. Scs, <https://orcid.org/0000-0001-8964-0706>,

Gaidai T., Ph.D. Tech. Scs, <https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>,

Stepchenko S., <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>,

Nilova N., <https://orcid.org/0000-0001-5514-2338>

L. Pogorely UkrNDIPVT

### Summary

*Investigation of the influence of natural factors on the quality of grain drying in a grain modular dryer.*

**Methods.** *Experimental studies in operational conditions and graphical modeling of dried grain moisture depending on natural factors.*

**The results.** *The change in the environmental conditions causes a certain influence on the return of the spent waste dryer to the environment and the processes of drying the grain in it. This causes the*



*production of undried grain and reduced drying efficiency.*

*The influence of natural factors - temperature and humidity, atmospheric pressure and wind speed on the humidity of corn grain during its drying with a single-module grain dryer has been studied. The output of the refrigerant with moisture vapor is carried out through the perforated panels of the dryer circuit and at the same time experiences some resistance from atmospheric pressure. The results show that the reduction of atmospheric pressure helps to reduce the resistance for the exit of the coolant through the surface of the dryer housing. As a result, the coolant in the chamber is more efficiently spent on the grain drying process. This is evidenced by the simultaneous decrease in pressure and humidity of the dried grain*

*The dryer is also affected by the wind: its body experiences cooling, and the drying temperature and drying conditions of the grain deteriorate. Thus, during the research period, the wind speed decreased from 5,3 m/s to 4,4 m/s, and the humidity of the dried grain decreased from 15,2 % to 13,9 %. That is, the reduction of the effect of wind on the surface of the dryer has a positive effect on the drying process of grain.*

*The ambient air is characterized by the moisture present in it. Its reduction in atmospheric air promotes better moisture yield from corn grain and the «filling» of this air moisture: the humidity of the dried grain decreases.*

*The positive temperature of the atmospheric air causes additional thermal action on the dryer and the drying process in it. In this case, the heat supplied to the working chamber of the dryer is more productively used for the drying process: in accordance with the increase in atmospheric air temperature, the humidity of the dried grain decreased from 15,2 % to 13,9 %.*

*Based on the results of experimental studies, graphical dependences of the humidity of dried corn grain on humidity, pressure, temperature and velocity of atmospheric air are constructed. The grain harvester is a system adapter for*

**Conclusions.** *The process of grain drying and the moisture content of the resulting dried grain of modular grain dryers depends on the influence of objective natural factors. These include, in particular, the weather conditions during the operation of dryers. With an increase in humidity, pressure and air velocity, the quality of drying deteriorates: when the moisture content of the grain decreases from 18,5 ° C to the regulated 14 %, with a single pass through the dryer, the moisture content of the dried grain exceeds the regulated one and vice versa. Drying grain in conditions of positive ambient air temperatures, especially at an air temperature of more than 21 °C, is most favorable for obtaining grain with a moisture content that is significantly less than 14 % and vice versa.*

*Low wind speed, dry and warm atmospheric air with low pressure contribute to the production of dried grain with regulated humidity.*

*For the maximum elimination of the unfavorable influence of natural factors on the quality of operation of modular dryers according to the criterion of the moisture content of dried grain in the conditions of the forest-steppe zone of Ukraine, it is advisable to carry out the drying process in the period from late September to early October.*

**Key words:** *grain modular dryer, grain drying quality, grain moisture, atmospheric pressure, temperature and humidity, wind speed.*

УДК 631.354.2:001.8

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО СУШКИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ В СУШИЛКЕ МОДУЛЬНОГО ТИПА

**Занько Н.**, канд. техн. наук,

<https://orcid.org/0000-0001-8964-0706>),

**Гайдай Т.**, канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>,

**Степченко С.**, <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>,

**Нилова Н.**, <https://orcid.org/0000-0001-5514-2338>

УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

### **Аннотация**

**Цель исследований.** Исследование влияния природных факторов на влажность высушенного зерна кукурузы в зерновой сушилке модульного типа.

**Методы исследований.** Экспериментальные исследования в эксплуатационных условиях и графическое моделирование влажности высушенного зерна в зависимости от природных факторов.

**Результаты.** Изменение условий среды обуславливает определенное влияние на отдачу сушилкой отработанного теплоагента в окружающую среду и процессы сушки зерна в ней при этом. Это обуславливает получение недосушенного зерна и снижение эффективности сушки.

Исследовано влияние природных факторов – температуры и влажности воздуха, атмосферного давления и скорости ветра на влажность зерна кукурузы, во время его сушки в одномодульной зерновой сушилке. Выход теплоагента с парами влаги осуществляется через перфорированные панели контура сушилки, при этом он одновременно испытывает определенное противодействие со стороны атмосферного давления. Результаты свидетельствуют, что уменьшение атмосферного давления способствует уменьшению сопротивления для выхода теплоагента через поверхность корпуса сушилки. Вследствие этого теплоагент в камере сушилки расходуется на процесс сушки зерна более эффективно. Об этом свидетельствует уменьшение влажности высушенного зерна при одновременном падении давления.

Сушилка также подвергается влиянию ветра: ее корпус испытывает охлаждение, а температура и условия сушки зерна при этом – ухудшаются. Так в течении времени исследований скорость ветра уменьшилась с 5,3 м/с до 4,4 м/с, а влажность высушенного зерна уменьшилась с 15,2 % до 13,9 %. То есть, уменьшение силы ветра на поверхность сушилки обусловило положительное воздействие на процесс сушки зерна.

Воздух окружающей среды характеризуется имеющейся в нем влагой. Её уменьшение в атмосферном воздухе способствует лучшей влагоотдаче из зерна кукурузы и наполненности этой влагой воздуха: влажность высушенного зерна уменьшается.

Положительная температура атмосферного воздуха обуславливает дополнительное тепловое воздействие на сушилку и процесс сушки в ней. При этом тепло, подаваемое в рабочую камеру сушилки, более производительно расходуется на процесс сушки: в соответствии с ростом температуры атмосферного воздуха влажность высушенного зерна уменьшилась с 15,2 % до 13,9 %.

По результатам экспериментальных исследований построены графические зависимости влажности высушенного зерна кукурузы от влажности, давления, температуры и скорости движения атмосферного воздуха.

**Выводы.** Процесс сушки зерна и влажность полученного высушенного зерна зерновых сушилок модульного типа зависит от влияния объективных природных факторов. К ним, в частности, относятся погодные условия во время эксплуатации сушилок. При увеличении влажности, давления и скорости движения воздуха качество сушки ухудшается: при снижении влажности