

навантаження на опорно-з'єднувальні механізми агрегату, тиск масла в гідросистемі.

Висновки. Динаміка ґрунтообробних агрегатів обумовлюється взаємозв'язками складної динамічної системи ґрунт-плуг-механізм навішування-трактор. Для визначення параметрів зазначеної системи необхідно розробити: методику обґрунтування основних параметрів агрегату, оптимізації параметрів, технологічні основи автоматизації з урахуванням особливостей широкозахватних машин. Отримані результати можуть слугувати науковою основою удосконалення існуючих і створення нових широкозахватних агрегатів основного обробітку ґрунту.

Список літератури

1 Домуші Д.П. Енергозберігаючі технології виробництва продукції рослинництва / Д. П. Домуші, П. Д. Устюянов // Аграрний вісник Причорномор'я. – 2013. – Вип. 67. – С. 129–134.

2 Артёмов М.П. Динамічна стабільність мобільних сільськогосподарських агрегатів: дис. ...доктора тех. наук : 26.09.14 / Артёмов Микола Прокопович. – Харків., 2014. – 385 с.

3 Коломієць С.М. Сталість руху машин для передпосівного обробітку ґрунту / С.М. Коломієць, О.О. Вершков // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти.- Вип. 5.-Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017.- С. 65-74.

УДК 697.1 (075)

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ТЕПЛО- ТА ВОЛОГООБМІНУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ СИРОВИНИ У ЗЕРНОСХОВИЩІ

Малкіна В.М., д.т.н., Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

Кюрчев С.В., к.т.н., Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

Верхоланцева В.О., к.т.н., Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

Summary: The article presents a mathematical of thermal balance which takes place during grain cooling in a granary. The model was reliability was verified on the basis of empirical data and theoretical calculations.

Keyword: heat exchange, moisture exchange, enthalpy, grain cooling, granary

Технологічна ефективність процесу охолодження залежить від багатьох факторів, які можуть бути розділені на дві групи: фактори, що обумовлені технологічними властивостями зерна, а також фактори, що залежать від режиму роботи та параметрів охолодження та умов його експлуатації. Тому

для досягнення високої технологічної ефективності охолодження, необхідно встановити ефективні режими експлуатації зерносушищ з урахуванням властивостей партії зерна, а також холодоносія, в якості якого використовується атмосферного повітря. Виходячи з самої природи зерна та можливих втрат врожаю виникає необхідність у захисті його від активного впливу факторів абіотичного середовища, а також у створенні таких умов протягом зберігання, які б попереджували інтенсивний обмін речовин у клітинах зерна. в підготовки продуктів та закладання і збереження їх у необхідних умовах. При оптимізації даних параметрів технологічного процесу використовуємо достатньо інформативну параметричну схему [1,2,3].

У процесі охолодження зерна з нього випаровується частина вологи, витратя якої можна визначити як

$$W - M_{\text{з}} \frac{w_1 - w_0}{(1 - w_0)}, \quad (1)$$

де $M_{\text{з}}$ маса зерна, кг;

w_1 - вологість охолодженого зерна, $\frac{\text{кг (вологи)}}{\text{кг (зерна)}}$,

w_0 - вологість до зберігання зерна, $\frac{\text{кг (вологи)}}{\text{кг (зерна)}}$.

Витрати сухого повітря для охолодження зерна складають

$$L_x = \frac{W_x}{\varphi_1 - \varphi_0}, \quad (2)$$

де L_x - витрата холодного повітря, кг/с;

W_x - кількість вологи, яке відбирається із зерна в процесі охолодження, кг/с;

φ_1 - вологість відповідпрацьованого повітря, $\frac{\text{кг (пара)}}{\text{кг (сухого повітря)}}$;

φ_0 - вологість повітря на вході, $\frac{\text{кг (пара)}}{\text{кг (сухого повітря)}}$.

Рівняння (2) визначає баланс вологи при охолодженні. Рівняння балансу вологи слід доповнити рівнянням балансу теплоти.

При охолодженні з повітрям вноситься $L_x H_0$ теплоти (H_0 - ентальпія повітря до зберігання, кДж/кг). Також, додається теплота з вологою зерна, яка потім випаровується в зерносушищі $c_{\text{в}} t_2 W_x$ ($c_{\text{в}}$ - теплоємність води, кДж/(кг °С), t_2 - температура холодного повітря, °С).

Кількість теплоти, яку віддає зерно дорівнює:

де $c_{\text{з}}$ - теплоємність охолодженого зерна, кДж/(кг °С);

t_0 - температура зерна до охолодження, °С;

t_1 - температура зерна після охолодження, °С.

Відпрацьоване повітря виводиться з зерносушища і виносить $L_x H_1$ теплоти (H_1 - ентальпія відпрацьованого повітря, кДж/кг).

Додатково, з оточуючого середовища крізь поверхню стінок зерносховища поступає (або виводиться) теплота, яка розраховується по формулі:

$$, \quad (4)$$

m^2

де S – площа стінок зерносховища,

k_x – коефіцієнт теплопередачі крізь стіни зерносховища, $\text{Вт}/[(\text{м})^2 \cdot ^\circ\text{C}]$,

$t_{\text{ср}}$ – середня температура у зерносховищі, $^\circ\text{C}$,

$t_{\text{в}}$ – температура повітря в оточуючому середовищі, $^\circ\text{C}$.

Рівняння теплового балансу при охолодженні зерна має вид:

$$L_x H_0 + c_{\text{в}} t_2 W_x + M c_3 (t_0 - t_1) = L_x H_1 + Q_{\text{доп.пот.}} \quad (5)$$

де L_x – витрата холодного повітря, $\text{кг}/\text{с}$;

H_1 – ентальпія відпрацьованого повітря, $\text{кДж}/\text{кг}$;

H_0 – ентальпія повітря до зберігання, $\text{кДж}/\text{кг}$;

$Q_{\text{доп.пот.}}$ – додатковий теплоприток (через стіни, підлогу, стелю, обладнання), $\text{кДж}/\text{с}$;

W_x – кількість вологи, що випаровується із зерна, $\text{кг}/\text{с}$;

$c_{\text{в}}$ – теплоємність води, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

t_2 – температура холодного повітря, $^\circ\text{C}$;

M – маса охолодженого зерна, кг ;

c_3 – теплоємність охолодженого зерна, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

t_0 – температура зерна до охолодження, $^\circ\text{C}$;

t_1 – температура зерна після охолодження, $^\circ\text{C}$.

Для підтвердження достовірності рівняння теплового балансу були проведені розрахунки лівої та правої частин рівняння (5) на основі експериментальних даних, які отримали шляхом замірів показників температури зерна та повітря у зерносховищі та в оточуючому середовищі, вологості зерна та вологості повітря у зерносховищі. Значення ентальпії повітря були знайдені на основі i-d діаграм.

При розрахунку були використані наступні значення

показників: $M = 200000 \text{ кг}$, $c_{\text{в}} = \frac{4,2 \text{ кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, $S = 5$. Похибка розрахункового та теоретичного значень ентальпії не перевищує 5%, що свідчить про достовірність побудованої моделі балансу. На підставі даного рівняння було отримано графічні залежності ентальпії та вологості (рис.1). На рисунку 1 наведено графіки розрахованої залежності ентальпії та визначеної на основі рівняння балансу.

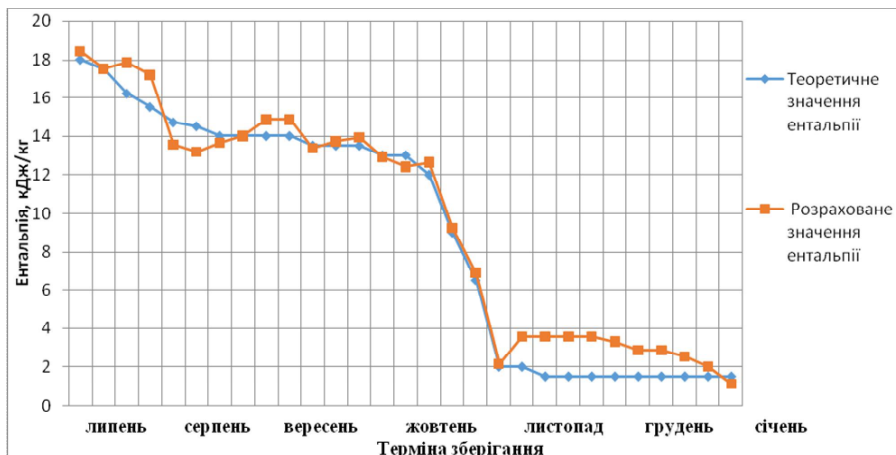


Рис. 1. Графіки розрахованої залежності ентальпії та визначеної на основі рівняння балансу

Аналіз перебігу досліджуваного процесу в зерносховищі, що відображено на рисунку 1 засвідчив наявність сталої характеристики ентальпії та відповідно вологовмісту, показав, що чітко простежується стабільність вищезазначених параметрів.

Висновки. Побудовано математичну модель термодинамічних параметрів зерносховищ та перевірено її адекватність на основі емпіричних даних.

Список літератури

1. Дзюбенко П.К. і др. Система опалення і вентиляції сільськогосподарських виробничих будівель. –К.: Будівельник, 1978. 152 с.
2. Кюрчев С. В. Дослідження ентальпії у процесі зберігання зернової маси із застосуванням охолодження/С. В.Кюрчев, В. Ф.Ялпачик, В. О.Верхоланцева//ПраціТаврійського державного агротехнологічногоуніверситету: зб. наук. праць.Мелітополь: ТДАТУ, 2017. Вип. 17. Т. 1. С. 62–67.
3. Шерстюк В.С.Инженерная методика расчета термодинамических параметров силосов для хранения зерна/ В.С.Шерстюк, В.А.Мурашко//Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко. Харків: ХНТУ, 2011.Вип. 119.