

УДК 66.047

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОГО ФІЛЬТРАЦІЙНО-ОСМОТИЧНОГО СУШІННЯ

*Паламарчук І.П.*

*Зозуляк О.В.*

*Герасімов О.О.*

*Вінницький національний аграрний університет*

*На основі отриманих експериментальних даних було обгрунтовано оптимальні параметри вібраційно-осмотичної сушарки*

*On the basis of the experimental findings there was obgruntovao optimum parameters oscillation osmotic dryers*

### **Вступ**

Досліджуваний процес містить такі різні за механізмом реалізації фізико-механічні дії як вібрації робочого контейнера, фільтрування при проходженні через перфорований ротор та осмотичний тиск в якості важелів для інтенсифікації сушіння високовологого насіння баштанних та овочевих культур, що обгрунтовує актуальність роботи та перспективи розвитку.

Значно зменшити питомі затрати на процес фільтраційного вологовидалення дозволяє запропонований спосіб, який передбачає зміну напрямку подачі сушильного агента. Під дією перепаду тисків сушильний агент спочатку профільтровується в напрямку вологий матеріал – перфорована перегородка, що дозволяє за короткий час витіснити вільну вологу з шару насіння. На другому етапі вологовидалення фільтрування сушильного агента відбувається у напрямку перфороване днище сипучий матеріал, зі створенням киплячого шару, що дозволяє зменшити затрати на створення перепадів тисків.

З метою вдосконалення способу фільтраційного вологовидалення в запропоноване пошарове видалення сухого матеріалу з активної зони, що дозволяє зменшити гідравлічний опір шару, і відповідно, енерговитрати.

Метою даної роботи є обгрунтування основних параметрів вібраційного сушильного обладнання на основі експериментальних досліджень фільтраційних і електроосмотичних процесів в сипкому високовологому шарі насіння в поєднанні з вібраційною дією.

Для виконання поставленої мети в науковій роботі були поставлені такі задачі:

- розробити план, методику та блок-схему досліджень;
- провести оцінку основних параметрів досліджуваного процесу;
- оцінити техніко-економічні показники застосування вібраційно-осмотичного сушіння насіння баштанних та овочевих культур.

**Викладення основного матеріалу.**

Для забезпечення проведення експериментальних досліджень було виготовлено комплекс спеціальних приладів, який забезпечує вимірювання та автоматичне регулювання основних параметрів досліджуваних процесів (рис.1) основні параметри якого представлені у таблиці 1.



**Рис. 1. Експериментальна лабораторна вібраційна сушильна установка**

Таблиця 1

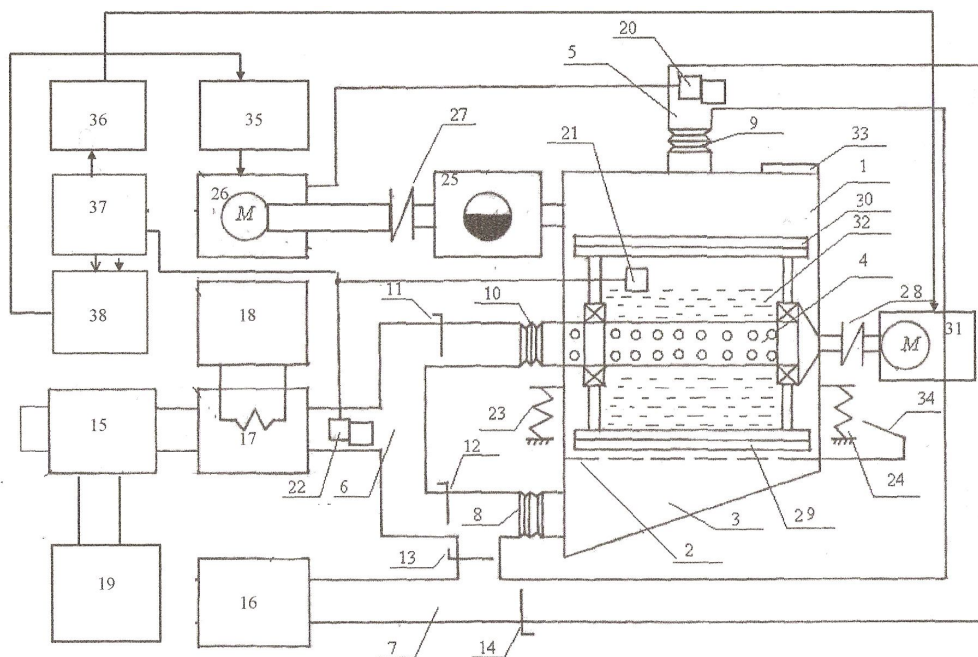
**Параметри експериментальної лабораторної вібраційної сушильної установки**

<i>№п/п</i>	<i>Параметр</i>	<i>Числове значення</i>
1	Радіус сушильної камери, мм	100
2	Висота сушильної камери, мм	160
3	Об'єм сушильної камери, $10^{-3} \text{ м}^3$	0,9
4	Амплітуда вібрацій у вертикальній площині, мм	0...10
5	Частота коливань у вертикальній площині, Гц	0...100
6	Амплітуда вібрацій у горизонтальній площині, мм	0...10
7	Частота коливань у горизонтальній площині, Гц	0...100
8	Температура сушильного агента, $^{\circ}\text{C}$	20...150
9	Швидкість сушильного агента, м/с	0...3

В ході досліджень для зміни в широких межах параметрів вібрацій було застосовано перетворювач частоти MITSUBISHI FR-E540-075EC. Швидкість подачі сушильного агента вимірювалась анемометром.

В процесі досліджень за допомогою електронного лічильника електроенергії проводились вимірювання витрат електроенергії, що дало можливість провести порівняння питомих енерговитрат при різних технологічних режимах.

Блок-схема досліджень з застосуванням дослідно-промислового зразка вібраційної сушарки приведена на рис. 2.



**Рис. 2. Блок-схема дослідження процесу вібраційного фільтраційно-конвективного сушіння високовологого насіння гарбуза.**

1 - сушильна камера; 2 - перфороване U- подібне днище; 3 - дифузор; 4 - перфорований пустотілий циліндричний вал; 5,6,7 – магістралі подачі та відбору сушильного агента; 8,9,10 – еластичні з'єднання; 11,12,13,14 – герметизуючі заслонки; 15,16 – вентилятори; 17 – електронагрівач; 18 – керований регулятор потужності; 19 – реактор синтезу озону бар'єрного типу; 20, 21,22 – датчики температури та відносної вологості сушильного агента; 23, 24 – пружні опори 25 – вібробуджувач дебалансного типу; 26 – привід вібробуджувача; 27, 28 - еластичні муфти; 29 – еластичний скрібок; 30 – П-подібна лопать перемішувача; 31 – привід перемішувача; 32 – продукція; 33 – завантажувальний люк; 34 – розвантажувальний лоток; 35 – пристрої регулювання та вимірювання параметрів вібрацій регулятор частоти MITSUBISHI FR-E540, портативний віброаналізатор АГАТ-М; 36 – пристрій регулювання частоти обертів перемішувача; 37 – мікроконтролерний пристрій вимірювання та автоматичного регулювання температури сушильного агента, вимірювання вологості та температури продукції, параметрів вібрацій; 38 – комп'ютер

Дослідження процесів сушіння насіння проводились за загальною методикою, яка передбачала вимірювання вологості насіння в залежності від часу обробки. Насіння з початковою вологістю 60% розміщувалось у сушильній камері, установлювались відповідні

режими, зокрема, температура сушильного агента, швидкість його подачі, амплітуда і частота вібрацій.

Застосування мікроконтролерної системи забезпечило поточне вимірювання вологості насіння в процесі фільтраційного волого видалення при герметизації сушильної камери (коли відбір проб був технологічно неможливий) завдяки можливості вимірювання відносної вологості сушильного агента на вході та виході з сушильної камери. При досягненні значення вологості насіння близько 10% процес сушіння припинявся і здійснювався відбір проби насіння для дослідження на схожість в лабораторних умовах.

Дослідження впливу вертикальних і горизонтальних складових амплітуди вібрацій здійснювались шляхом порівняння тривалості процесів при різних співвідношеннях складових.

Дослідження здійснювались в три етапи. На першому етапі сушильній камері надавались переважно вертикальні коливання відповідним електромагнітним вібробуджувачем. При постійній частоті коливань – 16 Гц задавались значення амплітуди 2, 4 і 6 мм, при яких фіксувалась тривалість процесу фільтраційно-конвективного сушіння, який проводився за наведеною вище методикою. На другому етапі досліджень при попередніх режимах було задіяно електромагнітний вібробуджувач горизонтальних коливань, робота якого (частота і фаза) синхронізувались з вібробуджувачем вертикальних коливань. На третьому етапі досліджень було задіяно електромагнітний вібробуджувач горизонтальних коливань. Параметри процесів були аналогічні.

Основні результати досліджень кінетики процесів сушіння при різних технологічних режимах приведені на рисунку 3, а температурні характеристики на рисунку 4.

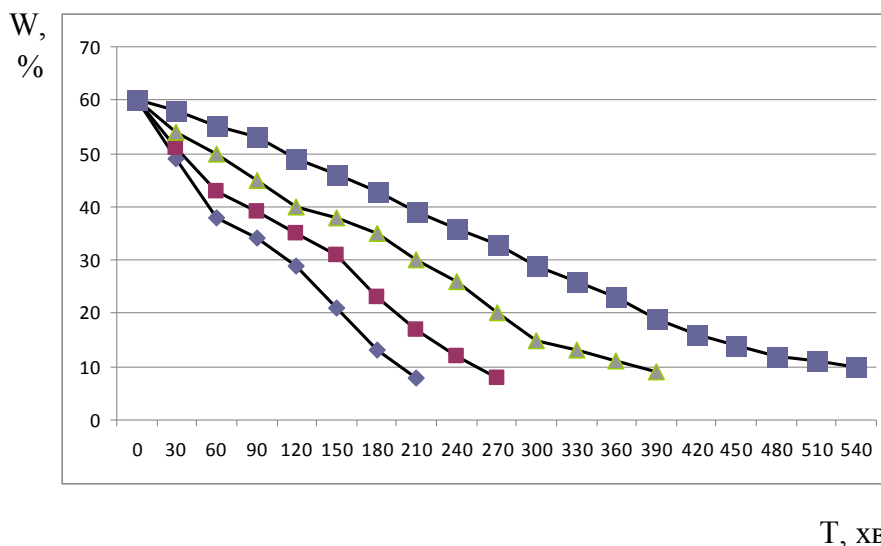


Рис. 3. Залежність вологості насіння  $W$ , % від часу сушіння  $\tau$ , хв.

Мікроконтролерна система в режимі реального часу дозволила на дисплеї персонального комп'ютера отримати інформацію про основні параметри процесу, що дало змогу оптимізувати режими обробки високовологих насінєвих матеріалів, що спостерігається в динаміці нагрівання насіння без його нагріву до гранично допустимих значень. Дана інформація дозволяє знайти компромісні параметри інтенсивності ведення процесу, енерговитрат і збереження посівних якостей (схожості і енергії проростання) насіння (рис. 5).

Дослідження впливу вертикальних і горизонтальних складових амплітуди вібрацій здійснювались шляхом порівняння тривалості процесів при різних співвідношеннях складових.

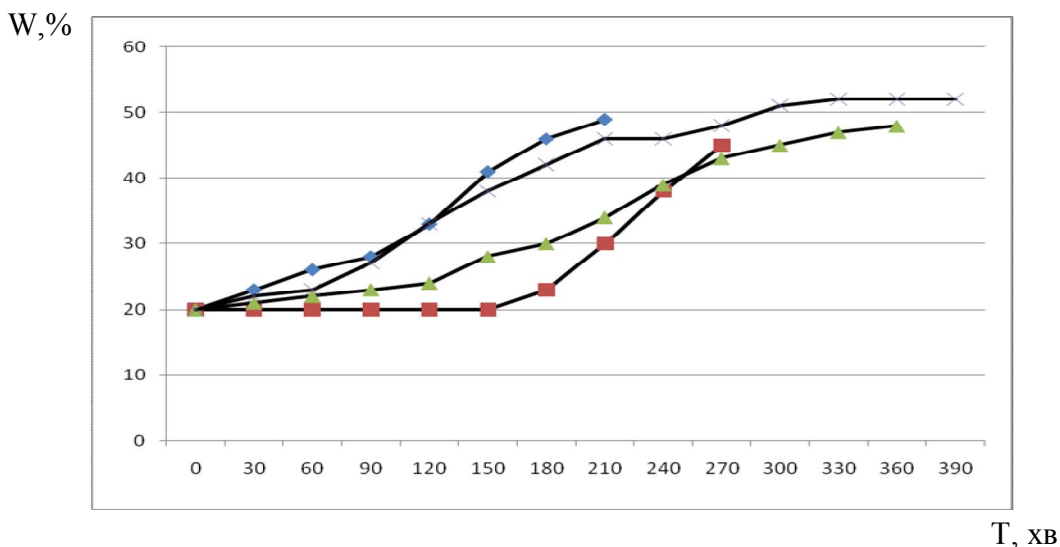


Рис. 4. Залежність температури насіння від  $T^0C$  від часу сушіння  $t$ , хв.

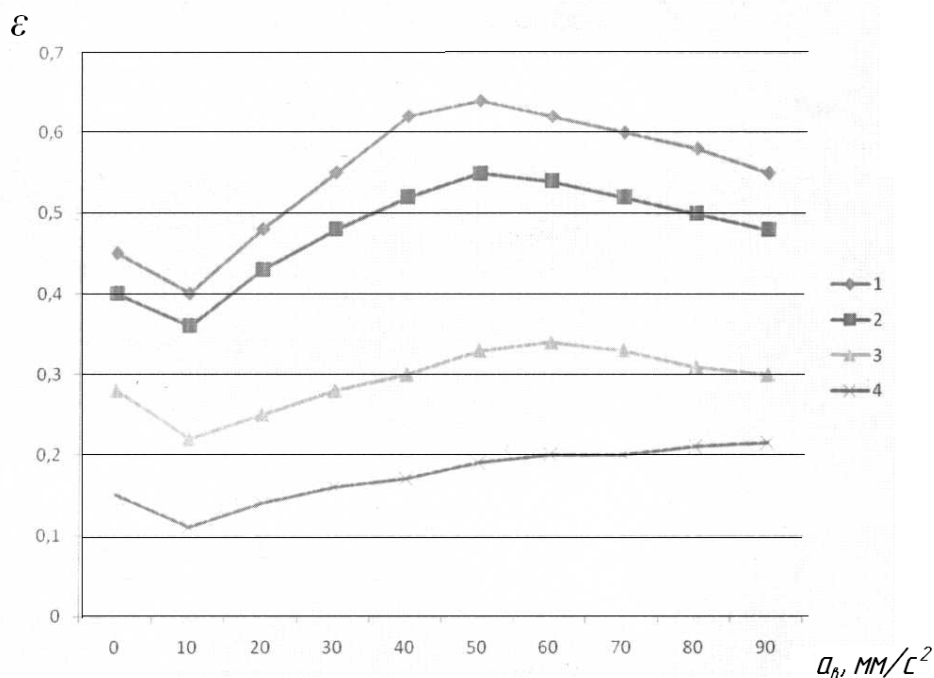


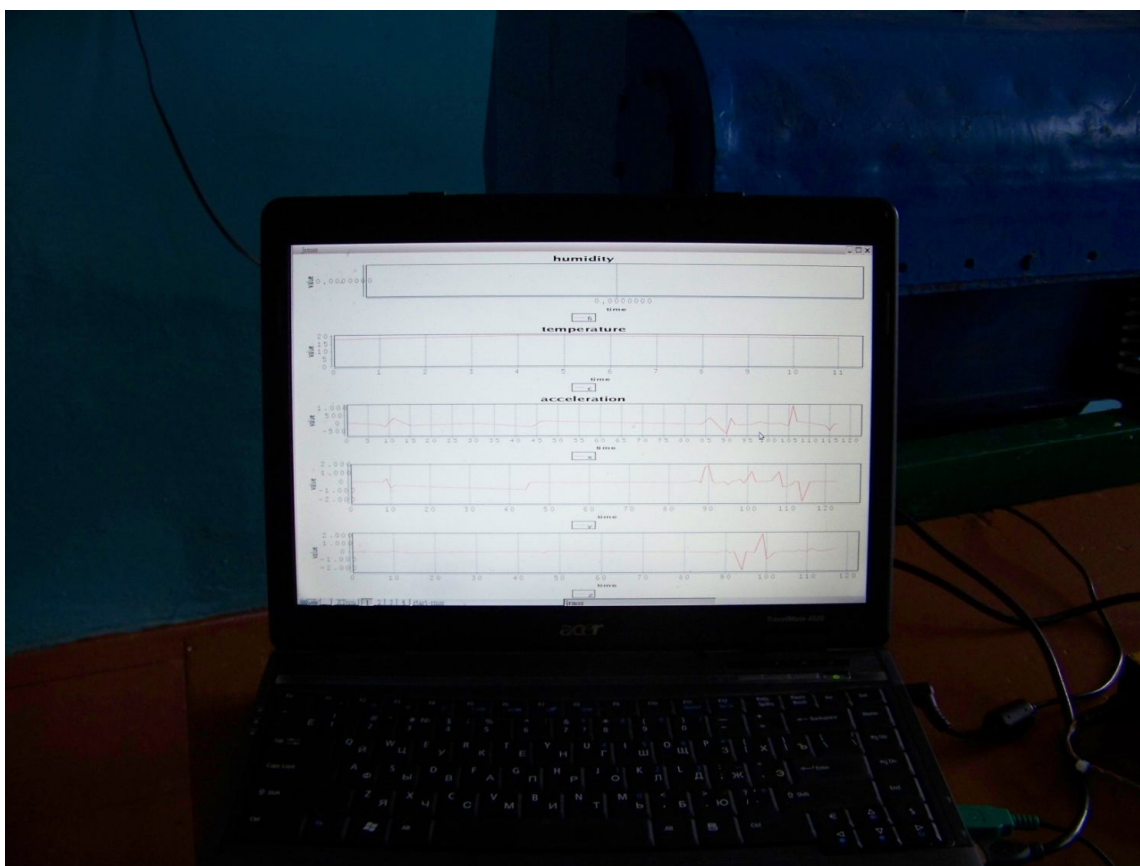
Рис. 5. Залежність порозності шару насіння  $\varepsilon$  від віброприскорення  $a_v$ , мм/с<sup>2</sup> при різних значеннях вологості насіння: 1-10%; 2-25%; 3-45%; 4-60%.

Були проведені дослідження впливу вібрацій на процеси вологовидалення із застосуванням акселерометра в режимі автономного зонда, розміщеного на додатковій турбулізуючій поверхні перемішувача-очищувача, який крім вібрацій здійснював обертальний рух з приводом від окремого двигуна (рис. 6).

Також пристрій було задіяно в процесі експериментальних досліджень залежності гідродинаміки шару насіння від віброприскорення при різних значеннях вологості, що дозволило визначити оптимальні значення амплітуди вібрацій в залежності від зміни аеро- і гідродинамічних параметрів висушувального матеріалу (рис. 7).



*Рис. 6. Вимірювання вібраційних параметрів із застосуванням зонда-акселерометра*



*Рис. 7. Графічна інтерпретація кінетики тепломасообмінних процесів та просторових параметрів вібраційної сушильної камери*

З метою визначення оптимальних параметрів процесу вологовидалення з застосуванням електроосмотичного ефекту було проведено експериментальні дослідження за допомогою експериментальної вібраційної установки, пристрою формування електричного поля та іншого вимірювально-регулювального обладнання.

### *Висновки*

1. Враховуючи наведені напрямки вдосконалення процесу осмотичного вологовидалення з метою визначення оптимальних конструктивних параметрів обладнання та режимних параметрів процесу, було розроблено функціональну схему комплексу пристроїв, основою якого є експериментальна вібраційна установка.
2. Проведені дослідження дозволили визначити оптимальні параметри процесу зневоложення термолабільних матеріалів з застосуванням електроосмотичного ефекту:
  - віброприскорення  $A\omega^2$  - 38 м/с<sup>2</sup>;
  - асиметрія амплітуд змінного струму  $A+/A-$ , мм/мм – 7,5;
  - середнє значення густини струму  $i$ , мА/см<sup>2</sup> – 5;
  - частота змінного струму  $F$ , Гц -24;
  - форма струму-трикутна (пилкоподібна);
  - координат установки віброзбуджувача, градус-270.
3. Застосування електроосмотичного та фільтраційного вологовидалення порівнянні із переважно руйнівним для насіння теплого сушіння дозволяє інтенсифікувати процес обробки та інших термолабільних матеріалів зі збереженням їх основних кінцевих якостей, зокрема схожості та енергії проростання.

Запропонована технологія покращує техніко-економічні параметри процесів сушіння, зокрема, питомі енерговитрати на видалення 1 кг вологи знижуються в 2,7 рази порівняно з традиційним конвективним сушінням.

### *Література*

1. Голубкович А.В. Уборка и сушка семян овощных и бахчевых культур. – М.: Россельхозиздат. - 1984 - 129 с.
2. Повідайло П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешеном состоянии. Ленинград: Химия, 1979.
3. Бегунов А.А., Конопелько Л.А. Физико-химические измерения состава и свойств веществ.- Издательство стандартов, 1984.С. 29-36.
4. Куцакова В.Е., Богатырев А.Н. Интенсификация тепло-массообмена при сушке пищевых продуктов.- К.: Агропромиздат, 1987.С. 152-153.
5. Урьев М.Б. Физические основы интенсификации технологических процессов в дисперсных системах.-М.: Знание,1990.С. 112-113.
6. Душинський В.В. Основи наукових досліджень.- К: Наукова думка, 2000.-405с.