

УДК 621.3: 631.53.027.33

## ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ЗЕРНОВОЇ МАСИ В КАМЕРІ ОБРОБКИ ПРИ ГРАВІТАЦІЙНОМУ ВИТІКАННІ

Берека О.М., д.т.н.,

Науменко О.В., аспірант.\*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Тел.: (044) 527-87-35, (044) 527-87-36

**Анотація** – розглянуто фактори впливу під час обробки зерна на швидкість зернової маси в камері обробки та час витоку з камери, представлено встановлені залежності швидкості витікання та часу витоку зерна від кута відкриття затвора при гравітаційному витіканні.

**Ключові слова** – зернова маса, швидкість витікання, час обробки, кут відкриття, сильне електричне поле.

**Постановка проблеми.** Для знищення комах-шкідників у зернової масі за допомогою сильного електричного поля (СЕП) (рис. 1) необхідно забезпечити ефективну дозу обробки. Основними складовими дози обробки є концентрація озону та час експозиції.

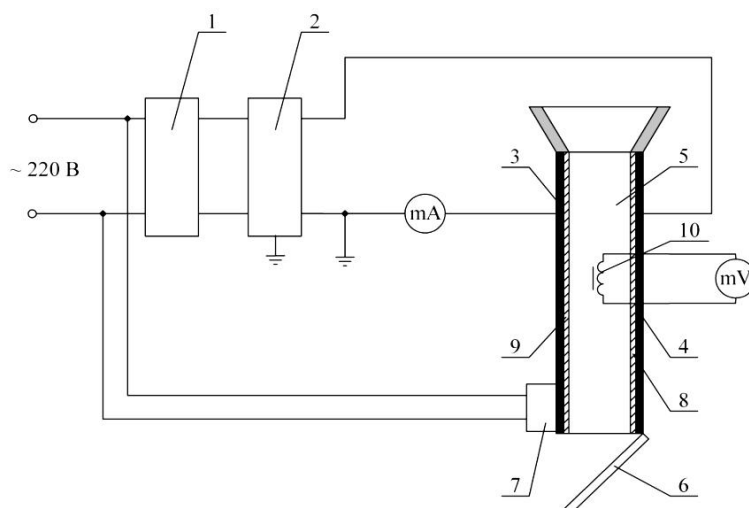


Рис. 1. Схема установки для знищення комах-шкідників у зернової масі під дією СЕП: 1 – регулятор напруги; 2 – джерело високої напруги; 3, 4 – електроди; 5 – робоча камера; 6 – затвор витікання; 7 – електромагнітний вібратор; 8, 9 – ізоляційні пластини; 10 – індуктивний датчик.

\* Науковий керівник – д.т.н. Берека О.М.

©д.т.н. Берека О.М., аспірант Науменко О.В.

*Аналіз останніх досліджень.* Концентрація озону залежить від напруженості електричного поля в зерновій масі, виду культури та вологості зерна [2, 4]. Час знаходження комах-шкідників в СЕП залежить від висоти камери обробки та швидкості руху зернової маси. В представленій установці [3] рух зернового матеріалу здійснюється під дією сили тяжіння, вібрації та СЕП. На швидкість руху зернової маси в камері обробки має вплив кожний з наведених чинників. В даній роботі розглянемо рух зернової маси під дією сили тяжіння.

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є теоретичне обґрунтування процесу витікання зерна під впливом сили тяжіння і встановлення залежності швидкості та часу витікання зерна від кута відкриття затвора витікання.

*Основна частина.* Швидкість витікання зерна на виході його з випускного отвору залежить від його тиску в площині випускного отвору [7]

$$v = \lambda \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{\sigma}{\rho \cdot g}}, \quad (1)$$

де  $v$  – швидкість витікання зерна на виході з отвору;  $\sigma$  – тиск зернового матеріалу над отвором;  $\rho$  – насипна густина зерна;  $g$  – прискорення вільного падіння ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ );  $\lambda$  – коефіцієнт витікання.

Величина тиску над отвором залежить від форми камери обробки, розмірів випускного отвору, властивостей зернового матеріалу і його механічного стану. У випадку бокового витікання похилого потоку зернової маси тиск над отвором залежить від кута нахилу потоку зерна до горизонталі [6, 7]

$$\sigma = (\sin^2 \alpha + m \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \rho \cdot g \cdot \chi \cdot R_z - \frac{\tau_0}{f}, \quad (2)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу потоку зерна до горизонталі;  $R_z$  – гідравлічний радіус випускного отвору;  $m$  – коефіцієнт сипучості зернової маси,  $\chi$  – коефіцієнт, що залежить від величини коефіцієнта внутрішнього тертя в зерновому матеріалі;  $f$  – коефіцієнт внутрішнього тертя зернового матеріалу;  $\tau_0$  – початкова напружка зсуву.

Розрахункова схема установки при гравітаційному витіканні наведена на рис. 2.

При проходженні зерна через камеру обробки воно проходить під кутом  $\alpha$  до горизонталі через випускний отвір  $a-a$ .

Використовуючи теоретичні підходи і методики Алфєрова та Зєнкова [1, 6, 7] та враховуючи вирази (1) і (2), для швидкості витікання зерна в перерізі  $a-a$  можна записати

$$v_{a-a} = \lambda \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha + m \cdot \cos^2 \alpha} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left( \chi \cdot R_{a-a} - \frac{\tau_0}{g \cdot \rho \cdot f} \right)}, \quad (3)$$

де  $\alpha$  – кут відкриття затвора (кут нахилу потоку зерна до горизонталі);  $R_{a-a}$  – гідравлічний радіус перерізу  $a-a$ .

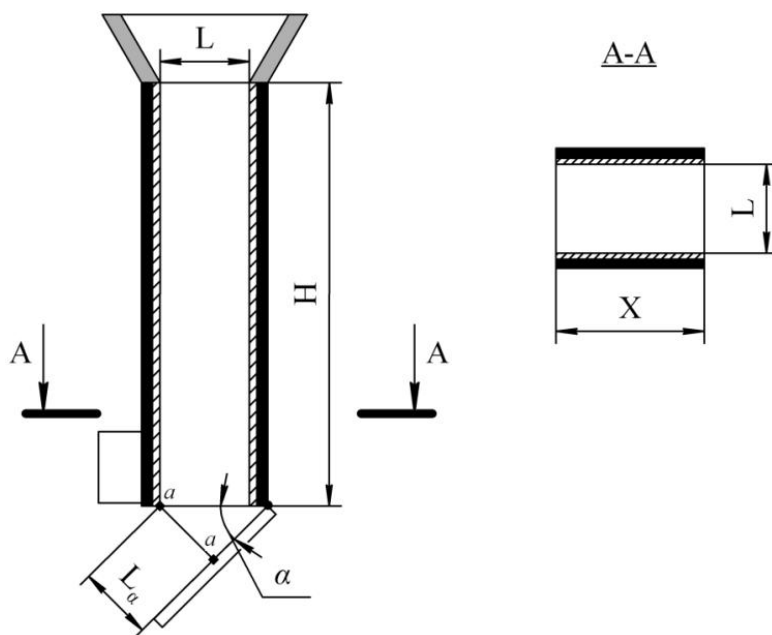


Рис. 2. Розрахункова схема визначення швидкості зерна.

Коефіцієнт  $\chi$  визначається за виразом [7]

$$\chi = \frac{1}{f} + 2 \cdot f - \sqrt{1 + f^2} . \quad (4)$$

Коефіцієнт внутрішнього тертя зернового матеріалу [1, 6, 7, 8]

$$f = \operatorname{tg} \varphi , \quad (5)$$

де  $\varphi$  – кут внутрішнього тертя зернового матеріалу.

Коефіцієнт витікання [7]

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot f \cdot \chi}} . \quad (6)$$

Гідравлічний радіус перерізу визначається, як відношення площі перерізу до його периметру з урахуванням крупності частинок зерна [Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.]

$$R_{a-a} = \frac{X \cdot (L_\alpha - d)}{2 \cdot (X + L_\alpha - d)} , \quad (7)$$

де  $X$  – довжина камери;  $L_\alpha$  – ширина випускного вікна;  $d$  – крупність частинки зерна [1]

$$d = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c} , \quad (8)$$

де  $a, b, c$  – середні розміри частинок зерна, м.

Ширина випускного вікна

$$L_\alpha = L \cdot \sin \alpha , \quad (9)$$

де  $L$  – відстань між електродами, м.

Коефіцієнт сипучості [6]

$$m = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}. \quad (10)$$

Визначивши швидкість витоку зерна з отвору можна визначити пропускну здатність камери обробки [5, 6]

$$q = v_{a-a} \cdot S_{a-a}, \quad (11)$$

де  $q$  – продуктивність камери обробки, м<sup>3</sup>/с;  $S_{a-a}$  – площа випускного вікна

$$S_{a-a} = X \cdot (L_{\alpha} - d). \quad (12)$$

Знаючи продуктивність камери  $q$  можна визначити час витікання (час обробки) зерна з камери обробки [5, 6]

$$t = \frac{V}{q}, \quad (13)$$

де  $t$  – час витоку зерна з камери обробки;  $q$  – продуктивність камери, визначається за виразом (12) з урахуванням (13);  $V$  – об'єм камери

$$V = X \cdot L \cdot H, \quad (14)$$

де  $H$  – висота камери обробки, м.

Середня швидкість  $v$  проходження зерном камери обробки

$$v = \frac{H}{t}. \quad (15)$$

За встановленими залежностями в програмному забезпеченні Mathcad проведено розрахунок граничних значень часу та швидкості витоку для ячменю з густиною  $\rho = 580-800$  кг/м<sup>3</sup> [8, 9], кутом внутрішнього тертя  $\varphi = 25-30^\circ$  [8]. Значення напруги початкового зсуву  $\tau_0$  зерна приймалося в межах 15-20 Н/м<sup>2</sup> [6]. Розміри частинок зерна приймалися такими [10]: довжина  $a = 7...14.6$  мм, ширина  $b = 2...5$  мм, товщина  $c = 1,2...4,5$  мм. Розміри установки приймалися відповідно конструктивних параметрів експериментальної камери обробки: висота  $H = 0,82$  м; відстань між електродами  $L = 0,03$  м; довжина камери  $X = 0,05$  м. Кут відкриття затвора витікання  $\alpha = 0...90^\circ$ .

Експериментальна перевірка теоретичних залежностей проводилася на зерні ячменю сорту «Солнцедар» вологістю 12,5 %. Для цього зерно ячменю засипали в камеру, відкривали затвор на певний кут і визначали час витоку зерна. За виразом (16) визначали швидкість витоку зерна ячменю.

Результати математичних розрахунків та експериментальні дані наведені на рис. 3 та рис. 4.

З представлених результатів на рис. 3 та рис. 4 видно, що дані експериментальних досліджень знаходяться в межах області (виділена сірим кольором) допустимих значень часу та швидкості проходження зерном камери обробки, які визначені кривими 1 та 2 на рис.3 та рис. 4.

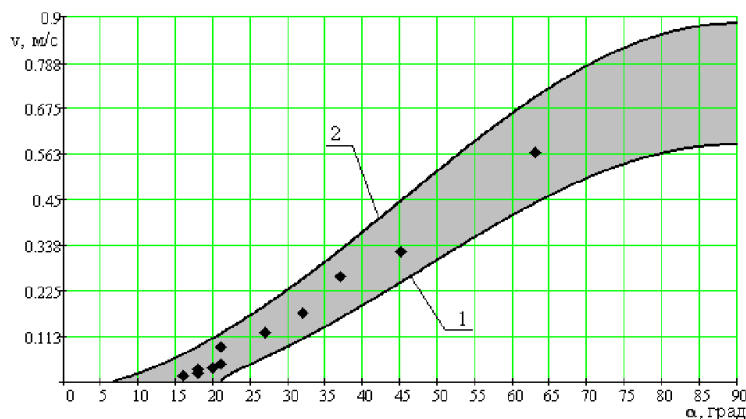


Рис. 3. Гравітаційне витікання зернової маси ячменю з камери обробки: 1, 2 – нижня і верхня межі швидкості витоку зерна ячменю з камери обробки,  $\blacklozenge$  – експериментальні дані для ячменю сорту «Солнцедар» вологістю 12,5%.

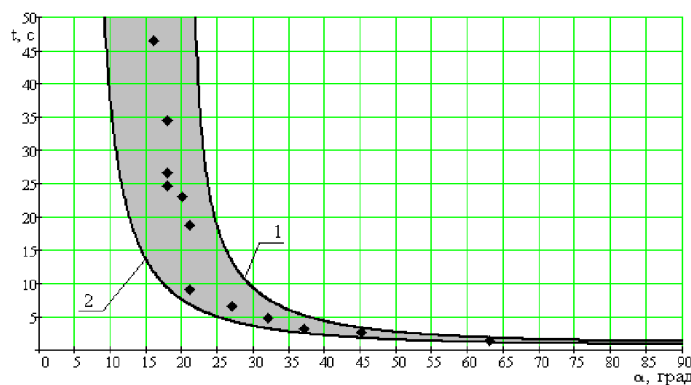


Рис. 4. Гравітаційне витікання зернової маси ячменю з камери обробки: 1, 2 – нижня і верхня межі часу витоку зерна ячменю з камери обробки;  $\blacklozenge$  – експериментальні дані для ячменю сорту «Солнцедар» вологістю 12,5 %.

**Висновки.** Обґрунтовано процес витоку зернової маси з камери обробки під дією гравітації. Встановлено залежності часу та швидкості гравітаційного витікання зернової маси від кута відкриття затвора витікання. Представлені аналітичні вирази дозволяють визначати час та швидкість витоку зерна з камери обробки в залежності від кута відкриття затвора витікання, враховуючи його фізико-механічних характеристики.

#### Література

1. Алферов К.В. Бункерные установки. Проектирование, расчет и эксплуатация / К.В. Алферов, Р.Л. Зенков.– М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1955.– 308 с.
2. Берека О.М. Дослідження режимних параметрів при знезаражуючій обробці зерна різних видів культур у сильному електричному полі / О.М. Берека, С.М. Усенко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Вип. 166, Ч.3. – К.: НУБіП України, 2011. – С.32-37.

3. *Берека О.М.* Знешкодження в сильних електричних полях комах-шкідників зерна / *О.М. Берека, О.В. Науменко* // *Motrol. Motorization and power industry in agriculture*, 2011. – Volume 13D. – С. 291-295.
4. *Берека О.М.* Часткові розряди в зерновій масі під дією сильного електричного поля / *О.М. Берека, С.М. Усенко, С.В. Петриченко* // *Праці Таврійського державного агротехнічного університету*. – Вип. 11, Том 6. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 184-191.
5. *Гячев Л.В.* Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / *Л.В.Гячев*. – М.: «Машиностроение», 1968. – 184 с.
6. *Зенков Р.Л.* Машины непрерывного транспорта: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Подъемно-транспортные машины и оборудование" / *Р.Л. Зенков, И.И. Иваишков, Л.Н. Колобов*. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: "Машиностроение", 1987. – 432 с.
7. *Зенков Р.Л.* Механика насыпных грузов (основания расчета погрузочно-разгрузочных и транспортирующих устройств) / *Р.Л. Зенков*. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы (Машгиз), 1952. – 217 с.
8. *Редзько В.В.* Затворы для сыпучих материалов (конструкции и расчет) / *В.В. Редзько*. – Москва-Ленинград: Издательство "Машиностроение", 1964. – 168 с.
9. *Трисвятский Л.А.* Хранение зерна / *Л.А. Трисвятский*. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. *Подпратов Г.І.* Зберігання і переробка продукції рослинництва: навчальний посібник / *Г.І. Подпратов, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков, В.С. Хилевич*. – К.: Мета, 2002. – 495 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ В КАМЕРЕ ОБРАБОТКИ ПРИ ГРАВИТАЦИОННОМ ИСТЕЧЕНИИ**

Берека О.Н., Науменко А.В.

### *Аннотация*

**Рассмотрены факторы влияния на скорость зерновой массы в камере обработки и время истечения из камеры, представлены зависимости времени и скорости истечения зерна от угла открытия затвора при гравитационном истечении.**

## **RESEARCH OF GRAIN FLOOD SPEED IN PROCESSING CELL UNDER GRAVITATIONAL FLOW**

O. Bereka, O. Naumenko

### *Summary*

**It is looked at influence factors during processing on grain flood speed time processing, it is determined grain flood speed and time dependences on bolt turning angle.**