

УДК 631.362.3 - 032.2:635.64

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГІДРОДИНАМІЧНОГО СОРТУВАННЯ ПЛОДІВ ТОМАТІВ В ПОТОЦІ ВОДИ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ДИСПЕРСНИМ ШАРОМ**

Лубко Д.В., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.: (0619) 42-20-32

**Анотація** – робота присвячена комп'ютерному моделюванню процесу гідродинамічного сортування плодів томатів в потоці води з псевдозрідженим дисперсним шаром на лінії їх сортування.

**Ключові слова** – плоди томатів, моделювання, дисперсний шар, гідросортування, лінія.

*Постанова проблеми.* На сьогодні плоди томатів є доволі поширеною овочевою культурою на Україні. Саме тому, дуже важливим та актуальним питанням є механізація всіх процесів збирання та доробки плодів томатів.

Розглянемо найбільш важливу складову процесу доробки плодів томатів - це гідросортування їх за ступенем зрілості на лініях. Воно ведеться на стаціонарних лініях з використанням гідролотків, по яким плоди рухаються разом з потоком води.

Розподіл плодів на червоні та зелені відбувається при виході плодів з гідролотків - по різниці щільності води та плоду.

Для додаткового підвищення загальної точності сортування на таких лініях ми пропонуємо додавати ще в потік води гідролотка лінії – повітря (за допомогою компресора). Таким чином в ньому створюється так званий псевдозріджений дисперсний шар, в який потрапляють плоди томатів.

Для того щоб робота лінії була найбільш ефективною та мала як найбільш високий відсоток точності сортування плодів, нам потрібно правильно визначити основні конструктивні і технологічні її параметри. Основною задачею при цьому дослідженні є моделювання процесу гідродинамічного сортування плодів в потоці з розробкою адекватної математичної моделі роботи лінії, отримавши яку ми зможемо значно підвищити ефективність роботи всієї лінії шляхом встановлення оптимальних параметрів в гідролотку лінії згідно отриманої моделі.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідження з даної тематики проводилися в середині 80-х, початку 90-х років проф. Тарасенко В.В. [1], а також згодом к.т.н Лубко Д.В. [2, 3].

Відтоді, по даному питанню у нашій країні та закордоном досліджень не проводилося.

*Формулювання цілей статті.* Ціль даної статті – провести моделювання процесу гідродинамічного сортування плодів томатів в потоці води з псевдозрідженим дисперсним шаром на лінії їх сортування.

*Основна частина.* На існуючих сьогодні лініях гідросортування томатів використовується розподіл плодів по двом ознакам: по різниці щільності плодів та води, а також по різниці швидкості спливання червоних та зелених плодів томатів.

Перша ознака розподілу використовується на грубом гідродинамічному сортувальнику, друга ознака - на точному сортувальнику.

Але, як було встановлено [1, 2, 3], повністю поділити плоди в залежності від ступеня зрілості по кожній ознаці неможливо.

Проте використовуючи зв'язок між трьома ознаками розподілу - можливо більш точніше відсортувати плоди по ступеню зрілості, ніж по якійсь одній ознаці.

Третя ознака розподілу - це по різниці щільності води в гідролотку та шару води між штовхателем та дільником насиченим мілкодисперсними бульбашками повітря (це так званий псевдозріджений шар). Для створення цього псевдозрідженого шару пропонується використовувати додатковий пристрій, який містить у собі: компресор (створює тиск повітря у порожнистих пальцях підштовхувача); ресивер (згладжує пульсації повітря після компресора) та сопла різного діаметру, які встановлюють на кінчики пальців штовхателя (для зміни розміру бульбашок повітря).

В наслідок його роботи утворюється шар води, між штовхателем та дільником, який має щільність меншу щільності за цим шаром води. Червою плоди, які ще не відсортувалися, потрапляють в цей шар та починають швидко занурюватися на дно гідролотка, а потім потрапляють у гідрожолоб до інспекційного столу або на фотоелектронний сортувальник, а після цього до контейнеру червоних плодів.

Сам гідросортувальний процес багатофакторний.

Кількість факторів яка впливає на точність гідросортування дорівнює 29.

Апріорне ранжирування факторів показало, що погодженість фахівців у галузі сортування плодів томатів не випадкова.

Тому на середній апріорній діаграмі рангів ми відібрали 8 факторів, які найбільш всього впливають на сортувальний процес та на критерій оптимізації.

Це такі 8 факторів:

- довжина штовхателя (1);
- відстань від кінця штовхателя до дільника (2);
- висота встановлення дільника відносно штовхателя (3);
- відношення плодів по ступеню зрілості (4);
- швидкість руху води в гідро лотку (5);
- подавання плодів в гідролоток (6);
- тиск повітря на вході в 6-ти позиційний дільник
- повітряного потоку з насадками (7);
- діаметр отвору сопла насадки розпилювача (8).

Щоб вилучити з цих 8 факторів мало визначні, и провели відсіювальні експерименти по матрице, створеної по методу випадкового балансу.

За критерій оптимізації була вибрана загальна точність сортування плодів за ступенем зрілості:

$$R_0 = 100 \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{m_{\Sigma}}.$$

де  $n$  - кількість фракцій;

$m_i$  - маса плодів яка з'явилась в даної фракції, яка відповідає її вимогам;

$m_{\Sigma}$  - сумарна маса всіх фракцій.

Найбільша ступінь впливу була відзначена у факторів (2), (3), (7), (8). Щоб знайти оптимальне поєднання відзначених факторів, які дають максимальну точність сортування, ми провели експеримент який включав 8 спроб, які складали напіврепліку повнофакторного експерименту типу  $2^3$  а також виконали програму крутого сходження по поверхні відгуку, яка включала 3 спроби.

Експеримент проводився у трьохкратної повторності з рандомизацією проведення спроб, яка була організована по таблиці випадкових чисел.

Для опису поверхні відгуку рівняннями другого порядку використали ротатабельний план Боксу; який складався з 20 спроб, у тому числі 8 точок ядра, створених як напіврепліка експерименту типу  $2^3$ , 6 зоряних точок та 6 нульових точок.

В результаті обробки даних експериментальних досліджень були знайдені коефіцієнти регресії та по них складено рівняння регресії другого порядку в за кодовому вигляді.

Це рівняння в розкодованому вигляді таке:

$$\begin{aligned}
 Y = & 84,95 - 98,05 \cdot \ell + 155,64 \cdot h + 24,31 \cdot P_r + 19,48 \cdot d_0 - \\
 & - 86,77 \cdot \ell \cdot h - 15,34 \cdot \ell \cdot P_r - 14,52 \cdot \ell \cdot d_0 - 65,79 \cdot h \cdot P_r - 34,77 \cdot h \cdot d_0 - \\
 & - 7,43 \cdot P_r \cdot d_0 + 146,88 \cdot \ell^2 - 356,02 \cdot h^2 - 6,25 \cdot P_r^2 - 3,64 \cdot d_0^2 + \\
 & + 29,72 \cdot \ell \cdot h \cdot P_r - 12,36 \cdot \ell \cdot h \cdot d_0 + 2,44 \cdot \ell \cdot P_r \cdot d_0 - 6,94 \cdot h \cdot P_r \cdot d_0
 \end{aligned}$$

В ньому:

(фактор 2) – це відстань від кінця штовхателя до дільника;

$h$  (фактор 3) – висота встановлення дільника відносно штовхателя;

$P_r$  (фактор 7) – тиск повітря на вході в 6-ти позиційний дільник повітряного потоку з насадками;

$d_0$  (фактор 8) – діаметр отвору сопла насадки розпилювача.

Розрахунки показали, що отримана модель адекватна на 95% рівні довірчої вірогідності.

А перевірка працездатності моделі по коефіцієнту детерміації показала, що її розрахункове значення  $R_{\text{розрах}} = 0,91$ , тобто отримана модель працездатна.

Щоб визначити крапку на поверхні відгуку, відповідну максимальному значенню показника загальної точності сортування лінії для цих факторів, ми побудували підсумкові перетини.

Проаналізувавши всі отримані три і двовимірні перетини можна зробити висновок, що раціональні (оптимальні) режими роботи лінії забезпечуватимуться, якщо значення чотирьох основних факторів, що найбільш впливають на процес гідросортування матимуть наступні значення (для сорту томатів „Класик”):

1. Відстань від кінця штовхателя до дільника: 0,66 м;

2. Висота установки дільника відносно штовхателя: 0,060 м;

3. Тиск повітря, на вході в 6-ти позиційний дільник повітряного потоку з насадками: 0,62 атм;

4. Діаметр отвору сопла насадки-розпилювача: 0,25 мм.

При розмірах гідролотка 0,2×0,4м та продуктивності сортувальної лінії до 15 т/год, точність сортування по червоним плодам складає 98%, а загальна точність сортування по лінії перевищує 90% в порівнянні з прототипом лінії в якій вона дорівнювала 82%.

*Висновки.* Отримана математична модель дозволила визначити основні оптимальні конструктивні та технологічні параметри і режими роботи гідролотка лінії з псевдозрідженим дисперсним шаром, що значно підвищило загальну точність сортування плодів томатів за ступенем зрілості.

#### Література

1. Гідравлічний класифікатор: Пат. 859 Україна: МКИ<sup>5</sup> В 03 В 5/28 / В.В.Тарасенко. – № 93230216; Заявл. 22.02.93; Опубл. 15.12.93, Бюл. № 2.

2. Лубко Д.В. Компьютерная обработка и анализ результатов экспериментальных исследований процесса гидродинамического сортирования плодов томатов / Д.В. Лубко // Праці Тавр. держ. агротехніч. академії / ТДАТА. – Мелітополь, 2007.– Вип. 7, т. 3. – С. 85-92.

3. Лубко Д.В. Комп'ютерний аналіз процесу руху плодів томатів в гідролотку. / Д.В. Лубко, О.А. Іщенко, М.О. Циганенко // Праці Тавр. держ. агротехнолог. університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2009.– Вип. 4, т. 45. – С. 119-123.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОРТИРОВАНИЯ ПЛОДОВ  
ТОМАТОВ В ПОТОКЕ ВОДЫ С ПСЕВДОСЖИЖЕННЫМ  
ДИСПЕРСНЫМ СЛОЕМ**

Д.В. Лубко

***Аннотация*** – работа посвящена компьютерному моделированию процесса гидродинамического сортирования плодов томатов в потоке воды с псевдосжиженным дисперсным слоем на линии их сортирования.

**DESIGN OF PROCESS HYDRODYNAMIC  
SORTING OF TOMATOES IS IN STREAM OF WATER  
WITH PSEUDOLIQUIFIED DISPERSION LAYER**

D. Lubko

***Annotation*** – work is devoted the computer design the process of the hydrodynamic sorting of tomatoes in the stream of water with pseudoliquefied dispersion layer on the line of their sorting.