

**УДК 633.63:631.35**

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ЦУКРОНОСНОЇ МАСИ БУРЯКІВ ВІДНОСНО ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ**

**Булгаков В.М**

**Борис А.М**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Борис М.М**

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

*Разработаны математические модели корнеплода, ботвы и распределения сахароносных масс относительно поверхности почвы. Полученные зависимости количества сахароносных масс от высоты выступления над поверхностью почвы. В результате исследования установлена возможность уменьшения диапазона копирного среза. Полученные теоретические предпосылки для дальнейшего исследования показателей качества процесса отделения ботвы.*

*Mathematical models of roots, leaves and sugar-mass distribution with respect to the soil surface. Depending on the number of sugar-derived masses from the height of the protrusion above the surface of the soil. The study established the possibility of reducing the range of Die sinking cut. The theoretical basis for further study of the separation quality of foliage.*

### **Постановка проблеми**

Одним із завдань при збиранні цукрових буряків є відокремлення гички від цукроносної маси. В основі розділення різних тіл повинна лежати відмінність їх властивостей. Такою відмінністю при безкопирному зрізі гички є різниця за висотою розміщення основної маси гички та коренеплоду відносно поверхні ґрунту. При копирному зрізі використовується відмінність у взаємному розташуванні гички та коренеплоду. На основі даних відмінностей створено відповідні робочі органи, які для зрізу гички орієнтуються відносно поверхні ґрунту або відносно вершини головки коренеплоду. Відомі численні статистичні дані розмірно-масових характеристик коренеплоду і гички та розміщення їх відносно поверхні ґрунту, але відсутні їх теоретичні моделі та дослідження їх властивостей. Створення таких теоретичних моделей дозволить глибше вивчити процес відокремлення гички, визначити раціональні способи та параметри робочих органів для відокремлення гички.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Дослідження технологічного процесу відокремлення гички та моделей коренеплоду і гички відображено у роботах В. М. Булгакова, М. М. Зуєва, С. А. Топоровського, О. О. Сипливця, [2, 3, 4, 5]. Але дослідження носять досить наближений характер і їх неможливо використати для моделювання технологічного процесу.

У роботі [5] моделювались розташування головок коренеплодів над рівнем поверхні ґрунту та нерівності ґрунту, вивчався вплив коливань машини на відходи цукроносної маси та залишки гички при зрізі, але у моделі не враховано випадковий характер висот виступання головок коренеплодів.

Моделювання параметрів коренеплодів, характеристик посіву і технологічного параметра – висоти зрізу на процес безкопінного зрізу наведено у роботах [6, 7], але не вивчено розташування цукроносних мас у посівах цукрових буряків.

### Постановка завдання

Для аналізу взаємодії різних робочих органів з коренеплодами цукрових буряків необхідно розробити математичні моделі коренеплоду, гички та їх розміщення відносно поверхні ґрунту, що дасть змогу в подальшому побудувати математичні моделі процесу взаємодії.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Моделювання параметрів коренеплодів, характеристик посіву проведемо при наступних припущеннях:

- основні параметри головок коренеплодів та гички знаходяться у функціональній залежності від висоти їх виступання над рівнем ґрунту;
- висота виступання головок коренеплодів над рівнем ґрунту є випадкова величина і розподіляється за нормальним законом [8]:

$$f(h) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(h-m)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

де  $m$  – математичне сподівання випадкової величини  $h$ ;

$\sigma$  – середньоквадратичне відхилення випадкової величини  $h$ ;

- поверхня ґрунту ідеально рівна;
- головки коренеплодів мають форму зрізаного конуса і максимальний діаметр коренеплодів розташований нижче рівня ґрунту (рис. 1);

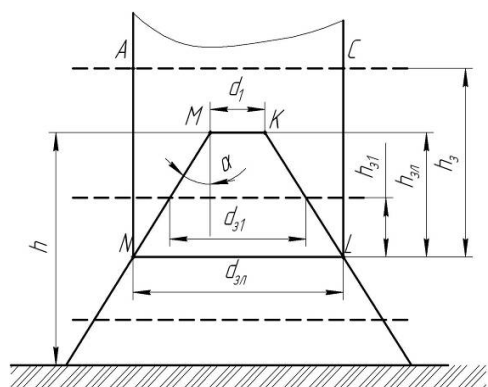


Рис. 1. Модель головки коренеплоду:

$h_{зл}$  – відстань від вершини головки до основи зелених листків;  $h_3$  – висота зрізаного циліндра гички;  $h_{зк}$  – висота зрізаної частини головки коренеплоду;  $h$  – висота виступання головки;  $d_1$  – діаметр вершини головки коренеплоду;  $d_{зл}$  – діаметр жмута гички;  $d_3$  – діаметр головки коренеплоду в площині зрізу;  $\alpha$  – половина кута конусності головки;

- основні параметри коренеплоду знаходяться у лінійній залежності від висоти виступання головок коренеплодів:

$$h_{зл} = ah + b, \quad d_1 = ch + n, \quad (2)$$

де  $a, b, c, n$  – постійні величини;

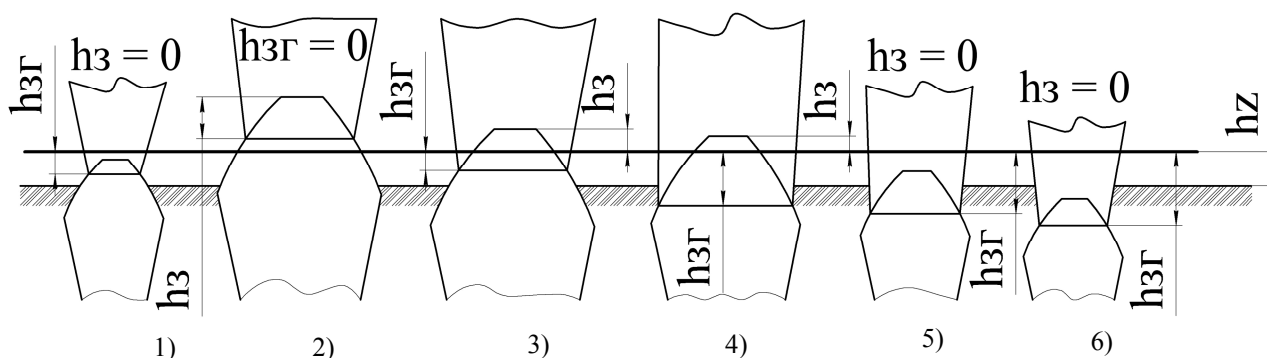
- пучок гички біля головки коренеплоду має циліндричну форму;
- коренеплоди за розташуванням гички і головки відносно поверхні поля поділяються на три групи (рис. 2): вершина головки та гичка розташована над рівнем ґрунту;

вершина головки розташована над рівнем ґрунту, а основа зелених листків гички нижче рівня ґрунту; вершина головки та основа зелених листків знаходяться нижче рівня ґрунту.

- інерційні коливання робочого органу відносно поверхні ґрунту відсутні;
- поверхня зрізу головки коренеплоду горизонтальна і рівна;
- рівень зрізу всіх головок коренеплодів паралельний поверхні ґрунту.

До основних параметрів коренеплоду відносяться  $d_1$ ,  $h_{зл}$  і  $\alpha$ . Решта параметрів є похідними і обчислюються із залежностей.

До параметрів поля належать:  $h = f(m; \sigma)$  – випадкова величина висоти виступання;  $m$  і  $\sigma$  – відповідно математичне сподівання і середньоквадратичне відхилення випадкової величини  $h$ ;  $Q$  – врожайність коренеплодів;  $N$  – кількість коренеплодів на одному гектарі.



**Рис. 2. Характерні випадки розташування коренеплодів і гички відносно поверхні ґрунту та проходження площини зрізу**

Для характеристики об'єкту дослідження, як сукупності коренеплодів з гичкою, з метою їх розділення необхідно знати, як розподіляється: кількість коренеплодів за інтервалами висот виступання головок коренеплодів –  $N$ ; наземна цукроносна маса, що розташована вище поверхні ґрунту –  $B_2$ ; наземна цукроносна маса, що містить шкідливі домішки – гичку –  $B_{зл}$ . Зобразимо дані функції у вигляді точкових графіків (рис. 3 а, б) і, для дослідження загальних тенденцій їх змін, апроксимуємо огинаючими кривими. Відомо що, форма кривої щільності нормального розподілення (рис. 3а) залежить від  $\sigma$ . При різних  $m$  і однакових  $\sigma$  криві мають однакову форму, але зміщені по осі абсцис на різницю між їхніми математичними сподіваннями. Аналогічно кривій щільності нормального розподілу будуть розподілятися частоти кількості коренеплодів по інтервалах, огинаюча крива схожа за формою до кривої щільності нормального розподілу. При нормальному розподілі залежності  $f(h)$  і  $N(h)$  будуть симетричні відносно ординати, що проходить через значення математичного сподівання. Наземна маса коренеплодів  $B_2$  та маса частин головок з гичкою  $B_{зл}$  на відміну від частотей коренеплодів розподіляється в інтервалах несиметрично відносно математичного сподівання і максимальні значення їх зміщені в сторону зростання висоти виступання головок коренеплодів (рис. 3 а,б). Ця відмінність зумовлена тим, що із збільшенням висоти виступання головки коренеплоду збільшуються його геометричні розміри і, відповідно, маса наземної частини коренеплоду.

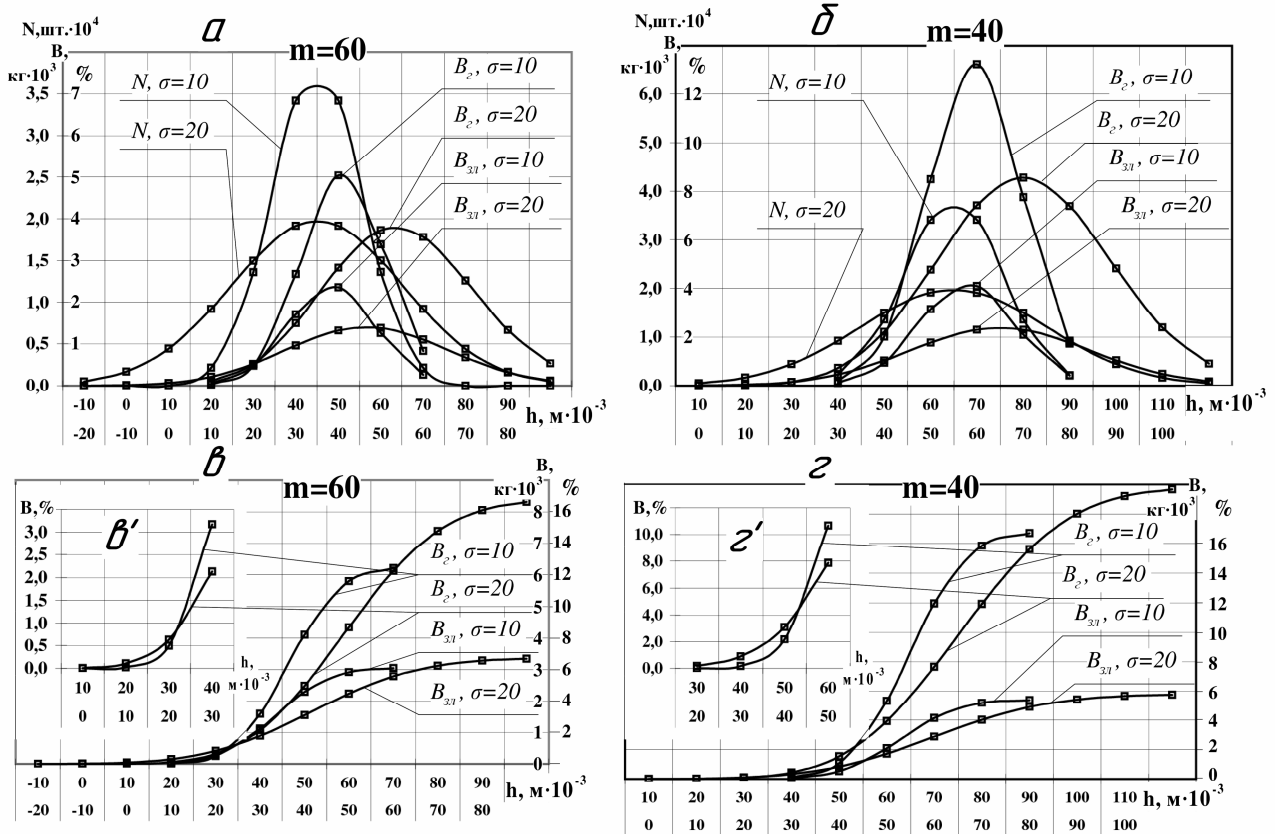


Рис. 3. Розподіл за інтервалами висот виступання головок коренеплодів кількості коренеплодів  $N$ , наземної цукроносною маси  $B_z$ , наземної маси коренеплодів, що містять гичку  $B_{zt}$

Проаналізуємо розподіл наземної маси головок коренеплодів та їх частинок з гичкою за допомогою інтегральних кривих (рис. 3 в, г). Сумарна маса в інтервалі  $[m-3\sigma; m-\sigma]$  зростає незначно, а в інтервалі  $[m-\sigma; m+2\sigma]$  починає інтенсивно зростати. Зростання сумарної маси в районі математичного сподівання пояснюється великою кількістю коренеплодів розміщених навколо нього та збільшенням наземної частини головки коренеплоду із збільшенням висоти виступання. В інтервалі висот виступання  $[m-3\sigma; m-2\sigma]$  знаходиться менше 0,5% маси наземних частин головок коренеплодів від загальної маси врожаю при характеристиках розподілення математичному сподіванні  $m = 40...60$  мм та середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 10...20$  мм, в інтервалі  $[m-2\sigma; m-\sigma]$  при  $m = 40...60$  мм та  $\sigma = 10...20$  мм знаходиться близько 0,5% маси наземних частин головок коренеплодів, в інтервалі  $[m-\sigma; m+\sigma]$  знаходиться 12% маси наземних частин головок коренеплодів та 5% маси частин головок коренеплодів з гичкою для  $m = 40$  мм та відповідно 23% і 7% для  $m = 60$  мм, в інтервалі  $[m+\sigma; m+2\sigma]$  знаходиться близько 4% наземної маси та 0,5% маси частинок з гичкою і в інтервалі  $[m+2\sigma; m+3\sigma]$  знаходиться менше 0,5% маси коренеплодів.

### Висновки

1. Отримані залежності розподілу наземної цукроносною маси та цукроносною маси із зв'язаною гичкою від висоти виступання головок коренеплодів над рівнем ґрунту.
2. Встановлено, що на периферійних інтервалах висот виступання головок

коренеплодів  $[m+3\sigma; m+2\sigma]$  та  $[m-3\sigma; m-2\sigma]$  знаходиться мала кількість цукроносної маси, яка не перевищує 1% від загальної маси коренеплодів тому існує можливість проведення в даних інтервалах безкопінного зрізу та зменшення діапазону копінного зрізу.

3. Отримані теоретичні передумови для подальшого дослідження процесу відокремлення гички.

### Література

1. Погорельй Л.В., Татьяна Н.В., Свеклоуборочные машины: История, конструкция, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. – К.: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.
3. Зуев Н.М., Топоровский С.А. Бескопирный срез головок коренеплодов. Сахарная свекла. М.: 1988, №6, с. 42-45.
4. Топоровський С.А. Обґрунтування технологічного процесу і основних параметрів робочого органу для збирання гички цукрових буряків без копіювання голівок коренеплодів. Автореферат на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук. Київ, - 1988 р., 19 с.
5. Сипливець О.О. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гичкозбиральної машини: Дис канд. техн. наук. – Київ: НАУ, 2005. – 178 с.
6. Бендера І.М., Борис М.М., Борис А.М. Обґрунтування способу та конструкції машини для відокремлення гички від коренеплодів цукрових буряків. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. - Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. - №12(2). – 762с.
7. Борис М.М. Обґрунтування технологічного процесу та параметрів робочого органу для відокремлення гички цукрових буряків: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11.- Вінниця, 2009.- 20с.
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1964.-576с.