

УДК 631.356.2

А.М. Борис, асп.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Теоретичні дослідження втрат цукроносної маси та залишків гички при різних способах її збирання

Аналітично визначені втрати цукроносної маси при виконанні робочого процесу видалення гички за допомогою комбінованого зрізу при різних агрофізичних характеристиках посіву і технологічних параметрах робочого органу. В результаті теоретичних розрахунків виявлено можливість зменшення діапазону копірного зрізу.

коренеплід, цукроносна маса, гичка, безкопінний зріз, гичкозбиральна машина

Постановка проблеми. Однією з переваг копірного зрізу перед безкопінним є краща якість відокремлення гички. Проведеними розрахунками доведено, що при дотриманні вимог стандарту (2% за відходами цукроносної маси) залишки гички для безкопінного зрізу, в залежності від умов розподілення будуть складати 8-12%, а для копірного зрізу цей показник становить лише 1-6%. Недоліком копірного зрізу є складність його конструктивної реалізації та мала продуктивність технологічного процесу через обмеженість швидкості руху гичкозбиральної машини. Крім того збільшення інерційно-динамічних навантажень в системі “робочий орган-коренеплід” також суттєво обмежує поступальну швидкість руху машини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світі прослідковується тенденція застосування у переважній більшості бурякозбиральних машин ведучих фірм по виробництву бурякозбиральної техніки, зокрема Holmer, Rora, Kleine, Moreau та ін. попереднього безкопінного зрізу гички та наступного копірного дообрізання головок коренеплодів цукрового буряку. При копірному дообрізанні всі низьковиступаючі головки коренеплодів, висота виступання яких не перевищує початковий вертикальний зазор між копіром і ножом, зрізаються на рівні ґрунту. Таким чином, попередній безкопінний зріз високовиступаючих коренеплодів та безкопінний зріз низьковиступаючих коренеплодів зменшує діапазон копіювання головок коренеплодів, інерційні зусилля в робочому органі, динамічні навантаження на коренеплід і покращує точність копіювання головок коренеплодів.

Дослідження технологічного процесу збирання гички з головок коренеплодів цукрових буряків відображено у чисельних роботах В.М. Булгакова, Л.В. Погорілого, М.М. Зуєва, С.А. Топоровського, М.Г. Березового та ін. [1, 2]. На основі даних досліджень нами проведено теоретичне моделювання процесу безкопінного зрізу [3] та розробці алгоритму і програми розрахунків.

Постановка завдання. За нашими дослідженнями на периферійних ділянках інтервалу висот виступання головок коренеплодів зосереджена мала кількість маси надземних частин головок коренеплодів тому тут відпадає потреба у копіюванні головок коренеплодів і гичку доцільно видаляти безкопінним зрізом. Середню ділянку інтервалу розподілення доцільно зрізати копірним зрізом через велику кількість мас розміщених тут.

На даний час відсутнє наукове обґрунтування раціональних діапазонів безкопінного зрізу низько- і високовиступаючих коренеплодів та копірного зрізу середньовиступаючих коренеплодів (комбінованого зрізу). Тому необхідно вирішити

наступні завдання: розробити програму і алгоритм розрахунку втрат цукроносної маси та залишків гички при комбінованому зрізі; визначити його раціональні технологічні параметри, що будуть служити основою для обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочого органу.

Основний матеріал дослідження. Узагальнимо допущення прийняті при моделюванні процесу безкопінного зрізу [3]. Поверхня ґрунту ідеально рівна, інерційні коливання робочого органу відносно поверхні ґрунту відсутні, поверхня зрізу головки коренеплоду горизонтальна і рівна, рівень зрізу всіх головок коренеплодів паралельний поверхні ґрунту. Коренеплоди за розташуванням головки і гички відносно поверхні поля поділяються на три групи : 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. Основні параметри головок коренеплодів та гички знаходяться у функціональній залежності від висоти їх виступання над рівнем ґрунту, яка є випадковою величиною і розподіляється за нормальним законом. Головки коренеплодів мають форму зрізаного конуса і максимальний діаметр коренеплодів розташований нижче рівня ґрунту. Основні параметри коренеплоду знаходяться у лінійній залежності від висоти виступання головок коренеплодів. Пучок гички біля головки коренеплоду має циліндричну форму.

Графічна інтерпретація моделі технологічного процесу комбінованого зрізу з вхідними і вихідними параметрами наведена на рис. 1.

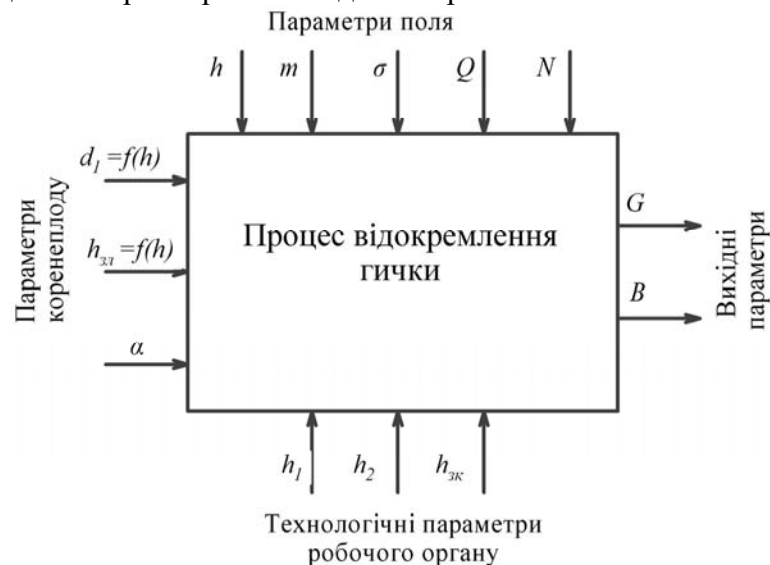


Рисунок 1 – Модель технологічного процесу комбінованого зрізу гички

Таким чином, втрати цукроносної маси та залишки гички на головках коренеплодів цукрових буряків є функціями:

$$B = f_1(d_1, h_{3l}, \alpha, h, m, \sigma, Q, N, h_1, h_2, h_{3k}); \quad (1)$$

$$G = f_2(d_1, h_{3l}, \alpha, h, m, \sigma, Q, N, h_1, h_2, h_{3k}). \quad (2)$$

Далі, введемо позначення параметрів, що використовуються при розрахунках: Q – врожайність коренеплодів на одиниці площі (один гектар); N – кількість коренеплодів на одному гектарі, h – висота виступання головки коренеплоду над рівнем ґрунту; m і σ – відповідно математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення випадкової величини h ; d_1 – діаметр вершини головки коренеплоду; h_{3l} – відстань від вершини головки до основи зелених листків; α – половина кута конусності головки; h_1 , h_2 , h_{3k} – технологічні параметри робочого органу відповідно висоти безкопінного зрізу низьковиступаючих, високовиступаючих коренеплодів та висота копінного зрізу; h_3 – висота зрізаного циліндра гички; d_{3l} – діаметр жмута гички; d_3 – діаметр головки

коренеплоду в площині зрізу; ρ_z, ρ – відповідно, густина гички і коренеплоду; B та G – відповідно, втрати цукроносної маси та залишки гички на коренеплодах.

Сумарні значення відходів цукроносної маси B та залишків гички G на головках коренеплодів для всієї множини коренеплодів з проміжку висот виступання головок $[m - 3\sigma; m + 3\sigma]$ визначимо за такими формулами:

$$G = \sum_{i=1}^n (G_{h_{i-1}, h_i}); B = \sum_{i=1}^n (B_{h_{i-1}, h_i}), \quad (3)$$

де n – кількість інтервалів у проміжку $[m - 3\sigma; m + 3\sigma]$;

G_{h_{i-1}, h_i} і B_{h_{i-1}, h_i} – відповідно маса залишків гички та відходів цукроносної маси в інтервалі від $[i - 1; i]$, що визначаються із залежностей:

$$G_{h_{i-1}, h_i} = N \cdot F_z \cdot P_{h_{i-1}, h_i}, B_{h_{i-1}, h_i} = N \cdot F \cdot P_{h_{i-1}, h_i}, \quad (4)$$

де F_z – маса залишків гички на коренеплоді висотою виступання $\frac{h_{i-1} + h_i}{2}$

$$F_z = \rho_z \left(\frac{\pi \cdot h_3 \cdot d_{3л}^2}{4} - \frac{\pi \cdot h_3 \cdot d_{3л}^2 + d_{3л} \cdot d_3 + d_3^2}{12} \right); \quad (5)$$

F – відходи цукроносної маси з коренеплоду висотою виступання $\frac{h_{i-1} + h_i}{2}$

$$F = \rho \left(\frac{\pi \cdot h_{3к} \cdot d_{3л}^2 + d_{3л} \cdot d_3 + d_3^2}{12} \right); \quad (6)$$

P_{h_{i-1}, h_i} – ймовірність появи інтервалу $[h_{i-1} - h_i]$ висот виступання головок коренеплодів:

$$P(h_{i-1}; h_i) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{h_i}^{h_{i+1}} \exp \left(-\frac{(h - m)^2}{2\sigma^2} \right) dh. \quad (7)$$

Інтеграл у виразі (7) визначається чисельним інтегруванням за формулою Сімпсона. Матимемо:

$$P_{h_{i-1}, h_i} = \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3k} \sum_{j=0}^k c_j \cdot f(h) \right), \quad (8)$$

де k – кількість інтервалів: $k = 2U$; $U = 1, 2, 3, 4, \dots$;

c_j – коефіцієнт при значеннях підінтегральної функції у відповідних точках, $c_j = 1, 2, 3, 4, 2, 4, \dots, 2, 4, 1$.

Враховуючи вирази (4, 5, 6, 8) залежності (3) набудуть такого вигляду:

$$G = N \sum_{i=1}^n \left\{ \rho_z \left(\frac{\pi \cdot h_3 \cdot d_{3л}^2}{4} - \frac{\pi \cdot h_3 \cdot d_{3л}^2 + d_{3л} \cdot d_3 + d_3^2}{12} \right) \right\} \cdot \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3k} \sum_{j=0}^k c_j \cdot f(h) \right), \quad (9)$$

$$B = N \sum_{i=1}^n \left\{ \rho \left(\frac{\pi \cdot h_{3к} \cdot d_{3л}^2 + d_{3л} \cdot d_3 + d_3^2}{12} \right) \right\} \cdot \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3k} \sum_{j=0}^k c_j \cdot f(h) \right). \quad (10)$$

На основі вищенаведених залежностей розроблено алгоритм і програму для обчислення втрат цукроносної маси і залишків гички при копірному її зрізі.

При застосуванні комбінованого способу зрізу необхідно визначити межі застосування кожного виду зрізу. Згідно описаних вище тверджень, безкопінний зріз застосовуємо для периферійних областей інтервалу розподілення висот виступання головок коренеплодів. Тому, для початкової області інтервалу необхідно визначити межу між кінцем безкопінного зрізу низьковиступаючих коренеплодів і початком зони копірного h_1 . Для протилежної периферійної ділянки необхідно визначити межу між закінченням копірного зрізу і початком зони безкопінного зрізу високовиступаючих коренеплодів h_2 . Значення невідомих h_1 і h_2 визначимо такою їх комбінацією, яка

забезпечить суттєве зменшення копірного діапазону при відходах цукронової маси та залишках гички близьких до вимог стандарту.

Перед початком розрахунку задаємо вихідні значення. Параметри коренеплоду: $\alpha = 30^\circ$; $a = 0,36$; $b = 16$ мм; $c = 0,11$; $n = 10$ мм. Параметри посіву: $Q = 50$ т/га; $N = 100000$ шт; $\rho_z = 900$ м³; $\rho = 1100$ м³; $m = 60$ мм; $\sigma = 20$ мм. Технологічні параметри робочого органу: $h_{зк} = 10; 20; 30; 40$ мм.

Інтервали значень нижньої h_1 і верхньої межі h_2 змінюємо в межах 0...90 мм, тому що в даних межах розташовується основна кількість коренеплодів і досліджувати вплив параметрів і поза межами цього інтервалу недоцільно. За умовами проходження технологічного процесу виключена можливість здійснення зрізу в одному і тому самому інтервалі різними способами (копірним і безкопірним) тому відкидаємо всі комбінації h_1 і h_2 при яких таке можливо, ставлячи умову – якщо $h_1 > h_2$, то функції втрат цукронової маси та залишків гички не визначені.

Після цього послідовно розраховуємо залишки гички та відходи цукронової маси для інтервалів $[m - 3\sigma; h_1]$, $[h_1; h_2]$, $[h_2; m + 3\sigma]$. В інтервалі висот виступання $[m - 3\sigma; h_1]$ розрахунок проводимо за алгоритмом безкопірного зрізу з нульовою висотою проходження площини зрізу (всі коренеплоди даного інтервалу висот виступання зрізуємо на рівні ґрунту). В інтервалі $[h_1; h_2]$ розрахунок проводимо за алгоритмом копірного зрізу із заданою висотою зрізу $h_{зк}$. В інтервалі $[h_2; m + 3\sigma]$ розрахунок проводимо за алгоритмом безкопірного зрізу з висотою зрізу h_2 . Після цього підсумовуємо відходи цукронової маси та залишки гички для всього інтервалу висот виступання головок коренеплодів. Вищезгаданий алгоритм розрахунку повторюємо для всіх комбінацій параметрів h_1 і h_2 .

Загальна тенденція втрат цукронової маси та залишків гички від характеристик коренеплодів, посівів і технологічних параметрів робочого органу наведено на рис. 2.

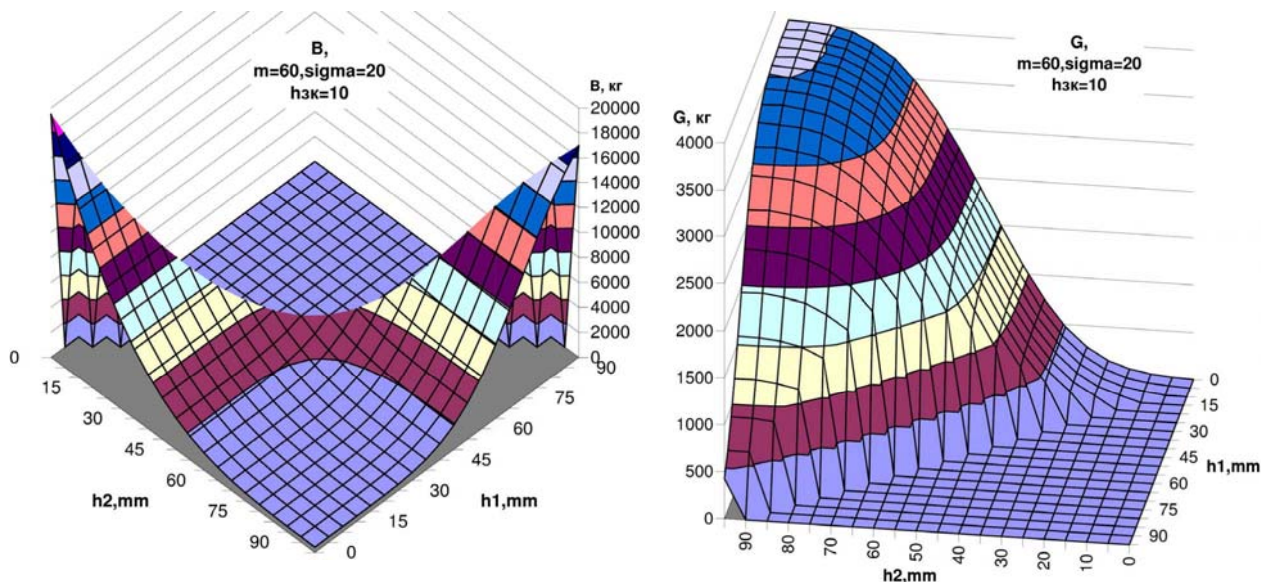


Рисунок 2 – Втрати цукронової маси B та залишки гички G при комбінованому зрізі

Вибір параметрів комбінованого зрізу h_1 , h_2 і $h_{зк}$ обґрунтуємо за графіками ліній однакових значень (рис. 3).

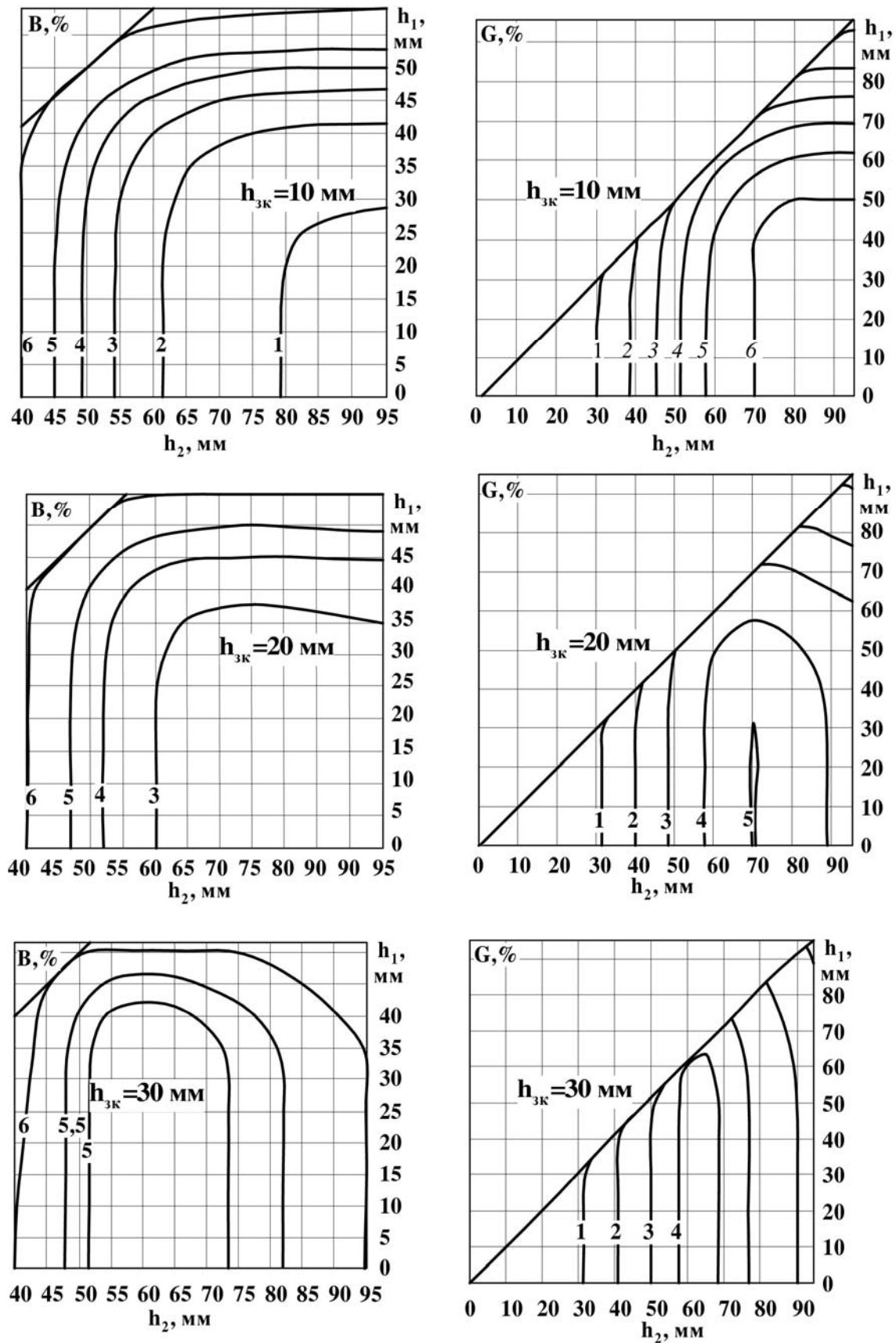


Рисунок 3 – Лінії однакових значень втрат цукроносної маси та залишків гички
(1 – 1%, 2 – 2%, 3 – 3%,...)

Вимоги стандарту за втратами цукроносної маси будуть виконуватися при наступних технологічних параметрах робочого органу: $h_{3k} = 10 \text{ mm}$,

$h_1 = 35$ мм, $h_2 = 65$ мм. Залишки гички в даному випадку будуть складати 5,5...6%. При $h_{зк} = 20$ мм, $h_1 = 35$ мм, $h_2 = 65$ мм мінімальні втрати цукроносної маси збільшаться до 2,5...3%, але залишки гички зменшаться до 4...4,5%. При $h_{зк} = 30$ мм мінімальні втрати цукроносної маси 4,5...5% будуть при $h_1 = 40$ мм, $h_2 = 55$ мм, а залишки гички складуть 3...3,5%. При $h_{зк} = 40$ мм мінімальні втрати цукроносної маси 6...6,5% будуть при $h_1 = 45$ мм, $h_2 = 50$ мм, а залишки гички становитимуть 2...2,5%.

Вимоги стандарту за втратами цукроносної маси будуть виконуватися тільки при висоті копірного зрізу $h_{зк} = 10$ мм. Щоби дотриматись вимог стандарту за вмістом гички у воросі коренеплодів необхідно збільшувати значення $h_{зк}$ до 40 мм. Але, враховуючи наступну інтенсивну дію викопувально-очисних робочих органів на коренеплоди, слід очікувати дотримання вимог стандарту за забрудненням гичкою при менших значеннях висоти копірного зрізу.

Висновки.

В результаті аналітичного дослідження та розрахунків виявлено, що при раціональних параметрах комбінованого зрізу гички діапазон копірного зрізу зменшується у 3-4 рази. Це знизить інерційно-динамічні навантаження в системі “робочий орган – коренеплід цукрового буряку”, покращить копіювання головок коренеплодів та підвищить поступальну швидкість гичкозбиральних машин при копірному зрізі.

Список літератури

1. Погорелый 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. 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). – 762 с.

А. Борис

Теоретические исследования потерь сахарной массы и остатков ботвы при различных способах ее уборки

Аналитически определены потери сахароносной массы при выполнении рабочего процесса удаления ботвы комбинированным срезом для различных агрофизических характеристик посевов и технологических параметров рабочего органа. В результате теоретических расчетов обнаружена возможность уменьшения диапазона копирного среза.

А. Борис

Theoretical researches losses of saccharine mass and bits and pieces of tops at the different ways her cleaning up

It is developed the mathematical model of working process of cutting sugar beets tops with a help of composite cut. It is determined the losses of sugar-bearing mass and the rest of sugar beets tops by the different agrophysical characteristics of crops and technological parameters of working organs. As a result of the theoretical researches is discovered the possibility of the reduction a range of copying cut.

Одержано 05.09.11