

УДК 631.35: 633.63

M. Boris, candidate of Engineering Sciences, associate professor,

O. Strel'chuk, candidate of Agricultural Sciences, associate professor State Agrarian and Engineering University in Podilya

THEORETICAL RESEARCH OF INFLUENCE OF PARAMETERS OF SOWING IS ON LOSSES OF SUGAR-BEARING MASS IN THE PROCESS OF SEPARATION OF TOPS OF SUGAR BEETS

Annotation. As a result of application of not copied cut quality of moving away unsuffices and wastes of sugar-bearing mass are possible in tops, that exceed agrotechnical requirements. As a result of increase of thickness of cut of head content of bits and pieces of tops will go down on root crops, but the losses of sugar-bearing mass will rise.

On results tests amount of root crops with the height of tops presented a more than 2 cm at the machines of this flowsheet on the average 2%; high-cut away root crops – 26,6; cut away low – 7,5, and cut away satisfactorily root crops – 60,1%. Such statistics testifies to the presence of losses of sugar-bearing mass and considerable bits and pieces of tops on root crops. These results over are brought for the middle working rate of movement of machines 6 km/h., what is the small rate of movement and the choice of her is predefined by aspiration to get satisfactory quality of work of passive to cut as possible. To dig up working organs can work on considerably high speed.

In-process it is set that by a basic factor that influences on the losses of sugar-bearing mass at a not copied cut there is distribution of heights of performance of heads of root crops above the level of soil, in particular, him statistical descriptions mathematical hope and standard deviation.

Also it is known that the indicated factors can vary in wide limits and differ for the different sowing of sugar beets. Mainly these factors of by the agrotechnics of growing of sugar beets and ground-climatic we by terms. Next to statistical descriptions of distribution of height of performance of heads of root crops on the size of losses of sugar-bearing mass strongly their amount influences on one hectare. Therefore it is very important to investigate the degree of complex influence of the indicated factors on the losses of sugar-bearing mass.

Keywords: sugar beets, mathematical model, the statistical characteristics of crops, loss mass, remains tops.

М.М. Борис, кандидат технічних наук, доцент,

О.Я. Стрельчук, кандидат с.-г. наук, доцент ПДАТУ

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПОСІВУ НА ВТРАТИ ЦУКРОНОСНОЇ МАСИ В ПРОЦЕСІ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Дослідженнями розвивається математична модель робочого процесу різання вершин цукрових буряків допомогою композитного розрізу. Нашими дослідженнями визначено втрати цукроносної маси та іншої частини головок цукрових буряків різними агрофізичними характеристиками урожаїв і технологічними параметрами робочих органів. У результаті теоретичних досліджень виявлено, що внаслідок застосування безкопінного зрізу якості видалення недостатня та можливі відходи цукроносної маси у гичку, що перевищують агротехнічні вимоги. Унаслідок збільшення товщини зрізу головки вміст залишків гички на коренеплодах знизиться, але підвищаться втрати цукроносної маси.

Ключові слова: цукрові буряки, математична модель, статистичні характеристики урожаїв, втрачена маса, безкопінний зріз.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Збирання цукрових буряків є однією з найбільш трудо- та енергомістких операцій у сільськогосподарському виробництві. Враховуючи те, що Україна належить до високорозвинених бурякозбираючих країн Європи та світу і цукор є одним із стратегічних продуктів харчування, вітчизняному сільськогосподарському машинобудуванню необхідно налагодити випуск бурякозбиральних машин, функціональні та експлуатаційні показники яких повинні відповідати рівню кращих світових аналогів.

Підвищення якісних показників процесу збирання цукрових буряків є комплексною науково-технічною проблемою, вирішення якої повинно базуватись на пошуку нових конструктивних рішень робочих органів та компоновальних схем машин, ґрунтовному теоретичному обґрунтуванні їх конструктивних та технологічних параметрів, експериментальному підтвердженні проведених теоретичних досліджень з кінцевою метою аналізу та синтезу оптимальних їх параметрів [3].

Однією з головних та відповідальних операцій у технологічному процесі збирання цукрових буряків є видалення гички з головок коренеплодів на корені. Останнім часом широкого розповсюдження у світі набули гичкозбиральні машини з ротаційними різальними апаратами. Однак більшість із запропонованих гичкорізальних апаратів цих машин мають загальні для всіх робочих органів проблеми, які пов'язані з копіюванням головок коренеплодів, розташованих на різній висоті виступання над рівнем поверхні ґрунту, різних їх відхилень від осрової лінії рядка, наявності на головках сухої і полеглої гички тощо [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Майже 50 років науковці працюють над удосконаленням технологічного процесу та створенням нових робочих органів, що дозволять якісно відокремлювати гичку цукрових буряків на швидкостях більше 2 м/с.

Наукові дослідження технологічного процесу і робочих органів для відокремлення гички відображені в роботах Л.В. Погорілого, В.М. Булгакова, М.В. Татьянко, В.Я. Мартиненка, М.М. Зуєва, М.М. Хелемендика, С.А. Топоровського, М.Г. Березового, О.П. Гурченка, М.М. Бориса, О.О. Сипливця, та ін. Але дані дослідження орієнтовані на традиційні технології та робочі органи для відокремлення гички.

При найменших втратах цукроносної маси найбільш повно гичка відокремлюється копірним зрізом, але при цьому швидкість виконання технологічного процесу перевищує 1,5 м/с. Обмеженість копірного зрізу змусила шукати інші технологічні рішення. Одним із таких рішень є широке застосування в сучасних машинах безкопірного зрізу основної маси гички на рівні високовиступаючих коренеплодів та копірне дообрізання головок коренеплодів пасивними ножами. Це дозволяє зменшити діапазон копірного зрізу та інерційні навантаження на головки коренеплодів, покращує точність їх копіювання і показники якості відокремлення гички та збільшує швидкість процесу відокремлення гички. Негативною стороною такого робочого процесу є збільшення втрат цукроносної маси, погіршення якості зрізу. При зрізі пасивним дообрі-

чиком можлива поява сколів окремих головок коренеплодів, що знижує технологічні властивості коренеплодів цукрових буряків. Використання відомих роторних гичкозрізувачів значно збільшило енергоємність процесу. Поряд з цим робоча швидкість процесу збільшилась у порівнянні з копірними апаратами всього на 0,5 м/с (від 1,5 до 2,0 м/с). Таким чином, машинами для відокремлення гички не досягнуто робочих швидкостей, співрозмірних із швидкостями коренезбиральних машин.

Останнім часом ряд фірм (Aloway Indastris, Grimme [5]) в процесі дообрізування головок коренеплодів від гички використовують копірні гичкозрізувальні апарати активного типу зі зменшеною масою. На нашу думку, це є поверненням до відомих механіко-технологічних принципів відокремлення гички, що не забезпечить суттєвого підвищення швидкості.

Відомі дефоліатори гички, в яких використовуються гнучкі робочі елементи для відокремлення гички. Робочий процес, що виконується даними машинами, характеризується значними витратами енергії та робочою швидкістю не більше 2 м/с. Але позитивною стороною є добре копіювання головок коренеплодів завдяки використанню відцентрових сил інерції для відновлення робочими елементами початкового положення.

На нашу думку, створення ефективних робочих органів з використанням відцентрових сил для відновлення їх початкового положення та копіювання головок коренеплодів є перспективним напрямком розвитку конструкцій. У технологічному плані перспективним є використання для відокремлення гички безкопінного зрізу коренеплодів, що високо виступають над поверхнею ґрунту, з наступним копірним дообрізуванням головок коренеплодів.

Формулювання цілей статті: встановити залежність втрати цукроносної маси від статистичних характеристик висоти виступання головок коренеплодів та густоти коренеплодів на одному гектарі, які, в свою чергу, можуть варіювати в широких межах; визначити, при яких екстремальних значеннях статистичних характеристик висоти виступання головок коренеплодів та їх густоти втрати цукроносної маси перевищують агротехнічні вимоги і з якими

відхиленнями; обґрунтувати потребу створення автоматичної системи регулювання висоти зрізу головок коренеплодів.

Методи дослідження. Дослідження проведене з використанням методів теорії ймовірностей та математичного моделювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Унаслідок застосування безкопірного зрізу якість видалення недостатня та можливі відходи цукроносної маси у гичку, що перевищують агротехнічні вимоги. Унаслідок збільшення товщини зрізу головки вміст залишків гички на коренеплодах знизиться, але підвищаться втрати цукроносної маси.

За результатами випробувань [5] кількість коренеплодів з висотою гички більше 2 см становила в машин даної технологічної схеми в середньому 2%; високозрізаних коренеплодів – 26,6; низькозрізаних – 7,5, а задовільно зрізаних коренеплодів – 60,1%. Така статистика свідчить про наявність втрат цукроносної маси та значні залишки гички на коренеплодах. У роботі [3] встановлено, що основним фактором, який впливає на втрати цукроносної маси при безкопірному зрізі, є розподілення висот виступання головок коренеплодів над рівнем ґрунту, зокрема, його статистичні характеристики, математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення.

Також відомо, що вказані фактори можуть варіювати в широких межах і відрізнятися для різних посівів цукрових буряків. В основному ці фактори формуються агротехнікою вирощування цукрових буряків та ґрунтово-кліматичними умовами. Поряд зі статистичними характеристиками розподілення висоти виступання головок коренеплодів на розмір втрат цукроносної маси сильно впливає їх кількість на одному гектарі. Тому дуже важливо дослідити ступінь комплексного впливу вказаних факторів на втрати цукроносної маси.

Для цього використаємо відому параметричну модель головки коренеплоду та гички [3]. Модель головки наведено на рис. 1.

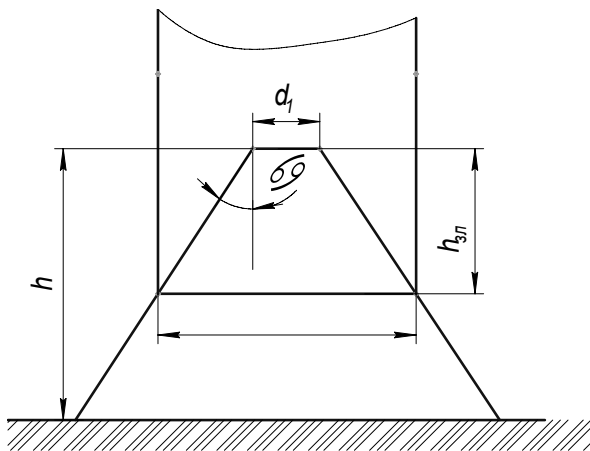


Рис. 1. Модель головки

Залежності параметрів головки коренеплоду та гички мають наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} h_{3л} &= a \cdot h + b; \\ d_1 &= m \cdot h + n; \\ d_{3л} &= d_1 + 2 \cdot h_{3л} \cdot \operatorname{tg} \alpha \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де $h_{3л}$ – відстань від вершини головки до основи зелених листків;

h – висота виступання головки;

d_1 – діаметр вершини головки коренеплоду;

$d_{3л}$ – діаметр пучка гички;

α – половина кута конусності головки;

a, b, m, n – постійні величини.

Втрати цукронової маси та залишки гички для коренеплодів заданого інтервалу висот виступання визначаємо за формулою:

$$M_i = F(h_i; h_3) \cdot P(h_i; h_{i+1}) \cdot N_i, \quad (2)$$

де $F(h_i; h_3)$ – втрати цукронової маси або залишки гички для коренеплоду $F(h_i; h_3) = V_k \cdot \rho$, для гички $F_c(h_i; h_{3г}) = V_g \cdot \rho_g$, де V_k, ρ і V_g, ρ_g – відповідно об'єм і густина коренеплоду та гички;

N_i – кількість коренеплодів заданого інтервалу на одиниці площі; $P(h_i; h_{i+1})$ – ймовірність появи даного інтервалу висоти виступання головок коренеплодів, що визначається за формулою:

$$P(h_i; h_{i+1}) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{h_i}^{h_{i+1}} \exp\left(-\frac{(h-m)^2}{2\sigma^2}\right) dh. \quad (3)$$

Інтеграл у виразі 3 не визначається в квадратурах, тому ймовірність появи коренеплодів заданого інтервалу висоти виступання визначимо чисельним інтегруванням за формулою Сімпсона. Пропонуємо залишки гички та втрати цукроносною маси для всіх інтервалів висоти виступання, отримаємо сумарні залишки гички та втрати цукроносною маси на одиниці площі:

$$BM = \sum_{i=a}^b \left[N \cdot F\left(\frac{h_i + h_{i+1}}{2}; h_3\right) \cdot \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3m} \sum_{j=0}^m c_j \cdot f(h)\right) \right], \quad (4)$$

$$GM = \sum_{i=a}^b \left[N \cdot F_c\left(\frac{h_i + h_{i+1}}{2}; h_3\right) \cdot \left(\frac{h_{i+1} - h_i}{3m} \sum_{j=0}^m c_j \cdot f(h)\right) \right], \quad (5)$$

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

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

Розраховані втрати цукроносною маси та залишки гички на коренеплодах залежно від середньоквадратичного відхилення та густоти рослин на одному гектарі. Для цього був використаний алгоритм [3], складена програма в середовищі програмування MS Excel 2010 та побудовані графіки вказаних залежностей (рис. 2).

Розрахунок втрат цукроносною маси проводився в робочому діапазоні висоти безкопінного зрізу головок коренеплодів 60-80 мм [4].

Виходячи з графічних залежностей рис. 2, можна стверджувати, що втрати цукроносною маси різко зростають при збільшенні обох факторів середньоквадратичного відхилення та густоти коренеплодів на одному гектарі. Слід зауважити, що у випадку нижньої межі робочого діапазону висоти безкопінного зрізу головок коренеплодів (рис. 2 б, г) повністю витримуються агротехнічні вимоги

за втратами цукроносної маси, але в цьому випадку слід очікувати перевищення забрудненості гичкою вороху коренеплодів і тому тут доцільно було б автоматично знизити вказану висоту зрізу. У випадку ж верхньої межі висоти безкопінного зрізу існує недопустима зона за агротехнічними вимогами по втратах цукроносної маси (більше 2% від загальної маси коренеплодів) (рис. 2а, в) і в цьому випадку доцільно збільшувати висоту безкопінного зрізу, щоб не допустити надмірних втрат цукроносної маси.

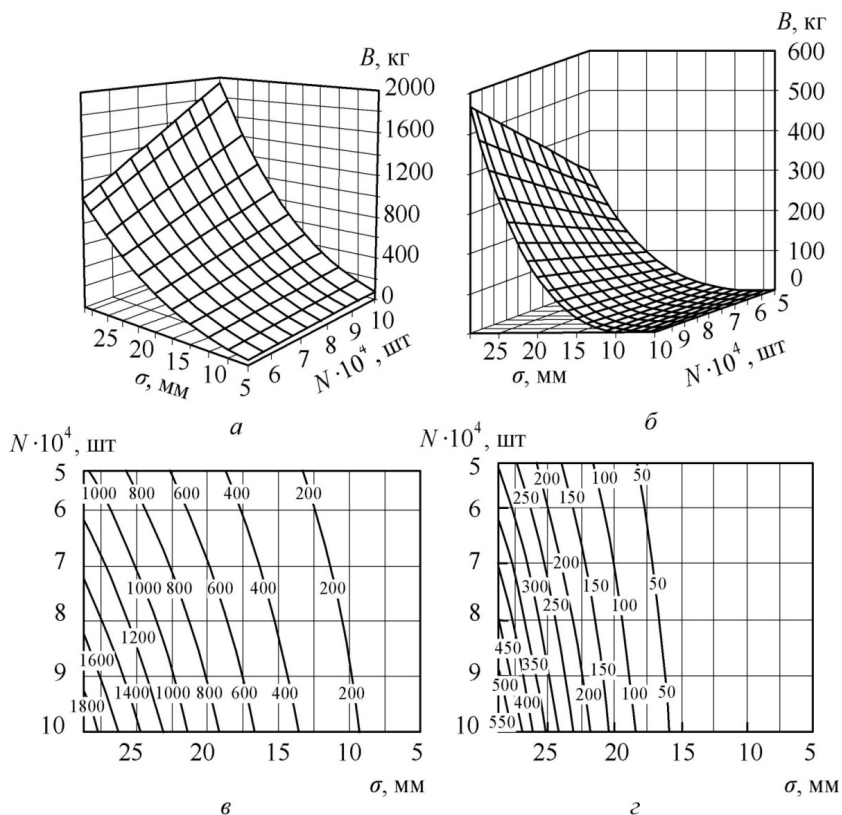


Рис. 2. Залежності втрат цукроносної маси при висоті безкопінного зрізу 60 мм (а) та 80 мм (б); двірні перетини вказаних залежностей при висоті безкопінного зрізу 60 мм (в) та 80 мм (з)

Зважаючи на вказані вище особливості відокремлення гички цукрових буряків безкопирним зрізом, постає необхідність створення автоматичної системи регулювання висоти зрізу головок коренеплодів. Функціями такої системи є постійний моніторинг розмірних характеристик коренеплодів, визначення їх статистичних характеристик та безперервна в часі оптимізація висоти зрізу для запобігання надмірним втратам цукроносної маси.

Висновки. У результаті дослідження встановлено, що втрати цукроносної маси залежать від статистичних характеристик висоти виступання головок коренеплодів та густоти коренеплодів на одному гектарі, які, в свою чергу, можуть варіювати в широких межах.

Установлено, що при екстремальних значеннях статистичних характеристик висоти виступання головок коренеплодів та їх густоти втрати цукроносної маси перевищують агротехнічні вимоги вдвічі.

Обґрунтована потреба створення автоматичної системи регулювання висоти зрізу головок коренеплодів.

Список використаних джерел

1. Погорелый Л.В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: История, конструкция, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Булгаков В.М. Теория бурякозбиральных машин. – К.: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.
3. Борис М. М. Обґрунтування технологічного процесу та параметрів робочого органу для відокремлення гички цукрових буряків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / М.М. Борис. – Вінниця, 2009. – 20 с.
4. Зуев Н.М. Бескопирный срез головок корнеплодов / Н.М. Зуев, С.А. Топоровский // Сахарная свекла. – 1988. – № 6. – С. 42-45.
5. Результаты независимых испытаний [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственная техника. – 2007. – № 1. – Режим доступа до журналу: <http://russia.profi.com>.

Аннотація. Исследованиями развивается математическая модель рабочего процесса резания головок сахарной свеклы с помощью композитно-

го разреза. Определены потери сахароносной массы и другой части головок сахарной свеклы разными агрофизическими характеристиками урожаев и технологическими параметрами рабочих органов. Теоретическими исследованиями выявлено, что в результате применения бескопирного среза качество удаления недостаточно и возможны отходы сахароносной массы в ботву, что превышает агротехнические требования. В результате увеличения толщины среза головки содержащее остатков ботвы на корнеплодах снизится, но повысятся потери сахароносной массы.

Ключевые слова: сахарная свекла, математическая модель, статистические характеристики урожаев, потерянная масса, бескопирный срез.