

УДК 631.356.274

© С.О. Поляшенко, к.т.н.,  
Харківський національний технічний університет сільського  
господарства ім. Петра Василенка;  
О.А. Роляк, к.т.н.,  
Подільський державний аграрно-технічний університет;  
Ю.О. Цикалюк, к.т.н.,  
Мирогощанський аграрний коледж

## **ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ПОЛОТНА ТРАНСПОРТЕРА БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН НА ПОШКОДЖЕННЯ І РОЗСІВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВОГО БУРЯКА**

*Визначена густина розподілу дальності польоту коренеплодів цукрового буряка за різних лінійних швидкостей полотна транспортера.*

### **ТРАНСПОРТЕР, ПОЛОТНО, КОРЕНЕПЛІД, ЦУКРОВИЙ БУРЯК.**

**Постановка проблеми.** Однією з основних вимог, що пред'являються до конструкції транспортерів бурякозбиральних машин, є забезпечення якості продукції коренеплодів цукрового буряка при вивантаженні їх в кузов транспортного засобу. За роботи бурякозбиральних машин спостерігається сильний розкид траєкторії польоту коренеплодів після відриву від полотна транспортера. Внаслідок чого окремі коренеплоди перелітають через дальній борт транспортного засобу, а інші захоплюються скребками транспортера і скидаються повз ближнього борту транспортного засобу.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Так, у технологічному процесі збирання цукрового буряку машинами КС–6В, РКС–6 висота вивантаження коренеплодів транспортером в кузов транспортного засобу складає в середньому 1,5–2,0 м. Падаючи з великої висоти, 15–20% коренеплодів пошкоджується. При цьому загальна маса коренеплодів знижується на 1,5–2,5% [1]. Під час зберігання пошкоджені коренеплоди, в першу чергу, загнивають, у результаті чого цукрова промисловість недобирає значну частину цукру з бурякової сировини. Тому підвищення якості бурякової сировини, яку доставляють на цукровий завод набуває особливого значення. Встановленні відповідні межі якості роботи коренезбиральних машин: втрати коренеплодів не більше 3%; засміченість вороху коренеплодів не більше 10%, при чому домішок гички і рослинних решток має бути

не більше 3% [2, 3]. Траєкторія падіння коренеплодів при вивантаженні транспортером визначається конструктивними і кінематичними параметрами транспортерів і розмірними характеристиками вороха коренеплодів.

**Мета дослідження.** В зв'язку з цим зниження пошкодження коренеплодів цукрового буряку при їх збиранні, є актуальним завданням для України.

Наведена стаття є результатом досліджень авторів за рішенням наукового завдання підвищення якості коренеплодів цукрового буряку при його вивантаженні з коренезбиральної машини в транспортний засіб.

**Результати дослідження.** Для аналізу процесу вивантаження коренеплодів транспортером була створена математична модель руху коренеплодів цукрового буряку по транспортеру [4, 5, 6].

Траєкторія падіння коренеплодів при відриві від полотна транспортера визначалася аналітично, при цьому діаметр коренеплодів розглядався як дискретна випадкова величина.

Рівняння руху коренеплодів цукрового буряку при відриві від полотна транспортера (рис. 1) мають вигляд:

$$\begin{cases} x = x_1 - \frac{\dot{\chi}_1 (\varphi - \varphi_1)}{\omega} \sin(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon) - y_1 (\varphi - \varphi_1); \\ y = y_1 - \frac{\dot{\chi}_1 (\varphi - \varphi_1)}{\omega} \cos(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon) + x_1 (\varphi - \varphi_1) + \frac{g}{2} \left( \frac{\varphi - \varphi_1}{\omega} \right)^2, \end{cases} \quad (1)$$

де

$$\begin{cases} x_1 = -R \sin(\alpha - \varphi_1) - \chi_1 \sin(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon) + \frac{d}{2} \cos(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon); \\ y_1 = -R \cos(\alpha - \varphi_1) - \chi_1 \cos(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon) - \frac{d}{2} \sin(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon); \end{cases} \quad (2)$$

$x_1, y_1$  – координати коренеплодів цукрового буряку в прямокутній системі координат;  $\chi$  – узагальнена координата центру тяжіння коренеплоду у момент його відриву від скребка полотна транспортера;  $\omega$  – кутова швидкість транспортера;  $R$  – радіус тягової зірочки транспортера;  $\dot{\chi}$  – відносна швидкість руху коренеплоду по скребку в момент його відриву від скребка транспортера;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $d$  – діаметр коренеплоду;  $\alpha$  – кут установки відносно горизонту ведучої гілки полотна транспортера;  $\varepsilon$  – кут відхилення поверхні скребка відносно радіального напрямку;  $\varphi$  –

кут повороту скребка;  $\varphi_1$  – кут повороту скребка, за якого відбувається відрив коренеплоду від скребка.

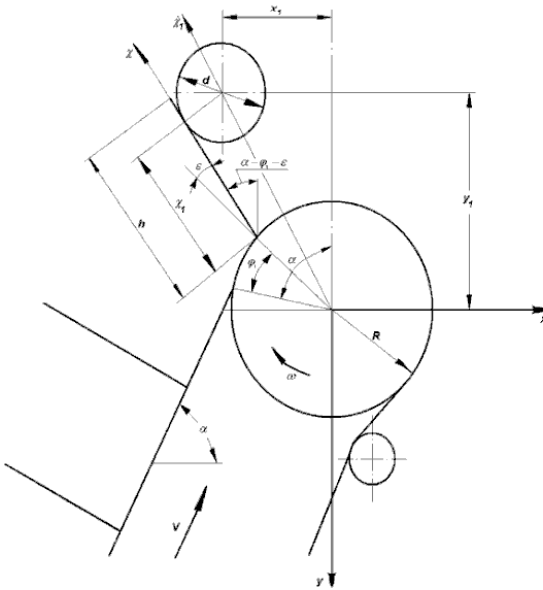


Рис. 1 – Схема до визначення  $x$  і  $y$

Розрахунок дальності польоту коренеплодів цукрового буряка проводився на ПЕОМ з використанням програмного забезпечення Matlab 6.0, Maple 6.0 за широкого варіювання перемінних: параметрів транспортера (лінійної швидкості полотна транспортера  $V$ , куту нахилу до горизонту ведучої гілки полотна транспортера  $\alpha$ , висоти скребка  $h$ , коефіцієнта тертя коренеплодів по скребку  $f$ , радіуса тягової зірочки  $R$ ) і діаметра коренеплодів цукрового буряка  $d$ . На рис. 2 представлена залежність дальності польоту одиничних коренеплодів від лінійної швидкості полотна транспортера при їхньому вивантаженні в транспортний засіб для коренеплодів  $d = 0,044 \div 0,2$  м;  $\Delta d = 0,04$  м. Транспортер знаходиться на рівні 1,5 м від дна транспортного засобу. Інші параметри скребкового транспортера відповідають параметрам транспортера коренезбиральної самохідної машини КС-6Б: ( $\alpha = 0^\circ$ ;  $\varepsilon = 10^\circ$ ;  $h = 0,16$ ;  $R = 0,12$ ;  $f = 0,6$ ).

Ця залежність визначає зміну області розсівання коренеплодів цукрового буряка від лінійної швидкості полотна транспортера. Як видно з рис. 2, розсівання дальності польоту одиничних коренеплодів

при вивантаженні в транспортний засіб збільшується при збільшенні лінійної швидкості полотна транспортера більше ніж 1,0 м/с, оскільки коренеплоди  $d = 0,04 \div 0,08$  м прихоплюються подальшим скребком при відриві від полотна.

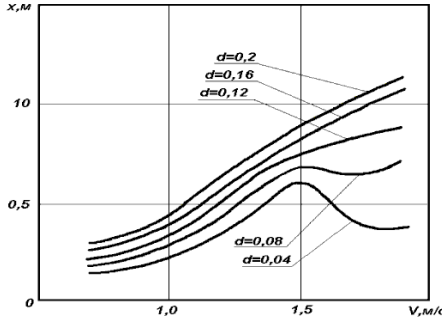


Рис. 2 – Залежність дальності польоту коренеплодів цукрового буряка від лінійної швидкості полотна транспортера

Практично область розсівання коренеплодів при лінійній швидкості полотна транспортера при  $V = 1,2$  м/с і  $V = 1,4$  м/с однакова. Тому в подальшому дослідженні розглядаємо тільки швидкості полотна транспортера:  $V = 0,8 \div 1,2$  м/с і  $\Delta V = 0,2$  м/с.

Для вирішення задачі визначення впливу лінійної швидкості полотна транспортера на розсівання вороха коренеплодів цукрового буряка розглядаємо дальність польоту коренеплодів як функцію безперервної випадкової величини діаметра коренеплодів.

Дальність польоту коренеплодів цукрового буряка як функція діаметра коренеплодів визначається з рівнянь (1) і (2).

Підставляючи  $x_1, y_1$ , в рівняння (1), отримаємо:

$$x = \frac{d}{2} [\cos(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon) + (\varphi - \varphi_1) \sin(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon)] + \chi_1 [(\varphi - \varphi_1) \cos(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon) - \sin(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon)] + R [(\varphi - \varphi_1) \cos(\alpha - \varphi_1) - \sin(\alpha - \varphi_1)] - \frac{\dot{\chi}_1}{\omega} [(\varphi - \varphi_1) \sin(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon)]. \quad (3)$$

Залежність дальності польоту коренеплодів  $x$  від їхнього діаметра представлена на рис. 3 ( $\alpha = 0^\circ$ ;  $\varepsilon = 10^\circ$ ;  $h = 0,16$ ;  $R = 0,12$ ;  $f = 0,6$ ;  $y = 1,5$ ).

Як видно з графіка, випадкова величина  $x$  пов'язана з випадковою величиною  $d$ , лінійною функціональною залежністю (для області розподілу діаметрів коренеплодів у вороху:  $0,3 < d < 0,13$  м:

$$x = ad + b, \tag{4}$$

де

$$a = \cos(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon) + (\varphi - \varphi_1) \sin(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon);$$

$$b = \chi_1 [(\varphi - \varphi_1) \cos(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon) - \sin(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon)] +$$

$$+ R [(\varphi - \varphi_1) \cos(\alpha - \varphi_1) - \sin(\alpha - \varphi_1)] - \frac{\dot{\chi}_1}{\omega} [(\varphi - \varphi_1) \sin(\alpha - \varphi_1 - \varepsilon)].$$

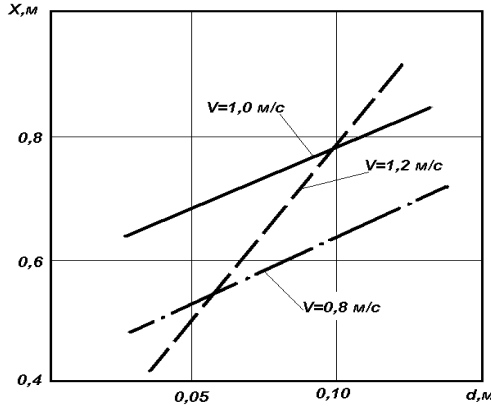


Рис. 3 – Залежність дальності польоту коренеплодів цукрового буряка від їхнього діаметра

На основі багатолітніх досліджень розмірних характеристик коренеплодів цукрового буряка встановлено, що діаметр коренеплодів цукрового буряка є випадковою величиною, розподіленою по нормальному закону. За даними вимірів діаметрів коренеплодів цукрового буряка (вибірка 200 шт.) розподіл діаметра коренеплодів підкоряється нормальному закону з параметрами:  $m_d=0,08$  м,  $G_d=0,017$  м.

Графічно емпіричний розподіл діаметрів коренеплодів цукрового буряка і його крива, що підлягає закону нормального розподілу представлені на рис. 4. Відомо, що лінійна функція від аргументу, підлеглого нормальному закону розподілу, так само підлегла нормальному закону [7].

Густина вірогідності нормального закону розподілу випадкової величини дальності польоту коренеплодів  $x$  має вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{|a|G_d\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[x-(am_d+b)]^2}{2|a|^2G_d^2}}. \tag{5}$$

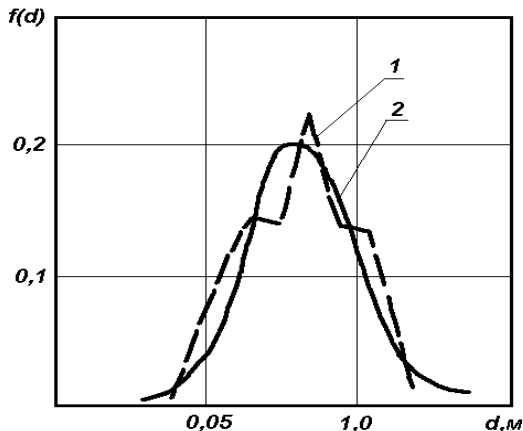


Рис. 4 – Густина розподілу діаметрів коренеплодів цукрового буряка

Параметрами нормального закону розподілу випадкової величини дальності польоту коренеплодів є математичне очікування  $m_x$  і середньоквадратичне відхилення  $G_x$ , які визначаються:

$$m_x = am_d + b;$$

$$G_x = |a|G_d.$$

Значення коефіцієнтів  $a$  і  $b$  і величин  $m_x$ ,  $G_x$  для різних лінійних швидкостей полотна транспортера представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів  $a$  і  $b$  і величин  $m_x$ ,  $G_x$  для різних лінійних швидкостей полотна

Параметр	$V_1=0,8$ м/с	$V_2 = 1,0$ м/с	$V_3 = 1,2$ м/с
a	2	1,875	5,5
b	0,42	0,575	0,23
$m_x$	0,58	0,73	0,66
$G_x$	0,034	0,032	0,093
$f(x)\max$	0,117	0,125	0,043

Густина розподілу дальності польоту коренеплодів цукрового буряка  $x$  при різних лінійних швидкостях полотна транспортера представлена на рис. 5

( $\alpha=0^\circ$ ;  $\varepsilon=10^\circ$ ;  $h = 0,16$ ;  $R=0,12$ ;  $f = 0,6$ ;  
 $y = 1,5$ ;  $R=0,12$ ;  $f = 0,6$ ;  $y = 1,5$ ).

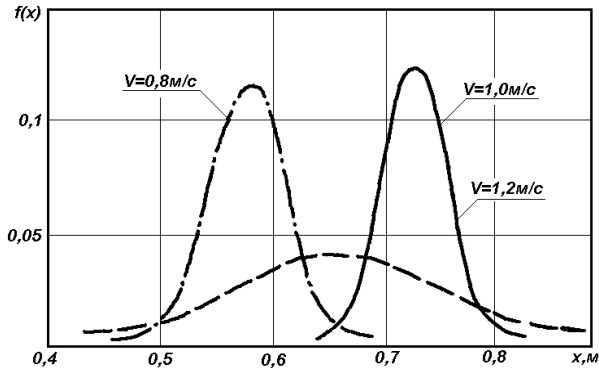


Рис. 5 – Густина розподілу дальності польоту коренеплодів цукрового буряка за різних лінійних швидкостей

На осі абсцис відкладені значення дальності польоту коренеплодів цукрового буряка, а на осі ординат – відповідні їм значення густини вірогідності  $f(x)$ , обчислені за формулою (5).

Теоретичні дані перевірялися експериментально. Експеримент проводився на стаціонарній установці з транспортером бурякозбиральної машини КС–6Б. Дальність польоту коренеплодів цукрового буряка визначалася пид час їх падіння з транспортера в ящик з вологим піском (для фіксації слідів падіння коренеплодів) і оцінювалася відстанню від осі валу ведучого транспортера до місця падіння коренеплодів. Ворох коренеплодів підбирався в співвідношенні, відповідному вороху коренеплодів, який замірявся у процеси випробуваннях машини КС–6Б.

Ворох коренеплодів розділявся на групи за щонайбільшою товщиною: великі –  $d > 0,08$  м, середні –  $d = 0,044 \pm 0,2$  м, дрібні –  $d < 0,04$  м. Співвідношення груп коренеплодів по вазі у вороху складало: крупні – 69 %, середні – 25 %, дрібні – 6 %. Дослід проводився у 5-кратній повторності.

Аналіз отриманих результатів, представлених в табл. 2, показує, що теоретичні значення дальності польоту коренеплодів  $m_x$  (середні значення) і експериментальні дані середнього значення дальності польоту коренеплодів  $\bar{x}$  близькі за значенням.

Аналіз кривих густини розподілу дальності польоту коренеплодів показує, що за лінійної швидкості транспортера  $V = 1,0$  м/с розсівання коренеплодів мінімальне ( $G = 0,032$ ), при  $V = 1,2$  м/с максимальний ( $G = 0,093$ ). Тому лінійну швидкість полотна

транспортера з параметрами: ( $\alpha = 0^\circ$ ;  $\varepsilon = 10^\circ$ ;  $h = 0,16$ ;  $R = 0,12$ ;  $f = 0,6$ ) не потрібно збільшувати більше 1,0 м/с.

Підвищення лінійної швидкості полотна транспортера понад 1,0 м/с, наприклад 1,2÷1,4 м/с, призведе до збільшення розсівання коренеплодів і відсотка пошкодження коренеплодів при падінні на дно транспортного засобу.

Таблиця 2 – Теоретичні  $m_x$  і експериментальні  $\bar{x}$  значення дальності польоту коренеплодів цукрового буряка при навантаженні

V, м/с	$m_x$	$\bar{x}$
0,8	0,58	0,65
1,0	0,73	0,82
1,2	0,66	0,7

**Висновки.** 1. Дальність польоту коренеплодів цукрового буряка при навантаженні транспортером залежить від параметрів транспортера і діаметрів коренеплодів і є випадковою величиною, розподіленою за нормальним законом.

2. Розсівання коренеплодів мінімальне за лінійної швидкості полотна  $V = 1,0$  м/с за навантаження транспортером з параметрами: ( $\alpha = 0^\circ$ ;  $\varepsilon = 10^\circ$ ;  $h = 0,16$  м;  $R = 0,12$  м).

#### Література

1. Справочник по эксплуатации свеклоуборочных комплексов [Текст]: / А.М. Мазуренко, И.И. Русанов, В.И. Сухомлин и др.; Под ред. А.М. Мазуренко. – К.: Урожай, 1984. – 128 с.
2. Система качества «Поле-машина»: инструкция по технологической наладке свеклоуборочных машин, контролю и оценке качества уборки сахарной свеклы. – Харьков: Облполитграфиздат, – 1986. – 41 с.
3. Довідник буряководи. К.: Урожай, 1975. – 224 с.
4. Демидович Б.П. и др. Численные методы анализа. – М., 1976. – 216 с.
5. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. – Киев: УАСХН, 1960. – 154 с.
6. Татьяна Н.В., Золоторева Т.С. К моделированию на ЭВМ процесса посева корнеклубнеплодов скребковым транспортером // Исследование рабочих органов машин для сахарной свеклы и кукурузы



с целью повышения их эффективности: сб. научн. тр./ – М.: НПО ВИСХОМ, 1989. – 95 с.

7. Вентцель Е.С. Теория вероятности. М.: Наука, 1964.

8. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин. – К.: НМК ВО, 1992. – 320с.

*Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс*