

## НАУКОВА ШКОЛА З МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ В НУБІП УКРАЇНИ

***В.М. Булгаков, академік НААН***

*Розглянуто основні досягнення сучасних наукових досліджень, які проведені в Національному університеті біоресурсів і природокористування України з механізації збирання цукрових буряків та проаналізовано стан використання сучасних теорій та розроблених нових конструкцій бурякозбиральних машин і їх робочих органів, технічний рівень яких відповідає кращим світовим аналогам.*

***Цукровий буряк, механізація, бурякозбиральний комбайн, машинобудування, коренеплід***

**Вступ.** Україна належить до високорозвинених бурякосіючих країн Європи і світу де цукор є одним із головних стратегічних продуктів, що виробляється сільським господарством. Вітчизняному сільськогосподарському машинобудуванню необхідно налагодити випуск бурякозбиральних машин, функціональні та експлуатаційні показники яких не тільки відповідали б рівню кращих світових аналогів, але й перевищували їх. 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 і синтезу оптимальних їх параметрів. В НУБіП України (колишня Українська сільськогосподарська академія) наприкінці 70-х років минулого століття була створена наукова школа з механізації збирання цукрових буряків. Вона сформувалась, в основному, на кафедрі механіки і ТММ (яка зараз, на жаль не існує) факультету механізації сільського господарства (тепер Технічний ННІ). Яскравими представниками цієї школи є Головач І.В., Гевко Р.Б. та Хелемендик М.М., які виконали і успішно захистили докторські дисертаційні роботи з теоретичних основ вібраційного викопування коренеплодів цукрових буряків, очищення вороху коренебульбоплодів вдосконаленими очисними робочими органами

© В.М. Булгаков, 2013

та розробленими новими бурякозбиральними комбайнами, що серійно виготовлялись на Тернопільському і Дніпропетровському комбайнових заводах, розробки нових механіко-технологічних основ збирання цукрових буряків у складних умовах та розробці для цього низки вдосконалених робочих органів. До представників зазначеної наукової школи, які успішно стали кандидатами технічних наук відносяться Теслюк В.В. (тепер доктор сільськогосподарських наук, завідувач кафедри НУБіПУ), Козіброда Я.І., Орехівський В.Д., Сипливець О.О., Березовий М.Г., Яременко В.В. та Борис А.М. Всі вони створили нові теорії вдосконалених технологічних процесів та розробили нові конструкції робочих органів бурякозбиральних машин. Зокрема, теорію безпідпорного, безкопірного зрізу гички, вдосконалену теорію очисників головок коренеплодів від залишків гички на корені, нові теорії руху частинок гички при транспортуванні завантажувальними пристроями, нову теорію копірно-різального елемента відокремлювача гички. Було створено причіпну коренезбиральну машину МКП-6 з вдосконаленою системою очищення коренеплодів від домішок та вивантаження, самохідний бункерний бурякозбиральний комбайн, а також комбіновану шестирядну гичкозбиральну машину; новий комплекс бурякозбиральних машин для фермерських господарств – КПФ-1,5 і ККП-ЗА; комплекс машин для збирання кормового буряку – БУМ-6 і КУМ-6. Доробок наукової школи складає 900 наукових статей, з яких більш ніж 200 опубліковано за кордоном (в США, Канаді, Франції, Німеччині, Бельгії, Чехії, Словаччині, Польщі, Болгарії, Румунії, Латвії, Литві, Білорусії, Росії), 750 патентів на винаходи, 17 монографій.

**Аналіз останніх досліджень.** Проектування перших у нашій країні бурякозбиральних машин почалось ще у 30-роках минулого століття завдяки фундаментальним (на той час) теоретичним та експериментальним дослідженням академіка АН УРСР Василенка А.А. [1]. У подальшому чисельний загін науковців, під керівництвом академіків Василенка П.М. та Погорілого Л.В. [2-5] наприкінці минулого століття, в основному сформулювали основні положення теорії та розрахунку бурякозбиральних машин, які широко використовувались конструкторськими бюро комбайнових заводів при розробці вітчизняної бурякозбиральної техніки. Однак, незважаючи на суттєві успіхи (в тому числі і у світовій науковій та конструкторській практиці) у створенні, виробництві та експлуатації високопродуктивної бурякозбиральної техніки, і донині зберігається ще багато невирішених суттєвих проблем, що мають як світове значення так і ряд невирішених до сьогодні питань, що безпосередньо пов'язані зі збиранням цукрового буряку саме в

Україні. Це, безумовно, проблема підвищення якості бурякової сировини, особливо в разі її отримання при складних умовах збирання (підвищена твердість ґрунту або його надмірна вологість, нерівномірність і непрямолінійність посівів, надмірна засміченість бур'янами тощо), що широко розповсюджено у виробництві цієї технічної культури. Тому, пошук нових теоретичних розробок та конструкторських рішень у світі зараз триває з не меншою інтенсивністю, ніж на початку створення перших зразків бурякозбиральної техніки [6-12]. Крім вище зазначеної якості сировини науковцями Європи і світу докладаються значні зусилля по пошуку умов суттєвого зниження питомої енергомісткості процесу викопування коренеплодів, підвищення продуктивності та надійності машин, а також значного зменшення забрудненості вороху ґрунтовими домішками, оскільки за екологічних вимог не дозволяється вивозити з полів разом з коренеплодами родючий ґрунт.

**Мета досліджень.** Показати рівень сучасних теоретичних розробок робочих процесів бурякозбиральних машин, що виконані у науковій школі НУБіП України і втілені у конкретні конструкції машин, які мають рівень кращих світових аналогів.

**Результати досліджень.** На підставі створених нових теорій бурякозбиральних машин [10] розроблені основні положення розрахунку та проектування гичкозбиральних машин роторного типу. Так, зокрема, була аналітично обґрунтована уточнена умова повного зрізання пучка гички діаметром  $d$  при першому зіткненні леза дугоподібного ножа з пучком гички такого вигляду:

$$d = v_n t - \frac{P_{cp.}}{\mu} \left( 1 - \cos \sqrt{\frac{\mu}{M_{np.}}} t \right) - \frac{P_{cp.}}{\mu} \left( 1 - \cos \sqrt{\frac{c}{m_{np.}}} t \right). \quad (1)$$

де  $P_{cp.}$  – середня сила різання;  $M_{np.}$  – приведена маса ножа (маса ножа, що приведена до точки удару леза об пучок гички);  $m_{np.}$  – маса пучка гички, приведена до точки удару;  $v_n$  – критична швидкість поступального переміщення ножа, при якій можливий безпідпирний зріз вільно стоячих пучків гички;  $v_n t$  – переміщення кромки леза ножа в момент часу  $t$  при відсутності зіткнення з пучком гички, коли ніж перебуває у радіальному положенні;  $c$  – коефіцієнт пружності гички;  $\mu$  – коефіцієнт пропорційності (інтенсивність навантаження, що діє на ніж при відхиленні його на одиницю довжини).

Отриманий вираз (1) дав можливість задавати такі конструктивні і кінематичні параметри роторного гичкорізального апарату, при яких зріз пучка гички відбувається у процесі одноразового зіткнення леза дугоподібного ножа з пучком гички. Це

дало можливість спроектувати роторний гичкорізальний апарат з новими конструктивними параметрами, на які отримано патенти України [15, 16]. Була розроблена надлегка високо надійна гичкозбиральна машина роторного типу, конструктивно-технологічна схема якої представлена на рис. 1, на рис. 2 – загальний вигляд, яка додатково може використовуватись як звичайна косарка (якісне зрізання травостою висотою до 1 м). Тернопільський комбайновий завод виготовив дослідну партію таких гичкозбиральних машин, яка зараз успішно проходить випробування у різних зонах бурякосіяння. Технічна характеристика нової гичкозбиральної машина така: ширина захвату – 1,35 м (або 3 рядки коренеплодів буряків); робоча швидкість – до 2,1 м/с; вага – 850 кг; агрегування – трактор класу 1,4 (або 2,0) з фронтальним начіпним пристроєм; Продуктивність за 1 год. чистого часу – 1,0...1,2 га. Гичкозбиральна машина може використовуватись практично за будь-яких погодних умов.

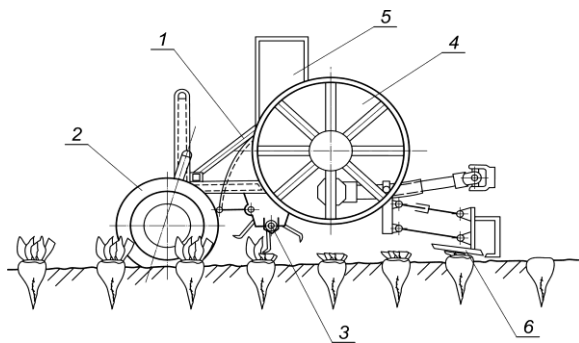


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема: 1 – рама; 2 – пневматичні копіювальні колеса; 3 – роторний гичкорізальний апарат; 4 – гвинтовий транспортер та лопатева шпурлялка; 5 – завантажувальна труба; 6 – дообрізувач головок коренеплодів.



Рис. 2. Універсальна гичкозбиральна машина

Результати виробничих випробувань нової гичкозбиральної машини показали, що досягається суттєве зниження кількості залишків гички на головках коренеплодів цукрового буряку – до 1,5...3,0 %; зниження втрат гички на 5...7 %; зниження енергетичних параметрів процесу зрізування гички цукрового буряку в середньому в 1,5 – 1,8 рази в порівнянні з гичкозбиральними машинами, які серійно виготовляються.

Створення теорії лемішного викопуючого робочого органу, а потім і вібраційного копака [6-7, 17] дало можливість отримати нову аналітичну залежність поступальної швидкості руху  $v$ , за якої не відбуває пошкодження коренеплодів буряків (не обламується хвостова частина) при вилученні його з ґрунту [10]:

$$v = \sqrt{\frac{g([P_x] + 2abk_{y\partial}) (\cos\theta - f \sin\theta \sin\gamma) \sqrt{tg^2\gamma + 1 + tg^2\beta} - 2ab\gamma_{o\partial} \sin\theta \sin\gamma \left[ tg\gamma + f_1 (\cos^2\gamma + \sin^2\gamma \cos\theta) \times \right.}{-gGtg\gamma - f_1gG (\cos^2\gamma + \sin^2\gamma \cos\theta) \sqrt{tg^2\gamma + 1 + tg^2\beta} \times \left. \sqrt{tg^2\gamma + 1 + tg^2\beta} \right]} } \quad (2)$$

Використовуючи умову (2), яка містить конструктивні параметри лемішного викопуючого робочого органу, а також на підставі розробленої нової теорії вібраційного викопуючого робочого органу, на основі якій визначені переміщення і швидкості коренеплоду при його викопуванні з ґрунту через амплітуду  $H$  повздовжніх коливань і частоту  $\omega$  коливань, а також конструктивні параметри, такого вигляду:

$$\dot{x} = -\frac{H}{m\omega} \sin\gamma (\cos\theta \sin\theta + f \cos^2\theta) \cos\omega t - \frac{R_x}{m} t + \frac{H}{m\omega} \sin\gamma (\cos\theta \sin\theta + f \cos^2\theta), \quad (3)$$

$$x = -\frac{H}{m\omega^2} \sin\gamma (\cos\theta \sin\theta + f \cos^2\theta) \sin\omega t - \frac{R_x}{2m} t^2 + \frac{H}{m\omega} \sin\gamma (\cos\theta \sin\theta + f \cos^2\theta) t + x_0, \quad (4)$$

Спроектований новий вібраційний викопуючий орган, конструктивно-технологічна схема якого представлена на рис. 3, а загальний вигляд на рис. 4.

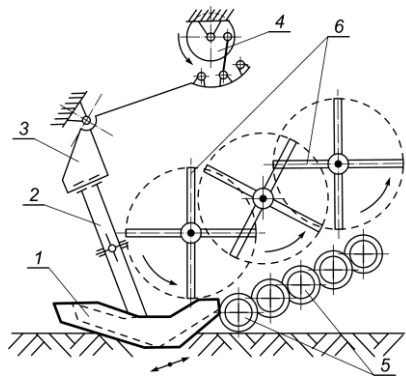


Рис. 3. Конструктивно-технологічна схема: 1 – викопуючі лемеші; 2 – стійки; 3 – механізм регулювання відстані між лемешами; 4 – вібраційний привід; 5 – шнековий транспортер; 6 – бітери.



Рис. 4. Загальний вигляд вібраційного викопуючого робочого органу

Конструкція вібраційного викопуючого робочого органу, на яку отримані патенти України [12-14], побудована за принципом, за яким коливання його викопуючих лемешів здійснюються у повздовжньо-вертикальній площині з амплітудою і частотою, що можуть регулюватись у широких межах. Це дає можливість використовувати дані вібраційні викопуючі робочі органи на різних типах ґрунтів, які мають на момент збирання різні вологість і твердість. Крім того, дані робочі органи мають здатність самовстановлюватись відносно повздовжньої осі рядка коренеплодів, що також забезпечує зниження пошкоджень коренеплодів буряків при викопуванні з ґрунту. Наявність механізму, який забезпечує зміну відстані між викопуючими лемешами, дає можливість здійснювати високоякісне викопування з ґрунту різних за розмірами і формою коренеплодів цукрових буряків.

Вібраційний викопуючий робочий орган має таку технічну характеристику: частота коливань – 8,5...20,3 Гц; поступальна швидкість руху – 0,75...2,28 м/с; амплітуда коливань – 8...24 мм; глибина ходу лемешів в ґрунті – 75...150 мм.

Встановлення вібраційних викопуючих робочих органів на причіпну бункерну коренезбиральну машину показали, що втрати коренеплодів при викопуванні не перевищують 1,0...1,5%. Пошкодження коренеплодів цукрового буряку при цьому дуже незначні і не перевищують 1,5...3,0 %.

Сучасні наукові дослідження та нові конструкторські розробки торкалися поєднання процесу копіювання та відокремлення гички цукрових буряків одним робочим органом (рис. 5, 6). На підставі проведених теоретичних досліджень взаємодії копінно-різального елемента відокремлювача гички визначено оптимальну нормальну реакцію на коренеплід цукрових буряків при дії на нього системи з двох робочих елементів [18]:

$$N = \frac{J\ddot{\varphi} + M_R - \frac{J\ddot{\varphi}_2 + M_{R2} \sqrt{\sin^2 \varphi_2 \cos^2 \alpha + \cos^2 \varphi_2} m_{21}}{\sqrt{\left[ (r_0 + l_m \cos \varphi_2) \cos \alpha - \frac{b}{2} \sin \alpha \right]^2 + \left[ (r_0 + l_m \cos \varphi_2) \sin \alpha - \frac{b}{2} \cos \alpha \right]^2}}}{\sqrt{\left[ \rho \sin(\alpha_0 + \omega t) \right]^2 + \left[ -tg \varphi_0 \left( \sqrt{\delta^2 + (d - h)^2 - \left( \frac{b}{2} \right)^2} - r_0 \right) - Vt \right]^2}}, \quad (5)$$

де  $\delta$  – відхилення осі ротора від умовної осьової лінії рядка;  $b$  – конструктивна ширина робочого елемента;  $M_R$  та  $M_{R2}$  – моменти відцентрових сил інерції попереднього та наступного робочих елементів відносно їх осей підвісу;  $m_{21}$  – плече нормальної реакції дії наступного робочого елемента на попередній відносно його осі підвісу;  $\varphi_2$  – кут відхилення наступного робочого елемента від

площини обертання;  $\alpha$  – кут повороту вала ротора;  $\rho$  – відстань від осі ротора до вершини головки коренеплоду;  $d$  – відстань від осі ротора до основи ґрунту;  $r_0$  – радіус осі підвісу робочого елемента;  $l_{пп}$  – довжина копірної частини робочого елемента.

Результати проведених експериментальних досліджень та виробничі випробування нового відокремлювача гички цукрових буряків показали його безсумнівну перевагу у порівнянні з кращими зарубіжними аналогами по багатьом показникам.

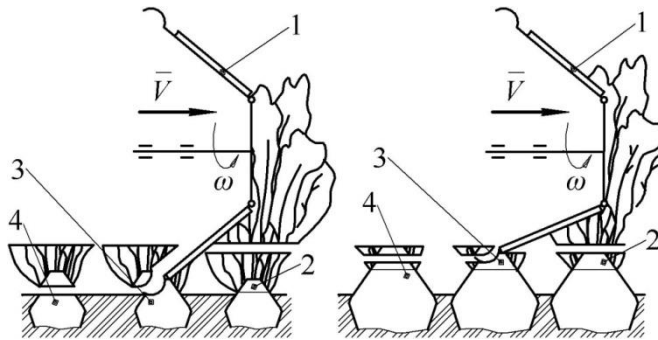


Рис. 5. Конструкційно-технологічна схема: 1 – робочий елемент; 2 – попередній безкопірний зріз; 3 – копірний зріз головок; 4 – коренеплід після зрізу.

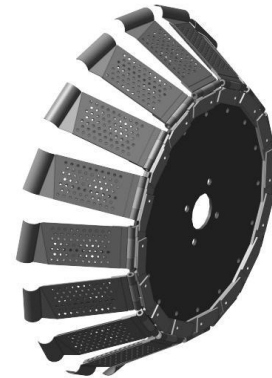


Рис. 6. Загальний вигляд відокремлювача гички цукрових буряків

**Висновок.** Використання проведених основних наукових досягнень та конструкторських напрацювань школи з механізації збирання цукрових буряків в НУБіП України дає змогу проектувати та виготовляти бурякозбиральні машини, технічний рівень яких не гірший ніж технічний рівень кращих зарубіжних аналогів, а за агротехнічними умовами України і перевищує вказаний рівень. Подальші дослідження в даній галузі повинні бути направлені на створення таких гичковиделяючих та викопуючих робочих органів, які б дозволяли ще більш суттєво знизити енергетичні показники технологічних процесів, за умов збереження високих показників якості. Крім того, сучасні світові підходи щодо використання сировини цукрових буряків в якості біоенергетичної культури (отримання з коренеплодів біоетанолу та збирання гички для отримання біогазу) вимагають подальших ґрунтовних досліджень та нових конструкторських напрацювань, що стосуються зменшення втрат цукроносної маси при дообрізанні головок коренеплодів на корені, більш якісного подрібнення та ретельного збирання (на відміну від розкидання по полю) зеленої гички, яка була б менш

засмічена ґрунтовими домішками, більш ретельного очищення тіл коренеплодів від зв'язаного та вільного ґрунту у буряковому воросі тощо.

### Список літератури:

1. Василенко А.А. Бурякозбиральні машини. Теорія і розрахунок. Київ-Харків: ОНТИ, Держ. наук.-техн. вид-во, 1937. – 340 с.
2. Василенко П.М., Погорельий Л.В., Брей В.В. Вибрационный способ уборки корнеплодов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1970, №2. – С. 9 – 13.
3. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику. К.: Сільгоспосвіта, 1996. – 252 с.
4. Свеклоуборочные машины (конструирование и расчет) / Л.В. Погорельий, Н.В. Татьяна, В.В. Брей и др.; Под общ. ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.
5. Погорельий Л.В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
6. Bulgakov V., Holovach I., Berezovyy M. Longitudinal oscillations of the sugar beet root crop body at vibrational digging up from soil. Research in AGRICULTURAL ENGINEERING. Volume 51, Prague 2005 (3). – p.99-104.
7. Bulgakov V. Theoretical investigation of a root crop cross oscillations at vibrational digging up. – CONFERENCE PAPERS MATHEMATICS IN SCHOOLING, RESEARCH AND PRACTICE 2004, Nitra, Slovak Republic. – P. 31-41.
8. Bulgakov V, Holovach I. Theoretical investigation of a root crop cross oscillations at vibrational digging up. – Agricultural Engineering. Raudond varis, Kauno, Lithuania. – 2005, – P. 19-35.
9. Булгаков В.М. Математическая модель барабанного очистителя головок корнеплодов. – Доклады Россельхозакадемии. – 2004, №2. – С. 52-56.
10. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. – К: Видавництво НАУ, 2005. – 245 с.
11. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Войтюк Д.Г., Булгаков В.М. та ін. – К: Вища освіта, 2005. – 464 с.
12. Віброкопач для коренеплодів. Патент України № 9709, опубл. в бюл. № 3, 1996 // Булгаков В.М. та ін.
13. Віброкопач для коренеплодів. Патент України № 10723, опубл. в бюл. № 4, 1996 // Булгаков В.М. та ін.
14. Віброкопач для коренеплодів. Патент України № 10724, опубл. в бюл. № 4, 1996 // Булгаков В.М. та ін.
15. Гичкозбиральна машина. Патент України № 44825, опубл. в бюл. №3, 2002 // Булгаков В.М. та ін.
16. Пристрій для відокремлення гички від коренеплодів. Патент України № 44873, опубл. в бюл. №3, 2002 // Булгаков В.М. та ін.
17. Булгаков В.М., Головач І.В. Використання вібраційних робочих органів при викопуванні коренеплодів цукрових буряків. – Вісник аграрної науки, 2004, №2. – С. 40-45.
18. Борис А.М. Математична модель процесу видалення гички з головок коренеплодів / А.М. Борис // Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Глеваха: 2013. – Вип. 98. – С. 484-491.



*Рассмотрены основные достижения современных научных исследований, которые проведены в Национальном университете биоресурсов и природопользования Украины и проанализировано состояние использования современных теорий свеклоуборочных машин и их рабочих органов, технический уровень которых соответствует лучшим мировым аналогам.*

***Сахарная свекла, механизация, свеклоуборочный комбайн, машиностроение, корнеплод***

*The main achievements of modern scientific research was carried out at the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine and analyzes the use of modern theories of beet machines and their working groups, technical level which corresponds to the best world standards.*

***Sugar beet, mechanisation, beet-harvesting combine, mechanical engineering, root crop.***

УДК 631.33.024

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОКОВОГО РОЗСІЮВАННЯ НАСІННЯ ПІСЛЯ КОСОГО УДАРУ ОБ ПЛОСКУ ПОВЕРХНЮ**

***О.Т. Лавріненко, інженер***

*Визначені статистичні характеристики кута бокового відхилення траєкторій польоту насіння у вертикальних площинах по відношенню до центральної (теоретичної) площини після косого удару насіння об плоску поверхню.*

***Косий удар, траєкторія польоту насіння, кут бокового відхилення, статистичні характеристики, коефіцієнт варіації.***

**Постановка проблеми.** При виконанні підґрунтового-розкидної сівби зерновими сівалками з лаповими сошниками невід'ємною частиною процесу є розсіювання насіння по площі борозни з достатньо високою рівномірністю. Для досягнення рівномірного розподілу насіння застосовують спеціальні робочі органи – відбивачі-розподільники, які розсіюють насіння.

© О.Т. Лавріненко, 2013