

В.Мартиненко, докт. техн. наук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ЗРІЗУВАННЯ І ВІДОКРЕМЛЕННЯ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

У статті розглянуто різні варіанти технології зрізування і відокремлення гички гичкозбиральними машинами для різних кліматичних умов роботи на плантаціях цукрових буряків. Визначено раціональні умови для вибору оптимальних параметрів основного робочого органу для зрізування гички цукрових буряків – дискового ножа, а також основні фактори навантаження робочих органів від впливу стану гички коренеплодів і супутніх бур'янів.

Умовні позначення

GZA	- гичкозрізувальний апарат;
$ОГК$	- очисник головок коренеплодів;
\mathcal{E}	- коефіцієнт різання з ковзанням ножа;
V_t	- тангенціальна швидкість ножа;
V_n	- нормальна швидкість ножа;
ω	- кутова швидкість обертання диска;
ℓ	- віддаль від центру обертання до лінії загострювання леза і перпендикулярної до неї;
u	- віддаль від центру обертання до зовнішнього краю леза, що збігається з лінією його загострювання;
r_{max}	- максимальний радіус диска;
α	- кут між швидкостями V_t і V_n .

Агротехнічні вимоги до гичкозбиральних машин передбачають умови їх роботи, що визначаються особливостями фізико-механічних властивостей гички і коренеплодів цукрових буряків, а також характером їх розміщення на поверхні ґрунту.

Головки коренеплодів нерівномірно розташовуються відносно рівня ґрунту, причому 1 - 10% - нижче від рівня, а 20 - 80% - над рівнем на висоті до 80 мм.

Максимальне розташування головок коренеплодів над рівнем ґрунту сягає 120 мм, а поперечне відхилення від умовної осьової лінії становить у середньому 60 мм.

На погонному метрі рядка розміщується 3 - 6 коренеплодів, а середня відстань між коренеплодами у рядках становить 200-300 мм при квадратичному відхиленні 100-330 мм і коефіцієнті варіації 50-110%.

Середня довжина листків жмутка гички - 350-400 мм з діапазоном варіювання 200-600 мм, а відношення маси гички до маси коренеплоду - 1,0-2,5. Врожай гички 60 т/га, насипна щільність зібраної гички - 190-210 кг/м³.

Максимальний діаметр коренеплоду - 90-100 мм із змінами у межах 40-180 мм при середній технічній довжині 220-250 мм з відхиленням від 80 до 370 мм.

Характерною геометричною формою нижньої частини коренеплодів є конус. Середній кут цього конуса дорівнює 22° з коливанням від 14° до 40°. 80% коренеплодів мають головки з формою правильного стятого конуса з кутом конусності у середньому 66° з коливаннями від 50° до 75°.

Однак, агротехнічні вимоги до гичкозбиральних машин не враховують умов їх роботи при впливові на плантацію мінусових температур. Так, твердість гички при -4°С зростає у 2,2 - 2,6 раза порівняно з твердістю при +20°С, а кількість обвислої зростає у 8-10 разів.

У таких умовах раціонально використовувати технологію збирання цукрових буряків, що передбачає високе зрізування гички з розкиданням її на полі і далішим інтенсивним доочищенням з копіюванням головок коренеплодів.

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

При розробці нових конструкцій очисників головок коренеплодів необхідно пам'ятати, що з одного боку, обрізування головок коренеплодів небажане, негативно впливає на їх зберігання і не може бути оправданим ні з економічної (недобір урожаю 5...8%), ні з технологічної точок зору. З іншого боку, досягнення високих кондицій завдяки плоскому зрізуванню, має жорсткі обмеження втрат цукрової маси.

Поряд з цим наявність на головках коренеплодів великої кількості черешків і листя негативно впливає на зберігання і переробку буряків.

Враховуючи специфічні механіко-технологічні властивості зв'язку гички з коренеплодами, що досить легко руйнуються при дотичному прикладанні навантаження, можна зробити висновок, що технологічний процес відділення гички від коренеплодів доцільно виконувати комбінованим (двостадійним) способом, що передбачає грубе зрізування гички і їх повне винесення за межі оброблюваної зони.

З наявних найбільш ефективним є механізований спосіб очищення головок коренеплодів фрикційною поверхнею, що забезпечує дотичні зусилля за допомогою розподіленого навантаження (70...120 Н/см) і сприяє задовільному очищенню головок коренеплодів.

Враховуючи роботу очисників головок коренеплодів в умовах мінусових температур, потрібні очисники, що поєднують процеси очищення і копіювання. Це дозволяє підняти ефективність процесу очищення за рахунок взаємодії робочого органу не в окремих зонах головки коренеплоду, а на всій їхній поверхні.

Крім того, очисники головок коренеплодів сучасних бурякозбиральних машин мають забезпечувати якість очищення, що відповідає агровимогам при збільшенні швидкості машини до 3,0 м/с, не руйнуючи при цьому структури поверхневого шару ґрунту і працюючи в різних температурних кліматичних умовах, їх швидкість не повинна бути меншою від швидкості зрізування гички без копіювання головок коренеплодів.

При збиранні цукрових буряків копіювання головок коренеплодів можливе при зрізуванні дисковими ножами і при очищуванні робочими органами очисників після високого зрізування.

Робоча швидкість гичкозбиральної машини при зрізуванні гички з копіюванням головок коренеплодів дисковими ножами обмежена, оскільки ГЗА мають великі маси і відповідно велику інерцію.

Копіювання головок коренеплодів при їх очищуванні від гички робочими органами очисників особливо ефективне після впливу на плантації мінусових температур.

У зв'язку з тим, що робочі органи ОГК мають значно меншу масу, ніж гичкозрізувальний апарат, у процесі очищування головок коренеплодів відбувається й автоматичне копіювання, а на робочу швидкість машини майже не впливає інерційність робочого органу.

При використанні у технологічному процесі збирання гички очисників з копіюванням головок коренеплодів можливі такі схеми компонування робочих органів:

- для бурякозбиральних комбайнів:
ГЗА для високого зрізування гички, ОГК з копіюванням головок коренеплодів, викопні органи;
- для гичкозбиральних машин:
ГЗА для високого зрізування гички, ОГК з копіюванням головок коренеплодів;
- для очисників головок коренеплодів:
робочі органи з комбінацією еластичних бичів, фрезерного і вібраційного типів.

Характерною рисою роботи таких очисників є те, що в них використовується метод скобління, при якому робочий орган копіює головку коренеплода і збиває залишки гички.

Використання робочих органів очисників у вигляді еластичних бичів найбільш ефективне для збирання цукрових буряків при плюсових температурних умовах, коли

треба доочищувати і копіювати головки коренеплодів після зрізування гички. Такі робочі органи у вигляді комбінації консольних і молоткових бичів практично впроваджені в двовальних очисниках і задовільно виконують технологічний процес.

Очисники фрезерного і вібраційного типів рекомендується використовувати для очищування головок коренеплодів після впливу на плантації цукрових буряків мінусових температур із застосуванням високого безкопінного зрізування гички. При цьому продуктивність очищування значно підвищується завдяки тому, що в них закладений принцип багатударного контакту з буряком.

Після впливу на плантації мінусових температур кількість обвислої гички збільшується у 6 ÷ 8 разів. Це свідчить про зменшення ефективності її зрізування і збільшення навантаження на робочі органи ОГК. Поряд з цим змінюються механічні властивості гички до пластичності. Такі умови потребують очищування робочими органами ОГК з копіюванням головок коренеплодів, що можливе лише при використанні у технологічному процесі збирання методу скобління.

Основним робочим органом для зрізування гички цукрових буряків є дисковий ніж, що поєднує функції різання і транспортування.

При зрізуванні гички, особливо після впливу на плантації мінусових температур, для дискового ножа важливою є здатність до різання. Збільшення навантаження на ніж пояснюється тим, що твердість гички при мінусових температурах у 2 ÷ 3 рази більша, ніж при плюсових.

Різальні властивості ножа визначаються так:

- формою ножа;
- формою загострювання;
- співвідношенням між різанням ковзанням і різанням рубленням;
- кількістю сегментів.

За формою дискові ножі бувають:

- з наклепаними сегментами косаркового типу;
- з впадинами прямокутної форми;
- з впадинами округлої форми.

Форми загострювання дискових ножів роблять у вигляді:

- опуклої й угнутої параболи;
- частини кола;
- з бічним загострюванням сегментів.

Згідно з дослідженнями Резніка Н.Е. [1] критичне зусилля різання залежить від геометрії леза ножа, а також механічних властивостей перерізуваного матеріалу. Оскільки механічні властивості гички після впливу на плантації цукрових буряків мінусових температур змінюються, то відповідно і змінюються параметри модуля деформації E_T і руйнівного контактного напруження σ_{pr} , які, згідно з теорією Резніка Н.Е., належать до формули критичного зусилля різання.

Дослідженням різання з ковзанням займався Горячкін В.П.[2], що впровадив коефіцієнт різання з ковзанням ножа, що дорівнює

$$\varepsilon = \frac{V_t}{V_n} \quad (1)$$

і є величиною, яка характеризує процес різання з ковзанням.

Досліджуючи більш поглиблено різання рослинних матеріалів лезом різних різальних апаратів згідно з [1], визначено, що коефіцієнт різання з ковзанням для плоскообертових різальних апаратів з прямолінійним ножем, розташованим радіально, визначається згідно з формулою через ℓ і u

$$\varepsilon = \frac{\ell}{u}. \quad (2)$$

Для плоскообертового апарата дискового типу, що виконує різання з ковзанням, коефіцієнт ε без урахування трансформації кута загострювання дорівнює

$$\varepsilon = \frac{\omega r_{\max}}{V_n}. \quad (3)$$

При різанні у побуті найчастіше використовуються зворотно-поступальні площини і різальні апарати різання з ковзанням, наприклад, кухонні ножі, для яких коефіцієнт ε [2] дорівнює

$$\varepsilon = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

У своїх дослідженнях Горячкін В.П., Резнік Н.Е., Желіговський В.А., Івашко А.А., Зяблов В.А. при розгляді плоскообертових та плоскопоступальних різальних апаратів дослідили вплив коефіцієнта різання з ковзанням ε тільки для даного типу різальних апаратів і виду різання.

При різанні гички ГЗА використовуються дискові ножі, що під час роботи взаємодіють з рослиною зовнішнім краєм диска і бічною гранню сегмента. У процесі різання зовнішнім краєм ножа переважає тангенціальна швидкість, а при різанні бічною гранню сегмента - нормальна швидкість.

Оскільки зрізування гички на засмічених бур'янами плантаціях цукрових буряків відбувається при різних температурних умовах, у тому числі й після впливу на них мінусових температур, доцільно дослідити величини коефіцієнта різання з ковзанням ε , що достатні для різання бур'янів.

Згідно з класифікацією Резніка Н.Е. при різанні дисковими ножами відбувається різання з ковзанням для зовнішнього краю дискового ножа як для плоскообертового апарату дискового типу, а для бічної грані ножа - як для плоско-обертового апарату з прямолінійним ножем, розташованим радіально.

Перший вид різання характеризується відношенням лінійної швидкості обертового руху ножа до швидкості машини, а друге - взаємовідношенням геометричного розташування прямолінійного ножа відносно центру обертання.

Гичка від коренеплоду в процесі збирання цукрових буряків відокремлюється різними методами. Так, можливе відокремлення методом зрізування, що забезпечує збирання і передачу на транспортер гички без травмування, велику продуктивність при високому зрізуванні. До недоліків методу належить можливість вибивання коренеплодів копіювальним механізмом, сколювання поверхні коренеплоду, обмежена продуктивність гичкозбиральної машини через великі маси копіювального механізму, втрати цукроносної маси.

При використанні методу відбивання гички від коренеплоду відбувається автоматичне копіювання головки коренеплоду бичем. До позитивних аспектів процесу належить те, що продуктивність машини обмежується тільки механічними властивостями гички і коренеплоду, а не відносно невеликою масою бича. Недоліками методу відбивання гички від коренеплоду є травмування коренеплоду і гички, а також можливе вибивання з ґрунту високо посаджених коренеплодів.

Метод згинання і зламу гички при її відокремленні від коренеплоду має ті переваги, що виконує одночасно й копіювання головки коренеплоду. До його недоліків належить велика маса копіювального механізму, що призводить до значної інертності механізму і як наслідок, зменшення продуктивності очищення. У процесі згинання і зламу гички частково залишаються рештки черешків, що мають підвищені пружні властивості.

Очищення коренеплодів від залишків гички методом скобління особливо ефективно після впливу на плантації цукрових буряків мінусових температур, коли

з'являється багато обвислої гички. Цей метод дозволяє також копіювати головку коренеплоду при незначних обертових масах очисних механізмів.

Як основний недолік, слід відзначити відносну складність конструкції очисника, оскільки в ній використовуються пружини розтягу у вузлах, що обертаються з великою швидкістю.

Конструкції робочих органів гичкозбиральних машин загалом відзначаються станом гички і коренеплоду цукрових буряків.

Якщо у період збирання нема заморозків, то відокремлення гички від коренеплоду можливе методами зрізування, відбивання, згинання і зламу, скобління. Це пояснюється переважно пружними механічними властивостями гички. Після впливу на плантації цукрових буряків заморозків відокремлювати гичку від коренеплоду бажано методом скобління. Це пояснюється тим, що у цьому випадку гичка має переважно більше пластичних механічних властивостей і менше напружень зрізування.

Робочі органи у вигляді круглих прутків очисників барабанного типу використовуються при застосуванні відокремлення гички методом згинання і зламу.

Метод скобління головок цукрових буряків - універсальний і може використовуватися при плюсових температурах збирання, особливо після впливу мінусових температур, коли основна маса гички обвисає на коренеплодах. Робочими органами для реалізації цього методу є підпружинені секції з прикріпленими металічними пластинками, а також спіралеподібні пружини. Ці робочі органи закріплені на горизонтальному валі і можуть змінювати діаметр за рахунок відцентрових сил. Враховуючи фактор багатоконтактної взаємодії робочого органу з головою коренеплоду і постійних вібрацій в процесі її копіювання, вони особливо продуктивні для використання у складних умовах збирання.

При відокремленні гички від коренеплоду методом зрізування з копіюванням головок коренеплодів можливе використання активних дискових, а також пасивних ножів. При відокремленні гички без копіювання головок коренеплодів, при високому зрізуванні використовують активні дискові або S-подібні ножі, розташовані на горизонтальному роторі.

Можливе очищення буряків від гички вручну ножами, що забезпечує високу якість очищення і велику економію паливно-мастильних матеріалів, що значно здешевлює вартість збирання.

При відокремленні гички методом відбивання використовуються робочі органи у вигляді еластичних бичів консольного і молоткового типів, закріплених на горизонтальному валі.

Висновки

1. Встановлено, що машини, які мають робочі органи для зрізування гички без копіювання і очищування з копіюванням цукрових буряків, більш продуктивні, ніж ті, що зрізують її з копіюванням головок коренеплодів і очищуванням без копіювання. Це підтверджують робочі швидкості гичкозбиральної машини БМ-6А і двовального очисника головок коренеплодів ОГД-6А, що відповідно дорівнюють 4,6 і 7,5 км/год.
2. Необхідні подальші дослідження одного з основних чинників різальних властивостей дискового ножа ГЗА гичкозбиральної машини – взаємовідношення між різанням ковзанням і різанням рубленням для різних його елементів.
3. При плюсових температурах збирання відокремлення гички можливе методами зрізування, відбивання, згинання, зламу, а після впливу заморозків на плантації цукрових буряків – методом скобління. На забур'ячених площах доцільно використовувати метод зрізування у зв'язку з великою твердістю стебла бур'яна.

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

In the article considered different variants of technology a cutting a vegetable and separate tops an beet-top harvester's by machines for different climatic conditions of work on plantations of sugar beets. Determined rational conditions for the choice of optimum parameters of main working organ for cutting a vegetable tops of sugar beets - a disc knife, as well as main factors of loading of working organs from the influence of condition of vegetable tops an корнеплодов and accompanying weeds.

Література

1. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.
2. Горячкин В.П. Собрание сочинений в трех томах. – М.: Колос, 1965.
3. Свеклоуборочные машины (Конструирование и расчет) / Л.В. Погорельый, Н.В. Татьянако,
4. В.В. Брей и др./ Под общ. ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.
5. Мартиненко В.Я. Механіко-технологічні основи підвищення ефективності робочих органів гичкозбиральних машин: Автореф. дис...докт. техн. наук: 05.05.11. – Тернопіль, 2000.

Одержано 22.10.2001 р.