

С. Білик, канд. техн. наук.; В. Солтисюк

Відокремлений структурний підрозділ Національного аграрного університету «Бережанський агротехнічний інститут»

РОЗРАХУНОК КІНЕМАТИКИ НАВІСНОЇ 3-Х РЯДНОЇ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Приведена методика розрахунку роторного очисника коренезбиральної навісної машини і компонування викопувальних і очисних механізмів в транспортно-технологічній системі цієї машини. Виведені аналітичні залежності для визначення конструктивних, кінематичних і технологічних параметрів ротора за умови мінімального травмування коренеплодів. Дані практичні рекомендації виробництву щодо проектування викопувальних і очисних систем цього класу.

S. Bilyk, V. Soltusyuk

CALCULATION OF KINEMATICS OF HANGING 3-X OF ROW ROOTHARVESTER MACHINE

The method of calculation of rotor purifier of rootharvester of hanging machine and arrangement of dig up and cleansing mechanisms is resulted in the transport technological system of this machine. Analytical dependences are shown out for determination of structural, kinematics and technological parameters of rotor on condition of the minimum injuring of root crops. Practical recommendations are given to the production in relation to planning of dig up and cleansing systems of this class.

Умовні позначення

V_{agr} – швидкість руху агрегату, км/год;
 ω – кутова швидкість обертання роторного очисника, рад/с;
 h – глибина проходження пальців через підтятий пласт ґрунту, мм;
 R – радіус обертання точки на пальці роторного очисника, мм;
 V_g – швидкість виштовхування коренеплоду, м/с;
 i – кількість пальців;
 n – частота обертання роторного очисника, с⁻¹;
 R – радіус роторного очисника, мм;
 β – кут між площиною обертання роторного диска з пальцями і вертикальною площиною, град;
 l – відстань проходження пальців через підрізаний пласт ґрунту, мм;
 q – кількість проходжень пальців через підрізаний пласт ґрунту.

Постановка питання. Технологічний процес збирання врожаю цукрових буряків є одним із найбільш складних і енергомістких, в тому числі і за кількістю виконуваних операцій: обрізання гички з відповідним транспортуванням, доочищення головок коренеплодів на корені, викопування коренеплодів, їх очищення, підбір і транспортування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням дослідження технологічного процесу викопування цукрових буряків присвячені роботи багатьох авторів [1, 2, 3]. Роботи Погорілого Л.В., Гевка Б.М. і Гевка Р.Б. присвячені розробці шнекових, кулачкових та роторних очисників.

Однак багато питань, які відносяться до проектування коренезбиральних машин для фермерських господарств вимагають подальшого дослідження.

Мета роботи. Метою даної роботи є вироблення практичних рекомендацій щодо проектування трирядної коренезбиральної машини з роторними очисниками з метою забезпечення оптимальних показників роботи агрегату згідно з агротехнічними вимогами.

Робота виконується в рамках Постанови Кабінету Міністрів України “Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентноздатною технікою на 2004-2008 роки”.

Результати досліджень. Важливою операцією після викопування цукрових буряків є очищення коренеплодів від ґрунту і рослинних залишків та подачі їх на доочисники за умови мінімального пошкодження [4]. На рис. 1 наведено загальний вигляд коренезбиральної машини для фермерських господарств для викопування коренеплодів роторним очисником [5].

Розглянемо витання вибору і розрахунку сепаруючого ротора з пальцевими робочими органами відносно пласту ґрунту з коренеплодами і вороху, який піднімає леміш.

До параметрів сепаруючого ротора з пальцями відноситься радіус R обертання кінця пальця 5 і їх кількість. Місце розміщення сепаратора визначається глибиною h проходження пальців через підтятий пласт ґрунту з коренеплодами, кут α між слідом площини обертання диска з пальцями в горизонтальній площині і напрямком руху агрегату, а також кут β між площиною обертання диска з пальцями і вертикальною площиною.

Згідно з розрахунковою схемою (рис.2), до параметрів сепаруючого ротора з пальцями належить радіус R обертання кінця пальця 5 і їх кількість, місце розміщення сепаратора, яке визначається глибиною h проходження пальців через підтятий пласт ґрунту з коренеплодами, кут α між слідом площини обертання диска з пальцями в горизонтальній площині і напрямком руху агрегату, а також кут β між площиною обертання диска з пальцями і вертикальною площиною.

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що для забезпечення нормальної роботи механізму вибирання коренеплодів з вороху і струшування ґрунту необхідно максимально зменшити навантаження на пальці 4 , яке створює підрізаний пласт ґрунту при швидкості $V_{ар}$. Для цього диск з пальцями виставляють у площині, яка знаходиться під кутом α до напрямку руху агрегату і надають йому кутову швидкість ω , яка забезпечує умову виштовхування коренеплоду з вороху $V_e > V_{ар}$.



Рисунок 1 – Конструкція роторного очисника навісної 3-х рядної коренезбиральної машини для фермерських господарств

Також у результаті досліджень встановлено, що відділення ґрунту від поверхні коренів краще проходить, коли пальці доторкаються до поверхні коренеплоду по

максимальній довжині. Для цього площину обертання диска з пальцями додатково виставляють під кутом β до вертикалі.

В основу розрахунку покладена задача знаходження швидкості руху агрегату V_{agr} і частоти обертання сепаруючого ротора n від радіуса обертання точки на пальці радіуса R , кута α між слідом площини обертання роторного очисника з пальцями і напрямом руху, кількості пальців на диску і відстані l між проходами пальців через підрізаний пласт ґрунту і заданої складової швидкості V_6 , направленої перпендикулярно до напрямку руху агрегату (рис.2).

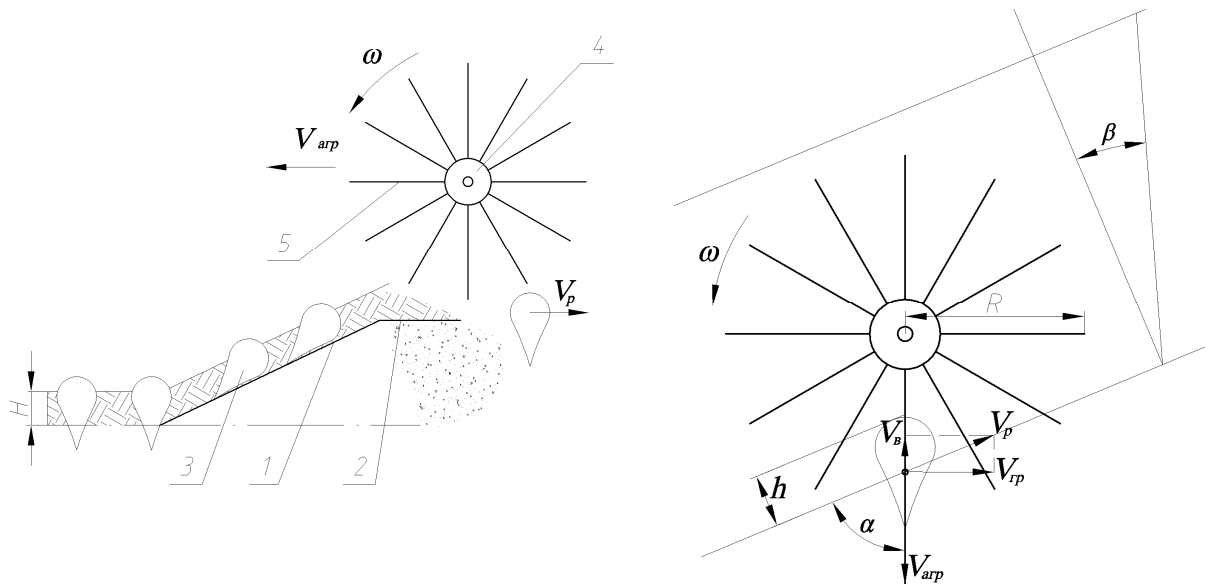


Рисунок 2 – Технологічна схема викопування і очищення коренеплодів роторним очисником а) і розрахункова схема для визначення параметрів очисної системи б):
 1 – похила частина леміша; 2 – горизонтальна частина леміша; 3 – коренеплоди;
 4 – сепаруючий ротор; 5 – пальці ротора

Швидкість виштовхування коренеплоду V_6 приймають більшою або рівною за орієнтовну робочу швидкість агрегату V_{agr} . Результуючу швидкість точки коренеплоду на пальці V_p визначаємо за формулою:

$$V_p = \frac{V_6}{\cos \alpha}. \quad (1)$$

Кутову швидкість обертання сепаруючого диска з пальцями знаходимо за формулою:

$$\omega = \frac{V_{agr}}{R}. \quad (2)$$

Частоту обертання роторного очисника з пальцями визначаємо за формулою:

$$n = \frac{\omega}{2\pi}. \quad (3)$$

Знаходимо кількість проходжень пальців через підрізаний пласт ґрунту:

$$q = i \cdot n, \quad (4)$$

Віддалі між проходженням пальців через підрізаний пласт ґрунту визначаємо за формулою:

$$l = \frac{V_{agr}}{q}. \quad (5)$$

Підставивши значення формули (5) у формулу (4), отримаємо залежність для визначення відстані між проходженням пальців через підрізаний пласт ґрунту:

$$l = \frac{2\pi \cdot R \cdot V_{agr} \cos \alpha}{V_6 \cdot i}. \quad (6)$$

З формули (6) визначаємо швидкість руху агрегату V_{aep} :

$$V_{aep} = \frac{V_6 \cdot i \cdot l}{2\pi \cdot R \cdot \cos \alpha}. \quad (7)$$

Так як $\frac{V_6}{\cos \alpha} = V_p$, то отримаємо:

$$V_{aep} = \frac{V_p \cdot i \cdot l}{2\pi \cdot R}. \quad (8)$$

Так як лінійна швидкість пальців очисного диска визначається з залежності $V_p = \omega R$, то швидкість агрегату можна визначити з залежності:

$$V_{aep} = \frac{\omega \cdot i \cdot l}{2\pi}; \quad (9)$$

Підставивши значення кутової швидкості у формулу (9), отримаємо:

$$V_{aep} = n \cdot i \cdot l. \quad (10)$$

Після цього швидкість обертання роторного очисника буде рівною:

$$n = \frac{V_{aep}}{i \cdot l}. \quad (11)$$

Таким чином, отримано формулу, необхідну для розрахунку роторного очисника при мінімальному травмуванні коренеплодів.

В результаті експериментальних досліджень встановлено параметри системи навісної 3-х рядної коренезбиральної машини, які доцільно вибирати в межах: $V_{aep}=6-8$ км/год; $n=130-150$ об/хв.; $R=270-280$ мм; $H=230-260$ мм.

При цьому доцільно використовувати трактор МТЗ-52 з частотою обертання вала відбору потужності $n_6=562$ об/хв., тоді для забезпечення кількості обертів ротора необхідне передаточне відношення редуктора становитиме: $i=3,82$.

З конструктивних міркувань для проведення пошукових досліджень приймали: $R=275$ мм; $H=250$ мм.

Кількість пальців на диску $i=15$.

Кут між слідом площини обертання диска на горизонтальній площині і напрямом руху агрегату $\alpha=25^\circ$.

З попередніх досліджень виявлено, що якісне відділення ґрунту від коренеплодів відбувається при відстані проходження пальців очисного ротора l через підрізаний пласт ґрунту при $l < 58$ мм. Для розрахунків приймаємо $l=50$ мм.

Для дослідження технологічного процесу викопування коренеплодів з вороху розглянемо розрахункову схему, яка представлена на рис.3.

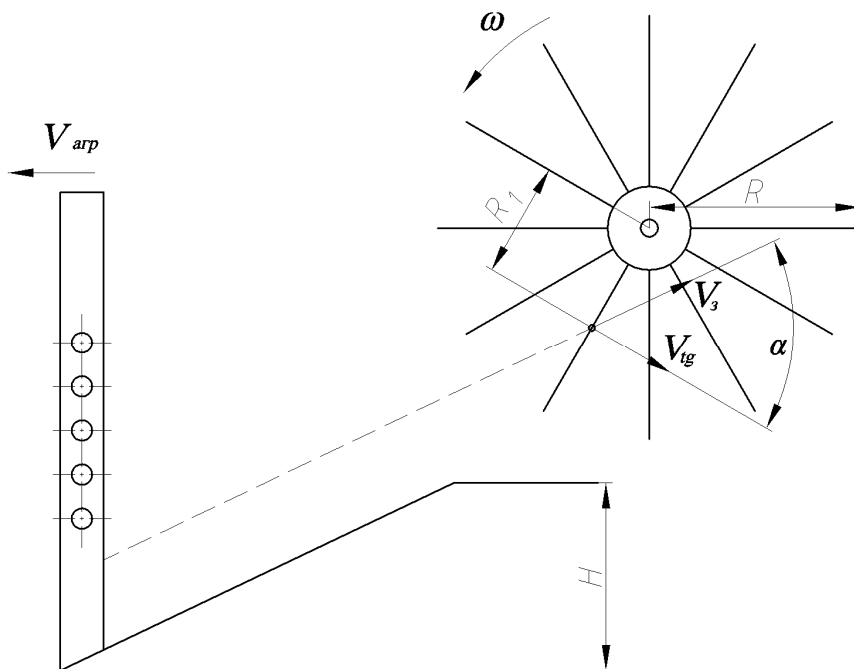


Рисунок 3 – Розрахункова схема для визначення технологічних показників роботи роторної очисної системи коренезбиральної машини

Задавшись відносною швидкістю V_3 в точці на пальці, яка контактує з ворохом на найменшому радіусі обертання R_1 , приймаємо $V_3 = 2 \text{ м/с}$.

За результатами попередніх пошукових досліджень встановлено, що ефективний винос коренеплодів з підрізаного пласту відбувається при занурюванні пальців на глибину:

$$h = \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} \cdot 250 = 167 \text{ мм.}$$

Тоді $R_1 = R - h = 275 - 167 = 108 \text{ мм}$.

Виходячи з вищенаведених даних, визначаємо швидкість агрегату за формулою:

$$V_{arp} = \frac{V_3 \cdot i \cdot l}{2\pi \cdot R_1 \cdot \cos \alpha} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 0,05}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,108 \cdot 0,9063} = \frac{1,5}{0,61} = 2,46 \text{ м/с.}$$

$$V_{arp} = 8,85 \text{ км/год.}$$

Така швидкість агрегату є нереальною через мале тягове зусилля трактора, якого недостатньо для підрізання пласту ґрунту, тому для зменшення швидкості руху агрегату приймаємо $V_3 = 1,5 \text{ м/с}$.

Тоді

$$V_{arp} = \frac{V_3 \cdot i \cdot l}{2\pi \cdot R_1 \cdot \cos \alpha} = \frac{1,5 \cdot 15 \cdot 0,05}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,108 \cdot 0,9063} = \frac{1,125}{0,61} = 1,84 \text{ м/с.}$$

$$V_{arp} = 6,63 \text{ км/год.}$$

При такій швидкості руху агрегату (IV передача) трактор МТЗ-52 розвиває тягове зусилля на гаку 1400 кг, яке є достатнім для підрізання і піднімання пласта ґрунту і викопування коренеплодів.

Частоту обертання очисного ротора з пальцями визначаємо за формулою:

$$n = \frac{V_{arp}}{i \cdot l} = \frac{1,84}{15 \cdot 0,05} = \frac{1,84}{0,75} = 2,45 \text{ об/хв.}$$

$$n = 147 \text{ об/хв.}$$

Кінематичний розрахунок механізму приводу обертання сепаруючого диска з пальцями представлено на рис.4.

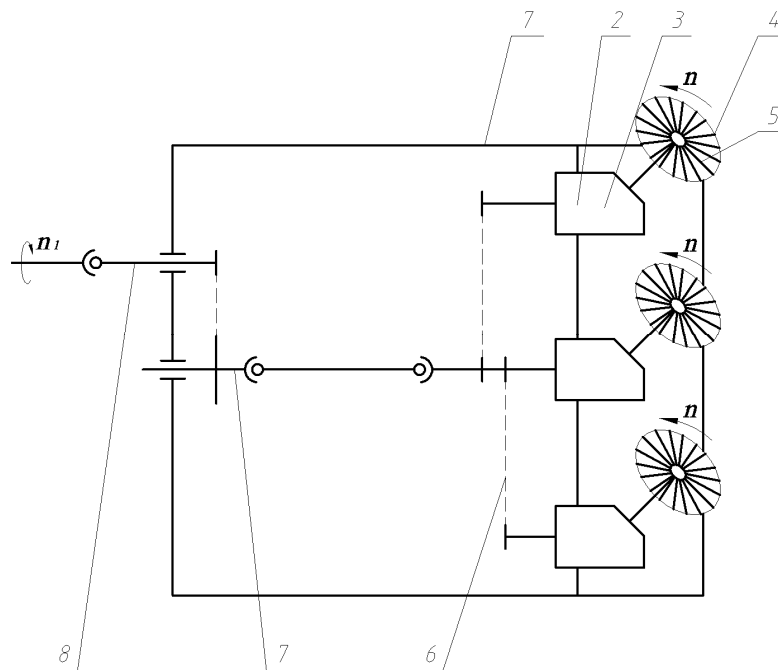


Рисунок 4 – Кінематична схема роботи роторного очисного агрегату 3-х рядної коренезбиральної машини:

1 – рама; 2 – леміш; 3 – редуктори; 4 – сепаруючі диски; 5 – сепаруючі пальці;
6 – ланцюгова передача; 7 – привідний вал редукторів; 8 – вал відбору потужності трактора

Оскільки частота обертання вала відбору потужностей трактора МТЗ-52 становить $n_1=562$ об/хв., а необхідна частота обертання сепаруючого диска – $n=147$ об/хв., то для забезпечення даного співвідношення необхідне наступне передаточне відношення:

$$i_1 = \frac{n_1}{n} = \frac{562}{147} = 3,82.$$

Для забезпечення даного передаточного числа підбирають зірочки ланцюгової передачі.

В результаті експериментальних досліджень встановлено параметри системи навісної 3-х рядної коренезбиральної машини. Вони наступні: $V_{\text{аер}}=6-8$ км/год; $n=147$ об/хв.; $R=275$ мм; $H=250$ мм.

Порівняльні результати експериментальних досліджень сепарації коренеплодів різних фракцій при взаємодії з циліндричними прутками не покритими гумою, і поверхнею циліндричних прутків, покритою гумою, при вологості ґрунту 14–16% зображено на рис.5.

Як видно з даних графіків, еластичне покриття прутків сепаруючого ротора практично не впливає на якість очищення коренеплодів, зате впливає на травмування коренеплодів, зменшуючи його на 2...3%.

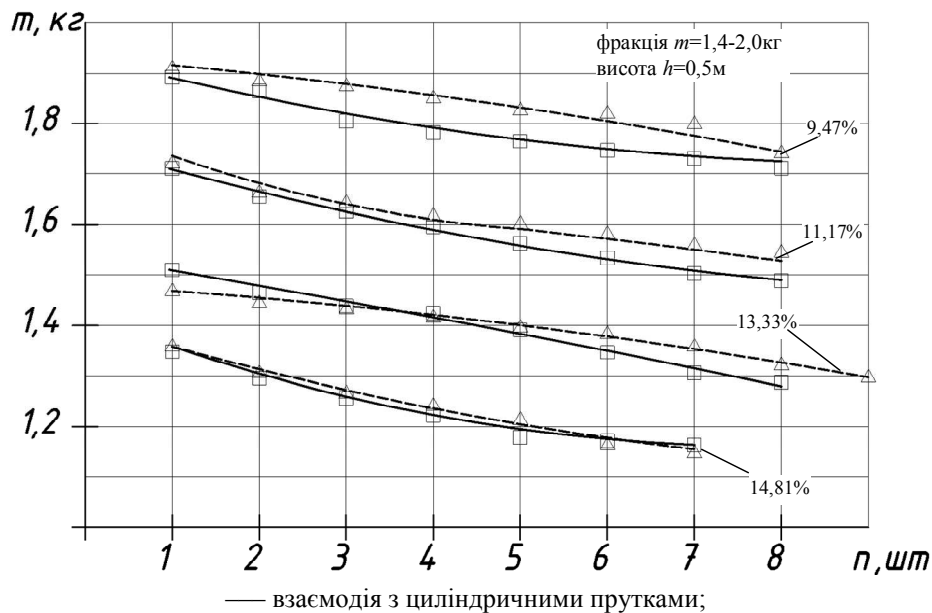


Рисунок 5 – Залежність ступеня сепарації коренеплодів крупних фракцій від кількості ударних взаємодій з поверхнями сепаратора

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

Наведено методику розрахунку роторного очисника коренезбиральної навісної машини і компоновання викопувальних і очисних механізмів у транспортно-технологічній системі цієї машини. Виведено аналітичні залежності для визначення конструктивних, кінематичних і технологічних параметрів ротора за умови мінімального травмування коренеплодів. Дано практичні рекомендації виробництву щодо проектування викопувальних і очисних систем цього класу.

Література

1. Погорельый Л.В., Татьяненко Н.В. и др. Свеклоуборочные комбайны. Конструирование и расчет. - Киев: Техника, 1983. - 168с.
2. Гевко Б.М., Білик С.Г. та інші. Технологічні основи підвищення якісних показників роботи коренезбиральних машин. – Тернопіль: СарокА, 2007. - 245с.
3. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин. Конструювання і розрахунок. – Тернопіль, 1997. – 119с.
4. Патент №23519, Україна. Навісна коренезбиральна машина. Гевко Б.М., Солтисюк В.І. Бюл. №1, 2007.

Одержано 28.05.2008 р.