

УДК 631.312.62

ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ РОБОЧОГО ОГАНУ ТИПУ «СКОБА» ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

Сокол С.П

Кобець А.С

Науменко М.М

Дніпропетровський державний аграрний університет

Обґрунтовані геометричні характеристики робочого органу типу «скоба». Акцентована увага на можливість викопування коренеплодів з одночасним основним обробітком ґрунту. Наведені можливі варіанти конструкції скоби для обробітку різних типів ґрунтів.

It is substantiated the geometry features of working element «crampon» type. It is accentuated the possibility of root crops digging – up with soil cultivation at the same time. It is given the variants of digger – up construction for different types soil cultivation.

Відомо, що від конструктивних і кінематичних параметрів робочих органів бурякозбиральних машин, ґрунтово-кліматичних умов вирощування коренеплодів суттєво залежать якісні й кількісні показники збирання, пошкодження та втрати врожаю. Задача синтезу викопувальних пристроїв зводиться до визначення раціональних параметрів робочих органів, які б забезпечували мінімальні втрати і пошкодження коренеплодів при заданих умовах експлуатації. Конструктивні схеми коренезбиральних машин вітчизняних та закордонних виробників передбачають викопування коренеплодів площинними деформаторами, котрі не достатньо інтенсивно розпушують шар армованого корінням ґрунту. Таким чином постає завдання – розробити принципово нові робочі органи, котрі можна буде використовувати для викопування коренеплодів з різними фізико-механічними характеристиками. Запропонована конструкція робочого органу типу «скоба» дозволяє більш інтенсивне обтиснення коренеплодів шаром ґрунту ще в моноліті, до їх підймання на денну поверхню. Шар ґрунту в даному разі виконує функцію демпфера, через який буде „м’яко“ передаватися тиск від робочого органу на коренеплід для запобігання його травмуванню.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень

Існують пропозиції щодо застосування робочого органу типу «скоба» не тільки для викопування, або укривання саджанців винограду [1], а і для викопування коренеплодів [2, 3]. Привертає увагу той факт, що викопування коренеплодів за допомогою скоби очевидно є більш енергоємним ніж викопування лемішними копачами, проте, враховуючи, що скоба забезпечує більш глибоке руйнування масиву ґрунту навколо коренеплоду, енергетичні затрати можуть бути виправдані, якщо поєднати затрати на викопування і затрати на осінній обробіток ґрунту, який скоба може одночасно забезпечити. З сказаного витікає, що скоба є достатньо перспективним знаряддям для його використання в технологічній схемі вирощування коренеплодів, проте на сьогодні ще не наведено достатньо рекомендацій для її проектування.

Основними складовими елементами скоби є підрізаючий робочий двогранний клин (леміш) та несучі і одночасно ріжучі стояки-ножі. Геометричні характеристики самого клина (кут нахилу, довжина, ширина), можуть бути призначені на основі аналізу його взаємодії з ґрунтом, математичну модель до якої наведено в роботі [4]. Площа поперечного перерізу стояків скоби може бути розрахована з умови міцності по відомому робочому навантаженні клина, проте залишається відкритим питання, якою повинна бути форма стояків і як вони повинні орієнтуватись у просторі.

Метою наших досліджень було обґрунтування форми скоби та розмірів, виходячи з її функціонального призначення: скоба повинна руйнувати масив ґрунту навколо коренеплоду, звільнюючи останній, та виносити його на денну поверхню без травмування.

Результати досліджень

За основу моделі взаємодії клина з ґрунтом прийнята схема, запропонована В.П. Горячкіним [5, 6]. При різанні поверхневого шару ґрунту рухомим клином елементи ґрунту 1, 2, 3 які взаємодіють з клином, утворюються з матеріалу, що має початкову форму паралелограма A_1AOO_1 (рис. 1). При переміщенні клина масив ґрунту стискується знизу, паралелограм деформується, приймає форму $A_1B_1OO_1$ і займає місце першого елемента на клині, відокремлюючись від ґрунту по лінії сколювання A_1O_1 . Якщо стояки-ножі скоби прийняти вертикальними, то масив ґрунту, що попадає в скобу, сприйматиме тільки натиск від клина, ущільнюючись знизу при переміщенні краю клина з точки A_1 в точку A (рис. 1). При переміщенні коренеплоду разом з вирізаною частиною ґрунту по скобі, руйнування масиву не відбуватиметься, і коренеплід звільнюватись не буде, а навпаки його нижній кінець, знаходячись в зоні пластичних деформацій ґрунту в призмі AB_1A_1 буде рівномірно затискуватись по всій бічній поверхні ущільненим ґрунтом [5, 6].

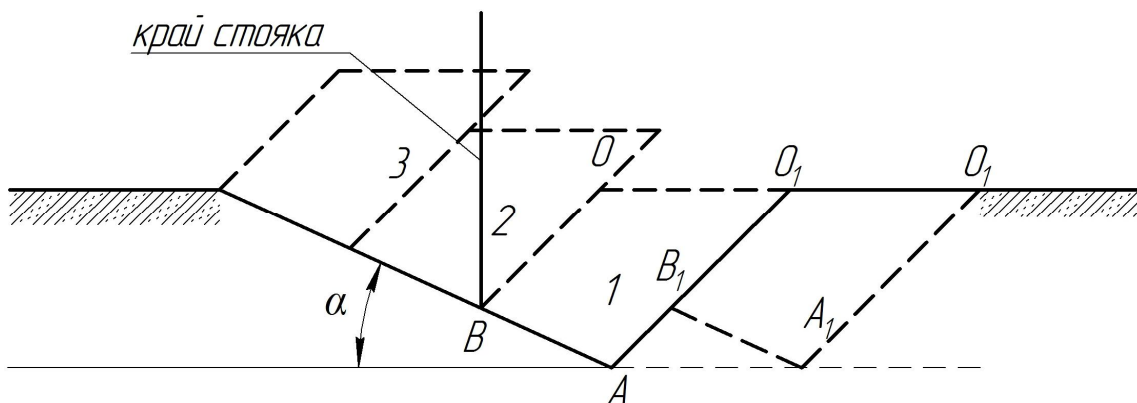


Рис. 1. Схема руйнування ґрунту

Експериментальні та теоретичні дослідження, як витікає з літературних джерел [7], показують, що при переміщенні клина в ґрунті на його поверхні утворюється тіло ущільненого ґрунту. Ця зона, в якій ґрунт знаходиться в пластичному стані, обмежена напівсферичною поверхнею, і тиск від неї передається гідростатично, тобто рівномірно в усі сторони (рис. 2).

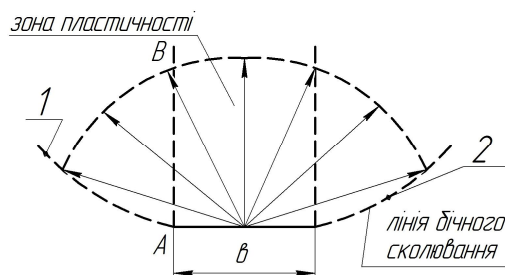


Рис. 2. Схема зони ущільнення та бічних поверхонь ліній сколювання ґрунту

Із сказаного витікає, що в тому випадку, коли стояки-ножі скоби приймаються вертикальними ґрунт в зоні пластичності спричинятиме натиск на кожен стояк і опір переміщенню скоби суттєво збільшуватиметься. Очевидно, що при проектуванні скоби треба цього уникнути, для чого запропоновано клин на ділянці AB , що визначається сколюванням ґрунту, не обмежувати стояками скоби [9, 10]. Очевидно, що для частини клина, ділянка AB якого виходить за межі скоби, сколювання вздовж лінії AO (рис. 1) супроводжується ще й сколюванням бічним, по лініях 1 і 2 на рис. 2.

Таким чином вертикальний поперечний профіль кожного стояка-ножа в нижній частині повинен збігатись з лінією бічного сколювання або бути максимально наближеним до неї. У верхній частині лінія перерізу приймається прямолінійною і паралельною профілю коренеплоду (для буряка кут β (рис. 3) приймається 15°). В нижній частині, лінія перерізу очевидно повинна бути криволінійною і бажано, щоб дотична до неї в нижній точці збігалась з горизонтальною лінією перерізу клина. За вихідні дані при проектуванні скоби приймемо, як відому, висоту робочої частини H_o , яка визначається агрофізичними характеристиками коренеплоду. На підставі статистичних даних для буряка приймається $H_o = 0,3$ м. Конструктивно приймається поперечний розмір робочої частини скоби $B = 0,3$ м (рис. 3). Кут нахилу клина α приймається на основі існуючих рекомендацій щодо кутів різання ґрунту клином, а також на підставі аналізу взаємодії клина з ґрунтом $\alpha = 20^\circ$ [1].

Довжина клина приймається такою, що забезпечує необхідне значення вертикального переміщення коренеплоду на денну поверхню. Будемо вважати за достатнє вертикальне переміщення коренеплоду на половину висоти, тобто:

$$\Delta = \frac{1}{2} h_o = \frac{1}{2} \cdot 0,25 = 0,125 \text{ м.}$$

Тоді загальна довжина клина:

$$l + l_1 = \frac{\Delta}{\sin 20^\circ} = \frac{0,125}{0,342} = 0,365 \text{ м.}$$

Остаточню приймемо $l + l_1 = 0,4$ м, що забезпечує не ушкодження коренеплоду в зв'язку з підрізанням ґрунту клином нижче шару, в якому він знаходиться. Довжина ділянки клина l_1 визначається процесом ущільнення ґрунту під час горизонтального переміщення клина до моменту сколювання ґрунту. Очевидно, що ця довжина (AB на рис. 1) для різних ґрунтів може суттєво змінюватись. В процесі розробки конструкції скоби цей розмір

варіювався і за задовільне значення для викопування буряка в супіщаному ґрунті встановлено, що $l_1 = 0,1$ м.

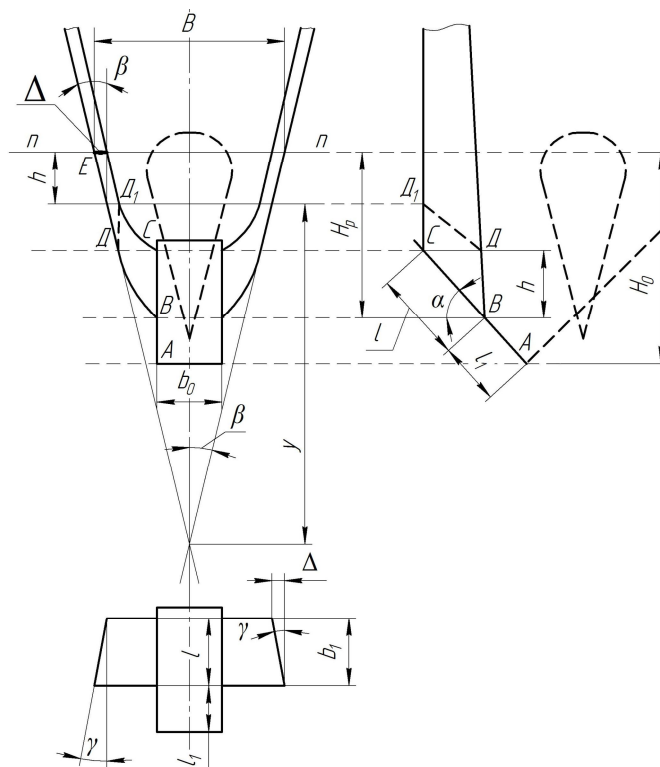


Рис. 3. Схема до проектування криволінійно-розгортної поверхні стояків

В поперечному вертикальному перерізі стоякам скоби в її робочій частині придано форму гіперболи, вітки якої розведені від осі симетрії на ширину клина b_0 . Параметри гіперболи, рівняння якої в системі координат xu (рис. 4) має вигляд:

$$\frac{y^2}{b^2} - \frac{x^2}{a^2} = 1 \quad (1)$$

визначаються з тієї умови, що кожна асимптота повинна складати із віссю гіперболи кут β , для якого прийняте значення 15° . Звідки витікає, що $\frac{a}{b} = \text{tg} \beta = 0,27$, тобто $a = 0,27b$.

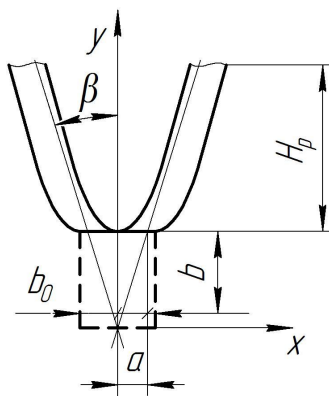


Рис. 4. Схема до визначення контуру вертикального перерізу скоби

Визначивши висоту робочої частини стояка як $H_p = H_o - l_1 \cdot \sin \alpha$, і підставивши координати крайньої верхньої точки цієї частини $y = H_p + b$ і $x = (B - b_o) \frac{1}{2}$ в рівняння (1), можна визначити параметри гіперболи « a » і « b ». При прийнятих раніше геометричних розмірах $H_o = 30$ см, $B = 30$ см і $b_o = 10$ см для параметрів « a » і « b » можна отримати $b_o = 12,51$ см, $a = 3,79$ см.

Таким чином лінія вертикального поперечного перерізу стояка описується рівнянням:

$$\frac{y^2}{(12,51)^2} - \frac{x^2}{(3,37)^2} = 1.$$

Дві вітки даної гіперболи разом з клином, на ширину якого вони розведені від осі симетрії, утворюють вертикальний профіль скоби, а бічна поверхня скоби утворюється переміщенням отриманого профілю вздовж клина.

По завершенню сколювання зрушений і ущільнений масив ґрунту $ABCC_1$ (рис. 1), рухаючись вздовж клина, поступає в простір, що знаходиться між двома щокми. Після сколювання навантаження масиву від напружень, що виникають на поверхнях сколювання, зникає, проте коренеплід залишається в масиві ґрунту і необхідно створити умови для його звільнення та видалення на денну поверхню. З цією метою передбачається звужування простору між двома стояками скоби, утвореного рухом твірної BDE (рис. 3) вздовж клина. Звуження забезпечується розворотом стояків скоби на деякий кут γ навколо осі, перпендикулярної до площини клина (рис. 5а).

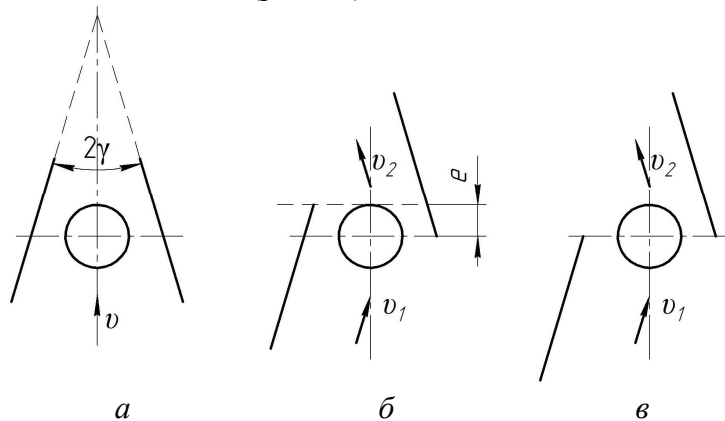


Рис. 5. Варіанти зміщення стояків-ножів скоби в горизонтальному напрямку:
а – з утворенням зони перекриття; б – з утворенням мінімальної зони перекриття; в – без утворення зони перекриття

Слід зауважити, що в довільному горизонтальному перерізі скоби (наприклад $n - n$ на рис. 3) кут γ забезпечується наявністю кутів α і β . Як видно з рис. 3: $\operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta}{h} = \frac{\Delta}{l \sin \alpha}$,

де l – довжина частини клина між стояками.

Тоді $\operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta}{l \cos \alpha} = \frac{l \sin \alpha}{l \cos \alpha} \cdot \operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta$.

Таким чином для руйнування масиву ґрунту, в якому знаходиться коренеплід, начення кута γ необхідно приймати більше за те що витікає з останньої формули. Достатнім, як показала дослідна перевірка, є перевищення кута γ на 5° .

Висновки

На підставі викладеного запропоновано три конструктивні варіанти скоби [8, 9, 10]: скоба з симетричним перерізом (рис. 5а); скоба з мінімальним перекриттям e (рис. 5б); скоба без зони перекриття (рис. 5в).

Скобу симетричну можна рекомендувати для роботи в піщаному ґрунті. Скобу з незначною зоною перекриття (приймається, що ширина e (рис. 5б) дорівнює половині діаметра коренеплоду в середньому по його довжині перерізі) можна рекомендувати для роботи в більш щільному ґрунті в зв'язку з тим, що опір переміщення такої скоби буде значно меншим. Скобу без зони перекриття можна вважати універсальною і вигідною при роботі в ущільненому ґрунті в зв'язку з тим, що руйнування ґрунту стояки-ножі забезпечують не стискуванням потоку, а його зламанням в горизонтальній площині, викликаним зміною напрямку руху, що безумовно потребує значно менших енергетичних затрат.

Слід відмітити, що всі запропоновані варіанти конструкцій стояків скоби є розгортними поверхнями. Ці поверхні можуть бути розгортними на площину клина без складок та розтягувань, тобто така конструкція скоби є достатньо простою для виготовлення і разом з тим може бути достатньо ефектно використаною при викопуванні коренеплодів.

Література

1. Корабельський В.И. Обоснование формы и параметров почвообрабатывающих органов с помощью геометрического моделирования основных технологических требований: Дис... доктора техн. наук по специальности 05.05.01 «Механизация с.-х. производства». – Челябинск, 1988. – 506 с.
2. Кобець А.С. Конструювання поверхні робочого органу типу скоба для викопування коренеплодів / А.С. Кобець, С.П. Сокол // Вісник Дніпропетровського ДАУ. – №2. 2007. – С. 82–85.
3. Кобець А.С. Геометричний зв'язок форми та параметрів дій на ґрунт як основа проектування робочих органів для викопування коренеплодів / А.С. Кобець, В.І. Корабельський, С.П. Сокол, О.М. Кобець // Вісник Львівського НАУ «Агроінженерні дослідження» № 12, том 1. 2008. – С. 269–275.
4. Кобець А.С. Математична модель взаємодії рухомого клина з ґрунтом / А.С. Кобець, М.М. Науменко, С.П. Сокол, А.М. Пугач, В. О. Гурідова // Вісник НУБіП України. Вип. 144. Ч. 1. – Київ 2010. – С. 43 – 50.
5. Горячкин В.П. Основы теории земледельческих машин и орудий. Общая теория орудий / В.П. Горячкин // Собр. соч.: В 7 т. – М.: Сельхозгиз., 1937. Т.2. – С. 161 – 181.
6. Горячкин В.П. О физико-механических и агротехнических свойствах почвы / В.П. Горячкин // Собр. соч.: В 7 т. – М.: Сельхозгиз., 1940. Т.4. – С. 237 – 246.
7. Ветохин В.И. К теории почвообрабатывающего клина / В.И. Ветохин // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 41, ч. 1. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – С. 301 – 308.
8. Пат. № 43775 Україна, МПК А 01D 25/04. Викопувальний орган коренезбиральної машини / Кобець А.С., Сокол С.П., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А.; Дніпропетровський ДАУ. – № u2009 04143; заявл. 27.04.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.
9. Пат. № 55485 Україна, МПК А 01D 25/00. Викопувальний орган коренезбиральної машини / Кобець А.С., Науменко М.М., Сокол С.П., Кобець О.М., Пугач А.М.; Дніпропетровський ДАУ. – № u2010 08528; заявл. 08.07.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.
10. Пат. № 56761 Україна, МПК А 01D 25/00. Викопувальний орган коренезбиральної машини / Кобець А.С., Науменко М.М., Сокол С.П., Кобець О.М., Пугач А.М.; Дніпропетровський ДАУ. – № u2010 08558; заявл.