

---

**RESEARCH OF PASSIVE TYPE POTATO PLANTER****V. Didukh, V. Tarasyuk, D. Tarasyuk**Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

---

**Key words:**

planting,  
potato planter,  
potato seeds,  
cascade,  
gravitational  
forces

**Article history:**

Received 28.03.2020

Accepted 15.05.2020

**Corresponding author:**

Didukh\_V@ukr.net

**ABSTRACT**

*The design of passive type potato planter is proposed in the article. Also, the results of theoretical studies of the potato seeds movement on planter trays with straight and curved sections are presented in the article. The conditions of dispersal and deceleration of individual potatoes taking into account the gravitational forces are determined. Planting machines are the main elements of the potato planter. Using of gravity forces during the movement of potatoes in the planting machine can simplify the planter design. Proposed planter design will abandon the traditional drive devices, which in most cases injure potatoes and significantly simplify their design. Therefore, ensuring the accuracy of potato seed supply to the field surface depends on the conditions of separation of individual potatoes in the process of moving from the hopper to the cutter, which connected to the support wheels of the potato planter as a drive mechanism of all elements of the planter. The geometric shape and weight of the potato seeds must be taken into account when the parameters of the potato planter are determined. Because the potato travel time from the planter hopper to the soil surface depends on the speed and acceleration of the potato seed. Implementation of research results will ensure the high quality of the potato seeds planting process.*

---

<https://doi.org/10.36910/agromash.vi44.297>

---

УДК 631.332

**ДОСЛІДЖЕННЯ САДИЛЬНОГО АПАРАТУ КАРТОПЛІ ПАСИВНОГО ТИПУ****В.Ф. Дідух, В.В. Тарасюк, Д.В. Тарасюк**

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

*У статті запропонована конструкція садильного апарату картоплі пасивного типу і представлені результати теоретичних досліджень руху насіння картоплі сферичної форми каскадами із прямолінійними і криволінійними поверхнями. Визначено умови пришвидшення та сповільнення окремих картоплин із урахуванням сил гравітації. Вирощування картоплі в індивідуальних господарствах та зміна кліматичних умов вимагають напрацювання нових підходів при вирощуванні картоплі, застосування нетрадиційних технологій та створення принципово нових, конструктивно простих технічних засобів для садіння картоплі. Основним функціональним вузлом картоплесаджалок є садильний апарат, спрощення конструкції якого можливе за рахунок використання сил гравітації для переміщення картоплі. Такий підхід дозволяє відмовитись від традиційних приводних садильних апаратів, які у більшості випадків травмують картоплини, та суттєво спростити конструкцію картоплесаджалки. Забезпечення точності подачі насіння картоплі на поверхню поля залежить від умов відокремлення окремих бульб у процесі переміщення від бункера до відсікача, який кінематично з'єднаний із опорно-ходовими колесами картоплесаджалки, які приводять у рух всі елементи садильного апарату. Визначальними параметрами, які впливають на переміщення насіння картоплі апаратом пасивного типу, є геометрична форма та маса бульб, від яких залежать час проходження шляху від бункера до поверхні ґрунту, тобто швидкість та прискорення бульб.*

**Ключові слова:** садіння, картоплесаджалка, насіння картоплі, каскад, сили гравітації.

**Стан питання та постановка проблеми**

Українськими виробниками техніки для агропромислового комплексу налагоджено випуск простих за конструкцією дворядних картоплесаджалок продуктивністю від 0,2 га/год. до 0,35 га/год., які забезпечують висаджування картоплі в агротехнічні терміни на площі до 20 га. Ці картоплесаджалки призначені для садіння непророщених

відкаліброваних бульб. Усі картоплесаджалки аналогічні за конструкцією і містять раму, бункер у вигляді перевернутої зрізаної піраміди, ланцюгово-ложковий садильний апарат, механізми приводу і навіски, сошники, підгортачі, опорно-приводні колеса, механізми регулювання робочих органів. Привод садильного апарата здійснюється від опорно-приводних коліс через ведучу зірочку, яка змонтована на осі коліс.

Для контролю якості виконання технологічного процесу, такі картоплесаджалки потребують додаткових працівників, кількість яких залежить від кількості садильних апаратів [1, 2]. Використання ланцюгово-ложкових апаратів у закордонних картоплесаджалках передбачає встановлення на них додаткових технічних елементів, що значно ускладнюють конструкцію машини [3]. Тому, розробка садильного апарату пасивного типу, який можна було б використовувати у картоплесаджалках різної рядності, має передбачати підвищення якості виконання процесу переміщення бульб від бункера до поверхні поля без додаткового обслуговування апарату працівниками. Один із напрямів підвищення якості виконання процесу подачі картоплі на поверхню поля та спрощення конструкції садильного апарату – це використання сил гравітації для переміщення бульб із урахуванням їх фізико-механічних властивостей та конструктивних параметрів садильного апарату пасивного типу.

**Мета дослідження** – дослідити переміщення бульб сферичної форми каскадами садильного апарату картоплі пасивного типу із прямолінійною та криволінійною поверхнями.

### **Матеріали і методи**

Для математичного опису процесу руху насіння картоплі каскадами садильного апарату із прямолінійними та криволінійними поверхнями використовували методи теоретичної механіки, зокрема, які описують переміщення твердих тіл під дією сил гравітації. Оцінку впливу конструктивних параметрів садильного апарату пасивного типу на якість виконання процесу переміщення бульб до відсікача апарата проводили графоаналітичним методом.

### **Результати дослідження та обговорення**

Один із напрямів збереження якості насіння картоплі при виконанні технологічного процесу садіння – це зменшення активної дії на бульби робочих органів під час їх переміщення з бункера до поверхні поля, що забезпечується встановленням додаткових технічних елементів у конструкції садильних апаратів та виготовленням контактних поверхонь пружними або еластичними [3]. Такі рішення значно

ускладнюють конструкцію садильних апаратів та картопледжалок у цілому. Найбільш перспективним напрямом у вирішенні поставленої проблеми є використання сил гравітації, які діють на бульбу після її виокремлення у бункері від загальної маси. Сили гравітації широко використовуються у різних сільськогосподарських машинах для переміщення сипких матеріалів із урахуванням їх фізико-механічних властивостей. У цих машинах, у переважній більшості, не витрачається електроенергія на привід робочих органів чи поверхонь [4 – 6]. Для садіння картоплі пропонується конструкція садильного апарату пасивного типу (рис. 1), в якому використовуються сили гравітації для переміщення картоплі. Цей апарат містить корпус, в якому розташовані два каскади: каскад розгону із прямолінійною ділянкою, каскад сповільнення із криволінійною ділянкою. Каскади виконані у вигляді лотків напівциліндричної форми у перерізі.

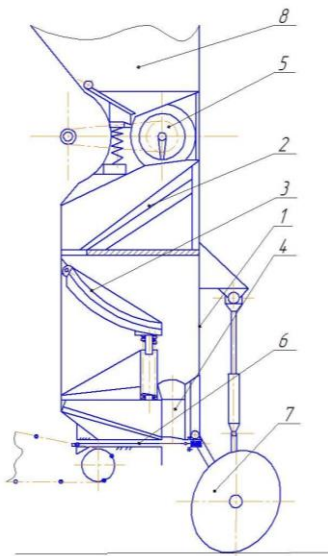


Рис. 1 – Схема садильного апарату картоплі пасивного типу:

- 1 – корпус;
- 2 – каскад розгону;
- 3 – каскад сповільнення;
- 4 – вловлювач;
- 5 – бункерний відокремлювач;
- 6 – відсікач;
- 7 – дисковий загортач рядка;
- 8 – бункер картоплі

Поштучне виокремлення бульб у бункері картоплі забезпечує відокремлювач, а їх вкладання на поверхню поля – вловлювач із

відсікачем, який кінематично з'єднаний як з відокремлювачем, так і з опорно-ходовими колесами. Функцію закриття бульб ґрунтом та формування гребеня виконує загортач.

Серед вказаних конструктивних елементів садильного апарату важливу функцію переміщення насіння картоплі виконують каскади розгону та сповільнення. Від правильного їх розташування та геометричних параметрів залежить рівномірність надходження бульб у вловлювач. Із певними допущеннями кочення насіння картоплі сферичної форми можна розглядати як рух твердого тіла похилими поверхнями (рис. 2) [6, 7].

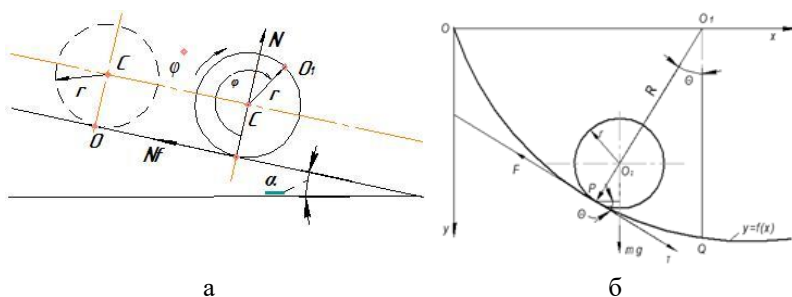


Рис. 2 – Схеми до пояснення руху насіння картоплі сферичної форми робочими поверхнями садильного апарату пасивного типу:  
а – каскад розгону; б – каскад сповільнення

За режиму чистого кочення тіл сферичної форми для їх прискорення використовують похилі прямолінійні поверхні (рис. 2, а). При цьому мають виконуватись умови:

- похила площина абсолютно жорстка;
- тіло котиться без проковзування.

Якщо допустити, що у бульби, яка котиться каскадом розгону у вигляді лотка напівциліндричної форми без контакту з його боковими поверхнями, то для вказаних умов визначальними кінематичними параметрами руху будуть: швидкість, прискорення, час переміщення. Нехай, бульби мають сферичну форму із рівномірним розподілом маси, тоді відношення радіусу інерції бульби  $\rho$  до її радіуса (сфери)  $r$  є рівним  $\rho/r = \sqrt{0,4}$ .

Так як бульба котиться лотком у режимі чистого кочення, то швидкість геометричної точки контакту  $O$  рівна нулю, тобто вона є миттєвим центром швидкостей:

$$V_0 = V_c - r\dot{\phi}. \quad (1)$$

де  $V_c$  – швидкість центра мас бульби, м/с;  $\dot{\phi}$  – кутова швидкість бульби, рад./с;  $r$  – радіус бульби, м.

Кінетична енергія бульби під час руху похилою площиною:

$$T = \frac{mV_c^2}{2} + \frac{I_c\dot{\phi}^2}{2}, \quad (2)$$

де  $I_c$  – момент інерції кулі відносно центральної горизонтальної осі, що перпендикулярна площині її руху, який рівний  $I_c = m\rho^2$ , кг·м<sup>2</sup>;  $\rho$  – радіус інерції кулі, м.

Відтак, кінетична енергія бульби сферичної форми становитиме:

$$T = m \frac{r^2 + \rho^2}{2} \dot{\phi}^2. \quad (3)$$

Відповідно, потенційна енергія бульби, яка рухається похилою площинною:

$$\Pi = -mgS \sin \alpha, \quad (4)$$

де  $S$  – шлях руху бульби (довжина лотка розгону картоплі), м.

Закон збереження енергії для такої механічної системи можна записати із урахуванням, що  $\dot{S} = V_c$  та  $\dot{\phi} = V_c / r$ , тоді після перетворень отримаємо:

$$T + \Pi = \frac{m}{2} \lambda^{-1} \dot{S}^2 - mgS \sin \alpha = c_1. \quad (5)$$

У початковий момент часу ( $t = 0$ ) постійна  $c_1 = \frac{mV_0^2}{2\lambda}$ , а  $\lambda$  –

визначається за співвідношенням  $\lambda = \frac{r^2}{r^2 + \rho^2}$ .

Таким чином, диференціальне рівняння руху бульби сферичної форми матиме вигляд:

$$\left( \frac{dS}{dt} \right)^2 = 2gS\lambda \sin \alpha + V_0^2. \quad (6)$$

Із рівняння (6) визначимо швидкість бульби:

$$\frac{d\dot{S}}{dt} = \sqrt{2gS\lambda \sin \alpha + V_0^2}. \quad (7)$$

Диференціювання рівняння (7) дозволяє отримати рівняння, яке характеризує прискорення бульби вздовж каскаду розгону:

$$\frac{d^2S}{dt^2} = \frac{\sqrt{2gS\lambda \sin \alpha + V_0^2}}{dS} \frac{dS}{dt} = g\lambda \sin \alpha. \quad (8)$$

Для сповільнення руху бульби необхідно передбачити каскад із поверхнею, яка дозволить виконати умову  $V_c \rightarrow \min$ . Конструктивно можна виконати два варіанти каскаду сповільнення: каскад виконаний із двох прямолінійних частин (похилої та горизонтальної); каскад виконаний криволінійним із певним радіусом  $R$ , при цьому, один кінець закріпити шарнірно, а вільний кінець каскаду оперти на пружний шток (рис. 1).

Розглянемо рух бульби масою  $m$ , що котиться каскадом сповільнення (рис. 2, б). При  $R = \text{const.}$ , на певному відрізку пройденого шляху, матимемо  $S = R \left( \frac{\pi}{2} - \theta \right)$ , а ордината точки  $P$  змінюватиметься

із урахуванням значень, які визначаються за формулою  $Y_P = R \cdot \cos \theta$ .

Відповідно до закону збереження енергії, для випадку переміщення тіл сферичної форми криволінійними поверхнями, матимемо:

$$\frac{E_0}{m} = \frac{r^2 + \rho^2}{2} \theta^2 - g y_P + r g \cos \theta = \frac{r^2 + \rho^2}{2} \theta^2 + (r - R) g \cos \theta, \quad (9)$$

$$\dot{\phi} = \frac{\dot{S}}{r} + \dot{\theta} = \frac{R}{r} \frac{d}{dt} \left( \frac{\pi}{2} - \theta \right) + \dot{\theta} = \frac{R - r}{r} \dot{\theta}. \quad (10)$$

У початковий момент часу ( $t = 0$ ), коли бульба торкнеться поверхні каскаду, значення константи  $E_0 = 0$ :

$$\frac{1}{2\lambda} = (R - r)^2 \theta^2 = g(R - r) \cos \theta. \quad (11)$$

Із урахування значення  $\lambda$  та зробивши відповідні перетворення у рівнянні (11), отримаємо формулу для визначення кутової швидкості переміщення бульби криволінійною поверхнею:

$$\dot{\phi} = \sqrt{\frac{2g(R - r) \cos \theta}{r^2 + \rho^2}}. \quad (12)$$

Швидкість центра мас бульби сферичної форми та проєкції її вектора на координатні осі визначаються за відомими формулами:

$$V = r\varphi, \quad V_x = V \cos \theta, \quad V_y = V \sin \theta. \quad (13)$$

Диференціюючи рівняння (12), отримаємо:

$$\begin{aligned} \ddot{\phi} &= \frac{d}{dt} \left[ \sqrt{\frac{2g(R - r)}{r^2 + \rho^2}} \cdot \sqrt{\cos \theta} \right] = \\ &= \sqrt{\frac{2g(R - r)}{r^2 + \rho^2}} \cdot \frac{\sin \theta}{2\sqrt{\cos \theta}} \frac{d\theta}{dt} = \frac{rg}{r^2 + \rho^2} \cdot \sin \theta. \end{aligned} \quad (14)$$

Отримані залежності дозволяють визначити основні кінематичні параметри, що необхідні для проектування двокаскадного садильного апарату картоплі пасивного типу.

Розрахунок значень швидкості переміщення одиночних бульб, які були відокремлені від загальної маси у бункері, каскадами розгону та сповільнення за отриманими залежностями із урахуванням прийнятих допущень, дозволяє побудувати графічні залежності для аналізу руху бульби каскадом розгону (рис. 3) і каскадом сповільнення (рис. 4).

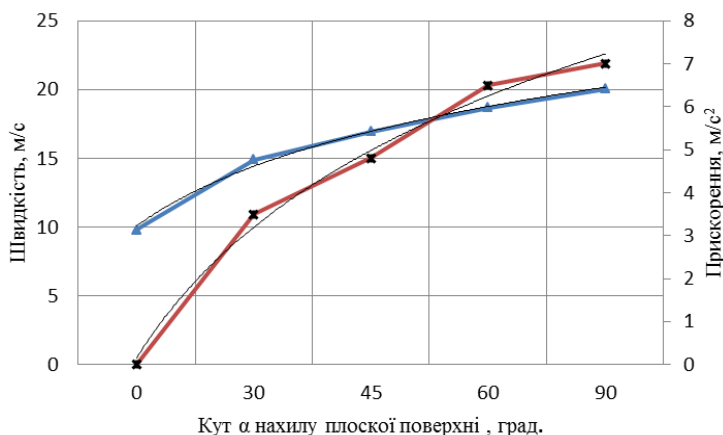


Рис. 3 – Вплив кута нахилу  $\alpha$  каскаду розгону на швидкість ( $\Delta$ ) та прискорення (x) бульби сферичної форми

Аналіз графічних залежностей показує, що, відповідно до формули (7), за наявності мінімального періоду вільного падіння бульби, збільшення кута нахилу прямолінійної ділянки каскаду розгону призводить до зростання швидкості бульби від 9,80 м/с до 20,02 м/с. За збільшення кута нахилу похилої прямолінійної ділянки прискорення інтенсивно зростає від 0 до 7 м/с<sup>2</sup>, а це є негативним явищем, оскільки може викликати пошкодження бульби. Зміна значень обох величин (прискорення, швидкості) підкоряється логарифмічному закону. Ураховуючи зазначене вище, довжина каскаду розгону має бути обмежена. Якщо цього не зробити, то при зміні напрямку руху на каскаді сповільнення бульба буде травмуватись, що є недопустимим. Вирішити цю проблему можна зменшенням довжини каскаду розгону або встановленням демпфуючого елемента на переході між двома каскадами.



У випадку переміщення бульби на каскаді сповільнення із криволінійною ділянкою, важливим є кут  $\theta$ , який характеризує положення бульби на поверхні каскаду сповільнення.

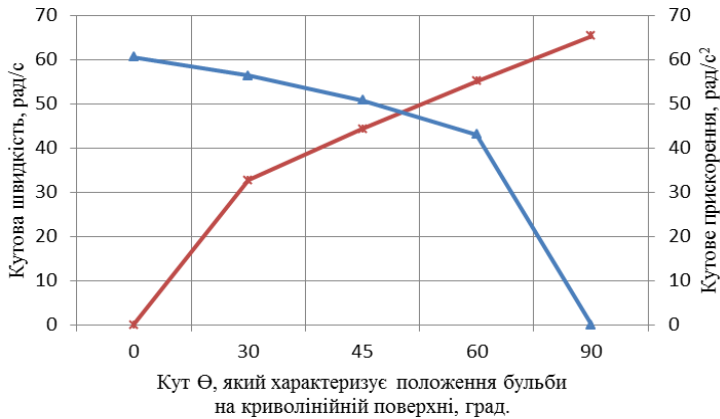


Рис. 4 – Вплив кута  $\theta$  на кутову швидкість ( $\Delta$ ) та прискорення ( $x$ ) бульби сферичної форми на каскаді сповільнення

Графіки на рис. 4 відображають характер сповільнення бульби, що має сферичну форму, при її русі криволінійною поверхнею каскаду у формі частини кола. У початковий момент часу, при переході бульби з каскаду розгону на каскад сповільнення, за кута  $\theta = 90^\circ$ , її кутова швидкість рівна –  $\dot{\varphi} = 0$ , а прискорення бульби у цей момент становить  $\ddot{\varphi} = 65,3 \text{ рад./с}^2$ .

У момент досягнення бульбою крайнього нижнього положення, за кута  $\theta = 0^\circ$ , кутова швидкість бульби матиме максимальне значення  $\dot{\varphi}_{\text{max}} = 60,5 \text{ рад/с}$ , а прискорення буде рівне нулю. Після цього, також важливо зменшити і швидкість до нульового значення. Конструктивним рішенням для каскаду сповільнення може бути його шарнірне кріплення із підпружиненням вільного кінця, що сприятиме зміні координати крайнього обрізу каскаду (тобто досягти умови, коли  $V_c \rightarrow 0$ ).

Інші конструктивні параметри гравітаційних каскадів садильного апарата у вигляді прямолінійних і криволінійних ділянок доцільно визначати за допомогою експериментальних досліджень, які дозволять

вибрати раціональну конструкцію садильного апарату картоплі пасивного типу [8].

### Висновки

У результаті теоретичних досліджень одержані залежності, які описують переміщення насіння картоплі сферичної форми поверхнями садильного апарату пасивного типу, що дозволяють провести аналіз швидкостей та прискорень бульб із урахуванням кута нахилу каскаду розгону та кута, що характеризує положення бульби на каскаді сповільнення. На основі аналізу запропоновано конструктивні рішення для створення садильного апарату картоплі пасивного типу, в якому під час переміщення бульб від бункера до поверхні поля не відбувається їх травмування.

### Список посилань

1. Проспекти фірм : ВАТ “Ковельсільмаш”, ПП Бартощук А. Г, ВАТ “Завод Львівсільмаш”, Vomet, UNIA.
2. Думич, В. Аналіз конструкцій для садіння картоплі / В. Думич // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 12(39). – С. 10–13.
3. Проспекти фірм : Cramer, Grimme, Agronomic, Miedema, NP Koning.
4. Заїка, П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Машини для сівби та садіння / П. М. Заїка. – Харків : Око, 2002. – 452 с.
5. Гусев, В. А. Огляд конструкцій сепараторів сипких матеріалів / В. А. Гусев, І. М. Дударев, М. В. Токарчук // Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст. – Луцьк, 2019. – Вип. 42. – С. 20–28. <https://doi.org/10.36910/agromash.vi42.172>
6. Дідух, В. Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських рослинних матеріалів : монографія / В. Ф. Дідух. – Луцьк : ЛДТУ, 2002. – 165 с.
7. Заика, П. М. Избранные задачи земледельческой механики: практ. пособие. / П. М. Заика. – Киев : Изд-во УСХА, 1992. – 512 с.
8. Патент №133848 UA, МПК A01C3/06, A01C15/00. Машина для садіння картоплі з одночасним внесенням органічних добрив / Ляшук В. М., Поліщук М. М, Дідух В. Ф.; заявл. 12.11.2018; опубл. 25.04.2019; Бюл. № 8, 2019 р.
9. Ляшук, В. М. Особливості формування врожаю картоплі / В. М. Ляшук, В. Ф. Дідух, Т. П. Герасимик-Чернова, І. С. Бартошик // Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст. – Луцьк, 2019. – Вип. 42. – С. 49–55. <https://doi.org/10.36910/agromash.vi42.175>