

МИЗЮК А. І.

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-4238-8256>e-mail: [ipserhiy@gmail.com](mailto:ipserhiy@gmail.com)

## МАТЕМАТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ БУЛЬБИ З ЛОЖКОВИМ ТРАНСПОРТЕРОМ КАРТОПЛЕСАДЖАЛКИ

Аналізуючи в статті технологічні процеси висаджувальних апаратів картоплесаджалок можна стверджувати, що ложково-транспортний висаджувальний апарат в порівнянні з револьверним висаджувальним апаратом забезпечує менше травмування бульб картоплі оскільки контактування відбувається в момент розкладки бульб на ложечки і в момент падіння на дно відкритої борозни з ложечки з мінімальної висоти. Тоді як у револьверному висоті і швидкості падіння вище.

Аналіз залежності показав, що з підвищенням швидкості руху картоплесаджалки до 6,2 м/с травмування бульб зростає з 15 до 31%. З дослідження видно, що при зміні швидкості руху транспортера з 0,4 до 1,8 м/с відбувається збільшення пропусків бульб у борозні (до 3%; 2,4%; 2,2% при кроці 0,25 м; 0,32 м та 0,4 м), тобто ложечки перестають їх стійко захоплювати з ковша.

Ключові слова: транспортер, картопля, бульби, протруювання, садіння.

Andrii MYZYUK

Vinnytsia National Agrarian University

## MATHEMATICAL SUBSTANTIATION OF THE INTERACTION OF THE TUBE WITH THE BOTTLE CONVEYOR OF THE POTATO PLANTER

The planting machines of the manufactured potato planters are mostly not in fully comply with agrotechnical requirements. Based on the analysis modern designs of planting machines, a conclusion was made about the advantages and shortcomings of existing designs of potato planters. The big disadvantage that especially affects crop yields, is low uniformity distribution of potato tubers along the length of the row, as well as the depth of planting. Wherein deterioration in the distribution of potato tubers occurs mainly at the time ejection of potatoes to the bottom of the furrow due to the rolling of tubers along its bottom. Big impact on fit quality potatoes by mechanization provides uniform distribution potatoes along the bottom of the furrow. Sustainable disallocation of tubers when planting existing significantly affects the crop yield, because in this case, the feeding area is formed niya for growing potatoes. Compliance even distribution of seed material is a priority when designing planters. Modern planting machines are far from being fully compatible with imposed agrotechnical requirements for the distribution of planting material.

Analyzing the technological processes of potato planters, it can be argued that the spoon-conveyor planter in comparison with the revolving planter provides less injury to potato tubers because contact occurs at the time of laying the tubers on spoons and when falling to the bottom of the hole. Whereas in the revolver the height and rate of fall are higher.

The analysis of dependence showed that with increasing the speed of the potato planter to 6.2 m / s injury of tubers increases from 15 to 31%. The study shows that when changing the speed of the conveyor from 0.4 to 1.8 m / s there is an increase in the gaps of tubers in the furrow (up to 3%; 2.4%; 2.2% at a step of 0.25 m; 0, 32 m and 0.4 m), ie. spoons cease to capture them steadily from the bucket.

Key words: conveyor, potatoes, tubers, pickling, planting.

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

При проектуванні машин для посадки бульб картоплі необхідно виконати розрахунок основних параметрів їх механізмів. Існують специфічні особливості фізико-механічних властивостей бульб у поєднанні з якістю виконання процесу посадки. А саме теоретичні дослідження полягають у тому, щоб знайти необхідні залежності між конструктивними та кінематичними параметрами ложкового транспортера висаджувального та поживного апаратів, взаємодії їх з бульбою та робочою рідиною, а також розробити методику їх розрахунку. Розробка такої методики можлива за наявності теоретичних та експериментальних досліджень роботи висаджувального апарату.

### Аналіз досліджень та публікацій

Процес захоплення бульб картоплі вимагає визначення геометричних та кінематичних параметрів транспортного посадкового апарату, що забезпечують їх надійне утримання в ложечках, а отже, і запобігання пропусків при посадці. Крім того важливо вивчити процес взаємодії ложечки з бульбами і визначити параметри найменшого впливу, також знайти надійне захоплення бульб. Пошукові дослідження і результати досліджень висаджувального апарату дозволили обґрунтувати перспективну конструктивно-технологічну схему ложково-транспортного висаджувального апарату, технологічний процес якого необхідно більш детально дослідити.

### Формулювання цілей статті

Метою роботи є: математичне обґрунтування взаємодії бульби з ложковим транспортером при посадці картоплі.

### Виклад основного матеріалу

При посадці бульб картоплі за допомогою картоплесаджальної машини потрібне технічне рішення, що дозволяє з одного боку - забезпечити збереження якості бульб, з іншого - їх протруювання. Рішенням поставленої задачі є технологічний процес, що включає в себе подачу бульб з бункера під форсунки, що протруює, захоплення бульб ложечками дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату і транспортування бульби в зону скидання в борозну. Як протруювальну рідину використовують розчин контактного фунгіциду в сольовому розчині, щільність якого перевищує питому вагу бульб, щонайменше  $1,16 \text{ г/см}^3$ .

### Виклад основного матеріалу.

У момент виходу лопатки транспортера висаджувачого апарату на поверхню та момент протруювання, існує небезпека «викиду» бульби за її межі. Визначимо умови, за яких захоплений бульба буде надійно утримуватися в ложечці.

Вважатимемо, що бульба являє собою кулю з еквівалентним радіусом  $r^2$ . У статичному стані, перебуваючи на поверхні рідини (рис. 1) бульба знаходиться під дією ваги  $G$  і архімедової сили  $P_A$ . Умова рівноваги щодо вертикальної осі  $Z$  має вигляд:

$$G = P_A, \quad (1)$$

$$G = \rho_T g W_T = \rho_T g \frac{4}{3} \pi r_2^3 \quad (2)$$

$$P_A = \rho g W_{\text{погр}} \quad (3)$$

$$4r_2^3 \left(1 - \frac{\rho_T}{\rho}\right) = h_1^2 (3r_2 - h_1) \quad (4)$$

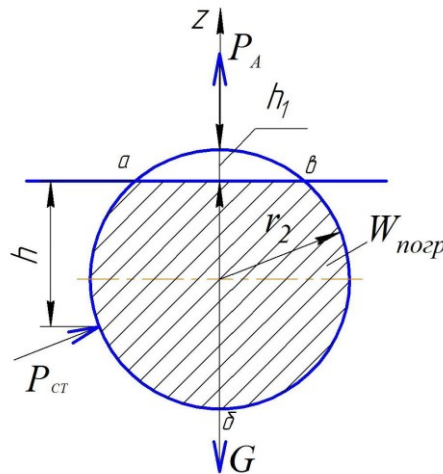


Рис. 1 Схема до визначення сил, що діють на оброблену бульбу

Вираз (3) дозволяє визначити вихід бульби на поверхню  $h_1$  за заданого значення відношення  $\rho_T/\rho$  і величини радіуса  $r^2$ . У статичному стані бульба знаходиться під дією сили тиску рідини, величина якої в довільній точці поверхні бульби дорівнює  $P_{cm} = \rho gh$ . Результатом дії сили статичного тиску на оброблену поверхню бульби є архімедова сила  $P_A$ , яка врівноважує вагу бульби  $G$ .

При підході ложечки, що обертається, до бульби частина його поверхні  $abv$  занурюється всередину ложечки (рис. 2). Перетин бульби на рівні майданчика 1-1 становить у цей момент площу  $S_1$ . І на поверхню ложечки, окрім сил статичного тиску, починають діяти сили гідродинамічного тиску, які проєктуються на вертикальний напрямок  $Z$  і викликають підйом бульби над вільною поверхнею (збільшення  $h_1$ ). Гідродинамічний тиск у довільній точці рідини усередині ложечки визначається двома факторами. З одного боку, на рідину, що обертається разом з ложечкою з кутовою швидкістю  $\omega$  діє прискорення відцентрових сил інерції:

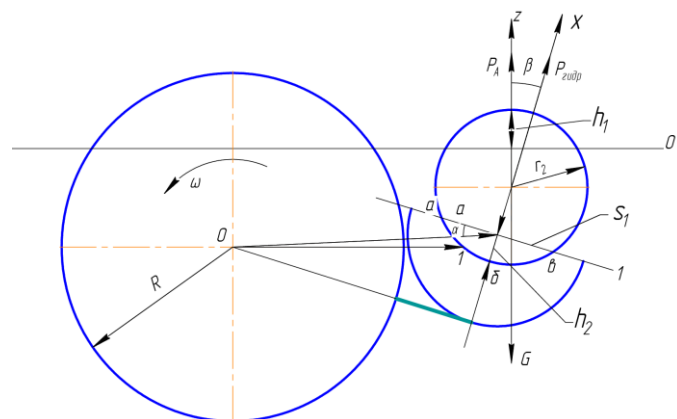


Рис. 2. Схема визначення сил під час захоплення бульби ЛОЖЕЧКОЮ

$$j = w^2 y = vw; v = wy \tag{4}$$

де  $v$  - лінійна швидкість руху точки 1. В результаті в точці 1 діє відцентровий тиск:

$$P_u = \rho \frac{w^2 y^2}{2} = \rho \frac{v^2}{2} \tag{5}$$

З іншого боку, в системі координат жорстко пов'язаної з ложечкою, відбувається гальмування потоку, що набігає та має швидкість  $v$ .  $v = wy$

В результаті в точці 1 виникає додатковий динамічний тиск.

При русі ложечки відбувається зміна як величини майданчика  $S_l$ , так і кута  $\beta$ . Максимальна величина  $(P_{зідр})_Z$  буде при  $h_2=r_2$  та  $\beta=0$ . Для виконання цих умов необхідно задатися параметрами ложечки та величиною насінневого матеріалу.

Прийmemo припущення, що бульба розташовується симетрично щодо ложечки. Умова рівноваги сил уздовж вертикальної осі  $Z$ :

$$P_A + P_{зідр} = G \tag{6}$$

Визначаемо дані сили:

$$G = \rho_T g \frac{4}{3} \pi r_2^3$$

$$P_A = \rho g \frac{4}{3} \pi r_2^3 - \frac{1}{3} \rho g \pi h_1^2 (3r_2 - h_1)$$

$$P_{зідр} = \rho v_c^2 \pi r_2^2 \tag{7}$$

$$v_c^2 = \frac{1}{3} g \left[ \frac{h_1^2}{r_2^2} (3r_2 - h_1) - 4r_2 \left( 1 - \frac{\rho_T}{\rho} \right) \right] \tag{8}$$

Використовуючи цей вираз, слід враховувати, що ложечка, рухаючись до вільної поверхні, повертається на деякий кут  $\beta$ . Тому попередній вираз правильніше записати у вигляді:

$$(v_c)_{r_2} = \sqrt{\frac{4gr_2 \left( \frac{\rho_T}{\rho} - \frac{1}{2} \right)}{3 \cos \beta}} \tag{9}$$

Вплив радіусу бульби на швидкість руху ложечки показаний на графіку.

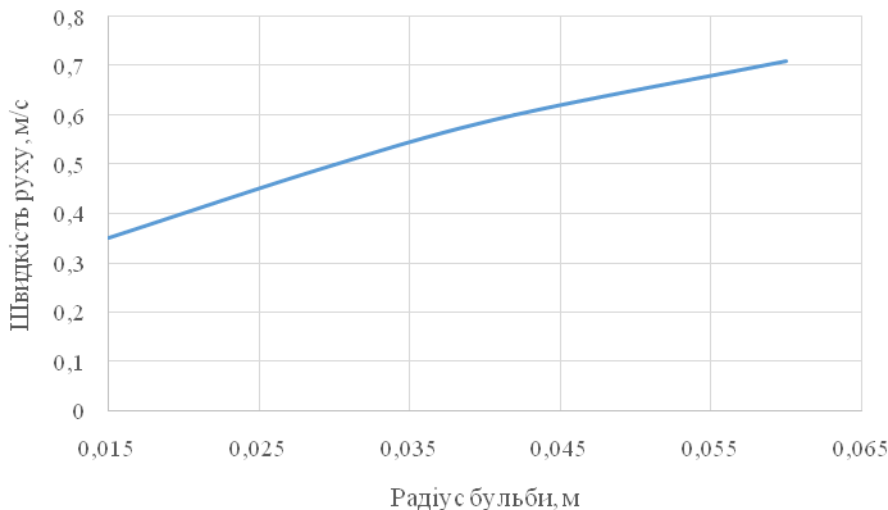


Рис. 3. Графік швидкості руху ложечки в залежності від розміру бульби

На графіку видно, що радіус бульби та швидкість руху мають квадратичну залежність, тобто зі збільшенням радіуса бульби, збільшується швидкість руху бульби при взаємодії з ложечкою.

Таким чином, нами визначено швидкість руху ложечки транспортера, при якій відбувається захоплення та переміщення бульби.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Визначено швидкість руху ложечки транспортера, при якій відбувається захоплення та переміщення бульби, величину результуючої відцентрової сили, при якій бульба надійно фіксується в ложечці виходячи

на верхню точку. Встановлено час повного спорожнення ложечки при заданих параметрах швидкості руху транспортера, розмірів ложечки, діаметра отворів, усередненого діаметра бульб та коефіцієнта витрати.

#### Література

1. Бакум М. В. Проектування сільськогосподарських машин [Текст]: Бакум М. В., Нікітін С. П., Сергеева А. В. / за ред. М. В. Бакума. - Харків : ХДТУСГ, 2003. - 336 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. 2-е вид. - К.: Каравела, 2008.-С.13-22.
3. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2004.Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для техникумов. – М.: Высш. шк., 1991. - 432 с
4. Економічний розвиток національного господарства України: особливості та моделі в умовах постіндустріального суспільства: монографія / О. В. Пирог ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2013. — 336 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 285—306 (330 назв). — ISBN 978-617-607-410-6.
5. Оцінка екологічності нафтового палива та біопалива з використанням методології повного життєвого циклу / І.В. Гунько, С.А. Бурлака, і А.П. Єленич // Вісник Хмельницького національного університету — т. 2 — No 6 — 2018 — с. 246-249,

#### References

1. Bakum MV Design of agricultural machinery [Text]: Bakum MV, Nikitin SP, Sergeeva AV / ed. MV Bakuma. - Kharkiv: KhDTUSG, 2003. - 336 p.
2. Voytiuk DG, Gavrilyuk GR Agricultural machinery. 2nd type. - K. : Karavela, 2008.-С.13-22.
3. Agricultural and reclamation machines: Textbook / D.G. Войтюк, В.О. Dubrovin, T.D. Ishchenko and others; For the order. DG Voytuk. - K. : Higher education, 2004. Sheinblit AE Course design of machine parts: Textbook. manual for technical schools. - M. : Higher. shk ..., 1991. - 432 p
4. Economic development of the national economy of Ukraine: features and models in the post-industrial society: a monograph / O.V. Pirog; Ministry of Education and Science of Ukraine, Nat. Lviv University Polytechnic ". - Lviv: Lviv Publishing House. Polytechnic University, 2013. - 336 p. : ill., table. - Bibliogr. : p. 285—306 (330 titles). - ISBN 978-617-607-410-6.
5. Evaluation of environmental friendliness of petroleum fuel and biofuels using the methodology of the full life cycle / I.V. Hunko, C.A. Burlak, and A.P. Yelenych // Herald of the Khmelnytsky National University - vol. 2 - No 6 - 2018 - p. 246-249.

Рецензія/Peer review : 23.07.2022 р.

Надрукована/Printed :02.08.2022 р.