



УДК 631.312.06

DOI: 10.37128/2520-6168-2022-4-5

**ВПЛИВ РОБОЧОГО ТИСКУ ПОДАЧІ РІДИНИ НА ПЛОЩУ ОБРОБКИ БУЛЬБ**

Гулько Ірина Василівна, к.т.н., професор  
Мизюк Андрій Ілліч, аспірант  
Вінницький національний аграрний університет

Iryna Gunko, Candidate of Technical Sciences, Professor  
Andriy Myzyuk, Postgraduate student  
Vinnytsia National Agrarian University

*У доктрині продовольчої безпеки перераховані критичні для України продукти та мінімальний рівень їхнього власного виробництва. Серед цих продуктів є і картопля. Незважаючи на те, що потреби країни практично повністю перекриваються картоплею, виробленої на території нашої держави, підвищенню врожайності культури в останні роки приділяється все більша увага. Підвищенню врожайності культур сприяє передпосівна обробка. Основним методом передпосівної підготовки картоплі є протруювання посадкового матеріалу препаратами для захисту від шкідників та хвороб.*

*Основним методом передпосівної підготовки насіння є протруювання хімічними препаратами від шкідників та хвороб. Він широко використовується при інтенсивній технології землеробства та дозволяє знижувати потенційні втрати врожаю на 50 - 55%. Застосовувані технічні засоби, що забезпечують рівномірне та повне покриття поверхні посівного матеріалу, мають розподільники, що створюють краплі різного діаметра. У кращому випадку вдається регулювати середній розмір частинок, а великі вагові частки різних за розмірами частинок знижують ефективність обробки та негативно позначаються на рівномірності покриття. У зв'язку з цим одна з основних завдань застосовуваних технічних засобів полягає в отриманні крапель однакового (монодисперсного) розміру. Причому розмір їх має бути в межах 20 - 50 мкм.. Підібрати правильні параметри технічного пристрою для досягнення даних розмірів аерозолі експериментальним шляхом досить трудомістко, тому необхідно розробити математичні моделі обробки посівного матеріалу різними типами розпилювачів, які підкажуть, в якому напрямку необхідно вести наукові розробки.*

*Для моделі технологічного процесу обробки в якості початкових умов можуть бути використані конструктивно-технологічні параметри та режими роботи розпилювальної системи, а як граничні умови – параметри розподільчої системи крапель аерозолі, посівного матеріалу та препарату (швидкість повітряного потоку, створюваного вентилятором, кількість робочої рідини, що подається, конструктивні параметри камери обробки).*

**Ключові слова:** дисперсність, форсунка, розпилювач, модель, показники, обробіток, бульба.

**Ф. 8. Рис. 1. Табл. 1. Літ. 12.**

---

**1. Постановка проблеми**

У широко застосовуваних технологіях обробітку картоплі обробка посівного матеріалу захисно-стимулюючими препаратами виділена в окрему операцію і здійснюється або перед закладкою її на зберігання, або в передпосадковий та посадковий періоди, спеціальними машинами та обладнанням [1].

Прийом цей знайшов загальне визнання, оскільки, по-перше, проводиться у період, завантажений іншими польовими роботами, а по-друге, характеризується більш цілеспрямованим, ніж під час обробки посадок, нанесенням пестицидів.

Якщо раніше для обробки бульб використовували тільки фунгіциди, то останніми роками все більше застосування знаходять і інсектицидні препарати для захисту від дрітняка та колорадського жука [2,3].

Це, наприклад, престиж, кс (1 л/т) на основі імідаклоприду та пенцикуруну, круйзер, кс (0,2 л/т) на основі тіаметоксама, табу, вск (0,1 л/т) на основі імідаклоприду

---

**2. Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Аналіз технічних засобів для передпосівної обробки показує, що за способом нанесення препаратів на посівний матеріал вони поділяються на дві групи: з перемішувачами та пристроями та



безпосереднього нанесення на насіння та бульби. Експериментальним шляхом встановлено, що в барабанних пристроях посівний матеріал мінімально травмується в порівнянні з камерними та шнековими технічними пристроями [4,5]. Основною проблемою застосування барабанних технічних пристроїв є неможливість створення монодисперсного аерозолі з розміром крапель до 50 мкм. Для усунення даного недоліку створено розпилюючий пристрій, що дозволяє отримувати краплі заданого розміру у два етапи: диспергування робочої рідини на "первинні" краплі; додаткове дроблення "первинних" крапель на "вторинні" за рахунок удару.

### 3. Мета досліджень

Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів протруювального модуля до картоплепосадкової машини; визначення основних факторів, що надають вплив на якість обробки насіннєвого матеріалу.

### 4. Виклад основного матеріалу

За допомогою удосконалення картоплесаджалки можна проводити протруювання бульб картоплі одночасно з посадкою. Рециркуляція та вторинне використання препарату, що дозволяє знизити його витрату, досягається тим, що розпилюючий пристрій (розпилювач) розміщується в камері протруювання. У цю камеру, що складається з форсунки, нагнітального повітроводу, насоса та бака. Насос створює рециркуляційний повітряний потік у зоні протруювання бульб. Подача робочої рідини з бака здійснюється форсунками, розташованими в нагнітальному повітроводі.

Основою протруювання є процес утворення аерозолі з його подальшим осадженням на насіннєвому матеріалі, що обробляється.

Якість протруювання залежить від правильності вибраних параметрів процесу, режимів роботи та функціональних можливостей установки, що протрує. Розпилювачі, що застосовуються на практиці, дроблять рідину на краплі різних розмірів, утворюючи дисперсні системи з великим ступенем полідисперсності [6]. Властивості аерозолів більшою мірою залежать від розміру частинок. Саме розміром визначаються основні властивості частинок, такі як швидкість падіння, ступінь інерційного осадження на обтічних перешкодах (коефіцієнт захоплення), ступінь знесення частинок повітряним потоком, швидкість випаровування тощо. У сільському господарстві використовуються аерозолі з широким діапазоном розмірів частинок. При цьому для досягнення тієї самої мети можуть застосовуватися як аерозолі з великими розмірами частинок, так і з більш дрібними. Це вкотре доводить, що питання оптимального розміру частинок аерозолі залишається актуальним і по сьогодні та навіть є центральним питанням вивчення можливості застосування аерозолів.

У процесі протравлювання вдається регулювати лише середній розмір часток аерозолі, у своїй наявності дрібних, середніх і великих частинок, що знижує ефективність виробничого процесу. З цих причин необхідна наявність пристроїв, що дозволяють отримати подрібнення рідини на краплі однакового розміру. Протруювання бульб картоплі аерозольним потоком – це окремий випадок застосування аерозолів і тому ґрунтується на закономірностях та теоретичних висновках, які є загальними для широкого класу процесів [7, 8].

До технічних засобів передпосівної обробки пред'являються дві основні вимоги: дотримання повного покриття насіннєвого матеріалу і рівномірний розподіл препарату [9]. Виконання перших вимог досягаються забезпеченням подачі необхідної кількості препарату. Витрата рідини в процесі протруювання визначає якість обробки та економічну доцільність і, таким чином, є найважливішою характеристикою роботи протруювача.

Теоретична витрата робочої рідини на 1 т бульб визначається за формулою:

$$Q_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} n \quad (1)$$

де  $V_{\text{ж}}$  – обсяг робочої рідини, необхідний для покриття поверхні одної бульби, л(дм<sup>3</sup>);  $n$  – кількість бульб в одній тонні, шт/т.

Вираз визначення мінімальної кількості робочої рідини, необхідної повного покриття бульб, виглядає як [10]:

$$V_{\text{ж}} = \frac{2\pi d_{\text{рч}} d_{\text{дк}}}{3k_{\text{р}}^2} \quad (2)$$

де  $d_{\text{рч}}$  – діаметр розпиленої частки, дм;  $d_{\text{дк}}$  – діаметр кулі, обсяг якої еквівалентний середньому обсягу бульб картоплі, дм;  $k_{\text{р}}$  – коефіцієнт розтікання крапель – величина, що показує, скільки разів збільшується діаметр краплі після її осідання на оброблюваній поверхні.



Для визначення діаметра отвору розпилювача, необхідного для обробки робочою рідиною, розглянуто процес утворення краплі, що повільно витікає з отвору діаметром  $d_o$  під дією сили тяжіння. При повільному витіканні рідини з отвору у процесі формування крапель лежить баланс сили тяжкості та сили поверхневого натягу [11, 12].

Діаметр краплі  $D_k$ , що утворюється в момент відриву від сопла, визначається прирівнюванням сили тяжіння, що діє на краплю, та сили поверхневого натягу, що діє по периметру перерізу отвору.

Форму краплі приймаємо за кулю і отримуємо формулу для визначення маси краплі:

$$m = \frac{\pi D_k^2 \rho}{6} \quad (3)$$

де  $\rho$  – густина робочої рідини.

Вирази визначення сил тяжіння і поверхневого натягу запишуться як:

$$F_T = \frac{\pi g D_k^2 \rho}{6} \quad (4)$$

$$F_H \pi d_o \Sigma$$

де  $\Sigma$  – поверхневий натяг рідини, Н/м.

Вираз для визначення діаметра первинних крапель, що витікають з розпилювача через отвір діаметра  $d_o$  матиме вигляд:

$$D_k = \sqrt[3]{\frac{6 d_o \lim_{x \rightarrow \infty} \Sigma}{\rho g}} \quad (5)$$

Варто розглянути формування крапель при дробленні великої краплі (що виходить з розпилювача), що рухається в потоці газу. На краплю діють зовнішні аеродинамічні сили, які зрівнюються силами поверхневого натягу (для слабких рідин).

Таблиця 1.

Розрахункова кількість робочої рідини  $V_p$ , яка потрібна для покриття одного бульби,  $\times 10^{-6}$  л

Еквівалентний діаметр клубня $d_{dk}$ , мм	Діаметр розпиленої частинки, мкм						
	20	25	30	35	40	45	50
40	61	76	91	106	122	137	152
50	95	119	146	166	190	214	238
60	137	171	205	239	274	308	342
70	186	233	279	326	372	419	466
80	243	304	365	426	486	547	608

Позначимо через  $S$  найбільший переріз краплі, перпендикулярне швидкості набігаючого потоку газу  $U_G$ :

$$S = \frac{\pi D_k^2}{4} \quad (6)$$

Рівність аеродинамічних сил і сил поверхневого натягу набуде вигляду:

$$\frac{\pi D_k^2}{8} = C_D P_G U_G^2 = \pi \Sigma D_k \quad (7)$$

де  $C_D$  – коефіцієнт опору, що залежить від числа Рейнольдса.

Рівність сприймається як початкова умова, у якому краплі починають деформуватися і дробитися.

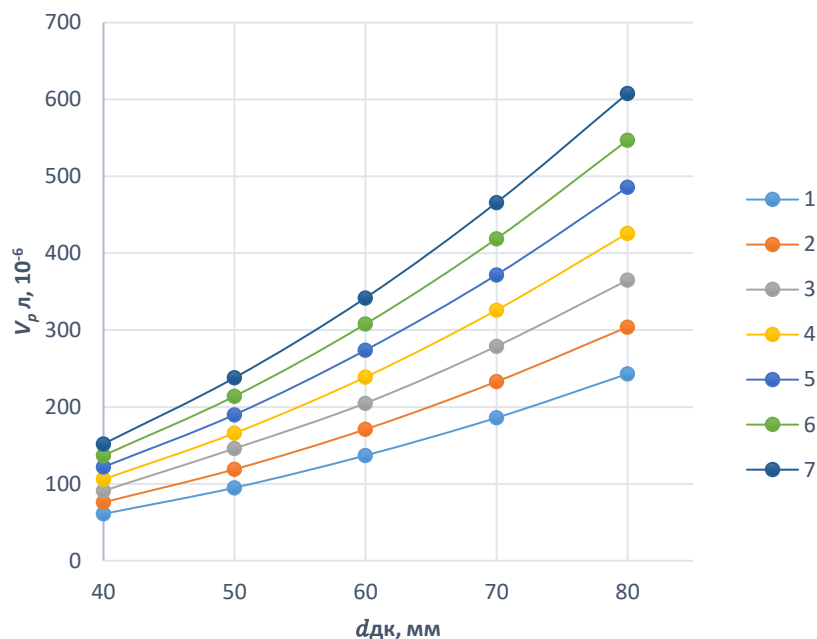
Вираз для критичного значення швидкості повітряного потоку запишеться у вигляді:

$$U_{kp} = \sqrt[2]{\frac{8 \Sigma}{C_D P_G D}} \quad (8)$$

Швидкість  $U_{kp}$  є мінімальною швидкістю повітряного потоку, створюваного насосом, необхідної для дроблення краплі діаметром  $D_k$ , що витікає з отвору  $d_o$  розпилювача.

Результати дослідження. За розрахунковими даними (табл. 1), отриманими з виразу (2), побудовано графіки залежності мінімальної витрати робочої рідини  $V_p$ , необхідної для повного покриття поверхні бульби, від еквівалентного діаметра бульби при різних значеннях розпиленої частинки (рис. 1).

Враховуючи вираз (6), варто зауважити, що діаметр краплі, що утворюється при витіканні з розпилювача, залежить в основному від діаметра отвору та фізичних параметрів робочої рідини.



**Рис. 1. Залежність мінімально необхідного об'єму робочої рідини від еквівалентного діаметра бульби при різних значеннях діаметра розпилюваних частинок: 1 – 20 мкм; 2 – 25 мкм; 3 – 30 мкм; 4 – 35 мкм; 5 – 40 мкм; 6 – 45 мкм; 7 – 50 мкм**

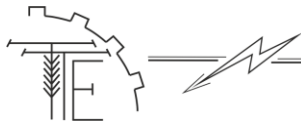
## 5. Висновки

Спираючись на основні фактори, що впливають на якість процесу протруювання, проведені теоретичні розрахунки, що дозволяють обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри прмодуля, що розробляється, до картоплесаджальних машин. За умови, що середній розмір бульб 60-70 мм і середній діаметр крапель, що розпилюються, 50 мкм, мінімально необхідна витрата робочої рідини, що забезпечує повне покриття бульб, дорівнює 6,75 л.

Оптимальний діаметр отвору в розпилювачі, що дозволяє отримати найкращі показники - краплі діаметром 1,6 - 13,2 мм, здатні до подальшого дроблення при попаданні в повітряний потік (швидкість повітряного потоку від 10 до 20 м/с) становить 1 мм.

## Список використаних джерел

1. Булгаков В. М., Кравчук В. І. Агрегативання плугів. К.: Аграрна освіти, 2008. 134 с.
2. Гунько І. В., Бурлака С. А. Математичне моделювання роботи системи живлення дизельного двигуна працюючого на біопаливі з дросельним регулювання складу паливної суміші. *The scientific heritage*. 2020. № 50. С. 34–39.
3. Hrushetsky S. M., Yaropud V. M., Duganets V. I., Duganets V. I., Pryshliak, V. L. Kurylo V. M. Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 59. № 3. pp. 101–110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11.
4. Грушецький С. М., Рудь А. В., Семенишина І. В., Медведєв Є. П. The technological process pattern of potato root harvester. *Журнал «Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка»*. 2019. № 31. С. 52–60. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-7>.
5. Грушецький С. М., Підлісний В. В. Аналіз конструкцій та результати досліджень сепараторів картопляного вороху. Сучасний рух науки: тези доп. VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience». 4-5 квітня 2019 р. Дніпро, 2019. С. 274–282.
6. Фирман Ю. П., Грушецкий С. Н. Кинематический анализ работы динамического ленточного сепаратора. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. № 1. P. 11–16.
7. Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Sergiy. Modelling of the separation process of the potato stack. *Agricultural Engineering : czasopismo. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej*. 2017. Vol. 21. № 4. P. 27–35.



8. Бончик В. С., Федирко П. П. Результаты экспериментальных исследований геометрических параметров картофельной грядки при работе картофелеуборочных машин. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. № 5. pp. 3–6.
9. Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Z. and Olt J. Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. *Agronomy Research*. 2018. 16 (1). pp. 52–63. DOI: 10.15159/AR.18.037. <https://doi.org/10.15159/AR.18.037>.
10. Булгаков В. М., Пилипака С. Ф., Захарова Т. Н., Калетник Г. М., Яропуд В. М. Плоскі вертикальні криві, які забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2014. Вип. 1 (73). С. 5–12.
11. Aliev E., Bandura V., Pryshliak V., Yaropud V., Trukhanska O.. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 54, №. 1. P. 95–104.
12. Pascuzzi S., Bulgakov V., Santoro F., Sotirios A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko S. Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. *Agronomy Research*. 2019. 17(1), P. 33–48. <https://doi.org/10.15159/AR.19.073>.

### References

- [1] Bulhakov, V.M., Kravchuk, V.I. (2008). *Ahrehatuvannya pluhiv*. K.: Ahrarna osvity. [in Ukrainian].
- [2] Gunko, I.V., Burlaka, S.A. (2020). Matematychnе modelyuvannya roboty systemy zhyvlennya dyzel'noho dvyhuna pratsyuyuchoho na biopalyvi z drosel'nym rehulyuvannya skladu palyvnoyi sumishi. *The scientific heritage*, 50. 34–39. [in Ukrainian].
- [3] Hrushetskiy, S.M., Yaropud, V.M., Duganets, V.I., Duganets, V.I., Pryshliak, V.L. Kurylo, V.M. (2019). Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 59(3). 101–110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11. [in English].
- [4] Hrushetskiy, S.M., Rud, A. V., Semenishyna, I. V., Medvedev, YE. P. (2019). The technological process pattern of potato root harvester [The technological process pattern of potato root hGarvester]. *Zhurnal «Podil's'ky visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 31. 52–60. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-7>. [in English].
- [5] Hrushetskiy, S. N. (2019). Model' tekhnolohycheskykh protsessov kartofeleuborochnykh mashyn [Model of technological processes of potato harvesting machines]. *Tekhnicheskoe y kadrovoe obespechenye ynnovatsyonnykh tekhnolohyy v sel'skom khozyaystve: materyaly Mezhdunarodnoy nauchno-praktycheskoy konferentsyy (24-25 oktyabrya 2019 hoda)*. V 2 ch.. Mynsk : BHATU. 2019. CH. 1. S. 125-127. [in Ukrainian].
- [6] Fyrman, YU. P., Hrushetskiy, S. N. (2015). Kynematycheskiy analiz raboty dynamicheskoho lentochnoho separatora [Kinematic analysis of the operation of a dynamic belt separator]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 17 (1). 11–16. [in Ukrainian].
- [7] Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Sergiy. (2017). Modelling of the separation process of the potato stack. *Agricultural Engineering : czasopismo. Polskie Towarzystwo Inzynierii Rolniczej*, 21 (4). 27–35. [in English].
- [8] Bonchik, V. S., Fedirko, P. P. (2015). Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy geometricheskikh parametrov kartofel'noy gryadki pri rabote kartofeleuborochnykh mashin [The results of experimental studies of the geometric parameters of the potato beds during the work of potato harvesters]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 17 (5). 3–6. [in Ukrainian].
- [9] Bulgakov, V., Nikolaenko, S., Adamchuk, V., Z. and Olt J. (2018). Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. *Agronomy Research*, 16(1). 52–63. DOI: 10.15159/AR.18.037. <https://doi.org/10.15159/AR.18.037>. [in English].
- [10] Bulhakov, V.M., Pylypaka, S.F., Zakharova, T.N., Kaletnik, H.M., Yaropud, V.M. (2014). Ploski vertykal'ni kryvi, yaki zabezpechuyut' postiyni tysk i shvydkist' rukhu material'noyi tochky [Flat vertical curves that provide constant pressure and velocity of material point]. *Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh*, 1 (73). 5–12. [in Ukrainian].
- [11] Aliev, E., Bandura, V., Pryshliak, V., Yaropud, V., Trukhanska, O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural [Modeling of mechanical and technological processes of agricultural]. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 54(1). 95–104. [in English].





- [12] Pascuzzi, S., Bulgakov, V., Santoro, F., Sotirios, A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko, S. (2019). Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. *Agronomy Research*, 17(1). 33–48. <https://doi.org/10.15159/AR.19.073>. [in English].

### INFLUENCE OF LIQUID SUPPLY WORKING PRESSURE ON POTATO PROCESSING AREA

*The doctrine of food security lists critical products for Ukraine and the minimum level of their own production. Potatoes are among these products. Despite the fact that the country's needs are almost completely covered by potatoes produced on the territory of our state, in recent years more and more attention has been paid to increasing the yield of the crop. Pre-sowing treatment helps to increase the yield of crops. The main method of pre-sowing preparation of potatoes is to treat the planting material with drugs to protect against pests and diseases.*

*The main method of pre-sowing seed preparation is poisoning with chemical preparations against pests and diseases. It is widely used in intensive agricultural technology and allows to reduce potential crop losses by 50-55%. The applied technical means, which ensure uniform and complete coverage of the surface of the seed material, have distributors that create drops of different diameters. In the best case, it is possible to control the average particle size, and large weight fractions of different particle sizes reduce the processing efficiency and negatively affect the uniformity of the coating. In this regard, one of the main tasks of the used technical means is to obtain drops of the same (monodisperse) size. Moreover, their size should be within 20 - 50  $\mu\text{m}$ .. It is quite time-consuming to select the correct parameters of a technical device to achieve these aerosol sizes experimentally, therefore it is necessary to develop mathematical models of seed processing with different types of sprayers, which will tell in which direction scientific developments should be conducted .\*

*For the model of the technological process of processing, the design and technological parameters and operating modes of the spraying system can be used as initial conditions, and the parameters of the distribution system of aerosol droplets, seed material and drug as boundary conditions (the speed of the air flow created by the fan, the amount of working fluid that provided, design parameters of the processing chamber).*

**Key words:** dispersity, nozzle, atomizer, model, indicators, processing, tuber.

**F. 8. Fig. 1. Table. 1. Ref. 12.**

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Гулько Ірина Василівна** – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: [irynagunko@vsau.vin.ua](mailto:irynagunko@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0001-5470-7413>).

**Мизюк Андрій Ілліч** – аспірант кафедри «Агроінженерії та технічного сервісу» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [www3777www@gmail.com](mailto:www3777www@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4238-8256>).

**Iryna Gunko** – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Agricultural Engineering and Technical Service of the Vinnytsia National Agrarian University (Sonyachna St., 3, Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: [irynagunko@vsau.vin.ua](mailto:irynagunko@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0001-5470-7413>).

**Andriy Myzyuk** – postgraduate student of the Department of Agroengineering and Technical Service of Vinnytsia National Agrarian University (3 Sunny Street, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: [www3777www@gmail.com](mailto:www3777www@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4238-8256>).