

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 631.439.21

DOI: 10.15587/2313-8416.2018.145369

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗОНИ ДІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ШКІДНИКІВ ПАСЛЬОНОВИХ КУЛЬТУР

© В. А. Онопа, Д. Ю. Артеменко, Р. В. Бакал

Визначено, що основним фактором, який впливає на процес боротьби зі шкідниками екологічно чистим способом за допомогою пневматичних пристроїв, є конструкція робочого органу збиральних машин. Запропоновано удосконалену конструкцію пристрою для збирання шкідників пневматичного типу. Теоретично досліджено зону дії пристрою для збирання шкідників пасльонових культур. Встановлено три характерні ділянки зміни кількості шкідників, що знаходяться під впливом пристрою для збирання шкідників та визначені їх величини

Ключові слова: процес збирання шкідників, пристрій для збирання шкідників, зона дії пристрою

1. Вступ

В Україні виникла об'єктивна необхідність повернення втраченого за минулі роки іміджу однієї з провідних країн практичної екологізації захисту сільськогосподарських культур від шкідників як визначальної складової світової стратегії стійкого сільського господарства.

Така потреба мотивується державним курсом на інтеграцію в ЄС, вступом до СОТ та доцільністю входження України у світовий та Європейський ринки продуктів рослинництва і тваринництва, що виробляються за екологічними технологіями без використання засобів хімізації, або з мінімальним використанням хімічних препаратів [1].

Разом з тим сільськогосподарське виробництво України щорічно втрачає від шкідників, хвороб та бур'янів до 30 % валових зборів і, зокрема, пасльонових культур до 35 % [2, 3].

Серед існуючих методів захисту сільськогосподарських культур від шкідників пневматичний – є одним із основних екологічно безпечних способів, рівень застосування якого суттєво впливає на якість отримуваних врожаїв. Існуючі робочі органи для боротьби з шкідниками пасльонових культур екологічно чистим методом, потребують додаткового розвитку і вдосконалення. Це є важливим, але мало вивченим питанням.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Сучасні наукові дані та рекомендації щодо розв'язання проблеми захисту сільськогосподарських культур від шкідників не узагальнені, а інформація про них часто міститься лише в окремих наукових публікаціях.

Так для боротьби із шкідниками пневматичним методом в роботі [4] запропоновано агрегат,

який складається із двох відцентрових вентиляторів, повітропроводів, насадки та ємності для збирання комах. Під час руху агрегату по полю комахи всмоктуються потоком повітря в насадку, транспортуються в сітчасту ємність, де і знешкоджуються. Недоліком такого агрегату є підвищена травмованість рослин під час збирання шкідників.

На основі досліджень [5] були розроблені агрегати для збирання шкідників в основу роботи яких покладено метод збирання шкідників за допомогою розрідженого повітря, яке створюється в одному випадку вентилятором, а в другому – ексгаустером. Агрегат навішується на передній частині трактора і складається з насадки, повітропроводу, ексгаустера та ємності для збирання комах. Зібрані комахи знищуються механічним чи іншим способом. Але під час роботи такого агрегату частина шкідників може потрапляти на поверхню ґрунту і уникати дії збиральних органів.

Розроблена машина [6] для збирання шкідників, складається з вентилятора, вхідного патрубку, який з'єднаний безпосередньо з камерою розрідження та гнучких комахопроводів із соплами з обох боків. Напрямок потоку то з одного, то з іншого боку забезпечує струшування комах з рослини в збиральну ємність. Повітря, проходячи через робочу камеру, утворює в ній розрідження, викликаючи при цьому всмоктуючий потік, який транспортує комах в піддон. По мірі накопичування шкідників знешкоджують. Така конструкція є найбільш перспективною для подальшого удосконалення.

Для отримання екологічно чистого виробництва картоплі, закордонні вчені займалися розробкою конструкцій пневматичних пристроїв для збирання колорадського жука на посівах картоплі. Дослідники [7, 8] запропонували різні по конструктивному виконанню зразки, але загальним для них є метод збиран-

ня шкідників за допомогою всмоктування повітряним потоком в насадку та збирання в резервуари шкідників з подальшим їх знищенням.

Аналіз розглянутих конструкцій машин для збирання шкідників пасльонових культур дозволив прийти до висновку, що найбільшого поширення завдяки своїй ефективності набули пневматичні машини всмоктуючого типу. Використання машин такого типу дозволить якісно виконати процес збирання шкідників з мінімальним травмуванням оброблюваних рослин та отримувати екологічно чисті продукти харчування.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є покращення роботи пристрою для збирання шкідників пасльонових культур пневматичних збиральних машин шляхом обґрунтування його конструкції, зони дії та якості збирання.

Для досягнення мети вирішувались наступні задачі:

- провести огляд існуючих конструкцій пристроїв для збирання шкідників пневматичним способом з метою визначення переваг і недоліків в їх конструкціях;
- на основі отриманих даних огляду пристроїв для збирання шкідників запропонувати нову кон-

струкцію та теоретично обґрунтувати зону дії пристрою на оброблюваний кущ, а також якість збирання шкідників.

4. Матеріали і методи дослідження

В безпосередньому контакті із шкідником знаходиться виконавчий робочий орган збиральної машини – пристрій для збирання шкідників. Аналіз конструкцій існуючих робочих органів машин для збирання шкідників дозволив виділити три типи пневматичних пристроїв рис. 1.

Пристрій для збирання шкідників дифузорного типу всмоктування (рис. 1, *а*) використовується на пневматичних машинах, розроблених за кордоном [9]. Пристрій включає камеру розрідження з горизонтальною вузькою щілиною у нижній частині, через яку шкідники всмоктуються з рослини в трубопровід за рахунок розрідження, що створюється вентилятором. Недоліком такого пристрою є неможливість збирання комах з бокових поверхонь рослини, а також часткове струшування комах на ґрунт.

Пристрій для збирання шкідників двокамерного типу, комбінований (рис. 1, *б*) [6, 10] являє собою робочі камери з соплами нагнітального типу для струшування комах з рослини і з лотками з всмоктуючим потоком для збирання комах.

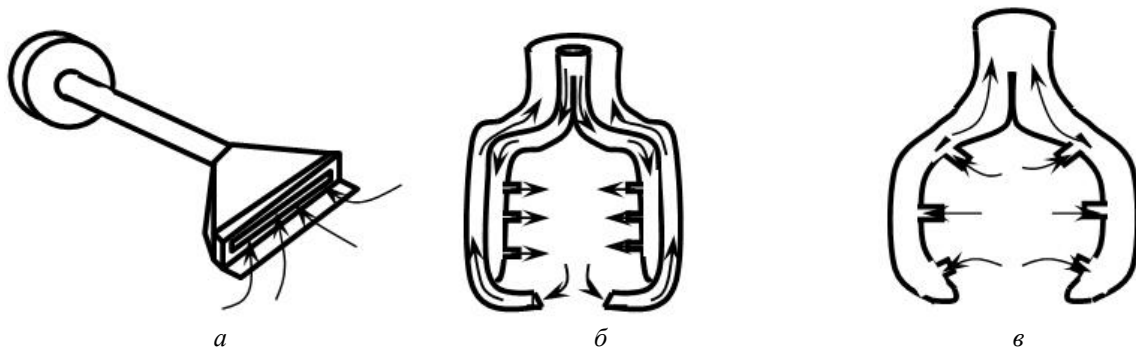


Рис. 1. Схеми конструкцій пристроїв для збирання шкідників: *а* – дифузорного типу всмоктування; *б* – двокамерного типу, комбінований; *в* – двокамерного типу всмоктуючий

Пристрій для збирання шкідників двокамерного типу всмоктуючий (рис. 1, *в*) [5, 11, 12] виконаний у вигляді двох окремих робочих камер дугоподібної форми, які розташовані по обидва боки від рослини. Робочі камери з'єднані з всмоктуючим патрубком вентилятора. Потік повітря через отвори в камерах захоплює комах і втягує їх в конфузор.

Оскільки відсутні науково-обґрунтовані рекомендації щодо виявлення найбільш раціональної конструкції пристрою для збирання шкідників, який забезпечує ефективне збирання комах, необхідні додаткові дослідження з метою виявлення найбільш раціональної схеми пристрою та режимів його роботи.

4.1. Обґрунтування зони дії пристрою для збору шкідників

Для забезпечення рівномірного тотального збору шкідників з кущів запропонований пристрій для збирання шкідників [13]. Конструктивно він виконаний у вигляді насадки зі щілинами по всій внутрішній поверхні, що має в перпендикулярному до на-

прямую руху перерізі підковоподібну форму і представлений на рис. 2.

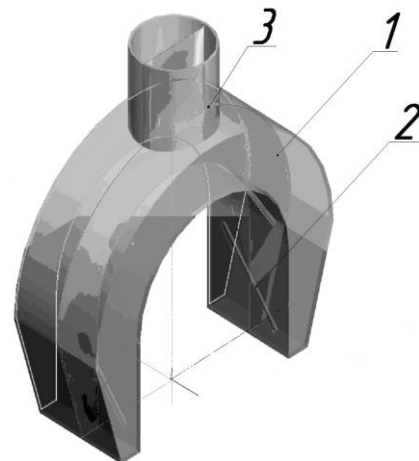


Рис. 2. Схема запропонованої конструкції пристрою для збирання шкідників: 1 – робоча камера; 2 – щілина; 3 – патрубок

Для можливості подальшого удосконалення конструкції пристрою для збирання шкідників необхідно знати межі зони його дії на оброблювану рослину (для пасльонових культур – кущ картоплі).

Під час роботи збирального агрегату по мірі наїзду на кущ нові його частини вступають у зону всмоктування і збору шкідників. Схематично це можна представити як переміщення деякої площини перерізу напівсфери куща радіуса r перпендикулярної до вектора швидкості переміщення агрегату V_{aep} (рис. 3). Таким чином все більша кількість шкідників потрапляє в зону дії всмоктувального робочого агрегату.

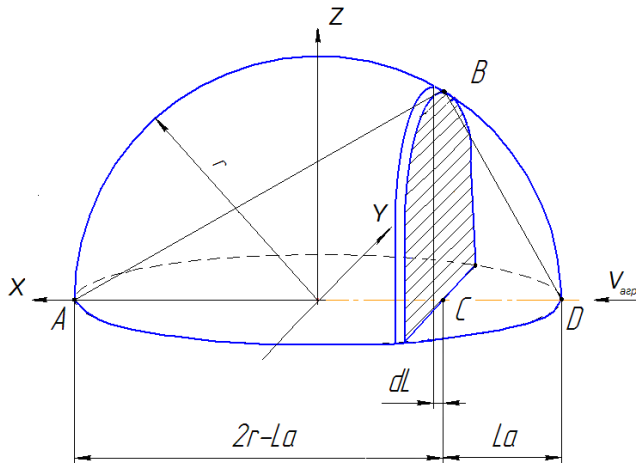


Рис. 3. Схема поступового збільшення зони дії пристрою для збирання шкідників

Під час дослідження процесу збору шкідників обрані наступні припущення:

- кущ схематично представлений у вигляді напівсфери радіусом r ;
- шкідники по об'єму куща розподіляються рівномірно зі щільністю q ;
- при відриві шкідника від поверхні листка і його руху до щілини пристрою для збирання шкідників обертання самого шкідника навколо власного центру маси не відбувається;
- пристрій для збирання шкідників рухається з постійною швидкістю, рівною швидкості агрегату V_{aep} .

З урахуванням припущення стосовно рівномірності розподілу шкідників по об'єму куща постає задача визначення закономірності зміни кількості шкідників, які потрапляють у зону дії роботи всмоктувального пристрою, для обґрунтування його конструктивних і технологічних параметрів.

Із представленої схеми (рис. 3) видно, що площа перетину пристроєм для збирання шкідників куща спочатку збільшується досягаючи максимуму в центрі сфери (куща), а потім зменшується до нуля. При цьому об'єм куща, що обробляється, весь час збільшується.

Для визначення залежності величини площі перетину від шляху L_a , який пройшов робочий орган над кущем, розглянуто два спряжених трикутники $\triangle ABC$ і $\triangle BCD$. На підставі того що кут $\angle B$ завжди

прямий і опирається сторонами AB і BD на діаметр сфери, вказані трикутники є подібними.

Виходячи з цього:

$$\frac{AC}{CB} = \frac{CB}{CD} \tag{1}$$

Сторона CB є радіусом кола, що утворюється січенням сфери. Тоді маємо:

$$CB = \rho \tag{2}$$

Сторона CD є шляхом L_a , який проходить збиральний агрегат за час роботи t_p

$$CD = L_a = V_{aep} \cdot t_p \tag{3}$$

Підставляючи значення сторін трикутників (1, 2) в (3) отримаємо:

$$\rho = \sqrt{(2r - L_a) \cdot L_a} \tag{4}$$

Відповідно площа перетину куща дорівнює:

$$S_v = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot (2r - L_a) \cdot L_a \tag{5}$$

Рівняння (5) встановлює зв'язок між шляхом пройденим агрегатом над кущем і площею його перетину. Зміна площі перетину від шляху L_a , пройденного пневматичною насадкою над кущем представлено на рис. 4.

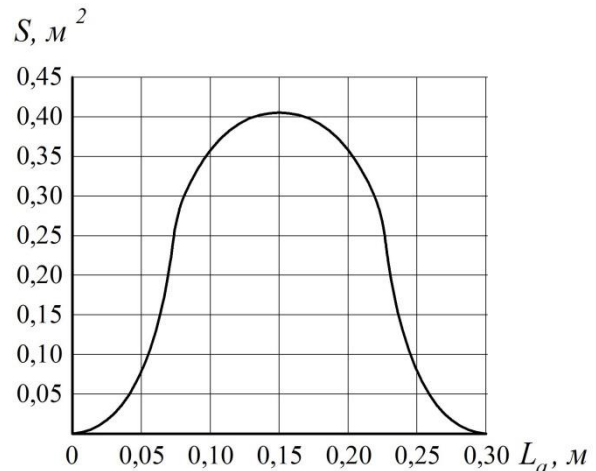


Рис. 4. Залежність зміни площі перетину куща від переміщення пристрою для збирання шкідників ($r=0,15\text{м}$)

Згідно графіку (рис. 4) максимум S досягається при шляху $L_a = r$, тоді з рівняння (5) отримаємо:

$$S_{\max} = \pi \cdot (2r - r) \cdot r = \pi \cdot r^2 \tag{6}$$

або з рівняння (4) маємо:

$$\rho = \sqrt{(2r-r) \cdot r} = r.$$

Таким чином радіус перерізу дорівнює радіусу сфери куща.

Оскільки переміщення в сфері складає $L_a=2r$, з рівняння (4) отримаємо:

$$\rho = \sqrt{(2r-r) \cdot 2r} = 0. \tag{7}$$

Відповідно і площа перерізу дорівнює нулю ($S=0$), тоді пристрій для збирання шкідників повністю пройшов кущ, що обробляється.

Встановлена закономірність зміни перерізу суттєво впливає на розподіл навантаження, яке припадає на пристрій для збирання шкідників. Враховуючи прийнятий рівномірний розподіл шкідників по об'єму куща зі щільністю q , визначаємо що їх кількість в елементарному об'ємі куща буде тим більша, чим більша усереднена площа вибраного елементарного об'єму. Розглянемо можливу кількості шкідників в елементарному об'ємі (рис. 3)

$$dM = q_v \cdot S_v \cdot dL_a. \tag{8}$$

де dM – кількість шкідників в елементарному об'ємі.

Підставляючи в рівняння (8) значення площі перерізу з рівняння (5), отримаємо:

$$dM = \frac{1}{2} q_v \cdot \pi (2r - L_a) \cdot L_a \cdot dL_a. \tag{9}$$

Рівняння (9) фізично відображає кількість шкідників, що потрапили в елементарний об'єм площею S_L і товщиною dL_a .

Представимо рівняння (7) у вигляді:

$$J = M' = \frac{dM}{dL_a} = \frac{1}{2} q_v \cdot \pi (2r - L_a) \cdot L_a. \tag{10}$$

Залежність (10) є диференційованою функцією розподілу шкідників при переміщенні пристрою для збирання шкідників з постійною швидкістю $V_{агр}$. Її графік аналогічний графіку, представленою на рис. 4 і показує як змінюється кількість шкідників, що збирається агрегатом в залежності від його переміщення. Рівняння (10) є диференційованим рівнянням першого порядку з розподілючими змінними. Його рішення визначає інтегральну функцію розподілу шкідників в залежності від шляху переміщення пристрою для збирання шкідників над кущем. Рішення рівняння має вигляд:

$$dM = q_v \cdot \pi \cdot r \cdot L_a \cdot dL_a - \frac{1}{2} q \cdot \pi \cdot L_a^2 \cdot dL_a; \tag{11}$$

$$\int_{(M)} dM = q_v \cdot \pi \cdot r \cdot \int_0^{2r} L_a \cdot dL_a - \frac{1}{2} q \pi \int_0^{2r} L_a^2 \cdot dL_a; \tag{12}$$

$$M = \frac{2}{3} q_v \cdot \pi \cdot r \cdot L_a \Big|_0^{2r} - \frac{1}{6} q \cdot \pi \cdot L_a^2 \Big|_0^{2r}. \tag{13}$$

Після підставлення границь і перетворень маємо:

$$M = \frac{2}{3} q_v \cdot \pi \cdot r^3. \tag{14}$$

Результат відображає кількість шкідників в об'ємі напівсфери куща рівномірно розмішених з щільністю q .

Для аналізу зміни щільності зібраних шкідників, що потрапили в зону пристрою для збирання шкідників, залежно від шляху, який він пройшов над кущем, отримана залежність (14), аналіз якої представлений на рис. 5.

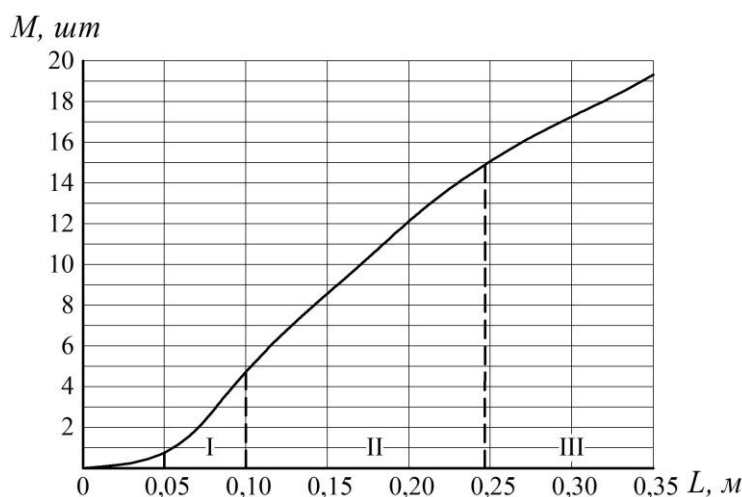


Рис. 5. Залежність зміни кількості шкідників, що попадають в зону присмоктування пристроєм для збирання шкідників, від шляху, який він проходить над кущем ($q_v=2000$ шт/м³; $r=0.15$ м)

З рис. 5 видно три характерні ділянки зміни кількості шкідників, що знаходяться під впливом пристрою для збирання шкідників. Перша з них ($V_{агр} \leq 0,1$ м) відповідає швидкому росту кількості

шкідників. Друга в межах $0,25 \geq L_a \geq 0,1$ м відображає, практично, лінійне зростання шкідників. Третя при $L_a > 0,25$ м характеризує гальмування приросту кількості шкідників і стабілізацію їх значення на макси-

мальному рівні, що відповідає їх загальній кількості на кущі, який обробляється.

В цілому слід зауважити, що незважаючи на складний характер залежності, яка є інтегральною функцією накопичення шкідників, їх кількість зі збільшенням шляху переміщення робочого органу в кущі також збільшується. Мінімальна кількість спостерігається при $L_a=0$. Тоді, як видно з рівняння (13) $M=0$. Максимальна кількість відповідає шляху робочого агрегату $L_a=2r$ і визначається рівнянням (14).

5. Результати досліджень

В результаті проведених пошукових досліджень було запропоновано удосконалену конструкцію пристрою для збирання шкідників. Для визначення раціональних параметрів пристрою для збирання шкідників були проведені теоретичні дослідження по визначенню зони його дії.

В подальшому планується виготовлення експериментальних зразків нового пристрою для збирання шкідників та проведення експериментальних

досліджень по визначенню оптимальних параметрів робочих елементів які впливають на його технологічні характеристики.

6. Висновки

1. Проведено аналіз роботи найпоширеніших пристроїв для збирання шкідників і з'ясовано, що жодна конструкція не може в повному обсязі задовольнити вимоги по мінімальному травмуванню рослин та максимальній кількості зібраних шкідників. Розроблена та запропонована нова конструкція пристрою для збирання шкідників (рис. 2), що дає можливість якісно виконати процес збирання шкідників пасльонових культур та уникнути пошкодження оброблюваної рослини.

2. В результаті проведених теоретичних досліджень отримано залежність зміни площі перетину куща від переміщення пристрою для збирання шкідників (5), а також, з'ясовано, що максимальна кількість шкідників буде зібрана пристроєм після проходження трьох ділянок зони його дії на оброблюваний кущ (рис. 5).

Література

1. Система защиты с.-х. культур от вредных организмов в условиях биологизации земледелия Кировоградской области / Волошина Н. М. и др. Кировоград, 1991. 40 с.
2. Кононченко В. В., Положенець В. М. Сучасний стан виробництва картоплі в Україні та проблеми екологічної безпеки // Вісник ДААУ "Проблеми виробництва екологічно чистої с.-г. продукції". Житомир: Вид-во ДААУ, 2000. С. 27–28.
3. Науково-обґрунтована система ведення агропромислового виробництва в Кировоградській області / Савранчук В. В. та ін. Кировоград: ПП "Ліра ЛТД", 2005. 264 с.
4. Борьба с вредителями пневмоспособом / Руденко И. Е. и др. // Защита растений. 1991. № 10. С. 16.
5. Пристрій для збирання колорадського жука / Бендера І. М. та ін. // Наукові розробки, рекомендовані виробництву. Хмельницький: ЦНТЕІ, 1996. С. 46.
6. Устройство для сбора насекомых: А.с. 1530158. СССР. МКИ А 01 М5/08 / Н. С. Куликов, А. Ф. Братусь, О. М. Винтер № 4681253/15; Заявл. 20.04.89; Опубл. 30.10.91. Бюл. № 40. 3 с.
7. Khelifi M., Laguë C., Lacasse B. Pneumatic control of insects in plant protection / ed. by Vincent C., Panneton B. Fleurat-Lessard F. // Physical control methods in plant protection. Berlin: Springer-Verlag, 2001. P. 261–269. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-662-04584-8_18
8. Effects of airflow velocity and travel speed on the removal of Colorado potato beetles from potato plants / Lacasse B. et. al. // Canadian Agricultural Engineering. 1998. Vol. 40, Issue 4. P. 265–272.
9. Vincent C., Boiteau G. Pneumatic control of agricultural insect pests / ed. by Vincent C., Panneton B., Fleurat-Lessard F. // Physical Control Methods in Plant Protection. La Lutte Physique en hytoprotection. New York: Springer-Verlag, 2001. P. 270–281. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-662-04584-8_19
10. Rifai M. N., Lacko-Bartosova M., Minar M. Possibilities for Non-chemical Control of Colorado Potato Beetle // Acta Technologica Agriculturae, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. 1998. P. 24–27.
11. Rifai M. N., Lacko-Bartosova M., Minar M. Effectiveness of Bio-Collector in Control of the Colorado Potato Beetle // Machinery and Technology for Sustainable Agriculture. Narodna Pobočka Istro na Slovensku. 1998. P. 4–6.
12. Матяш В. Про виробництво екологічно чистих продуктів, або як колорадського жука знищити без хімії // Пропозиція. 2002. № 2. С. 70–72.
13. Насадка пристрою для збирання комах з рослин: Декл. пат. 8906 UA. МКИ А01 М5/00 / Онопа В. А., Петренко М. М., Кириченко А. М., Онопа В. В. № 200502778; Заявл. 28.03.2005; Опубл. 15.08.2005; Бюл. № 8.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Сало В. М.
Дата надходження рукопису 23.08.2018*

Онопа Володимир Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра сільськогосподарського машинобудування, Центральноукраїнський національний технічний університет, пр. Університетський, 8, м. Кропивницький, Україна, 25006
E-mail: PC_KNTU@ukr.net

Артеменко Дмитро Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра сільськогосподарського машинобудування, Центральноукраїнський національний технічний університет, пр. Університетський, 8, м. Кропивницький, Україна, 25006
E-mail: ingenerdu@gmail.com

Бакал Роман Вікторович, кафедра сільськогосподарського машинобудування, Центральноукраїнський національний технічний університет, пр. Університетський, 8, м. Кропивницький, Україна, 25006
E-mail: bakalrv2018@gmail.com