

**Булгаков В.М.**

академік НААН, д. т. н., професор  
*Національний університет  
біоресурсів і  
природокористування  
України*

**Адамчук О.В.**

Інженер  
*Національний науковий  
центр «Інститут  
механізації та  
електрифікації сільського  
господарства» Національної  
академії аграрних наук*

**Кувачов В.П.**

к.т.н., доцент  
*Таврійський державний  
агротехнологічний  
університет імені Дмитра  
Моторного*

**Бабин І.А.**

асистент  
*Вінницький національний  
аграрний університет*

**Bulgakov V.**

*National University of Life and  
Environmental Sciences of  
Ukraine*

**Adamchuk O.**

*National Research Center  
"Institute of Mechanization and  
Electrification of Agriculture"  
of the National Academy of  
Agrarian Sciences*

**Kuvachov V.**

*Tavriya State  
Agrotechnological University  
named after Dmytro Motorny*

**Babyn I.**

*Vinnitsia National Agrarian  
University*

**УДК 631.333****DOI: 10.37128/2306-8744-2020-3-1****ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ  
ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ  
НОВИМ ВІДЦЕНТРОВИМ РОБОЧИМ  
ОРГАНОМ**

Використання відцентрових дискових тукорозсієних робочих органів, осі яких встановлені похило, у технологічному процесі внесення мінеральних добрив забезпечує зростання показників, що характеризують розподіл технологічного матеріалу за напрямком його розсівання, на більшу відстань ніж забезпечують тукорозсієні робочі органи з вертикальною віссю обертання. Таким чином, підтверджується гіпотеза щодо можливості збільшення робочої ширини захвату машин для внесення мінеральних добрив шляхом обладнання таких машин відцентровими дисковими тукорозсієними робочими органами, осі яких встановлені похило.

Експериментальні дослідження проведено з використанням розроблених методик та чинних державних стандартів, регресійного аналізу, статистичних методів опрацювання результатів досліджень, стандартного та спеціально створеного експериментального обладнання. Розрахунки виконували із застосуванням програмного середовища Microsoft Office Excel 2007.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що дисковий тукорозсієний робочий орган, осі якого розміщено похило, надійно забезпечує виконання технологічного процесу при зміні частоти обертання його диска від 600 до 1000 об/хв. і зміні кута установки диска до горизонту від 0° до 30°.

За всіх досліджуваних кінематичних режимів роботи нового робочого органу ефективна дальність розсівання мінеральних добрив та відстань від нього до деки з максимальною часткою маси висіяного добрива найбільш стрімко зростають при збільшенні кута нахилу диска до горизонтальної площини від 0° до 10°, а найменше при зміні зазначеного кута в межах 20° – 30°.

Кращі показники внесення добрив як за робочою шириною захвату, так за нерівномірністю внесення добрив забезпечуються за кута нахилу диску нового робочого органу до горизонтальної площини в межах 25°–30°.

**Ключові слова:** робочий орган, мінеральні добрива, диск, якість, продуктивність, параметри, лопатки.

**Постановка проблеми.** При створенні нових моделей машин для внесення твердих мінеральних добрив, які обладнані відцентровими дисковими тукорозсієними робочими органами,

збільшення робочої ширини захвату є актуальною проблемою [1, 2], яка потребує вирішення з проведенням необхідних наукових досліджень.



У відомих відцентрових тукорозсівних робочих органах (ТО) з вертикальною віссю обертання збільшення кута сходження добрив до горизонту формується тільки за рахунок збільшення переносної швидкості, тобто швидкості з якою добрива рухаються вздовж лопатки. В той же час левову частку абсолютної швидкості сходження добрив з ТО становить переносна швидкість, а відносна швидкість не перевищує 15% зазначеної абсолютної швидкості [3]. Наведене дає підставу сформулювати таку робочу гіпотезу: спрямування переносної швидкості під кутом до горизонту шляхом установки осі ТО з нахилом до вертикалі (ТОН) забезпечить збільшення дальності розсівання добрив, а відповідно, і збільшення робочої ширини захвату та продуктивності машин для внесення мінеральних добрив.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання підвищення ефективності технологічного процесу внесення мінеральних добрив в ґрунт були і залишаються у науковців, в точу числі і вітчизняних вчених, актуальними. Такими видатними вченими як Кореньков Д.А., Синягін І.І., Петербурзький А.В., Гіліс М.Б. та ін. [4-7] встановлено, що ефективність використання мінеральних добрив залежить не тільки від самих добрив, але і від способів їх внесення. Питаннями покращення технологічного процесу внесення мінеральних добрив Кушилкін Б.А. Морин І.В., Полонецький С.Д., Переверзев В.Д., Тильний С.А., Якимов Ю.І., Якубаускас В.І., Грищенко Ф.В., Валиев А.В., Пиуновський І.І., Скользяев В.А., Черноволов В.А. Кийслер М.А. Хоменко М.С. Адамчука В.В. Пиуновського І.І. Кушилкін Б.А. Кореньков Д.А., Синягін І.І., Петербурзький А.В., Гіліс М.Б. та ін. [8-13]. Проведеними дослідженнями встановлено, що головним з факторів, які обмежують ефективність внесення добрив, є нерівномірність їх розподілу по площі поля. Останнє

суттєво впливає на дозрівання рослин, строкатість врожаю і його зниження. Але проведені ними дослідження не розглядають схему установки осі тукорозсівного органу з нахилом до вертикалі. Такий варіант конструктивного виконання відцентрового робочого органу на нашу думку забезпечить збільшення дальності розсівання добрив, а відповідно збільшення робочої ширини захвату та продуктивності машин.

**Мета досліджень.** Підвищення ефективності технологічного процесу внесення мінеральних добрив відцентровими дисковими тукорозсівними робочими органами, осі яких установлені похило.

**Методи досліджень.** Конструкція спеціально створеної дослідної експериментальної установки (рис. 1) включала основну раму 14, яка була встановлена на двох колесах 15 та опорній лапі. Шарнірно на основній рамі була закріплена рукоять 1, з використанням якої, при необхідності, здійснювали переміщенням експериментальної установки на колесах 15 до місця проведення дослідів на майданчику. Зверху на основній рамі були установлені електродвигун 2, ланцюговий варіатор 4 та конічний редуктор 10, які мали між собою кінематичний зв'язок через з'єднувальну та обгінну 13 муфти. Конічний редуктор був закріплений на рамі через кронштейни 11 і 12, які мали пази для кріплення, що забезпечували можливість регулювання кута нахилу вихідного валу редуктора до горизонтальної площини. На вихідному валу конічного редуктора був установлений ТОН 9, який включав плоский диск, на верхній його поверхні радіально були закріплені чотири жолобчасті лопатки. Зовнішні кінці лопаток виступали за межі диска. На основній рамі 14 з можливістю поздовжнього регульованого переміщення була встановлена рухома рама 3.

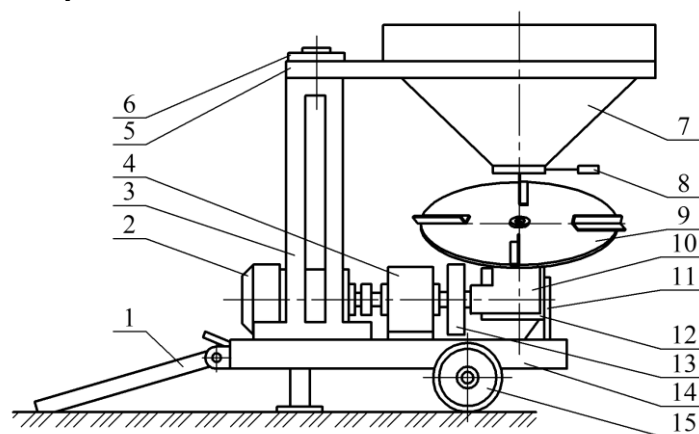
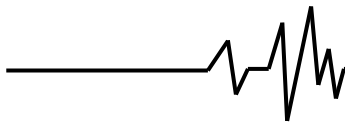


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – рукоять; 2 – електродвигун; 3, 5 – відповідно рухома та поворотна рами; 4 – ланцюговий варіатор; 6 – шарнір повороту рами; 7 – бункер; 8 – заслінка; 9 – ТОН; 10 – конічний редуктор; 11, 12 – кронштейни; 13 – обгінна муфта; 14 – основна рама; 15 – опорне колесо



Конструкція привода ТОН передбачала можливість як зміни частоти обертання його диска, так і можливість регулювання кута нахилу диска до горизонтальної площини.

В процесі експериментальних досліджень використовували основні положення ГОСТ 20315–75 «Сельскохозяйственная техника. Методика определения условий испытаний», ГОСТ 28714–2007. «Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний».

Для раціонального проведення експериментальних досліджень характеру розподілу мінеральних добрив приймали наступні значення режимів роботи експериментальної установки:

а) дослідження розсівання суперфосфату гранульованого за частоти обертання диска ТОН 600; 800 та 1000 об/хв. і кута нахилу диска до горизонтальної площини: 0°; 10°; 20°; 30°;

б) дослідження розсівання нітроамфоски за частоти обертання диска, 600 та 800 об/хв. і кута нахилу диска до горизонтальної площини: 0°; 10°; 20°; 30°;

в) дослідження розсівання селітри аміачної за частоти обертання диска ТОН 600 та 800 об/хв. і кута нахилу диска до горизонтальної площини: 0°; 10°; 20°; 30°.

При проведенні експериментальних досліджень процесу внесення мінеральних добрив ТОН використовувалися найбільш поширені в сільському господарстві добрива:

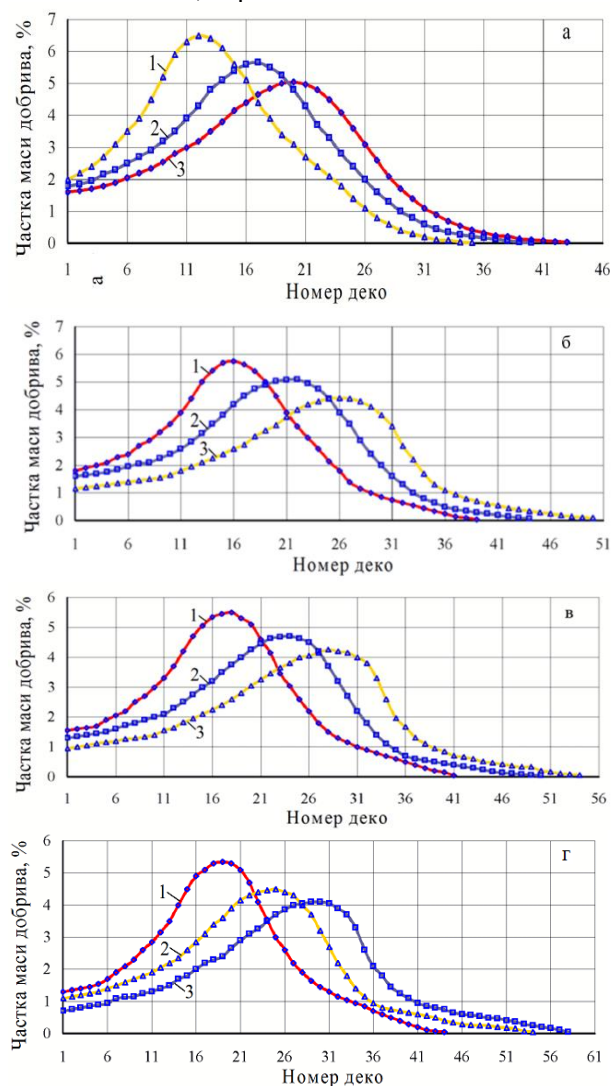
- суперфосфат гранульований;
- нітроамфоска;
- селітра аміачна.

**Основні результати дослідження.** В процесі експериментальних досліджень розсівання суперфосфату гранульованого дослідним зразком ТОН було встановлено вплив частоти його обертання, та кута нахилу диска до горизонтальної площини на розподіл добрива за напрямком його розсівання. Графічна інтерпретація результатів досліджень наведена на рис. 2 – 5.

За результатами дослідження встановлено, що при зміні кутах нахилу диска до горизонтальної площини в межах 0° – 30° збільшення частоти обертання диска призводить до збільшення як ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання, так і відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива. Наприклад, за частоти обертання диска 600 об/хв. та горизонтального положення диска ТОН суперфосфат гранульований ефективно розсівається на ділянці до 35 дека (17,5 м) включно (рис. 2 а), а максимальна частка маси висіяного добрива (6,5 %) попадатиме в 12 дека (6 м). Збільшення частоти обертання диска від 600 до 800 об/хв. призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату

гранульованого на рівні 40 дека (20 м). При цьому максимальний процент маси висіяного добрива (5,65 %) попадатиме в 17 дека (8,5 м). Тобто має місце збільшення ефективної дальності розсівання добрива на 14,3 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси добрива – на 41,7 % і зменшення зазначеної частки маси добрива в 1,15 разів.

Аналогічне явище має місце за збільшення частоти обертання диска ТОН від 800 до 1000 об/хв.: ефективна дальність розсівання суперфосфату гранульованого збільшується на 7,5 %, відстань від ТОН до дека з максимальною часткою висіяного добрива – 17,6 %, а максимальна частка маси добрива в дека зменшилась в 1,12 раз.



**Рис. 2. Залежність розподілу суперфосфату гранульованого ТОН за напрямком розсівання по деках від частоти обертання його диска: а, б, в, г – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0°, 10°, 20°, 30°; 1, 2, 3 – частота обертання диска відповідно 600; 800; 1000 об/хв.**

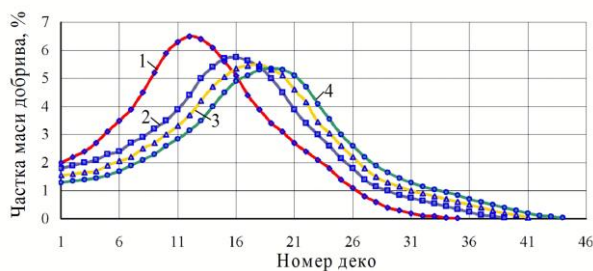


За отриманими результатами можна зробити висновок: збільшення частоти обертання диска призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого, що в свою чергу призводить до збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива, а також до зменшення максимальної частки маси висіяного добрива у деко. При цьому збільшення частоти обертання диска від 600 до 1000 об/хв. за горизонтального положення диска забезпечує збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 22,9 % та збільшення на 66,7 % відстані від ТОН дека з максимальною часткою маси висіяного добрива, яка зменшилась в 1,29 разів.

Описані закономірності впливу частоти обертання диска ТОН на розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання мають місце і за умови збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини (рис. 2 б – 2 г).

Для порівняльної оцінки впливу значень кута нахилу диска ТОН до горизонтальної площини на показники розсівання суперфосфату гранульованого отримані результати досліджень наведені на рис. 3 – 5 у вигляді графічних залежностей.

По мірі зростання кута установки диска до горизонтальної площини, більшому значенню кута нахилу диска відповідає графічна залежність, при якій розподіл всієї маси суперфосфату гранульованого характеризується відносним зміщенням вправо окремих його мас, висіяних в дека, на відносно більшу відстань від ТОН. Наприклад, при частоті обертання диска ТОН 600 об/хв. (рис. 3) за горизонтальної установки диска суперфосфат гранульований ефективно розсівається на ділянці до 35 дека (17,5 м) включно, максимальний процент добрива (6,5 %) попадає в 12 дека (6,0 м).



**Рис. 3. Залежність розподілу суперфосфату гранульованого ТОН за напрямком розсівання за частоти обертання диска 600 об/хв. від кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0°, 10°, 20°, 30°**

За установки диска під кутом 10° до горизонтальної площини суперфосфат гранульований ефективно розсівається на ділянці до 39 дека (19,5 м) включно, максимальна частка маси висіяного добрива (5,75 %) надходить в 16 дека (8 м). Збільшення кута установки диска ТОН до горизонтальної площини до 20° викликає зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на рівні 41 дека (21,5 м), збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 9 м (18 дека) та зменшення максимальної частки маси висіяного суперфосфату гранульованого в деко до 5,5 %. Коли зазначений кут зростає до 30°, то показники, що характеризують розподіл добрива по деках відповідно становлять: ефективна дальність розсівання – 22 м (44 дека), відстань від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – 9,5 м (19 дека), максимальна частка маси висіяного добрива в деко – 5,35 %.

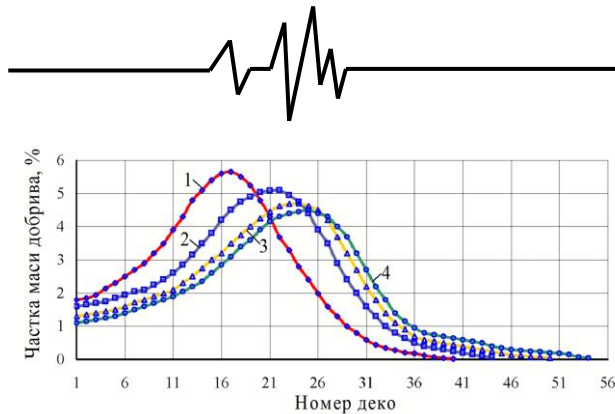
Отже за результатами дослідження було встановлено, що за частоти обертання диска ТОН 600 об/хв. зміна кута його установки до горизонтальної площини від 0° до:

- 10° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 11,4 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 33,3 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,13 разів;

- 20° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 17,1 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 50 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,18 разів;

- 30° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 30,3 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 58,3 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,21 рази.

За результатами досліджень впливу кута установки диска ТОН до горизонтальної площини при частоті його обертання 800 об/хв. на розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання встановлено (рис. 4), що збільшення кута його нахилу до 10° призводить до зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до рівня 44 дека (22 м) включно, збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 11 м (22 дека) та зменшення максимальної частки маси висіяного добрива в деко до 5,1 %.



**Рис. 4.** Залежність розподілу суперфосфату гранульованого ТОН за напрямком розсівання за частоти обертання диска 800 об/хв. від кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0°, 10°, 20°, 30°

Наступне збільшення кута між диском та горизонтальною площиною теж викликає зростання показників, що характеризують дальність розсівання суперфосфату гранульованого. Наприклад, збільшення кута установки диска ТОН до горизонтальної площини до 20° призводить до зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до 50 дека (25 м) включно, збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 12 м (24 дека) та зменшення максимальної частки маси висіяного суперфосфату гранульованого в дека до 4,7 %. Коли зазначений кут зростає до 30°, то показники, що характеризують розподіл добрива по деках відповідно становлять: ефективна дальність розсівання – 27 м (54 дека), відстань від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного суперфосфату гранульованого – 12,5 м (25 дека), максимальна частка маси висіяного добрива в дека – 4,5 %.

Таким чином за результатами дослідження було встановлено, що за частоти обертання диска ТОН 800 об/хв. зміна кута його установки до горизонтальної площини від 0° до:

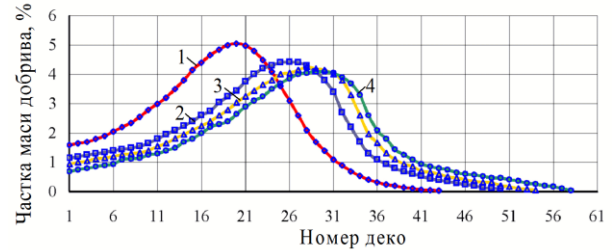
- 10° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 10 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 29,4 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,11 разів;

- 20° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 25 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 41,2 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,2 рази;

- 30° призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 35 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного

добрива – на 47,1 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,23 рази.

Результати досліджень впливу кута установки диска ТОН до горизонтальної площини при частоті його обертання 1000 об/хв. на розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання наведено у вигляді графічних залежностей на рис. 5.

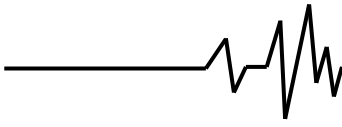


**Рис. 5.** Залежність розподілу суперфосфату гранульованого ТОН за напрямком розсівання по деках за частоти обертання диска 1000 об/хв. від кута його нахилу до горизонтальної площини: 1, 2, 3, 4 – кут нахилу диска до горизонтальної площини відповідно 0°, 10°, 20°, 30°

Встановлено, що збільшення кута нахилу диска ТОН до 10° призводить до зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до рівня 50 дека (25 м) включно, збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 13 м (26 дека) та зменшення зазначеної максимальної частки маси до 4,42 %. При наступному збільшенні кута між диском та горизонтальною площиною теж має місце зростання показників, що характеризують дальність розсівання суперфосфату гранульованого. Зокрема, збільшення кута установки диска ТОН до горизонтальної площини до 20° викликає зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого до 54 дека (27 м) включно, збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива до 14 м (28 дека) та зменшення максимальної частки маси висіяного суперфосфату гранульованого в дека до 4,25 %. Зазначена тенденція зміни досліджуваних показників характерна і при збільшенні кута нахилу диска до горизонтальної площини до 30°. За названої умови ефективна дальність розсівання суперфосфату гранульованого зростає до 29 м (58 дека), відстань від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного суперфосфату гранульованого – до 14,5 м (29 дека), а максимальна частка маси добрива в дека зменшується і становить 4,1 % від всієї його висіяної маси.

Базуючись на отриманих результатах досліджень можна зробити висновок: що за





частоти обертання диска ТОН 1000 об/хв. зміна кута його установки до горизонтальної площини від  $0^\circ$  до:

-  $10^\circ$  призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 16,3 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 30 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,14 разів;

-  $20^\circ$  призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 25,6 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 40 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,19 рази;

-  $30^\circ$  призводить до збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 34,9 %, відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива – на 45 % та зменшення зазначеної частки маси у 1,23 рази.

Результати дослідження розподілу суперфосфату гранульованого ТОН за напрямком його розсівання по деках показують, що зі збільшенням частоти обертання диска від 600 до 1000 об/хв. в межах всіх досліджуваних значень кута установки диска ТОН до горизонтальної площини, має місце зростання як ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого, так і відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива. Наприклад, збільшення ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого становить за кута:  $0^\circ$  – 22,9 %,  $10^\circ$  – 28,2 %,  $20^\circ$  – 31,7 %,  $30^\circ$  – 31,8 %, а збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива буде становити за кута:  $0^\circ$  – 66,7 %,  $10^\circ$  – 62,5 %,  $20^\circ$  – 55,5 %,  $30^\circ$  – 52,6 %.

При постійній частоті обертання диска ТОН на всіх кінематичних режимах його роботи збільшення кута установки диска ТОН до горизонтальної площини призводило до зростання показників, які характеризують розподіл суперфосфату гранульованого по деках за напрямком його розсівання. Зокрема, за частоти обертання диска ТОН 1000 об/хв. зростання ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого становить при збільшенні кута нахилу диска ТОН від горизонтального його положення до:  $10^\circ$  – 16,3 %,  $20^\circ$  – 25,6 %,  $30^\circ$  – 34,9 %, а збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива буде становити:  $10^\circ$  – 30 %,  $20^\circ$  – 40 %,  $30^\circ$  – 45 %.

Викладене підтверджує, що обертами диска ТОН можна регулювати ширину розсівання суперфосфату гранульованого при його установці під кутом до горизонтальної площини, аналогічно як це має місце в сучасних

машинах для внесення добрив за горизонтального положення диска ТО.

Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини призводить до зростання показників, які характеризують дальність розсівання суперфосфату гранульованого і робочу ширину захвату машини для внесення мінеральних добрив. При цьому інтенсивність збільшення зазначених показників є найбільш високою при збільшенні кута нахилу диска до горизонтальної площини від  $0^\circ$  до  $10^\circ$  і зменшується зазначена інтенсивність по мірі його наступного збільшення до  $30^\circ$ .

Отже, ТОН з похилою віссю обертання забезпечує зростання показників, що характеризують розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання, на більшу відстань ніж забезпечує ТО з вертикальною віссю обертання. Таким чином підтверджується гіпотеза щодо можливості збільшення робочої ширини захвату машин для внесення мінеральних добрив на операції внесення суперфосфату гранульованого шляхом обладнання таких машин ТОН.

Результати дослідження розподілу нітроамофоски ТОН за напрямком її розсівання по дека показали, що зі збільшенням частоти обертання диска від 600 до 800 об/хв. в межах всіх досліджуваних значень кута установки диска ТОН до горизонтальної площини, має місце зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски за напрямком її розсівання, що висівається в 21 дека (10,5 м). Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини до  $20^\circ$  призводить до збільшення ефективної дальності розсівання нітроамофоски на рівні 48 дека (24 м) включно, а також збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива (5,1 %) до 24 дека (12 м). Збільшення кута установки диска до горизонтальної площини, так і відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива. Наприклад, збільшення ефективної дальності розсівання нітроамофоски становить за кута:  $0^\circ$  – 15,2 %,  $10^\circ$  – 10,5 %,  $20^\circ$  – 20,0 %,  $30^\circ$  – 18,6 %, а збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива буде становити за кута:  $0^\circ$  – 25,0 %,  $10^\circ$  – 31,3 %,  $20^\circ$  – 41,2 %,  $30^\circ$  – 38,9 %.

При постійній частоті обертання диска ТОН на всіх кінематичних режимах його роботи збільшення кута установки диска ТОН до горизонтальної площини призводило до зростання показників, які характеризують розподіл нітроамофоски по дека за напрямком її розсівання. Зокрема, за частоти обертання диска ТОН 800 об/хв., зростання ефективної дальності розсівання нітроамофоски становить



при збільшенні кута нахилу диска ТОН від горизонтального його положення до:  $10^\circ$  – 10,5 %,  $20^\circ$  – 26,3 %,  $30^\circ$  – 34,2 %, а збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива буде становити:  $10^\circ$  – 40,0 %,  $20^\circ$  – 60,0 %,  $30^\circ$  – 66,7 %.

Викладене підтверджує, що обертами диска ТОН можна регулювати ширину розсівання нітроамофоски при його установці під кутом до горизонтальної площини, аналогічно як це має місце в сучасних машинах для внесення добрив за горизонтального положення диска ТОН.

Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини призводить до зростання показників, які характеризують дальність розсівання нітроамофоски і робочу ширину захвату машини для внесення мінеральних добрив. При цьому інтенсивність збільшення зазначених показників є найбільш високою при збільшенні кута нахилу диска до горизонтальної площини від  $0^\circ$  до  $10^\circ$  і зменшується по мірі його наступного збільшення до  $30^\circ$ .

Отже, ТОН з похилою віссю обертання забезпечує зростання показників, що характеризують розподіл нітроамофоски за напрямком її розсівання, на більшу відстань ніж забезпечує ТО з вертикальною віссю обертання. Таким чином підтверджується гіпотеза щодо можливості збільшення робочої ширини захвату машин для внесення мінеральних добрив на операції внесення нітроамофоски шляхом обладнання таких машин ТОН.

Результати дослідження розподілу селітри аміачної ТОН за напрямком її розсівання по дека показують, що зі збільшенням частоти обертання диска від 600 до 800 об/хв. в межах всіх досліджуваних значень кута установки диска ТОН до горизонтальної площини, має місце зростання як ефективної дальності розсівання селітри аміачної, так і відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива. Наприклад, збільшення ефективної дальності розсівання селітри аміачної становить за кута:  $0^\circ$  – 16,7 %,  $10^\circ$  – 11,4 %,  $20^\circ$  – 12,8 %,  $30^\circ$  – 11,9 %, а збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива буде становити за кута:  $0^\circ$  – 25,0 %,  $10^\circ$  – 33,3 %,  $20^\circ$  – 29,4 %,  $30^\circ$  – 27,8 %.

При постійній частоті обертання диска ТОН на всіх кінематичних режимах його роботи збільшення кута установки диска ТОН до горизонтальної площини призводило до зростання показників, які характеризують розподіл селітри аміачної по деках за напрямком її розсівання. Зокрема, за частоти обертання диска ТОН 800 об/хв., зростання ефективної дальності розсівання селітри аміачної становить

при збільшенні кута нахилу диска ТОН від горизонтального його положення до:  $10^\circ$  – 11,4 %,  $20^\circ$  – 25,7 %,  $30^\circ$  – 34,3 %, а збільшення відстані від ТОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива буде становити:  $10^\circ$  – 33,3 %,  $20^\circ$  – 46,7 %,  $30^\circ$  – 53,3 %.

Викладене підтверджує, що обертами диска ТОН можна регулювати ширину розсівання селітри аміачної при його установці під кутом до горизонтальної площини, аналогічно як це має місце в сучасних машинах для внесення добрив за горизонтального положення диска ТОН.

Збільшення кута нахилу диска до горизонтальної площини призводить до зростання показників, які характеризують дальність розсівання селітри аміачної і робочу ширину захвату машини для внесення мінеральних добрив. При цьому інтенсивність збільшення зазначених показників є найбільш високою при збільшенні кута нахилу диска до горизонтальної площини від  $0^\circ$  до  $10^\circ$  і зменшується по мірі його наступного збільшення до  $30^\circ$ .

Отже, ТОН з похилою віссю обертання забезпечує зростання показників, що характеризують розподіл селітри аміачної за напрямком її розсівання, на більшу відстань ніж забезпечує ТО з вертикальною віссю обертання. Таким чином підтверджується гіпотеза щодо можливості збільшення робочої ширини захвату машин для внесення мінеральних добрив на операції внесення селітри аміачної шляхом обладнання таких машин ТОН.

#### **Висновки.**

1. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що дисковий тукорозсівний робочий орган, осі якого установлені похило, надійно забезпечує виконання технологічного процесу при зміні частоти обертання його диска від 600 до 1000 об/хв. і зміні кута установки диска до горизонту від  $0^\circ$  до  $30^\circ$ .

2. Раціональні значення частоти обертання диска нового робочого органу становлять на внесенні суперфосфату гранульованого – 1000 об/хв., а на внесенні азотних та комплексних видів добрив – 800 об/хв.

3. Збільшення як частоти обертання диска нового робочого органу від 600 до 1000 об/хв., так і кута його нахилу до горизонтальної площини від  $0^\circ$  до  $30^\circ$  призводило до:

- суттєвого зміщення всієї маси добрив від робочого органу за напрямком їх розсівання;
- збільшення ефективної дальності розсівання мінеральних добрив;



– збільшення відстані від робочого органу до деко, в яке висіялась максимальна частка маси добрив;

– відносного зменшувалась максимальної частки маси добрив висіяних в деко.

4. За всіх досліджуваних кінематичних режимів роботи нового робочого органу ефективна дальність розсівання мінеральних добрив та відстань від нього до деко з максимальною часткою маси висіяного добрива найбільш стрімко зростають при збільшенні кута нахилу диска до горизонтальної площини від 0° до 10°, а найменше при зміні значеного кута в межах 20° – 30°.

5. Збільшення кута нахилу диска робочого органу до горизонтальної площини від 0° до 30° за частоти обертання диска 1000 об/хв. призводить до збільшення: ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 34,9 %, відстані від робочого органу до деко з максимальною часткою маси висіяного добрива на 45,0 % та зменшення зазначеної частки маси добрива у 1,23 разів.

6. Збільшення кута нахилу диска робочого органу до горизонтальної площини від 0° до 30° за частоти обертання диска 800 об/хв. призводить до збільшення: ефективної дальності розсівання нітроамофоски на 34,2 %, відстані від робочого органу до деко з максимальною часткою маси висіяного добрива на 66,7 % та зменшення зазначеної частки маси добрива у 1,19 разів; ефективної дальності розсівання селітри аміачної на 34,3 %, відстані від робочого органу до деко з максимальною часткою маси висіяного добрива на 53,3 % та зменшення зазначеної частки маси добрива у 1,19 разів.

7. Кращі показники внесення добрив як за робочою шириною захвату так за нерівномірністю внесення добрив забезпечуються за кута нахилу диску нового робочого органу до горизонтальної площини в межах 25°–30°.

#### Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Аналіз рівнянь розгону частинки мінеральних добрив відцентровим розсівальним органом. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2004. С. 327-333.

2. Михайленко В.П. Дослідження розкидального апарата відцентрового типу для внесення мінеральних добрив. *Механізація і електрифікація сільського господарства*. 1969. Вип. 11. С. 40-44.

3. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Землеробство майбутнього і техніка для нього. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 11. С. 55-60.

4. Кореньков Д.А. Продуктивное использование минеральных удобрений. Москва : Россельхозиздат, 1985. 221 с.

5. Удобрения, их свойства и способы использования / Д.А.Кореньков и др.; за ред. Д. А. Коренькова. Москва : Колос, 1982. 415 с.

6. Штуков М.К., Гіліс Р.М., Ярошенко В.Ф. Динамічний аналіз руху частинки вздовж прямолінійної напрямної диска, що обертається. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 1991. Вип. 73. С. 66-71.

7. Гіліс М.Б. Локальне внесення добрив. Київ: УАСГН, 1962. 192 с.

8. Кушилкін Б.А. Дифференцированная подача минеральных удобрений на центробежный аппарат. *Записки Воронежского сельскохозяйственного института*. 1972. Том 53. С. 138-143.

9. Кушилкін Б.А. Исследование процесса высева минеральных удобрений горизонтальным роторным аппаратом. Автореф. канд. техн. наук. Воронеж: Воронежский лесотехнический институт, 1966. 18 с.

10. Кушилкін Б.А. Исследование центробежных разбрасывателей минеральных удобрений. *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства*. 1966. № 4. С. 10-15.

11. Кушилкін Б.А. Центробежный аппарат к прицепу – разбрасывателю РПТ-2,0. *Техника в сельском хозяйстве*. 1964. № 6. С. 82-85.

12. Морин И.В. *Некоторые закономерности распределения удобрений центробежными аппаратами*. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1967. № 3. С. 29-31.

13. Адамчук В.В. Дослідження загального випадку розгону мінеральних добрив відцентровим розсівальним органом. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 12. С. 51-57.

#### References

1. Adamchuk V.V. Analiz rivnyan' roz-honu chastynky mineral'nykh dobryv vidtsentrovym rozsilval'nym orhanom. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi tekhniki i tekhnolohiy dlya sil's'koho hospodarstva Ukrainy*. 2004. S. 327-333.

2. Mykhaylenko V.P. Doslidzhennya rozkydal'noho aparata vidtsentrovoho typu dlya vnesennya mineral'nykh dobryv. *Mekhanizatsiya i elektryfikatsiya sil's'koho hospodarstva*. 1969. Vyp. 11. S. 40-44.

3. Adamchuk V.V., Moysyenko V.K. Zemlerobstvo maybutn'oho i tekhnika dlya n'oho. *Visnyk ahrarnoyi nauky*. 2001. № 11. S. 55-60.





4. Koren'kov D.A. Produktivnoye yspol'zovanye myneral'nykh udobrennyy. Moskva : Rossel'khozyzdat, 1985. 221 s.

5. Udobrenyya, ykh svoystva y sposoby yspol'zovanyya / D.A.Koren'kov y dr.; za red. D. A. Koren'kova. Moskva : Kolos, 1982. 415 s.

6. Shtukov M.K., Hilis R.M., Yaroshenko V.F. Dynamichnyy analiz rukhu chastynky vzdovzh pryamolinynoyi napryamnoyi dyska, shcho obertayet'sya. Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya sil'skoho hospodarstva. 1991. Vyp. 73. S. 66-71.

7. Hilis M.B. Lokal'ne vnesennya dobryv. Kyiv: UAS-HN, 1962. 192 s.

8. Kushylkyn B.A. Dyfferentsyrovannaya podacha myneral'nykh udobrennyy na tsentrobezhnyy apparat. Zapysky Voronezhskoho sel'skokhozyaystvennoho ynstytuta. 1972. Tom 53. S. 138-143.

9. Kushylkyn B.A. Yssledovanye protsessa vyseva myneral'nykh udobrennyy horizontal'nym rotornym apparatom. Avtoref. ... kand. tekhn. nauk. Voronezh: Voronezhskyy lesotekhnicheskyy ynstytut, 1966. 18 s.

10. Kushylkyn B.A. Yssledovanye tsentrobezhnykh razbrasyvateley myneral'nykh udobrennyy. Mekhanyzatsyya y elektryfikatsyya sotsyalystycheskoho sel'skoho khozyaystva. 1966. № 4. S. 10-15.

11. Kushylkyn B.A. Tsentrobezhnyy apparat k prytopsu – razbrasyvatelyu RPT- 2,0. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 1964. № 6. S. 82-85.

12. Moryn Y.V. Nekotorye zakonomernosty raspredelenyya udobrennyy tsentrobezhnyy aparatamy. Mekhanyzatsyya y elektryfikatsyya sotsyalystycheskoho sel'skoho khozyaystva. 1967. № 3. S. 29-31.

13. Adamchuk V.V. Doslidzhennya zahal'noho vypadku roz'honu mineral'nykh dobryv vidtsentrovym rozsival'nym orhanom. Visnyk aharnoyi nauky. 2003. № 12. S. 51-57.

#### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НОВЫМ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

Использование центробежных дисковых тукорассеивающих рабочих органов, оси которых установлены наклонно, в технологическом процессе внесения минеральных удобрений обеспечивает рост показателей, характеризующих распределение технологического материала по направлению его рассева, на большее расстояние чем обеспечивают тукорассеивающие рабочие органы с вертикальной осью вращения. Таким образом, подтверждается гипотеза о возможности увеличения рабочей ширины захвата машин для внесения минеральных

удобрений путем оборудования таких машин центробежными дисковыми тукорассеивающими рабочими органами, оси которых установлены наклонно.

Экспериментальные исследования проведены с использованием разработанных методик и действующих государственных стандартов, регрессионного анализа, статистических методов обработки результатов исследований, стандартного и специально созданного экспериментального оборудования. Расчеты выполняли с применением программной среды Microsoft Office Excel 2007.

В результате экспериментальных исследований установлено, что дисковый тукорассеивающий рабочий орган, ось которого размещена наклонно, надежно обеспечивает выполнение технологического процесса при изменении частоты вращения его диска от 600 до 1000 об / мин. и изменении угла установки диска к горизонту от 0 до 30°.

При всех исследуемых кинематических режимах работы нового рабочего органа, эффективная дальность рассева минеральных удобрений и расстояние от него до лотка с максимальной долей массы высевных удобрений наиболее стремительно растут, при увеличении угла наклона диска к горизонтальной плоскости от 0 до 10°, а меньше всего при изменении указанного угла в пределах 20° - 30°.

Лучшие показатели внесения удобрений, как по рабочей ширине захвата, так по неравномерности внесения удобрений обеспечиваются при угле наклона диска нового рабочего органа в горизонтальной плоскости в пределах 25°-30°.

Ключевые слова: рабочий орган, минеральные удобрения, диск, качество, производительность, параметры, лопатки.

#### **EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE PROCESS OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS BY A NEW CENTRIFUGAL WORKING BODY**

The use of centrifugal disk fertilizer spreaders, the axes of which are set obliquely, in the technological process of mineral fertilizers provides an increase indicators characterizing the spreading of technological material in the direction of its scattering, at a greater distance than fertilizer spreaders with vertical axis of rotation. Thus, the hypothesis of the possibility of increasing the working width of the machine for applying mineral fertilizers by equipping such machines with centrifugal disk fertilizer spreaders, the axes of which are set at an angle, is confirmed.

Experimental research was conducted using the developed methods and current state



standards, regression analysis, statistical methods of processing research results, standard and specially designed experimental equipment. The calculations were performed using the software environment Microsoft Office Excel 2007.

As a result of experimental researches it is established that the centrifugal disk fertilizer spreaders which axis is placed inclined, reliably provides performance of technological process at change of frequency of rotation of its disk from 600 to 1000 rpm and changing the angle of installation of the disk to the horizon from 0° to 30°.

For all studied kinematic modes of operation of the new working body, the effective scattering range of mineral fertilizers and the

distance from it to the tray with the maximum share of the mass of sown fertilizer increase most rapidly with increasing disk angle to the horizontal plane from 0° to 10°, and least when changing the angle within 20° - 30°.

The best indicators of fertilizer application both in terms of working width of capture and in terms of uneven application of fertilizers are provided at the angle of inclination of the disk of the new working body to the horizontal plane within 25°-30°.

Key words: working body, mineral fertilizers, disk, quality, productivity, parameters, shovels.

### **Відомості про авторів**

**Булгаков Володимир Михайлович** – академік НААН, д.т.н., професор кафедри механіки Національний університет біоресурсів і природокористування України, 12В, вул. Героїв Оборони, м. Київ, 03041 e-mail: [vbulgakov@meta.ua](mailto:vbulgakov@meta.ua).

**Адамчук Олег Валерійович** – інженер, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук, 11, вул. Вокзальна, смт Глеваха, Васильківський район, Київська область, Україна 08631 e-mail: [agropro.naan.admin@ukr.net](mailto:agropro.naan.admin@ukr.net).

**Кувачов Володимир Петрович** к.т.н., доцент кафедри «Машиновикористання в землеробстві», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 18, пр. Б. Хмельницького, м. Мелітополь, Запорізька обл. Україна, 72312, email: [volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua](mailto:volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua).

**Бабин Ігор Анатолійович** – асистент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [babyn@vsau.vin.ua](mailto:babyn@vsau.vin.ua)).

**Булгаков Владимир Михайлович** - академик НААН, д.т.н., профессор кафедры механики Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборони, 12В., Г. Киев, 03041 e-mail: [vbulgakov@meta.ua](mailto:vbulgakov@meta.ua).

**Адамчук Олег Валерьевич** - инженер, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» Национальной академии аграрных наук, ул. Вокзальная, пгт Глеваха, Васильковский район, Киевская область, Украина 08631 e-mail: [agropro.naan.admin@ukr.net](mailto:agropro.naan.admin@ukr.net).

**Кувачов Владимир Петрович** к.т.н., доцент кафедры «Машиноиспользование в земледелии», Таврический государственный агротехнологический университет имени Дмитрия Моторного, пр. Б. Хмельницкого, 18, г. Мелитополь, Запорожская обл. Украина, 72312, email: [volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua](mailto:volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua)

**Бабин Игорь Анатольевич** – асистент кафедри машин и оборудования сельскохозяйственного производства, Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: [babyn@vsau.vin.ua](mailto:babyn@vsau.vin.ua))

**Bulgakov Volodymyr** - Academician of NAAS, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 12B, vul. Heroes of Defense, Kyiv, 03041 e-mail: [vbulgakov@meta.ua](mailto:vbulgakov@meta.ua).

**Adamchuk Oleh** - engineer, National Research Center "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture" of the National Academy of Agrarian Sciences, 11, st. Vokzalna, Glevakha township, Vasylkiv district, Kyiv region, Ukraine 08631 e-mail: [agropro.naan.admin@ukr.net](mailto:agropro.naan.admin@ukr.net).

**Kuvachov Volodymyr** Ph.D., Associate Professor of the Department of "Machine Use in Agriculture", Tavriya State Agrotechnological University named after Dmytro Motorny, 18, B. Khmelnytsky Ave., Melitopol, Zaporizhia region. Ukraine, 72312, email: [volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua](mailto:volodymyr.kuvachov@tsatu.edu.ua).

**Babyn Ihor** – assistant of the department of machines and equipment of agricultural production, Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: [babyn@vsau.vin.ua](mailto:babyn@vsau.vin.ua)).