



# Механізація, електрифікація

УДК 631.3-182.7

© 2022

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШИРИНИ ЗАХВАТУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ НА ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ

*В.В. Адамчук<sup>1</sup>, В.М. Булгаков<sup>2</sup>, В.Т. Надикто<sup>3</sup>,  
В.М. Кюрчев<sup>4</sup>, В.Ф. Камінський<sup>5</sup>*

*<sup>1,2</sup>доктори технічних наук, професори, академіки НААН*

*<sup>3,4</sup>доктори технічних наук, професори, члени-кореспонденти НААН*

*<sup>5</sup>доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН*

*<sup>1</sup>Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН  
вул. Вокзальна, 11, смт Глеваха Фастівського р-ну Київської обл., 08631, Україна*

*<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна*

*<sup>3,4</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного  
просп. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь Запорізької обл., 72312, Україна*

*<sup>5</sup>ННЦ «Інститут землеробства НААН»*

*вул. Машинобудівників, 2б, смт Чабани Фастівського р-ну  
Київської обл., 08162, Україна*

*e-mail: <sup>1</sup>vvadamtchuk@gmail.com, <sup>2</sup>vbulgakov@meta.ua, <sup>3</sup>nadyktonvt@meta.ua,  
<sup>4</sup>office@tsatu.edu.ua, <sup>5</sup>iznaan@ukr.net*

*ORCID: <sup>1</sup>0000-0003-0358-7946, <sup>2</sup>0000-0003-3445-3721, <sup>3</sup>0000-0002-1770-8297,  
<sup>4</sup>0000-0003-4377-1924, <sup>5</sup>0000-0002-9668-6742*

Надійшла 28.08.2022

**Мета.** Підвищити технічну ефективність використання широкозахватних машинно-тракторних агрегатів способом устанавлення закономірностей щодо зменшення ними невикористаних витрат часу. **Методи.** Використання основ класичної теорії експлуатації машинно-тракторних агрегатів і методів наукового аналізу отриманих результатів теоретичних досліджень. **Результати.** Теоретичними дослідженнями устанавлено, що зі збільшенням ширини захвату агрегату величина коефіцієнта використання ним робочих ходів зменшується до 8% і більше. Інтенсивність цього зменшення тим більша, чим менша довжина гону поля. Зменшення швидкості переміщення широкозахватного машинно-тракторного агрегату на поворотній смузі щодо швидкості робочого руху призводить до небажаного зменшення значення коефіцієнта використання його робочих ходів. **Висновки.** Отримано нову аналітичну залежність (9), яка розкриває закономірності взаємозв'язку між коефіцієнтом використання робочих ходів машинно-тракторного агрегату з робочою шириною його захвату і параметрами поля (площею та довжиною

гону) з урахуванням співвідношення між швидкостями руху на робочому гоні і поворотній смузі. Для утримання невикористаних витрат часу машинно-тракторного агрегату на прийнятному рівні слід урахувати: 1) коефіцієнт використання робочих ходів широкозахватним агрегатом за незмінного значення його ширини захвату і довжини робочого гону мало залежить від розміру площі оброблюваного поля; 2) кожному значенню ширини захвату агрегату має відповідати певне значення довжини робочого гону поля, визначеного аналітично залежністю (10); 3) чим більше швидкість руху широкозахватного агрегату на поворотній смузі відрізняється у бік зменшення від швидкості його переміщення на робочому гоні, тим більшим має бути довжина останнього.

**Ключові слова:** продуктивність, площа поля, робочий хід, поворот, довжина гону, швидкість руху, коефіцієнт використання робочих ходів.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-04>

Одним із головних показників техніко-економічної ефективності машинно-тракторного агрегату є продуктивність його роботи. На сучасному етапі аграрного виробництва найперспективнішим напрямом її зростання є збільшення робочої ширини захвату  $V_p$  машинно-тракторного агрегату [1]. Для багатьох сучасних зразків сільськогосподарської техніки значення цього параметра нині сягає вже 24–36 м.

Водночас збільшення конструктивної ширини захвату агрегатів має свої межі. Вельми дієвими обмежувальними чинниками є такі розміри машинно-тракторного агрегату, як ширина і довжина. По-перше, чим більша ширина захвату машинно-тракторного агрегату, тим складніше узгодити його транспортний габарит з вимогами правил дорожнього руху мобільних технічних засобів. По-друге, сучасні широкозахватні машинно-тракторні агрегати є зазвичай причіпними або напівнавісними, що істотно збільшує їхню кінематичну довжину  $L_k$  і може бути причиною збільшення (порівняно з навісними машинно-тракторними агрегатами) радіуса повороту  $R_a$  як під час транспортного, так і робочого руху на полі [2].

Зазначимо, що збільшення параметрів  $V_p$ ,  $L_k$  і  $R_a$  однозначно зумовлює небажане зростання й ширини поворотних смуг на полі і потенційно — час маневрування машинно-тракторних агрегатів на них. У підсумку це може призвести до збільшення невикористаних витрат часу з подальшим

відповідним зменшенням коефіцієнта використання зміни, а отже, продуктивності роботи широкозахватного агрегату і, зрештою, до зниження його техніко-економічної ефективності.

Розглянемо докладно експлуатаційні показники й взаємозв'язки між ними з урахуванням наведених параметрів машинно-тракторних агрегатів. Одним із показників оцінювання невикористаних витрат часу роботи машинно-тракторного агрегату на полі є коефіцієнт використання його робочих ходів  $\varphi$ . Його значення визначаємо за таким виразом [3]:

$$\varphi = \frac{T_1}{T_1 + T_2}, \quad (1)$$

де  $T_1$ ,  $T_2$  — сумарні витрати часу агрегатом на здійснення ним робочих ходів і поворотів відповідно.

Нині в науковій літературі знайшли відображення дослідження, здійснені у напрямі встановлення закономірностей впливу розмірів поля (площа, довжина робочого гону, ширина поворотної смуги та ін.) і параметрів машинно-тракторних агрегатів  $V_p$ ,  $L_k$ ,  $R_a$  на величину коефіцієнта  $\varphi$  [4–12]. Аналіз цих робіт свідчить, що у більшості із них йдеться про методику визначення цього показника і його отримання для того чи іншого конкретного машинно-тракторного агрегату. Загального й предметного оцінювання впливу ширини захвату і швидкості руху агрегату, а також площі поля, довжини робочого гону тощо на динаміку

зміни коефіцієнта  $\varphi$  майже не досліджено. Особливо на тому рівні, який би був зрозумілим і корисним для ефективного використання саме широкозахватних машинно-тракторних агрегатів.

Більшість рекомендацій, які висловлюються за даними розрахунками, зводяться до того, що широкозахватні машинно-тракторні агрегати доцільно використовувати лише на полях, площі яких становлять не менше 300 га з довжинами гону понад 400 м [13]. Інші дослідники вважають, що довжина гону особливо значення на цей показник не має. Зв'язок між шириною захвату машинно-тракторного агрегату і таким показником, як коефіцієнт  $\varphi$  використання його робочих ходів у більшості опублікованих робіт оцінюється лише опосередковано.

Усе це свідчить про те, що нині немає чітких науково-обґрунтованих закономірностей, які б надавали раціонального (якщо не оптимального) алгоритму досягнення відповідної ефективності від застосування широкозахватних машинно-тракторних агрегатів саме за цими показниками.

**Мета досліджень** — підвищити технічну ефективність використання широкозахватних машинно-тракторних агрегатів способом установлення закономірностей щодо зменшення ними невиробничих витрат часу.

**Методи дослідження** побудовані на використанні основ класичної теорії експлуатації машинно-тракторних агрегатів і методів наукового аналізу отриманих результатів теоретичних досліджень.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Розглянемо схему руху широкозахватного машинно-тракторного агрегату на полі. У подальшому аналізі під «широкозахватним» машинно-тракторним агрегатом розглядатимемо такий, який за своїми конструктивними особливостями здатний на поворотній смузі поля реалізовувати найпростіший спосіб повороту — безпелльовий круговий [3], за якого мінімальний радіус повороту агрегату  $R_a$  з достатньою для практики точністю становить половину його ширини захвату  $B_p$  (рис. 1).

Саме у такому разі кількість робочих ходів  $n_p$  машинно-тракторного агрегату можна знайти із такого аналітичного виразу:

$$n_p = \frac{S_f \cdot 10^4}{L_q \cdot B_p}, \quad (2)$$

де  $S_f$  — площа поля, га;  $L_q$  — довжина гону (робочого ходу) машинно-тракторного агрегату, м.

Вираз (2) отримано з урахуванням таких припущень. По-перше, ширина поля, яку наведено у ньому відношенням  $(S_f \cdot 10^4) \cdot L_q^{-1}$ , насправді є дещо меншою, оскільки довжина гону поля  $L_q$  є меншою за його фактичну довжину  $L_f$  на ширину двох поворотних смуг. Водночас у здійснюваних нами подальших обчисленнях різниця між параметрами  $L_q$  і  $L_f$  є настільки малою, що нею можна знехтувати. По-друге, залежність (2) справедлива за умови, якщо співвідношення  $(S_f \cdot 10^4) \cdot L_q^{-1}$  є кратним параметру  $B_p$ . Як свідчить практика, імовірність цього досить висока, а тому є цілком прийнятною у цьому теоретичному дослідженні.

За робочого руху зі швидкістю  $V_p$  на здійснення  $n_p$  робочих ходів той чи інший широкозахватний машинно-тракторний агрегат витратить час  $T_1$ , який можна обчислити за таким виразом:

$$T_1 = \frac{S_f \cdot 10^4}{V_q \cdot B_p}. \quad (3)$$

За означеного й показано на рис. 1 способу руху машинно-тракторного агрегату на поворотній смузі кількість здійснених ним

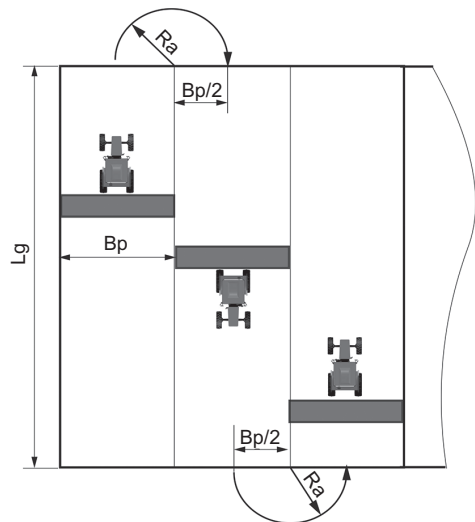


Рис. 1. Схема руху широкозахватного машинно-тракторного агрегату на полі

поворотів  $n_x$  буде завжди меншою на 1 від кількості робочих ходів  $n_p$ , тому:

$$n_x = n_p - 1 = \frac{S_f \cdot 10^4}{L_q \cdot B_p} - 1. \quad (4)$$

За умови повороту широкозахватного машинно-тракторного агрегату по траєкторії півкола (див. рис. 1) він проходить шлях, який дорівнює  $\pi \cdot R_a$  або  $\pi \cdot R_p \cdot 2^{-1}$ . За таких обставин час  $t_x$  руху агрегату на поворотній смузі, виконуваний зі швидкістю  $V_x$ , становитиме:

$$t_x = \frac{\pi \cdot B_p}{2 \cdot V_x}. \quad (5)$$

Сучасний технологічний регламент передбачає, що машинно-тракторний агрегат на поворотній смузі має переміщатися зі швидкістю, яка є принаймні не меншою за швидкість його робочого руху, тобто:

$$V_x = k \cdot V_p, \quad (6)$$

де коефіцієнт  $k \geq 1,0$ .

Зазначимо, що вимогу (6) на практиці досить часто не виконують. Насправді значення коефіцієнта  $k$  може знижуватися до позначки 0,75 і навіть менше. Ще раз підкреслимо, що для досягнення найефективнішої роботи широкозахватного машинно-тракторного агрегату слід намагатися реалізувати такий режим його маневрування на поворотній смузі, за якого значення коефіцієнта  $k$  перевищуватиме 1.

Зрештою з урахуванням вимоги (6) залежність (5) трансформується до такого виразу:

$$t_x = \frac{\pi \cdot B_p}{2 \cdot k \cdot V_p}. \quad (7)$$

Зважаючи на залежності (4) і (7), загальний час виконання усіх кругових поворотів широкозахватним машинно-тракторним агрегатом на полі  $T_2$  можна обчислити, використовуючи такий вираз:

$$T_2 = \frac{\pi \cdot B_p}{2 \cdot k \cdot V_p} \cdot \left( \frac{S_f \cdot 10^4}{L_q \cdot B_p} - 1 \right). \quad (8)$$

Підставивши вирази (3) і (8) в (1), після відповідних перетворень отримаємо залежність для обчислення коефіцієнта  $\varphi$  використання робочих ходів широкозахватного машинно-тракторного агрегату:

$$\varphi = 1 \cdot \left[ 1 + \frac{\pi \cdot B_p}{2 \cdot k} \cdot \left( \frac{1}{L_q} - \frac{B_p}{S_f \cdot 10^4} \right) \right]^{-1}. \quad (9)$$

Як впливає із аналізу виразу (9), коефіцієнт  $\varphi$  використання робочих ходів машинно-тракторного агрегату не залежить від швидкості його робочого руху і мало (за незмінного значення ширини захвату агрегату) залежить від площі поля  $S_f$ . Останнє пояснюється тим, що параметр  $S_f$  разом із множителем  $10^4$  (у знаменнику) набагато переважає значення параметра  $B_p$  (у чисельнику). Завдяки цьому відношення  $B_p \cdot (S_f \cdot 10^4)^{-1}$  є малим, а тому відповідно неістотно впливає на значення коефіцієнта  $\varphi$  використання робочих ходів машинно-тракторного агрегату.

Обчислено значення коефіцієнта  $\varphi$  використання робочих ходів машинно-тракторного агрегату залежно від різної ширини захватів і площі полів (таблиця).

На значення оцінюваного показника  $\varphi$  дуже впливають ширина захвату агрегату  $B_p$  і довжина робочого гону поля  $L_q$ . Як свідчить аналіз, зі збільшенням параметра  $B_p$  величина коефіцієнта  $\varphi$  зменшується, до того ж тим інтенсивніше, чим менша довжина гону поля  $L_q$  (рис. 2).

За обчислень, проведених на ПК, побудовано графічні залежності (рис. 2–4). Аналіз цих графічних залежностей свідчить, що за зменшення значення  $L_q$  з 1200 до 800 м (тобто у 1,5 раза) значення коефіцієнта  $\varphi$  зменшується тільки на 1,0–2,5% (криві 2 і 3, рис. 2). Причому більшої різниці значень оцінюваного показника (тобто коефіцієнта  $\varphi$ ) відповідають більші значення ширини захвату  $B_p$  машинно-тракторного агрегату. Натомість подальше зменшення довжини гону  $L_q$  поля з 800 до 400 м (тобто удвічі) призводить до падіння значення коефіцієнта  $\varphi$  використання робочих ходів машинно-тракторного агрегату на 3,0–6,7% (крива 1, рис. 2).

Загалом зменшення параметра  $L_q$  з 1200 до 400 м (тобто утричі) призводить до відповідного зниження значення коефіцієнта  $\varphi$  на 3,5–8,3%. Звернемо увагу ще й на те, що крутизна падіння значень коефіцієнта  $\varphi$  від зростання ширини захвату агрегату за довжини гону поля 400–800 м менша, ніж за значення цього параметра на рівні 1400 м.

**Залежність коефіцієнта  $\phi$  використання робочих ходів машинно-тракторного агрегату від ширини його захвату  $V_p$  за різних значень площі поля з довжиною гону 800 м**

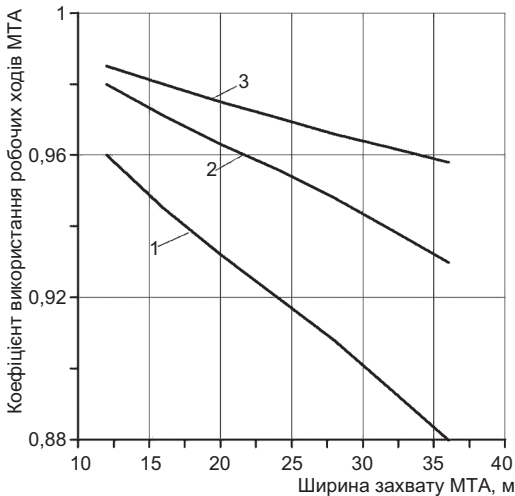
Ширина захвату машинно-тракторного агрегату, м	Коефіцієнт використання робочих ходів машинно-тракторних агрегатів за площі поля, га			
	40	70	100	130
12	0,970	0,970	0,970	0,970
16	0,961	0,961	0,960	0,960
20	0,952	0,951	0,951	0,951
24	0,944	0,943	0,942	0,942
28	0,935	0,934	0,933	0,933
32	0,927	0,925	0,925	0,924
36	0,920	0,917	0,916	0,916

На практиці це означає, що бажана тенденція підвищення продуктивності роботи машинно-тракторного агрегату збільшенням ширини його захвату  $V_p$  передбачає проведення тієї чи іншої технологічної операції на полі з можливо більшою довжиною робочого гону.

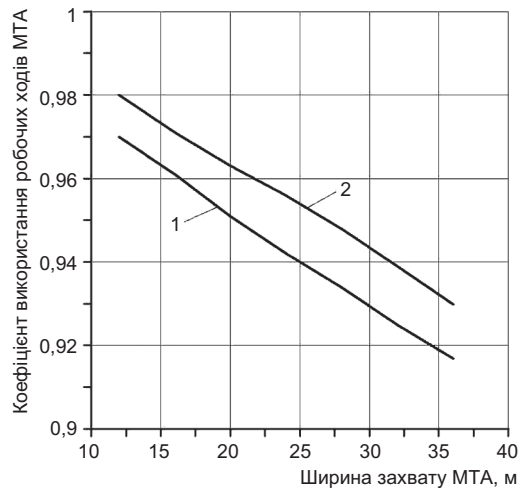
Ширина захвату  $V_p$  машинно-тракторного агрегату ще більше впливає на величину коефіцієнта  $\phi$  використання його робочих ходів за умови, коли значення коефіцієнта  $k$  є меншим за 1. Отримання його, наприклад, на рівні 0,75 щодо рівня  $k = 1$  зумовлює

зменшення значення  $\phi$  більше ніж на 3% (рис. 3).

Отже, чим більше швидкість руху широкозахватного машинно-тракторного агрегату на поворотній смузі відрізнятиметься у бік зменшення від швидкості його переміщення на робочому гоні, тим нижчою буде технічна (а водночас і економічна) ефективність використання такого агрегату. А це свідчить про те, що швидкість руху широкозахватного машинно-тракторного агрегату на поворотній смузі має бути принаймні не меншою за швидкість його робочого руху.

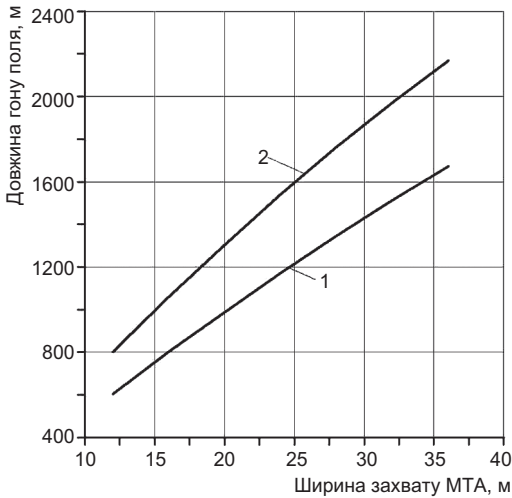


**Рис. 2.** Залежність коефіцієнта  $\phi$  використання робочих ходів машинно-тракторного агрегату (МТА) від ширини його захвату  $V_p$  за різних значень довжини гону  $L_q$  поля: 1 – 400 м; 2 – 800 м; 3 – 1200 м



**Рис. 3.** Залежність коефіцієнта  $\phi$  використання робочих ходів машинно-тракторного агрегату від ширини його захвату  $V_p$  за різних значень коефіцієнта  $k$ : 1 –  $k = 0,75$ ; 2 –  $k = 1,0$





**Рис. 4.** Залежність довжини гону  $L_q$  поля від ширини захвату  $B_p$  машинно-тракторного агрегату за значення коефіцієнта  $\varphi=0,98$  і різних значень коефіцієнта  $k$ : 1 –  $k=1,0$ ; 2 –  $k=0,75$

Аналітичний аналіз виразу (9) свідчить, що для забезпечення роботи широкозахватного машинно-тракторного агрегату із наперед заданим значенням коефіцієнта  $\varphi$  параметри  $L_q$ ,  $B_p$ ,  $S_f$  і  $k$  мають бути у певному співвідношенні. Одним із його можливих варіантів є такий:

$$L_q = \frac{\pi \cdot \varphi \cdot B_p}{2 \cdot k \cdot \left[ \varphi \cdot \left( \frac{\pi \cdot B_p^2}{2 \cdot k \cdot S_f \cdot 10^4} - 1 \right) + 1 \right]} \cdot (10)$$

## Висновки

Отримано нову аналітичну залежність (9), яка розкриває закономірності взаємозв'язку між коефіцієнтом використання робочих ходів машинно-тракторного агрегату з робочою шириною його захвату і параметрами поля (площею та довжиною гону) з урахуванням співвідношення між швидкостями руху на робочому гоні і поворотній смузі. Для утримування невиробничих витрат часу машинно-тракторного агрегату на прийнятному рівні слід урахувувати:

- коефіцієнт використання робочих ходів широкозахватним агрегатом за

Графічна інтерпретація залежності (10), отримана для фіксованого значення коефіцієнта  $\varphi$  на рівні 0,98, показує, що зі збільшенням ширини захвату  $B_p$  машинно-тракторного агрегату з 12 до 36 м за  $k=1$  довжина гону  $L_q$  поля має відповідно зростати від 600 до 1600 м відповідно (рис. 4).

Якщо ж значення коефіцієнта  $\varphi$ , для прикладу, становитиме при цьому на рівні 0,75 (крива 2, рис. 4), то довжина гону  $L_q$  поля має зростати у 2,75 раза: із 800 м (за  $B_p = 12$  м) до 2200 м (за  $B_p = 36$  м).

Отже, наведені на рис. 4 графічні залежності наочно підтверджують сформульовані нами вище твердження:

- кожній ширині захвату  $B_p$  машинно-тракторного агрегату має відповідати певне значення довжини робочого гону  $L_q$  поля;
- чим більше швидкість руху широкозахватного машинно-тракторного агрегату на поворотній смузі відрізняється у бік зменшення від швидкості його переміщення на робочому гоні, тим більшим має бути довжина останнього.

Цілком зрозуміло, що практична реалізація цих вимог передбачає проведення багатьох організаційних заходів, пов'язаних з переформатуванням складноконтурних оброблюваних масивів у поля правильної форми, позбавлених будь-яких перешкод. І такий підхід тим актуальніший, чим більшого застосування знаходять широкозахватні машинно-тракторні агрегати і тим кращими будуть їхні експлуатаційні показники.

незмінного значення ширини його захвату і довжини робочого гону мало залежить від розміру площі оброблюваного поля;

- кожному значенню ширини захвату машинно-тракторного агрегату має відповідати певне значення довжини робочого гону поля, визначеного аналітичною залежністю (10);

- чим більше швидкість руху широкозахватного агрегату на поворотній смузі відрізняється у бік зменшення від швидкості його переміщення на робочому гоні, тим більшим має бути довжина останнього.

Adamchuk V.<sup>1</sup>, Bulgakov V.<sup>2</sup>, Nadykto V.<sup>3</sup>,  
Kyurchev V.<sup>4</sup>, Kaminskyi V.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Institute of Mechanics and Automation of Agricultural Production of NAAS, 11 Vokzalna Str., vol. Hlevakha, Fastiv district, Kyiv oblast, Ukraine, 08631; <sup>2</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroyiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine, 03041; <sup>3</sup>Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, 18 B. Khmelnytskyi Ave., Melitopol, Zaporizhzhia oblast, Ukraine, 72310; <sup>4</sup>National Science Center, Institute of Agriculture of NAAS, 2-b Mashynobudivnykiv Str., vil. Chabany, Kyiv-Sviatoshyn district, Kyiv oblast, 08162, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>vvadamchuk@gmail.com; <sup>2</sup>vbulgakov@meta.ua, <sup>3</sup>volodymyr.nadykto@tsatu.edu.ua; <sup>4</sup>office@tsatu.edu.ua, <sup>5</sup>iznaan@ukr.net, ORCID: <sup>1</sup>0000-0003-0358-7946, <sup>2</sup>0000-0003-3445-3721, <sup>3</sup>0000-0002-1770-8297, <sup>4</sup>0000-0003-4377-1924, <sup>5</sup>0000-0002-9668-6742

### Study of the influence of the grab width of the machine tractor unit on its operational indicators

**Goal.** To increase the technical efficiency of the use of wide-grab machine-tractor units by establishing regularities regarding the reduction of non-productive time spent by them. **Methods.** The use of the basics of the classical theory of operation of machine-tractor units and methods of scientific analysis of the obtained results of theoretical studies. **Results.** Theoretical studies have established that with an increase in the unit's grab width, the value of the coefficient of its use of working moves decreases to 8% or more. The intensity of this decrease is

greater, the shorter the length of the field run. A decrease in the speed of movement of a wide-grab machine-tractor unit on a turning lane concerning the speed of working movement leads to an undesirable decrease in the value of the coefficient of use of its working moves. **Conclusions.** A new analytical association (9) was obtained, which reveals the regularities of the relationship between the coefficient of use of the working strokes of the machine-tractor unit with the working width of its grab and the parameters of the field (area and length of the race), taking into account the ratio between the speeds of movement on the working race and the turning lane. To keep the non-productive time costs of the machine-tractor unit at an acceptable level, the following should be taken into account: 1) the ratio of the use of working strokes by the wide-grab unit, with the constant value of its grab width and the length of the working run, depends little on the size of the area of the cultivated field; 2) each value of the unit's grab width must correspond to a certain value of the length of the field's working run determined by the analytical association (10); 3) the more the speed of movement of the wide-grab unit on the turning lane differs in the downward direction from the speed of its movement on the working run, the longer the length of the latter should be.

**Key words:** productivity, field area, working stroke, turn, drive length, speed of movement, coefficient of use of working strokes.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovnisnyk202210-04>

## Бібліографія

1. Надикто В., Кюрчев В. Перспективи зростання продуктивності роботи машинно-тракторного агрегата. *Техніка і технології АПК*. 2018. № 7. С. 26–31.

2. Надикто В.Т., Крижачківський М.Л., Кюрчев В.М. та ін. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок «ММД», 2005. 337 с.

3. Ільченко В.Ю., Нагірний Ю.П., Джолос П.А. та ін. Машинвикористання в землеробстві. Київ: Урожай, 1996. 384 с.

4. Барабаш Г.І., Таценко О.В. Методичні підходи до визначення техніко-експлуатаційних показників використання посівних комплексів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, 2017. № 10. С. 71–75.

5. Tihanov G., Hristova G. Operational characteristics of a machine-tractor unit for direct sowing of barley using the JD LINK telematics system. *Agricultural science and technology*. 2021. V.13.

№ 3. P. 276–279. doi:10.15547/ast.2021.03.044

6. Сидорчук О., Падюка Т. Дослідження поопераційних елементів часу на виконання технологічних операцій рільництва. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2014. № 18 (2). С. 53–60.

7. Чорна Т.С. Підвищення ефективності використання просапного агрегату на базі орно-просапного трактора. *Праці ТДАТУ*. 2008. Вип. 8. Т. 9. С. 125–128.

8. Новицький А.В., Новицький Ю.А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. *Науковий вісник НУБіП України*. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2017. № 275. С. 293–303.

9. Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Аюбов А.М. та ін. Перспективи зростання продуктивності роботи машинно-тракторного агрегату. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. № 8 (2). С. 1–12. doi: 10.31388/2220-8674-2018-2-1

10. Кушнарєв А.С., Сєрбий В.К., Утенков Г.Л. Имитационное моделирование операционных технологий, реализуемых почвообрабатывающе-посевным комплексом. Аграрная наука — сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии, 2017. С. 278–284.

11. Бусєл И.П., Крук И.С., Мучинский А.В. и др. Эффективность использования средств меха-

низации в растениеводстве. Вестник БГАТУ. 2012. С. 207–210.

12. Сєливанов Н.И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов высокой мощности. Вестник Красноярского ГАУ. 2014. № 3. С. 176–184.

13. Гринько Ю. Широкозахватні просапні сівалки. Агрегати для економії чи модний тренд? Агроном. 2018. № 1. С. 198–206.