



УДК 631.37

## ЗЕМЛЕВИКОРИСТАННЯ ПРИ ОБЛАШТУВАННІ ПОЛЯ ДЛЯ РОБОТИ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ МОСТОВОГО ТИПУ

Кувачов В.П., к.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-12-65. E-mail: kuvachoff@mail.ru

**Анотація** – в роботі наведені теоретичні дослідження впливу розмірів окремих елементів інженерної зони поля та параметрів ходової системи мостових агрозасобів на ефективність землевикористання.

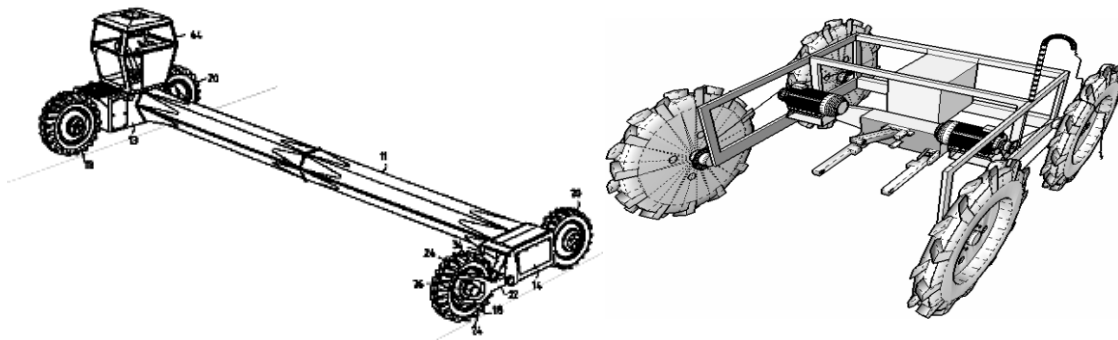
**Ключові слова** – колійне та мостове землеробство, мостовий агрозасіб, постійна технологічна колія, втрати площі, землевикористання.

*Постановка проблеми.* В Україні сьогодні встала проблема переущільнення ґрунтів ходовими системами важких тракторів і сільськогосподарських машин в процесі вирощування сільськогосподарських культур.

Одним із напрямків зниження шкідливої ущільнюючої дії сільськогосподарських агрегатів на ґрунт є маршрутизація руху, яка передбачає переміщення ходових систем по постійній технологічній колії. Позитивним ефектом від впровадження системи землеробства з постійною технологічною колією є зниження витрат на виробництво продукції, що відбувається за рахунок менших витрат енергії машинно-тракторним агрегатом та підвищенням продуктивності його роботи [1].

Світовою наукою вже накопичений певний досвід в питанні вивчення і практичної реалізації системи колійного землеробства [1]. Очевидно, що ефективність колійної технології землеробства тим вища, чим менше непродуктивної частки поля відводиться під сліди технологічної колії. Остання визначена її кроком, який обумовлений шириною захвату агрегатів та параметрами рушіїв їх ходових систем.

Реалізувати принципи колійної технології землеробства можна і «нетрадиційними» тракторно-комбайновими технологіями. Відомі конструкції мостових тракторів (мостові трактори Доулера, BIOTRAC та ін.) та самохідних ширококолієвих полевих засобів (агромостові засоби) (рис. 1), відмінною рисою яких від інших енергозасобів є те, що вони пересуваються по постійній колії, яка розташована на відстані, рівному їх прольоту [2, 3], в зоні якій і розміщуються сільськогосподарські знаряддя.



а – мостовий трактор Доулера [2]    б – спеціалізований самохідний енерготехнологічний агрозасіб мостового типу [3]

Рис. 1. Схеми мостових енерготехнологічних агро засобів.

Згідно з вимогами автоматизації агро мостові засоби механізації доцільно підчиняти принципам функціонування координатно-транспортної системи, в якій машини можуть рухатися лише у двох взаємно перпендикулярних напрямках і для реалізації якої поле повинно мати строго визначені розміри [2]. При аналізі землевикористання в колійному землеробстві необхідно розглядати, насамперед, питання планування поля і організації руху мостових машин, враховуючи перспективи подальшої автоматизації всіх технологічних процесів.

*Аналіз останніх досліджень.* Вагомий внесок в розв'язанні питання облаштування поля в колійній та мостовій системах землеробства внесли науковці В.Т. Надикто та В.О. Улексін [1]. Останнім рекомендується розрізняти поняття „поле” і „земельна ділянка” або просто „ділянка”, і полем називати частину ділянки, придатну для механізованого обробітку наявними засобами [2]. Частину загальної площі поля  $S_p$  слід відносити під інженерну, площею  $S_i$ , що зменшує продуктивну агротехнічну частину площею  $S_a$ . Інженерна зона включає транспортні технологічні доріжки для руху як самого агрозасобу, так і інших засобів механізації та можливе розміщення комунікацій.

При облаштуванні поля через неправильність конфігурації земельної ділянки, яка обумовлюється різними природними факторами (рельєфом, наявністю доріг, будівель, ярів, боліт, річок тощо), частину родючої землі технічно неможливо використати для вирощування рослин, що можна кваліфікувати як втрату деякої частини земельного наділу, площею  $S_k$  [2]. Тому, загальна площа земельної ділянки в колійному та мостовому землеробстві розглядається як сума площ [2]

$$S = S_a + S_i + S_k, \quad (1)$$

де  $S$  – загальна площа ділянки (наділу);

$S_a$  – площа агротехнічної зони;

$S_i$  – площа інженерної зони;

$S_k$  – площа землі, недоступної для використання через складність



конфігурації земельної ділянки.

У колійному землеробстві з координатним принципом руху бажано мати поле прямокутної форми з площею  $S_{\Pi}$  [2]. В такому випадку загальна площа поля  $S_{\Pi}$  дорівнюватиме

$$S_{\Pi} = S_a + S_i = S - S_k. \quad (2)$$

В.О. Улексіним запропоновані коефіцієнти, якими можна оцінювати ступінь землевикористання при облаштуванні поля [2]. Зокрема, коефіцієнт землевикористання  $k_S$  є відношення площі агротехнічної зони поля  $S_a$  до загальної площі земельної ділянки  $S$  [2]

$$k_S = S_a/S = (1 - w_i) \cdot (1 - q_k), \quad (3)$$

де  $w_i = S_i/S_{\Pi}$  і  $q_k = S_k/S$  – відносні втрати площі землі під інженерну зону та через складність конфігурації ділянки, відповідно.

Для покращення землевикористання, що характеризується збільшенням коефіцієнта  $k_S$ , площа інженерної зони  $S_i$  та невикористана площа  $S_k$  повинні бути мінімальними. Перше досягається зменшенням площі транспортних технологічних доріжок та збільшенням довжини прольоту (колії) агромостової машини, що при складній конфігурації ділянки входить у протиріччя з необхідністю зменшення втрати площі  $S_k$ , пов'язаної з складнощами функціонування широкозахватної машини [2].

Очевидно, що площа інженерної зони  $S_i$  залежить в основному від параметрів транспортної системи агрозасобу та способу його руху, що не достатньо було опрацьовано в роботах В.Т. Надикто і В.О. Улексіна.

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи є оцінка впливу розмірів енерготехнологічних засобів мостового типу та параметрів їх рушіїв на коефіцієнт землевикористання при облаштуванні поля транспортними технологічними доріжками.

*Основна частина.* Розглянемо, як варіант, вид і спосіб руху агрозасобів мостового типу (рис. 2), який за загальноприйнятою класифікацією можна віднести:

- за організацією території – загінний;
- за напрямом робочих ходів – гоновий;
- за схемою обробітку загінки – човниковий;
- за видом повороту – безпетльовий.

Зміну напрямку руху мостового агрозасобу на поворотах (рис. 2) доцільно здійснювати його безпетльовим розворотом по колу, де центр повороту знаходиться в зоні транспортної технологічної доріжки одного з бортів (лівого, або правого, в залежності від направленості повороту). Тільки в цьому випадку можна отримати бажаний мінімальний радіус повороту та ширину поворотної смуги. Разом з тим, при такому способі розвороту здійснюється переміщення агрозасобу на наступну позицію за мінімальний проміжок часу, що підвищує продуктивність його роботи. Технічно розворот по колу може бути реалізовано за рахунок поворотних коліс агрозасобу. В іншому випадку, коли

його колеса некеровані, поворот по колу можна реалізувати за рахунок підйому одного із бортів, де опираючись на рушії іншого борту при їх русі, можна здійснити обертання навколо опори – центру повороту [4].

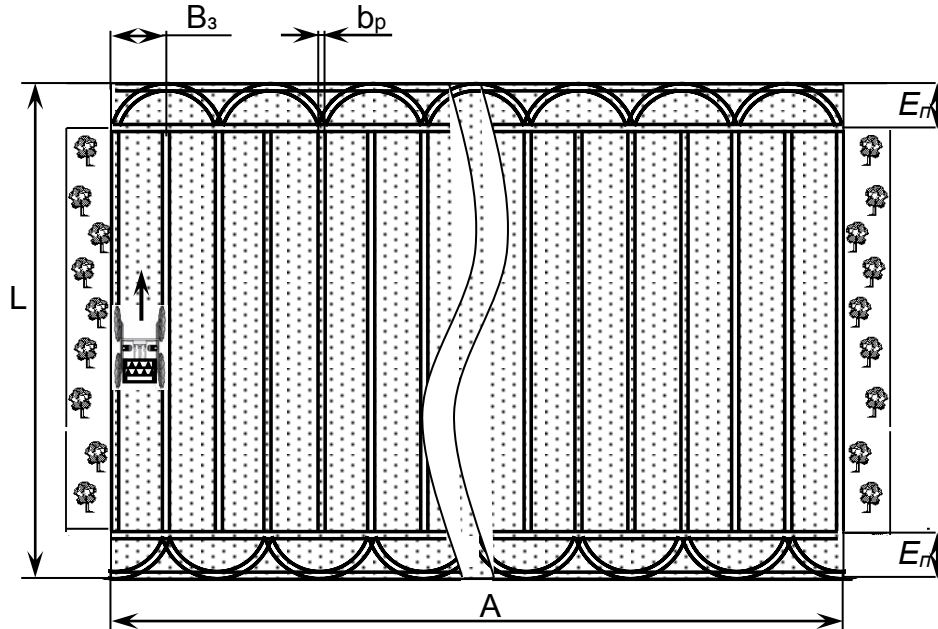


Рис. 2. Схема планування карти поля для роботи мостових агрозасобів:  $A$  та  $L$  – ширина та довжина поля;  $B_z$  – ширина робочої смуги,  $E_n$  – ширина поворотних смуг;  $b_p$  – ширина транспортної технологічної доріжки.

З урахуванням прийнятого виду і способу руху мостового агрозасобу проаналізуємо вплив його розмірів та параметрів рушіїв на втрати площі поля під інженерну зону, які характеризуються відносною величиною  $w_i = S_i/S_n$ . Для ділянки «правильної» конфігурації, у якій межі карт співпадають з межею ділянки і втрати через складність конфігурації відсутні ( $S_k = 0$ ), коефіцієнт землекористання дорівнює коефіцієнту облаштування поля

$$k_S = 1 - w_i. \quad (4)$$

Розглянемо землекористання при функціонуванні мостового агрозасобу за координатно-транспортним принципом руху на земельній ділянці прямокутної правильної конфігурації (рис. 2).

В працях В.Т. Надикто [1] відзначається, що загальна площа ( $S_i$ ) слідів транспортних технологічних доріжок інженерної зони може бути виражена у вигляді суми трьох складових

$$S_i = S_\Gamma + S_{пп} + S_{пк}, \quad (5)$$

де  $S_\Gamma$ ,  $S_{пп}$  – площа слідів транспортних технологічних доріжок на основному полі і поворотних смугах відповідно;

$S_{пк}$  – площа слідів ходової системи агрозасобу при виконанні ним відповідного виду повороту.

Розглянемо кожну із складових рівняння (5) окремо.

Площа слідів транспортних технологічних доріжок на основному полі складається із добутку площі однієї доріжки  $S_{1д}$  на їх загальну кількість  $n_{д.з.}$ . Враховуючи, що на кожних два проходи агрозасобу припадає три технологічної доріжки, а сумарне число доріжок - на одну більше від кількості проходів (рис. 2), то в залежності від розмірів поля воно становитиме

$$n_{д.з.} = (A - b_p) / (B_3 - b_p) + 1. \quad (6)$$

Площа, на яку припадає одна доріжка є добутком її ширини  $b_p$  на довжину робочої смуги, що за відрахуванням поворотних смуг становитиме  $(L - 2E_p)$ .

Для визначення величини ширини  $b_p$  транспортної доріжки технологічної колії розглянемо більш детально схему смуги робочого проходу з відокремленими агротехнічною і технологічною зонами (рис. 3).

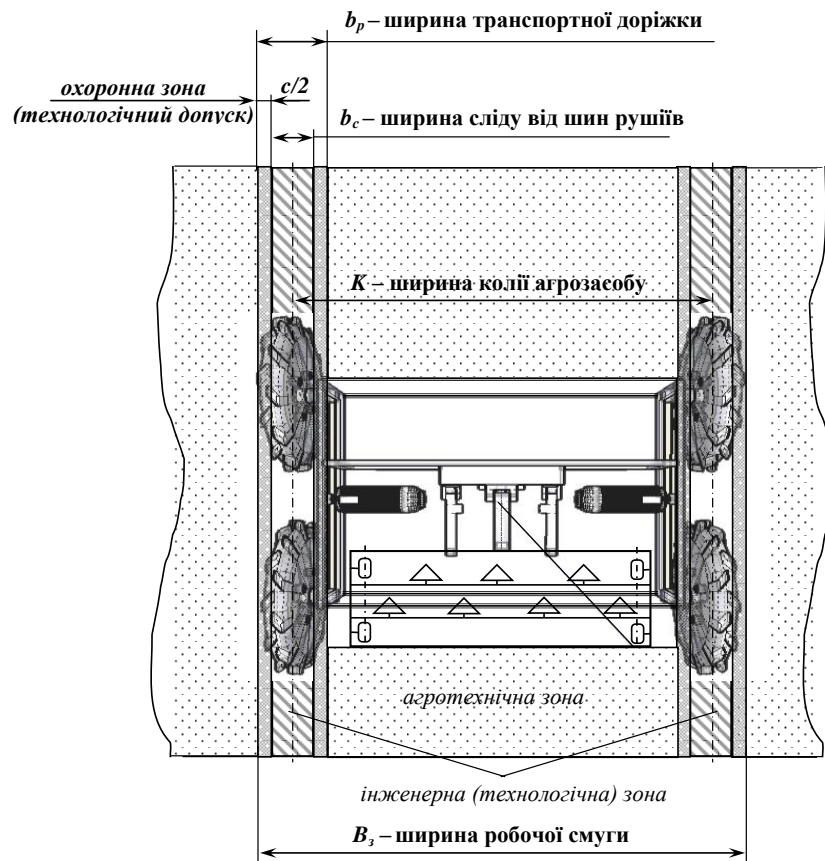


Рис. 3. Схема робочої смуги з технологічною колією для руху мостового агрозасобу.

Ширина транспортної технологічної доріжки  $b_p$  (рис. 3) визначається шириною сліду від шин рушіїв агрозасобу  $b_c$  та деякою шириною охоронної зони  $c$  (або технологічного допуску), яка обумовлена, зокрема, амплітудами поперечних відхилень у прямолінійному русі агрозасобу

$$b_p = b_c + c. \quad (7)$$

Зрозуміло, що для покращення землевикористання доріжка повинна мати мінімальну ширину.

З рис. 3 видно, що ширина робочої смуги  $B_3$  буде відрізнятися від колії  $K$  агрозасобу на величину  $b_p$ , тобто

$$B_3 = K + b_p. \quad (8)$$

Очевидно, що у випадку, коли сільськогосподарські знаряддя знаходяться в зоні прольоту мостового агрозасобу, ширина поворотної смуги  $E_n$  відповідно прийнятому виду і способу його руху буде дорівнювати величині  $B_3$  (рис. 2).

З урахуванням вищевикладеного сумарна площа слідів  $S_\Gamma$  транспортних технологічних доріжок на основному полі буде дорівнювати

$$S_\Gamma = (b_c + c) \cdot [L - 2(K + b_c + c)] \cdot [(A - b_c - c) / K + 1]. \quad (9)$$

В представленій схемі планування карти поля для роботи мостових агрозасобів (рис. 2) на кожній поворотній смугі передбачено всього дві транспортні доріжки, що достатньо як для їх проїзду, так і для виконання поворотів. Тому, площа слідів транспортних технологічних доріжок  $S_{пп}$  для двох поворотних смуг становитиме

$$S_{пп} = 4 \cdot (b_c + c) \cdot A. \quad (10)$$

Для визначення площі транспортної доріжки при розвороті агрозасобу на поворотній смугі по рис. 2 розглянемо більш детально схему його повороту (рис. 4).

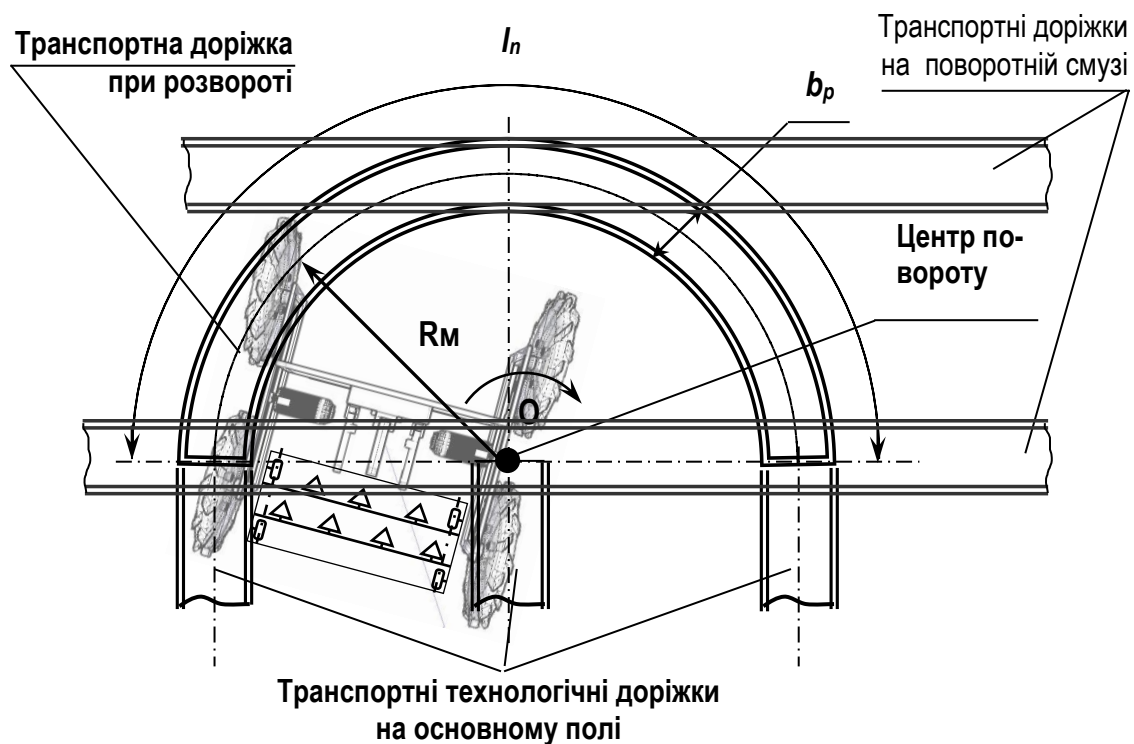


Рис. 4. Схема розвороту мостового агрозасобу по колу.





Очевидно, що відносно прийнятого способу розвороту агрозасобу (рис. 4) радіус повороту  $R_m$  повинен дорівнювати його колії  $K$ . Тоді, довжина транспортної доріжки  $l_n$  при повороті дорівнює  $\pi \cdot K$ , а площа слідів однієї транспортної доріжки  $S_{1n}$  дорівнює добутку її ширини  $b_p$  на довжину  $l_n$ .

Число транспортних доріжок на поворотних смугах  $n_{д.п.}$ , як це видно з рис. 2, дорівнює кількості робочих проходів на полі і становитиме

$$n_{д.п.} = (A - b_c - c) / K. \quad (11)$$

З урахуванням останнього, сумарна площа слідів транспортних доріжок  $S_{пк}$  при розворотах на поворотних смугах становитиме

$$S_{пк} = \pi \cdot (b_c + c) \cdot (A - b_c - c). \quad (12)$$

Крім втрат площі на облаштування транспортно-технологічних доріжок неминучі втрати, що виражаються в затоптуванні рослин при поворотах рушіями агрозасобів. Площа затоптування рослин може бути віднесена до площі інженерної зони поля, а її величина залежить від кінематичних параметрів агрозасобів. Але це твердження ще необхідно обґрунтувати. Тому, в розгляді питання визначення площі поля прямокутної правильної конфігурації під інженерну зону втрати площі через затоптування на поворотах будемо не враховувати.

Після підстановки рівнянь (9, 10 і 12) у (5) загальна площа ( $S_i$ ) слідів транспортних технологічних доріжок інженерної зони становитиме

$$S_i = (b_c + c) \cdot ([L - 2(K + b_c + c)] \cdot [(A - b_c - c) / K + 1] + 4A + \pi \cdot (A - b_c - c)). \quad (13)$$

А коефіцієнт втрати площі поля під інженерну зону  $w_i$  дорівнюватиме

$$w_i = (b_c + c) \cdot ([L - 2(K + b_c + c)] \cdot [(A - b_c - c) / K + 1] + 4A + \pi \cdot (A - b_c - c)) / (L \cdot A). \quad (14)$$

Враховуючи, що для ділянки прямокутної форми відносна втрати площі землі через складність конфігурації  $q_k = 0$ , вираз (14) дозволяє провести теоретичне дослідження впливу розмірів окремих елементів інженерної зони поля на ефективність землекористання. За допомогою нескладної програми у середовищі Microsoft Excel було обраховано три серії кривих (рис. 5) залежності коефіцієнта втрати площі поля під інженерну зону  $w_i$  від величини колії агрозасобу  $K$ , яку змінювали в межах 3...30 м. Кожну серію обчислювали за трьома значеннями ширини шин коліс агрозасобу  $b_c$ , що відповідає характеристикам рушіїв тракторів ХТЗ-17221, ХТЗ-16131 та МТЗ-80 відповідно (шини марок 23,1R26, 16,9R38 та 15,5R38) при двох варіантах довжини поля  $L$  (100 і 1000 м) (таблиця 1). «Правильність» конфігурації земельної ділянки прямокутної форми була обумовлена точним розміром її ширини  $A$ , яка для кожного варіанту марок рушіїв агрозасобів була обрахована з урахуванням мінімальної кількості проходів на ділянці більшим за 500 м (табл.1).



Таблиця 1 –  
Вхідні дані для дослідження впливу розмірів основних елементів карти на коефіцієнт землевикористання

Параметри	Позначення	Значення для варіантів рушіїв коліс						
		23,1R26		16,9R38		15,5R38		
Ширина шини, м	$b_c$	0,58674		0,42926		0,3937		
Число транспортних технологічних доріжок на основному полі та ширина поля (м) в залежності від колії агрозасобу К, м:	п.д.з.   А	3	167	501,58	167	501,42	167	501,39
6		84	504,58	84	504,42	84	504,39	
9		56	504,58	56	504,42	56	504,39	
12		42	504,58	42	504,42	42	504,39	
15		34	510,58	34	510,42	34	510,39	
18		28	504,58	28	504,42	28	504,39	
21		24	504,58	24	504,42	24	504,39	
24		21	504,58	21	504,42	21	504,39	
27		19	513,58	19	513,42	19	513,39	
30		17	510,58	17	510,42	17	510,39	
Технологічний допуск, м	$c$	0		0		0		
Довжина поля, м	$L$	100 1000		100 1000		100 100		

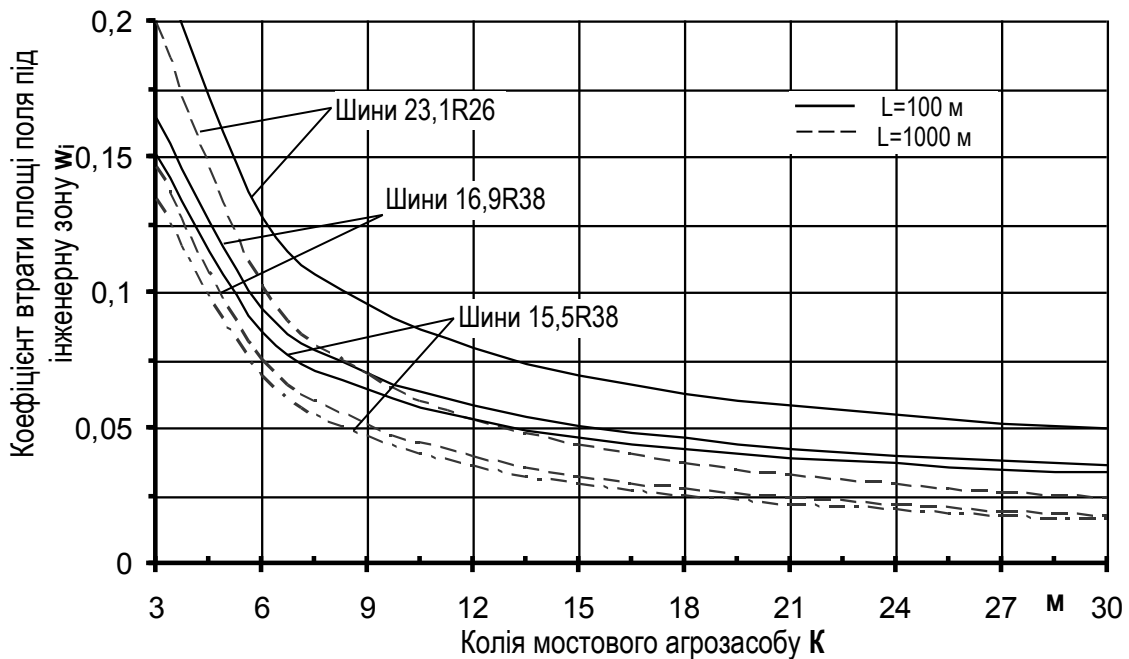


Рис. 5. Вплив розмірів та параметрів рушіїв агрозасобів мостового типу на втрати площі поля під інженерну зону.





З аналізу отриманих даних (рис. 5) видно, що збільшення ширини колії  $K$  агрозасобів мостового типу веде до покращення землевикористання, оскільки втрати площі поля під інженерну зону  $w_i$  зменшуються. На рівні  $K=27$  м значення  $w_i$  становить 0,01-0,05, а при збільшенні  $K > 27$  м інтенсивність зменшення  $w_i$  дещо сповільнюється.

Найбільша інтенсивність зменшення втрати площі поля під інженерну зону  $w_i$  спостерігається при збільшенні  $K$  з 3 до 12 м. Водночас, при  $K > 12$  м величина цього впливу для всіх розглянутих варіантів розмірів шин рушіїв агрозасобів не перевищує 5%.

Вплив довжини поля на втрати площі під інженерну зону можна вважати незначним, оскільки в діапазоні зміни  $A$  від 100 до 1000 м величина  $w_i$  змінюється не більше 2%. Останнє пояснимо на прикладі: для колії агрозасобу  $K=3$  м з рушіями шин 15,5R38 при зменшенні довжини поля з 1000 м до 100 м втрати площі поля під інженерну зону  $w_i$  змінюється з 0,133 до 0,151, тобто збільшуються на 1,8%, а при  $K=30$  м – з 0,015 до 0,033, що також змінюється на 1,8%.

Очевидно, що збільшення ширини колії агрозасобів збільшує їх маса-геометричні характеристики, а отже і питоме навантаження на рушій. Виходячи за умов несучої здатності шини зрозуміло, що ширина рушіїв ходової частини агрозасобів повинна прямо пропорційно збільшуватися від ширини їх колій. Тому, з аналізу вищевикладеного можна зробити висновок, що використання агрозасобів з відносно невеликими коліями та вузькими шинами рушіїв становить величину втрат площі поля під інженерну зону в межах 7,5-12,5%. Використання агрозасобів з коліями більшими за 12 м та більш широкими шинами рушіїв робить втрати площі поля під інженерну зону не більше 5%.

Розглянемо взаємозв'язок розмірів технологічного допуску  $c$  на характер збільшення втрат площі поля під інженерну зону. Для цього було обраховано залежність зміни втрат площі поля під інженерну зону від  $c$ , значення якого змінювали в межах 0...0,3 м (рис. 6).

З рис. 6 видно, що ширина технологічного допуску  $c$  суттєво впливає на втрати площі поля під інженерну зону. Так, для розглянутих варіантів шин рушіїв агрозасобів із збільшенням  $c$  до 0,3 м втрати площі під інженерну зону збільшуються в 1,5-1,75 разів. Тому, використання агрозасобів мостового типу потребує обґрунтування принципів їх автоматичного водіння, що дозволить максимально зменшити амплітуду поперечних відхилень від заданої прямолінійної траєкторії руху, і, як наслідок, напряду зменшить величину  $c$ .

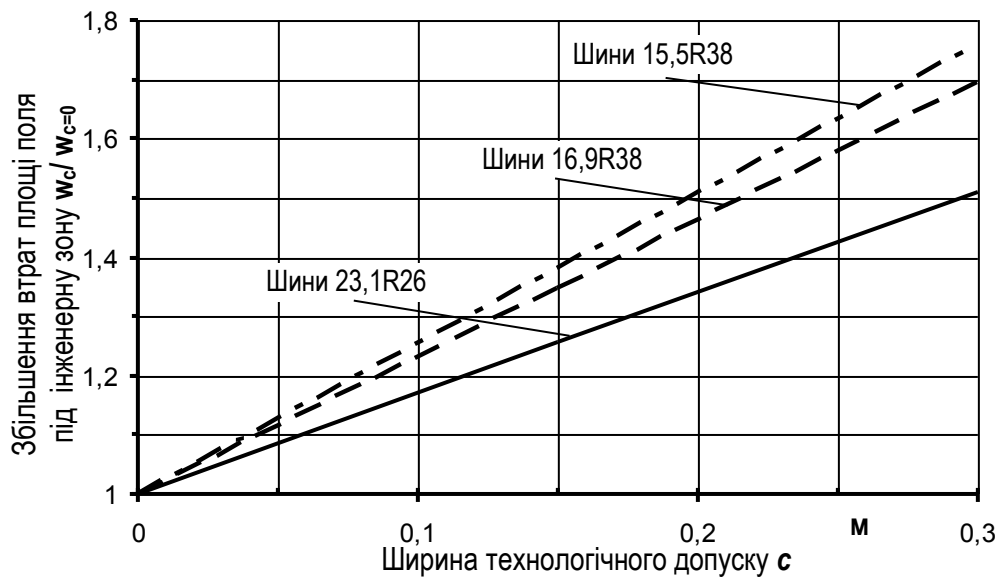


Рис. 6. Вплив ширини технологічного допуску  $c$  на характер втрат площі поля під інженерну зону.

*Висновок.* Планування поля під колійну систему з використанням агрозасобів мостового типу повинно вестись з урахуванням ширини колій останніх, параметрів їх транспортної системи та виду і способу руху. При прямокутній конфігурації ділянки використання мотових агрозасобів з відносно невеликими коліями (до 12 м) та вузькими шинами рушіїв (наприклад шириною профілю 15,5R або 16,9R) зумовлюють величину втрат площі поля під інженерну зону в межах 7,5-12,5%, а з коліями більшими за 12 м і більш широкими шинами рушіїв (наприклад шириною профілю 23,1R) - не більше 5% загальної площі.

Вплив довжини поля  $A$  на втрати площі під інженерну зону  $w_i$  можна вважати незначним, оскільки в діапазоні зміни  $A$  від 100 до 1000 м величина  $w_i$  змінюється не більше 2%.

На величину площі транспортної технологічної доріжки суттєво впливає технологічний допуск, який обумовлений, зокрема, амплітудами поперечних відхилень агрозасобу від прямолінійного руху, що суттєво впливає на втрати площі поля під інженерну зону. Із збільшенням технологічного допуску до 0,3 м втрати площі під інженерну зону збільшуються в 1,5-1,75 разів. Тому, практичне використання агрозасобів мостового типу в системі колійного землеробства потребує обґрунтування принципів їх автоматичного водіння, що дозволить максимально зменшити амплітуду відхилень від заданої прямолінійної траєкторії руху, і, як наслідок, величину технологічного допуску.

*Література.*

1. *Надикто В.Т.* Колійна та мостова системи землеробства. Монографія / *Надыкто В.Т., Улексін В.О.* – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008.-270 с.
2. *Улексин В.А.* Мостовое земледелие. Монография / *Улексин В.А.* – Днепропетровск: Пороги, 2008.-224 с.
3. *Кувачов В.П.* Електрифікований агромодуль – ефективне рішення проблем механізації с.-г. виробництва / *Кувачов В.П., Куценко Ю.М., Ковальов О.В.* // *Праці ТДАТУ.* - 2012. - Вип. 12, том 2. – С.86-92.
4. *Кувачов В.П.* Мостове землеробство на базі дощувальних машин / *Кувачов В.П.* // *Науковий вісник ТДАТУ,* 2012. - Вип. 2, Т. 5. – С.15-23. – Режим доступу: [www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau).

**ЗЕМЛЕИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ ПОЛЯ  
ДЛЯ РАБОТЫ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ  
МОСТОВОГО ТИПА**

*В.П. Кувачев*

**Аннотація - В работе приведены теоретические исследования влияния размеров отдельных элементов инженерной зоны поля и параметров ходовой системы мостовых агросредств на эффективность землеиспользования.**

**USE OF THE AREA FIELD WHEN THE REGENERATION  
FOR ENERGY AND TECHNOLOGICAL RESOURCES  
BRIDGE TYPE**

*V. Kuvachov*

**Summary**

**In this paper, the theoretical study of the effect size of individual elements of the engineering area of the field and wheel alignment system of agricultural means of bridge on the effectiveness of the use of area.**