

УДК 631.37

## ВПЛИВ СХЕМИ І РЕЖИМУ РУХУ ЖНИВАРНО – ЛУЩИЛЬНОГО АГРЕГАТУ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЙОГО РОБОТИ

Назін А.Є., асп. \*

Скляр О.Г., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-12-65

**Анотація** – приведено аналіз впливу конструктивної схеми і режиму руху жниварно-лущильного агрегату на якісні показники його роботи

**Ключові слова** – жниварка, валок, жниварно - лущильний агрегат, керованість, стійкість.

*Постановка проблеми.* Якщо значну кількість конструктивних параметрів та режимів руху жниварно – лущильного агрегату можна обґрунтувати шляхом теоретичного аналізу [1], то оцінка якісних показників його роботи потребує проведення лабораторно-польових досліджень. Результати саме такої роботи і викладені в даній статті.

*Методика.* В схемному плані жниварно - лущильний агрегат виглядав наступним чином. Згідно з результатами теоретичний досліджень трактор був налаштований на прямий хід. На передній його навісний механізм навішували валкову жниварку, а на задній - дискову борону. Останню приєднували за двома варіантами. Перший передбачав її шарнірне, а другий – нерухоме положення в горизонтальній площині відносно поздовжньої осі трактора.

Під час проведення лабораторно – польових досліджень МТА рухався на двох передачах, які забезпечували йому швидкість переміщення 1,8 і 2,4 м/с. Характеристика агротехнічного фону представлена в табл.1.

Таблиця 1

Характеристика агротехнічного фону

Показник	Значина
1	2
Вологість ґрунту (%) в шарі: 0...5 см	14,2
5...10 см	22,4
10...15 см	26,6

\* Науковий керівник – к.т.н., доц. Скляр О.Г.

© інженер Назін А.Є., к.т.н., доц. Скляр О.Г.

продовження таблиці 1.

1	2
Щільність ґрунту в шарі 0...15 см, г/см <sup>3</sup>	1,26
Урожайність пшениці, ц/га	30,8
Густота рослин, шт/м <sup>2</sup>	382
Середня значина висоти рослин, м	0,68
Втрати зерна від самоосипання, %	0,1
Забур'яненість посівів, г/м <sup>2</sup>	16,8

*Основна частина.* Як показав аналіз експериментальних даних, зі збільшенням швидкості руху жниварно – луцильного агрегату дисперсія коливань кута повороту керованих коліс трактора збільшувалась на 8...10% (рис.1).

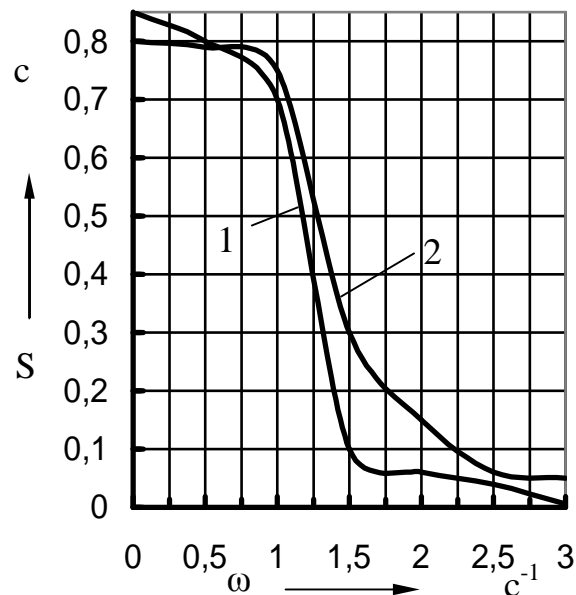


Рис. 1. Нормовані спектральні щільності кута повороту керованих коліс трактора при різних швидкостях руху жниварно – луцильного агрегату: 1- 1,8 м/с; 2 – 2,4 м/с.

Причому, незалежно від способу (схеми) агрегування задньонавісної дискової борони: шарнірне чи жорстке приєднання в горизонтальній площині. Спектр коливань вхідного сигналу був при цьому також ширшим. Якщо за швидкості руху 1,8 м/с частота зрізу нормованої спектральної щільності коливань кута  $\alpha$  була  $1,5 \text{ с}^{-1}$ , то при  $V_0 = 2,4 \text{ м/с}$  вона становила  $2,5 \text{ с}^{-1}$ , тобто зростала майже в 1,7 рази (див. рис.1).

Такий результат можна пояснити тим, що при більшій швидкості переміщення жниварно - луцильного МТА механізатор змушений з більшою частотою впливати на кермо трактора. Інакше агрегат гірше відслідковуватиме траєкторію його попереднього проходу.

Із-за досить високих інерційних властивостей жнивально - луцильного агрегату зміна швидкості його робочого руху значно менше впливала на дисперсію і спектр коливань курсового кута трактора. Особливо при жорсткому приєднанні ґрунтообробного знаряддя у горизонтальній площині.

Такий варіант агрегування дискової борони забезпечує більш тісний кореляційний зв'язок між кутом повороту керованих коліс трактора (керуючий вплив) і його курсовим кутом. Позитивна максимальна значина нормованої кореляційної функції взаємозв'язку цих параметрів становить 0,82. Водночас, при шарнірному приєднанні ґрунтообробного знаряддя ця оцінка сягає лише позначки 0,6, тобто на 25% менше (рис.2).

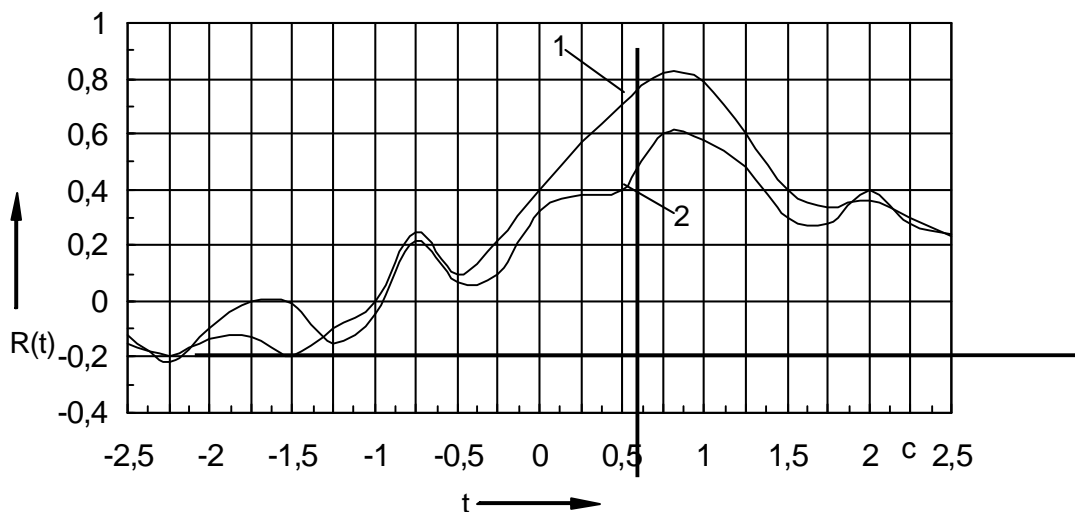


Рис. 2. Взаємні кореляційні функції коливань курсового кута та кута повороту керованих коліс трактора при жорсткій (1) і шарнірній (2) схемах приєднання дискової борони.

Розглянемо ще один цікавий факт. Максимуми нормованих взаємних кореляційних функцій знаходяться у першому квадранті. А це означає, що дійсним вхідним впливом розглядуваної динамічної системи є кут керованих коліс трактора ( $\alpha$ ), а вихідною величиною – його курсовий кут ( $\varphi$ ).

Натомість, якби максимальні значини функції  $R(t)$  були розташовані в другому квадранті, то тоді слід вхідним впливом приймати кут  $\varphi$ , а вихідним параметром – реакцію динамічної системи у вигляді повороту керованих коліс трактора на відповідний кут  $\alpha$  [2].

Відстань по горизонталі від максимальної значини нормованої кореляційної функції до вертикальної осі, яка проходить через точку  $R(t)=0$ , характеризує фазовий зсув, тобто значину запізнення вихідної величини на зміну вхідного параметру. В розглядуваному нами прикладі запізнення жнивально – луцильного агрегату на керуючий вплив

становить приблизно 0,75...0,80 с (див. рис.2). При нульовому фазовому зсуві (коли  $t=0$ ) значини обох нормованих взаємних кореляційних функцій відрізняються мало.

Під час виконання технологічного процесу робоча ширина захвату жниварно – луцильного агрегату була такою, довірчий інтервал якої для статистичного рівня значущості 0,05 становив 5,76...5,85 м. Рівень варіабельності цього параметру був низьким, на що вказує відповідний коефіцієнт варіації, значина якого не перевищувала 9%.

Збиральний агрегат формував валки шириною  $1,35 \pm 0,15$  м. Коливання їх непрямої лінійності мали низькочастотний (що бажано!) характер. Так, частота зрізу нормованої спектральної щільності цього процесу не перевищувала  $0,5 \text{ м}^{-1}$  (рис.3). При копіюванні траєкторії такого валка зі швидкістю руху жниварно – луцильного агрегату 2,4 м/с це становить  $1,2 \text{ с}^{-1}$  (0,19 Гц). При відтворенні кривизни валка у більш повільному режимі (1,8 м/с) значина частоти зрізу ще менша. А саме:  $0,5 \cdot 1,8 = 0,9 \text{ с}^{-1}$  або 0,14 Гц.

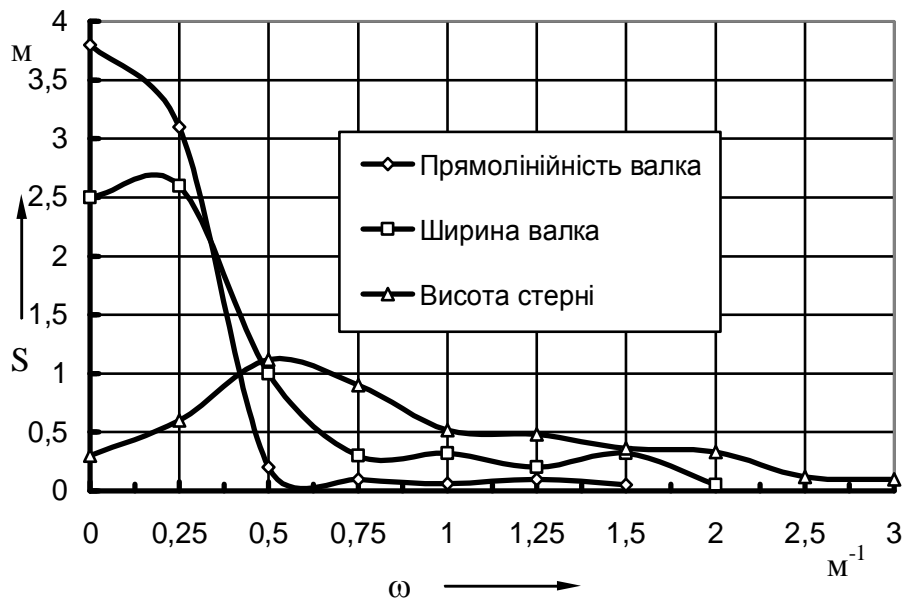


Рис. 3. Нормовані спектральні щільності коливань прямолінійності і ширини валка та висоти стерні пшениці.

Валки укладалися на стерню, висота якої становила  $14,8 \pm 2,3$  см. Максимум нормованої спектральної щільності коливань цього процесу зміщений в бік більш високих частот (див. рис.3).

Частота зрізу при цьому у 5 разів ( $2,5 \text{ м}^{-1}$  проти  $0,5 \text{ м}^{-1}$ ) вища, ніж у спектральної щільності коливань траєкторії валка. З урахуванням швидкості відтворення висоти стерні (1,8-2,4 м/с) це становить  $4,5\text{-}6 \text{ с}^{-1}$  або 0,71-0,96 Гц. Отриманий результат є цілком логічним, оскільки маса (а значить і інерційні властивості) навісної жниварки ЖВН-6Б (яка, власне, і формує фон стерні) набагато менша за масу (ті ж самі інерційні властивості) усього жниварно - луцильного агрегату.

Внутрішня структура коливань ширини валка займає проміжне місце між проаналізованими вище двома процесами (див. рис.3). Так, частота зрізу для цього параметра становить 1,25 м, а максимум нормованої спектральної щільності припадає на частоту  $\omega = 0,2 \text{ м}^{-1}$ .

Приведені на рис. 3 частотні характеристики трьох проаналізованих процесів характеризують жниварно – луцильний агрегат, який рухався зі швидкістю 1,8 м/с, а навісна дискова борона була жорстко приєднана до трактора у горизонтальній площині. Як показав аналіз експериментальних даних, при переміщенні агрегату зі швидкістю 2,4 м/с і шарнірному приєднанні ґрунтообробного знаряддя частотний діапазон коливань ширини і траєкторії валка та висоти стерні залишався практично тим же.

Що стосується енергії, тобто дисперсії кожного із процесів, то вони були різними. З довірчою ймовірністю 95% можна стверджувати, що нуль-гіпотеза про рівність дисперсій коливань ширини валка не відхиляється. Іншими словами, процеси коливань цього параметра для обох варіантів режиму руху жниварно – луцильного агрегату представляють одну і ту ж генеральну сукупність. Це пояснюється тим, що дійсна значина F-критерію Фішера ( $F_d = 1,12$ , табл.2) менша за табличну, яка для статистичного рівня значущості 0,05 та кількості вимірювань параметра  $N=100$ , становить 1,35 [3].

Таблиця 2

Дисперсії коливань ширини ( $V_B$ ) і траєкторії ( $Pr_B$ ) валка та висоти стерні ( $H_{ст}$ ) при різних режимах руху жниварно – луцильного МТА

Режим роботи МТА	Дисперсія коливань, $\text{см}^2$		
	$V_B$	$H_{ст}$	$Pr_B$
$V_0 = 1,8 \text{ м/с}$ ; жорстке приєднання борони	28,09	2,56	53,29
$V_0 = 2,4 \text{ м/с}$ ; вільне приєднання борони	31,36	4,00	37,21
F-критерій Фішера ( $F_d$ )	1,12	1,57	1,42

З практичної точки зору такий результат вказує на індиферентність статистичних характеристик ширини валка від зміни швидкості руху агрегату (у вказаних межах) та способу приєднання в горизонтальній площині ґрунтообробного знаряддя до енергетичного засобу.

Натомість, цього не можна стверджувати стосовно статистичних характеристик двох інших параметрів: коливань траєкторії (непрямо-лінійності) валка та висоти стерні. В обох випадках різниця між порівнюваними дисперсіями (див. табл.2) є суттєвою. Тобто, нуль-гіпотеза про рівність цих статистичних оцінок принаймні на рівні значущості 0,05 відхиляється, оскільки дійсні значини F-критеріїв Фішера (1,57 і 1,42) більші за табличну (1,35). Звідси випливає такий висновок: шарнірне приєднання задньонавісної дискової борони і збільшення швид-

кості руху жниварно – луцильного агрегату призводять до погіршення якісних показників його роботи. На практиці це проявляється у вигляді збільшення дисперсії коливань висоти стерні та відхилень траєкторії валка від прямої лінії.

Глибина обробки ґрунту у міжвалковому просторі залежить лише від швидкості руху. І то лише в енергетичному (дисперсійному), а не в частотному плані. Якщо при швидкості руху жниварно – луцильного агрегату 1,8 м/с середня значина глибини розпушення агротехнічного фону (стерні) становила 7 см, то при 2,4 м/с – лише 4 см. Інша справа, що подрібнення ґрунту, як це уже підкреслювалося вище, було кращим у другому варіанті. Що стосується дисперсії коливань розглядуваного показника, то згідно F-критерію Фішера нуль-гіпотеза про їх рівність не відхиляється як на статистичному рівні значущості 0,05, так і на рівні значущості 0,01.

Конструктивна ширина використовуваного дискового знаряддя становила 3,0 м. При жорсткому його приєднанні до трактора (перший варіант) коливання в горизонтальній площині здійснює весь жниварно – луцильний агрегат. При шарнірному агрегуванні (другий варіант) борона взагалі має власну незалежну ступінь вільності, яка проявляється в її поворотності відносно трактора. І в тому, і в другому варіантах дійсна робоча ширина захвату ґрунтообробного знаряддя була практично не більша за конструктивну. Проте, внутрішня структура коливань цього параметру різна (рис.4).

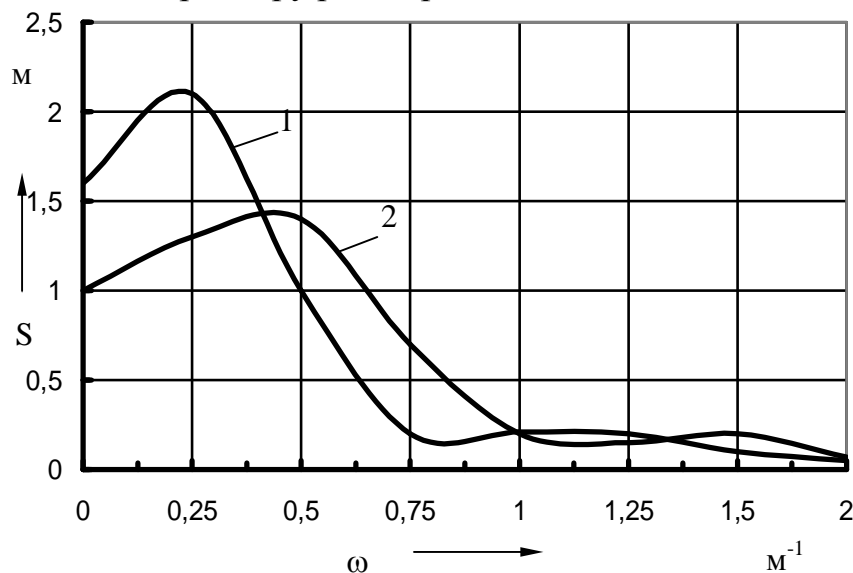


Рис. 4. Нормовані спектральні щільності коливань ширини злушеної смуги стерні при жорсткому (1) та шарнірному (2) агрегуванні задньонавісної дискової борони.

За практично однакової дисперсії спектр частот коливань ширини злушеної смуги стерні при шарнірному приєднанні борони ширший. У порівнянні з жорстким агрегуванням вказаного ґрунтообробного

знаряддя частота зрізу нормованої спектральної щільності майже в 1,5 рази більша ( $1,12 \text{ м}^{-1}$  проти  $0,75 \text{ м}^{-1}$ ). І якщо в першому варіанті максимум оцінюваної статистичної характеристики припадає на частоту  $0,2 \text{ м}^{-1}$ , то в другому він, зменшуючись в числовому вираженні в 1,5 рази, зміщуються у бік більш високої частоти, а саме  $0,4 \text{ м}^{-1}$ .

Нічого алогічного у отриманому результаті немає, оскільки більша частота діапазону коливань шарнірно приєднаного знаряддя є природним результатом практичної реалізації ним власного (уже згадуваного вище) незалежного ступеню вільності у вигляді кута повороту у горизонтальній площині.

Оскільки ширина захвату дискового ґрунтообробного знаряддя менша за ширину міжвалкового простору, то валок укладається на незлущеній смузі так, що по обидві сторони від нього залишаються вільні простори ( $V_{пл}$  і  $V_{ппр}$ , рис.5). Ці своєрідні «захисні зони» потрібні для того, аби звести до мінімуму забруднення валка ґрунтовими грудочками, які в процесі роботи жниварно - луцильного агрегату відлітають від крайніх дисків задньонавісної борони.

Строго говорячи, величини  $V_{пл}$  і  $V_{ппр}$  не однакові. В сумі вони складають загальну (двосторонню) «захисну зону» валка -  $V_{п}$ . Як впливає із рис.5, визначити її можна із наступного виразу:

$$V_{п} = V_{пл} + V_{ппр} = V_{р} - V_{в} - V_{зл},$$

де  $V_{р}$  – робоча ширина захвату агрегату;

$V_{в}$  – ширина валка;

$V_{зл}$  – ширина злущеної смуги.

Як свідчать результати експериментальних даних, під час роботи жниварно – луцильного агрегату лише величина  $V_{зл}$  залишається практично однаковою. Параметри  $V_{р}$  і  $V_{в}$  змінюються за випадковим законом від мінімальної до максимальної значини кожна.

Враховуючи цей факт, можна визначити діапазон зміни ширини незлущеної смуги міжвалкового простору, тобто  $V_{п_{\min}}$  і  $V_{п_{\max}}$ .

Для даного випадку маємо:

$$\begin{aligned} V_{п_{\min}} &= V_{р_{\min}} - V_{в_{\max}} - V_{зл}; \\ V_{п_{\max}} &= V_{р_{\max}} - V_{в_{\min}} - V_{зл}. \end{aligned} \quad (1)$$

В розглядуваному нами аналізі ми апріорі приймаємо, що випадкові процеси коливань робочої ширини захвату МТА, ширини валка, ширини злущеної та не злущеної смуг є стаціонарними. Причому, як за математичним очікуванням, так і за дисперсією. Це по-перше. По-друге, вказані процеси є ще й ергодичними. В цілому, як показують результати багаторічних експериментальних досліджень д.т.н. Надикти В.Т. та ін. [4], це відповідає дійсності.

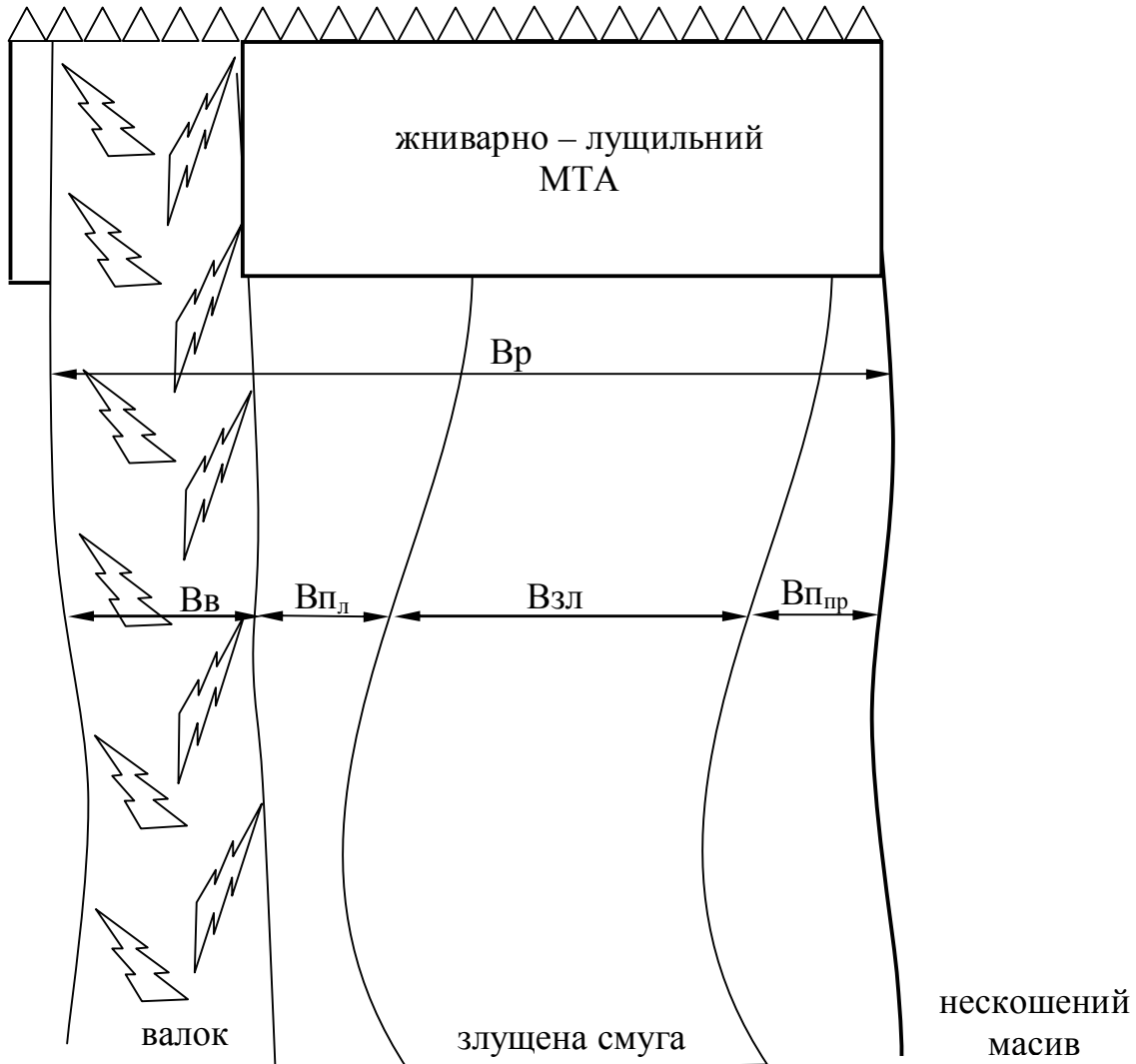


Рис. 5. Схема визначення «захисної зони» валка.

Дискове знаряддя розглядуваного нами жнивварно – луцильного агрегату у міжвалковому просторі розташоване практично симетрично, тобто без поперечного його зсуву в лівий, або правий боки. В результаті все це дає право вважати, що ширина незлуцених («захисних») смуг по обидві сторони валка ( $V_{п.ср}$ ) є однаковою. Формула для її розрахунку має наступний вигляд:

$$V_{п.ср} = (V_{п.л} + V_{п.пр})/2 = (V_p - V_v - V_{зл})/2 \quad (1)$$

Водночас, величина  $V_{п.ср}$  теж змінюється статистично випадково в діапазоні від мінімальної її значини до максимальної:

$$V_{п.ср.min} = (V_{p.min} - V_{v.max} - V_{зл})/2;$$

$$V_{п.ср.max} = (V_{p.max} - V_{v.min} - V_{зл})/2$$

Для нашого випадку маємо:

$$V_{п.ср.min} = (5,76 - 1,5 - 3)/2 = 0,63 \text{ м};$$

$$V_{п.ср.max} = (5,85 - 1,2 - 3)/2 = 0,82 \text{ м}.$$

Тобто, в реальних умовах функціонування жнивварно – луцильного агрегату ширина односторонньої не злуценої («захисної») смуги



валка змінювалась в діапазоні від 0,63 до 0,82 м. Як була встановлено експериментально, цього виявилось досить для того, аби унеможливити попадання ґрунтових грудочок у валок. Причому, навіть за швидкості робочого руху агрегату 2,4 м/с (тобто 8,64 км/год.).

Певна річ, в зоні незлущеної смуги (приблизно 8...10 см), яка межує зі злущеним фоном, трапляються грудочки ґрунту. Проте, під час підбирання валків вони не захоплюються пружинними пальцями підбирача. Справа в тому, що відстань між сподом валка, який знаходиться на стерні, і поверхнею поля як правило більша за діаметр грудочок ґрунту, розташованих на незлущеній смузі. Висота ж установки підбирача валків приймалася такою, щоб його пальці не зачіпали поверхні поля, а лише підіймали чистий валок. Підтвердженням цьому була відсутність часточок ґрунту в зерні бункера комбайну під час підбирання ним валків, сформованих дослідним жниварно – луцильним агрегатом.

#### *Висновки.*

**1.** Зі збільшенням швидкості руху жниварно – луцильного агрегату дисперсія коливань кута повороту керованих коліс трактора незалежно від способу приєднання задньонавісного ґрунтообробного знаряддя (жорстке чи шарнірне) збільшується на 8...10%.

**2.** З ймовірністю 95% можна стверджувати, що робоча ширина захвату жниварно – луцильного агрегату змінюється в межах 5,76...5,85 м. Рівень варіабельності цього параметру є низьким, на що вказує відповідний коефіцієнт варіації, значина якого не перевищує 9%. Причому, статистичні характеристики ширини валка індиферентні відносно зміни швидкості руху агрегату та способу приєднання в горизонтальній площині ґрунтообробного знаряддя до енергетичного засобу.

**3.** Шарнірне приєднання задньонавісної дискової борони і збільшення швидкості руху жниварно – луцильного агрегату призводять до погіршення якісних показників його роботи. На практиці це проявляється у вигляді збільшення дисперсії коливань висоти стерні та відхилень траєкторії валка від прямої лінії.

**4.** За практично однакової дисперсії спектр частот коливань ширини злущеної смуги стерні при шарнірному приєднанні борони ширший. У порівнянні з жорстким агрегуванням вказаного ґрунтообробного знаряддя частота зрізу нормованої спектральної щільності майже в 1,5 рази більша ( $1,12 \text{ м}^{-1}$  проти  $0,75 \text{ м}^{-1}$ ). І якщо в першому варіанті максимум оцінюваної статистичної характеристики припадає на частоту  $0,2 \text{ м}^{-1}$ , то в другому він, зменшуючись в числовому вираженні в 1,5 рази, зміщуються у бік більш високої частоти, а саме  $0,4 \text{ м}^{-1}$ .

**5.** В реальних умовах функціонування жниварно – луцильного агрегату ширина односторонньої не злущеної («захисної») смуги вал-

ка змінювалась в діапазоні від 0,63 до 0,82 м. Цього виявилось досить для того, аби унеможливити попадання ґрунтових грудочок у валок. Причому, навіть за швидкості робочого руху агрегату 2,4 м/с (тобто 8,64 км/год.).

#### *Література.*

1. *Назін А.Є.* Дослідження впливу швидкості руху жнивально - луцильного МТА на його керованість / *А.Є.Назін, В.Т.Надыкто.* – Мелітополь: Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.-2008. – Вип.2. – т.6.- С.47-52
2. *Цибулевский И.Е.* Человек как звено следящей системы / *И.Е. Цибулевский.* - М: Наука.- 1981.- 288 с.
3. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей / *Е.С.Вентцель.* –М.: Государственное издательство физико - математической литературы. – 1958.- 464 с.
4. *Надыкто В.Т.* Основы агрегатирования модульных энергетических средств/ *В.Т.Надыкто.* – Мелітополь: КП «ММД».- 2003.- 240 с.

### **ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ И РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ЖАТВЕННО – ЛУЩИЛЬНОГО АГРЕГАТА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕГО РАБОТЫ**

Назін А.Є, Скляр О.Г.

#### **Аннотация**

**Приведен анализ влияния конструктивной схемы и режима движения жатвенно - луцильного агрегата на качественные показатели его работы**

### **INFLUENCE CHART AND MODE MOTION OF REAPING – STUBBLE AGGREGATE ON THE HIGH-QUALITY INDEXES OF HIS WORK**

*A.Nazin, O.Sklyar*

#### **Summary**

**The analysis of structural chart and mode motion of reaping - stubble aggregate on the high-quality indexes of his work is expounded**