

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Масалабов Василь Миколайович

УДК 631.37 + 631.3.004.65

**ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ
ТА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ДВОМАШИННОГО ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ
НА ОСНОВІ ТРАКТОРА ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4**

Спеціальність 05.05.11 – машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Мелітополь – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник Надикто Володимир Трохимович, доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки України, Таврійський державний агротехнологічний університет, проректор з наукової роботи

Офіційні опоненти: Булгаков Володимир Михайлович, доктор технічних наук, професор, академік НААН України, Заслужений винахідник України, Національний університет біоресурсів та природокористування України, професор кафедри механіки та опору матеріалів

Третяк Віктор Михайлович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України, завідувач відділу мобільних енергетичних засобів та біоенергетики

Захист відбудеться « 01 » квітня 2016 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 18.819.01 у Таврійському державному агротехнологічному університеті за адресою: 72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Таврійського державного агротехнологічного університету за адресою: 72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького, 18.

Автореферат та дисертація розміщені за адресою в мережі Internet www.tsau.edu.ua/nauka/category/dissertation

Автореферат розісланий « 29 » лютого 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С.О. Квітка

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ефективне ведення виробництва в аграрному секторі потребує такого матеріально-технічного оснащення, яке здатне забезпечити виконання всього обсягу механізованих робіт в оптимальні строки з високою якістю і раціональними витратами.

Одним із шляхів вирішення такої задачі є використання високопродуктивних машинно-тракторних агрегатів (МТА). В значній мірі це стосується посівних МТА на основі широко розповсюджених в Україні універсально-просапних тракторів тягового класу 1,4. Аналіз показує, що підвищення продуктивності їх праці доцільно здійснювати за рахунок збільшення ширини захвату агрегату шляхом використання двох причіпних зернових сівалок замість однієї.

Проте, таке агрегування вказаних машин потребує застосування зчіпки. Використання останньої у причіпному варіанті характерне значною довжиною виїзду посівного МТА. В результаті це призводить до суттєвого (не менше 38%) збільшення ним питомих витрат часу зміни на повороти.

Найбільш перспективним варіантом збільшення ширини захвату агрегату є застосування відсутньої нині напівнавісної зчіпки. Причому, її конструкція повинна унеможливити зіткнення причіпних машин на поворотній смугі, а показник режиму повороту МТА має забезпечувати підвищення техніко-економічних показників його роботи. Практичне розв'язання саме такої задачі і обумовлює актуальність даної дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану наукових досліджень Таврійського державного агротехнологічного університету за підпрограмою 1.1 «Розробити та перевірити в умовах півдня України комплекси машин на основі нових енергетичних засобів» (державний реєстраційний номер №0106U001219), яка є складовою науково-технічної програми №1 «Розробка наукових систем, технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки південного регіону України».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення техніко-економічних показників роботи двомашинного посівного МТА на базі трактора тягового класу 1,4 шляхом обґрунтування його схеми та конструктивно-технологічних параметрів.

В основу досягнення поставленої мети покладено перевірку сформульованої робочої гіпотези, суть якої полягає в наступному: застосування напівнавісної зчіпки з обґрунтованою довжиною подовжувача дозволить зменшити кінематичну довжину двомашинного агрегату та підвищити техніко-економічні показники його роботи.

Програма перевірки вказаної робочої гіпотези передбачає розв'язання наступних задач дослідження:

- розробити статичну та динамічну моделі повороту двомашинного агрегату і на їх основі обґрунтувати точки приєднання причіпних сівалок до напівнавісної зчіпки;
- дослідити вплив конструктивно-технологічних параметрів двомашинного посівного агрегату на динаміку його повороту;
- вивести кінематичний показник режиму повороту двомашинного посівного МТА, який би забезпечував підвищення техніко-економічних показників його роботи;
- розробити науково-обґрунтовані рекомендації з вибору схеми та конструктивно-технологічних параметрів двомашинного посівного МТА на основі

трактора тягового класу 1,4 і у виробничих умовах перевірити ефективність їх упровадження.

Об'єкт дослідження – процес руху двомашинного посівного агрегату із напівнавісною зчіпкою на поворотній смузі.

Предмет дослідження – закономірності впливу схемних і конструктивно-технологічних рішень на параметри повороту і невиробничі витрати змінного часу двомашинним посівним агрегатом на базі трактора тягового класу 1,4.

Методи дослідження. Синтез схемних рішень, конструктивних параметрів і режимів роботи двомашинного посівного МТА на основі трактора тягового класу 1,4 здійснювали шляхом математичного моделювання на ЕОМ умов його функціонування на поворотній смузі з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки і статистичної динаміки.

Експериментальні дослідження проводили із застосуванням реєструючовимірювального обладнання, аналогово-цифрового перетворювача і портативної ЕОМ. Обробку отриманих даних здійснювали з використанням теорії ймовірності.

Наукова новизна одержаних результатів.

На основі розробленої математичної моделі двомашинного посівного МТА вперше отримано закономірності, які дають можливість здійснити вибір схеми та конструктивно-технологічних параметрів агрегату, виходячи із умов його руху на поворотній смузі.

Встановлено нові аналітичні залежності, які описують умови безконтактного повороту причіпних сівалок при їх агрегуванні з напівнавісною зчіпкою.

Виведено новий показник повороту двомашинного агрегату на основі напівнавісної зчіпки, який пов'язує його конструктивні параметри з режимом руху на поворотній смузі.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена за участі автора напівнавісна зчіпка СН-7,2 виготовляється ДП Мелітопольський завод «Гідромаш». На основі отриманих теоретичних та експериментальних даних розроблено практичні рекомендації з налаштування та експлуатації МТА у складі трактора тягового класу 1,4 (типу МТЗ-80), напівнавісної зчіпки та двох причіпних сівалок типу СЗ-3,6. Такий машинно-тракторний агрегат впроваджено на площі 300 га у багатофункціональному кооперативі «Дружба» (Запорізька обл., Мелітопольський р-н, с. Терпіння), на площі 150 га – у приватному підприємстві «Єськова» (Запорізька обл., Мелітопольський р-н, с. Зарічне), на площі 120 га – у навчально-дослідному центрі ТДАТУ (Запорізька обл., Мелітопольський р-н, с. Лазурне). Матеріали дисертаційної роботи автора використовуються в навчальному процесі кафедрою машинобудування в землеробстві Таврійського державного агротехнологічного університету.

Особистий внесок здобувача полягає:

- в розробці математичної моделі повороту посівного МТА у складі універсально-просапного трактора, нової напівнавісної зчіпки та двох причіпних зернових сівалок;
- в розробці методики теоретичних та експериментальних досліджень двомашинного посівного агрегату;
- в організації і безпосередній участі при проведенні лабораторно-польових наукових досліджень та обробленні отриманих експериментальних даних;
- в розробці практичних рекомендацій із налаштування та експлуатації МТА у складі трактора тягового класу 1,4 (типу МТЗ-80), напівнавісної зчіпки та двох причіпних сівалок типу СЗ-3,6.

У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: [1] – розробка статичної моделі поворотності посівного МТА; [2] – розробка динамічної моделі поворотності посівного МТА та дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів останнього на динаміку його повороту; [8] – формула та технічна сутність корисної моделі; [11] - визначення експлуатаційно-технологічних показників роботи посівного МТА.

Апробація результатів дисертації.

Основні результати дисертаційної роботи викладено в доповідях на науково-технічних конференціях викладачів та аспірантів Таврійського ДАТУ (м. Мелітополь, 2009...2013 рр.), на XV міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (м. Житомир, Житомирський національний агрокологічний університет, 2014 р.), на II міжнародній науково-технічній конференції «Крамаровські читання» і на XVI міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (м. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористання України, 2015 р.).

Публікації. За результатами досліджень здобувачем опубліковано 11 друкованих праць, загальним обсягом 3,022 у.д.а., із яких 6 – у фахових виданнях України, 1 – у закордонному виданні, 1 патент, 2 – тези доповідей. Із одинадцяти публікацій 7 написані автором особисто.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, списку літератури та додатків. Дисертація викладена на 122 с. машинопису і містить 57 рисунків та 9 таблиць, перелік використаних джерел містить 100 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ 1 Стан проблеми та постановка задач досліджень

Проблема зменшення невиробничих витрат часу зміни тим чи іншим машинно-тракторним агрегатом була і нині залишається однією із найбільш актуальних. Узагальнення науково-практичного досвіду показує, що ефективно її рішення можливе тільки при правильному виборі параметрів і режимів роботи МТА. В нашому випадку це стосується його руху на поворотній смузі.

Визначальний вклад в теорію та практику цього питання внесли Іофінов С.А., Фере М.Е., Фаробін А.Я., Пашедко Л.Т., Родічев В.А., Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Булгаков В.М., Черепухін В.Д., Бубнов В.З., Іванов С.С., Міценко А.А., Третяк В.М. та інші вчені.

Водночас, розроблені ними теоретичні залежності і отримані практичні результати не можна використати для обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів посівного машинно-тракторного агрегату на основі напівнавісної зчипки. В першу чергу тому, що таке її конструктивне виконання не розглядалося у дослідженнях та не мало місця в експлуатації техніки. По-друге, аналізована вченими динаміка повороту агрегатів досить тривіально враховувала вплив на вивчаємий процес технологічної частини МТА. У більшості випадків не враховано увод шин коліс трактора. Запропоновані вищезгаданими дослідниками показники режиму повороту МТА не відображають у достатній мірі зв'язок його конструктивних параметрів з режимом руху на поворотній смузі. В результаті це не дає можливості досягти суттєвого підвищення техніко-економічних показників роботи посівного агрегату.

Спроба пошуку науково-обґрунтованого рішення, направленою на усунення вказаних недоліків, і склали основу даного дисертаційного дослідження.

Розділ 2 Теоретичні основи поворотності двомашинного МТА

З метою спрощення задачі складання рівнянь кінематики повороту розглядуваного МТА прийнято наступні припущення: 1) поверхня руху (поля) є горизонтальною, крен і диферент машинно-тракторного агрегату відсутні; 2) зміна швидкості поступального руху агрегату на поворотній смузі настільки мала, що вона приймається постійною і приблизно рівною для середин переднього і заднього мостів трактора; 3) тангенціальні сили інерції та інерційні моменти опору повороту ланок МТА із-за їх малозни не враховуються; 4) різниця кутів уводу і коефіцієнтів опору уводу шин однієї геометричної осі досить мала і нею можна зневажити.

На першому етапі досліджень розглянуто правосторонній маневр досліджуваного машинно-тракторного агрегату (рис. 1).

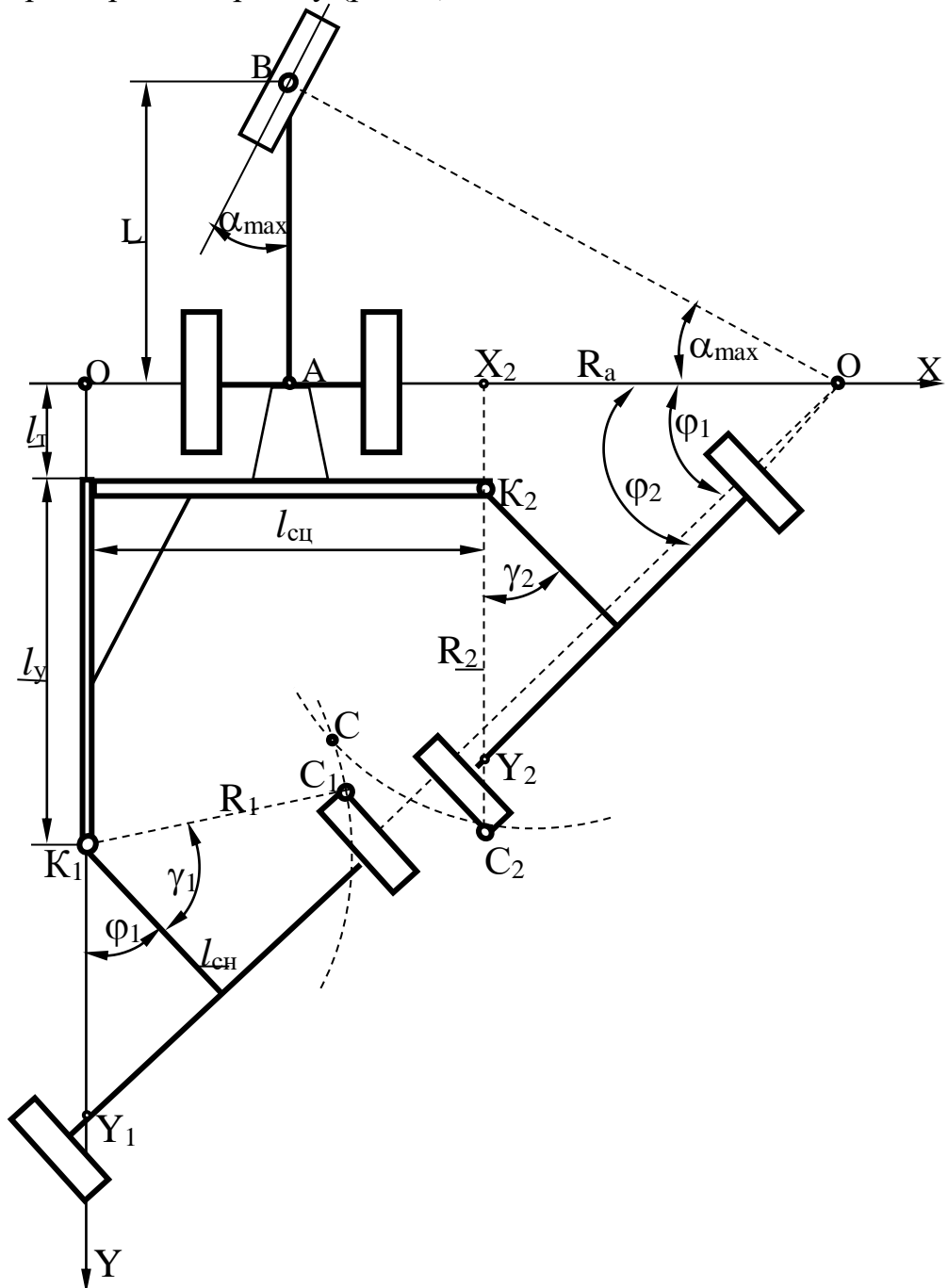


Рис. 1. Схема статичного повороту посівного МТА вправо

Кінцевою метою при цьому було встановлення такої довжини подовжувача напівнавісної двомашинної зчіпки (l_y), яка б унеможливила зіткнення сівалок між собою. Встановлено, що досягти цього можна тоді, коли буде виконуватися хоча б одна із наступних двох вимог щодо співвідношення поздовжніх і поперечних координат точок C_1 і C_2 лівої та правої сівалок відповідно:

$$X_{c1} < X_{c2}; \quad Y_{c1} > Y_{c2}. \quad (1)$$

Визначити бажану довжину подовжувача зчіпки l_y з урахуванням вимог (1) можна із наступної системи рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} Y_{c1} &= l_T + l_y + R_1 \cdot \cos(\gamma_1 + \varphi_1); \\ Y_{c2} &= l_T + R_2 \cdot \cos(\varphi_2 - \gamma_2); \\ \operatorname{tg} \varphi_1 &= \frac{l_T + l_y + (l_{\text{сн}}/\cos \varphi_1)}{R_a + (l_{\text{сн}}/2)}; \\ \operatorname{tg} \varphi_2 &= \frac{l_T + (l_{\text{сн}}/\cos \varphi_2)}{R_a - (l_{\text{сн}}/2)}; \\ X_{c1} &= R_1 \cdot \sin(\gamma_1 + \varphi_1); \\ X_{c2} &= l_{\text{сн}} + R_2 \cdot \sin(\varphi_2 - \gamma_2); \\ \gamma_1 &= \arccos[(l_{\text{сн}} - r_k)/R_1]; \\ \gamma_2 &= \arccos[(l_{\text{сн}} + r_k)/R_2]; \\ R_a &= L \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де l_T – відстань від осі задніх коліс трактора до рами зчіпки, м; R_1, γ_1 і R_2, γ_2 – конструктивні параметри сівалок, м (рис.1); φ_1, φ_2 – кути повороту сівалок, град; $l_{\text{сн}}$ – довжина сніці сівалки, м; $l_{\text{сч}}$ – фронт зчіпки, м; r_k – радіус колеса сівалки, м; $R_a = O_{\text{п}}A$ – радіус повороту МТА, м; L, α – база трактора (м) і кут повороту його керованих коліс (град) відповідно.

Результати теоретичних досліджень показують, що за довжини подовжувача зчіпки менше 2,5 м не можна унеможливити зіткнення сівалок під час здійснення агрегатом повороту вправо. Так, коли $l_y = 2,0$ м, система (2) виконується лише при куті повороту керованих коліс трактора до 0,12 рад та більше 0,17 рад (рис.2).

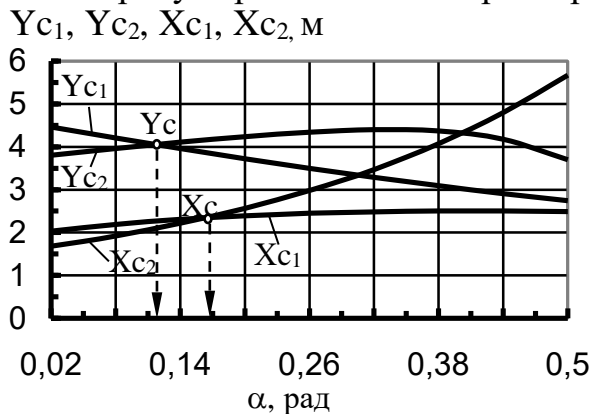


Рис. 2. Залежність координат сівалок $Y_{c1}, Y_{c2}, X_{c1}, X_{c2}$ від кута α при довжині подовжувача зчіпки 2,0 м

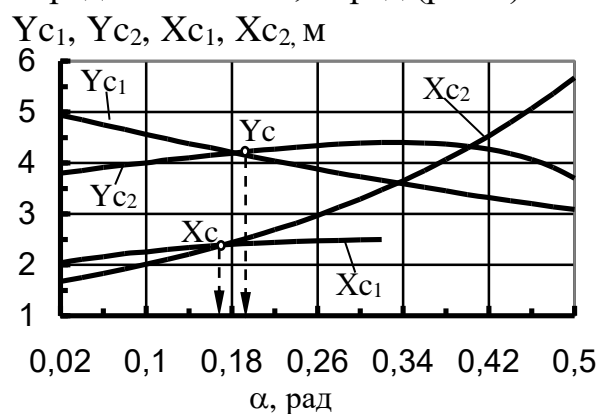


Рис. 3. Залежність координат сівалок $Y_{c1}, Y_{c2}, X_{c1}, X_{c2}$ від кута α при довжині подовжувача зчіпки 2,5 м

А саме, на першій ділянці ($\alpha = 0,02 \dots 0,12$ рад) справедлива друга вимога системи (1), тобто $Y_{c1} > Y_{c2}$. На другій ділянці ($\alpha > 0,17$ рад), навпаки, виконується перша умова цієї системи. В інтервалі ж між цими значинами кута α не виконується обидві умови, оскільки маємо: $X_{c1} > X_{c2}$; $Y_{c1} < Y_{c2}$. Практично це означає, що при повороті керованих коліс трактора на кут, більший за $0,12$ рад (тобто 7°), відбудеться зіткнення причіпних сівалок двомашинного МТА.

Водночас, при довжині подовжувача зчіпки $l_y = 2,5$ м і більше досягаємо такого результату, коли в усьому діапазоні зміни кута повороту керованих коліс трактора зіткнення причіпних сівалок неможливе. Так, при $l_y = 2,5$ м знову отримуємо три ділянки (рис. 3): 1) $\alpha = 0,02 \dots 0,17$ рад; 2) $\alpha = 0,17 \dots 0,185$ рад; 3) $\alpha > 0,185$ рад. На першій ділянці виконується друга умова системи (1), тобто $Y_{c1} > Y_{c2}$. На другому відрізку задовольняються обидві умови. І, нарешті, на третій із вказаних ділянок виконується перша умова системи (1), тобто $X_{c1} < X_{c2}$.

При лівосторонньому повороті посівного двомашинного МТА з мінімальним радіусом права сівалка своїм лівим колесом за певних умов може зіткнутися із рамою зчіпки. Цього можна уникнути тоді, коли максимальний кут її повороту (φ_3) не буде перевищувати значини, обумовленої наступною системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_3 &< 90 - \arccos[(l_{ch} - r_k)/R_1]; \\ \operatorname{tg}\varphi_3 &= (l_T + l_{ch}/\cos\varphi_3)/(L \cdot \operatorname{ctg}\alpha + l_{cu}/2) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Як показують розрахунки, рівняння (3) задовольняються при максимальному куті повороту керованих коліс трактора ($\alpha_{\max} = 0,50$ рад). І оскільки при цьому величина l_y в системі (3) відсутня, то для безаварійного повороту МТА права сівалка може приєднуватися до рами зчіпки безпосередньо (тобто без подовжувача).

На другому етапі досліджень визначали вплив конструктивно-технологічних параметрів двомашинного посівного агрегату на динаміку його повороту. Здійснювали це з допомогою математичної моделі повороту МТА (рис. 4), яка у кінцевому вигляді є системою двох диференціальних і восьми алгебраїчних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} 1) & P_{j_b} \cdot (\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \delta_b) - P_{f_b} \cdot (\cos\alpha + \sin\alpha \cdot \delta_b) - T_b \cdot \sin\alpha + F_a - P_{j_a} \cdot \delta_a - \\ & - P_{f_2} \cdot \cos\varphi_2 - P_{f_1} \cdot \cos\varphi_1 = 0; \\ 2) & T_b \cdot \cos\alpha \cdot L - P_{j_b} \cdot (\cos\alpha + \sin\alpha \cdot \delta_b) \cdot L - P_{f_b} \cdot (\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \delta_b) \cdot L + \\ & + P_{f_2} \cdot (\cos\varphi_2 \cdot l_{cu}/2 - \sin\varphi_2 \cdot l_T) - P_{f_1} \cdot (\sin\varphi_1 \cdot l_T + \cos\varphi_1 \cdot l_{cu}/2) = 0; \\ 3) & P_{j_a} = M_a \cdot V_{\pi} \cdot (V_{\pi} \cdot K - \dot{Y}_a \cdot K - Y_a \cdot \dot{K}); \\ 4) & P_{j_b} = M_b \cdot V_{\pi} \cdot \{ V_{\pi} \cdot K - [\dot{Y}_a \cdot K + \dot{K} \cdot (Y_a - L)] / [1 + \operatorname{tg}^2\alpha] / [1 + \operatorname{tg}\alpha \cdot (L - Y_a) \cdot K]^2 \}; \\ 5) & T_a = k_a \cdot Y_a \cdot K; \\ 6) & T_b = k_b \cdot [\operatorname{tg}\alpha - (L - Y_a) \cdot K] / [1 + \operatorname{tg}\alpha \cdot (L - Y_a) \cdot K]; \\ 7) & \operatorname{tg}\varphi_1 = K \cdot [Y_a + l_T + l_y + (l_{ch}/\cos\varphi_1)] / [1 + (l_{cu}/2) \cdot K]; \\ 8) & \operatorname{tg}\varphi_2 = K \cdot [Y_a + l_T + (l_{ch}/\cos\varphi_2)] / [1 - (l_{cu}/2) \cdot K]; \\ 9) & \delta_a = Y_a \cdot K; \\ 10) & \delta_b = [\operatorname{tg}\alpha - (L - Y_a) \cdot K] / [1 + \operatorname{tg}\alpha \cdot (L - Y_a) \cdot K]. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

У отриманій моделі невідомими параметрами є: 1) кривизна траєкторії руху $K=1/R_a$; 2) координата зміщення центру повороту Y_a .

Вхідними параметрами, які задають динаміку руху дослідного МТА, були кут повороту керованих коліс трактора α і швидкість руху МТА на поворотній смузі V_{π} .

У якості перемінних параметрів математичної моделі, вибір яких потребував обґрунтування, виступали: тиск в шинах передніх і задніх коліс трактора, виражений через значини коефіцієнтів опору уводу його шин k_a і k_b ; довжина подовжувача зчіпки l_y ; відстань від зчіпки до осі задніх коліс трактора l_T ; баластування переднього мосту трактора, виражене через його масу M_B .

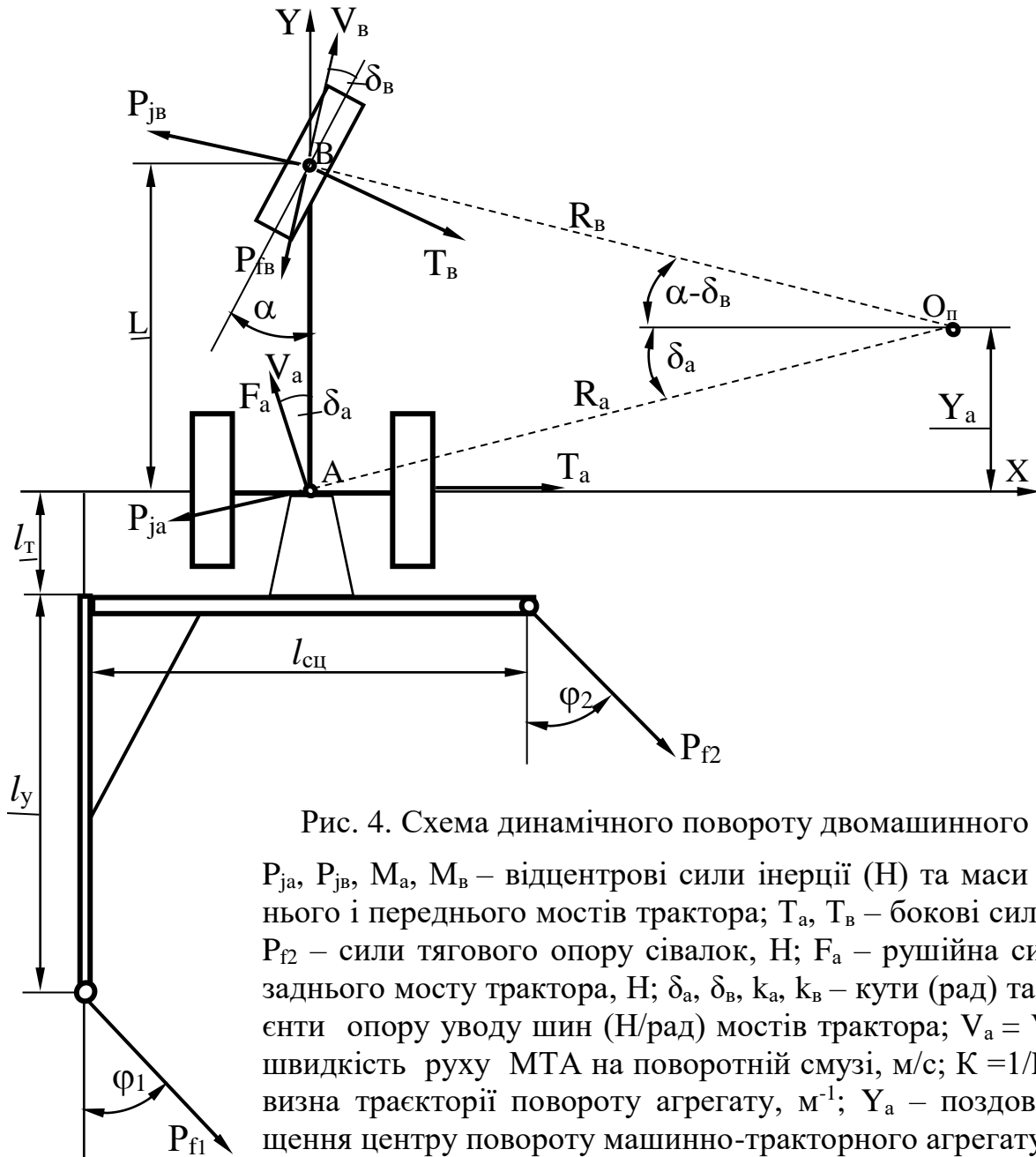


Рис. 4. Схема динамічного повороту двомашинного МТА:

P_{ja} , P_{jb} , M_a , M_b – відцентрові сили інерції (Н) та маси (кг) заднього і переднього мостів трактора; T_a , T_b – бокові сили, Н; P_{f1} , P_{f2} – сили тягового опору сівалок, Н; F_a – рушійна сила коліс заднього мосту трактора, Н; δ_a , δ_b , k_a , k_b – кути (рад) та коефіцієнти опору уводу шин (Н/рад) мостів трактора; $V_a = V_b = V_{\Pi}$ – швидкість руху МТА на поворотній смузі, м/с; $K = 1/R_a$ – кривизна траєкторії повороту агрегату, m^{-1} ; Y_a – поздовжнє зміщення центру повороту машинно-тракторного агрегату, м.

В разі усталеного повороту МТА $\dot{Y}_a = \dot{K} = 0$ і в системі рівнянь (4) вирази для відцентрових сил спростяться і матимуть наступний вид:

$$P_{ja} = M_a \cdot V_{\Pi}^2 \cdot K; \quad P_{jb} = M_b \cdot V_{\Pi}^2 \cdot K.$$

Аналіз математичної моделі усталеного повороту дослідного МТА показав, що збільшення довжини подовжувача зчіпки з 2,5 до 3,5 м мало впливає на радіус його повороту. Теоретично він зростає, але при максимальній значині керуючого впливу (кута α) різниця між значинами цього параметра при мінімальному (2,5 м) і максимальному (3,5 м) рівнях величини l_y не перевищує 0,5 м (менше 10%).

При збільшенні відстані від рами зчипки до осі задніх коліс трактора (величина l_T , рис. 4) вдвічі (з 1,0 до 2,0 м) радіус повороту МТА зменшується. Коли керуючий вплив досягає максимуму, це зменшення становить 2,0 м, або 31,7%. Причиною такого результату є те, що віддалення зчипки від енергетичного засобу дозволяє причіпним сівалкам повертатися на більший кут. Водночас, подальше збільшення ($> 2,0$ м) параметра l_T недоцільне, оскільки воно призводить до небажаного зростання кінематичної довжини машинно-тракторного агрегату.

Результати моделювання показують, що зі збільшенням швидкості руху агрегату з 1,0 до 3,0 м/с радіус повороту машинно-тракторного агрегату змінюється мало. В цілому ж цей процес має тенденцію до зменшення, яка більш яскраво виражена при швидкості агрегату, більшій за 2,0 м/с.

Отриманий результат вимагає пояснення, оскільки найчастіше збільшення швидкості руху МТА (V_n) приводить до збільшення радіусу його повороту. В нашому випадку такий характер залежності $R_a = f(V_n)$ обумовлений зменшенням абсолютної значини від'ємної координати зміщення центру повороту МТА Y_a при поступовому зростанні V_n . Коли ж швидкість руху агрегату на поворотній смузі становить 3,0 м/с, а керуючий вплив більший за 0,32 рад, вказана координата приймає позитивну значину (крива 3, рис. 5).

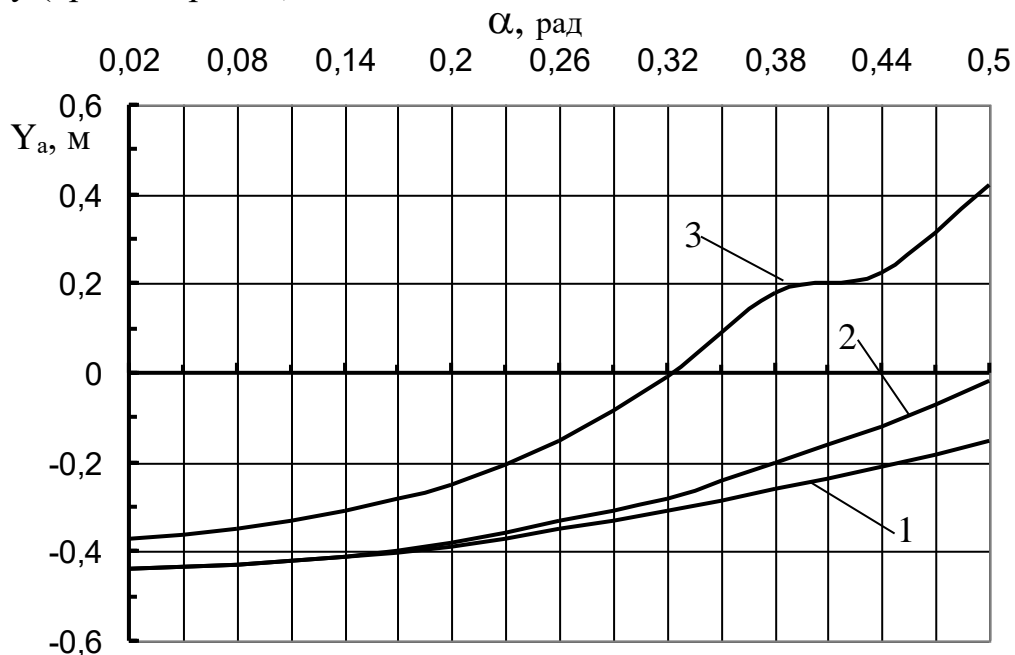


Рис. 5. Залежність координати Y_a від кута повороту керуваних коліс трактора при різних значинах швидкості руху МТА на поворотній смузі V_n :
1 – 1,0 м/с; 2 – 2,0 м/с; 3 – 3,0 м/с

І хоча при подальшому збільшенні керуючого впливу від 0,32 до 0,50 рад значина Y_a зростає, радіус повороту машинно-тракторного агрегату замість логічного (на перший погляд) збільшення в дійсності продовжує поступово зменшуватися.

В основі пояснення цього факту лежить динаміка зміни кутів уводу шин передніх (δ_B) і задніх (δ_a) шин трактора. Справа в тому, що при рухові МТА на поворотній смузі зі швидкістю 3,0 м/с і керуючому впливі більшому за 0,32 рад кут уводу шин задніх рушіїв

енергетичного засобу δ_a змінює напрямок на протилежний (позитивний). При $\alpha = 0,5$ рад його значина взагалі зростає до $0,09$ рад, що майже дорівнює значині кута уводу шин передніх рушіїв енергетичного засобу (криві 6 і 3, рис. 6).

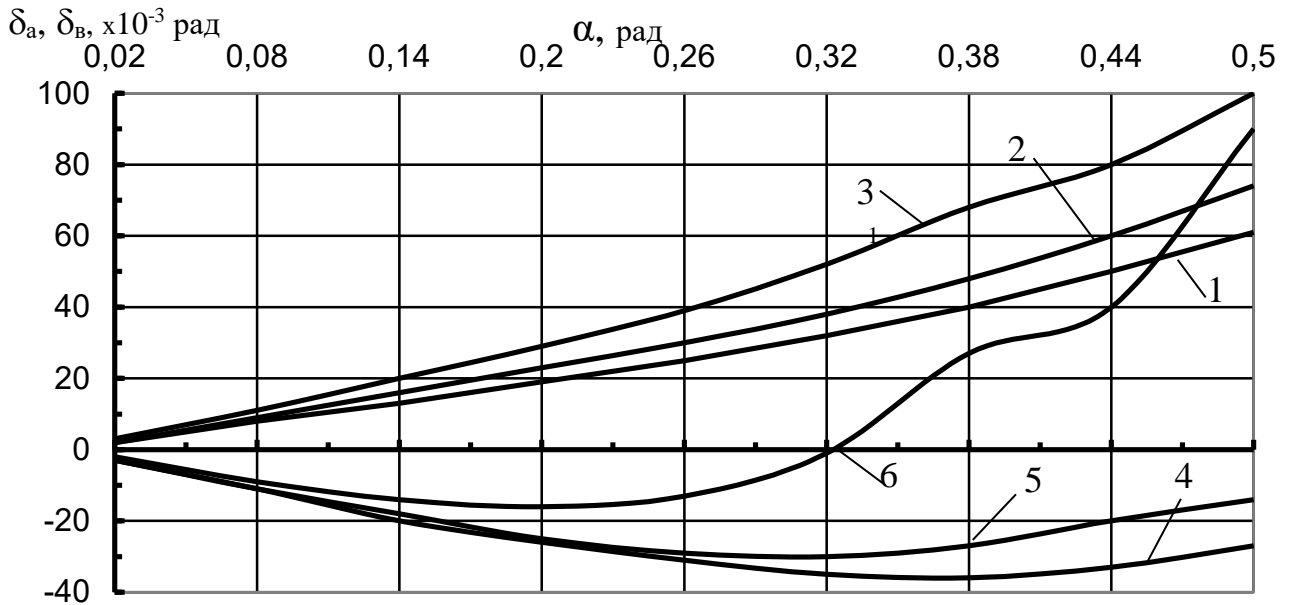


Рис. 6. Залежність кутів уводу передніх (1 – 3) і задніх (4 – 6) рушіїв трактора від керуючого впливу при різних значинах швидкості руху МТА на поворотній смузі $V_{п}$: 1,4 – 1,0 м/с; 2,5 – 2,0 м/с; 3,6 – 3,0 м/с

Водночас, інтенсивність зростання кутів δ_b і δ_a в діапазоні зміни керуючого впливу $\alpha = 0,32 \dots 0,50$ рад – різна: а саме, у першого вона вища, ніж у другого. Так, якщо значина кута δ_a при збільшенні α від $0,32$ до $0,50$ рад зростає практично вдвічі (крива 3, рис. 6), то значина кута δ_b збільшується при цьому більше, ніж у 90 разів (крива 6, рис. 6). Отримане випередження зростання кута уводу шин задніх коліс трактора по відношенню до кута уводу шин його передніх рушіїв і обумовлює такий стан речей, при якому зростання координати зміщення центру повороту МТА приводить не до збільшення, а до зменшення радіуса його маневру на поворотній смузі.

Натомість, збільшення тягового опору зі сторони сівалок призводить до зростання величини R_a . Так, при $\alpha = 0,5$ рад і $V_{п} = 2,0$ м/с збільшення сили P_f вдвічі обумовлює зростання R_a від $5,3$ до $5,8$ м (тобто на $9,4\%$).

Під впливом тягового опору технологічної частини МТА (двох сівалок) передній міст енергетичного засобу може певною мірою розвантажуватися. Як показало математичне моделювання, баластування переднього мосту трактора масою 180 кг обумовлює зменшення радіусу повороту агрегату. Інша справа, що відчутним воно є лише при куті повороту керованих коліс трактора більшим за $0,32$ рад (18°). За максимальної значини керуючого впливу ($\alpha = 0,5$ рад) зменшення радіусу повороту МТА від баластування переднього мосту трактора становить $0,8$ м (тобто 15%).

Відомо, що кут уводу тієї чи іншої шини трактора залежить від коефіцієнта опору цьому впливу. Як показує аналіз досліджень, зі зміною k_b в межах $60 \dots 80$ кН/рад значина R_a збільшується, а Y_a – зменшується. Однак, практично ці зміни є незначними, що обумовлено саме такою (незначною) зміною кутів уводу шин як передніх, так і задніх коліс енергетичного засобу.

Практикою доведено, що для кожного виду повороту існує оптимальний радіус $R_{\text{опт}}$, при якому довжина маневру буде найменшою. У випадку, коли дійсна мінімальна значина $R_{\text{амін}}$, обумовлена конструкцією конкретного агрегату, є більшою за $R_{\text{опт}}$, будуть мати місце кругові ділянки з радіусом $R_{\text{амін}}$ і довжина повороту буде більша за мінімальну. Якщо ж мінімально допустимий радіус повороту $R_{\text{амін}}$ буде меншим за $R_{\text{опт}}$, то реалізувати його при звичайній експлуатації МТА виявиться неможливим. Найбільш оптимальним рішенням є рівність $R_{\text{опт}}$ і $R_{\text{амін}}$.

Добитися рівності $R_{\text{опт}}$ і $R_{\text{амін}}$ можна шляхом руху на поворотній смузі у певному режимі, показник якого $K_{\text{п}}$ для даного МТА визначається його конструктивними і кінематичними параметрами:

$$K_{\text{п}} = \frac{V_{\text{п}}}{\omega} = 2 \cdot [l_{\text{т}}/\text{tg}\varphi_3 + l_{\text{сн}}/\sin\varphi_3 - l_{\text{сц}}/2]^2 \cdot \varepsilon_{\text{мак}} / L,$$

де $\varphi_3 = 90 - \arccos[(l_{\text{сн}} - r_{\text{к}})/R_1]$, град;

ω – середня кутова швидкість повороту керованих коліс трактора, рад/с;

$\varepsilon_{\text{мак}}$ – максимальний кут повороту агрегату у момент завершення ним «входження в поворот», град.

На практиці застосовуються безпетльові ($\varepsilon_{\text{мак}} = \pi/4$) і петльові ($\varepsilon_{\text{мак}} = \pi/2$) повороти. Розрахунки, проведені при значинах параметрів: $l_{\text{т}} = 1,0$ м; $l_{\text{сн}} = 2,15$ м; $l_{\text{сц}} = 3,6$ м; $L = 2,37$ м; $r_{\text{к}} = 0,6$ м; $R_1 = 2,5$ м, показали наступне. При виконанні агрегатом петльового повороту показник режиму його здійснення $K_{\text{п}} = 11,45$ м/рад, що практично повністю відповідає оптимальному ($K_{\text{попт}} = 11,4$ м/рад).

Натомість, безпетльові повороти дослідним МТА будуть здійснюватися з показником режиму $K_{\text{п}} = 5,7$ м/рад. Це хоча і входить в допустимий діапазон зміни цього показника (4,5...25,0 м/рад), проте є меншим за його оптимальний рівень.

Розділ 3 Програма і методика експериментальних досліджень

В якості фізичного об'єкта досліджень був прийнятий посівний машинно-тракторний агрегат у складі трактора тягового класу 1,4 (МТЗ-80), напівнавісної двомашинної зчіпки під умовною маркою СС-7,2 та двох причіпних зернових сівалок СЗ-3,6.

Програма експериментальних досліджень включала лабораторно-польові та експлуатаційні випробування. Під час проведення експериментів передбачалось: визначення необхідних для розрахунків на математичній моделі масово-геометричних характеристик посівного агрегату; з'ясування трудомісткості переведення двомашинного посівного агрегату із транспортного положення в робоче і навпаки; отримання експериментальних даних, необхідних для перевірки математичної моделі повороту посівного МТА на адекватність; визначення впливу конструктивних та кінематичних параметрів МТА на дійсну значину показника режиму його руху на поворотній смузі; проведення порівняльної оцінки експлуатаційно-технологічних показників посівних МТА.

З урахуванням конструктивних особливостей досліджуваного двомашинного посівного агрегату було розроблено комплект вимірювально-реєструючої апаратури (рис. 7).

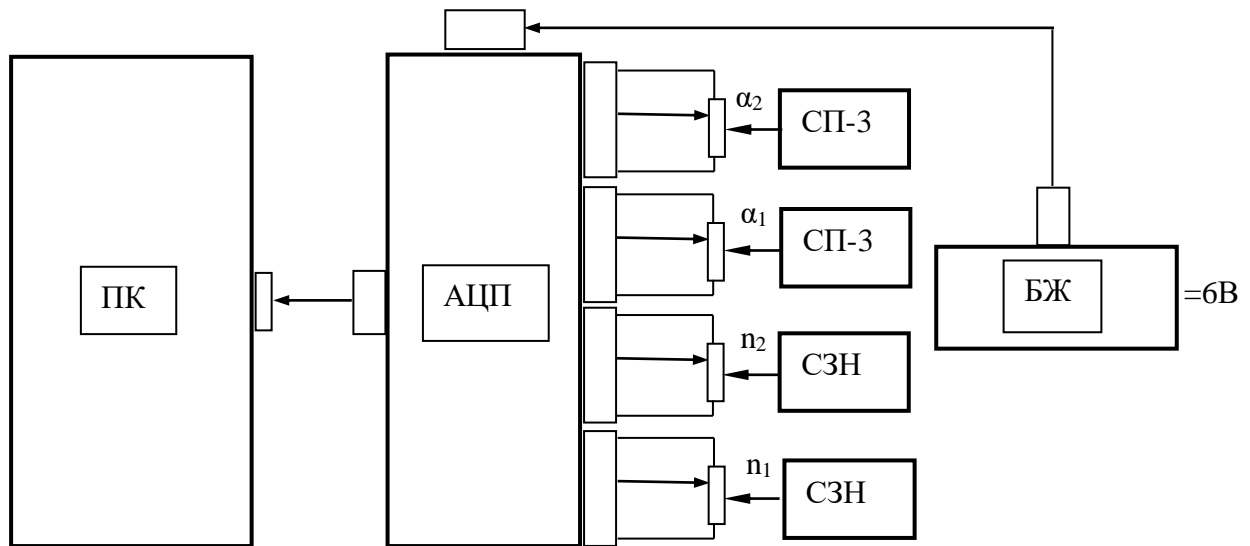


Рис. 7. Блок-схема вимірювально-реєстраційного комплексу:

ПК – комп’ютер; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; БЖ – блок живлення; СП-3 – перемінний опір 470 Ом; СЗН – струмознімач; α_1 – кут повороту лівого керованого колеса; α_2 – кут повороту правого керованого колеса; n_1 – оберти лівого ведучого колеса; n_2 – оберти правого ведучого колеса трактора

Для перевірки математичної моделі на адекватність МТА у складі трактора МТЗ-80, напівнавісної зчіпки та двох причіпних сівалок СЗ-3,6 здійснював правосторонній поворот у п’яти варіантах режиму руху. Кожен із цих варіантів характеризувався заданим кутом повороту керованих коліс трактора та швидкістю руху агрегату на поворотній смузі.

Кут повороту керованих коліс трактора (α) змінювали від 0,24 до 0,48 рад (тобто від 14 до 28°) з інтервалом приблизно 0,1 рад (1°). Це дало можливість отримати п’ять варіантів зміни даного параметра. Мінімальну значину кута α встановлювали із тих міркувань, що подальше зменшення цього параметра обумовлює такий радіус повороту машинно-тракторного агрегату, який призводить до виходу за межі реальної ширини поворотної смуги.

Максимальна значина кута повороту керованих коліс трактора обмежувалась його технічною можливістю. Для випробовуваного енергетичного засобу (МТЗ-80) середня значина максимального повороту лівого і правого передніх коліс становила 29°. Для реєстрації кута α використовували реохордні датчики СП-3А, а для визначення швидкості руху посівного агрегату на поворотній смузі – датчики обертів задніх коліс трактора.

Дійсний радіус повороту машинно-тракторного агрегату (R_a) визначали, вимірюючи діаметри умовних кіл, залишених на поверхні поля задніми колесами трактора. Повторність кожного із п’яти дослідів – двократна. Теоретичні значини радіусу повороту цього ж самого МТА визначали розрахунками із теоретичних залежностей, виведених у розділі 2.

Як показав аналіз отриманих експериментальних даних, середня значина кута повороту керованих коліс трактора під час проведення дослідів змінювалась від 0,24 до 0,48 рад, а швидкість переміщення МТА – від 1,86 до 2,3 м/с (табл. 1).

**Результати експериментальних даних
перевірки математичної моделі посівного МТА на адекватність**

№ варіанту руху МТА	Середні значини				Збільшення (+), зменшення (–) значини $R_{ад}$ по відношенню до значини $R_{ат}$, %
	Кут повороту керованих коліс трактора (α), рад	Швидкість руху МТА на повороті ($V_{п}$), м/с	Теоретичний радіус повороту МТА ($R_{ат}$), м	Дійсний радіус повороту МТА ($R_{ад}$), м	
1	0,24	2,30	15,2	15,5	+2,0
2	0,30	2,10	11,6	12,0	+3,4
3	0,37	2,20	9,3	9,0	-3,2
4	0,40	2,00	8,3	7,9	-4,8
5	0,48	1,86	6,5	6,7	+3,0

Причому, більші значини параметра $V_{п}$ відповідають режиму руху агрегату з меншим кутом α , а значить і більшим радіусом повороту $R_{ад}$. Така закономірність є цілком логічною, оскільки переміщення по більшому радіусу з більшою швидкістю є більш технічно безпечним, ніж під час руху по траєкторії з великою кривизною.

Рух МТА з кутом повороту керованих коліс трактора меншим за 0,24 рад (14°) не практикували із-за отримуваної при цьому великої значини радіуса $R_{д}$. Отриманих результатів, на нашу думку, достатньо для прийняття достовірного рішення щодо адекватності математичної моделі досліджуваного МТА.

Після аналізу теоретичних та експериментальних даних було встановлено, що у всіх п'яти варіантах руху дослідного МТА на поворотній смузї різниця між дійсною і розрахунковою значинами радіуса його повороту не перевищувала 5%. Такий збіг натурних та розрахункових даних вказує на адекватність розробленої математичної моделі, що дає право використовувати її для достовірного обґрунтування схеми, режимів роботи і конструктивних параметрів МТА.

Розділ 4 Результати експериментальних досліджень посівного МТА

Загальна трудомісткість процесу складання нового МТА (рис. 8, рис. 9) дорівнює 0,077 люд.-год. Найбільшу (43%) частку часу агрегування займає від'єднання лівої сівалки і переміщення трактора вправо і вперед разом зі зчіпкою та приєднаною до неї правою посівною машиною.



Рис. 8. Двомашинний МТА на підживленні сходів озимої пшениці



Рис. 9. Дослідний двомашинний агрегат під час повороту

Як виявилось під час експериментальних досліджень, здійснення петльового (грушоподібного) повороту дослідним агрегатом відбувалося з середньою швидкістю $V_{\Pi} = 1,88$ м/с. Середня значина кутової швидкості повороту керованих коліс трактора (ω) становила при цьому $\omega = 0,155$ рад/с. В результаті двомашинний посівний агрегат здійснював поворот, дійсна значина показника режиму якого була $1,88$ (м/с)/ $0,155$ (рад/с) = $12,1$ м/рад. Це лише на $1,7\%$ більше за розрахункову значину величини K_{Π} , яка для даного виду повороту даним МТА становить $11,9$ м/рад. Навіть по відношенню до оптимальної ($11,4$ м/рад) дійсна значина показника режиму повороту більша всього на $6,1\%$.

Інша справа виявилася при здійсненні безпетльового повороту. В цьому випадку фази входу агрегату в поворот і виходу із нього є більш короткими, ніж при петльовому маневрі. Із-за цього, а також із-за меншої ширини поворотної смуги механізатор повинен за однієї і тієї ж швидкості переміщення МТА більш інтенсивно впливати на кермо трактора, що, в кінцевому рахунку, і обумовлює більш низьку значину показника режиму повороту агрегату – K_{Π} . Так, в умовах дослідів за швидкості руху МТА на повороті $V_{\Pi} = 1,90$ м/с величина кутової швидкості обертання керма під час входження агрегату у поворот і виходу із нього становила $0,30$ рад/с. Лише такий режим зміни керуючого впливу дозволив вписатися в поворотну смугу шириною $16,15$ м. Це обумовило здійснення маневру з показником режиму $K_{\Pi} = 6,3$ м/рад. У порівнянні з розрахунковим ($5,9$ м/рад) він більший на $6,8\%$. Водночас, по відношенню до оптимальної дійсна значина показника K_{Π} становить лише $55,3\%$.

Слід сказати, що дійсна значина кутової швидкості повороту керованих коліс трактора ($0,30$ рад/с) була на 36% більша за рекомендовану ($0,22$ рад/с). Проте, в іншому випадку, тобто при зменшенні величини ω , вписатися у ширину поворотної смуги $16,15$ м не вдалося. Звідси випливає, що зменшити значину кутової швидкості повороту керованих коліс трактора ω до такого рівня, аби забезпечити виконання безпетльового повороту з оптимальною значиною показника режиму K_{Π} , – на практиці немає можливості.

Не можна практично досягти цього і в тому випадку, якщо віддалити раму зчіпки від осі задніх коліс трактора, тобто збільшити величину l_T (рис. 1). Справа в тому, що згідно з результатами математичного моделювання зростання значини цього параметра дозволяє зменшити радіус повороту МТА. Але, тільки до тих пір, поки не будуть порушені умови маневру машинно-тракторного агрегату. В нашому випадку це актуально для лівостороннього повороту МТА, при якому кут φ_3 , а значить і радіус R_a , можна зменшувати до тих пір, поки не виникне загроза контакту лівого колеса лівої сівалки з рамою зчіпки. Іншими словами, поки можна збільшувати кут повороту лівої сівалки φ_3 , до тих пір збільшення параметру l_T (в певних межах, відповідно) сприятиме зменшенню величини R_a .

При досягненні максимально можливих значин кутів α і φ_3 отримуємо мінімальну значину радіусу повороту МТА – R_{amin} . Після цього подальше віддалення рами сівалки від трактора (збільшення l_T) викликатиме зростання показника режиму повороту K_{Π} . Проте відбуватиметься це за рахунок збільшення радіусу R_{amin} . Дійсно, при максимальній значині кут φ_3 подальше збільшення параметру l_T обумовлює зміщення центру повороту агрегату (т.Оп) вліво. В результаті однозначно зростає відстань ОпА, тобто власне R_{amin} .

Таким чином, виконання безпетльових поворотів досліджуваний машинно-тракторного агрегат може здійснюватиме з показником режиму, який майже вдвічі більший за оптимальну значину. Але ж це тільки тоді, коли б дійсна ширина поворотної смуги (E_p) дорівнювала б мінімально потрібній (E_{min}). В реальних умовах експлуатації виявилось, що за дійсної ширини поворотної смуги в 21,60 м дослідний машинно-тракторний агрегат навіть безпетльовий спосіб повороту може здійснювати з показником режиму, близьким до оптимального. Так, під час маневру МТА на смузі вказаної ширини зі швидкістю 1,92 м/с кутова швидкість повороту керованих коліс трактора склала 0,185 рад/с. Дійсна значина показника K_p дорівнювала при цьому 10,4 м/рад, що лише на 8,7% менше від оптимальної (11,4 м/рад). Машинно-тракторний агрегат при виконанні маневру, тобто безпетльового повороту, повністю вписувався в ширину поворотної смуги 21,60 м.

З викладеного вище аналізу можна дійти висновку, що практичної потреби у збільшенні відстані між рамою напівнавісної зчіпки і віссю задніх коліс трактора (параметр l_T) немає. Тим більше, що таке рішення певною мірою ускладнює конструкцію машинно-тракторного агрегату. По-друге, з одного боку збільшення величини l_T обумовлює зменшення радіусу повороту МТА, а з другого призводить до зростання довжини його виїзду на поворотній смузі. В результаті час здійснення маневру може при цьому залишитися практично таким же.

Під час експлуатаційно-технологічних випробувань новим машинно-тракторним агрегатом здійснювали підживлення сходів озимої пшениці аміачною селітрою (рис. 8, рис. 9). Умови і режим роботи були наступними: вологість ґрунту в шарі 0...15 см – 17,5%; щільність ґрунту в шарі 0...15 см – 1,23 г/см³; довжина гону поля – 885 м; спосіб руху на поворотній смузі – петльовий човниковий; середня швидкість руху на поворотній смузі – 1,9 м/с.

Для порівняння випробовуваний машинно-тракторний агрегат працював на полі разом з аналогічним у складі трактора МТЗ-80 та однієї сівалки СЗ-3,6. Для організації роботи порівнюваних МТА поле було розділено на ділянки.

Аналіз хронометражних даних його роботи показав, що у порівнянні з контрольним швидкість робочого руху нового МТА була меншою лише на 2,2% (табл. 2).

Таблиця 2 –

Експлуатаційно-технологічні показники роботи посівних МТА

№ п/п	Показник	Значина для МТА	
		нового	базового
1.	Умови та режим роботи: - довжина гону, м	885	
	- швидкість руху, км/год	8,8	9,0
	- робоча ширина захвату, м	7,2	3,6
2.	Продуктивність праці за годину: основного часу, га	6,3	3,2
	- змінного часу, га	4,9	2,5
	- експлуатаційного часу, га	4,8	2,4
3.	Питомі витрати палива, кг/га	3,05	3,80
4.	Експлуатаційно-технологічні коефіцієнти:		
	- використання часу зміни	0,78	0,79
	- використання експлуатаційного часу	0,76	0,75
	- надійності технологічного процесу	1,0	1,0
	- середній час одного повороту, с	44	38

Практично рівними виявилися і експлуатаційно-технологічні показники порівнюваних машинно-тракторних агрегатів. Наявна різниця їх значин є статистично випадковою.

Водночас, за рахунок вдвічі більшої ширини захвату продуктивність праці дослідного агрегату за одну годину зміни була в 1,96 разів вищою. Експлуатаційна продуктивність його роботи виявилися більшою рівно вдвічі.

Як показали виробничі випробування, новий машинно-тракторний агрегат виявився більш економічним. Застосування нової зчіпки дозволило знизити питомі витрати палива з 3,80 л/га – у базового МТА до 3,05 л/га – у нового агрегату. Тобто економія склала 20%. Цілком зрозуміло, що добитися цього вдалося завдяки використанню двох сівалок в одному агрегаті замість однієї.

Під час експлуатаційно-технологічних випробувань було встановлено, що швидкість руху дослідного МТА знаходилась на рівні 1,90 м/с, а кутова швидкість повороту керованих коліс – 0,16 с⁻¹. В результаті показник режиму повороту становив $K_p = 1,90/0,16 = 11,9$ м/рад, що лише на 4,4% більше за оптимальну значину (11,4 м/рад) для цього (тобто петльового) виду повороту.

Середній час повороту дослідного машинно-тракторного агрегату був більшим в середньому на 15,8%. Водночас, питомі витрати часу на повороти зросли при цьому мало (на 5%). При внесенні мінеральних добрив дослідним машинно-тракторним агрегатом випадків зіткнення його сівалок під час маневрування на поворотній смузі не було. Не мали місце і випадки контакту правої причіпної сівалки з рамою зчіпки при здійсненні машинно-тракторним агрегатом лівостороннього повороту. В цілому технологічний процес протікав надійно, про що свідчить максимальна значина відповідного коефіцієнту, яка дорівнює 1 (див. табл. 2).

Розділ 5 Техніко-економічна ефективність використання двомашинного посівного МТА

В даній дисертаційній роботі порівняльному аналізу підлягали новий посівний агрегат (трактор МТЗ-80, зчіпка СС-7,2 і дві сівалки СЗ-3,6) та два базових: 1) трактор МТЗ-80, зчіпка СП-11 та дві сівалки СЗ-3,6; 2) трактор МТЗ-80 і сівалка СЗ-3,6.

Перші два агрегати (тобто новий і один із серійних) пройшли експлуатаційно-технологічні випробування. Дані щодо роботи третього МТА запозичені з літератури.

З урахуванням сукупних витрат впровадження нового посівного двомашинного агрегату (трактор МТЗ-80, зчіпка СС-7,2, дві сівалки СЗ-3,6) у порівнянні з базовими (першим і другим) МТА дозволяє зменшити відповідно:

- витрати праці – на 20,0 – 50,0%;
- прямі витрати – на 29,0%;
- питомі інвестиційні вкладення – на 16,1%;
- сукупні витрати – на 32,9%.

Практична експлуатація нового двомашинного посівного агрегату дозволяє на кожному гектарі оброблюваної площі заощадити не менше 19 грн.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведене нове вирішення наукового завдання, суть якого полягає у підвищенні техніко-економічних показників роботи двомашинного посівного МТА на базі трактора тягового класу 1,4 шляхом обґрунтування його схеми та конструктивно-технологічних параметрів. На основі проведених досліджень зроблено такі основні висновки.

1. Підвищення продуктивності праці посівного МТА на основі трактора тягового класу 1,4 доцільно здійснювати за рахунок збільшення його ширини захвату шляхом використання двох причіпних сівалок замість однієї. Для практичної реалізації цього напрямку потрібна напівнавісна зчіпка, конструкція якої унеможливила б зіткнення причіпних машин і забезпечувала підвищення техніко-економічних показників роботи посівного машинно-тракторного агрегату.

2. Задля запобігання зіткнення причіпних сівалок у двомашинному посівному агрегаті довжина подовжувача напівнавісної зчіпки має бути не меншою за 2,5 м. Встановлення цього параметра більшим за вказану величину хоча і не призводить до суттєвого збільшення радіусу повороту МТА, однак сприяє небажаному зростанню довжини його виїзду на поворотній смузі.

3. Процес повороту двомашинного агрегату не висуває особливих обмежень щодо вибору значин коефіцієнтів опору уводу шин коліс трактора. Теоретично встановлено, що при зміні цих величин в межах 60...80 кН/рад – для передніх – і 180...210 кН/рад – для задніх рушіїв енергетичного засобу, значина радіусу повороту МТА збільшується, а поздовжня координата зміщення центру повороту – зменшується. Однак практично ці зміни є незначними, що обумовлено малою (до 4°) зміною кутів уводу шин обох мостів енергетичного засобу.

4. Не дивлячись на те, що збільшення відстані між рамою напівнавісної зчіпки і віссю задніх коліс трактора до 1,95 м обумовлює зменшення радіусу повороту МТА, практичної потреби у здійсненні такого конструктивного рішення немає. Адже, крім ускладнення конструкції машинно-тракторного агрегату, це призводить до зростання довжини його виїзду на поворотній смузі, що є небажаним.

5. Для покращення поворотності двомашинного агрегату бажано застосувувати баластування коліс переднього мосту трактора. Так, установа на ньому додаткового вантажу масою 180 кг обумовлює зменшення радіусу повороту агрегату. Найбільш відчутним воно є при куті повороту керованих коліс трактора більшим за 0,32 рад (18°). За максимальної значини керуючого впливу ($\alpha = 0,5$ рад) зменшення радіусу повороту МТА від баластування передшого мосту трактора становить 0,8 м (тобто 15%).

6. Швидкість руху двомашинного посівного МТА на поворотній смузі має бути максимально можливою. Теоретично встановлено, що зі збільшенням цього параметру з 1,0 до 3,0 м/с радіус повороту агрегату має тенденцію до зменшення, яка більш яскраво виражена при швидкості, більшій за 2,0 м/с. Такий результат обумовлений випередженням зростання кута уводу шин задніх коліс трактора по відношенню до кута уводу шин його передніх рушіїв.

7. При виконанні досліджуваним агрегатом безпетльових поворотів дійсна значина показника режиму їх здійснення ($K_{\Pi} = 11,45$ м/рад) практично відповідає

оптимальній (11,40 м/рад). Натомість, безпетльові повороти МТА будуть здійснюватися з показником режиму 5,7 м/рад, що хоча і входить в допустимий діапазон його зміни (4,5...25,0 м/рад), проте є меншим за оптимальний рівень.

8. На поворотній смузі мінімальної ширини новий машинно-тракторний агрегат може здійснювати петльові повороти з показником режиму, близьким до оптимального, а безпетльові – з показником майже вдвічі більшим за нього. Реалізація обох видів повороту МТА в оптимальному режимі має місце на поворотній смузі, дійсна ширина якої більша за мінімально розрахункову і кратна ширині захвату агрегату.

9. Застосування нового двомашинного агрегату на основі напівнавісної зчіпки у порівнянні з одномашинним МТА збільшує питомі витрати часу на поворотній смузі не більше, ніж на 5%. Водночас, за рахунок більшої в два рази ширини захвату дослідного агрегату у порівнянні з серійним змінна та експлуатаційна продуктивність його роботи є майже вдвічі вищою, а питомі витрати палива щонайменше на 20% меншими.

10. З урахуванням сукупних витрат впровадження нового посівного двомашинного агрегату, налаштованого у відповідності до розроблених практичних рекомендацій, дозволяє зменшити витрати праці – на 20,0 – 50,0%, прямі витрати – на 2,7 – 7,8%, питомі інвестиційні вкладення – на 21,0 – 46,9%, сукупні витрати – на 3,4 – 9,9%. Виробнича експлуатація нового двомашинного посівного агрегату дозволяє на кожному гектарі оброблюваної площі заощадити не менше 19 грн.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях

1. Кюрчев В.М. Напівнавісна двомашинна зчіпка/ В.М. Кюрчев, В.Т. Надикто, А.М. Аюбов, В.М. Масалабов // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – Вип. 9, Т.3. – С.137 – 143 (здобувачем проведено дослідження статичної поворотності посівного агрегату).

2. Масалабов В.М. Дослідження динамічної поворотності двомашинного МТА / В.М. Масалабов, В.Т. Надикто // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, Т. 3. – С.15 – 26 (здобувачем розроблено математичну модель повороту МТА).

3. Масалабов В.М. Визначення показника режиму поворотності двомашинного посівного МТА / В.М. Масалабов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, Т. 5. – С.3 – 7.

4. Масалабов В.М. Експлуатаційно-технологічна оцінка роботи двомашинного агрегату / В.М. Масалабов // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. 15, Т. 4. – С. 150 - 156.

5. Масалабов В.М. До методики експериментального визначення показника режиму повороту двомашинного МТА / В.М. Масалабов // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград, КНТУ, 2015. – Вип. 45, ч.1. – С.246 – 252.

6. Масалабов В.М. Оцінка трудоемкості агрегування посівного МТА / В.М. Масалабов // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград, КНТУ, 2015. – Вип. 45, ч.2. – С.94 – 98.

Статті у закордонних виданнях

7. Масалабов В.Н. Динамика неустановившегося поворота двухмашинного МТА / В.Н. Масалабов // Агропанорама, 2015, №4. – С.16 – 18 (Белоруссия).

Патенти

8. Патент 50421 Україна, МПК⁹ В60D 1/00. Двомашинна зчіпка / Масалабов В.М., Кюрчев В.М., Надикто В.Т.: заявник та власник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u200912521; заявл. 03.12.2009; опубл. 10.06.2010, Бюл. №11/2010 (здобувачем сформульована формула винаходу).

Матеріали доповідей на міжнародних конференціях

9. Масалабов В.М. Методика перевірки математичної моделі двомашинного посівного МТА на адекватність / В.М. Масалабов // Збірник тез доповідей II міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання». – Національний університет біоресурсів і природо використання України. – К., 2015. – С.155 – 157.

10. Масалабов В.М. Практичні рекомендації з вибору схеми і параметрів двомашинного посівного МТА на основі напівнавісної зчіпки /В.М. Масалабов // Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Т.4, ч. 2. – С.25 – 26.

Статті в інших виданнях

11. Масалабов В. Двомашинна зчіпка /В. Масалабов, Л. Маргарян, А. Аюбов// The Ukrainian Farmer, 2011. – №7. – С.84.

АНОТАЦІЯ

Масалабов В.М. Обґрунтування схеми та конструктивно-технологічних параметрів двомашинного посівного агрегату на основі трактора тягового класу 1,4. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – Машина і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, 2016.

Дисертацію присвячено розробці нового двомашинного посівного агрегату з напівнавісною зчіпкою на основі трактора тягового класу 1,4. В науковій роботі обґрунтовано схему МТА та його конструктивно-технологічні параметри. На основі аналізу статичного та динамічного процесів повороту нового двомашинного агрегату вибрано довжину подовжувача напівнавісної зчіпки, обґрунтовано точки (координати) приєднання причіпних сівалок до зчіпки, відстань останньої до осі задніх коліс трактора тощо. Шляхом теоретичних досліджень виведено новий показник режиму повороту, який дозволяє підвищити техніко-економічні показники роботи двомашинного посівного агрегату.

На основі узагальнення отриманих результатів досліджень розроблено і в умовах виробничої експлуатації перевірено ефективність впровадження практичних рекомендацій щодо вибору схеми та параметрів нового посівного агрегату на основі трактора тягового класу 1,4.

Ключові слова: трактор, машина, зчіпка, подовжувач, сівба, поворот, радіус повороту, показник режиму повороту, продуктивність.

АННОТАЦІЯ

Масалабов В.Н. Обоснование схемы и конструктивно-технологических параметров двухмашинного посевного агрегата на основе трактора тягового класса 1,4. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – Машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. Таврический государственный агротехнологический университет, Мелитополь, 2016.

В диссертационной работе решена научно-прикладная задача – повышение технико-экономических показателей посевного агрегата путем обоснованного выбора его схемы и конструктивно-технологических параметров. На основе трактора тягового класса 1,4 и новой полунавесной сцепки создан двухмашинный посевной агрегат. Одна из прицепных сеялок присоединяется непосредственно к раме сцепки, а другая – через удлинитель, длина которого не должна быть меньше 2,5 м. В этом случае при осуществлении машинно-тракторным агрегатом разворота на поворотной полосе исключается столкновение (касание) прицепных зерновых сеялок между собой.

При анализе статической и динамической моделей поворота нового двухмашинного агрегата оценено влияние его конструктивно-технологических параметров на радиус поворота. Установлено, что изменение коэффициента увода передних колес трактора в пределах 60...80 кН/рад, а задних – в интервале 180...210 кН/рад, значение радиуса поворота двомашинного посевного агрегата изменяется незначительно в силу малого изменения (до 4°) углов увода шин движителей энергетического средства. Практически это ослабляет строгость требования к установке давления воздуха в шинах мостов трактора.

Не смотря на то, что увеличение расстояния между рамой полунавесной сцепки и осью задних колес трактора до 1,95 м способствует уменьшению радиуса поворота агрегата, практической потребности в осуществлении такого решения нет. Кроме усложнения конструкции МТА, это приведет к нежелательному увеличению кинематической длины агрегата, а значит и длины его выезда на поворотной полосе.

Обосновано, что для улучшения поворотливости нового машинно-тракторного агрегата передний мост трактора желательно балластировать той массой, которая не превышает грузонесущую способность его шин.

В диссертационной работе выведен новый показатель режима поворота МТА, который связывает его конструктивные параметры с такими показателями движения, как скорость перемещения на поворотной полосе и угловая скорость вращения рулевого колеса. При этом, установлено, что скорость посевного машинно-тракторного агрегата на поворотной полосе должна быть максимально возможной. При ее увеличении с 1 до 3 м/с радиус поворота МТА имеет тенденцию к уменьшению, которая наиболее выражена на скорости более 2 м/с. Этот результат обусловлен опе-

режением роста угла увода шин задних колес трактора по отношению к углу увода его передних движителей.

На поворотной полосе минимальной ширины новый машинно-тракторный агрегат может осуществлять петлевые повороты с показателем режима, близким к оптимальному, а беспетлевые – с показателем почти вдвое больше его. Реализация обоих видов поворота МТА в оптимальном режиме имеет место на поворотной полосе, действительная ширина которой больше минимально расчетной и кратная ширине захвата агрегата.

Применение нового двухмашинного агрегата на основе полунавесной сцепки в сравнении с одномашинным МТА увеличивает удельные расходы времени на поворотной полосе не больше, чем на 5%. В то же время, за счет большей в два раза ширины захвата опытного агрегата в сравнении с серийным, переменная и эксплуатационная производительность его работы становятся почти вдвое выше, а удельные расходы топлива по меньшей мере на 20% меньшими. С учетом приведенных затрат внедрение нового посевного двухмашинного агрегата, настроенного в соответствии с разработанными практическими рекомендациями, позволяет уменьшить затраты труда - на 20,0-50,0%, прямые затраты – на 2,7 – 7,8%, удельные инвестиционные вложения – на 21,0 – 46,9%, совокупные расходы – на 3,4 – 9,9%. Производственная эксплуатация нового двухмашинного посевного агрегата позволяет на каждом гектаре обрабатываемой площади сэкономить не менее 19 грн.

Ключевые слова: трактор, машина, сцепка, удлинитель, посев, поворот, радиус поворота, показатель режима поворота, производительность.

ABSTRACT

Masalabov V. M. Ground project and structurally technological parameters of two-machines sowing unit on the basis tractor of traction class 1,4. – Manuscript.

Dissertation on a receipt scientifically degree candidate of technical sciences, speciality 05.05.11 – Machines and facilities mechanization of agricultural production. Tavriya state agrotechnological university, Melitopol, 2016.

Dissertation is devoted development of new two-machines sowing aggregate with the semi-mounted coupling on the basis tractor of hauling class 1,4. In the advanced study grounded project of MTU and him structurally technological parameters. On the basis of analysis of static and dynamic processes turn of new two-machines team length of elongator of the semi-mounted coupling is chosen, grounded points (co-ordinates) joining of towed seed planter to coupling, distance of the last to the ax of back wheels of tractor and others like that. By theoretical researches the new index mode of turn which allows to promote the technical and economical indexes work of two-machines sowing team is shown out.

On the basis of generalization the got results of researches it is developed and in the conditions of production exploitation efficiency introduction of practical recommendations is tested in relation to the choice of project and parameters of new sowing team on the basis tractor of hauling class 1,4.

Key words: tractor, machine, coupling, elongator, sowing, turn, radius of turn, index mode of turn, productivity.

Підписано до друку 23.02. 2016 р. Замовл: № 303. Формат 60x84x1/16.
Друк офсетний. Обсяг 0,9 умовн. друк. арк. Тираж 100 примірників.

Надрукована в типографії Таврійського державного агротехнологічного
університету.

Адреса: 72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького, 18.