

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
Механіко-технологічний факультет**



**Використання
техніки в АПК**

**Кафедра “Машиновикористання
в землеробстві”**

***ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК МАШИННО-
ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТ***

**Методичні вказівки до
самостійної роботи №2**

з дисципліни «Використання техніки в АПК МВР»

**для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 208 «Агроінженерія»
(на основі бакалавра)**

Мелітополь, 2019

УДК 631.5

Використання техніки в АПК МВР. Визначення кінематичних характеристик машинно-тракторного агрегат. Методичні вказівки щодо самостійної роботи №2 для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» (на основі бакалавра). – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – 12 с.

Розробник: к.т.н. *Кувачов Володимир Петрович*

Рецензент: к.т.н. *Мітков Василь Борисович*

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри МВЗ, протокол № 4 від 11.11.2019 р.

Затверджено методичною комісією механіко-технологічного факультету, протокол № 3 від 28.11.2019 р.

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

МЕТА РОБОТИ

Самостійне опанування методикою визначення кінематичних характеристик машинно-тракторного агрегату та набуття практичних навичок студентами з організації руху агрегату на поворотній смузі.

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Для машинно-тракторного агрегату із самостійної роботи №1 визначити його кінематичні характеристики та обґрунтувати мінімальний радіус та вид його повороту і ширину поворотної смуги.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Надикто В.Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві / Надикто В. Т. [та ін.]. - Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок «ММД», 2005. - 337 с.
2. Експлуатація машин та обладнання / [Бендера І.М. та ін.]; за ред. І.М. Бендери. – Кам'янець-Подільський: ФОП «Сисин Я.І.», 2013. - 576 с.
3. Посібник. Машини для обробки ґрунту та сівби / За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. – 288 с.
4. Посібник. Трактори, мобільні навантажувальні машини та причепи / За ред. Кравчука В.І., Демидова О.А. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2010. – 176 с.

3 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1 Теоретичні відомості

Кінематика будь-якого МТА – це його рух (з точки зору геометричних форм) при виконанні сільськогосподарських робіт. Основні елементи цього руху визначаються робочими і холостими ходами, обмовленими поворотами, заїздами, переїздами агрегату. З теорії експлуатації машин [1] відомі основні поняття та визначення щодо кінематичних параметрів причіпних МТА (рис. 1).

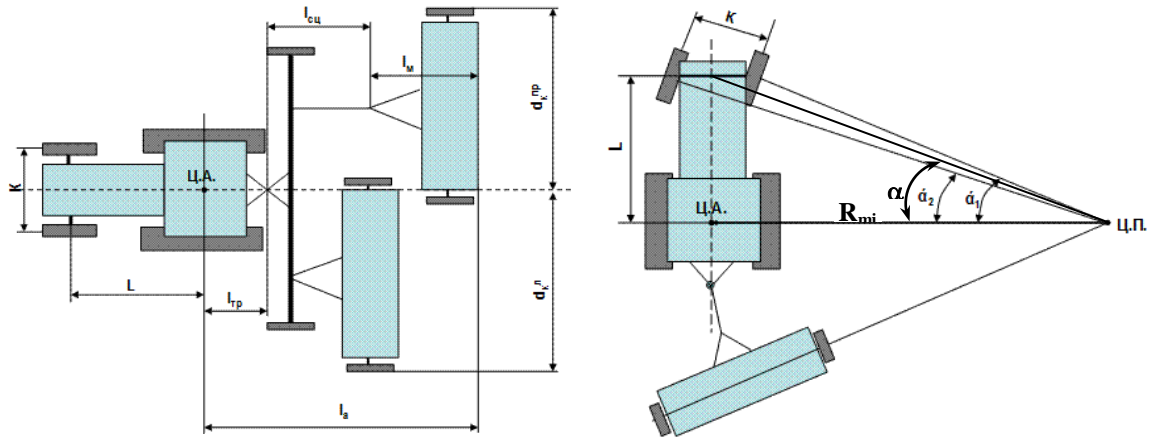


Рисунок 1 – Кінематичні параметри причіпного МТА

Кінематичні характеристики робочої ділянки поля. Частина або все поле, відведене для виконання відповідної с.-г. роботи одному або кільком МТА, називається **робочою ділянкою поля**. Частина такої ділянки, виділена для виконання технологічної операції у відповідності із прийнятим способом руху, називається **загінкою**, довжиною L . Частина загону, яка тимчасово виділяється для повороту МТА, називається **поворотною смугою**. Ширину її прийнято позначати буквою E (рис.2).

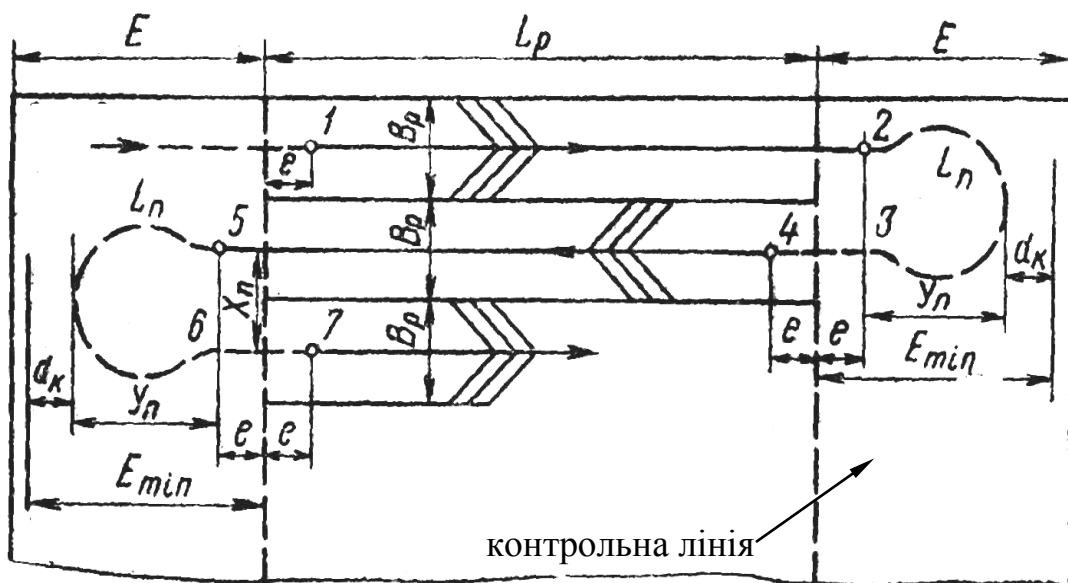


Рисунок 2 – Схема робочої ділянки поля

Лінія, яка відділяє поворотну смугу від іншої частини загону, на якій здійснюються робочі рухи машинно-тракторного агрегату, називають **контрольною лінією** (див. рис.2).

Кінематичні характеристики трактора і агрегату. Точка агрегату, траєкторія якої при розрахунках використовується для визначення кінематики всіх інших точок, називається **кінематичним**

центром МТА, або просто **центром агрегату (Ца)**. У колісних тракторів класичної компоновки – це проекція на площину руху середини задньої ведучої осі. У тракторів з шарнірно – зчленованою рамою за таку точку приймають проекцію на площину руху середини шарніру, який з'єднує піврами трактора. Для гусеничних тракторів такою точкою є проекція на площину руху точки перетину поздовжньої осі трактора з вертикальною площиною, проведеною через середини опорних частин гусениць.

Повороткість колісних тракторів прийнято оцінювати коефіцієнтом (K_{Π}), який розраховують за формулою [1]:

$$K_{\Pi} = \frac{L \cdot V_{\Pi}}{\omega}, \quad (1)$$

де L – поздовжня база трактора;

V_{Π} – швидкість руху МТА під час виконання повороту, [м/с];

ω – інтенсивність перемінного керуючого впливу на органи керування трактора, [рад./с]. Оптимальна значина цього параметру знаходиться в межах $\omega = 0,20 \dots 0,22$ рад./с [2].

Поздовжня база (L) - проекція на площину руху відстані між серединами передньої та задньої осей трактора. У гусеничного енергетичного засобу – це відстань між осями котків, які обмежують опорну поверхню гусениць.

Кінематична довжина агрегату (l_k) – це проекція на площину руху відстані між **Ца** і лінією розміщення найбільш віддаленого робочого органу знаряддя/машини (див. рис.1).

Кінематична ширина агрегату (d_k) - це проекція на площину руху відстані між поздовжньою віссю агрегату і найбільш віддаленою його точкою у поперечному напрямку (див. рис.3). У асиметричного агрегату розрізняють d_k вліво та вправо. Для розрахунків вибирають, як правило, більшу значину цього параметра.

Мінімальний радіус повороту (R_{\min}) – найкоротша відстань між центром агрегату (**Ца**) та центром повороту (**Цп**), тобто точкою, відносно якої здійснюється поворот МТА (див. рис.1). Даний параметр для тракторів класичної компоновальної схеми із передніми керованими колесами можна знайти із виразу:

$$R_{\min} = \frac{L}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (2)$$

де α – максимальний кут повороту керованих коліс трактору

(див. рис.1).

Умовний радіус повороту (R_y) – це радіус півкола, довжина якого дорівнює фактичній довжині безпетлевого дугоподібного (без прямолінійної ділянки) повороту агрегату на кут 180° . Даний параметр розраховують за формулою:

$$R_y = R_{\min} + \frac{K_{\Pi}}{\pi \cdot R_{\min}} \quad (3)$$

Довжина виїзду агрегату (e) – відстань, на яку слід перемістити від контрольної лінії центр агрегату з тим, щоб запобігти огріхам, пошкодженню рослин тощо (див. рис. 2 та 3).

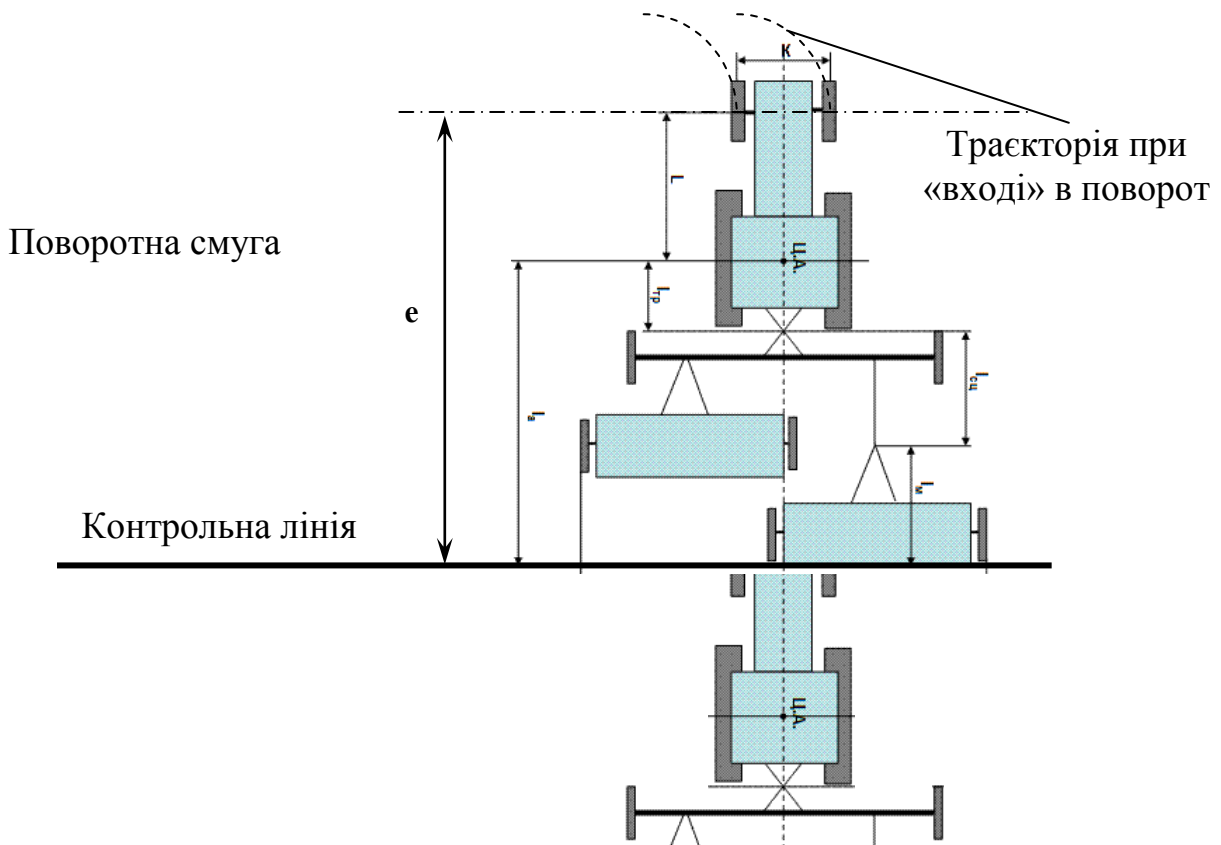


Рисунок 3 – Схема для визначення довжини виїзду МТА

Мінімальний розмір ширини поворотної смуги (E_{\min}) визначається за умови, згідно з якою крайня точка МТА, що визначається його кінематичною шириною d_k , не виходила за межі поворотної смуги.

При безпетлевих поворотах

$$E_{\min} = R_y + d_k + e \quad (4)$$

При петлевих поворотах

$$E_{\min} = 2,7 \cdot R_y + d_k + e \quad (5)$$

Для того, щоб після обробітку основної ділянки поля обробити цілим числом проходів агрегату і поворотні смуги, дійсний їх розмір (E , див. рис. 2) повинен бути кратним ширині захвату агрегату (B_p). Тобто

$$E_{\min} < E = k \cdot B_p, \quad (6)$$

де k – найменше із можливих ціле число.

3.2 Друга частина роботи

В якості робочого об'єкту виступає макетний зразок причіпного МТА, кінематика якого на повороті представлена схематично на рис. 4.

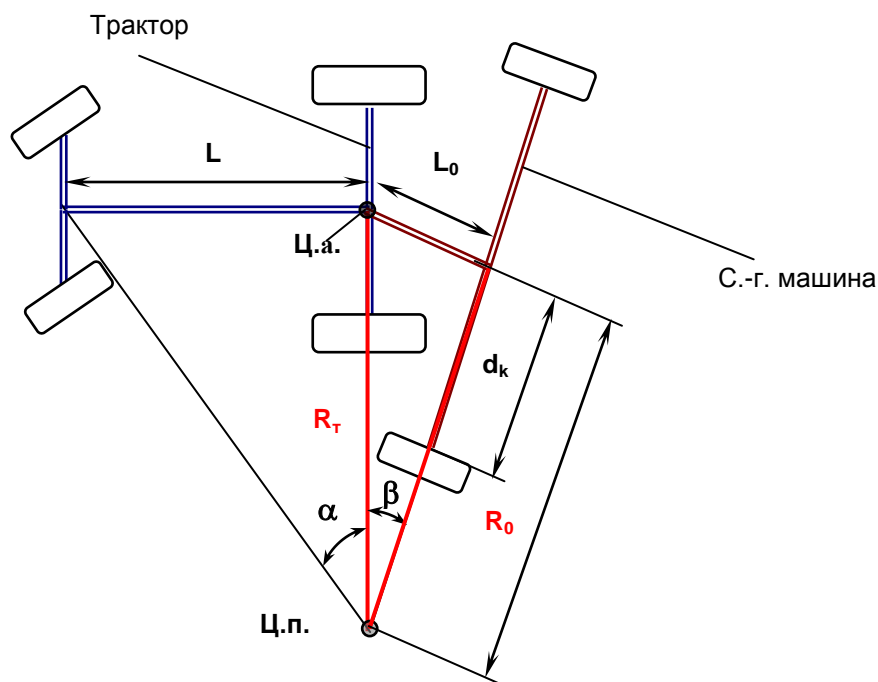


Рисунок 4 – Кінематика причіпного МТА на повороті

Для здійснення правильного (без бокового ковзання коліс) повороту за рис. 3 необхідно, щоб

$$d_k \leq R_0, \quad (7)$$

де d_k – кінематична ширина с.-г. машини;

R_0 – радіус повороту с.-г. машини навколо центру повороту (Ц.п.).

Розглянувши взаємозалежність геометричних та кінематичних параметрів за рис. 4 та знехтуючи кутами уводу шин коліс трактору (в силу їх малості) можна виразити умову правильного повороту (7) через конструктивні параметри МТА і кут $\alpha_{\text{опт}}$ повороту керованих коліс трактору, за яким радіус повороту МТА буде оптимальним R_0 :

$$d_k \leq R_0 = f(\alpha_{\text{опт}}, L, L_0).$$

Для причіпного одномашинного МТА за рис. 4 взаємозалежність геометричних та кінематичних параметрів, знехтуючи кутами уводу шин коліс трактору (в силу їх малості), умову (7) можна представити через конструктивні параметри МТА і кут α повороту керованих коліс трактору:

$$d_k \leq \frac{L}{\text{tg } \alpha_{\text{онм}}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{L_0 \cdot \text{tg } \alpha_{\text{онм}}}{L} \right)^2}. \quad (8)$$

Отримане значення $\alpha_{\text{опт}}$ із (8) необхідно порівняти із максимально можливим кутом повороту α_{max} керованих коліс трактору. Останній можна визначити із (2):

$$\alpha_{\text{max}} = \text{arctg}(L/R_{\text{min}}). \quad (9)$$

Якщо $\alpha_{\text{max}} < \alpha_{\text{опт}}$ маємо випадок недостатньої повороткості агрегату. Якщо $\alpha_{\text{max}} > \alpha_{\text{опт}}$ - має місце зайва повороткість, яка вказує на неможливість реалізації в умовах практики максимально досягнутого значення кута α . Найбільш оптимальним рішенням є умова:

$$\alpha_{\text{max}} = \alpha_{\text{опт}}. \quad (10)$$

Якщо $\alpha_{\text{max}} \neq \alpha_{\text{опт}}$, то в якості розрахункового кута повороту керованих коліс трактору приймається фактичне його значення $\alpha_{\text{ф}}$, де $\alpha_{\text{ф}} \leq \alpha_{\text{max}}$ і $\alpha_{\text{ф}} \leq \alpha_{\text{опт}}$.

За отриманим значенням $\alpha_{\text{ф}}$ розраховується мінімальний радіус повороту R_{min} за (2) та умовний радіус повороту R_y за (3).

З теорії експлуатації машин відомо [1], що критерієм вибору способу раціонального повороту МТА є узагальнений безрозмірний параметр n :

$$n = \frac{t \cdot V_n}{\sqrt{K_n}}, \quad (11)$$

де t – тривалість дії змінного керуючого впливу на механізм повороту (тривалість дії повороту керованих коліс трактору), с.

Для всіх видів раціональних поворотів параметр n знаходиться в межах $n=0 \dots 1,77$.

Якщо вибір способу повороту МТА приходить із варіантів безпетлевого та петлевого способів, то з деяким наближенням можна вважати, якщо умовний радіус повороту $R_y \leq (X_{\text{п}}/2)$ (див. рис. 2), тут $X_{\text{п}}$ – відстань на контрольній лінії між виїздом та заїздом агрегату, то МТА здатний виконати безпетлевий маневр на повороті. В іншому

випадку необхідно здійснити петлевий маневр на повороті.

Мінімальний розмір ширини поворотної смуги (E_{\min}) визначають за рівнянням (4) або (5). Отримане значення E_{\min} узгоджують з вимогою (6).

3.3 Порядок виконання роботи

Алгоритм послідовності дій щодо визначення кінематичних параметрів причіпного МТА наступний.

1. Визначають поздовжню базу трактора. Для цього енергетичний засіб вирівнюють у поздовжньому напрямку і рулеткою заміряють відстань між серединами передньої та задньої осей трактора.

2. Взагалі швидкість руху МТА на поворотній смузі визначається загальновідомими методами. В даному випадку приймаємо:

$$V_{\Pi} = 1,0 \text{ м/с};$$

$$\omega = 0,21 \text{ рад./с.}$$

3. Із виразу (1) знаходимо значення показника поворотності трактора.

4. Заміряють конструктивну ширину захвату МТА (B_k , див. рис.1). Кінематичну ширину даного агрегату (d_k , рис. 3) приймають рівною половині конструктивній (B_k).

5. Визначають максимально можливий кут повороту α_{\max} керованих коліс трактору. Для цього повертають колеса трактора на максимально можливий кут. Визначають точку центру повороту (Ц.П.) за рис. 1. Заміряють мінімально можливий радіус повороту трактору R_{\min} за рис. 1. Значення максимально можливого кута повороту α_{\max} керованих коліс трактору розраховують за (9).

6. За рис. 3 кінематики причіпного МТА на повороті встановлюють взаємозалежність геометричних та кінематичних параметрів (8), з якої визначають кут $\alpha_{\text{опт}}$ повороту керованих коліс трактору, за яким радіус повороту МТА буде оптимальним R_0 .

7. Зрівнюють кути повороту α_{\max} з $\alpha_{\text{опт}}$ та приймається рішення про фактичне його значення $\alpha_{\text{ф}}$, де $\alpha_{\text{ф}} \leq \alpha_{\max}$ і $\alpha_{\text{ф}} \leq \alpha_{\text{опт}}$.

8. Із формули (2) визначають мінімальний R_{\min} , а із виразу (3) – умовний R_y радіуси повороту трактора.

9. Для визначення способу повороту МТА (петлевий або безпетлевий) зрівнюють отримане R_y з $X_{\Pi}/2$ (з деяким припущенням положимо, що $X_{\Pi} = B_k$).

Якщо $R_y \leq (X_{\pi}/2)$, то вид повороту МТА – безпетлевий, інакше – петлевий.

10. Заміряють кінематичну довжину МТА (l_k) (рис. 1).

11. Заміряють (або розраховують) довжину виїзду агрегату (e), яка дорівнює:

$$e = L + l_k.$$

11. Із формул (4) і (5) розраховують мінімальну значину ширини поворотної смуги для відповідного способу повороту.

12. Із виразу (6) знаходять дійсну значину ширини поворотної смуги для обох способів повороту.

4 ФОРМА ЗВІТУ ДО РОБОТИ

Після виконання роботи, студент складає звіт, зміст якого включає:

- 1) Номер, найменування та мета роботи.
- 2) Схема МТА (рис.4).
- 3) Результати визначення кінематичних характеристик МТА подаються у вигляді таблиці.

Таблиця – Параметри і кінематичні характеристики МТА

Параметр	Позначення	Значина
Поздовжня база трактора, м	L	
Кінематична довжина агрегату, м	l_k	
Кінематична ширина агрегату, м	d_k	
Конструктивна ширина захвату МТА, м	B_k	
Максимальний кут повороту керованих коліс трактору, град.	α_{\max}	
Оптимальний кут повороту керованих коліс трактору, град.	$\alpha_{\text{опт}}$	
Фактичний кут повороту керованих коліс трактору, град.	$\alpha_{\text{ф}}$	
Мінімальний радіус повороту МТА, м	R_{\min}	
Коефіцієнт повороткості агрегату, м ²	K_{π}	
Умовний радіус повороту МТА, м	R_y	
Вид повороту	-	
Довжина виїзду агрегату, м	e	
Мінімальна ширина поворотної смуги МТА, м	E_{\min}	
Дійсна ширина поворотної смуги МТА, м	E	

