

КЕРОВАНІСТЬ ТРАКТОРА НА ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ

Колеснік І.В., к.т.н., асис., Лупенко В.В., студент

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

В роботі обґрунтовано критерій керованості трактора на транспортних роботах, оцінюваний за інтенсивністю прирощення кута повороту керованих коліс трактора до зміни кута повороту рульового колеса.

Вступ. Трактори при виконанні транспортних робіт рухаються за прямолінійною або криволінійною траєкторією, кривизна якої безперервно змінюється [2]. Під траєкторією трактора розуміється траєкторія, що описується його центром мас. Прямолінійний рух можна розглядати як окремий випадок криволінійного, коли кривизна траєкторії дорівнює нулю (радіус кривизни траєкторії дорівнює нескінченності). Рух з кривизною траєкторії, яка не дорівнює нулю) прийнято називати поворотом.

Особливістю повороту (криволінійного руху) трактора є непаралельне переміщення будь-яких двох його точок, які мають різні за значенням або напрямку швидкості руху. При цьому ширина проїзної частини дороги в горизонтальній площині визначає коридор руху.

Серед експлуатаційних властивостей тракторів на транспортних роботах керованість – найважливіший показник якості, який визначає безпеку транспортних перевезень. Керованість – властивість трактора підкорятися діям водія по збереженню заданого напрямку руху або змінювати його відповідно до впливу на рульове керування.

Результати досліджень. Дослідженню керованості тракторів присвячено значну кількість робіт [3-6], в яких розглянута керованість трактора як складна експлуатаційна властивість, що включає в себе більш прості (основні) властивості: легкість управління, ступінь повороткості, стійкість.

При цьому під легкістю управління трактора розуміється його здатність не чинити значного опору керуючим впливам; ступінь повороткості відображає властивість трактора відхилятися від напрямку руху, що визначається положенням керованих коліс; стійкість характеризує здатність трактора зберігати рівновагу або відхилення від заданого закону руху в допустимих межах при дії збурень.

У даних роботах в динамічних і математичних моделях, розроблених для оцінки керованості трактора, не розглядаються періодичні відхилення керованих коліс при безперервному їх коригуванні при прямолінійному русі трактора. При цьому трактор отримує одиничне або періодичне кінематичне збурення, що викликає поперечні коливання в горизонтальній площині, при яких можлива втрата стійкості руху тракторного поїзда.

У роботі [7] розглядається рух трактора зі швидкістю v по горизонтальній поверхні прямолінійно з переходом до періодично змінного

радіусу R за рахунок повороту керованих коліс на кут $\theta(t)$ за період часу T_o з відповідною зміною курсового кута $\varphi(t)$ та бокового зміщення $Y_s(t)$ відносно середнього вектора руху (рис. 1).

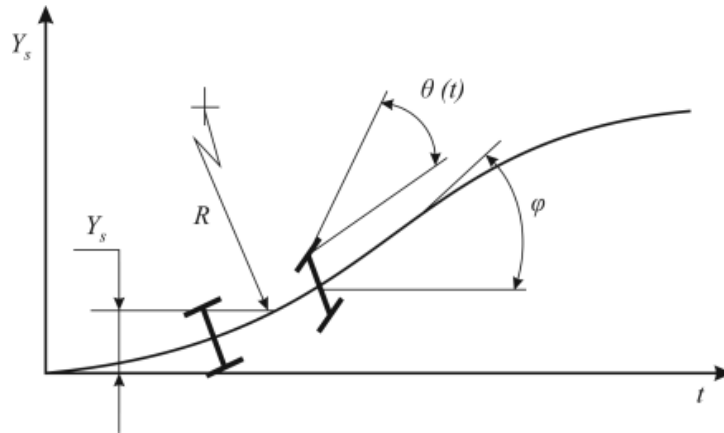


Рис. 1 – Схема руху трактора при короткочасному впливі на рульове керування

Для даного руху зі швидкістю v трактора з поздовжньою базою L запропонована залежність для розрахунку бокового зміщення за період $0 \leq t \leq T_o$:

$$Y_s = \frac{v^2 \theta_o T_o}{2\pi L} \left(t - \frac{T_o}{2\pi} \sin \frac{2\pi t}{T_o} \right). \quad (1.1)$$

При $T_o \leq t \leq 2T_o$ маємо $Y_s(t) = Y_s(2T_o - t)$. Зі збільшенням t процес повторюється з аргументом $(t - 2T_o)$ і т.п. Співвідношення амплітуд розглянутих величин буде наступним:

$$S_o = v^2 \theta_o T_o^2 / (2\pi L); \quad Q_o = 2\pi L S_o / (v^2 T_o^2);$$

$$\varphi_o = 2S_o / (v T_o).$$

Наприклад, для колісного трактора МТЗ-82 при русі на максимальній швидкості 33 км/год (9,2 м/с) при амплітуді коливань керованих коліс $Q_o = 0,3^\circ \approx 0,00524$ рад і періоді їх відхилення при короткочасному впливі на рульове колесо $T_o = 1$ бокове зміщення трактора за один період дорівнює $S_o = 0,029$. При транспортуванні трактором МТЗ-82 причепа з вантажем, при якому на задню вісь трактора припадає 80 % маси тракторного поїзда, коридор руху збільшується більш ніж у 6 разів відносно кінематично заданого.

Таким чином, при зміні маси вантажу, що перевозиться трактором на транспортних роботах, істотно змінюється коридор руху, що необхідно враховувати при розробці і експлуатації рульових керувань тракторів.

Автори багатьох досліджень [6, 7] зазначають, що хоча поняття керованості колісної машини і вплив на її основні конструктивні і експлуатаційні фактори визначені достатньо повно, єдиного оціночного показника і критерію керованості немає (табл. 1).

Таблиця 1 – Критерії оцінки керованості колісних машин [8]

№ п/п	Критерій	Позначення	Формула для розрахунку	Властивості маневреності
1	Узагальнений критерій Фаробіна Я.Є.	$Y_{B M}$	$Y_{B M} = \alpha_1 \frac{V_s}{V_{\max}} + \alpha_2 \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_s} + \alpha_3 \frac{E_{\text{пр}}}{E_s}$	Керованість
2	Критерій керованості Смірнова Г.А.	Y_M	$Y_M = \frac{\mu z}{t_n}$	Керованість
3	Кутове прискорення повороту машини	$\frac{dw}{dt}$		Керованість
4	Передавальна функція системи	$W(P)$	$W(P) = \frac{\Delta\psi}{\Delta\alpha_{p.x.}}$	Керованість

В даній таблиці прийняті наступні позначення:

$\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3$ – вагові показники в формулі Фаробіна Я.Є. ($\alpha_1 = 0,6; \alpha_2 = 0,2; \alpha_3 = 0,2$);

V_s, Q_s, E_s – швидкість машини, витрата палива, енерговитрати (які визначаються зусиллям на рульовому колесі і переміщенням його) при проходженні спеціальної траси для оцінки керованості;

$V_{\max}, Q_{\max}, E_{\max}$ – такі самі показники, що визначаються на горизонтальній, прямолінійній, твердій дорозі;

z – запас стійкості;

t_n – час реакції машини по кутовій швидкості повороту або боковому прискоренні на керуючий вплив;

ψ – курсовий кут машини (кут між вектором швидкості центру мас машини і початковим його напрямком);

$d_{p.x.}$ – кут повороту рульового колеса.

В критерії керованості Смірнова Г.А. [8] чутливість машини до повороту оцінюється по залежності $\mu = dk / d\alpha_{p.k.}$, де k - кривизна траєкторії руху.

Аналіз критеріїв керованості колісною машиною показує, що більшість з них базується на аналізі прискорень її руху на повороті (критерій Смірнова Г.А.), зміщення центра мас (критерій Закіна Я.Х.) і т.п. Можна припустити, що прискорення є визначальним (найбільш значимим) параметром оцінки керованості трактора [1]. Необхідно також відмітити, що відомі критерії оцінки керованості колісних машин базуються на номінальних параметрах технічного стану їх елементів, наприклад, рульових керувань. Проте, відомі роботи, в яких підтверджено, що для тракторів типу ЮМЗ-6КМ і МТЗ-80 зношення елементів їх рульового керування не тільки значно погіршує умови праці водіїв, збільшуючи зусилля на рульовому колесі трактора до 120 Н, але і істотно знижує безпеку трактора при транспортуванні, збільшуючи зону його некерованого вибігу з 0,7 м до 4 м.

Рішення проблеми забезпечення працездатного стану гідрооб'ємного рульового керування при експлуатації пов'язано з технічним діагностуванням, метою якого є виявлення відмов і несправностей на ранніх стадіях їх розвитку.

Висновок. Проблема забезпечення руху трактора на транспортних роботах в коридорі руху, який задано кінематично, за результатами досліджень більшості науковців істотно залежить від технічного стану рульового керування, змінної маси транспортного агрегату, періодичності впливу на рульове колесо трактора і т. п. Дана проблема не вирішена в напрямку підвищення функціональної точності руху трактора на транспортних роботах.

Список використаних джерел

1. Колеснік І.В. Оціночні показники руху трактора на транспортних роботах / І.В. Колеснік // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції-форуму «Розумна агротехніка для ефективного землеробства». – Харків, ХНТУСГ, 2016. – С. 27 – 28.
2. Гуськов В.В. Тракторы. Теория / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В.В. Гуськова – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
3. Лебедев А.Т. Оценка управляемости мобильных машин методом парциальных ускорений / А.Т. Лебедев, Н.П. Артемов, М.А. Подригало, А.В. Кот // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, Т.7, С. 65-72.
4. Артёмов М.П. Оценка керованости мобильных машин за допомогою передатних функцій / Н. П. Артемов // Техніка і технології АПК. – 2011. № 5 (20), С. 31-33.
5. Lianguo Xie and Paul W. Claar // Iowa State Unit Agricultural Enging. Dept. Simulation of Agrikultral Tractor. – Trailer System Stability. SAE Prepr. # 851530, 1985, 14 p.
6. Ходес И.В., Победин А.В., Колосов И.В. Оценка управляемости двухосной колесной машины / И.В. Ходес, А.В. Победин, И.В. Колосов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004, № 2, С. 15-18.
7. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов // – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
8. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин / Г.А. Смирнов // – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

Аннотация

УПРАВЛЯЕМОСТЬ ТРАКТОРА НА ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТАХ

Колесник И.В., Лупенко В.В.

В работе ообтунтовано критерий управляемости трактора на транспортных работах, оцениваемый по интенсивности приращение угла поворота управляемых колес трактора к изменению угла поворота рулевого колеса.

Abstract

DE TRAFFIC CONTROLLABILITY IN TRANSPORT WORKS

I. Kolesnik, V. Lupenko

In the work, the criterion of tractor controllability in transport operations, measured by the intensity of the increment of the angle of rotation of the steering wheels of the tractor to a change in the angle of rotation of the steering wheel, is presented.