

Abstract

REGRESSION PARAMETRICAL ON MAIN TRANSMISSION ELEMENTS LONGEVITY MODELS TRANSPORTS VEHICLES

N. Klimenko

Are considered the resources rise questions of toothed main transmissions for account of transports vehicles. Are built the regression reliability gear-wheels of main transmission.

УДК 629.017

ОЦІНКА КЕРОВАНОСТІ МОБІЛЬНИХ МАШИН ЗА ДОПОМОГОЮ ПЕРЕДАТНИХ ФУНКЦІЙ

Артёмов М.П. к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

У статті проведено дослідження впливу передатних функцій на стійкість і керованість мобільних машин, а також визначенні зони їх стійкості і керованості

Вступ. Рівень керованості характеризує ступінь досконалості і технічного стану мобільних машин. Керованість любого об'єкту характеризує його здатність адекватно реагувати на любой керуючий вплив. Керуючі дії викликають перехід системи з одного стану рівноваги до іншого. При цьому змінюються вихідні параметри системи. Стійкість є однією з складових властивостей більш складної властивості – керованості і характеризує здатність об'єкта здійснювати перехід з одного стану рівноваги до іншого з мінімальними відхиленнями параметрів системи від заданих, із мінімальним часом перехідного процесу.

В представленій статті з використанням перехідної функції керування визначені умови забезпечення стійкості і керованості мобільних машин в процесі руху. Показано вплив збурюючих факторів і нестабільності параметрів на керованість і стійкість мобільних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При відсутності в технічній системі зв'язку за регульованою величиною або зв'язку за збудженням для забезпечення її стійкості під час дії збуджень використовується тільки керуючий вплив. У цьому випадку властивість керованості є частиною більш загальної властивості стійкості, тобто властивістю яка забезпечує стійкість мобільної машини.

Реакція на керуючі дії(впливи) може характеризувати не тільки ступінь досконалості, а також і технічний стан машини, її функціональну стабільність, обумовлену змінами технічного стану механічної системи. Зміна технічного

стану мобільних (колісних і гусеничних) машин призводить до погіршення показників керованості.

Передатна функція використовувалась в якості критерія для оцінки керованості колісних машин при повороті в роботах багатьох авторів[1,2,3]. Передатна функція дозволяє оцінити реакцію мобільних машин на керуючі дії. В роботі[1] запропонована передатна функція у вигляді чутливості машини до виконання маневра

$$\mu = \frac{dK}{d\alpha_{PK}}; \quad (1)$$

$$\mu_1 = \frac{dK}{d\bar{\alpha}}, \quad (2)$$

де: K – кривизна траєкторії (dK – її зміни)
 $d\alpha_{PK}$ – безкінцево мала зміна кута повороту керованих коліс;
 $d\bar{\alpha}$ – безкінцево мала зміна середнього кута повороту керованих коліс.

Зв'язок між коефіцієнтом чутливості μ и μ_1 визначається наступною залежністю

$$\mu_1 = \mu U_{PK}(\alpha_{PK}) \quad (3)$$

де: $U_{PK}(\alpha_{PK})$ – передатна функція рульового керування від рульового колеса до керованих коліс.

У роботі [2], запропонована передатна функція механізму здійснення повороту колісної машини (або зміни курсового кута)

$$W = \frac{\Delta\psi}{\Delta\bar{\alpha}} \quad (4)$$

де: $\Delta\psi$ – зміна курсового кута машини;
 $\Delta\bar{\alpha}$ – зміна середнього кута повороту керованих коліс.

В різних представленнях передатних функцій залежності включають параметри конструкцій передатних механізмів, що здійснюють обробку керуючих сигналів. У роботі [3], на прикладі керування розгоном мобільних машин з використанням метода парціальних прискорень запропоновано передатну функцію керування розгоном, значення якої близькі до одиниці.

$$W = \frac{dV/dt}{\dot{V}_{кер}^{парц}}, \quad (5)$$

де: dV/dt – прискорення мобільної машини під час розгону;
 $\dot{V}_{кер}^{парц}$ – парціальне прискорення мобільної машини, що виникло під дією керуючої(тягової) сили.

Однак у роботі[3] після отримання передатної функції керування не було проведено її дослідження на предмет визначення умов стійкості і керованості машини.

Ціль і постановка задачі. Ціллю дослідження є визначення умов стійкості і керованості мобільних машин на прикладі розгону.

Для досягнення заданої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити передатну функцію керування з урахуванням збурень і зміни технічного стану;
- визначити умови стійкості і керованості мобільних машин.

Визначення передатної функції. У роботі[3] записано рівняння, яке характеризує процес керування для механічної системи

$$\frac{d(mV)}{dt} = P_{кер} - \sum P_c \quad (6)$$

з цього виразу отримано передатну функцію керування

$$W_{пер} = 1 - \frac{1}{K_{кер}} - \frac{V}{m} \cdot \frac{dm/dt}{\dot{V}_{кер}^{парц}} \quad (7)$$

- де: m – маса машини у конкретний момент часу;
 V – швидкість руху машини в даний момент часу;
 dm/dt – швидкість зміни маси машини(рух машини змінної маси)
 t – час;
 $P_{кер}$ – керуюче(тягове) зусилля;
 $\sum P_c$ – сума сил опору керуючим діям(впливам);
 $K_{кер}$ – коефіцієнт керованості, $K_{кер} = P_{кер} / \sum P_c$ [4].

Зміна суми сил, що характеризує технічний стан і функціональну стабільність машини. Ці зміни можна вважати внутрішніми збуреннями в системі, які впливають на коефіцієнт керованості $K_{унр}$.

Рівняння (6) з урахуванням можливих зовнішніх збурень прийме вигляд

$$\frac{d(mV)}{dt} = P_{кер} - \sum P_c \pm P_{збур}^{зовн}, \quad (8)$$

- де: $P_{збур}^{зовн}$ – зовнішня збурююча сила.

Перетворивши рівняння (8) у рівняння парціальних прискорень[3], отримаємо

$$\frac{dV}{dt} = \dot{V}_{кер}^{парц} + \dot{V}_c^{парц} + \dot{V}_{збур}^{парц} - \frac{V}{m} \cdot \frac{dm}{dt}, \quad (9)$$

- де: $\dot{V}_c^{парц}$ – парціальне прискорення сил опору,

$$\dot{V}_C^{нарц} = -\frac{\sum P_C}{m}; \quad (10)$$

де: $\dot{V}_{збур}^{нарц}$ – парціальне прискорення зовнішніх збурюючих сил,

$$\dot{V}_{збур}^{нарц} = \frac{P_{збур}^{зовн}}{m}. \quad (11)$$

Передатна функція керування у цьому випадку визначається як

$$W_{пер} = \frac{dV/dt}{\dot{V}_{кер}^{нарц}} = 1 + \frac{\dot{V}_C^{нарц}}{\dot{V}_{кер}^{нарц}} + \frac{\dot{V}_{збур}^{нарц}}{\dot{V}_{кер}^{нарц}} - \frac{V}{m} \cdot \frac{dm/dt}{\dot{V}_{кер}^{нарц}}. \quad (12)$$

Проведемо перетворення, підставляючи (10) і (11) до (12), а також враховуючи що

$$\frac{\dot{V}_C^{нарц}}{\dot{V}_{кер}^{нарц}} = \frac{\sum P_C/m}{P_{кер}/m} = -\frac{1}{K_{кер}}, \quad (13)$$

отримаємо кінцевий вигляд передатної функції

$$W_{пер} = 1 - \frac{1}{K_{кер}} \left(1 + \frac{V}{\sum P_C} \cdot \frac{dm}{dt} - K_{збур} \right), \quad (14)$$

де: $K_{збур}$ – коефіцієнт збурення,

$$K_{збур} = \frac{P_{збур}^{зовн}}{\sum P_C} = -\frac{\dot{V}_{збур}^{нарц}}{\dot{V}_C^{нарц}}. \quad (15)$$

якщо $\frac{dm}{dt} = 0$ і $K_{збур} = 0$ рівняння (14) спроститься і прийме вигляд

$$W_{пер} = 1 - \frac{1}{K_{кер}}. \quad (16)$$

Графік залежності (16) наведено на рис.1. Із збільшенням коефіцієнта керуваності $K_{кер}$ здійснюється збільшення передатної функції керування $W_{пер}$ зазвичай що

$$\lim_{K_{кер} \rightarrow \infty} W_{пер} = \lim_{K_{кер} \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{K_{кер}} \right) = 1 \quad (17)$$

Отримання значень $W_{пер}$, близьких до одиниці, забезпечує отримання ідеальної керуваності при якій

$$\frac{dV}{dt} = \dot{V}_{кер}^{нарц}. \quad (18)$$

Аналізуючи вираз (14) можна зробити висновок про те, що із збільшенням $\sum P_C$ відбувається зменшення $K_{кер}$ і $W_{пер}$. Погіршення технічного стану машини призводить до збільшення $\sum P_C$. При $dm/dt > 0$ також відбувається зменшення $W_{пер}$. При $P_{збур}^{зовн} > 0$ відбувається збільшення $W_{пер}$.

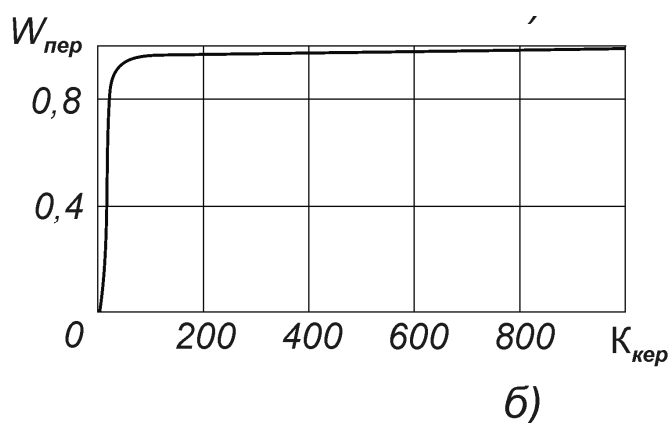
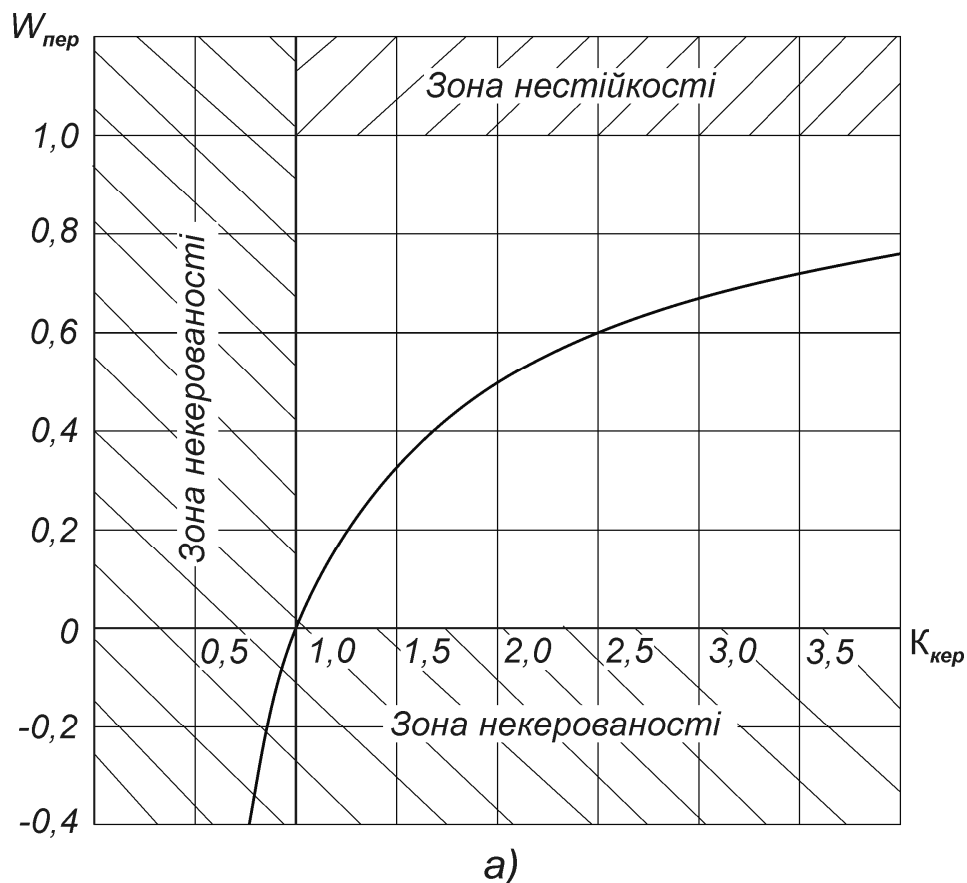


Рис.1 – Передатна функція керованості

а – $K_{кер} \leq 4,0$; б – $K_{кер} \leq 1000$

Таким чином, зовнішнє і внутрішнє збурення здійснює вплив як на коефіцієнт керованості $K_{кер}$, так і на передатну функцію керування $W_{пер}$. При

цьому точка A з координатами $(K_{кер}, W_{пер})$ може знаходитись поза кривою що відповідає співвідношенню (16).

Визначення умов стійкості і керованості. Умовою втрати стійкості є отримання передатної функції

$$W_{пер} > 1 \quad (19)$$

Із виразу(14) визначимо можливість виконання умови (19)

$$K_{збур} > 1 + \frac{V}{\sum P_C} \cdot \frac{dm}{dt} \quad (20)$$

якщо $\frac{dm}{dt} = 0$ умовою втрати стійкості буде

$$P_{збур}^{зовн} > |\sum P_C| \quad (21)$$

якщо $\frac{dm}{dt} > 0$ із збільшенням V , $\frac{dm}{dt}$ відбувається збільшення порогового значення $K_{збур}$.

Зона нестійкості показана на рисунку зоною, що знаходиться вище $W_{пер} = 1$. Зона некерованості визначається за умови $K_{кер} < 1$, або $W_{пер} < 0$.

Перша умова можлива якщо

$$P_{кер} < |\sum P_C| \quad (22)$$

Друга умова можлива у випадках

$$K_{збур} < 1 + \frac{V}{\sum P_C} \cdot \frac{dm}{dt} - K_{збур} \quad (23)$$

або з урахуванням (15)

$$P_{кер} < \sum P_C + V \frac{dm}{dt} - P_{збур} \quad (24)$$

Зона, яка означає втрату керованості розташована в межах де $K_{кер} < 1$ і $W_{пер} < 0$. (див. рисунок). На рисунку також показано і графік функції $W_{пер}(K_{кер})$ при великих значеннях $K_{кер}$. Із збільшенням $K_{кер}$ ростуть і значення $W_{пер}$. Аналіз побудови вказаної залежності показує, що при значеннях $K_{кер} > 10$ функція $W_{пер}(K_{кер})$ практично не збільшується.

Висновки

1. В результаті проведеного дослідження отримано передатну функцію керування рухом мобільних машин, яка враховує не тільки опір керуючим діям(впливам), а також і збурюючі впливи (зовнішні і внутрішні).

2. Проведено оцінку стійкості і керованості мобільних машин з допомогою передатної функції керування. При $W_{пер} > 1$ система втрачає стійкість, а при $K_{кер} < 1$ або $W_{пер} < 0$ – втрачає керованість.

3. Зміни $K_{кер}$ і $W_{пер}$ у процесі експлуатації характеризує технічний стан і функціональну стабільність об'єкта керування.

Список використаних джерел

1. Чайковский И.П. Рулевое управление автомобилей / [Чайковский И.П., Саломатин П.А.] – М.: Машиностроение, 1987. – 176с.
2. Подригало М.А. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [Подригало М.А., Волков В.П., Кирчатый В.И., Бобошко А.А.] – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003. – 403с.
3. Лебедев А.Т. Оценка управляемости мобильных машин методом парциальных ускорений/ [Лебедев А.Т., Артемов Н.П., Кот А.В., Подригало М.А.] - Праці Таврійського державного агротехнологічного університету Випуск 10 Том 7, Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Моделювання технологічних процесів в АПК" Мелітополь. 2010.с.65-72
4. Динамика автомобиля /Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В./ под ред Подригало М.А.. – Харьков.: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424с.

Аннотация

ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ

Артемов Н.П.

В статье проведено исследование влияния передаточных функций на устойчивость и управляемость мобильных машин и определены зоны их устойчивости и управляемости.

Abstract

ESTIMATION OF CONTROLLABILITY OF MOBILE MACHINES WITH THE HELP TRANSFER FUNCTIONS

Artiomov N.

Research of influence of transfer functions is carried out article on stability and controllability of mobile.