

$$\delta_{11} = \theta - \frac{V_{11y}}{V_{11x}} = \theta - \frac{\omega_z a + u - r_{11} \omega_x}{v - \frac{B}{2} \omega_z}; \quad \delta_{12} = \theta - \frac{V_{12y}}{V_{12x}} = \theta - \frac{\omega_z a + u - r_{12} \omega_x}{v + \frac{B}{2} \omega_z}.$$

Сили відведення визначаються за рівнянням

$$Y_{ij} = k_{ij} \delta_{ij} + \gamma_{ij} \phi_{ij},$$

де  $k_{ij}$  – коефіцієнти опору відведенню коліс;

$\gamma_{ij}$  - коефіцієнт пропорційності, що залежить від конструкції шини, тиску повітря в ній, нормального навантаження і властивостей опорної поверхні, по якій котиться колесо [2].

Розглянута просторова модель автомобіля при відсутності нахилу коліс ( $\gamma_{ij} \phi_{ij} = 0$ ) має таку ж характеристику дивергентної втрати стійкості, що й для плоскої одномасової велосипедної схеми. Аналіз стійкості в загальному випадку просторової моделі потребує подальшого дослідження, наприклад, можлива флатерна втрата стійкості, що буде відбуватись раніше дивергентної стійкості. Складність аналізу буде пов'язана із визначенням необхідних параметрів, що характеризують підвіску, шини, відцентрові моменти інерції.

**Висновки.** Розроблено математичну модель автомобіля з трьома ступенями волі. Подібна модель може використовуватись для дослідження курсової стійкості руху легкових автомобілів. З її використанням можна уточнити параметри курсової стійкості легкового автомобіля.

### *Література*

*Эллис Д.Р.* Управляемость автомобиля: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.

*Литвинов Л.С.* Управляемость и устойчивость автомобиля. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.

УДК 629.113

## **ПОКРАЩЕННЯ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ESP**

*Сахно В.П., доктор технічних наук*

*Лотиш В.В., кандидат технічних наук*

*Гуменюк П.О.*

**Постановка проблеми.** Активна безпека автомобіля значною мірою залежить від його керованості. Більшість автокатастроф трапляється через втрату керованості, що пов'язано з заносом і відхиленням від заданої траєкторії руху автомобіля при виконанні маневру на дорогах. Тому при вирішенні практичних задач найбільше зацікавлення представляє питання збереження властивостей динамічних систем автомобіля – стійкості і керованості, основою яких є гальмівні системи. Від початку автомобілебудування було зроблено чимало спроб для створення легких і надійних у використанні гальмівних систем. У другій половині XX століття було розроблено шину локальної мережі контролерів (CAN) і самі мікроконтролери стали комерційно доступними. Тоді і стало можливим розумне управління гальмівними системами.

**Основна частина.** Система контролю стійкості (ESP- Elektronisches Stabilitats-Programm або ESC - Electronic Stability Control) вперше була поставлена на серійний автомобіль BMW у 1995 році компанією Bosch. Деякі автовиробники придумали свої назви - CST (Ferrari), MSP (Maserati), PSM (Porsche), VDC (Alfa Romeo, Subaru) та ін. Відповідно до Федерального автомобільного стандарту безпеки (FMVSS) 126, ESP це система, що поліпшує стійкість автомобіля застосуванням гальмування окремих коліс для коригуючих моментів рискання. Цей стандарт не вимагає використання контролю двигуна для відновлення стійкості. Система ESP повинна вимірювати вхідний керівний сигнал від водія, темп рискання автомобіля і бічне ковзання і використовувати комп'ютерний алгоритм закритого циклу для обмеження недостатнього або надлишкового повороту автомобіля [1]. Постійно контролюючи всі свої датчики, ESP за 20 мілісекунд визначає, які колеса потрібно пригальмувати і наскільки необхідно знизити оберти двигуна для стабілізації руху автомобіля.

Система курсової стійкості теоретично повинна складатися як мінімум з трьох блоків - датчиків, що надають інформацію для аналізу, контролера, що опрацьовує цю інформацію, і виконавчих механізмів, що впливають на автомобіль відповідно до команд контролера. Використовуючи інформацію від датчиків положення і швидкості автомобіля, ABS, і т.п. контролер аналізує, чи відповідає реальний стан автомобіля і напрям його руху тому, як обертаються колеса і куди «дивиться» кермо.

У найпростішому випадку, якщо одне колесо починає обертатися швидше, контролер дає вказівку почати пригальмовувати це колесо, щоб штучно перерозподілити зусилля двигуна на інші колеса. Якщо автомобіль відхиляється від заданого напрямку руху, контролер зменшує надходження палива в двигун і, пригальмовуючи різні колеса, намагається вирівняти автомобіль. Є і більш просунуті варіанти систем.

Отже, ключовими функціями для ESP є покращення курсової стійкості і утримання автомобіля на трасі з усіма робочими умовами. Елементи системи ESP вбудовані в гальмівну систему автомобіля. Гідромодулятор приєднаний до головного гальмівного циліндра і таких елементів, як центральний компонент електронних гальмівних систем. Керуючі команди від мікроконтролера перетворюються гідромодулятором і електромагнітні клапани відкриваються і закриваються для контролю тиску гальм автомобіля. Гальмуючи окремі колеса, стійкість автомобіля утримується на рівні бажаної і автомобіль тримається у заданому напрямі.

З метою забезпечення належної роботи системи ESP необхідно дотримуватися таких правил: на усіх чотирьох колесах повинні встановлюватися шини одного типорозміру з приблизно однаковим ступенем зносу протектора і в усіх шинах повинен бути однаковий тиск.

До складових ESP відносять [2] (рис.1):

- гідромодулятор з мікроконтролером ESP і інтегрованими гідроклапанами (1)
- колісні гальма і датчики швидкості коліс (2)
- датчик кута повороту керма (3)
- датчик ризику з датчиком прискорення (4)
- управління двигуном ECU (5)
- головний гальмівний циліндр (6)

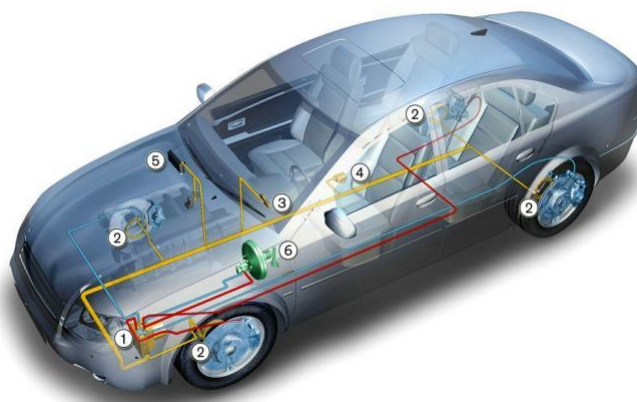


Рис. 1. Складові елементи системи ESP

Система ESP повинна задовольняти наступним функціональним вимогам:

- мати засоби для застосування окремо всіх чотирьох гальм і алгоритм контролю, що використовує цю можливість;
- бути виконавчою протягом усіх фаз водіння, включаючи прискорення, рух накатом і зниження швидкості (включно із гальмуванням).
- залишатись виконавчою, коли активована антиблокувальна система гальм (ABS) або контроль тяги.

Вхідними параметрами системи ESP є поздовжня швидкість, бічне прискорення, темп ризику, тиск гальм, позиція педалі і кут повороту керма. Вихідні параметри, що контролюють курсову стійкість, - це гальмування окремих коліс і управління двигуном, нарощення чи зменшення вихідної потужності. ESP вимірює кут повороту керма, бічне прискорення і темп ризику. Базуючись на цих вхідних параметрах, система записує і обчислює передбачуваний напрям автомобіля і поведінку, припускає потребу втручання. Коли автомобіль повертає недостатньо або надмірно, одне чи кілька коліс гальмуються для коригування курсової стійкості відповідно до плаваючих схем на рис.2 [2].

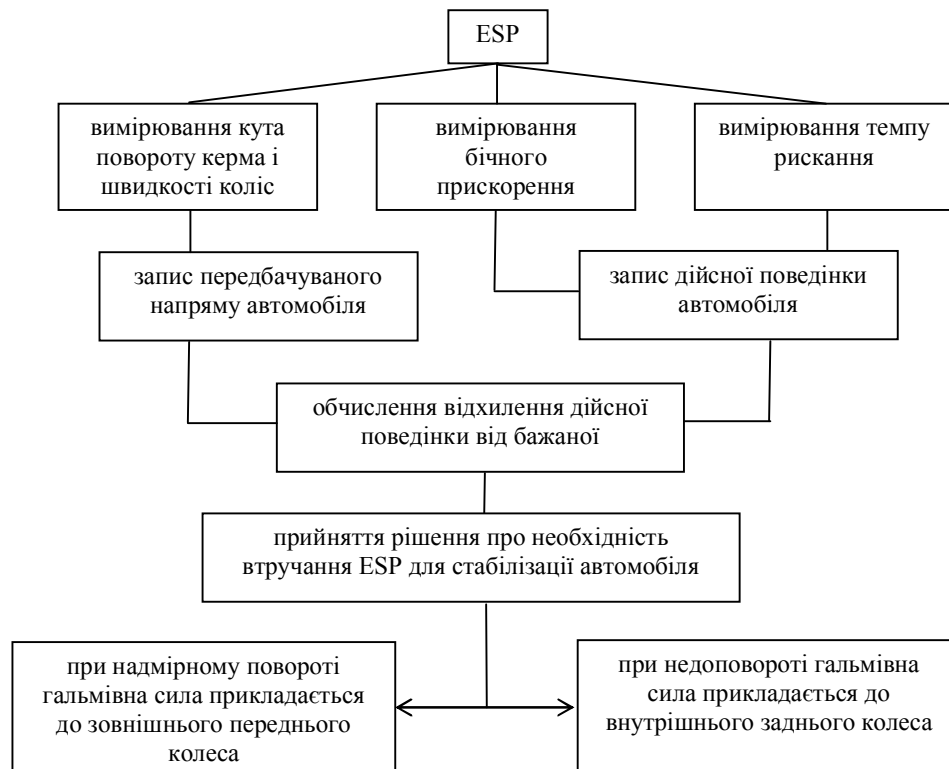


Рис. 2. Функція ESP

Система ESP вираховує напрям автомобіля за даними швидкості і кута повороту керма, отриманих з датчиків. Виміряне бічне прискорення і швидкість автомобіля використовуються для обчислення радіусу повороту, яким рухається автомобіль. Після того радіус повороту і швидкість автомобіля використовуються, щоб підкоригувати темп його рискання руху на цьому шляху. Бортовий датчик рівня рискання вимірює дійсний темп рискання кожної миті. Виміряні і обчислені темпи рискання потім порівнюються і, якщо різниця перевищує певний поріг, ESP використовує диференціальне гальмування, щоб виробити коригуючий момент рискання.

Для аналізу поведінки нестабільного руху і стійкого стану модель автомобіля часто спрощують до моделі велосипеда [2] (рис.3).

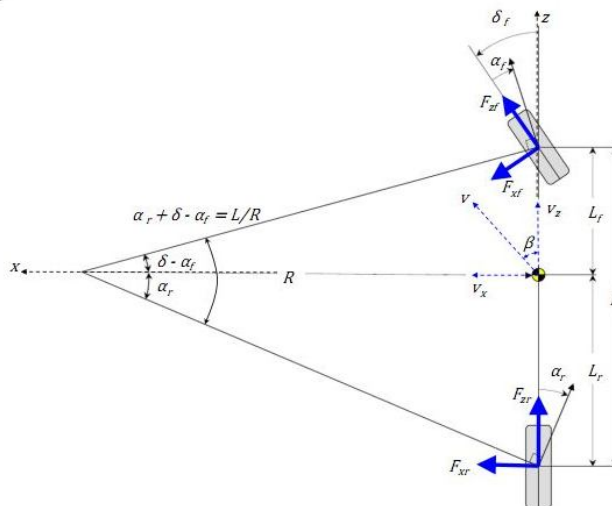


Рис.3. Спрощена велосипедна модель для аналізу поведінки нестабільного руху і стійкого стану

У значній мірі характеристики транспортного засобу залежать від відношення між кутами відведення переднього і заднього коліс  $\alpha_f$  і  $\alpha_r$  відповідно. Для аналізу стійкого стану поведінки автомобіля фундаментальним є рівняння [2] (1):

$$\delta_f = \frac{L}{R} + K_{us} \frac{a_x}{g}, \quad (1)$$

де  $\delta_f$  – кут повороту кермованих коліс;  
 $L$  – колісна база;

R - радіус повороту;  
 $a_x$  - бічне прискорення;  
 $K_{US}$  - коефіцієнт поворотності;  
 $g$  - прискорення вільного падіння.

Коефіцієнт поворотності  $K_{US}$  залежить від відношення між передніми і задніми кутами відведення. Залежно від величини характеристик керованості у стійкому стані він може прийняти три значення:  $K_{US} = 0$  (нейтральна поворотність),  $K_{US} < 0$  (надлишкова поворотність),  $K_{US} > 0$  (недостатня поворотність).

Нормальна величина коефіцієнту поворотності для автомобілів категорії M1 знаходиться в межах 0,3 радіана. Це означає, що більшість автомобілів розроблені таким чином, що їх поворот здійснюється у діапазоні лінійного бічного прискорення.

Коли кути відведення коліс передньої і задньої осі ( $\alpha_f$  і  $\alpha_r$ ) однакові, кут повороту керованих коліс для здійснення заданого повороту визначається рівнянням (2) [2]:

$$\delta_f = \frac{L}{R} \quad (2)$$

Це означає, що для автомобіля з нейтральною поворотністю бічне відведення коліс передньої і задньої осі в однаковій мірі визначається їх зчепленням з опорною поверхнею.

Для автомобіля з недостатньою поворотністю кут відведення коліс передньої осі  $\alpha_f$  більший, ніж  $\alpha_r$ . Типовим для цієї поворотності є те, що кут повороту керованих коліс мусить зростати при прискоренні автомобіля у повороті зі сталим радіусом. Термін «характеристика швидкості  $v_{char}$ » у рівнянні (3) використовується для опису явища недостатньої поворотності. Це швидкість, за якої потрібний для виконання кривої кут повороту керованих коліс дорівнює  $2L/R$ .

$$v_{char} = \sqrt{\frac{gL}{K_{us}}} \quad (3)$$

Для автомобіля з надлишковою поворотністю кут відведення задніх коліс  $\alpha_r$  більший, ніж передніх  $\alpha_f$ . Це означає, що задня вісь автомобіля ковзає більше, ніж передня, що вимагає від водія повороту керованих коліс у протилежну сторону для утримання автомобіля на бажаному курсі. Для надлишкової поворотності існує критична швидкість  $v_{crit}$  за якої кут повороту керованих коліс є нульовим для будь-якого повороту (4).

$$v_{char} = \sqrt{\frac{gL}{-K_{us}}} \quad (4)$$

Програмований алгоритм роботи ESP можна описати схемою, як зображено на рис.4 [2].

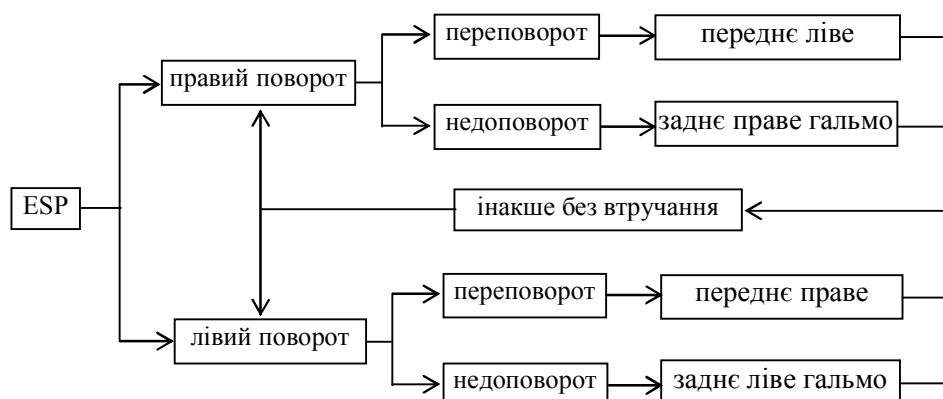


Рис.4. Схема роботи ESP

Таким чином, система ESP попереджає «випередження» або «запізнення» входу автомобіля в поворот при русі по дорогах із слизьким покриттям. Модуль управління ESP виявляє наміри водія по здійсненню маневрів на підставі аналізу інформації, що надходить від датчиків кута повороту рульового колеса, гальмівного тиску, відстеження робочих параметрів силового агрегату та ін. Одночасно, орієнтуючись на показники датчиків ABS, поперечних перевантажень та ін. система оцінює реакцію автомобіля на дії водія. Порівнюючи інформацію, що надходить із закладеними в пам'ять процесора базовими параметрами, модуль управління виявляє тенденції до заносів, пов'язаних з недостатністю або надмірністю чутливості транспортного засобу і своєчасно забезпечує

створення протидіючих зусиль за рахунок індивідуальної активації гальмівних механізмів, коригування тягового зусилля двигуна і управління підключенням повного приводу, тобто, активуючи відповідні функції ABS та TCS.

**Висновки.** Переваги ESP у запобіганні аварій з участю одного автомобіля добре визнані у всьому світі. Національна адміністрація безпеки дорожнього руху (NHTSA) США оцінює, що встановлення ESP допоможе зменшити аварії пасажирських автомобілів на 34% і позашляховиків на 59%. Для прискорення обладнання автомобілів системою ESP NHTSA представила стандарт FMVSS 126. Відповідно до нього усі машини з повною масою до 10 000 фунтів (4536 кг) повинні бути обладнані системою ESP до 2012 року [3].

#### *Література*

1. *Tejas Shrikant Kinjawadekar / Model-based Design of Electronic Stability Control System for Passenger Cars Using CarSim and Matlab-Simulink, Masters Thesis, the Ohio State University, 2009. – 87 с.*
2. *Johan Andersson /Vehicle dynamics-optimization of Electronic Stability Program for sports cars, Bachelor's Thesis, Luleå University of Technology, 2008. – 42 с.*
3. *Proposed FMVSS No. 126 Electronic Stability Control Systems /National Highway Traffic Safety Administration, 2006. – 142 с.*

УДК 658.51

### **СИСТЕМНІ ЗАСАДИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСІЇ ДЕРЖАВНИХ ЦІЛЮВИХ ПРОГРАМ**

*Сидорчук О.В., д.т.н., проф.*

*Босак В.В.*

*Сидорчук О.О.*

**Вступ.** Розвиток економіки України значною мірою зумовлюється ефективністю реалізації низки відповідних Державних цільових програм (Програм), яка визначається рівнем їх обґрунтованості, а також іншими складовими процесу управління. До таких процесів належить профілювання місії Програми, яке визначає її стратегію та сутність проєктів, що утворюють Програму. Пошук ефективного алгоритму (методики) профілювання місії є одним з основних проблемних наукових питань, яке вимагає вирішення.

**Аналіз останніх публікацій та досліджень.** У контексті розроблення науково-методичних засад дослідження процесу профілювання місії Програми аналізувалися останні публікації щодо управління місією [1], формування портфелів проєктів [2], а також управління конфігурацією [3]. Результати аналізу переконують, що процес профілювання місії з позицій системного підходу не досліджувався. Чинний порядок створення Програм також не передбачає системного аналізу [4].

**Мета статті.** Розкриття системних засад дослідження процесу профілювання місії Державних цільових програм розвитку різних галузей економіки України.

**Основна частина.** Як відомо [1, с.104], визначення місії означає наявність проблем у галузі, вирішення яких можливе на основі місії Програми, що інтегровано відображає потребу вирішення розподілених у часі множини цілей та задач. Місія Програми – це фактично узагальнена мета її існування. Її визначення за Р2М, як вже зазначалося, передбачає здійснення множини управлінських процесів стосовно: 1) означення місії; 2) аналізу взаємозв'язків; 3) формулювання сценаріїв.

Дотримуючись цієї схеми дослідження місії, розкриємо системні засади її визначення, які, на наш погляд, дають змогу врахувати всі основні її особливості і таким чином уникнути можливих помилок. Не вдаючись у деталі взаємовідносин та визначень таких понять (категорій) як стратегія, цінність та бачення продукту, зазначимо, що вони є невід'ємними складовими процесу визначення місії. Цінність Програми досягається завдяки реалізації стратегії. Засобом досягнення стратегії є Програма, місію якої не можливо визначити без бачення продукту.

Що означає “бачення” продукту? Це ніщо інше, як його нова конфігурація (множина об'єктів конфігурації та взаємозв'язків між ними – структура продукту), яку слід досягнути у результаті реалізації Програми. Таким чином, з позицій системного підходу та чинних засад управління конфігурацією [1], “бачення” продукту Програми є ніщо інше як система, яку називатимемо системою-продуктом. Вона є віртуальною на етапі ініціювання Програми. На етапі завершення Програми вона є реальною.