

УДК 656.13:681.3.

## АНАЛІЗ РОБІТ В ОБЛАСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

**Калінін Є.І., д.т.н., проф., Петров Р.М., магістрант**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)*

Загальносвітова тенденція показує, що сучасні автомобілі і дорожня транспортна техніка все в меншій мірі залишаються поодинокими транспортними засобами, все більше інтегруючись в інформаційну транспортну середу.

Інтелектуальні Транспортні Системи (ІТС) - системи надання інноваційних послуг у сфері транспорту по оптимізації використання транспортних мереж, управління дорожнім рухом, інформованості учасників дорожнього руху та забезпечення безпеки дорожнього руху (Intelligent Transport Systems, ITS)

Відповідно завданнями ІТС стосовно колісних машин, є: забезпечення безпеки дорожнього руху; підвищення ефективності використання доріг; підвищення ефективності використання транспортних засобів. Очевидно, що в доступному для огляду майбутньому технології ІТС поширяться і на автономні АТЗ.

Варто відзначити, що в усьому світі активно йдуть розробки технологій між об'єктною взаємодією транспортних засобів V2V (Vehicle-to-Vehicle), а також V2I (Vehicle-to-Infrastructure), однак, частотні діапазони функціонування бездротових динамічних мереж DSRC (Dedicated Short Range Communication) в різних країнах вибираються різними і загальне розуміння про алгоритми, структури, кількості і типи переданих даних на той момент часу було відсутнє, також за рамками проведених досліджень залишалися питання інтеграції «станцій ІТС» в бортову електроніку легкового автомобіля. Основні алгоритми V2V і V2I взаємодій демонструвалися компаніями Kapsch, Car2Car Communication Consortium, Siemens, BMW і іншими на прикладі наступних дорожніх ситуацій:

- прийом передавачем, встановленим в АТЗ, сигналу про режим роботи світлофора і надання рекомендацій водієві про вибір швидкості для руху в «зеленому коридорі»;
- прийом передавачем, встановленим в АТЗ, навігаційних координат іншого рухомого в потоці автомобіля з системою V2V;
- попередження водія про зламани по ходу руху автомобілі;
- попередження водія про екстрене гальмування автомобіля попереду;
- попередження водія, в умовах відсутності прямого візуального контакту, про мотоцикли, що рухаються в потоці;
- інформування водія про кількість вільних місць для паркування, часу відправлення поїздів, літаків, автобусів і надання іншої інформації від інфраструктурної частини ІТС;

- попередження водія про ДТП і дорожніх заторах через системи V2V і V2I.

В задачах проектування систем управління автономних АТЗ необхідні математичні моделі, що відображають основні властивості автомобіля, як об'єкта управління, і дозволяють прогнозувати реакцію і поведінку автомобіля на вплив зовнішнього середовища, вплив з боку виконавчих механізмів системи автоматичного управління і вплив з боку водія.

Схеми математичних моделей колісних машин і систем моделювання за складністю і якістю реалізованих функцій можна розділити на 4 основні групи:

1. Аналітичний розрахунок традиційними методами. Розрахункові співвідношення для вихідних показників представляються у вигляді кінцевих функціональних залежностей.

2. Аналітичний розрахунок із застосуванням пакетів символічної математики. Реалізується найчастіше в універсальних прикладних програмах, наприклад, MathCad, MatLab, Scientific, Mathematics та ін. Особливість створення моделі полягає в приведенні системи рівнянь, яка описує криволінійний рух АТЗ і ряду чинників, що враховуються, до єдиного матричного рівняння, яке далі вирішується і досліджується в середовищі прикладної програми. Варто зазначити, що даний підхід є ефективним для вирішення деяких чітко сформульованих завдань, проте сама модель не відрізняється гнучкістю і універсальністю.

3. Імітаційне візуальне (твердотільне) моделювання. Може бути реалізовано в програмах моделювання динаміки багатокомпонентних механічних систем, наприклад, Euler, MatLab SimMechanics і ін.

4. Спеціалізовані програми моделювання руху АТЗ. Як приклад можна привести програму LapSim, призначену для оптимізації параметрів гоночного автомобіля відповідно до конкретної траси по критерію мінімального часу проходження траси (розроблена компанією Bosch в середовищі MatLab). Ідеологія роботи програми полягає в порівнянні результатів комп'ютерного моделювання з показаннями реєстру апаратури, записаних з гоночного автомобіля під час «тестового заїзду», введенні поправок в розрахункові алгоритми програми і висновок рекомендованих оптимальних параметрів гоночного автомобіля для даної траси. Так само варто відзначити пакет MatLab Simdriveline, що представляє собою бібліотеку стандартних елементів (пневматична шина, кузов, двигун, система підресорювання, КП, тощо), з яких можна скласти комплексну схему автомобіля або окремих вузлів. Кожен бібліотечний елемент є укрупненим блоком, записаним в модулі Simulink у вигляді математичних рівнянь, що описують певний елемент або процес. Детальний розгляд даного модуля виявило можливості моделювання виключно прямолінійного руху, оцінки динамічних характеристик, проектування трансмісій, моделювання деяких систем безпеки. В якості ще одного прикладу спеціалізованих програм моделювання руху автотранспортних засобів наведемо реалізацію в середовищі Matlab Simulink моделі автомобіля з колісною формулою 6x6 і рівномірним розподілом осей, що дозволяє прогнозувати характеристики криволінійного руху по рівній горизонтальній недеформованій

опорній основі за можливістю реалізації різних законів управління поворотом коліс задньої осі, а також при всеколісному управлінні.

Більш точні, з точки зору опису процесів, математичні моделі вимагають більшого числа вхідних величин і характеристик. Однак найчастіше досліднику не представляється можливим визначити ці параметри без проведення додаткових експериментів або досліджень, тому залишається лише можливість підстановки наближених значень, що визначаються емпіричними залежностями. Математична модель, яка детально описує фізику процесів, втрачає свою актуальність через підстановки некоректних вихідних даних.

Основні можливості описів будь-яких процесів:

1. функціональна залежність;
2. «Чорна модель» - емпірична багатовимірна залежність;
3. «Сіра» модель.

Перевагою опису процесу функціональною залежністю є наявність чіткої структури та явного фізичного сенсу і, як наслідок, можливості варіювання коефіцієнтами, які входять до складу рівнянь і рішення задач оптимізації. До недоліків можна віднести лише прикладні проблеми, що виникають при вирішенні.

До переваг «чорної моделі» можна віднести потенційну здатність точного опису процесів на основі експериментально отриманих даних, а до недоліків - відсутність фізичного сенсу і неможливість проведення оптимізацій.

«Сіра модель», будучи щось середнім між аналітичним описом і «Чорною моделлю», включає в себе всі позитивні і негативні сторони, описані вище. Має фізичний зміст.

У загальному вигляді, будь-яка модель являє собою математичний запис перетворення вхідного і вихідного сигналу системи. У реальній системі на вихідні параметри діє в тій чи іншій мірі безліч різних чинників, які можуть мати природу перешкод (шуму), а можуть бути параметрами, про які ми не маємо уявлення. На рисунку 1 показано класичне уявлення динамічної системи.

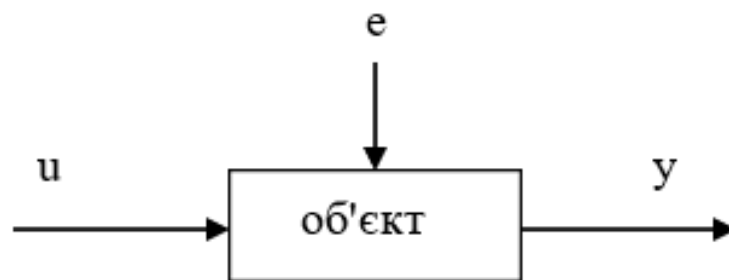


Рисунок 1 – Блок-схема динамічної системи

На об'єкт діють вхідні сигнали  $u$  і випадкові впливи  $e$ , вихідні параметри -  $y$ . У загальному випадку, сигнали  $u, e, y$  є векторами довільної розмірності. Всі ці сигнали – безперервні функції часу. Варто відзначити, що частіше за все в задачах ідентифікації доводиться працювати з дискретними значеннями

сигналів, що, в свою чергу, обумовлено можливостями вимірювального обладнання. Таким чином, проблема моделювання полягає у визначенні залежності між вхідними та вихідними сигналами. В якості основної залежності виступають лінійні диференціальні рівняння.

«Чорна модель» будується за експериментальними даними за допомогою вибору ряду вхідних і вихідних величин і генерування залежності різноманітними методами. Отримана залежність перевіряється повторним експериментом або вибіркою експериментальних даних, які не брали участі в генерації залежності. Фізичного змісту така модель не має.

«Сіра модель» включає в себе, на відміну від «чорної моделі», структурований аналітичний опис, в який, у свою чергу, входять ряди свідомо невідомих змінних, які далі визначаються через експериментальні дані інструментарієм «чорної моделі».

Таким чином, найбільш перспективною з точки зору точності опису процесів представляється або модель з функціональними залежностями, або «Сіра модель», що складається з аналітичного опису динаміки руху автомобіля і взаємодіями пневматичних шин з опорною поверхнею, реалізованими у вигляді «чорних моделей».

#### **Список літератури:**

1. Калінін Є.І., Петров Р.М. «Діагностика автомобілів і теорія розпізнавання образів» / Є. І. Калінін, Р. М. Петров. // «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація». – 2019. – С. 85.

2. Калінін Є.І., Петров Р.М. «Інноваційний розвиток технічної експлуатації автомобілів в умовах інтелектуальних транспортних систем» / Є. І. Калінін, Р. М. Петров. // «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація». – 2019. – С. 82.

3. Калінін Є.І., Петров Р.М. «Контроль якості технічного обслуговування і поточних ремонтів на основі діагностики технічного стану» / Є. І. Калінін, Р. М. Петров. // «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація». – 2019. – С. 117.

4. Калінін Є.І., Петров Р.М. «Аналіз коливальної системи підвіски автомобіля з дискретною зміною жорсткості» / Є. І. Калінін, Р. М. Петров. // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». – 2020 – С. 326.