

## **АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ B1 ТА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НАХИЛОМ КУЗОВА**

Вінницький національний технічний університет;

***Анотація** В роботі проведено аналіз розвитку транспортних засобів категорії B1, які потребують використання механізмів нахилу кузова, для забезпечення стабільності під час виконання маневрів на різних швидкостях. Розвиток таких транспортних засобів залежить від вдосконалення систем керування нахилом і інтеграції новітніх електронних технологій. Найефективнішими виявились підходи, що враховують динамічні особливості транспортного засобу.*

**Ключові слова:** нахил кузова, транспортні засоби категорії B1, компактні транспортні засоби, перекидання, бічне прискорення.

***Abstract** The paper analyzes the development of vehicles of category B1, which require the use of body tilt mechanisms to ensure stability during maneuvers at different speeds. The development of such vehicles depends on the improvement of tilt control systems and the integration of the latest electronic technologies. The most effective approaches were those that take into account the dynamic characteristics of the vehicle.*

**Keywords:** body tilt, vehicles of category B1, compact vehicles, rollover, lateral acceleration.

### **Вступ**

Протягом двадцятого століття та на початку двадцять першого століття було проведено велику кількість досліджень у галузі теорії руху автомобільних транспортних засобів, в той же час досліджень у галузі руху компактних транспортних засобів було проведено набагато менше. У загальному випадку компактний транспортний засіб – це транспортний засіб категорії B1, а саме малий міський транспорт з габаритами та вагою, близькими до мотоцикла.

Такі транспортні засоби можуть підвищити ефективність використання пасажирського простору, зменшити кількість транспортних заторів на дорогах, проблеми з паркуванням у великих містах завдяки їх меншим розмірам, вищій маневреності.

### **Результати дослідження**

Керованість і стійкість компактних транспортних засобів категорії B1 є важливими параметрами для підвищення безпеки, комфорту та ефективності використання. Застосування систем управління нахилом (DTC, STC, SDTC) стало ключовим напрямком у сучасних дослідженнях. Аналіз проєктів у цій сфері допоможе виявити ефективні підходи до їх реалізації.

З моменту появи механізмів нахилу для компактних транспортних засобів динаміка нахилу та системи активного крену стали невід'ємною частиною їхнього використання. За останні десятиліття було опубліковано багато досліджень. Зокрема можна виокремити декілька з них:

1. Проєкт "Honda Gyro" (1982);
2. Проєкт "Clever", у Батському університеті (Clever project, Bath University) (2005 - 2014);
3. Віденський технологічний університет (TU Wien) (2011 р.);
4. Нантська національна гірничо школа (Ecole des Mines de Nantes) (з 2011);
5. Проєкт «Resolveproject» (2016-2022)

У 1965 році Г. Уолліс подав патент під назвою «Удосконалення в педальних або механічних трьохколісних велосипедах або пов'язаних з ними транспортних засобах» [1], що містив трьохколісний велосипед, який нахилився. Це призвело до створення «BSA Aerial 3», трьохколісного велосипеда з можливістю нахилення, який не мав комерційного успіху. Права на дизайн були продані Honda, і в 1982 році був випущений «Honda Gyro», який, став першим комерційно успішним компактним транспортним засобом з можливістю нахилення (Рис.1).

Компактні транспортні засоби також стали предметом досліджень в Європі наприкінці 2000-х і на початку 2010-х років. В Університеті Бата під керівництвом професора Еджа і доктора Дарлінга був розроблений трьохколісний компактний розумний транспортних засіб «The Clever vehicle» (рис. 2), з низьким рівнем викидів для міського транспорту.

Прототип складається з задньої кабіни, яка не нахилиється і відкидної кабіни з переднім рульовим колесом. Гідравлічна система забезпечує пряме управління нахилом завдяки актуатору, який регулює кут повороту в реальному часі.

Ґрунтуючись на цьому прототипі, Університет Бата ретельно досліджував як динаміку компактного транспортного засобу, так і його контроль. Зосередившись на аспектах дизайну, вони розробили прототип, у якому використовуються технології STC і DTC. Протягом великої кількості тестів на водіння досліджувалась реалізація системи SDTC і її обмеження з точки зору максимального бічного прискорення і моменту перекидання [2].



Рис. 1. Трьохколісний скутер «Honda Gyro»

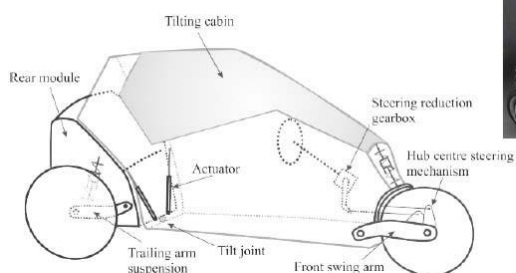


Рис.2. Проект «Clever»

Пізніше, у 2011 році, ще один компактний транспортних засіб був розроблений професором Пльохлем та його командою з Технічного університету Відня. Було проведено ретельний динамічний аналіз автомобіля і розроблено електронний контролер, що дозволяє стабілізувати крен під час руху автомобіля. Автомобіль має дельтавидну конфігурацію з регульованою задньою підвіскою (нахилиється кузов, візок не нахилиється) і унікальним переднім керованим колесом (рис. 3) [3]. Прототип має один ступінь свободи нахилу, що забезпечують STC і DTC відповідно.

З 2011 року і до нещодавнього часу дослідження проводились у Нантській національній гірничій школі під керівництвом професорів Шевреля і Клаво. Концепт-кар (рис. 4) представляє собою двомісний транспортний засіб, який нахилиється на поворотах до 25°. Довжина 2500 мм і ширина 960 мм, це щось середнє між електромобілем і скутером і включає в себе літій-іонний акумулятор. Шеврель і Клаво досліджували управління DTC, STC і SDTC за допомогою лінійних і нелінійних вдосконалених контролерів.



Рис. 3. Прототип дельта-моделі (вузький автомобіль з можливістю нахилу)



Рис. 4. Двомісний транспортний засіб «SMERA»

У 2015 році Клаво зробив спробу нелінійного управління моделлю велосипеда з п'ятьма ступенями свободи, яка включає поздовжню динаміку [4]. На відміну від своєї попередньої роботи, вони роз-

глядали можливості відстежувати кут нахилу з використанням трьох входів: регулювання кута повороту рульового колеса, момент нахилу і сили тяги.

Європейський проєкт Resolve концентрується на нахильному русі та управлінні 4-колісним скутером, подібно до 2- або 3-колісного скутера, який націлений на розробку нових концепцій транспортних засобів (нахильних і вузькоколісних), що пропонують привабливі враження від водіння, зберігаючи при цьому якомога менше споживання енергії транспортним засобом (рис. 4) [5].



Рис. 5. Зразки вузького транспортного засобу, який нахилиється, розробленого в проєкті Resolve

### Висновки

Розвиток транспортних засобів категорії В1 залежить від вдосконалення систем керування нахилом і інтеграції новітніх електронних технологій. Найефективнішими виявились підходи, що поєднують різні режими управління (SDTC) та враховують динамічні особливості компактного транспортного засобу. Майбутні дослідження мають зосередитись на комплексному аналізі стійкості та адаптивності систем.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Motor Scooter Guide: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.motorscooterguide.net/Honda/Gyro/Gyro.html> (дата звернення: 20.10.2024).
2. Berote, J. J. H. Dynamics and Control of a Tilting Three Wheeled Vehicle: Student thesis: Doctoral Thesis PhD / Johan Berote; Department of Mechanical Engineering, University of Bath. – Somerset, United Kingdom, 2010. – 179 с.
3. Edelmann, J. Modeling and analysis of the dynamics of a tilting three-wheeled vehicle / J. Edelmann, M. Plöchl, P. Lugner // Multibody System Dynamics. – December 2011. – Vol. 26, issues 4. – P. 469–487..
4. Smera de Lumeneo: voiture électrique 2 places: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.moteurecologique.com/smera-lumeneo-electrique.html>
5. Resolve Project: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.resolve-project.eu/> (дата звернення: 20.10.2024).

**Олександр ГАЛУЩАК** – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет,

**Вадим НАВРОЦЬКИЙ** – студент гр. 1ТТ-23м, кафедра автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

**Oleksandr HALUSHCHAK** - candidate. technical of Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University,

**Vadim NAVROTSKY** - student of 1ТТ-23m group, Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University