

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ ШВИДКОХІДНИХ ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуто перспективи розвитку систем підресорювання гусеничних машин для підвищення швидкохідності. Показана можливість подальшого підвищення швидкохідності при використанні нетрадиційних систем підресорювання.*

*Ключові слова:* гусенична машина, швидкохідність, плавність ходу, підвіска.

Максимальна швидкість руху машини є обмеженою та визначається умовами руху та технічними характеристиками швидкохідної гусеничної машини типу МТ-ЛБ. Обмеження, що залежать, головним чином, від дорожніх умов, поділяють на дві групи: обмеження за силою тяги і так звані прями обмеження.

Збільшення питомої потужності сучасних машин дозволило зняти низку обмежень першої групи. Друга група об'єднує обмеження: – за швидкістю, що визначаються кінематичними характеристиками трансмісії; – по керованості, пов'язані зі здатністю машини вписуватись у кривизну траси; – відносно небезпеки виникнення некерованого руху; – внаслідок виникнення межових пришвидшень корпусу машини під час руху по нерівностях, які можуть призвести до втомлюваності, травм екіпажу та виходу з ладу встановленого обладнання. У зв'язку з цим проблема вдосконалення систем підресорювання швидкохідних гусеничних машин, спрямованого на підвищення швидкості їх руху, є актуальною.

За збільшення маси машини підвіска стає все більш навантаженою. Демпфуючі елементи вимагають реалізації великих зусиль на прямому ході підвіски, що призводить до збільшення вертикальних пришвидшень «коливань». У такій ситуації, коли потрібно одночасно забезпечити задовільну висоту нерівності, що долається і одночасно не допустити критичних коливань корпусу, сучасні швидкохідні гусеничні машини важкої вагової категорії (основні танки) з традиційною системою підресорювання мають висоту прохідної періодичної нерівності близько 0,17 м, що відповідає середній швидкості 21 км/год. Подальше підвищення середньої швидкості потребує застосування нетрадиційних систем підресорювання – керованих, або багаторівневих підвісок.

В даний час відомі два основні напрямки у розвитку систем регулювання сил у підвісці наземної транспортної техніки. Це активне та пасивне керування силами в пружному та демпфуючому елементах системи підресорювання машини.

Негативними сторонами керованих систем підресорювання порівняно з некерованими підвісками є значно більше споживання енергії (для активних систем) та більш висока вартість системи. Тому раціональність застосування вимагає від керованої підвіски високої ефективності за всіх режимах руху машини, що передбачає використання обґрунтованої конструктивної схеми та відповідного раціонального закону управління для вирішення завдань, пов'язаних із забезпеченням не тільки плавності ходу, а й керованості, працездатності озброєння та ін. У зв'язку з необхідністю додаткового джерела енергії активні системи підресорювання поки не знайшли широкого застосування у конструкціях швидкохідних гусеничних машин.

Аналізуючи літературу, присвячену керованим системам підресорювання [1, 3, 5], можна зробити висновок про те, що для швидкохідних гусеничних машин доцільно застосовувати пасивну систему підресорювання з керованим демпфуванням. При цьому достатньо передбачити два рівні демпфування прямого ходу: низький рівень — штатне демпфування, що забезпечує

допустимі пришвидшення, та високий рівень (в 3 рази більше штатного), що забезпечує допустимі навантаження під час руху за періодичними нерівностями в резонансному режимі при поздовжньо-кутових коливань корпусу. На зворотному ході підвіски керувати демпфуванням недоцільно.

Управління дворівневим демпфуванням може бути зі статичним (адаптивним) [2] та з динамічними законами управління. У другому випадку найбільш ефективно демпфування з урахуванням швидкості поздовжньо-кутових коливань корпусу машини.

Керована система підресорювання вимагає використання блоків керування (контролерів, датчиків, сенсорів тощо), що ускладнює систему та знижує її надійність. Однак існують системи, які без спеціального управління дозволяють забезпечити необхідне гасіння коливань у резонансній області без підвищення пришвидшень та коливань у зарезонансній області. Це багаторівневі системи підресорювання. У підвісках як дослідні зразки були виконані дворівневі системи підресорювання, найвідомішою з яких є релаксаційна підвіска. Ця підвіска має два пружні елементи та амортизатор [5]. Один пружний елемент розміщено між корпусом і катком послідовно з амортизатором і утворює з ним так званий релаксаційний елемент. Другий пружний елемент з'єднує корпус і каток паралельно релаксаційному елементу та виконує роль основного пружного елемента підвіски. Наявність двох пружних елементів та схожість властивостей релаксаційної підвіски з властивостями інших варіантів багаторівневих підвісок дозволяють віднести її до багаторівневих систем підресорювання. Схема такої підвіски зображена на рисунку 1, а.

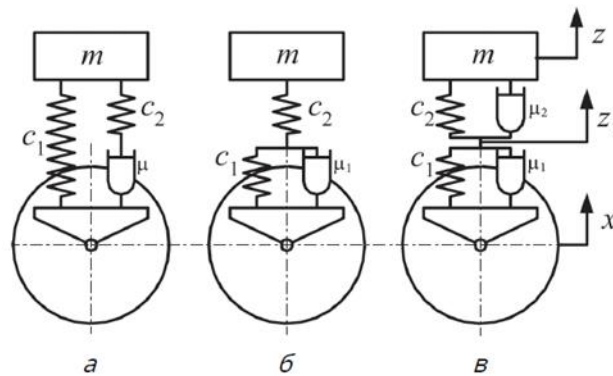


Рисунок 1 – Еквівалентні схеми одноопорних підвісок:

а, б – релаксаційна, відповідно з паралельним і послідовним з'єднанням пружного механізму;  
в – фрактальна дворівнева

Ще одним прикладом багаторівневих підвісок є фрактальна підвіска [4], яка складається з ряду послідовно з'єднаних пружно-демпфуючих елементів. Схема двурівневої фрактальної підвіски показана на рисунку 1, в.

Зважаючи на те, що в багаторівневих системах підресори на різних частотах працюють різні пружно-демпфуючі елементи, машина з такою підвіскою здатна рухатися в найрізноманітніших дорожніх умовах з високою плавністю ходу.

Якщо зі складу дворівневої фрактальної підвіски прибрати демпфуючий елемент, що відповідає пружному елементу більшої жорсткості, то її еквівалентна схема набуде вигляду, представленого на рисунку 1, б. Цю підвіску також називають релаксаційною з послідовним з'єднанням додаткового пружного елемента

Було виявлено [5], що для швидкохідних гусеничних машин достатньо дворівневої підвіски, причому рівень демпфування, що відповідає пружному елементу високої жорсткості, має бути мінімальним.

Характеристики багаторівневих систем підресорювання доцільно вибирати з використанням імітаційного математичного моделювання руху швидкохідних гусеничних машин за нерівностями місцевості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналіз перспектив використання в ходовій частині військових гусеничних машин керованих систем підресорювання / В.А. Федоров – Київ: 1990. – 64 с.
2. Redfield R.C. Performance of Low-bandwidth, Semi-Active Damping Concepts for Suspension Control. Vehicle System Dynamics, 1991, vol. 20, pp. 245 — 267.
3. Karnopp D., Sang-Gyun So. Energy Flow in Active Attitude Control Suspensions: A Bond Graph Analysis. Vehicle System Dynamics, 1998, vol. 29, pp. 69 — 81.
4. Moreau X., Ostaloup A., Nouillant M. Comparison of LQ and CRONE methods for the design of suspension systems. 13th IFAC World Congress. San Francisco(USA), 1996, pp. 62 — 67.
5. Дущенко В. В. Системи підресорювання військових гусеничних і колісних машин: розрахунок та синтез : навч. посібник / В. В. Дущенко ; ред. О. І. Шпільова ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : Панов А. М., 2018. – 336 с.

**Поліщук Леонід Клавдійович**, д. т. н., проф., зав. кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [leo.polishchuk@vntu.edu.ua](mailto:leo.polishchuk@vntu.edu.ua).

**Слабкий Андрій Валентинович** – к. т. н., доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: [Slabkiyandrey@gmail.com](mailto:Slabkiyandrey@gmail.com), тел.

**Кудраш Віталій Олександрович** – асистент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: [lisovoy844@gmail.com](mailto:lisovoy844@gmail.com).

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF PRESENTATION OF HIGH-SPEED TRACKED MACHINES

### *Abstract*

*Prospects for the development of suspension systems for tracked vehicles to increase speed are considered. The possibility of a further increase in speed when using non-traditional suspension systems is shown.*

**Key words:** *tracked machine, high speed, smoothness of movement, suspension*

**Polishchuk Leonid Klavdiyovych**, EngD., prof., head Department of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [leo.polishchuk@vntu.edu.ua](mailto:leo.polishchuk@vntu.edu.ua).

**Slabkiy Andrii Valentinovich** – Ph.D., assistant professor of mechanical engineering industry, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: [Slabkiyandrey@gmail.com](mailto:Slabkiyandrey@gmail.com).

**Kudrash Vitaliy Oleksandrovych** - assistant of the Department of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: [lisovoy844@gmail.com](mailto:lisovoy844@gmail.com).