

## STUDYING THE EFFECT OF IN-WHEEL ELECTRIC MOTORS ON CAR SUSPENSIONS

**O. A. Toychiyev**

*PhD, independent researcher*

*Tashkent Turin Polytechnic University*

*Tashkent, Uzbekistan*

### ABOUT ARTICLE

**Key words:** suspension, HUB-motor, in-wheel electric motor (IEV), hybrid drive, mass ratio, shock absorber.

**Received:** 02.12.23

**Accepted:** 04.12.23

**Published:** 06.12.23

**Abstract:** This article studies in-wheel electric motor damping systems consisting of a controlled suspension and a controlled shock absorber. Between them, a controllable damper is attached to the intact mass to overcome the limitation of the fixed point. A slip mode controller is designed for the suspension and shock absorbers to eliminate understeer and improve ride comfort.

## G'ILDIRAK ICHI ELEKTR MOTORLARIDAN FOYDALANISHDA ULARNING AVTOMASHINA OSMALARIGA TA'SIRINI O'RGANISH

**O. A. To'ychiyev**

*PhD, mustaqil izlanuvchi*

*Toshkent Turin politexnika universiteti*

*Toshkent, O'zbekiston*

### MAQOLA HAQIDA

**Kalit so'zlar:** osma, HUB-motor, g'ildirak ichi elektr dvigateli (IEV), gibrid yuritma, massa nisbati, amortizator.

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada boshqariladigan osma va boshqariladigan amortizatoridan iborat bo'lgan g'ildirak ichi elektr motorining ta'sirini bartaraf etish tizimlari tadqiq qilingan. Ularning orasida o'zgarmas nuqtaning cheklanishini bartaraf etish uchun boshqariladigan amortizator buzilmagan massaga birlashtirilgan. Sirg'anish rejim boshqaruvchisi to'xtatib turish va amortizator uchun mo'ljallangan bo'lib, salbiy ta'sirni bartaraf etish hamda haydash qulayligini oshirishga qaratilgan

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНУТРИКОЛЕСНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЕЙ

**О. А. Тойчиев**

*PhD, независимый исследователь*

*Ташкентский Туринский политехнический университет*

*Ташкент, Узбекистан*

---

### О СТАТЬЕ

---

**Ключевые слова:** подвеска, HUB-мотор, внутриколесный электродвигатель (IEV), гибридный привод, соотношение масс, амортизатор.

**Аннотация:** В данной статье исследуются внутриколесные системы демпфирования электродвигателей, состоящие из управляемой подвески и управляемого амортизатора. Между ними к неповрежденной массе прикреплен управляемый демпфер для преодоления ограничения неподвижной точки. Контроллер режима пробуксовки предназначен для подвески и амортизаторов для устранения недостаточной поворачиваемости и повышения комфорта езды.

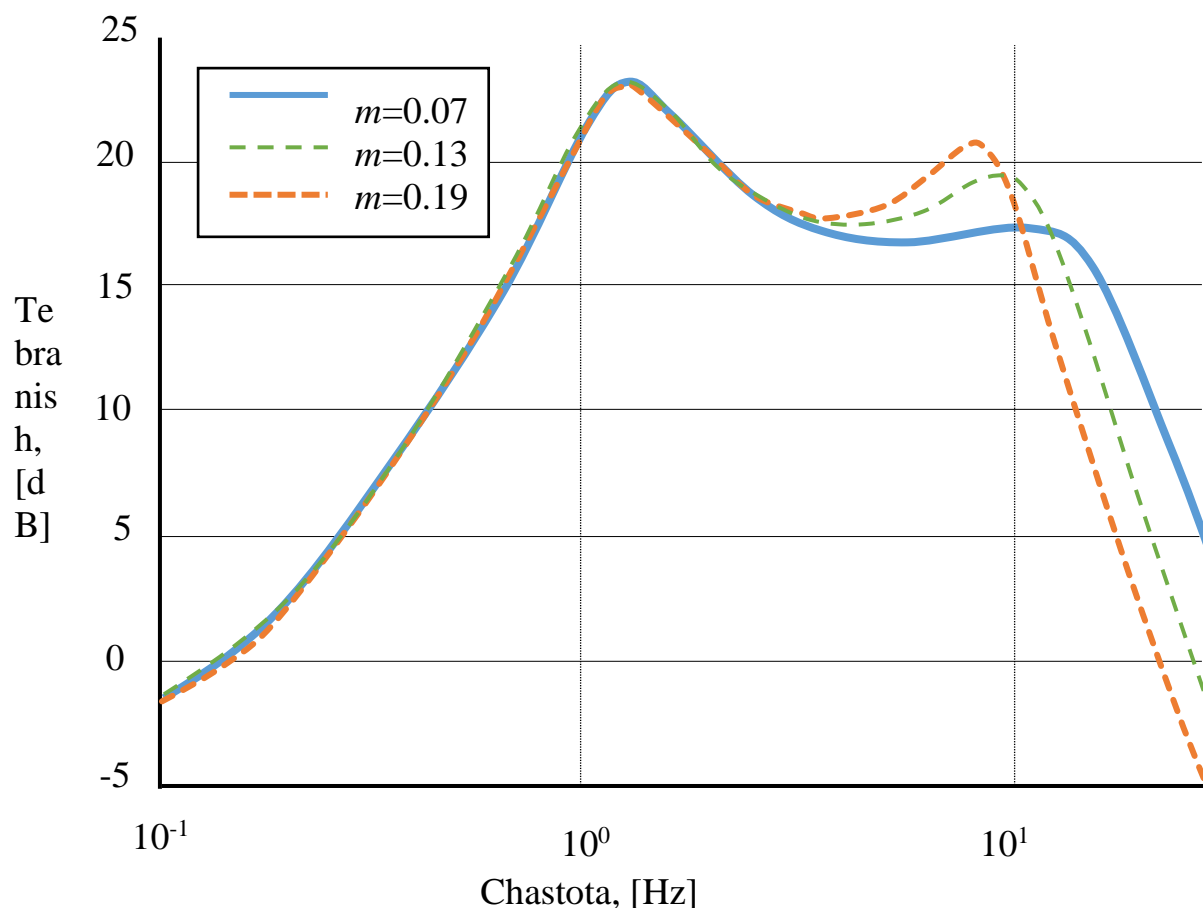
---

### KIRISH

Osma konstruksiyasida haydash qulayligi va yo'lda muvozanatni ushlab turish asosiy e'tibor qaratiladigan jihat hisoblanadi. Gibrid yuritmalı avtomashinalarda (P5) g'ildirak ichidagi dvigatel o'zgartirilmagan massaga kiruvchi og'irlikni keltirib chiqaradi, bu esa osmaning barqaror ishlashiga salbiy ta'sir qilishi mumkin. Ushbu bobda osmasiz massaning osma massasiga nisbati  $m$  massa nisbati sifatida aniqlanadi. 1-rasmda  $m$  ning avtomobil kuzovining tezlashishi va shinalar burilishining chastota reaksiyalariga ta'siri ko'rsatilgan.

### ASOSIY QISM

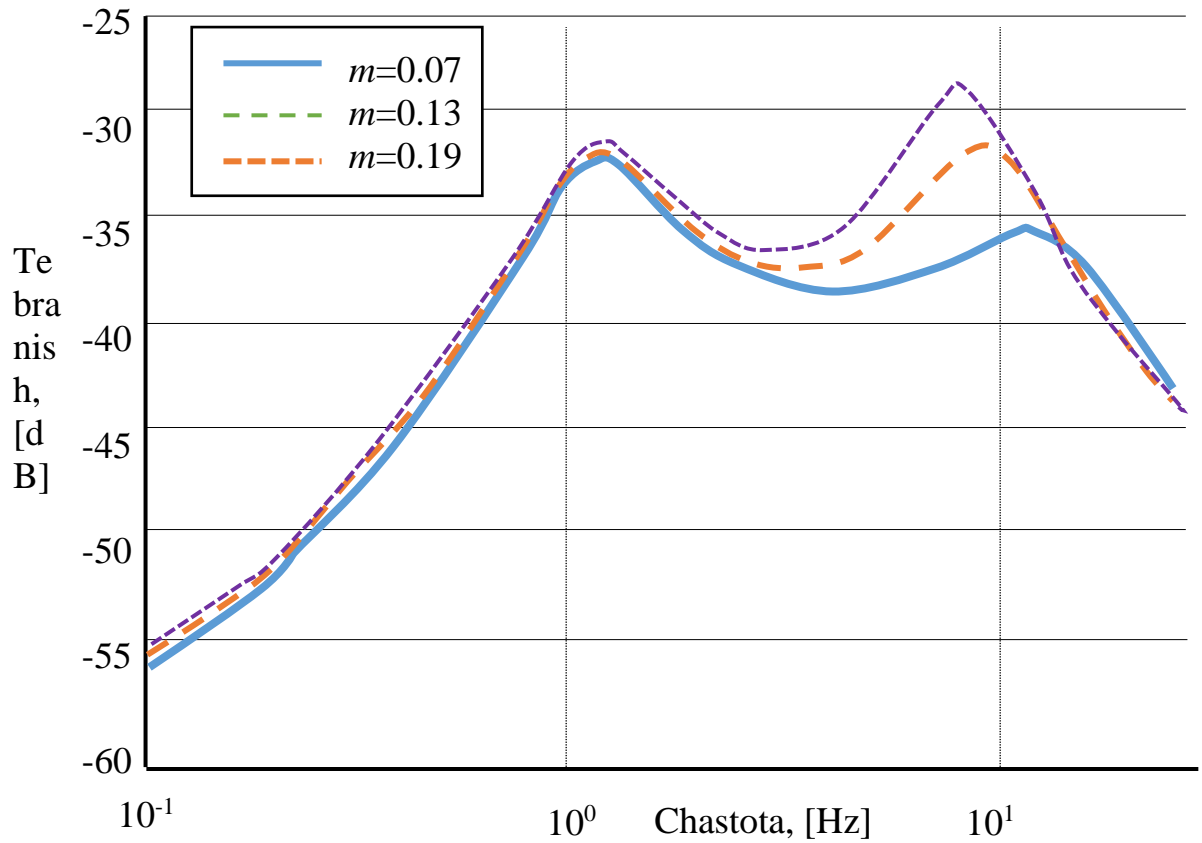
Cheklovlar yo'ning vertikal tezligidan yo'ning vertikal tezligiga yoki boshqa bog'liq uzatish funksiyalariga o'tish funksiyasida mavjud bo'lgan o'zgarmas nuqtalardir. Ushbu maxsus nuqtalarda chastota reaksiyaları o'zgarmas bo'lsa-da, ba'zi avtomobil parametrlari o'zgaradi, masalan, to'xtatib turish, qattqlik va demping. O'zgarmas nuqta avtomobil kuzovi tezlashuvining chastotali javobida qora nuqta bilan belgilanadi [1]. Bu fixed invariant point (FIP) deb ataladigan nuqta. FIP faqat shinaning qattqligi, osma bilan va osmasiz massaga bog'liq bo'lgan o'zgarmas nuqtadir, lekin osmaning qattqligi, demping yoki faol qo'zg'atuvchi kuchiga emas. Boshqacha qilib aytadigan bo'lsak, FIP o'zgarmas nuqtaning chastotasi va daromadiga osma turlari, shu jumladan boshqariladigan va boshqarilmaydigan osmalar ta'sir qilmaydi. Binobarin, ikkinchi darajali rezonansda tarqaladigan massa tebranishlarini kamaytirib bo'lmaydi. Demak, nima bo'lishidan qat'iy nazar, boshqarilmaydigan osma va boshqariladigan osma burilmagan salbiy ta'sirni to'liq bartaraf eta olmaydi [2].



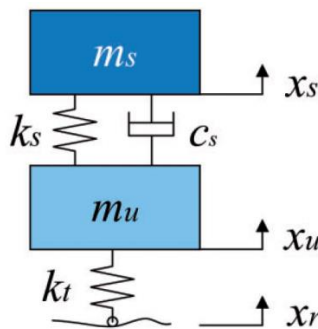
1-rasm. Massa nisbati ta'sirlari: kuzov tezlanishi

1-rasmda ko'rsatilganidek, 2 tartibli rezonans atrofida  $m$  ga ortiqcha massa tezlanishining ortishini ta'minlaydi. Aksincha, ikkinchi tartibli rezonans chastotasi  $m$  ortishi bilan kamayadi. E'tibor bering, odamlar 4–8 Gts atrofida vertikal tezlashuvga eng sezgir. Shunga o'xshab, 2-rasmda ko'rsatilganidek, katta bo'lmagan massa ikkinchi darajali rezonans atrofida shinalar burilishining katta ortishiga olib keladi, bu esa yo'lni ushlab turish qobiliyatiga zararli.

Umuman olganda, boshqariladigan osmalar yordamida avtomobilning vertikal dinamikasi yaxshilanishi mumkin. Shuning uchun, boshqariladigan osma o'zining yaxshi ishlashi va qo'llanilishi tufayli nojo'ya ta'sirni bartaraf etish uchun birinchi tanlovdur. Biroq, ikkinchi darajali rezonans atrofida boshqariladigan osmaning ishlashi ikki darajali erkinlik (2-DOF) chorak avtomobilining o'ziga xos cheklavlari bilan cheklangan (3-rasmga qarang).



2-rasm. Massa nisbati ta'sirlari: shina egilishi



3-rasm. 2-DOF (2 darajali erkinlik) avtomashina modeli

Avtomobilning tebranish-akustik qulayligi avtomobilning eng muhim qabul qilingan sifatlaridan birini ifodalaydi va shuning uchun mijozning subyektiv bog‘liq. Insonga subyektiv jihatdan bog‘liq bo‘lgan boshqa avtomobil xususiyatlari - uslub, ergonomika, termal qulaylik, faol va passiv xavfsizlik, harakat, yoqilg‘i sarfi va boshqalar.

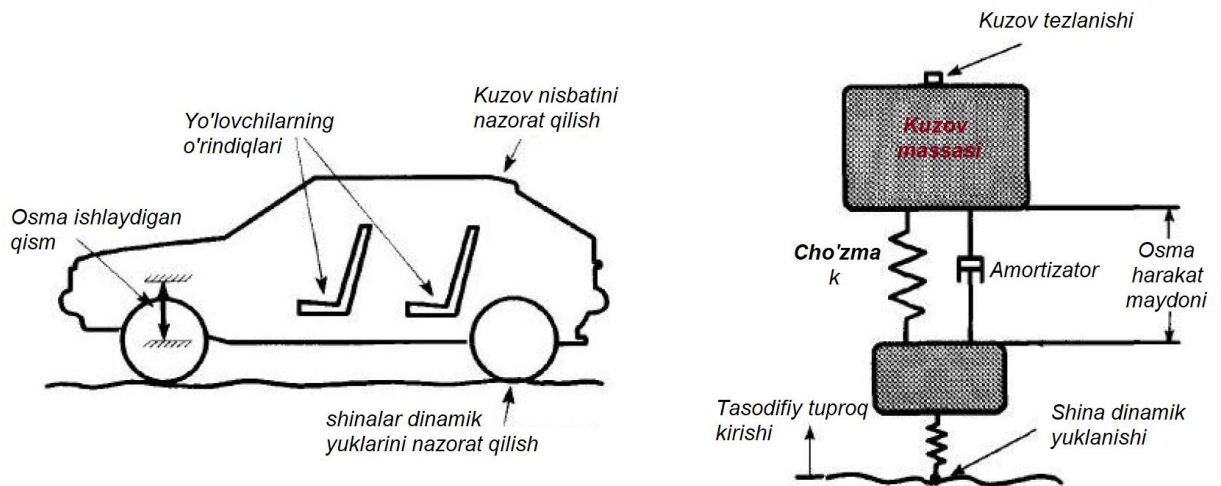
Avtomobilning tebranish-akustik harakati odatda NVH (Noise, Vibration, Harshness), shovqin, tebranish, qattqlik qisqartmasi deb ataladi. Ride-Comfort atamasi odatda mexanik bezovtalik sifatida qabul qilingan avtomobil tebranishlariga nisbatan qo‘llaniladi, bu taxminan 20 Gts gacha bo‘lgan chastotalar uchun. 20 Gts dan 100 Gts gacha bo‘lgan chastotalar uchun tebranishlar ham mexanik, ham shovqin sifatida qabul qilinadi, biz esa faqat 100 Gts dan 22 KHz gacha bo‘lgan shovqinni (inson qulog‘i tomonidan yuqori eshitiladigan chastotani) sezamiz.

Avtomobillar uchun asosiy qismlarning o'rtacha rezonans chastotalari quyidagicha oraliqda bo'ladi:

<i>Kuzov</i>	<b>1-1,5 Hz</b>
<i>G'ildirak yurishi</i>	<b>10-12 Hz</b>
<i>O'rindiqdagi yo'lovchi</i>	<b>4-6 Hz</b>
<i>Mahkamlangan dvigatel/uzatmalar qutisi</i>	<b>10-20 Hz</b>
<i>Tizim rezonanslari</i>	<b>&gt; 20 Hz</b>
<i>Shinalar</i>	<b>30-50 Hz (1-tezlik)</b>
	<b>80-100 Hz (2-tezlik)</b>

*Noqulaylik parametrlari.*

Ushbu parametr VTV (Vibration Total Value – umumiy tebranish miqdori) qulaylik indeksiga teng bo'lib, u vertikal chastotali vaznli tezlashuvning RMS (Root Mean Square – o'rtacha kvadrat) qiymatidan iborat. Shuningdek, ACC chorak avtomobil modellari deb ataladi, bu erda qayd etilgan yagona tana tezlashishi z o'qidagi vertikal tezlanishdir. Vertikal tezlashuv, aslida, har qanday holatda ham haydash sifatini belgilashi mumkin, bu ikkilamchi jihatlar sifatida qaraladigan lateral va aylanish harakatlardir.



4-rasm. Harakat ko'rsatkichlari mezonlari va avtomobil chorak qism modelining tavsifi

Faqat haydash harakatini inobatga olgan holda, yengil avtomobilning kerakli xususiyatlarini aniqlash juda oddiy. Yuqorida muhokama qilingan qulaylik talablaridan tashqari, an'anaviy passiv tizimlar bilan bog'liq bo'lgan boshqa asosiy to'xtatib turish masalalari alohida ajratilgan: osma ish maydoni, g'ildirak yukining o'zgarishi, statik va dinamik munosabatni boshqarish, yaxshi rul boshqaruviga hissa. Boshqariladigan suspenziya tizimlarini ham hisobga olgan holda, muhim jihatlar energiya iste'moli va ijro etuvchi kuchdir. Matematik modellashtirish yondashuvi bilan suspenziya xarakteristikallari bo'yicha mavjud bo'lgan ma'lumotlar soni modelning murakkablik darajasiga

mutanosibdir. Kvartal avtomobil modeli asosiy to'xtatib turish muammolarini kichik parametrlar bilan tavsiflashga imkon beradi.

4-rasmda odatda qabul qilingan ishlash parametrlari ularning tavsifi bilan oddiy chorak avtomobil modelida ko'rsatilgan. Tabiiyki, pitch va roll tanasi munosabatini 2dof modelidan olish mumkin emas, pitch uchun kamida 4dof modeli (velosiped modeli) yoki rulonni ham kiritish uchun 7dof kerak.

Keyin odatda hisobga olinadigan uchta asosiy parametr tavsiflanadi:

Noqulaylik parametri (ACC). Ushbu parametr VTV qulaylik indeksiga teng. U vertikal chastotali vaznli tezlashuvning RMS qiymatidan iborat. Keyin ACC chorak avtomobil modellari deb ataladi, bu erda qayd etilgan yagona tana tezlashishi z o'qidagi vertikal tezlanishdir. Vertikal tezlashuv, aslida, har qanday holatda ham haydash sifatini belgilashi mumkin, bu ikkilamchi jihatlar sifatida qaraladigan lateral va aylanish harakatlaridir.

Osma ish joyi (SWS). G'ildirakning tanaga siljishining RMS qiymati sifatida belgilangan bu parametr uning statik holatiga nisbatan siljishning o'zgarishini o'lchaydi. Ushbu parametrning ahamiyati bir necha sabablarga bog'liq.

Eng muhimlari quyidagilardir:

Qadoqlash va joylashtirish cheklovlari. Bo'sh joy mavjudligi odatda juda cheklangan, chunki maksimal to'xtatib turish ish safari uchun cheklov.

## XULOSA

Yon tebranishlar. Harakat qanchalik ko'p bo'lsa, yon tebranishlar bilan bog'liq kiruvchi muammolar bilan yon egiluvchanlik shunchalik ko'p bo'ladi. Shu sababli, McPherson tirgagi kabi osmada yuqori osma ish harakati amortizator gisterezisi muammolarini keltirib chiqarishi mumkin, chunki amortizator stendining kattaroq moment bilan qistirmaga o'tishi, natijada kattaroq ishqalanish va moy muhrining mumkin bo'lgan muammolari ham kuchayadi, amortizator ustunining eskirishi tufayli qulaylik yomonlashadi.

Kuzov harakati. Qabul qilingan model 2 dof bo'lsa ham, SWS osma rezina to'xtash joyiga tegishidan oldin kattaroq qadam va aylanish burchaklarini anglatadi. Aslida, osma to'xtash joylari faqat o'ta og'ir vaziyatlarda (chuqurlik, yo'l va boshqalar kabi) aloqa qilishi kerak, keyin osma siljishi oldindan belgilangan chegaralar ichida qolishi kerak. Aytish kerakki, aslida osmaning geometriyasi, keyin esa g'ildirak tezligi kuzov harakatlarini boshqarishda asosiy rol o'ynaydi.

Shinalarning dinamik yuki (DTL). Statik qiymatga nisbatan shinalar yuki o'zgarishining RMS qiymati sifatida belgilangan bu parametr yo'lni ushlab turish qobiliyatining o'lchovi sifatida ko'rib chiqilishi mumkin, chunki shinalar yukining o'zgarishi o'zgaruvchan kontakt uzunligi va yon yoki tormoz kuchining aniq qisqarishiga olib keladi.

Kombinatsiyalangan tuzilmaning o'zgarmas xususiyati yorilish massasi va amortizator harakatlarini birlashtiradi. Amortizatorning og'irligini oshirish orqali yorilish massasining tebranishlarini bostirish mumkin. Biroq, katta vazn tebranishlarni bostirishda yuqori samaradorlikni anglatmaydi. Demak, dizayn cheklovlari va ish samaradorligini hisobga olgan holda amortizatorning to'g'ri og'irligi tanlanishi kerak.

#### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI**

1. Shida Nie, Ye Zhuang, Fam Chen et al. A method to eliminate unsprung adverse effect of in-wheel motor-driven vehicles // Low frequency noise, vibration and active control. 2018, vol.37 (4). –P955-976
2. M.Palermo. Effects of a large unsprung mass on the ride comfort of a lightweight fuel-cell urban vehicle // Doctor of science thesis. 2009, -P14