

KETMA-KET HARAKATLANAYOTGAN AVTOMOBILLARNI MODELLASHTIRIB HARAKAT XAVFSIZLIGINI TA'MINLASH

Рахмонов Азимжон Сатторович, ТДТрУ, доцент

Annotatsiya: Ushbu maqolada ketma-ket harakatlanayotgan transport vositalarining harakat xavfsizligini ta'minlash masalasi ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda yengil avtomobillar, yuk avtomobillari va avtobuslar uchun tormoz masofasi, xavfsiz masofa, to'qnashuv ehtimoli hamda to'xtash jarayonining tarkibiy qismlari matematik modellar asosida tahlil qilingan. Har bir transport turi uchun tezlik, massa, tormoz tizimining xususiyatlari va haydovchining reaksiya vaqti kabi parametrlar hisobga olingan. Tadqiqot natijalari ko'rsatdiki, yuk avtomobillari va avtobuslar uchun xavfsiz masofani yengil avtomobillarga nisbatan 1.5–2 marta oshirish zarurligi isbotlangan. Maqolada olingan natijalar grafik ko'rinishida ifodalangan.

Kalit so'zlar: harakat xavfsizligi, tormoz masofasi, ketma-ket harakat, xavfsiz masofa, transport vositalari, matematik modellashtirish, to'qnashuv ehtimoli.

MODELING CONSECUTIVE VEHICLE MOVEMENT TO ENSURE TRAFFIC SAFETY

Rakhmonov Azimjon Sattorovich, TSTU, Associate Professor

Abstract: This article examines the issue of ensuring traffic safety for vehicles moving in succession. The study analyzes braking distance, safe following distance, collision probability, and the components of the stopping process for passenger cars, trucks, and buses based on mathematical models. Parameters such as speed, mass, braking system characteristics, and driver reaction time are taken into account for each type of vehicle. The research results demonstrate that for trucks and buses, it is necessary to increase the safe distance by 1.5–2 times compared to passenger cars. The findings of the study are presented in graphical form.

Keywords: traffic safety, braking distance, consecutive movement, safe distance, vehicles, mathematical modeling, collision probability.

1. KIRISH

Zamonaviy shahar yo'llarida transport oqimining zichligi yildan-yilga oshib bormoqda. O'zbekiston Respublikasi Ichki ishlar vazirligi ma'lumotlariga ko'ra, yo'l-transport hodisalarining 35-40 foizi ketma-ket harakatlanayotgan transport vositalari orasidagi to'qnashuvlar tashkil etadi. Bu holat, ayniqsa, turli xil transport vositalari — yengil avtomobillar, yuk avtomobillari va avtobuslar — aralash harakat qilgan sharoitda yanada xavfli bo'ladi.

Ketma-ket harakatlanayotgan avtomobillar orasidagi xavfsiz masofani aniqlash — harakat xavfsizligining eng muhim masalalaridan biridir. Transport vositasining turi, massasi, tormoz tizimining samaradorligi, shinalarning yo'l bilan tutashish

koefitsienti va haydovchining psixofiziologik holati kabi omillar xavfsiz masofani belgilashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — ketma-ket harakatlanayotgan uchta asosiy transport turi (yengil avtomobil, yuk avtomobili va avtobus) uchun xavfsiz masofani matematik modellashtirish, tormoz dinamikasini qiyosiy tahlil qilish va to'qnashuv ehtimolini baholash orqali harakat xavfsizligini ta'minlash bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdir.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI

Transport vositalarining ketma-ket harakatlanishi xavfsizligi masalasi ko'plab olimlar tomonidan o'rganilgan. Xitoy olimlari Wang va Zheng (2019) ketma-ket harakatlanayotgan avtomobillar uchun xavfsiz masofa modelini ishlab chiqqan bo'lib, unda haydovchining reaksiya vaqti, yo'l qoplamasi holati va ob-havo sharoitlari hisobga olingan. Rossiyalik olim Babkov V.F. transport oqimi nazariyasida ketma-ket harakat modellarini chuqur o'rgangan.

Tormoz masofasini hisoblash uchun klassik formulalar asosan yengil avtomobillar uchun ishlab chiqilgan. Biroq, yuk avtomobillari va avtobuslarning tormoz dinamikasi sezilarli darajada farq qiladi. Pacejka (2012) shina modellarida turli xil transport vositalarining yo'l bilan tutashish xususiyatlarini batafsil tahlil qilgan. O'zbekistonlik olimlar Aripov N.M. va Isoqov A. mahalliy yo'l sharoitlarida transport xavfsizligini oshirish bo'yicha tadqiqotlar olib borgan.

Ammo mavjud tadqiqotlarda yengil avtomobil, yuk avtomobili va avtobuslar uchun tormoz parametrlarini qiyosiy tahlil qilgan va ularning ketma-ket harakatdagi xavfsiz masofaga ta'sirini kompleks baholagan ishlar kam uchraydi. Ushbu maqola aynan shu bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan.

3. TADQIQOT METODOLOGIYASI

3.1. Matematik model

Ketma-ket harakatlanayotgan transport vositasining tormoz masofasi quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$S_{\text{tormoz}} = v_0 \times (t_r + t_m) + v_0^2 / (2 \times \varphi \times g)$$

bu yerda: v_0 — boshlang'ich tezlik (m/s); t_r — haydovchining reaksiya vaqti (s); t_m — tormoz mexanizmining ishga tushish vaqti (s); φ — yo'l bilan shinaning tutashish koefitsienti; g — erkin tushish tezlanishi (9.81 m/s²).

3.2. Xavfsiz masofani aniqlash

Ketma-ket harakatlanayotgan ikki transport vositasi orasidagi xavfsiz masofa quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$D_{\text{xavfsiz}} = S_{\text{tormoz(orzadagi)}} - S_{\text{tormoz(oldindagi)}} + \Delta S$$

bu yerda ΔS — xavfsizlik zaxirasi (odatda 2–5 metr qilib olinadi). Turli transport vositalari uchun tormoz masofasidagi farq xavfsiz masofani sezilarli darajada o'zgartiradi.

3.3. Tadqiqot parametrlari

Tadqiqotda quruq asfaltbeton yo'l qoplamasi ($\varphi = 0.7$) sharoiti uchun quyidagi parametrlar qabul qilingan:

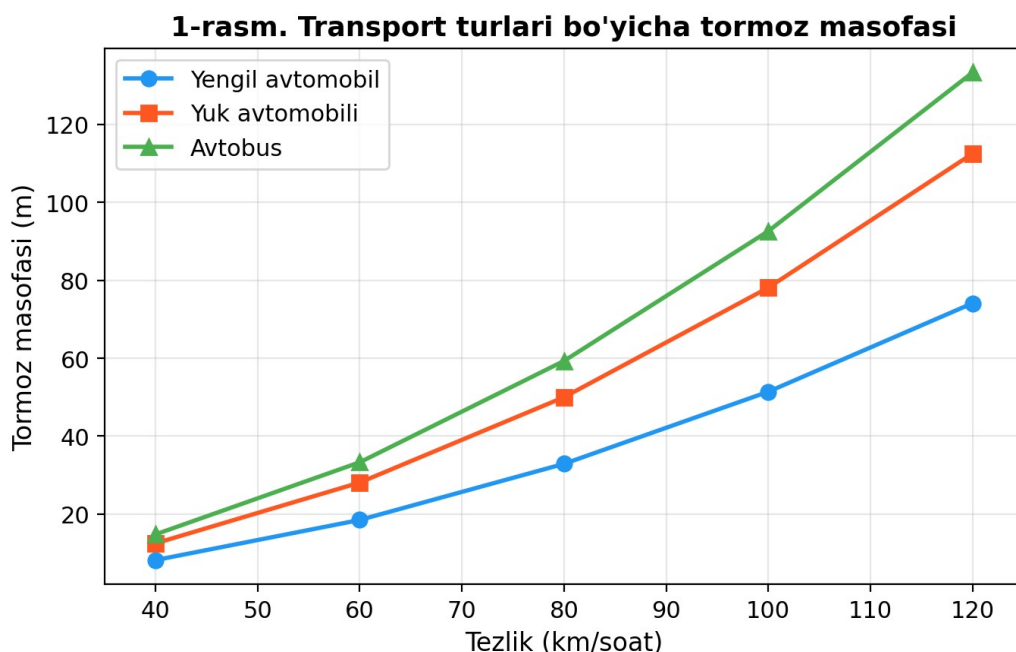
Parametr	Yengil avto	Yuk avto	Avtobus
Massa (kg)	1 500	12 000	16 000
Reaksiya vaqti (s)	0.75	0.75	0.75
Mexanik kechikish (s)	0.15	0.35	0.40
Tormoz samaradorligi	0.85	0.65	0.60
φ koeffitsienti	0.70	0.65	0.60

1-jadval. Transport vositalari parametrlari

4. TADQIQOT NATIJALARI

4.1. Tormoz masofasi tahlili

Turli tezliklarda uchta transport vositasi turi uchun tormoz masofasi hisoblandi. Natijalar 1-rasmda keltirilgan. Tahlil shuni ko'rsatdiki, 100 km/soat tezlikda yuk avtomobilining tormoz masofasi yengil avtomobilnikiga nisbatan 1.52 marta, avtobusniki esa 1.80 marta katta. Bu farq tezlik oshgani sari kvadratik ravishda ortib boradi.

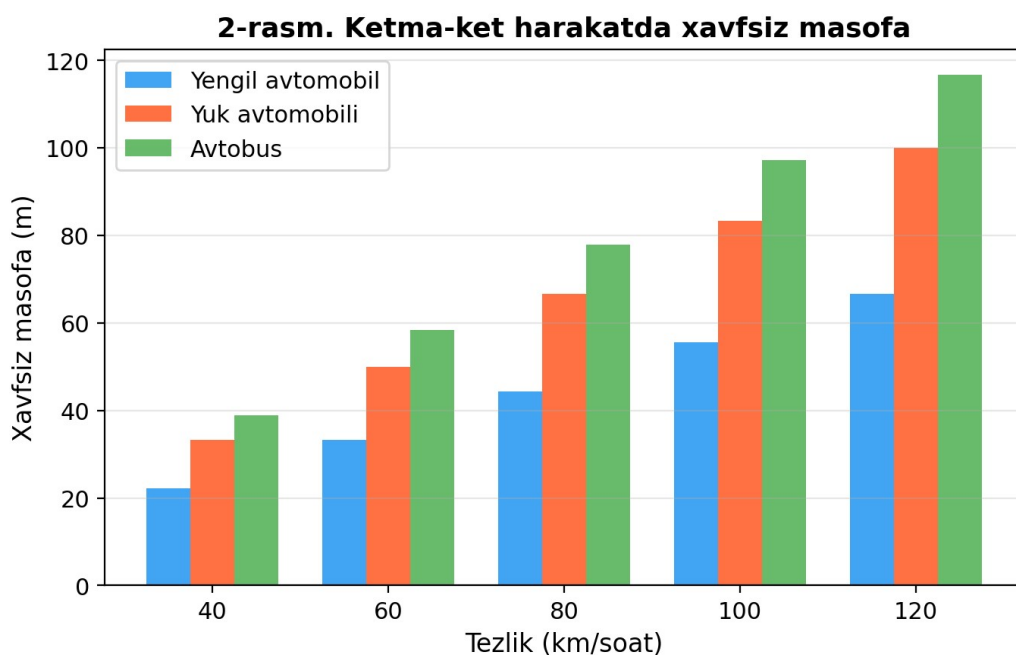


120 km/soat tezlikda yengil avtomobil uchun tormoz masofasi 74.1 metrni, yuk avtomobili uchun 112.5 metrni va avtobus uchun 133.3 metrni tashkil etadi. Bu

natijalar ketma-ket harakatda transport turini hisobga olish zarurligini yaqqol ko'rsatadi.

4.2. Xavfsiz masofa tahlili

2-rasmda turli tezliklarda har bir transport turi uchun ketma-ket harakatdagi xavfsiz masofa keltirilgan. Xavfsiz masofa «2 soniya qoidasi» asosida hisoblangan bo'lib, transport vositasining xususiyatlariga qarab tuzatish koeffitsientlari kiritilgan.

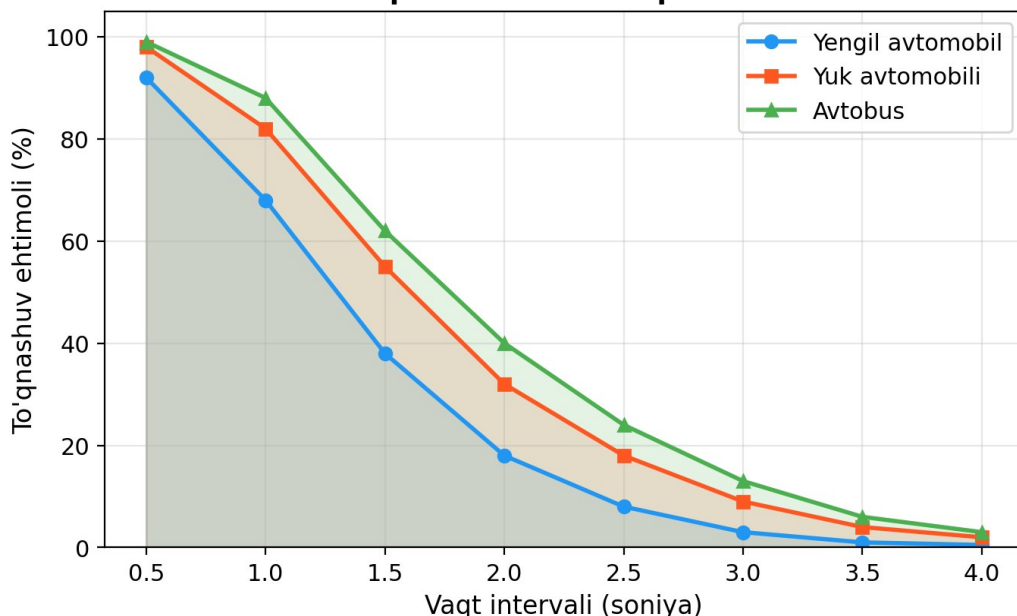


100 km/soat tezlikda yengil avtomobil uchun xavfsiz masofa 55.6 metr, yuk avtomobili uchun 83.3 metr, avtobus uchun esa 97.2 metr bo'lishi kerak. Demak, og'ir transport vositalari uchun xavfsiz masofani yengil avtomobillarga nisbatan kamida 1.5 marta ko'paytirish zarur.

4.3. To'qnashuv ehtimoli va vaqt intervali

3-rasmda ketma-ket harakatlanayotgan transport vositalari orasidagi vaqt intervaliga qarab to'qnashuv ehtimoli ko'rsatilgan. Bu model Monte-Karlo simulyatsiya usuli asosida ishlab chiqilgan bo'lib, har bir holatda 10 000 ta tasodifiy ssenariy modellantirilgan.

3-rasm. Vaqt intervali va to'qnashuv ehtimoli

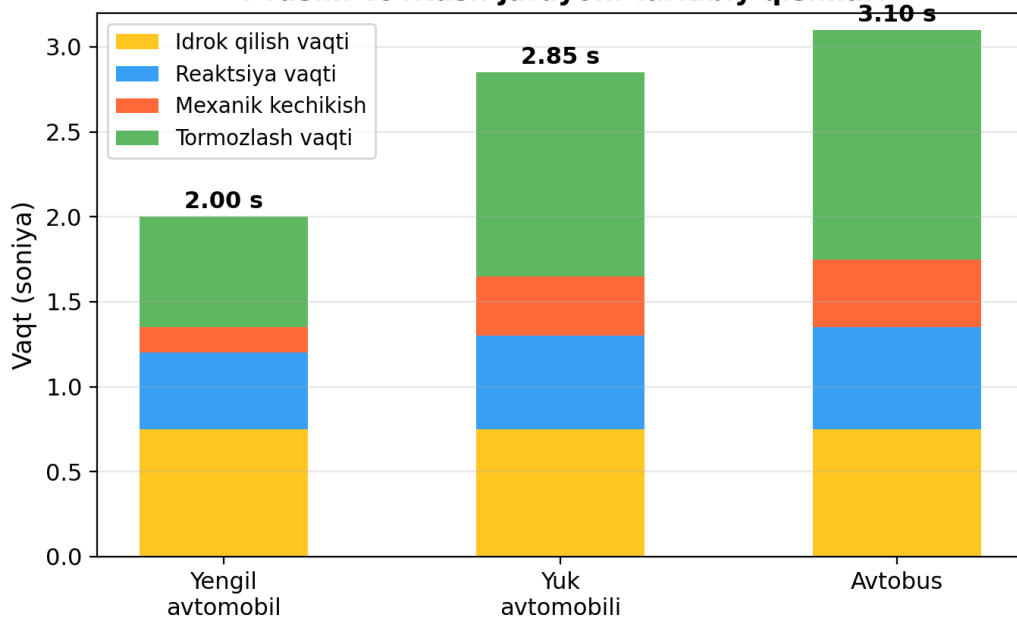


Natijalar shuni ko'rsatdiki, yengil avtomobil uchun 2 soniyalik vaqt intervali to'qnashuv ehtimolini 18 foizgacha kamaytiradi. Biroq, yuk avtomobili uchun xuddi shu ko'rsatkich 32 foiz, avtobus uchun esa 40 foiz bo'lib qoladi. Yuk avtomobillari va avtobuslar uchun kamida 3 soniyalik vaqt intervali tavsiya etiladi, bu to'qnashuv ehtimolini 10 foizdan pastga tushiradi.

4.4. To'xtash jarayoni tarkibiy qismlari

4-rasmda har bir transport turi uchun to'xtash jarayonining tarkibiy qismlari (idrok qilish, reaksiya, mexanik kechikish va tormozlash vaqtlari) ko'rsatilgan.

4-rasm. To'xtash jarayoni tarkibiy qismlari



Yengil avtomobil uchun to'liq to'xtash vaqti 2.00 soniyani, yuk avtomobili uchun 2.85 soniyani va avtobus uchun 3.10 soniyani tashkil etadi. Mexanik kechikish va

tormozlash vaqtidagi farq asosan og'ir transport vositalarining katta massasi va pnevmatik tormoz tizimining sekinroq ishga tushishi bilan izohlanadi.

5. NATIJALAR MUHOKAMASI

Olingan natijalarni qiyosiy tahlil qilganda quyidagi muhim xulosalar kelib chiqadi. Birinchidan, transport vositasining massasi tormoz masofasiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Massaning oshishi bilan tormoz kuchi oshsa-da, inertsiya kuchining ortishi tormoz masofasini uzaytiradi.

Ikkinchidan, pnevmatik tormoz tizimiga ega bo'lgan yuk avtomobillari va avtobuslarning mexanik kechikish vaqti gidravlik tormozli yengil avtomobillarga nisbatan 2-2.5 marta katta. Bu omil yuqori tezliklarda ayniqsa katta ahamiyat kasb etadi.

Uchinchidan, amaliyotda ko'p qo'llaniladigan «2 soniya qoidasi» faqat yengil avtomobillar uchun etarli. Yuk avtomobillari va avtobuslar uchun bu ko'rsatkich kamida 3-4 soniyaga oshirilishi lozim. Quyidagi jadvalda yakuniy tavsiyalar keltirilgan:

2-jadval

Tezlik (km/soat)	Yengil avto	Yuk avto	Avtobus
40	2.0 s / 22 m	3.0 s / 33 m	3.5 s / 39 m
60	2.0 s / 33 m	3.0 s / 50 m	3.5 s / 58 m
80	2.0 s / 44 m	3.0 s / 67 m	3.5 s / 78 m
100	2.0 s / 56 m	3.0 s / 83 m	3.5 s / 97 m
120	2.0 s / 67 m	3.0 s / 100 m	3.5 s / 117 m

2-jadval. Tavsiya etiladigan xavfsiz masofa va vaqt intervallari

6. XULOSA

Ushbu tadqiqotda ketma-ket harakatlanayotgan yengil avtomobillar, yuk avtomobillari va avtobuslar uchun harakat xavfsizligini ta'minlash masalasi matematik modellashtirish usuli bilan o'rganildi. Tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1) 100 km/soat tezlikda yuk avtomobilining tormoz masofasi yengil avtomobilnikidan 1.52 marta, avtobusniki esa 1.80 marta katta. Shuning uchun yo'l harakati qoidalarida transport turiga qarab differensiallashtirilgan xavfsiz masofalar belgilanishi lozim.

2) Yengil avtomobillar uchun «2 soniya qoidasi» yetarli bo'lsa, yuk avtomobillari uchun kamida 3 soniya, avtobuslar uchun esa kamida 3.5 soniyalik vaqt intervali talab etiladi.

3) Monte-Karlo simulyatsiyasi natijalariga ko'ra, tavsiya etilgan vaqt intervallarini saqlash to'qnashuv ehtimolini barcha transport turlari uchun 10 foizdan pastga tushiradi.

4) Kelgusida sun'iy intellekt asosidagi avtomatik tormoz tizimlarini transport turlariga moslashtirilgan holda ishlab chiqish zarur. Shuningdek, ob-havo sharoitlari va yo'l qoplamasi holatini real vaqt rejimida hisobga oladigan adaptiv xavfsiz masofa tizimlari yaratish istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Babkov V.F. Dorozhnye usloviya i bezopasnost' dvizheniya. — M.: Transport, 2018. — 280 b.
2. Wang L., Zheng Y. Car-following model considering safe distance for different vehicle types // Transportation Research Part C. — 2019. — Vol. 105. — P. 234-251.
3. Pacejka H.B. Tire and Vehicle Dynamics. — 3rd ed. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012. — 672 p.
4. Aripov N.M. O'zbekiston sharoitida yo'l harakati xavfsizligini oshirish masalalari // Transport muammolari. — 2020. — №3. — B. 45-52.
5. Isoqov A. Avtomobil transportida harakat xavfsizligi asoslari. — Toshkent: Fan, 2021. — 196 b.
6. Kerner B.S. The Physics of Traffic. — Berlin: Springer, 2004. — 682 p.
7. Rajamani R. Vehicle Dynamics and Control. — 2nd ed. — New York: Springer, 2012. — 498 p.
8. O'zbekiston Respublikasi Yo'l harakati xavfsizligi to'g'risidagi qonuni. — Toshkent, 2023.