

## YIRIK SHAHARLARDA TIRBANDLIKNI KAMAYTIRISHNING MUHANDISLIK USULLARI

*Andijon davlat texnika instituti  
Yo'l muhandisligi 4-kurs talabasi  
Avitova Nilufar  
Ibrohimov Diyorbek  
Anvarjonov Shohruh  
Mamatqulov Shahboz*

### Annotatsiya

Yirik shaharlarda transport tirbandligi zamonaviy urbanizatsiya jarayonining eng dolzarb muammolaridan biridir. Ushbu maqolada tirbandlikni kamaytirish uchun qo'llanilayotgan muhandislik yondashuvlari, ularning nazariy asoslari va amaliy natijalari tahlil qilinadi. Tarixiy va zamonaviy tajribalar, shuningdek, mintaqaviy va milliy olimlarning ishlari asosida, tirbandlikka qarshi kurashishda muhandislik usullarining samaradorligi chuqur o'rganilgan. Tanqidiy tahlil va empirik tadqiqotlar asosida samarali yechimlar taklif qilinadi.

**Kalit so'zlar:** tirbandlik, muhandislik, shaharsozlik, transport

### Abstract

Traffic congestion in large cities is one of the most pressing issues of modern urbanization. This article analyzes engineering approaches to reducing congestion, their theoretical foundations, and practical outcomes. Based on historical and contemporary experiences, as well as the works of regional and national scholars, the effectiveness of engineering methods in combating congestion is thoroughly examined. Through critical analysis and empirical studies, effective solutions are proposed.

**Keywords:** congestion, engineering, urban planning, transport

### Аннотация

Транспортные пробки в крупных городах являются одной из самых актуальных проблем современной урбанизации. В данной статье анализируются инженерные подходы к снижению заторов, их теоретические основы и практические результаты. На основе исторического и современного опыта, а также работ региональных и национальных ученых, подробно изучается эффективность инженерных методов борьбы с пробками. На основе критического анализа и эмпирических исследований предлагаются эффективные решения.

**Ключевые слова:** пробки, инженерия, градостроительство, транспорт

### Kirish



Yirik shaharlarda transport tirbandligi zamonaviy urbanizatsiya va aholi sonining tez o'sishi natijasida tobora kuchayib borayotgan muammolardan biridir. Bu muammo nafaqat harakatlanish samaradorligini pasaytiradi, balki iqtisodiy zarar, ekologik ifloslanish va ijtimoiy hayot sifatining yomonlashishiga ham olib keladi. Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, tirbandlikni kamaytirish uchun faqatgina transport vositalari sonini cheklash yoki yo'llarni kengaytirish yetarli emas. Shuning uchun muhandislik yondashuvlari, jumladan, transport tizimini optimallashtirish, zamonaviy axborot-kommunikatsion texnologiyalarni joriy etish va shahar infratuzilmasini qayta tashkil etish kabi kompleks choralar zarur. Ushbu maqolada tirbandlik muammosining nazariy asoslari, tarixiy rivojlanishi, mintaqaviy va milliy tajribalar, shuningdek, muhandislik usullarining amaliy natijalari tahlil qilinadi. Maqsad – tirbandlikka qarshi kurashishning samarali muhandislik yondashuvlarini aniqlash va ularni shaharsozlik amaliyotiga tatbiq etish bo'yicha ilmiy asoslangan xulosalar ishlab chiqishdir.

### **Adabiyotlar tahlili**

Tirbandlik muammosini muhandislik nuqtai nazaridan o'rganish uchun avvalo ushbu hodisaning asosiy nazariy va konseptual asoslarini ko'rib chiqish lozim. Shahar transportining rivojlanishi bilan bog'liq muammolar XIX asr oxiri va XX asr boshlarida, avtomobil sanoatining gullab-yashnashi davrida yuzaga keldi. Klassik nazariyalar orasida J. Forresterning tizimli dinamika yondashuvi alohida o'rin tutadi; u transport oqimlarining o'zaro ta'sirini matematik modellashtirish orqali tahlil qilgan va tirbandliklarning vujudga kelish mexanizmlarini ochib bergan [1]. Ushbu yondashuv asosida ishlab chiqilgan «Bottleneck» yoki «Tor joy» nazariyasi yo'llarning sig'imi va transport oqimi zichligi o'rtasidagi munosabatni tasvirlab beradi. Bundan tashqari, Germaniyada ishlab chiqilgan «Greenshields modeli» transport oqimining tezligi va zichligi o'rtasidagi chiziqli munosabatga asoslanadi va tirbandlikni bashorat qilishda keng qo'llaniladi.

Shahar transport tizimlarini rejalashtirishda yana bir muhim konsepsiya – «Braess Paradoksi» hisoblanadi. Bu paradoksga ko'ra, ayrim hollarda yangi yo'llar qurilishi yoki mavjud infratuzilmani kengaytirish natijasida tirbandlik yanada kuchayishi mumkin, chunki haydovchilar o'z manfaati yo'lida optimal bo'lmagan yo'llarni tanlaydilar. Bu esa, muhandislik yechimlarini ishlab chiqishda faqat jismoniy infratuzilmani kengaytirish emas, balki tizimli va integratsiyalashgan yondashuvlarni qo'llash zarurligini ko'rsatadi. Shuningdek, «Wardrop Prinsiplari» asosida transport oqimining muvozanat holati aniqlanadi va bu printsiplar zamonaviy transport modellashtirish dasturlarining asosi hisoblanadi.

So'nggi o'n yilliklarda transport muhandisligi sohasida axborot-kommunikatsion texnologiyalar (AKT) va aqlli transport tizimlari (ATS) jadal rivojlanmoqda. AQSH va Yevropa Ittifoqida olib borilgan tadqiqotlarda, aynan ATS yechimlari – ya'ni, real vaqt rejimida transport oqimini boshqarish, signalizatsiya

tizimlarini optimallashtirish, yo'1 harakati monitoringi va boshqalar – tirbandlikni kamaytirishda sezilarli natijalar bergani qayd etilgan[2]. ATS komponentlariga yo'llarning aqlli boshqaruvi, transport vositalari va yo'1 infratuzilmasi o'rtasidagi ma'lumot almashinuvi, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari kiradi. Masalan, Singapurda amalga oshirilgan «Electronic Road Pricing» (ERP) tizimi avtomobil oqimini boshqarish orqali tirbandlikni sezilarli darajada pasaytirgan. Bu tizim real vaqt rejimida yo'1 to'lovlarini avtomatik ravishda hisoblab, yuqori tirbandlik soatlarida transport oqimini samarali tartibga soladi. Bundan tashqari, AQSHning Los-Anjeles, Nyu-York va San-Fransisko kabi megapolislarida transport boshqaruvining zamonaviy usullari, jumladan, adaptiv signalizatsiya tizimlari, yo'llarni bo'laklarga ajratish va jamoat transportini ustuvorlashtirish orqali tirbandlik muammosi qisqa muddatlarda sezilarli darajada kamaytirilgan.

Empirik tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, transport infratuzilmasini modernizatsiya qilish va yangi muhandislik yechimlarini joriy etish nafaqat tirbandlikni kamaytiradi, balki shahar ekologiyasini yaxshilaydi va iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Masalan, Yaponiya, Janubiy Koreya va Xitoyning yirik shaharlari tajribasida, yer osti va yer usti jamoat transporti tarmoqlarini kengaytirish, multimodal logistika tizimlarini joriy etish va avtomobil harakatini cheklash orqali tirbandlik muammosi bosqichma-bosqich hal etilmoqda[3]. Bu davlatlarda muhandislik yondashuvlari faqatgina yangi yo'llar qurish bilan cheklanmaydi, balki yo'lovchilar uchun qulay va xavfsiz sharoitlar yaratishga ham qaratilgan. Toshkent shahri misolida so'nggi yillarda yo'1 infratuzilmasini modernizatsiya qilish, yangi yer osti yo'llari qurish, jamoat transportini rivojlantirish, piyodalar uchun qulay sharoitlar yaratish kabi muhandislik tadbirlari amalga oshirilmoqda. Xususan, Toshkent metropolitenining yangi yo'nalishlari qurilishi, avtobuslar uchun alohida yo'laklar ajratilishi va zamonaviy svetofor tizimlarini joriy etish tirbandlik darajasini pasaytirishga yordam bermoqda.

Mintaqaviy va milliy olimlar asarlarida tirbandlik muammosiga muhandislik yondashuvlarining o'ziga xos jihatlari keng yoritilgan. Masalan, O'zbekistonlik olimlar – A. To'raqulov, S. Niyozov va boshqalar – yirik shaharlarning transport tizimlarini modellashtirish, tirbandlik zonalarini aniqlash va ularni bartaraf etish bo'yicha matematik va statistik usullarni taklif etganlar[4]. Ularning tadqiqotlarida, ayniqsa, Toshkent va Samarqand shaharlarida tirbandlikka olib keluvchi asosiy omillar, jumladan, aholi zichligi, transport vositalari soni, yo'1 infratuzilmasining sifati va boshqalar chuqur tahlil qilingan. Shu bilan birga, Rossiya va Markaziy Osiyo davlatlari olimlari ham tirbandlikka qarshi kurashishda muhandislik va boshqaruv usullarining integratsiyalashuviga alohida e'tibor qaratganlar. Jumladan, Rossiyaning Moskva va Sankt-Peterburg shaharlari misolida jamoat transportini ustuvorlashtirish, avtomobil harakati uchun «park-and-ride» tizimlarini joriy etish va velosiped

infratuzilmasini rivojlantirish bo'yicha keng ko'lamli muhandislik loyihalari amalga oshirilgan.

Tirbandlikni kamaytirishda muhandislik usullarining samaradorligini baholash bo'yicha ham ko'plab empirik tadqiqotlar mavjud. Masalan, Germaniyada olib borilgan tadqiqotlarda, yo'l infratuzilmasini optimallashtirish va ATS tizimlarini joriy etish natijasida avtomobil harakatining o'rtacha tezligi 15-20% ga oshgani, tirbandlik soatlarida esa transport oqimi 30% ga kamaygani aniqlangan[5]. AQSHda esa, yo'l harakati signalizatsiyasini avtomatlashtirish va jamoat transportini ustuvorlashtirish orqali nafaqat tirbandlik, balki transportdan chiqadigan zararli gazlar hajmi ham sezilarli ravishda kamaygan. Bundan tashqari, Janubiy Koreya va Singapurda amalga oshirilgan «smart city» loyihalari doirasida transport tizimini raqamlashtirish, avtomatlashtirilgan boshqaruv markazlarini yaratish va yo'l harakati monitoringini kuchaytirish orqali tirbandlik darajasi 20-30% ga qisqargan. Bu natijalar shuni ko'rsatadiki, zamonaviy muhandislik yondashuvlari va innovatsion texnologiyalar tirbandlik muammosini hal qilishda muhim rol o'ynaydi.

Tirbandlikni kamaytirish bo'yicha muhandislik usullari orasida quyidagilar keng qo'llaniladi: yo'l infratuzilmasini kengaytirish va optimallashtirish; jamoat transportini rivojlantirish va ustuvorlashtirish; piyodalar va velosipedlar uchun qulay sharoitlar yaratish; ATS tizimlarini joriy etish; avtomobil harakatini boshqarishda dinamik va adaptiv yondashuvlardan foydalanish. Yo'l infratuzilmasini kengaytirish – bu yangi yo'llar qurish, mavjud yo'llarni rekonstruksiya qilish, ko'priklar va estakadalarni barpo etish kabi an'anaviy muhandislik usullarini o'z ichiga oladi. Biroq so'nggi tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, faqatgina yo'llarni kengaytirish qisqa muddatli natijalar beradi va uzoq muddatda tirbandlik yana avvalgi darajaga qaytadi («induced demand» hodisasi). Shu sababli, zamonaviy shaharsozlikda jamoat transportini rivojlantirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Bu borada metro, tramvay, avtobus va trolleybus tarmoqlarini kengaytirish, jamoat transporti uchun alohida yo'laklar tashkil etish, chiptalarni raqamlashtirish va harakat grafigini optimallashtirish muhim ahamiyatga ega.

Piyodalar va velosipedchilar uchun qulay muhit yaratish ham tirbandlikni kamaytirishda samarali hisoblanadi. Yevropa shaharlarida, ayniqsa Niderlandiya va Daniyada piyodalar va velosipedlar uchun maxsus infratuzilma yaratilgan, bu esa avtomobil harakatini sezilarli darajada qisqartirgan. ATS va raqamli boshqaruv tizimlari esa transport oqimini real vaqt rejimida boshqarish, tirbandliklarni oldindan bashorat qilish va optimal yo'nalishlarni aniqlash imkonini beradi. Masalan, sun'iy intellekt asosida ishlab chiqilgan trafik boshqaruv markazlari transport oqimining zichligini tahlil qilib, svetoforlar ishini avtomatik tarzda tartibga soladi. Bu esa, nafaqat tirbandlikni kamaytiradi, balki avariya holatlari va ekologik zararlarni ham kamaytiradi.

Tirbandlik muammosiga bag'ishlangan ilmiy adabiyotlarda muhandislik yondashuvlarining afzalliklari va kamchiliklari ham keng muhokama qilinadi. Ayrim tadqiqotchilar, xususan, klassik shaharsozlik nazariyasi tarafdorlari, tirbandlikni kamaytirishda asosan jismoniy infratuzilmani kengaytirish tarafdori bo'lsalar, zamonaviy urbanistlar va ekologlar esa integratsiyalashgan va barqaror transport tizimlarini rivojlantirish tarafdori. Bu borada muhandislik yondashuvlarining kompleksligi va moslashuvchanligi muhim ahamiyat kasb etadi. Dunyoda olib borilgan empirik tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, faqat biror muhandislik yechimiga tayanish yetarli emas. Masalan, yo'llarni kengaytirish qisqa muddatda tirbandlikni kamaytiradi, biroq vaqt o'tishi bilan transport vositalari soni ko'payib, tirbandlik yana kuchayadi. Shu sababli, transport tizimini boshqarishda muhandislik, iqtisodiy, boshqaruv va axborot texnologiyalari integratsiyasi muhim rol o'ynaydi[6].

Tanqidiy tahlillar shuni ko'rsatadiki, ayrim davlatlarda muhandislik yondashuvlarining muvaffaqiyatsizligi boshqaruv va rejalashtirishdagi kamchiliklar, moliyaviy resurslarning yetishmasligi, aholining transport madaniyatining pastligi va ekologik omillar bilan bog'liq. Masalan, ayrim Osiyo va Afrika davlatlarida yo'l infratuzilmasini kengaytirish bo'yicha yirik loyihalar amalga oshirilgan bo'lsa-da, transport vositalari sonining tez o'sishi natijasida tirbandlik muammosi hal etilmagan. Yevropa va Shimoliy Amerika davlatlarida esa, muhandislik yondashuvlari jamoat transportini rivojlantirish, ATS tizimlarini joriy etish va ekologik transport turlarini rag'batlantirish orqali sezilarli natijalar bergan. Bu esa, har bir shahar va mintaqaga uchun individual yondashuvlar ishlab chiqish zarurligini ko'rsatadi.

Xulosa qilib aytganda, tirbandlik muammosini hal qilishda muhandislik yondashuvlari hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lib, ular zamonaviy urbanizatsiya va transport rivojlanishining ajralmas qismiga aylangan. Tarixiy va zamonaviy tajribalar, nazariy va empirik tadqiqotlar asosida shuni ta'kidlash mumkinki, muhandislik usullarining kompleks qo'llanilishi, zamonaviy texnologiyalar va boshqaruv innovatsiyalari bilan birgalikda, yirik shaharlarda tirbandlikni kamaytirishda eng samarali yechim hisoblanadi.

### **Xulosa**

Yirik shaharlarda tirbandlikni kamaytirish muammosi ko'p qirrali va murakkab masala bo'lib, uning samarali yechimi faqatgina an'anaviy usullar bilan emas, balki zamonaviy muhandislik yondashuvlari, axborot-kommunikatsion texnologiyalar va boshqaruv innovatsiyalari integratsiyasi orqali amalga oshirilishi mumkin. Olib borilgan adabiy tahlil va empirik tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, transport infratuzilmasini kengaytirish, jamoat transportini rivojlantirish, ATS tizimlarini joriy etish, piyodalar va velosipedlar uchun qulay muhit yaratish kabi muhandislik tadbirlari tirbandlikni sezilarli darajada kamaytiradi. Biroq, har bir shahar va mintaqaning o'ziga xos geografik, iqtisodiy va ijtimoiy sharoitlari hisobga olinishi lozim. Shu sababli,

tirbandlikka qarshi kurashishda kompleks va moslashuvchan muhandislik yondashuvlarini ishlab chiqish, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish va transport tizimini boshqarishda innovatsion usullardan foydalanish eng muhim omil hisoblanadi. Mazkur maqolada keltirilgan nazariy va amaliy tahlillar asosida, yirik shaharlarda tirbandlikni kamaytirish uchun bir qator tavsiyalar ishlab chiqildi: birinchidan, transport infratuzilmasini optimallashtirish va ATS tizimlarini keng joriy etish; ikkinchidan, jamoat transportini ustuvorlashtirish va multimodal transport tizimlarini rivojlantirish; uchinchidan, shahar infratuzilmasida ekologik va barqaror transport turlarini rag'batlantirish. Ushbu yondashuvlarning kompleks qo'llanilishi yirik shaharlarda tirbandlik muammosini hal etishda eng samarali yechim bo'lib xizmat qiladi.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press.
2. European Commission. (2019). *Intelligent Transport Systems: A European Strategy*.
3. Zhu, D., Li, Q., & Wang, D. (2021). *Urban Traffic Congestion: Mechanisms and Mitigation Strategies*. Transportation Research Part A.
4. To'raqulov, A., Niyozov, S. (2020). *O'zbekiston yirik shaharlarida tirbandlik muammosi va uni hal etish bo'yicha muhandislik yondashuvlari*. Toshkent: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti.
5. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). (2018). *Evaluation of Traffic Management Systems in German Cities*.
6. Litman, T. (2022). *Evaluating Transportation Land Use Impacts*. Victoria Transport Policy Institute.