

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-february, 2026



engineer.tstu.uz

**ABDURAXMON ASIMOVICH ISHANXODJAYEV TAVALLUDINING
85 YILLIGIGA BAG‘ISHLANGAN
“TRANSPORT INSHOOTLARI: ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR,
SEYSMIK BARQARORLIK”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO‘PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti texnika fanlari doktori, professor, transport qurilishi sohasida taniqli olim, fan va texnika sohasidagi Abu Rayhon Beruniy nomli O‘zbekiston Davlat mukofoti laureati, “Shuxrat belgisi” ordeni, “Sharaflı mehnati uchun” medali, “Oliy talim fidoiysi”, Oliy talim alochisi”, “SSSR ixtirochisi”, “Yo‘l ustalarning ustozı”, “Seysmik xavfsizlik sohasi alochisi” ko‘krak nishonlari sohibi **Abduraxmon Asimovich Ishanxodjayev tavalludining 85 yilligiga bag‘ishlangan “Transport inshootlari: zamonaviy texnologiyalar, seysmik barqarorlik” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to‘plami chop etildi.**

Abduraxmon Asimovich 100 dan ortiq ilmiy asarlar, shu jumladan, 2 ta monografiya, 2 ta darslik, 18 ta chet elda chop etilgan ilmiy maqola va ishlab chiqarishga tadbıq etilgan 6 ta ixtiroga berilgan guvohnoma va patentlar muallifidir. Uning ilmiy maslahatchiligi va ilmiy rahbarligida 2 ta doktorlik, 8 ta nomzodlik va 4 ta texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajalariga dissertatsiyalar yoqlandi, ko‘p sonli ilmiy-tadqiqot mavzulari – fundamental va amaliy Ilmiy grantlar, yo‘l-ko‘prik qurilishi bo‘yicha Respublika va soha me‘yoriy hujjatlari yaratganlar.

Ishanxodjayev Abduraxmon Asimovich 1962 yilda Toshkent temir yo‘l muhandislari institutini “Sanoat va fuqaro qurilishi” mutaxassisligi bo‘yicha tugatib, bir yil O‘zbekiston suv xo‘jaligi Davlat loyiha instituti muhandisi, to‘rt yil “Toshshaxarqurilish Bosh Boshqarmasi” qurilish tashkilotlarida qurilish ustasi va ish bajaruvchi lavozimlarida ishladi. Shu davrda u hozirgi Respublika Prezidenti devoni binosi qurilishida ishtirok etdi, Toshkent viloyati Bo‘stonliq rayoni “Chimyon” dam olish zonasida tiklanayotgan “Quyoshli” pioner lager qurilishiga rahbarlik qildi. Nihoyat, u 5-yillik loyiha va ishlab chiqarish tajribasiga ega mutaxassis sifatida 1967-yil dekabrda O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi institutiga, ushbu institut direktori, o‘sha paytda fan nomzodi, keyinchalik akademik Tursunboy Rashidov ilmiy rahbarligida aspiranturaga kiradi va keyingi 20-yil davomida kichik va katta ilmiy hodim, laboratoriya mudiri lavozimlarida faoliyat ko‘rsatdi.

Shu davrda uning bevosita rahbarligi va ishtirokida O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi institutida dunyoda yagona “Metropolitanlar zilzilabardoshligi” laboratoriyasi tashkil etildi. Ushbu laboratoriya Toshkent metropoliteni Chilonzor metro yo‘lini noqulay grunt sharoitlari va yuqori seysmik zonada loyihalash va qurishda, metro qurilishi tajribasida birinchi bo‘lib yirik yig‘ma temirbeton elementlardan tiklanadigan yurish va bekat tonnellarining yangi, zilzilabardosh konstruksiyalari yaratish va tadbıq etishda faol qatnashdi. Toshkent metrosi Chilonzor yo‘lining qurilgan bo‘laklarida ulkan eksperimental tadqiqotlar o‘tkazildi, metro tajribasida birinchi bo‘lib muhandis-seysmometrik kuzatuvlar tashkil qilindi. Laboratoriya ilmiy xodimlari va izlanuvchilaridan 10 dan ortiq kishi nomzodlik va doktorlik dissertatsiyalari yoqladilar. Kafedrada bajarilgan ilmiy-tadqiqotlar natijalarining ishlab chiqarishga tadbıqidan hosil bo‘lgan katta miqdordagi iqtisodiy samara institut va O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi hisobotlarida qayd etildi.



Ustozimiz 30 yildan ortiq muddatda rahbarlik qilgan Toshkent avtomobil-yo'llar instituti "Ko'priklar va transport tonnolari" kafedrasida O'zbekiston Respublikasi, shuningdek, Osiyo, Afrika va Lotin Amerikasi mamlakatlari uchun ko'priksizlik bo'yicha oliy malumotli kadrlar tayyorladilar. Shuni qayd etish lozimki, professor Ishanxodjaev Abduraxmon Asimovich turli yillarda Tojikiston va Qirg'iziston Respublikalari hududlarida, Armaniston Respublikasining Spitak shahrida ro'y bergan kuchli zilzilalar oqibatlarini o'rganish va tahlil qilishda, sobiq Ittifoq Fanlar Akademiyasi prezidiumi qoshidagi seysmologiya va zilzilabardosh qurilish bo'yicha idoralararo kengash azosi sifatida faol ishtirok etdi. Keyingi yillarda u Toshkent shahri va Respublikada qurilayotgan ulkan transport inshootlari konstruksiyalari, shu jumladan Toshkent metropoliteni yer usti xalqa yo'li konstruksiyalarini ekspertiza qilish jarayonlarida ham bevosita ishtirok etdi.

Ishanxodjaev Abduraxmon Asimovich 50 yildan ortiq davrda ilmiy darajalar beruvchi ixtisoslashgan va ilmiy kengashlarning raisi, ilmiy kotibi, a'zosi va ushbu kengashlar qoshidagi ilmiy seminar raisi sifatida 300 dan ortiq mutaxassislarning doktorlik, nomzodlik va falsafa doktori ilmiy darajasini olish jarayonida qatnashdi. Hozirda u Toshkent Davlat Transport Universiteti huzuridagi doktorlik dissertatsiyalari himoyasi bo'yicha ilmiy kengash a'zosi va ushbu ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, O'zbekiston mexanika jamiyatining kengashi a'zosi, Sharof Rashidov nomli Samarqand Davlat universiteti va O'zbekiston Fanlar Akademiyasi seysmologiya instituti qoshidagi doktorlik dissertatsiyalari himoyasi bo'yicha ilmiy kengashlar a'zosi sifatida ilmiy darajadagi mutaxassislar tayyorlashda faol ishtirok etmoqdalar.

Mazkur ilmiy-amaliy konferensiyaning maqsadi transport qurilishi sohasida olib borilayotgan zamonaviy ilmiy tadqiqotlar yo'nalishlarini muhokama qilish, jumladan ko'priklar va tunnellar qurilishi, metropolitenlar, yuqori seysmik hududlarda transport obyektlarining ishonchliligi va seysmik mustahkamligi, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari, hamda innovatsion muhandislik yechimlari bo'yicha ilmiy natijalar almashuvini ta'minlashdan iboratdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

"Transport inshootlari: zamonaviy texnologiyalar, seysmik barqarorlik" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. Transport inshootlari uchun zamonaviy konstruktiv yechimlar va materiallar;
2. Ko'priklar hamda yo'l o'tkazgichlarni diagnostika qilish, ta'mirlash va mustahkamlash texnologiyalari;
3. Seysmik hududlarda transport inshootlarini loyihalash va ekspluatatsiya qilishdagi dolzarb masalalar;
4. Ilg'or xorijiy tajriba, innovatsion yondashuvlar va amaliy tavsiyalar.

Ushbu ilmiy-ma'rifiy to'plam Abduraxmon Asimovich Ishanxodjaevning tabarruk 85 yoshga to'lishi munosabati bilan nashr etilib, unda transport qurilishi sohasida faoliyat yuritayotgan yetakchi olimlar, professor-o'qituvchilar va malakali mutaxassislarning ilmiy izlanishlari jamlangan. To'plamda transport qurilishining dolzarb muammolari, zamonaviy muhandislik yechimlari, ilmiy-nazariy va amaliy tadqiqot natijalari yoritilib, ushbu sohaning bugungi holati va istiqboldagi rivojlanish yo'nalishlari aks ettirilgan. Mazkur nashr Abduraxmon Asimovichning transport qurilishi faniga qo'shgan ulkan hissasiga nisbatan chuqur hurmat va e'tirof ramzi sifatida tayyorlangan.



Oscillation of a prestressed span structure of a reinforced concrete railway bridge with mass in horizontal motion

I. Mirzaev¹^a, D.S. Askarova¹^b

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: This work examines the features of calculating the strength of reinforced concrete railway bridges with a moving load and a movable oscillator. The methods of finite elements and finite differences were used. When solving the problem of oscillations of a beam with distributed parameters under the action of a moving concentrated force and mass, "parasitic oscillations" are eliminated by choosing a step in time depending on the speed of the load's movement. As an example for moving cargo or mass, the mass of the Talgo locomotive was taken. Such a mass velocity has been determined that it is possible to use the model of the force moving with a lower velocity, otherwise the model of the oscillator must be adopted. With an increase in the horizontal velocity of the oscillator, the deflection of the beam increases, and the vertical oscillations of the mass also increase.

Keywords: reinforced concrete, beam, reinforcement, concentrated force, concentrated mass

Temirbeton temir yo'l ko'prigi oldindan zo'riqtirilgan oraliq qurilmasining gorizontal harakatidagi massa bilan birgalikdagi tebranishi

I. Mirzayev¹^a, D.S. Askarova¹^b

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu ishda temirbeton temir yo'l ko'priklarini qo'zg'aluvchan yuk va qo'zg'aluvchan ossillyatorlarda mustahkamlikka hisoblashning o'ziga xos xususiyatlari ko'rib chiqilgan. Chekli elementlar va chekli ayirmalar usullaridan foydalanilgan. Parametrlari taqsimlangan balkaning harakatlanuvchi to'plangan kuch va massa ta'siridagi tebranishlari masalasini sonli yechishda yukning harakat tezligiga bog'liq holda vaqt bo'yicha qadam tanlash bilan "parazit tebranishlar" yo'qotildi. Misol sifatida harakatlanuvchi yuk yoki massa uchun Talgo lokomotivi massasi qabul qilindi. Massaning shunday harakat tezligi aniqlangan bo'lib, undan past tezlikda harakatlanuvchi kuch modelidan foydalanish mumkin, aks holda ossillyator modeli qabul qilinishi shart. Ossillyatorning gorizontal tezligi ortishi bilan balkaning salqilligi ortadi, massaning vertikal tebranishlari ham ortadi.

Kalit so'zlar: temirbeton, balka, armatura, to'plangan kuch, to'plangan massa

1. Kirish

Transport vositalarining ko'prik bilan o'zaro ta'sirini hisobga olish poyezdlar o'tishida ko'prikning haqiqiy dinamik tebranishlarini hisoblashda muhim ahamiyatga ega bo'ladi [1].

Temirbeton elementlar asosan kichik va o'rta uzunlikdagi temir yo'l ko'priklarini qurishda ishlatiladi. Ma'lumki, temirbeton beton va po'lat (armatura) ning birgalikda ishlashidan tashkil topgan kompozitsion materialdir. Betonning cho'zilish va siqilishga qarshiligi turlicha bo'ladi, natijada beton va armatura o'rtasida kuchlar qayta taqsimlanadi [2-5].

Adabiyotlar tahlili va metodologiya. Transport inshootlarini harakatlanuvchi yuklarga hisoblash usullarining rivojlanish yo'nalishlarini qisqacha ko'rib chiqamiz. Ko'prik va transport vositasining dinamik o'zaro ta'siri ko'plab tadqiqotchilar tomonidan ko'rib chiqilgan [4-10], harakatlanayotgan transport vositalari bilan o'zaro ta'sirda ko'priklarning dinamik xatti-harakatlariga ta'sir qiluvchi ta'sirlar ko'rib chiqiladi. Ushbu tadqiqotlarda

harakatlanuvchi transport vositalari harakatlanuvchi yuklar, harakatlanuvchi massalar yoki harakatdagi osma massalar sifatida modellashdirilib, transport vositalari bilan bog'liq bo'lgan salqillik va energiya tarqalish mexanizmlari hisobga olinadi. Transport vositasi va ko'prikning o'zaro ta'sirini o'rganishda transport vositalari yoki temir yo'l vagonlarining turli xil dinamik xususiyatlarini hisobga oladigan murakkabroq modellar ham amalga oshirildi [4-5, 11].

Bu ishda [12] ko'prik va unda harakatlanayotgan transport vositasi o'rtasidagi dinamik o'zaro ta'sir o'rganilgan. Ko'prikning siljishi, tezligi va tezlanishi turli darajada ikkita chastota to'plami, ya'ni transport vositasining tebranish chastotasi va ko'prikning xususiy chastotalari bilan tartibga solinadi. Bu mavzudagi ishlarning eng to'liq sharhi [13] maqolada keltirilgan. Ko'priklarning dinamik holatini baholashda nafaqat statik yuklar, balki vaqt bo'yicha o'zgaruvchi dinamik yuklarning ta'sirini ham chuqur tahlil qilish talab etiladi. Ayniqsa, poyezdlarning harakat tezligi oshgani sari ko'prik konstruksiyalarida

^a <https://orcid.org/0000-0002-8616-9717>

^b <https://orcid.org/0000-0001-7293-5348>



rezonans hodisalari yuzaga kelish ehtimoli ortadi. Bu esa konstruksiyaning uzoq muddatli mustahkamligi va xizmat qilish muddatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Dinamik tahlil natijalari asosida ko'priklarning elementlarining konstruktiv yechimlarini takomillashtirish, tebranishlarni kamaytiruvchi texnik choralarini ishlab chiqish hamda ekspluatatsiya xavfsizligini ta'minlash mumkin bo'ladi. Ko'priklarning konstruksiyalarining ishonchligi ularning dinamik yuklarga qanday munosabat bildirishiga bevosita bog'liqdir. Harakatlanuvchi transport vositalari ko'priklarda qo'shimcha inersiya kuchlarini hosil qiladi. Ushbu kuchlar ko'priklarning elementlarida qo'shimcha zo'rliqlarni yuzaga keltiradi. Natijada konstruksiyada charchash jarayonlari tezlashishi mumkin. Dinamik ta'sirlarni e'tiborga olmaslik hisob natijalarining noto'g'ri bo'lishiga olib keladi. Ayniqsa temir yo'l ko'priklarida bu holat yanada muhim hisoblanadi. Chunki poyezdlar katta massaga ega bo'lgan transport vositalaridir. Ularning tezligi oshgani sari dinamik effektlar kuchayadi. Ko'priklarning xususiy tebranish chastotalari transport vositasining tebranish chastotalariga yaqinlashganda rezonans holati yuzaga kelishi mumkin. Rezonans konstruksiya uchun xavfli hisoblanadi. Bu holatda tebranish amplitudalari keskin ortadi. Natijada beton va armatura o'rtasidagi bog'lanish zaiflashishi mumkin. Temirbeton konstruksiyalarda mikro yoriqlar paydo bo'lish ehtimoli oshadi. Ushbu yoriqlar vaqt o'tishi bilan kengayib boradi. Bu esa ko'priklarning yuk ko'tarish qobiliyatini pasaytiradi. Shuning uchun dinamik hisoblar alohida ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy hisoblash usullari murakkab matematik modellarni qo'llashga asoslanadi. Bu modellar ko'priklarni va transport vositasini yagona tizim sifatida ko'rib chiqadi. Harakat jarayonida yuzaga keladigan barcha kuchlar hisobga olinadi. Bunda elastiklik, massaviy xususiyatlar va so'nish koeffitsientlari muhim rol o'ynaydi. Hisoblashlarda tajriba natijalari bilan solishtirish ham talab etiladi. Chunki real sharoitdagi tebranishlar nazariy modellardan farq qilishi mumkin. Shuningdek, yo'l qoplamasidagi notekisliklar ham dinamik ta'sirlarni kuchaytiradi. Relslarning deformatsiyasi qo'shimcha tebranishlarni keltirib chiqaradi. Bu omillar ham hisoblarda inobatga olinishi zarur. Ko'priklarning ekspluatatsiya davrida monitoring tizimlaridan foydalanish muhimdir. Monitoring yordamida tebranish parametrlarini doimiy nazorat qilish mumkin. Olingan ma'lumotlar asosida texnik holat baholanadi. Zarur hollarda mustahkamlash ishlari amalga oshiriladi. Bu esa avariya holatlarining oldini olishga xizmat qiladi. Dinamik tahlil natijalari yangi ko'priklarni loyihalashda ham qo'llaniladi. Loyihalash bosqichida optimal konstruktiv sxemalar tanlanadi. Material sarfi samarali rejalashtiriladi. Xavfsizlik darajasi yuqori bo'lgan yechimlar ishlab chiqiladi. Natijada iqtisodiy jihatdan ham foydali konstruksiyalar yaratiladi. Hozirgi kunda yuqori tezlikda harakatlanuvchi poyezdlar soni ortib bormoqda. Bu esa mavjud ko'priklar uchun qo'shimcha talablar qo'yadi. Eski ko'priklarni qayta baholash zarurati yuzaga keladi. Ularning dinamik bardoshligi tekshiriladi. Ayrim hollarda foydalanish tezligini cheklash talab etiladi. Ba'zi ko'priklarda rekonstruksiya ishlari olib boriladi. Ilmiy tadqiqotlar ushbu muammolarni hal etishga qaratilgan. Yangi hisoblash algoritmlari ishlab chiqilmoqda. Kompyuter texnologiyalarining rivojlanishi bu jarayonni tezlashtirmoqda. Sonli modellash usullari keng qo'llanilmoqda. Bu usullar yuqori aniqlikni ta'minlaydi. Shu bilan birga, tajriba sinovlari ham o'z ahamiyatini yo'qotmaydi. Nazariya va amaliyot uyg'unligi muhim hisoblanadi. Faqat shu yo'l bilan ishonchli natijalarga erishish mumkin. Ko'priklarning xavfsizligi jamiyat uchun

muhim masaladir. Chunki ular transport tizimining ajralmas qismidir. Dinamik o'zaro ta'sirlarni chuqur o'rganish ushbu xavfsizlikni ta'minlaydi.

Ushbu maqolada (balka) taqsimlangan parametrlar tizimining harakatlanuvchi to'plangan kuch va ossilyator ta'siridagi tebranishlari haqidagi masala hisoblash misolida ko'rib chiqiladi. Bunday turdagi masalalarni yechishning keng tarqalgan usullaridan biri yechimni taqsimlangan tizimning xususiy tebranish shakllari bo'yicha qatorga ajratishga asoslangan bo'lib, bu dastlabki xususiy hosilali tenglamani global koordinatalar tizimiga nisbatan oddiy differensial tenglamalar tizimiga keltirish imkonini beradi. Ko'rib chiqilgan ishlarda qaysi holatda qo'zg'aluvchan yuklarni kuch yoki massa ko'rinishida hisobga olish kerakligi to'g'risida to'liq yechim berilmagan. Shunga asoslanib, ushbu maqolada qo'zg'aluvchan kuch va qo'zg'aluvchan ossilyator ko'rinishidagi qo'zg'aluvchan yukni modellashda yukning vertikal tebranishlariga harakat tezligining ta'siri o'rganildi va sonli natijalarni taqqoslash orqali tegishli xulosalar chiqarildi.

2. Muhokama va natijalar

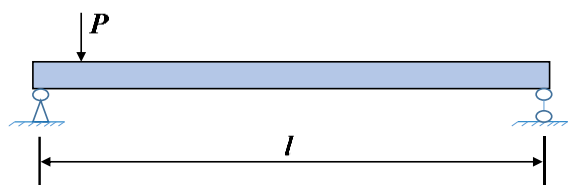
Ushbu tadqiqotda ko'priklarni va transport vositasining o'zaro ta'siri masalasi uchun taklif etilayotgan fizik model quyidagicha: ko'priklarni Timoshenkoning balkali konstruksiyasi bilan ifodalanadi va v tezlik bilan harakatlanayotgan lokomotiv g'ildiragi prujina va dämpfer bilan to'plangan kuch yoki massa ko'rinishida modellashdiriladi. Bunda bitta g'ildirakka to'g'ri keladigan kuch yoki massa, ya'ni lokomotiv massasining $1/8$ qismi qabul qilinadi. Tadqiqot harakatlanuvchi yuk yoki massa sifatida Talgo lokomotivi misolida amalga oshirildi.

Temir yo'l ko'prigini o'rganish uchun uzunligi 23,6 m bo'lgan oraliq qurilmalar misol qilib olindi. Simmetriya tufayli qo'shma parallel bog'langan balkalar o'rniga ko'priklarning bitta balkasining tebranishini o'rganish qabul qilingan, shuningdek, lokomotiv massasining $1/8$ qismi, ya'ni 8750 kg qabul qilingan, bu lokomotiv massasining bitta g'ildirakka taqsimlangan ulushi. Sonli hisob-kitoblarni mualliflar tomonidan yaratilgan SHARK dasturlar majmuasi tomonidan amalga oshirildi [14]. Ushbu hisoblarda oraliq qurilma Timoshenko oldindan zo'riqtirilgan balkasi ko'rinishida modellashdiriladi [4-5, 14]. Ko'priklarning elementlarini diskretlash chekli elementlar usuli bilan amalga oshiriladi, olingan oddiy differensial tenglamalar sistemasi Nyumarkning oshkormas chekli – ayirmali usuli bilan yechiladi [15].

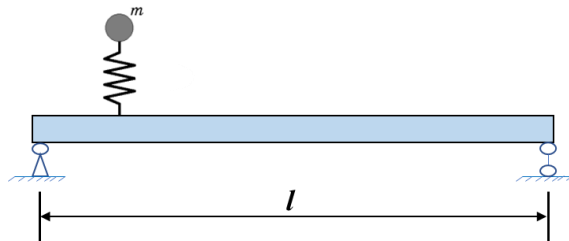
Oraliq qurilmada dastlabki kuchlanishni hosil qiluvchi ishchi armaturalar dastlabki deformatsiyalash va ishchi armaturaning har bir oxirgi elementini oraliq qurilmaning neytral o'qiga eksentrisitetlar bilan mahkamlash orqali beriladi. Ko'priklarni qurilishi amaliyotida oraliq qurilma balkani tayanch qismiga o'rnatiladi, bu tadqiqotlarda to'g'ri modellashdirilishi kerak. Shuning uchun balkaning neytral o'qiga nisbatan eksentriteti va tayanch (tayanch qismi) bilan qo'zg'almas yoki qo'zg'aluvchan sharnirli biriktirishdan foydalanib, balka toretslarining tayanch qismlari bilan o'zaro ta'sirlashish shartlari hisobga olinadi.

Harakatlanuvchi to'plangan massa qovushqoq – elastik prujinali modelga ega harakatlanuvchi ossilyator ko'rinishida modellashdirilgan (1-rasm, b).





a) Harakatlanuvchi to'plangan kuch



b) Harakatlanuvchi qovushqoq-elastic ossilyator
1-rasm. Massa harakatlanganda uzunligi 23,6 m bo'lgan temir yo'l temirbeton ko'priklari oraliq qurilmasining hisobiy sxemasi

O'tkazilgan hisob-kitoblarda harakatlanayotgan lokomotiv bitta g'ildiragining oraliq qurilma tebranishlariga ta'siri ko'rib chiqilgan. Uzunligi 23,6 m (B35 beton sinfi) bo'lgan, ko'ndalang kesimi tavr shaklida bo'lgan oraliq qurilmali namunaviy balka uchun sonli hisoblashda, bitta balkaning massasi 49,2 t bo'lib, oldindan berilgan deformatsiyasi $-0,00504$ bo'lgan kuchlangan Bp-II armaturasi ishlatilgan. Armatura elementlarining elastiklik modulining qiymati $E=2 \cdot 10^{11}$ Pa ga teng deb qabul qilingan. Armatura elementlarining tugun nuqtalarini eksentrisitet yordamida neytral o'qning tegishli tugun nuqtalari bilan birlashtiramiz. Oldindan zo'riqtirilgan balkani tayyorlashga o'xshash – armaturaning taranglik kuchini belgilaymiz P_0 va uning boshlang'ich deformatsiyasini aniqlaymiz $\epsilon_0 = P_0 / EF$ (E – armaturaning elastiklik moduli; F – armatura ko'ndalang kesimining umumiy yuzasi). Yo'lining ustki qismi massasi 64,72 kg/m bo'lgan R65 turidagi relslar, massasi 270-300 kg bo'lgan temirbeton shpallar ishlatiladi, 1 km yo'lga 1840 ta shpal yotqiziladi. Ballast qatlamining massasi 200-300 kg/m, ballast qatlamining balandligi 0,35 m [4-5].

So'ngra dasturiy majmua yordamida oldindan berilgan deformatsiyali statik masalani yechib ϵ_0 ko'priklari konstruksiyasining kuchlanganlik – deformatsiyalanganlik holati aniqlandi. Ushbu hisob-kitoblarda harorat, materialning qovushqoqligi va boshqalarning o'zgarishi tufayli dastlabki kuchlanish qiymatlarining yo'qolishi hisobga olinmaydi [3-5].

Ko'priklari masalasining sonli yechimi uning vaqt o'tishi bilan ko'chirishining o'zgarishini ko'rsatadi. Harakatlanuvchi to'plangan va taqsimlangan kuch uchun diskretlashda oraliq qurilma har bir turdagi chekli elementning ishini hisobga olgan holda 236 ta chekli elementga ajratildi, tugun nuqtalar soni 120 ta. Armatura chekli elementlarining tugunlari balka neytral o'qining tegishli tugunlari bilan eksentrisitetlar yordamida qattiq biriktiriladi, shuning uchun chekli elementlar soni tugunlarning umumiy sonidan ko'p bo'ladi. Chekli elementlar xarakteristikalarining turlari – 5 xil turlari tegishli tartib raqamlari orqali berilgan.

Hisoblash jarayonida har bir chekli elementning geometrik va mexanik xususiyatlari alohida aniqlangan. Materiallarning elastiklik moduli va zichligi hisoblarda asosiy parametr sifatida qabul qilinadi. Vaqt bo'yicha integratsiya qilish orqali tizimning dinamik javobi olinadi. Yuklarning harakat tezligi modellashirishda muhim omil

hisoblanadi. Har bir vaqt bosqichida tugunlardagi siljish qiymatlari aniqlanadi. Olingan natijalar grafik ko'rinishda tahlil qilinadi. Tebranish amplitudalari va chastotalari baholanadi. Hisoblash natijalari ko'priklarning real xatti-harakatini aks ettiradi. Modelning aniqligi tanlangan diskretlash darajasiga bog'liq bo'ladi. Chekli elementlar sonining ko'payishi natijalarning aniqligini oshiradi. Shu bilan birga hisoblash vaqti ham ortadi. Armatura va betonning birgalikdagi ishlashi modellashiriladi. So'nish koeffitsientlari tizimga kiritiladi. Bu tebranishlarning vaqt o'tishi bilan kamayishini ifodalaydi. Chegaraviy shartlar real tayanch sharoitlariga mos tanlanadi. Natijalar o'rtasidagi farqlar tahlil qilinadi. Shu tarzda ishonchli hisoblash natijalariga erishiladi [4-5].

Harakatlanuvchi ossilyator holati uchun diskretlashda har bir turdagi chekli elementning ishini hisobga olgan holda 237 ta chekli element olindi, tugun nuqtalar soni 122 ta. Chekli elementlar xarakteristikalarining turlari – 6 xil turlari tegishli tartib raqamlari orqali berilgan. Eksentritli birikmalar soni 120 ta.

Hisoblashlar Nyumarkning noaniq sxemasi bo'yicha vaqt bo'yicha qadam tanlash bilan harakatlanuvchi yukni modellashirishning ikkala holati uchun amalga oshirildi. Vaqt bo'yicha qadam yukning harakat tezligiga qarab aniqlandi: 25 m/s tezlikda vaqt bo'yicha qadam 0,008 s; 50 m/s tezlikda vaqt bo'yicha qadam 0,004 s; 75 m/s tezlikda vaqt bo'yicha qadam 0,00267 s; 100 m/s tezlikda vaqt bo'yicha qadam 0,002 s; 200 m/s tezlikda vaqt bo'yicha qadam 0,001 s. Harakatlanuvchi yuk yoki massada masalani koordinata va vaqt bo'yicha diskretlash turli harakat tezliklarida hisoblashlarni amalga oshirishda "parazit tebranishlar" paydo bo'lishiga olib keladi, bu harakatlanuvchi yukning qo'shni tugunga to'satdan o'tishi bilan bog'liq. Agar vaqt bo'yicha qadam shunday tanlansaki, bir qadamda harakatlanuvchi yuk qo'shni tugunga o'tsa, u holda "parazit tebranishlar" yo'qoladi.

1-jadval

Uzunligi 23,6 m bo'lgan balka o'rtasining maksimal egilishining o'zgarishi

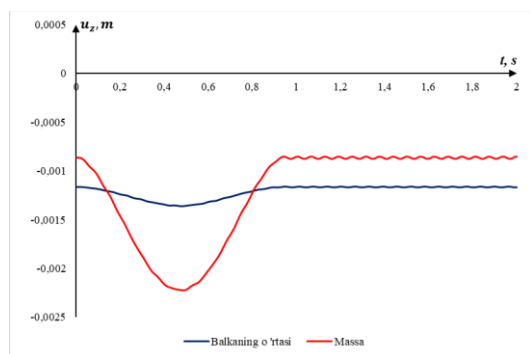
Harakatlanuvchi kuch tezligi	To'plangan kuch bo'lmagan da	25 m/s	50 m/s
Maksimal egilish (m)	-0,001163	-0,001258	-0,001260

25 m/s	50 m/s	75 m/s	100 m/s	200 m/s
-0,001258	-0,001260	-0,001262	-0,001269	-0,001310

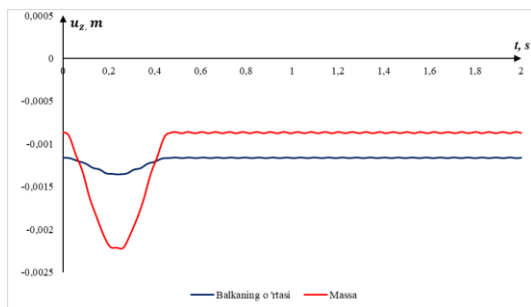
1-jadvalda to'plangan kuchning turli harakat tezliklarida oldindan – zo'riqtirilgan armaturani hisobga olgan holda balka o'rtasining maksimal egilishini hisoblash natijalari keltirilgan. To'plangan vertikal kuchning gorizontaal harakat tezligi ortishi bilan balka o'rtasining maksimal egilishi ortadi.

Balka qo'zg'aluvchan yukni ossilyator ko'rinishida qabul qilganda, ossilyator bikrligining turli qiymatlari uchun hisob-kitoblar o'tkazildi: $1 \cdot 10^8$ N/m; $2,5 \cdot 10^8$ N/m; $5 \cdot 10^8$ N/m; $7,5 \cdot 10^8$ N/m. Ossilyator bikrligining kattaligi ballastning bikrligidan, shuningdek, g'ildirakning osmaga va osmaning lokomotiv korpusiga birikish bikrligidan iborat bo'lishi mumkin.

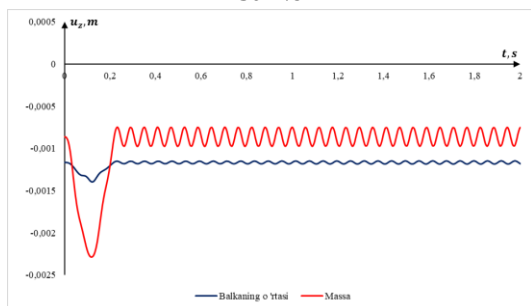




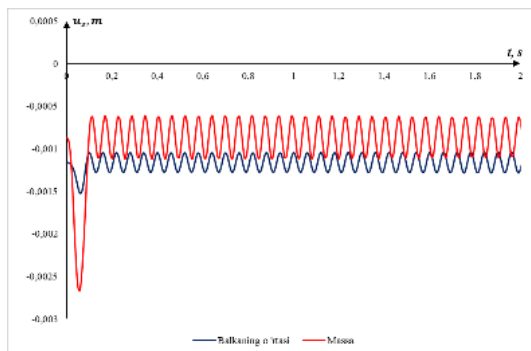
25 m/s



50 m/s



100 m/s



200 m/s

2-rasm. Ossilyator harakatining turli tezliklarida balka o'rtasining va ossilyator massasining vertikal tebranishlari

G'ildirakka yaqin joylashgan shpallarga tushadigan yukning taqsimoti [4-5, 16] maqolada keltirilgan. 2-rasmda balka massasi va o'rta nuqtasining turli harakat tezliklarida vertikal tebranishlarining vaqt bo'yicha o'zgarish grafiklari, ossilyator prujinasining bikrligi $k=1 \cdot 10^8$ N/m keltirilgan. Bu grafiklardan ko'rinib turibdiki, ossilyator balkaning o'rtasiga kelgan vaqtda balka o'rtasining egilishi maksimal bo'ladi, shuningdek, bu vaqtda massaning vertikal harakati o'zining maksimal qiymatiga erishadi. So'ngra, ossilyator balkadan uzoqlashgandan so'ng, ularning birinchi xususiy shakli bo'yicha tebranishlari kuzatiladi [4-5, 17], ularning

amplitudalari ossilyatorning harakat tezligi oshishi bilan kritik tezlikka yetguncha ortadi. Ushbu grafiklar bo'yicha o'lgan xususiy tebranishlar davri 0,0601 s ga, ossilyatorning bikrligi $k=1 \cdot 10^8$ N/m bo'lgandagi xususiy tebranishlar davri esa 0,0587 s ga teng.

Balka va ossilyator massalarining berilgan nisbatida ossilyator bikrligining oshishi balka o'rtasining maksimal egilishiga deyarli ta'sir qilmaydi, lekin massaning vertikal tebranishlariga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Ossilyatorning gorizontaal harakat tezligini oshirish balka o'rtasining maksimal egilishini oshirishga olib keladi.

3. Xulosa

O'tkazilgan ilmiy-tadqiqot ishlari natijalarini umumlashtirgan holda quyidagi xulosalarni bayon etish mumkin. Tadqiqot jarayonida aniqlanishicha, to'plangan vertikal yuk miqdori hamda ossilyatorning gorizontaal yo'nalishdagi harakat tezligi ortib borishi bilan balka o'rtasida yuzaga keladigan maksimal egilish qiymati sezilarli darajada oshadi. Bu holat yukning ta'sirida balka inersiyasining kuchayishi va konstruktsiya elementlarida qo'shimcha dinamik zo'riqishlarning paydo bo'lishi bilan izohlanadi. Natijada balka deformatsiyalanishining intensivligi yuk parametrlari bilan bevosita bog'liq ekanligi tasdiqlandi.

Shuningdek, ossilyatorning bikrligi oshirilganda balka o'rtasidagi maksimal egilish deyarli o'zgarmasligi aniqlandi. Biroq ushbu parametr ossilyator massasining vertikal tebranish xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi, ya'ni, bikrlilik ortishi natijasida massaning tebranish amplitudasi va tebranish chastitasi o'zgaradi, bu esa tizimning umumiy dinamik xatti-harakatiga ta'sir etadi. Bu holat ossilyator parametrlarini tanlashda faqat konstruktsiya egilishigina emas, balki tebranish jarayonlarining barqarorligini ham hisobga olish zarurligini ko'rsatadi.

Bundan tashqari, to'plangan yukning harakat tezligi 50 m/s dan kichik bo'lgan hollarda yukni soddalashtirilgan holda to'plangan kuch sifatida modellashtirish yetarli aniqlikni ta'minlashi aniqlangan. Bunday tezliklarda dinamik effektlar nisbatan kichik bo'lib, soddalashtirilgan model hisoblash jarayonini sezilarli darajada yengillashtiradi. Ammo yukning harakat tezligi 50 m/s dan oshganda, ossilyator modelidan foydalanish zarur bo'ladi, chunki bu holatda yuk va konstruktsiya o'rtasidagi murakkab dinamik o'zaro ta'sirlarni faqat shu model orqali to'liq va ishonchli tavsiflash mumkin. Shu sababli, yuqori tezlikli harakat sharoitlarida aniq va haqiqiy natijalarga erishish uchun ossilyator modeli eng maqbul hisoblanadi.

Ushbu tadqiqot ishi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Innovatsion rivojlanish agentligining moliyaviy ko'magi asosida bajarilgan (Grant AL-8924063439).

Foydalanilgan adabiyotlar / References

[1] Bettinelli L., Glatz B., Stollwitzer A., Fink J. Comparison of different approaches for considering vehicle-bridge-interaction in dynamic calculations of high-speed railway bridges // Engineering Structures. 2022. Vol. 270. P. 114897. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114897>

[2] Мирзаев И., Шермухамедов У.З., Аскарова Д.С. Влияние податливости основания на сейсмостойкость железнодорожных мостов // Путьовой навигатор. 2023. №52(82). С. 60-67.



[3] Мирзаев И., Аскарова Д.С. Влияние предварительного напряженного состояния пролетного строения на колебания железобетонного железнодорожного моста во время землетрясения // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. Спецвыпуск, 2024. №4(71). С. 6-14.

[4] Мирзаев И., Аскарова Д.С., Хожаматов С.Ш. Колебания предварительно напряженного пролетного строения железобетонного железнодорожного моста при движении осциллятора // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. Спецвыпуск, 2025. №4(76). С. 33-41.

[5] Mirzayev I., Askarova D.S., Xojaxmatov S.Sh. Oldindan zo'riqtirilgan balkaning ossillyator harakatida tebranishi // Железнодорожный транспорт: актуальные вопросы и инновации. 2025. № 2,. С. 178-186.

[6] El Amrani A., Mataich H., El Amrani B. Stability of Beam Bridges under Bridge-Vehicle Interaction // WSEAS transactions on applied and theoretical mechanics. 2024. <https://doi.org/10.37394/232011.2024.19.6>

[7] Xie Q., Han W., Yuan, Y. Refined Vehicle-Bridge Interaction Analysis Using Incompatible Solid Finite Element for Evaluating Stresses and Impact Factors // Advances in Civil Engineering. 2020. P. 1-15. <https://doi.org/10.1155/2020/7032460>

[8] Kilikevicius A., Bacinskas D., Selech J., Matijošius J., Kilikeviciene K., Vainorius D., Ulbrich D., Romek D. The Influence of Different Loads on the Footbridge Dynamic Parameters // Mechanical Engineering. 2020. Vol. 12 (4). <https://doi.org/10.3390/sym12040657>

[9] Eshkevari S.S., Matarazzo T.J., Pakzad S.N. Simplified Vehicle-Bridge Interaction for Medium to Long-span Bridges Subject to Random Traffic Load // Journal of Civil Structural Health Monitoring. 2020. Vol. 10. P. 693-707. <https://doi.org/10.1007/s13349-020-00413-4>

[10] Sun Y.Q., Cole C., Spiriyagin M., Dhanasekar M. Vertical dynamic interaction of trains and rail steel bridges // Electronic Journal of Structural Engineering. 2013. Vol. 13(1). P. 88-97. <http://dx.doi.org/10.56748/ejse.131641>

[11] Yang Y.B., Yau J.D., Yang Y.B. Vehicle-bridge interaction dynamics: with applications to high-speed railways // World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. ISBN 981-238-847-8, 2004.

[12] Yang Y.B., Lin C.W. Vehicle-bridge interaction dynamics and potential applications // Journal of Sound and

Vibration. 2005. Vol. 284. P. 205-226. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2004.06.032>

[13] Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Колесов Д.А., Лисенкова С.И. Динамика деформируемых систем, несущих движущиеся нагрузки (обзор публикаций и диссертационных исследований) // Вестник научно-технического развития. 2021. №160. С. 25-47. <https://doi.org/10.18411/vntr2021-160-3>

[14] Рашидов Т.Р., Кузнецов С.В., Мардонов Б.М., Мирзаев И. Прикладные задачи сейсмодинамики сооружений. Книга 2. Ташкент: Навруз, 2021. 172 с.

[15] Mirzaev I., Askarova D. Spatial oscillations of a railway bridge under the impact of a real earthquake // V Central Asian conference on soil mechanics and geotechnical engineering. 2022. P. 91-95.

[16] Исаков А.Л., Машуков В.И., Корнеев Д.А. Анализ распределения напряжений и деформаций в балластной призме и земляном полотне в окрестности головной части движущегося поезда // Железные и автомобильные дороги в условиях Сибири: Сборник научных трудов. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2006. 154 с.

[17] Pesterov A.V., Yang B., Bergman L.A., Tan C.A. Revisiting the moving force problem // Journal of Sound and Vibration. 2003. Vol. 261. P. 75-91. [https://doi.org/10.1016/S0022-460X\(02\)00942-2](https://doi.org/10.1016/S0022-460X(02)00942-2)

Mualliflar to'g'risida ma'lumot / Information about authors

Mirzayev Ibraxim / Mirzaev Ibrakhim f.-m.f.d., professor, Toshkent davlat transport universiteti
ibrakhim.mir@mail.ru
[+998909388017](tel:+998909388017)
<https://orcid.org/0000-0002-8616-9717>

Askarova Dilbarxon Sodirali qizi / Askarova Dilbarkhon Sodirali kizi PhD, Toshkent davlat transport universiteti
dilbarkhon1120@gmail.com
[+998977585820](tel:+998977585820)
<https://orcid.org/0000-0001-7293-5348>



U. Shermukhamedov, Y. Khakimova*The problem of load combination in earthquake resistance theory ..65***Sh. Normurodov***Monitoring the technical condition of operating transport
tonnels.....70***K. Lesov, M. Kenjaliyev, O. Mirzakhidova***Methodology for assessing the dynamic impact of rolling stock on the
subgrade and justification for its reinforcement in the area of rail
joints.....75***V. Soy, N. Mukhammadiev, G. Malikov,
D. Tursinaliyev***Justification of the purposes of using basalt fiber in cement
concrete.....80***I. Mirzaev, D. Askarova***Oscillation of a prestressed span structure of a reinforced concrete
railway bridge with mass in horizontal motion.....84***U. Rakhmanov, G. Ismailova***Methods for determining soil pressure on underground structures
under seismic influence.....89***A. Karimova, M. Abdurasulova***Methodology for Assessing Embodied Carbon in Bridge
Structures.....94***Kh. Urazov***Economic efficiency of implementing modern prefabricated
reinforced retaining walls.....98***I. Makhamataliyev, V. Soy, N. Mukhammadiev,
G. Malikov***Assessment of the block strength of dispersely-armonized basalt fiber,
complex-modified small-grain fiber concrete.....105***A. Abdullaev***Identification and Assessment of Critical Spatial Deformations and
Internal Force States of Continuous Monolithic Reinforced Concrete
Bridges under Strong Seismic Actions Using MiDAS Civil109***Sh. Nishonboev, Z. Mirzayeva, Kh. Urazov,
A. Abdusattorov***Optimization of the design of bridge intermediate
supports.....112*