

## **Ko'prik oraliq qurilmalarining dinamik parametrlarini baxolash ussularini takomillashtirish**

Sherali Shodiqul o'g'li Qodirov  
Jizzax politexnika instituti

**Annotatsiya:** Hozirgi vaqtda ko'priksozlik sohasida loyihalash, qurish va ekspluatatsiya qilish uchun zilzilabardoshliklikni inobatga olish dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda. Biz ushbu maqolada ko'priklarini oraliq qurilmalaridagi dinamik parametrlarini baxolash soxasidagi xolatiga to'xtalib o'tilgan.

**Kalit so'zlar:** vibrodinamik ta'sirlar, dinamik ta'sirlar, avtomobil ko'priklari, seysmik mustaxkamligi, vibratsiyani boshqarishning dinamik tizimning operativ modal tahlili

## **Improvement of the methods of assessment of dynamic parameters of bridge intermediate devices**

Sherali Shodiqul o'g'li Kadyrov  
Jizzakh Polytechnic Institute

**Abstract:** Currently, considering earthquake resistance for design, construction and operation in the field of bridge construction remains one of the urgent issues. In this article, we focused on the situation in the field of dynamic parameter evaluation of bridge intermediate devices.

**Keywords:** vibrodynamic effects, dynamic effects, vehicle bridges, seismic strength, operational modal analysis of dynamic system of vibration control

### *Kirish*

Tadqiqot mavzusining dolzarbligi. Vaqti-vaqti bilan tekshirish va o'z vaqtida tashxis qo'yish transport vositalarining ekspluatatsiya ishonchliligi va xavfsizligi uchun asosdir. Ko'priklarni diagnostika qilish bo'yicha ishlar kompleksi ko'priklar va tayanchlarning strukturaviy elementlarini tekshirish, shuningdek, yuqori moliyaviy va mehnat xarajatlari bo'yicha ishlarni amalga oshiradigan yuqori malakali muhandislarni talab qiladi. Bundan tashqari, hozirda qo'llaniladigan diagnostika usullari murakkabligi va ba'zida yashirin nuqsonlar va shikastlanishlarni aniqlashning iloji yo'qligi sababli tuzilmalarning ishlashi haqida to'liq tasavvurni bermaydi. Olingan natijalarning ishonchliligini oshirish, transport vositalarining xavfsizligi, ishonchliligi va iqtisodiy samaradorligini ta'minlash, so'rov natijalariga inson omilining ta'sirini

avtomatlashtirish orqali minimallashtirish orqali so'rov samaradorligini oshirish mumkin. "Industrial Internet of Things" texnologiyasini joriy etish orqali so'rov jarayoni. Shu sababli, so'rov natijalarining ishonchliligini oshirish yo'llarini ishlab chiqish hozirgi vaqtda dolzarb muammodir.

Transport inshootlarini joriy ta'mirlashning asosi davriy tekshirish va diagnostika bo'lib, uning maqsadi ob'ektning texnik holatini baholashdir. Umuman olganda, ko'priklarning oraliq konstruksiyalarining texnik holatini baholashni zararni aniqlash va texnik holat toifasini aniqlash jarayoni sifatida tavsiflash mumkin. Biroq, baholashning aniqligini oshirish va inson omilining ta'sirini minimallashtirish uchun tuzilmalarni tekshirishning instrumental usullaridan foydalangan holda diagnostika jarayonini avtomatlashtirish kerak. Bugungi kunda diagnostika har xil turdagi muhandislik inshootlari uchun standart protsedura hisoblanadi. Ayniqsa, ko'priklar uchun bu muhim ahamiyatga ega, chunki shu tarzda olingan ma'lumotlar strukturadagi shikastlanishlarni aniqlashning asosiy vazifasidan tashqari, struktura samaradorligini baholash, o'z vaqtida ta'mirlash va mustahkamlashni belgilash uchun ham ishlatilishi mumkin. dizayn yechimlari va qurilish texnologiyalarini takomillashtirish bo'yicha tadqiqot maqsadlariga olib keladi.

#### *Tebranishni boshqarishning afzalliklari*

Ta'rifga ko'ra, MNClarni mahalliy va global diagnostika guruhlariga bo'lish mumkin. So'rovlar davomida global diagnostika muhim ahamiyatga ega, chunki u strukturaning umumiy texnik holatini baholashga imkon beradi.

Bundan tashqari, ularning dinamik parametrlarini tebranish nazorati tufayli ko'priklarning rejalashtirilgan diagnostikasidan talab bo'yicha diagnostikaga o'tish mumkin ko'rinadi. Yashash davrining oxirida tuzilmalar uchun bu o'tish muhim operatsion va moliyaviy ahamiyatga ega: ko'priklarning texnik holati yaxshi bo'lsa, rekonstruksiya qilish yoki kapital ta'mirlash kechiktirilishi mumkin. Ko'priklarning infratuzilmasini boshqarish nuqtai nazaridan ushbu yondashuvni qo'llash har bir infratuzilmaning texnik holatidan kelib chiqqan holda ta'mirlash ishlariga ustuvorlik berib, inshootlarni rekonstruksiya qilishning maqbul strategiyasini ishlab chiqish imkonini beradi. Xuddi shu turdagi tuzilmalarning dinamik parametrlarini baholash o'lchov ma'lumotlarini markazlashtirilgan qayta ishlash va saqlash bilan yagona infratuzilmani boshqarishning to'liq tizimini yaratish imkoniyatini beradi. Bu foydalanish xarajatlarini kamaytirishdan tashqari, ob'ektlarga texnik xizmat ko'rsatish bo'yicha taklif etilayotgan echimlar sifatini oshiradi. Bunday boshqaruv tizimi asosiy talablarga javob beradigan sun'iy inshootlarni saqlash bo'yicha optimal strategiyani tanlash orqali yo'l tarmog'idan foydalanish samaradorligini oshiradi: ta'mirlash va rekonstruksiya qilish xarajatlarini minimallashtirish; tuzilmalarning xizmat qilish muddatini oshirish; tuzilmalarning ishonchliligini oshirish va boshqalar. Ushbu tizim "narsalarning sanoat interneti" (industrial internet of things, IIoT) tushunchasiga mos

keladi - bu "narsalar" kompyuter tarmog'ini (bu holda, sun'iy tuzilmalar) monitoring qilish uchun o'rnatilgan texnologiyalar bilan jihozlangan. texnik holat va tashqi muhit bilan o'zaro ta'sir qilish. Konsepsiyada bunday tarmoqlarni tashkil etish iqtisodiy va ijtimoiy jarayonlarni qayta qurishga qodir, ayrim harakatlar va operatsiyalardan inson ishtiroki zarurligini istisno qiladigan hodisa sifatida qaraladi. Asosiy imtiyozlar mavjud ishlab chiqarish va texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirish va kapital xarajatlarga bo'lgan ehtiyojni kamaytirishdir. Ushbu sohada tebranishlarni nazorat qilish va asboblarni jihozlash usullarini takomillashtirish bo'yicha bir qator tadqiqotlar amalga oshirilmoqda. shu bilan rivojlanishning ushbu yo'nalishining dolzarbligini asoslab beradi va uni erta amalga oshirishga hissa qo'shadi.

R.Salgadoning ilmiy ishida ko'prik konstruksiyalariga qo'llaniladigan tebranishlarni boshqarishga asoslangan turli zararlarni aniqlash usullari batafsil tahlil qilingan. To'lqinlar tahlili, tebranish rejimlarini baholash usullari va moslashuvchanlik va qattqlik matritsalarini tahlil qilish kabi tuzilmalardagi shikastlanishni faqat javob orqali aniqlay oladigan usullar aniqlangan. Ular uch xil yondashuvda solishtiriladi: zarar stsenariylari yorilib ketgan nurlar uchun raqamli modellashtirilgan; uglerod tolasi bilan mustahkamlangan metall va beton to'sinlarni laboratoriya sinovlari; haqiqiy ob'ektlar turli xil zarar stsenariylari bilan sinovdan o'tkaziladi. Bu , rasmda 1.1 monolit plita bilan birlashtirilgan ikkita oldindan zo'riqtirilgan temir-beton to'sinlardan tashkil topgan 2x12 m sxemali ramka ko'prigini yo'q qilish jarayonini ko'rsatadi.



1.1-rasm - Sinov paytida ko'prikning oldindan zo'riqtirilgan temir-beton yakuniy yo'q qilinishi [138]

#### *Dinamik tizimning operativ modal tahlili*

Tizimning dinamik parametrlarini aniqlash uchun uning matematik modelini qurish kerak. Matematik modelni yaratish jarayoniga ikkita asosiy yondashuv (shuningdek, ularning kombinatsiyasi) mavjud [104]. Analitik yondashuv - bu oddiy komponentlardan modelni shakllantirish, uning xususiyatlari yaxshi o'rganilgan va

modelning ob'ekt sohasi tajribasidan ma'lum (bu holda, tizim mexanikasi), tizimdan foydalanish shart emas. test ma'lumotlari. Yana bir yondashuv eksperimental yoki eksperimental ma'lumotlarga asoslangan tizim identifikatsiyasi: tizimning kirish va chiqish signallarini tahlil qilish asosida uning matematik modeli quriladi. 1-bobda ushbu yondashuv uchun tizimlarni aniqlashning joriy usullari haqida umumiy ma'lumot berilgan. Quyida OMA doirasida foydalaniladigan stokastik holat-fazo modelining tavsifi keltirilgan. Bunday modelni aniqlash masalasini hal qilish o'lchangan kirishlar va chiqishlar o'rtasidagi matematik munosabatlarni (differensial tenglamalarni) o'z vaqtida o'lchovlarini hisobga olgan holda topishni nazarda tutadi.

Davlat-kosmik modelni shakllantirish uchun biz struktura mexanikasining asosiy tamoyillaridan foydalangan holda ob'ektning analitik modelini tavsiflashdan boshlaymiz.

Analitik model. Sun'iy tuzilmaning harakatini tavsiflash uchun biz dinamik muvozanat tenglamasi sifatida ifodalanishi mumkin bo'lgan kichik majburiy tebranishlar uchun ko'p erkinlik darajasiga ega bo'lmagan konservativ bo'lmagan tizim uchun 2-turdagi Lagranj tenglamasidan foydalanamiz [20]:

$$M \ddot{Z} + C \dot{Z} + k Z = P(t) \quad (2.1)$$

Bu erda  $M$ ,  $C$ ,  $K$  mos ravishda massa, damping va qattqlik matritsalarini,  $Z$ ,  $\dot{Z}$ ,  $\ddot{Z}$  - umumlashtirilgan siljishlar, tezliklar va tezlanishlar vektorlari mos ravishda,  $P(t)$ , tashqi tugun kuchlarining vektoridir, ular vaqtga bog'liq bo'lgan funktsiyalar. Olingan differensial tenglama chiziqli formulada ikkinchi tartib ko'rib chiqilayotgan xatti-harakatni hisobga oladi elastik diapazondagi tuzilmalar, uni hal qilish mumkin boshlang'ich sharoitga qarab o'rganilayotgan ob'ektning xatti-harakatini tavsiflash va tashqi ta'sirlar.

Uchun tizimlari Bilam tarqatilgan parametrlari (Masalan, qurilish tuzilmalar), tenglama (2.1) chiqadi Qanaqasiga chekli element (CE) yaqinlashish tizimlari Bilam ko'p daraja erkinlik. Garchi analitik model dinamik tizimning aniq ifodasidir, unday emas bevosita foydali V kontekst OMA: da tabiiy sinovlar Yo'q imkoniyatlar o'lchash uchun Hammasi daraja erkinlik EC modellar Uchun bino mos keladigan matritsalar. Bundan tashqari, tenglama uzluksiz taqdim etiladi vaqt, o'lchovlar esa diskret vaqt namunalari sifatida mavjud. Va nihoyat, shovqinni modellashtirish talab qilinadi: boshqa omillarni hisobga olish kerak. noma'lum manba qo'zg'alish, usiz  $P(t)$ , A tak bir xil shovqinlarni o'lchash qaysi Har doim hozir da tabiiy testlar.

*Ekspirimental model.* O'zgartirilmoqda (2.1) V tizimi tenglamalar birinchi buyurtma Bilam hisobga olgan holda modellashtirish shovqin Va tasodifiy ta'sir yoqilgan kiritish, biz olamiz Keyingisi stokastik kosmik model bilam holatlari diskret vaqt [128]:

$$\begin{cases} x_{t+1}^s = Ax_t + w_t \\ y_t = Cx_t + v_t \end{cases} \quad (2.2)$$

qayerda  $x_t \in \mathbb{R}^n$  sistemaning diskret holat vektori,  $n$  esa sistemaning tartibi yoki o'lcham bo'sh joy holatlari (raqam mustaqil o'zgaruvchilar, zarur tavsif uchun holatlari tizimlar);

$y_t \in \mathbb{R}^p$  - tizim javob vektori,  $A, R$  - chiqishlar soni javob berish;

$w_t \in \mathbb{R}^n$  - vektor shovqin, paydo bo'layotgan sababli aralashuv Va noaniqliklar modellashtirish dan tebranishlar noma'lum ta'sir;

$v_t \in \mathbb{R}^p$  - asboblarni o'lchash shovqin vektori;  $t$  - hisobga olinadi moment vaqt;

$A \in \mathbb{R}^{n \times n}$  - dinamikani to'liq tavsiflovchi holat matritsasi tizimlari u tomonidan Shaxsiy qiymatlar;

$C \in \mathbb{R}^{p \times n}$  - Dam olish kuni matritsa kuzatuv, qaysi belgilaydi Qanaqasiga ichki holatlari tizimlari aylantirildi ichida tashqi bo'sh joy.

Differensial tenglamalar tizimi (2.2) ob'ektning dinamikasini tavsiflaydi: birinchi tenglama modellar chaqirdi tenglama holatlari, bu modellar ob'ektning dinamik harakati; ikkinchi tenglama kuzatish yoki deyiladi javob tenglamasi, chunki u dinamikaning kuzatilgan qismini tavsiflaydi model javob berganda tizim. Jismoniy tizimning ushbu modelida o'lchangan javob tizimlari  $y_t$  hayratda qoldi ikki stokastik jarayonlar  $w_t$  Va  $v_t$  □ texnologik o'lchash shovqinlar. Texnologik shovqin mavjud bezovtalik, qaysi hayajonlantiradi dinamik jarayonlar tizimi. O'lchash shovqin taqdim etdi shovqin shovqini tizimlari.

(2.2) tenglama bilan ifodalangan model pastki fazoni identifikatsiyalash deb ataladigan usullardan foydalanganda qo'llaniladi [125]. Ushbu usullar uchun standart protsedura  $A$  va  $C$  tizim matritsalaridan modal parametrlarni aniqlashdan iborat [134]. Chiqarish  $A$  matritsasining xususiy qiymat kengayishi bilan boshlanadi:

$$A = \Psi \Lambda \Psi^{-1}$$

qayerda □  $\in \mathbb{C}^{n \times n}$  - xos vektorlar matritsasi;  $L \in \mathbb{C}^{n \times n}$  - diagonal matritsa, o'z ichiga olgan murakkab xos qiymatlar  $\lambda_i$ .

Davlat matritsasi  $A$  uchun diqqatga sazovordir Nima hammasini o'z ichiga oladi modal ma'lumot tizimlari. Shaxsiy qiymatlar  $\lambda_i$  bu matritsalar o'zaro bog'lash Bilam Shaxsiy chastotalar tizimlari  $f_i$  orqali quyidagi tenglama [132]:

$$f_i = \frac{\omega_i}{2\pi} = \sqrt{\operatorname{Re}\left(\frac{\ln(\lambda_i)}{\Delta t}\right)^2 + \operatorname{Im}\left(\frac{\ln(\lambda_i)}{\Delta t}\right)^2} / 2\pi \quad (2.4)$$

Qayerda  $Re$  va  $Men$  haqiqiy va xayoliy qismlar keng qamrovli raqamlar,  $Dt$  - javobning (signalning) namuna olish chastotasi,  $\omega_i$  - siklik chastota bilam raqam  $i$ . Modal damping koeffitsientlari  $\xi_i$  tegishli uchun chastotalar Bilam raqam  $f_i$  mumkin bo'l qaytarib olingan dan tenglamalar:

$$\lambda_i = -\xi_i \omega_i \pm i \omega_i \sqrt{1 - \xi_i^2} \quad (2.5)$$

Keyinchalik, Uchun Bormoq, uchun olish bitta dan shakllari ikkilanish tizimlari  $\phi_i$ , zarur foydalanish matritsa kuzatishlar *BILAM* Va muvofiq Shaxsiy vektor matritsalar  $\psi_i$ :

$$\phi_i = C\psi_i \text{ yoki } \Phi = S, \quad (2.6)$$

Tizim javobi aniqlanadigan nuqtalarda rejim shakllari (joylar sensorlar), belgilangan Qanaqasiga vektorlar  $\phi_i$  yoki ustunlar dan  $P \in \mathbb{C}^{p \times n}$ , bor kuzatilishi mumkin qismlar Shaxsiy vektorlar tizimlari. IN oxir-oqibat kuzatilishi mumki Qism Shaxsiy vektorlar  $\psi_i$  olib boradi Kinga eksperimental moda  $\phi_i$  hisobga olinadi tizimlari.

Keyinchalik, operativ modal tahlil uchun qo'llaniladigan ikkita usulni qo'llash asoslanadi va ularning har birini amalga oshirish algoritmi tavsiflanadi. An'anaviy ravishda OMA jarayonini ikki bosqichga bo'lish mumkin: vaqt seriyasi sifatida strukturaning javobini qayta ishlash va tekshirilayotgan strukturaga tegishli dinamik xususiyatlarni aniqlash uchun barqarorlashtirish. Ushbu tadqiqotda signalni qayta ishlash singulyar spektr tahlili usuli bilan, dinamik parametrlarni aniqlash va barqarorlashtirish - stokastik pastki fazoni identifikatsiyalash usuli bilan amalga oshirildi. Keling, usullarning har birini o'z navbatida ko'rib chiqaylik.

Singular Spectrum Analysis (SAS) ning maqsadi asl signalni (javobni) "mustaqil" va "aniqlash mumkin bo'lgan" vaqt seriyalari bo'lgan qo'shimcha komponentlarga (trend, mavsumiylik, shovqin va qoldiqlar) ajratishdir. Dekompozitsiya asosiy komponentlar usuliga asoslanadi, bu ma'lumotlarning o'lchamlarini (mustaqil komponentlar soni) kamaytirish va ularning axborot mazmunini oshirish imkonini beradi [18]. Quyidagi vazifalarni asosiy komponentlar yordamida ham hal qilish mumkin: tendentsiyani aniqlash, tebranish komponentlarini aniqlash, davriylikni aniqlash, signalni yumshatish, shovqinni pasaytirish va vaqt qatoridagi strukturaviy o'zgarishlarni aniqlash

#### *Xulosalar*

1) Operatsion modalning asosiy qoidalarining tavsifi tahlil. Formalangan asosiy vazifa tahlil V kontekst bo'sh joy holatlari, qaysi hisoblanadi V identifikatsiya dinamik tizimlari haqiqiy ob'ekt yoqilgan asos natijalar kuzatishlar.

2) Uchun yechimlar vazifalar operativ modal tahlil amalga oshirildi yo'l ilovalar usullari tahlil birlik spektr Va stokastik pastki fazo identifikatsiya.

3) Ishlab chiqilgan keyingi ketma-ketlik hisob-kitoblar, oldingi dinamik sinovlar qamrab oluvchi binolar metal ko'priklar usul tebranish boshqaruv Uchun minimallashtirish ehtimolliklar xato identifikatsiya ob'ekt.

4) To'liq miqyosli dinamik testlar o'tkazildi va dinamik variantlari qamrab oluvchi binolar metal ko'priklar bilan foydalanish operativ modal tahlil.

### Foydalanilgan adabiyotlar

Afanasyev, V.S. Baho iqtisodiy samaradorlik monitoring sun'iy ko'priklarning inshootlarining texnik holati. 2-qism. Tizim monitoring / V.S. Afanasiev, N.A. Donets // Transport qurilishi. - 2016 yil. (2). - C. 2-4.

Afanasyev, V.S. Prognozlash yuk ko'tarish qobiliyati ko'priklari. / V.S. Afanasiev, N.A. Donets // Qurilishni mexanizatsiyalash. - 2016. - No 5 (77). -C.53- 59.

Belutskiy, I.Yu. Mukammallik usullari hisoblash Va taxminlar Boshqariladigan temir-beton ustki inshootlarning ishlash qobiliyati: dis. ... Dr. bular. Fanlar: 23.05.11 / Igor Yurievich Belutskiy. - Xabarovsk, 2004 yil. - 286 b.

Bokarev, S.A. istiqbollari ilovalar cho'ntak kompyuterlar da ko'priklarni qurish va ulardan foydalanish / S.A. Bokarev, I.I. Snejkov, A.N. Yashnov, P.S. Mochalkin // Herald ko'priklari qurilishi. - 2004 yil. (3-4). - C. 37-39.

Bokarev, S.A. Kichik o'lchamli avtomatlashtirilgan tizimlari Uchun ISSO / S.A diagnostikasi. Bokarev, I.I. Snejkov, A.N. Yashnov // Yo'l va yo'l iqtisodiyot. - 2007 yil. (9). - C. 25.

Bokarev, S.A. Ekspress baholash texnik holatlari ekspluatatsiya temir-beton qamrab oluvchi binolar temir yo'l dinamik parametrlarga ko'ra ko'priklari / S.A. Bokarev, D.N. Tsvetkov // Izvestiya Transsib. - 2010 yil. - № 1 (1). - C. 91-98.

Bondar, I.S. Metal ustki tuzilmalarining deformatsiyalarini o'lchash ko'priklari / I.S. Kuper // Transport dunyosi. - 2016 yil. - № 67 (6). - C. 36-51.

Bondar, I.S. Metallarning diagnostikasi va monitoringi temir yo'l ko'priklari / I.S. Bondar, M. Ya. Kvashnin // politransport tizimlari: materiallar IX Xalqaro ilmiy va texnik konferentsiyalar. - SGUPS. - 2017 yil. - 35-43 s.

Vapnik, V.N. Naqshlarni tanib olish nazariyasi. Statistik muammolar o'rganish / V.N. Vapnik, VA MEN. Chervonenkis. - M.: fan, 1974 yil. - 416 c.

Voronov, A.A. barqarorlik, nazorat qilish qobiliyati, kuzatuvchanlik / A.A. Voronov. - M.: Nauka, 1979 yil. - 337 c.

Glebov, N.I. Optimallashtirish usullari. / N.I. Glebov, Yu.A. Kochetov, A.V. Plyasunov. -N.: NSU, 2000. - 105 c.