



## ДИНАМИК ПАРАМЕТРЛАРНИ ЎЗГАРИШНИ ҲИСОБГА ОЛГАН ҲОЛДА ТЎСИНЛИ КЎПРИКЛАРНИНГ ТЕХНИК ҲОЛАТИНИ БАҲОЛАШ

Неъматилла Асатиллаевич Нишонов<sup>1</sup>

PhD, катта илмий ходим

E-mail:nematilla@mail.ru

<sup>1</sup>ЎРФА Механика ва иншоотлар сейсмик  
мустваккамлиги институти,

Зиёвуддин Қахрамон ўғли Рахимжонов<sup>2</sup>

Кўприклар ва тоннеллар кафедраси ассистенти.

E-mail: ziyoviddin.raximjonov@mail.ru

<sup>2</sup>Тошкент давлат транспорт университети,

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7124265>

### ARTICLE INFO

Received: 24<sup>th</sup> September 2022

Accepted: 26<sup>th</sup> September 2022

Online: 29<sup>th</sup> September 2022

### KEY WORDS

Вибродинамик текшириш,  
динамик таъсирлар, оралиқ  
қурилма, юк кўтариш  
қобилияти, статик модел,  
нуқсонлар, кўприк  
иншоотининг  
умурбоқийлиги.

### ABSTRACT

Ушбу мақолада тўсинли кўприкларнинг оралиқ  
қурилмаларининг динамик параметрлари  
ўзгаришини баҳолаш ва ҳисобга олиш усулларидан  
вибрадинамик баҳолаш усули ёритиб ўтилган.  
Конструкцияларнинг вибродинамик текширишнинг  
афзалликлари, мақсади, вазифалари, шунингдек,  
вибродинамик текшириш орқали, кўприкларни  
техник ҳолатини баҳолаш бўйича ишларнинг  
таҳлили кўриб чиқилган ҳамда, ушбу усулни қўллаш  
жараёнига қўйиладиган замонавий талабларга  
тўхталиб ўтилган.

Транспорт иншоотларидаги  
нуқсонларни ўз вақтида аниқлаш  
уларни сақлаш ва таъмирлаш  
харажатларини сезиларли даражада  
камайтиради. Сўнгги пайтларда кўплаб  
тадқиқотлар кўприкларни сақлаш ва  
улардан фойдаланиш стратегиясини  
такомиллаштиришга қаратилган.  
Вақти-вақти билан текшириш ва юзага  
келган нуқсон ва шикастланишларни ўз  
вақтида аниқлаш транспорт  
иншоотларининг эксплуатацион  
ишончилиги ва хавфсизлиги учун  
асосдир.

Кўприкларни диагностика қилиш  
бўйича ишлар мажмуаси, кўприклар ва  
унинг конструкцияларини текшириш ва  
техник кўриқдан ўтказиш бўйича ишлар

олиб борадиган юқори малакали  
муҳандисларни талаб қилади. Бундан  
ташқари, ҳозирги вақтда  
қўлланиладиган диагностика  
усулларининг мураккаблиги ва баъзан  
яширин нуқсонлар ҳамда  
шикастланишларни аниқлашнинг  
иложи йўқлиги сабабли  
конструкцияларнинг ишлаш ҳолатини  
етарлича аниқлаб бўлмайди. Олинган  
натижаларнинг ишончилигини  
ошириш, транспорт воситаларининг  
хавфсизлиги, ишончилиги ва  
иқтисодий самарадорлигини  
таъминлаш, олинган натижаларига  
инсон омилининг таъсирини  
минималлаштириш учун замонавий  
компютер технологияларини жорий



этиб, олинадиган натижалар самарадорлигини ошириш мумкин. Шунинг учун олинадиган натижаларининг ишончлилигини ошириш усулларини ишлаб чиқиш ҳозирги вақтда жуда муҳим муаммо ҳисобланади.

Транспорт иншоотларини жорий ҳолати аниқлашнинг асосини объектни техник ҳолатини баҳолаш мақсадида даврий кўриқдан ўтказиш ва диагностика қилиш ташкил қилади. Умуман олганда, кўприк оралиқ қурилмаларининг техник ҳолатини баҳолашни шикастланишларни аниқлаш ва техник ҳолат тоифасини белгилаш жараёни деб таърифлаш мумкин. Бироқ, баҳолашнинг аниқлигини ошириш ва инсон омилининг таъсирини минималлаштириш учун, конструкцияларни текширишнинг инструментал усулларидадан фойдаланган ҳолда диагностика жараёнини автоматлаштириш зарурдир. Бугунги кунда диагностика ҳар хил турдаги муҳандислик иншоотлари учун стандарт процедура ҳисобланади. Кўприклар учун бу муҳим аҳамиятга эга, чунки шу тарзда олинган маълумотлар конструкциядаги шикастланишларни аниқлашнинг асосий вазифасидан ташқари иншоотнинг ишлаш самарадорлигини баҳолаш, ўз вақтида кучайтириш ва таъмирлашни таъминлаш, шунингдек, лойиҳа ечимлари ва қурилиш технологияларини такомиллаштириш учун тадқиқот мақсадларида ҳам фойдаланиш мумкин.

Иншоотнинг техник ҳолатини баҳолаш визуал текшириш ва инструментал усуллар билан амалга оширилиши мумкин. Визуал текшириш орқали

баҳолаш бир қатор муҳим камчиликларга эга: бу тадқиқот муҳандисининг малакасига боғлиқ - нуқсонларнинг ривожланиш даражасини, шунингдек, яширин ва кўз билан кўриш қийин бўлган конструкциядаги нуқсонларини аниқ баҳолаш мумкин эмас. Айнан шундай нуқсонлар иншоотнинг ишлашига таъсир қилади ва инструментал бузмасдан туриб синаш усуллари билан аниқланиши мумкин. Ушбу усулларни A.Rytter [13] ўз ишида таҳлилин келтириб ўтган. Буларга мисол қилиб, Акустик эмиссия, Ультра товушли текшириш, Магнит кукунли текшириш, Вибродинамик текшириш, Электромагнит (вихретоковый) текшириш ва бошқа синов усулларини келтиришимиз мумкин. Булардан кўприк оралиқ қурилмалари ва бошқа конструкцияларни текширишда энг самарали усул сифатида вибродинамик текшириш усулини айтишимиз мумкин. Вибрдинамик текшириш усулининг асосий ғояси - иншоотнинг сунъий ёки табиий динамик реакцияси келтириб чиқариш асосида, иншоотнинг ҳолатини унинг динамик параметрлари бўйича баҳолаш тушунилади. Юк кўтариш қобилиятига таъсир қилувчи ҳар қандай маҳаллий нуқсоннинг пайдо бўлиши, унинг динамик параметрларининг ўзгаришига олиб келади. Бу эса ўз навбатида акселерометрлар билан ўлчанадиган динамик ёзувларга таъсир қилади. Бундай ҳолларда, датчиклар шикастланиш жойидан қатъи назар оралиқ қурилмани исталган жойига ўрнатилиши мумкин. Бироқ, бундай умумий диагностика фақат динамик



параметрларга таъсир қиладиган нуқсонларни тузатишга имкон беради. Таърифга асосланиб, бузмасдан туриб ўтказиладиган текширишларни маҳаллий ва глобал диагностика гуруҳларига бўлишимиз мумкин. Текширувлар давомида глобал диагностика муҳим ҳисобланиб, конструкцияда шикастланиш мавжудлигини баҳолашга имкон беради, ҳамда, вибрдинамик текшириш усули ёрдамида зарарни локализация қилиш ва унинг ривожланиш даражасини аниқлаш мумкин. Бундан ташқари, кўприкларнинг режалаштирилган диагностикасида уларнинг динамик параметрларини вибрдинамик текшириш усули орқали диагностика қилиш мумкин. Иншоотлар учун эксплуатация даврининг охиридаги бу диагностика муҳим эксплуатацион ва молиявий аҳамиятга эга. Чунки кўприкнинг техник ҳолати яхши бўлса, реконструкция қилиш ёки капитал таъмирлаш кечиктирилиши мумкин. Ушбу ёндашувни кўприк инфратузилмасини бошқариш нуқтаи назаридан қўллаш ҳар бир иншоотнинг техник ҳолатига қараб таъмирлаш ишларининг устуворлигини белгилаб, иншоотларни реконструкция қилишнинг мақбул стратегиясини ишлаб чиқишга имкон беради. Бундай бошқарув тизими асосий талабларга жавоб берадиган сунъий иншоотларни сақлаш учун мақбул стратегияни танлаш орқали йўллар тармоғидан фойдаланиш самарадорлигини оширади, таъмирлаш ва реконструкция қилиш харажатларини минималлаштиради, иншоотларнинг ишлаш муддатини

кўпайтиради, конструкцияларнинг ишончилиги ортади.

Бу соҳада, тебранишларни бошқариш усуллари ва асбоб-ускуналар базасини такомиллаштириш, шу билан бирга ривожланишнинг ушбу йўналишининг долзарблигини асослаш ва уни эрта амалга оширишга ҳисса қўшиш учун бир қатор тадқиқотлар олиб борилмоқда.

М. Э. Соломенцевнинг ишида [2] автойўл кўприкларининг узлукли темир-бетон оралиқ қурилмаларининг техник ҳолатини аниқлаш учун тебранишни бошқариш усули таклиф қилинган. Унинг усулида сейсмик-вибрацияли қурилмани оралиқ қурилмага ўрнатиб, сунъий тўлқин ҳосил қилинади, ҳамда тебранишлар тўғрисидаги маълумотларни ёзиб олишга асосланган. Кейинчалик, экспериментал равишда олинган амплитуда-частота хусусиятларини ҳисобланган характеристикалар билан таққослаш орқали экспериментал қийматдан оғиш, конструкцияда нуқсонлар мавжудлигини кўрсатади. Бунда, нуқсон ёки шикастланиш белгиси нуқсонсиз (математик) моделга нисбатан табиий тебранишларнинг биринчи, иккинчи ёки учинчи частотасининг ўзгариши эканлигини аниқланади. Бундан, асфалт-бетон қопламасининг қалинлиги иншоотнинг модал хусусиятларига таъсири ва оралиқ қурилманинг юк кўтариш қобилиятининг пасайишига олиб келади.

Д.Н. Цветков диссертация ишида [3] бир оралиқли темир йўл кўприкларининг пўлат темирбетон тўсинли оралиқ қурилмаларининг техник ҳолатини уларнинг динамик параметрлари бўйича баҳолашни такомиллаштиришга



бағишланган. Бу ерда кўприкнинг ўзига хос вертикал ва кўндаланг горизонтал тебранишларининг частоталари юк йўқолгандан кейин ёки паст массали юкнинг конструкцияга қисқа муддатли динамик таъсир кўрсатгандан сўнг, оралиқнинг ўртасида нуқта тезланишининг тебраниш дастурлари билан аниқлашда, техник ҳолатни тезкор баҳолаш усули таклиф этилади. Синов натижаларига кўра, носозликлар мавжудлигининг белгиси конструкциянинг табиий тебранишларининг дастлабки частотаси қийматининг хизматга яроқли конструкция қийматига нисбатан пасайиши эканлиги аниқланди.

Н.А. Донец конструкциянинг демпферловчи хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда кўприкдан ўтаётган транспорт воситасининг жавобини таҳлил қилиш асосида кўприкларнинг узлукли оралиқ қурилмаларидаги шикастланишларни аниқлаш методологиясини ишлаб чиқди [4]. Ушбу таҳлил частота ва вақт соҳаларида конструкциянинг жавобини таҳлил қилувчи ва шу билан фойдаланилган маълумотларнинг ахборот мазмунини оширадиган тўлқинли функциядан фойдаланишга асосланган. Тавсия этилган методология конструкциянинг кучланганлик-деформация ҳолатига таъсир қилувчи контсентрацияланган нуқсонларнинг мавжудлигини, сонини, жойлашини ва ривожланиш даражасини юқори аниқлик билан аниқлашга имкон беради.

Тўлиқ ҳажмли конструкцияларнинг динамик ҳаракатини экспериментал ва назарий таҳлил қилиш асосида қурилиш конструкцияларининг ҳозирги

ҳолатини кузатишнинг автоматлаштирилган тизимини А.А. Живаев [5] ўз тадқиқотларида ишлаб чиққан. Шу мақсадда ахборотни моделлаштириш, чекли элементларни моделлаштириш, назарий ва экспериментал динамик таҳлил технологияларини ўз ичига олган қурилиш объектларини динамик мониторинг қилиш технологияси ишлаб чиқилди.

Кўприк конструкцияларига қўлланиладиган тебранишларни бошқаришга асосланган турли шикастланишларни аниқлаш усуллари [6] ишда батафсил таҳлил қилинган. Тўлқинлар таҳлили, тебраниш режимларини баҳолаш усуллари ва эгилувчанлик ва бикрлик матритсаларини таҳлил қилиш каби иншоотлардаги шикастланишни фақат ёзувлар орқали аниқлай оладиган усуллар аниқланган. Улар уч хил ёндашувда таққосланади: дарзли тўсинлар учун шикастланишларнинг ривожланиши рақамли метод билан моделлаштириш; углерод толаси билан мустаҳкамланган металл ва бетон тўсинларнинг лаборатория синовлари; реал объектлар синови турли шикастланишларнинг ривожланиши билан амалга оширилади.

Вибродинамик текшириш муаммосини ҳал қилишнинг умумий ёндашуви статистик шаклларини аниқлаш парадигмаси контекстида таклиф қилинган [7]. Шаклларни аниқлаш-бу объектларни бир нечта тоифалар ёки синфлар бўйича таснифлашга қаратилган фан, объектлар эса тасвирлар деб аталади. Ушбу кетма-кетликка кўра, тебраниш орқали



текшириш жараёнини 4 босқичга бўлиш мумкин:

1. Объектни таҳлил қилиш ва баҳолаш учун параметрларни танлаш;
2. Маълумотларни ўлчаш ва қайта ишлаш;
3. Маълумотлардан параметрларни ҳисоблаш;
4. Статистик моделларни ишлаб чиқиш.

Биринчи босқичда иншоотнинг қайси параметрлари назорат қилинади ва тебраниш асосида текшириш қандай амалга оширилади деган саволга жавоб берилади. Ушбу босқичда шикастланишни аниқлаш жараёни текшириладиган объектнинг белгиларига мослаштирилади.

Маълумотларни ўлчашда конструкциядаги тебранишларни қўзғатиш усулини танлаш, датчиклар турини танлаш, тайёргарлик ишларини бажариш (датчикларни ўрнатиш жойлари ва ёзиш вақтини аниқлаш) ва кўрсаткичларни ёзиб олиш, узатиш ва тўплаш билан боғлиқ барча жараённи ўз ичига олади.

Кейинги қисмда текшириладиган объектдаги шикастланишга сезгир бўлган параметрларни ҳисоблашни назарда тутлади. Параметрларни аниқлаш, нуқсонли конструкцияни реал ёзувлар орқали (нуқсонсиз) аниқ ажратиш - шикастланишни аниқлаш бўйича кўплаб тадқиқотларнинг мақсади ҳисобланади. Шунинг учун белгиларни ҳисоблаш жараёни ўлчанган маълумотлар асосидаги тадқиқот объектини тавсифловчи математик модел параметрларини излашдир.

Охириги босқичнинг мақсади статистик таҳлил - ҳисобланган параметрлар

асосида тузилмаларнинг турли ҳолатларга ажратиш учун статистик моделларни ишлаб чиқишдан иборатдир. Моделларни қуриш алгоритмлари одатда 3 тоифага бўлинади: таснифлаш (classification), чизиқли регрессия (linear regression) ва эмиссия скрининги (Outlier or novelty detection). Муайян алгоритмдан фойдаланиш имконияти мос ёзувлар ва шикастланган конструкциялардан олинган маълумотларнинг мавжудлиги билан белгиланади. Тақдим этилган барча алгоритмлар, шикастланишни аниқлаш жараёнининг самарадорлигини ошириш учун олинган параметрлар статистик таҳлил қилади. Хулоса қилиб айтадиган бўлсак вибродинамик текширишнинг асосий мақсади иншоотга етадиган шикастланишни башорат қилиш бўлиб, бунда иншоотнинг қолган хизмат муддатини унинг ҳозирги ҳолатини ҳисобга олган ҳолда баҳолашдан иборат. Кўприкларнинг тўсинли оралиқ қурилмаларининг ҳолатини баҳолашнинг бир қисми сифатида, ушбу мақсадга турли хил техник ҳолатдаги, бир хил турдаги иншоотларни статистик таҳлил қилиш орқали эришиш мумкин.

Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда, биз вибродинамик текшириш асосида техник ҳолатни баҳолашга қўйиладиган бир қатор талабларни шакллантирамиз:

- Тўсинли кўприкларнинг оралиқ қурилмаларининг техник ҳолатини баҳолашнинг энг самарали усули бу вибродинамик текшириш ҳисобланади. Усулни қўллаш текширишларни автоматлаштириш ва аниқлигини ошириш, кўприк инфратузилмасини самарали сақлаш имконини беради.



- Конструкциядаги шикастланиш мавжудлигини аниқлаш учун нуқсонларнинг ривожланиш даражаси бўйича градацияга асосланган иншоотнинг турли ҳолатларини ажратиш учун замонавий статистик таҳлил алгоритмларидан фойдаланиш керак;
  - Ҳолатни тезкор баҳолашни ривожлантириш ва иншоотнинг техник ҳолати тоифасини белгилаш доирасида статик моделлар асосида унинг динамик параметрлари тўғрисидаги маълумотларга кўра кўприкнинг юк кўтариш қобилиятини баҳолаш усулини ишлаб чиқиш зарур;
  - Вибрацияни ўлчаш датчикларнинг жойлашиши ва тўсинли оралиқ қурилмалар учун ўлчовларни қайд этиш муддати, шикастланишларни аниқлаш усулларининг самарадорлигини ошириш ва объектда нуқсонларни нотўғри аниқлаш эҳтимолини минималлаштириш учун тартибга солиниши керак.
- Сунъий иншоотларни сақлаш бўйича оқилона стратегияни танлаш, асосий талабларга жавоб берадиган йўллар тармоғидан фойдаланиш самарадорлигини оширади ҳамда, таъмирлаш ва реконструкция қилиш харажатларини минималлаштиради, иншоотларнинг эксплуатация қилиш даврини узайтиради. Ушбу мақсадга эришиш учун қуйидаги вазифалар бажариш керак:

▣ Иншоотнинг техник ҳолатини аниқлаш учун тўсинли кўприкларнинг оралиқ қурилмаларини вибродинамик текшириш усулидан фойдаланишни асослаш;

▣ Тўсинли кўприкларнинг оралиқ қурилмаларининг динамик синовларидан олдин ҳисоб-китоблар кетма-кетлигини ишлаб чиқиш;

▣ Тўсинли кўприкларнинг оралиқ қурилмаларини тўлиқ синовдан ўтказишда операцион модал таҳлилни амалга ошириш;

▣ Тўсинли кўприкларни оралиқ қурилмаларининг юк кўтариш қобилиятини уларнинг динамик параметрлари тўрисидаги маълумотларга мувофиқ аниқлаш методологиясини ишлаб чиқиш.

Ишнинг хулосаси шундан иборатки, нуқсонларни аниқлаш усулларининг самарадорлиги шикастланиш зоналари яқинида жойлашган сенсорлар сони, олинган динамик ўлчашларда мавжуд бўлган шовқин даражаси, нуқсоннинг жойлашиши ва ривожланиш даражаси каби бир неча омилларга боғлиқдир. Техник баҳолашнинг маълум бир усулни энг яхши деб ажратилмайди, аксинча, барча кўриб чиқилган усулларни бир вақтнинг ўзида қўллаш тавсия қилинади, кейин бир нечта усул шикастланишни аниқ кўрсатса, транспорт иншоотини техник ҳолатини муваффақиятли аниқлашга эришилади.

## References:

1. Raximjonov, Z. Q. O. (2022). ZILZILA OQIBATIDA KO 'PRIKLARINI SHIKASTLANISHI VA ULARNING SABABLARI. Academic research in educational sciences, 3(5), 913-919.
2. Соломенцев, М.Е. Методика динамической диагностики типовых балочных железобетонных пролетных строений автодорожных мостов: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.11 / Михаил Евгеньевич Соломенцев. - М., 2011. - 163 с.



3. Цветков, Д.Н. Оценка технического состояния сталежелезобетонных пролетных строений железнодорожных мостов по динамическим параметрам: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.11 / Дмитрий Николаевич Цветков. - Новосибирск, 2010.- 124 с.
4. Донец, Н.А. Идентификация повреждений в балочных пролетных строениях мостов на основе анализа отклика проходящих по ним транспортных средств: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.11 / Николай Александрович Донец. - Новосибирск, 2013.- 190 с.
5. Живаев, А.А. Мониторинг строительных конструкций: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01 / Александр Александрович Живаев. - Пенза, 2011. - 192 с.
6. Salgado, R. Damage Detection Methods in Bridges through Vibration Monitoring: Evaluation and Application: dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy / R. Salgado. - University of Minho, 2008. - 320 с.
7. Doebling, S.W. Damage Identification and Health Monitoring of Structural and Mechanical Systems from Changes in Their Vibration Characteristics: A Literature Review / C.R. Farrar, M.B. Prime, D.W. Shevitz, Doebling, S.W. . - Los Alamos National Laboratory, University of California, 1996. - С. 136.
8. Rahimjonov, Z. (2022). EVALUATION OF SEISMIC STRENGTH OF CAR BRIDGES UNDER VIBRODYNAMIC EFFECTS. Scienceweb academic papers collection.
9. Ergashev, A. S., & Raximjonov, Z. Q. (2022). MUTAXASISILIK FANLARINI OQITISHDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNING QOLLANILISHI. Central Asian Academic Journal of Scientific Research, 2(5), 31-34.
10. Raximjonov, Z., & A'Zamov, N. (2022). AVTOMOBIL KO 'PRIKLARINI ORALIQ QURILMALARIDAGI DINAMIK XARAKTERISTIKALARINI BAXOLASH SOXASIDAGI XOLATI. Science and innovation, 1(A5), 449-453.
11. Nishonov, N., Bekmirzaev, D., Ergashov, A., Rakhimjonov, Z., & Khurramov, A. (2021). Underground polymeric l-shaped pipeline vibrations under seismic effect. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 02037). EDP Sciences.
12. Salikhanov, S., Pulatova, Z., Zakirov, F., Rahimjonov, Z., & Abdullayev, A. (2021). Determination of deformations and self-stress in concrete on stress cement. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 02056). EDP Sciences.
13. Rytter, A. Vibrational Based Inspection of Civil Engineering Structures / A. Rytter. - Aalborg University, 1993. - 207 с.