

TEMIRBETON KO'PRIKLAR UCHUN REZINA-METALL TAYANCH QISMLAR TURINI TANLASH

Barotov Ashurali Ixtiyor o'g'li
Mardonov Anvar Amrullo o'g'li
Toshkent davlat transport universiteti

Maqolada real zilzila yozuvlari bo'yicha seysmik ta'sirlarni hisobga olgan holda uzluksiz temirbeton ko'prik va yo'l o'tkazgichlarga rezina-metall tayanch qismlarning turi tanlanadi. Ikkita real seysmogramma yozuvlari asosida uzluksiz ko'prikning oraliq qurilmasidagi normal maksimal kuchlanishlarni hisoblash natijalari keltirilgan. Amalga oshirilgan hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, MSK-64 bo'yicha oraliq qurilma va ko'prik tayanchlari kuchli va juda kuchli zilzilalar uchun yetarli darajada mustahkamlik zahirasiga ega.

Tayanch iboralar: ko'priklar va yo'l o'tkazgichlar, seysmik himoya, real zilzila yozuvlari, seysmogramma, tayanch qism, zilzilabardoshlik, chekli elementlar usuli.

В статье выбирается тип резинометаллических опорных частей неразрезных железобетонных мостов и путепроводов с учетом сейсмических воздействий по реальным записям землетрясений. Представлены результаты расчета нормальных максимальных напряжений пролетного строения неразрезного моста от динамической нагрузки, по записям двух реальных сейсмограмм. Проведенные расчеты показывают, что пролетное строение и опоры моста имеют достаточный запас прочности для сильных землетрясений по MSK-64.

Ключевые слова: Мосты и путепроводы, сейсмозащита, записи реальных землетрясений, сейсмограмма, опорная часть, сейсмостойкость, метод конечных элементов.

The article selects the type of rubber-metal bearings of continuous reinforced concrete bridges and overpasses, taking into account seismic effects according to real earthquake records. The results of the calculation of the normal maximum stresses of the continuous bridge span from the dynamic load, based on the records of two real seismograms, are presented. The performed calculations show that the span structure and the bridge supports have a sufficient margin of safety for strong earthquakes according to MSK-64.

Keywords: Bridges and overpasses, seismic protection, records of real earthquakes, seismogram, bearing part, seismic stability, finite element method.

KIRISH

Ma'lumki, O'zbekistonda qurilishning katta qismi seysmik xavfli hududlarga to'g'ri keladi. Inshootlarni seysmik ta'sirlardan himoya qilish qurilishning muhim vazifasidir. Ko'priklarni seysmik himoya qilish sohasidagi jahon tajribasini o'rganish

shuni ko'rsatadiki, seysmoizolyatsiya tamoyillaridan foydalanish keng tarqalgandir. Ushbu usul bilan seysmohimoyaviy element sifatida ishlaydigan tayanchlar va oraliq qurilmalar orasiga egiluvchan (rezina-metall) yoki sirpanuvchan (скользящие) tayanch qismlari o'rnatiladi.

Kuchli zilzilalar (7 ball va undan ortiq intensivlik bilan) katta deformatsiyalarga, ba'zan esa halokatga olib kelishi mumkin. Bunday oqibatlarga yo'l qo'ymaslik uchun ko'priklar ishlab chiqarilgan materialdagi ichki ishqalanish yoki elastik bo'lmagan deformatsiyalar tufayli tebranishlar paytida energiyani tarqatish qobiliyatiga ega bo'lishi lozim [1].

Energiyani tarqalish muammolari, kritik miqdor 5% dan kam zaif so'ndirish xususiyatlariga ega bo'lgan, ayniqsa, katta oraliqli ko'priklar uchun juda muhimdir. Bunday ko'priklarda kuchli zilzilalar paytida tebranishning so'nishi faqat ichki ishqalanish va noelastik deformatsiyalar tufayli sodir bo'ladi. Seysmik ta'sirlarda ko'priklar 0,5 dan 5 Ghz gacha bo'lgan past xususiy chastotalarda bo'lganligi tufayli boshqa inshootlarga qaraganda nisbatan ancha zaifdir. Bunday chastotalar seysmik ta'sirlar paytida dominant chastotalarga yaqin bo'ladi [1].

Asosiy qism. Hozirgi vaqtda ko'plab mamlakatlarda tayanch qismlarining yangi turlari ishlab chiqildi, seysmohimoyaviy ko'priklarni hisoblari bo'yicha meyoriy hujjatlar takomillashtirildi. Seysmik izolyatsiyaga ega tayanch qismlarini tanlash va loyihalashning dastlabki bosqichida ko'plab mamlakatlarning meyorlarida soddalashtirilgan modellarga ruxsat beriladi. Afsuski, bugungi kunda seysmik izolyatsiya qurilmalarini hisoblash bo'yicha Rossiya va O'zbekiston me'yorlarida tavsiyalar kiritilmagan. Ko'prik konstruksiyasiga seysmik ta'sirni kamaytirish uchun uni rezonans hodisalarining paydo bo'lishini istisno qiladigan tarzda loyihalash lozim. Oddiy tayanch qismlarni seysmik izolyatsiyali tayanch qismlari bilan almashtirish ko'priklarning tebranish davrini 1 soniya yoki undan kamroq qiymatdan 3 soniya yoki undan ko'proqqa oshirish imkonini beradi. Bu inshootdagi seysmik yukni 3...5 martagacha kamaytiradi [1, 2].

Ta'kidlash joizki, hozirgi vaqtda ko'prik inshootlarining seysmik izolyatsiya va seysmoso'ndirish masalalariga bag'ishlangan 20 ga yaqin monografiyalar chop etilgan. Ko'priklarda seysmik izolyatsiya qurilmalarini qo'llash bo'yicha ilmiy ishlar [2-6] da ko'rib chiqilgan. [5, 6] ishlarda ko'priklarning seysmik izolyatsiyasi va seysmoso'ndirishi qurilmalari, ko'priklarning seysmik tebranishlari xususiyatlarini hisobga olish, seysmik yuklarni baholash, shuningdek seysmik va harakatdagi tarkib yuklarining uyg'unlik koeffitsiyentlari hamda hisobiy ta'sirni belgilash masalalari ko'rib chiqilgan.

So'ngi paytlarda seysmik ta'sir sifatida zilzila yozuvlarining seysmogrammalari tanlanayapti [7, 8]. Shu munosabat bilan mavjud seysmogramma yozuvlari asosida zilzilalar ta'sirida ko'prik va yo'l o'tkazgichlarning hisob-kitoblarini amalga oshirish usullari va dasturiy vositalarini ishlab chiqishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Kuchli zilzilalar paytida qayd etilgan hamda Yevropa va AQShdagi barchaga ma'lum ma'lumotlar bazalarida saqlanadigan seysmogrammalarning mavjud real yozuvlari asosida hisob-kitoblar [9], konstruksiyaning o'zini tutishini real masshtabda o'rganishga, shuningdek hisoblanadigan ko'priklar va yo'l o'tkazgichlar elementlarining mustahkamligini baholashga imkon beradi. Ushbu yondashuv qurilish maydonchasida ma'lum bir intensivlikka ega bo'lgan seysmik ta'sirlar ostida ko'priklar va yo'l o'tkazgichlar ishonchliligini kafolatlangan baholanishini ta'minlaydi. Hisoblangan ko'priklar noxiziqli xususiyatlarga ega seysmik himoya vositalari bilan jihozlanganligi sababli, hisoblash to'g'ridan-to'g'ri dinamik usul bilan amalga oshirilishi lozim.

Ko'priklar konstruksiyasining murakkabligi va seysmik ta'sirning fazoviy xarakteri tufayli ularning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatlarini hisoblashning analitik usullarini qo'llash mumkin emas. Shuning uchun masalani yechishda sonli usullar qo'llaniladi. Ta'sir turli xil ballar uchun amplitudani sozlash bilan uch yo'nalishda seysmogrammalarning bir qator yozuvlari shaklida beriladi [10, 11].

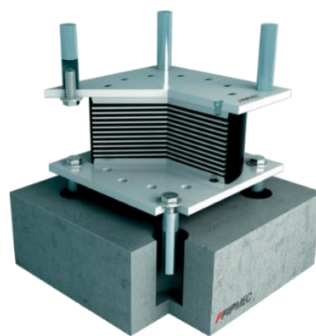
Maqolada ikki turdagi rezina-metall tayanch qismlar ko'rib chiqildi (1-2-rasmlar):

- LRB seriyali qo'rg'oshin o'zakli (свинцовый) izolyatorlar;
- SI-N seriyali rezina-metall izolyatorlar (normal).

LRB seriyasining qo'rg'oshin o'zakli izolyatorlari – silindrsimon qo'rg'oshin o'zak bilan to'ldirilgan rezina qatlamlari bilan almashinadigan po'lat plastinalardan iborat rezina-metall tayanch qismlardir (1-rasm). Energiyaning tarqalishi qo'rg'oshin o'zak tomonidan plastik deformatsiyalari paytida ta'minlanadi, bu esa 30% darajadagi ekvivalent yopishqoq dempirlash koeffitsientiga erishishga imkon beradi [12].



1-rasm. LRB seriyali qo'rg'oshin o'zakli rezina-metall izolyatorlar



2-rasm. SI-N seriyali rezina-metall izolyatorlar

LRB izolyatori siljishdagi bikirligi $G=0,8$ MPA, diametri 900 mm rezina qatlamli qalinlikka ega hamda diametri 160 va 185 mm qo'rg'oshin o'zakli bo'lgan rezina birikmadan tayyorlangan. Maqolada seysmik izolyatsiyani hisobga olgan holda uzluksiz temirbeton ko'priklarni loyihalash uchun ikkita tayanch qismlarning variantini taqqoslash amalga oshirildi. Turli xil ruxsat etilgan siljishlariga ega bo'lgan LRB-SN

va SI-N seriyali rezina-metall izolyatorlarning ikki chiziqli (билинейный) egri chiziqni tavsiflovchi ξ_e , K_v , F_1 , d_2 va F_2 parametrlari 1-jadvalda keltirilgan [12].

LRB seriyali izolyatorning gisterezis harakati, shuningdek, ular tegishli bo'lgan maksimal siljish d_2 va mos keladigan F_2 kuchiga qarab, samarali bikirlik K_e va ekvivalent yopishqoq dempirlash koeffitsiyenti ξ_e bilan bitta chiziqli grafik sifatida tasvirlanishi mumkin [6, 12]:

$$K_e = \frac{F_2}{d_2}; \quad (1)$$

$$\xi_e = \frac{2}{\pi} * \left[\frac{F_1}{F_2} - \frac{d_1}{d_2} \right]. \quad (2)$$

bu yerda K_e – samarali gorizontaal bikirlik (d_2 siljishda);

ξ_e – ekvivalent yopishqoq dempirlash koeffitsiyenti (d_2 siljishda);

F_2 – maksimal gorizontaal kuch (d_2 qiymatdagi siljish);

F_1 – qarshilik chegarasi (oquvchanlik kuchi);

d_1 – oquvchanlik chegarasigacha bo'lgan siljish.

Ikkinchi turdagi izolyator – SI seriyali issiq vulkanizatsiya usuli bilan birlashtirilgan rezina qatlamlari bilan almashinadigan po'lat listlardan tashkil topgan rezina-metall tayanch qismlardir. Rezina-metall izolyatorlar SI (seysmik izolyator) quyidagi harflar ko'rinishida belgilanadi: masalan, S (Soft – yumshoq), N (normal – normal) va H (Hard – qattiq). SI ni ishlab chiqarish uchun qo'llaniladigan rezina aralashmalar ekvivalent dinamik siljish moduli G_{din} 0,4 MPa dan 1,4 MPa gacha bo'ladi hamda 10% yoki 15% ga teng bo'lgan ekvivalent yopishqoq dempirlash koeffitsientiga ega [6, 12].

1-jadval

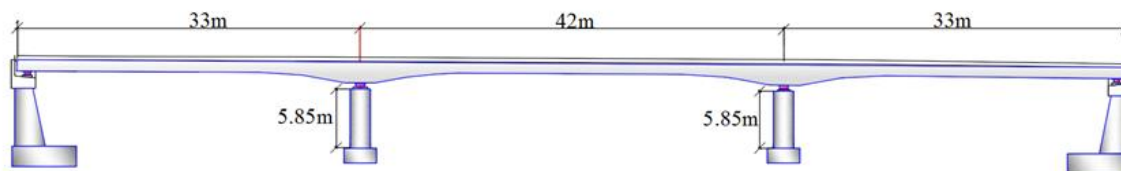
Turli xil ruxsat etilgan siljishlariga ega bo'lgan LRB-SN va SI-N seriyali rezina-metall izolyatorlarning dastlabki parametrlari

Ruxsat etilgan siljish, mm	Izolyator turi	K _e	ε _e	F ₂	F ₁	K _v	D _g
		kN/mm	%	kN	kN	kN/mm	mm
200	LRB-SN 900/144-160	d ₂ =167mm			241	3509	900
		3.83	20	639			
250	LRB-SN 900/171-185	d ₂ =208mm			312	2892	
		3.49	23	728			
300	LRB-S 900/162- 150	d ₂ =250mm			312	2892	
		2.27	21	817			
200	SI-N 900/108	4.71	Qo‘rg‘oshin o‘zaksiz izolyator			4377	900
250	SI-N 900/132	3.86				3582	
300	SI-N 900/168	3.03				2814	

Hisoblash natijalari. Samarqand shahridagi M-39 avtomobil yo'lining 1083-kilometridan o'tuvchi uzluksiz temirbeton ko'priki, har biri bir yo'nalishda harakatlanish uchun mo'ljallangan ikkita alohida ko'priki shaklida bajarilganligini ko'rib chiqamiz. Ko'prikning oraliq qurilmasi uzluksiz monolit temirbeton bo'lib, hisobiy sxemasi 33m + 42m + 33m individual loyihada bajarilgan, uzunligi 110 m va

kengligi 10,5 m. Oraliq qurilma fasad bo'yicha o'zgaruvchan (переменной) balandlikdagi plita ko'rinishida amalga oshiriladi, ya'ni tayanchlarda 2,3 m, oraliqlarda 1,3 m (4-rasm).

Ko'prik konstruksiyasi oraliq qurilmaning uzunligi bo'ylab balandlikning o'zgarishini hisobga olgan holda chekli elementlarga bo'linadi. Chekli element o'q bo'yicha cho'zilish-siqilish, ko'prikning bo'ylama o'qiga perpendikulyar o'qlarga nisbatan egilish va bo'ylama o'qqa nisbatan buralishni modellashtiriladi [8, 13].



4-rasm. Uzluksiz temirbeton ko'prik sxemasi

Seysmik xavfli hududlarda seysmik izolyatsiyalash moslamalari, xususan, rezina-metall tayanch qismlar ishlatiladi. Tayanch qism seysmik izolyatsiyalovchi rezina-metall qurilma bo'lib, ularning siljishdagi bikirligini kamligi tufayli hamda ishlatiladigan modellarga qarab oraliq qurilmalarning bo'ylama yo'nalishda 0,1 m dan 0,35 m gacha siljishiga imkon beradi [8, 14]. Tayanch qism cho'zilish-siqilish, ikki yo'nalishda siljish va buralishda ishlaydigan chekli element sifatida modellashtirilgan. Oraliq tayanchlarning o'lchamlari quyidagicha: balandligi 5,85 m, fasad bo'ylab kengligi - 2 m, ko'ndalang yo'nalishda esa kengligi 5 m dan 8,4 m gacha bo'lgan o'zgaruvchan o'lchamga ega. Samarqand hududining seysmikligi 8 ball sifatida qabul qilingan. Ko'prikning boshlanishi – oraliqning chap uchi chetki tayanchga mahkam bog'langan va ko'prikning oxiri, ya'ni o'ng uchi harakatlanuvchi tayanch qismlari bilan tayanchga bog'langan.

Ishda xavfli zilzilalar Tobas (Eron) va Kayrano (Italiya) ning ikkita real seysmogramma yozuvlari asosida dinamik yukdan uzluksiz ko'prikning hisoblash natijalari keltirilgan [9].

1. Cairano - 000319 (16.01.1981, MSK-64 bo'yicha 8 ball, maksimal tezlanish - $1,47 \text{ m/s}^2$, maksimal siljish - 0,0029 m, raqamlashtirish qadami - 0,005 s, davomiyligi - 22,175 s);

2. Tabas - 000187 (16.09.1978, MSK-64 shkalasi bo'yicha 9 balldan yuqori, maksimal tezlanish - $10,17 \text{ m/s}^2$, maksimal siljish - 0,3446 m, raqamlashtirish qadami - 0,005 s, davomiyligi - 78,395 s).

Uzluksiz ko'prik oraliq qurilmalarining yuqori va pastki qismlarida absolyut qiymatlar bo'yicha hisoblangan maksimal normal kuchlanish natijalari 2 va 3-jadvallarda keltirilgan. Konstruksiyalarni hisoblari SHARK dasturi yordamida amalga oshirildi [11].

2-jadval

Real zilzilalarning seysmik ta'sirida uzluksiz temirbeton ko'prik oraliq qurilmalarining yuqori qismidagi normal maksimal kuchlanishlar

Turli xil siljishlar bilan tayanch qism turi	Seysmik ta'sir nomi	Maksimal kuchlanishlar, MPA (dinamika)		
		Chap oraliqning o'rtasida (16.5m)	Ko'prikning o'rtasida (54m)	O'ng oraliqning o'rtasida (91.5m)
LRB-SN (200mm)	Cairano	0.12632	0.02991	-0.032722
	Tabas	1.537	0.99005	0.27594
LRB-SN (250mm)	Cairano	0.12634	0.029208	-0.032674
	Tabas	1.5452	0.99705	0.28179
LRB-SN (300mm)	Cairano	0.12607	0.029058	-0.03284
	Tabas	1.5388	0.99097	0.27762
SI-N (200mm)	Cairano	0.12404	0.028995	-0.033814
	Tabas	1.5162	0.97082	0.26142
SI-N (250mm)	Cairano	0.12398	0.028587	-0.033766
	Tabas	1.5042	0.9598	0.25565
SI-N (300mm)	Cairano	0.12357	0.027657	-0.033835
	Tabas	1.4913	0.94766	0.24972

10 va 8 balli zilzilalardagi normal kuchlanishlarning maksimal va minimal qiymatlarini tahlili shuni ko'rsatdiki, ko'prik konstruksiyasi kuchli va juda kuchli zilzilalarga bardosh bera oladi. Loyihalash me'yorlariga muvofiq, ruxsat etilgan kuchlanish qiymati 2,73 MPa ni tashkil qiladi.

3-jadval

Real zilzilalarning seysmik ta'sirida uzluksiz temirbeton ko'prik oraliq qurilmalarining pastki qismidagi normal maksimal kuchlanishlar

Turli xil siljishlar bilan tayanch qism turi	Seysmik ta'sir nomi	Maksimal kuchlanishlar, MPA (dinamika)		
		Chap oraliqning o'rtasida (16.5m)	Ko'prikning o'rtasida (54m)	O'ng oraliqning o'rtasida (91.5m)
LRB-SN (200mm)	Cairano	0.23169	0.19604	0.09983
	Tabas	1.6905	1.1525	0.41064
LRB-SN (250mm)	Cairano	0.23115	0.19626	0.099983
	Tabas	1.7373	1.1614	0.41634
LRB-SN (300mm)	Cairano	0.22838	0.19602	0.099792
	Tabas	1.7299	1.1549	0.41205
SI-N (200mm)	Cairano	0.22976	0.19387	0.098605
	Tabas	1.7066	1.1294	0.39407
SI-N (250mm)	Cairano	0.22905	0.194	0.098653
	Tabas	1.6921	1.1191	0.38807
SI-N (300mm)	Cairano	0.227666	0.1939	0.098577
	Tabas	1.6759	1.1088	0.38188

3-jadvaldan ko'rinib turibdiki, qo'zg'almas tayanch qismlari bilan ko'priknining chap oralig'idagi cho'zilishda maksimal kuchlanish 1,7373 MPa ni tashkil qiladi. Buning sababi, qo'zg'almas tayanch qismi seysmik to'lqinning energiyasini to'g'ridan-to'g'ri birinchi oraliqqa o'tkazishida. E'tiborlisi, ko'priknining uchta tayanchlarida qo'rg'oshin o'zakli rezina-metall tayanch qismlaridan foydalanish hisobiga, shuningdek, yopishqoqlik sababli oraliq qurilmalardagi energiya yo'qotilishlari mos ravishda, 1,5 martagacha - o'rta oraliqda kuchlanishlar (1,1614 MPa) va o'ng oraliqda 4 martagacha (0,41634 MPa) chap oraliqdagi bilan solishtirganda.

Tabas va Kayrano zilzilalari yozuvlari ko'ra yo'l qo'yarli turli xil siljishlarda ikki turdagi ko'priklar tayanchlarini taqqoslash natijalarini ko'rsatishicha, LRB-SN (250 mm) yuqori bikirlikka ega seysmik izolyatoridan foydalanish maqsadga muvofiqdir, chunki bu turdagi izolyatorlar eng yuqori dempfirlash koeffitsientiga ega.

Kattalashtirilgan dempfirlash koeffitsiyenti printsipial jihatdan dinamik ta'sirlar ostida izolyatorning umumiy bikirligini oshiradi, ammo tebranishlarni so'ndiradi.

XULOSALAR

Juda kuchli zilzilalar ta'siri ostida oraliq qurilmalarda paydo bo'ladigan normal kuchlanishlardan olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, ular loyihalash me'yorlarining ruxsat etilgan qiymatlaridan oshmaydi.

Zilzila yozuvlariga ko'ra turli xil ruxsat etilgan siljishlarga ega bo'lgan ko'priknining ikki turdagi tayanch qismlarini taqqoslash natijalari shuni ko'rsatdiki, LRB-SN (250 mm) seysmik izolyatoridan yuqori bikirlik bilan foydalanish tavsiya etiladi, chunki bu turdagi izolyator eng yuqori dempfirlash koeffitsientiga ega. Yuqori dempfirlash koeffitsienti printsipial jihatdan dinamik ta'sirlar ostida izolyatorning umumiy bikirligini oshiradi, lekin tebranishlarning so'ndirilishiga olib keladi. Seysmik hududlarda uzluksiz to'sinli temirbeton oraliq qurilmali ko'priklar uchun rezina-metall tayanch qismlarni qo'llash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Кадырова Ш.Ш. 2015. Выбор опорных частей мостов в сейсмических районах. Журнал «Проблемы механики». ИМиСС, Ташкент. (2), 59-62.
2. Уздин А.М., Сандович Т.А., Аль-Насер-Мохомад Самих Амин. 1993. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. Изд.ВНИИГ. С.-Петербург. 175с.
3. Шестоперов Г.С. 1986. Обзорная информация. Антисейсмические устройства в мостостроении. М.: ВПТИТРАНССТРОЙ, 46 с.
4. Skinner R.I., Robinson W.H., McVerry G.H. 1993. An introduction to seismic isolation. John Wiley & Sons. New Zealand. 353p.

5. Уздин А.М., Кузнецова И.О. Сейсмостойкость мостов. 2014. Книга. Palmarium Academic Publishing. 456 с.
6. Шермухамедов У.З. 2020. Гашение продольных сейсмических колебаний опор балочных мостов с сейсмоизолирующими опорными частями. Монография. Ташкент. 180 с.
7. Mirzaev I., Anvar Yuvmitov, Malikjon Turdiev and Jakhongir Shomurodov. 2021. Influence of the Vertical Earthquake Component on the Shear Vibration of Buildings on Sliding Foundations. E3S Web of Conferences 264, 02022. CONMECHYDRO. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402022>.
8. Ulugbek Shermukhamedov, Ibrakhim Mirzaev Anora Karimova & Dilbarkhon Askarova. (2022). Calculation of the stress-strain state of monolithic bridges on the action of real seismic impacts. "Modern Materials Science: Topical Issues, Achievements and Innovations" (ISCMMSTIAI-2022). 314-321.
9. Ambraseys, N.N., Smit, P., Douglas, J., Margaris, B., Sigbjörnsson, R., Ólafsson, S., Suhadolc, P., Costa, G. 2004. Internet site for European strong-motion data. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata. 45(3). URL: http://www.isesd.hi.is/ESD_local/frameset.htm.
10. Shermuxamedov, U., Shaumarov, S., & Uzdin, A. 2021. Use of seismic insulation for seismic protection of railway bridges. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 02001). EDP Sciences. doi:10.1051/e3sconf/202126402001.
11. Рашидов Т.Р., Кузнецов С.В., Мардонов Б.М., Мирзаев И. 2019. Прикладные задачи сейсмодинамики сооружений. Книга 1. Навруз. Ташкент. 268.
12. <http://www.fipindustriale.it>.
13. Мяченков В.И., Мальцев В.Г., Майборода В.П. и др. 1989. Расчёт машиностроительных конструкций методом конечных элементов. Справочник. Под общ. ред. Мяченкова В.И. Москва. Машиностроение. 520 с.
14. Rashidov, T.R., Tursunbay, R., & Ulugbek, S. (2020). Features of the theory of a two-mass system with a rigidly connected end of the bridge, in consideration of seismic influence on high-speed railways. European Journal of Molecular and Clinical Medicine, 7(2), 1160-1166.