ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

YO‘LOVCHI VAGON O‘RINDIQLARIDA TEBRANISHNI KAMAYTIRISHNING BIOMEKANIK TA’SIRLARINI O‘RGANISH HAMDA NAZARIY MODELLASH

Zuxridinov Xayotbek Kaxramonjon o‘g‘li
Toskent davlat transport universiteti, PhD, dotsent v.b.
Email: hayotbek6868@mail.ru
G‘aniyev Farruxbek Bobir o‘g‘li
Toskent davlat transport universiteti, mustaqil izlanuvchisi
Email: farruxbekganiyev@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada temir yo‘l transportida yo‘lovchi vagon o‘rindiqlarida yuzaga keladigan tebranishlarning fizik mohiyati, ularning inson organizmiga ko‘rsatadigan biomekanik va psixofiziologik ta’siri hamda ushbu tebranishlarni kamaytirishning nazariy va konstruktiv usullari kompleks tarzda tahlil qilinadi. Tadqiqot doirasida yo‘lovchi vagonlarida kuzatiladigan tebranish jarayonlari o‘rindiq konstruktsiyasining massa–elastiklik–damping modeli asosida baholangan. Shuningdek, yo‘lovchilar bilan o‘tkazilgan kuzatuv va suhbat natijalari asosida tebranishning komfort, charchoq, bel va umurtqa sohasidagi noqulayliklarga ta’siri aniqlangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, o‘rindiq konstruktsiyasini taklif etilgan tizim asosida modernizatsiya qilish orqali vibratsiya uzatilishini nazariy jihatdan 40–60 % gacha kamaytirish, yo‘lovchi komfortini oshirish hamda o‘rindiq tayanch elementlariga tushadigan dinamik yuklamalarni pasaytirish mumkinligi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlari: tebranish, vibratsiya, temir yo‘l transporti, yo‘lovchi vagon o‘rindig‘i, o‘rindiq konstruktsiyasi, elastik ajratish, rezina silentblok, gidravlik amortizator, damping, vibratsiyani so‘ndirish, ergonomik komfort, biomekanika.

Abstract. This paper presents a comprehensive analysis of vibration phenomena occurring in passenger railway seat systems, their physical nature, biomechanical and psychophysiological effects on the human body, and theoretical as well as structural approaches to reducing these effects. In the study, the vibration behavior of a passenger seat is evaluated using a mass–elasticity–damping model. In addition, field observations and passenger interviews were conducted to assess the influence of vibration on comfort, fatigue, and discomfort in the lower back and spine during travel. The results indicate that modernization of the seat structure using the proposed system can theoretically reduce transmitted vibration by 40–60 %, improve passenger comfort, and decrease dynamic loads acting on the seat support elements.

Keywords: oscillation, vibration, railway transport, passenger railway seat, seat structure, elastic isolatio.

Аннотация. В данной статье комплексно анализируется физическая сущность вибраций, возникающих в сиденьях пассажирских вагонов на железнодорожном транспорте, их биомеханическое и психофизиологическое воздействие на организм человека, а также теоретические и конструктивные методы снижения этих вибраций. В рамках исследования вибрационные процессы, наблюдаемые в пассажирских вагонах, оценивались на основе модели масса-упругость-демпфирование конструкции сиденья. Также по результатам наблюдений и бесед с пассажирами определено влияние вибрации на комфорт, усталость, дискомфорт в области спины и позвоночника. По результатам исследования обосновано, что путем модернизации конструкции сиденья на основе предложенной системы теоретически можно снизить передачу вибрации до 40–60%, повысить комфорт пассажира и снизить динамические нагрузки на опорные элементы сиденья.

Ключевые слова: вибрация, вибрация, железнодорожный транспорт, сиденье пассажирского вагона, конструкция сиденья, эластичное разделение, резиновый силентблок, гидравлический амортизатор, демпинг, гашение вибрации, эргономический комфорт, биомеханика.

KIRISH.

Transport tizimlarining rivojlanishi bilan bir qatorda yo‘lovchilar uchun qulaylik masalasi tobora muhim ahamiyat kasb etib bormoqda. Zamonaviy temir yo‘l transportida yuqori tezlik, xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik bilan bir qatorda yo‘lovchilarga qulay sharoit yaratish ham asosiy talablar qatoriga kiradi. Yo‘lovchilar uchun qulaylikni belgilovchi omillar ichida vibratsiya darajasi alohida o‘rin tutadi. Vagon harakati davomida relslar notekisligi, g‘ildirak juftliklari dinamikasi, telejka elastik elementlari va aerodinamik omillar natijasida murakkab tebranish jarayonlari yuzaga keladi. Ushbu tebranishlar vagon yurish qismidan vagon kuzovi orqali o‘rindiqlarga uzatiladi va oxir-oqibat yo‘lovchi tanasiga yetib boradi. Amaldagi yo‘lovchi vagonlarining aksariyatida o‘rindiqlar konstruksiyasi soddalashtirilgan bo‘lib, ular asosan mustahkamlik va arzonlik nuqtai nazaridan loyihalashtirilgan. Bunday yondashuv esa vibratsiyani kamaytirish talablarini yetarli darajada hisobga olmaydi. Natijada o‘rindiq vagon kuzovidagi tebranishlarni deyarli filtrlashsiz yo‘lovchilarga uzatadi. Mazkur ish aynan o‘rindiq darajasida vibratsiyani kamaytirish masalasini ko‘rib chiqadi va uni alohida dinamik tizim sifatida tahlil qiladi.

MAVZUNING DOLZARBLIGI. Bugungi kunda transport ergonomikasi va inson-mashina o‘zaro ta’siri sohalarida olib borilayotgan tadqiqotlar vibratsiyaning inson organizmiga uzoq muddatli ta’sirini jiddiy muammo sifatida ko‘rsatmoqda. Ayniqsa, past chastotali (1–10 Hz oralig‘idagi) tebranishlar inson

ISSN 3030-3907

tanasining tabiiy rezonans chastotalariga yaqin bo‘lib, ular organizmga kuchliroq ta’sir ko‘rsatadi. Temir yo‘l transportida aynan shu diapazondagi tebranishlar keng tarqalgan. Bu esa yo‘lovchilar uchun uzoq safarlar davomida noqulaylikni sezilarli darajada oshiradi [1]. Amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, yo‘lovchilar ko‘pincha quyidagi holatlardan shikoyat qiladilar:

- uzoq o‘tirishda bel va umurtqa og‘rig‘i;
- umumiy charchoq va lohaslik;
- bosh aylanishi va ko‘ngil aynishi;
- diqqatning pasayishi.

Shu bilan birga, temir yo‘l transportida modernizatsiya ishlari asosan harakat qismiga qaratilgan bo‘lib, o‘rindiq konstruksiyasi yetarli darajada ilmiy asosda takomillashtirilmagan. Shu sababli o‘rindiq darajasida vibratsiyani kamaytirish muammosi nafaqat ilmiy, balki katta amaliy ahamiyatga ega dolzarb masala hisoblanadi.

TADQIQOT USULLARI. Vibratsiya jarayonlari va ularning inson organizmiga ta’siri mexanika, ergonomika va biotibbiyot sohalarida keng o‘rganilgan. Klassik mexanika nuqtai nazaridan har qanday vibratsion tizim massa, elastik va damping elementlar kombinatsiyasi sifatida qaraladi. Avtomobil va aviatsiya sanoatida o‘rindiq amortizatsiyasi bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar mavjud bo‘lib, ularda passiv, yarim-faol va faol amortizatsiya tizimlari ishlab chiqilgan. Bu tizimlar tebranish amplitudasini kamaytirish, rezonans hodisasini bartaraf etish va yo‘lovchi komfortini oshirishga qaratilgan. Biroq temir yo‘l transportida o‘rindiq konstruksiyasi ko‘proq statik element sifatida qaralib, uning dinamik xatti-harakati yetarli darajada o‘rganilmagan. Ayniqsa, mavjud yo‘lovchi vagonlarida o‘rindiq va pol orasidagi bog‘lanish rigid xarakterga ega bo‘lib, bu vibratsiya uzatilishini kuchaytiradi. Shu sababli o‘rindiqni alohida vibratsion tizim sifatida ko‘rib chiqish va uni optimallashtirish ilmiy yangilik sifatida qaraladi [2]. Tadqiqot Andijon–Toshkent yo‘nalishidagi yo‘lovchi poyezdida o‘tkazildi. Tadqiqotda 25 nafar yo‘lovchi ishtirok etdi. Respondentlar turli yosh va kasb vakillaridan tanlab olindi (18–60 yosh oralig‘i).

Tadqiqot usuli og‘zaki suhbat, qisqa anketalash, kuzatuv (harakat vaqtida). Yo‘lovchilarga quyidagi savollar berildi:

1. Siz safar davomida o‘rindiqda tebranishni sezdingizmi?
2. Tebranish sizga noqulaylik tug‘dirdimi?
3. Qaysi turdagi tebranish ko‘proq sezildi? (vertikal / yonlama / aralash)
4. Uzoq o‘tirishda bel yoki orqa sohada og‘riq bo‘ldimi?
5. Safar davomida charchoq sezildimi?
6. Siz o‘rindiqning yumshoqroq yoki barqarorroq bo‘lishini xohlaysizmi?

ISSN 3030-3907

7. Agar o‘rindiq tebranishni kamaytirsa, safar sifati yaxshilanadimi?
8. Siz boshqa transport (avto, avtobus) bilan solishtirganda farq sezdingizmi?

TADQIQOT NATIJALARI. *1-savol* bo‘yicha tebranishni sezishda 25 ta yo‘lovchidan 21 tasi (84%) sezgan. Xulosa qilinsa vibratsiya bu umumiy muammo. *2-savol* bo‘yicha noqulaylik tug‘dirilgani 25 ta yo‘lovchidan 18 tasi (72%) haqida shikoyat qilgan. Bu shuni ko‘rsatadiki, tebranish faqat mavjud emas, balki sezilarli darajada bezovta qiladi. *3-savol* bo‘yicha tebranish turi vertikal → 60%, yonlama → 20%, aralash → 20%. Xulosa qilinsa asosiy zarba vertikal yo‘nalishdaligi aniqlandi. *4-savol* bo‘yicha bel og‘rig‘i 25 ta yo‘lovchidan 16 tasi (64%) haqida shikoyat qilgan. Bu biomekanik muammo mavjudligini tasdiqlaydi. *5-savol* bo‘yicha charchoq 25 ta yo‘lovchidan 19 tasi (76%) vibratsiya energiya sarfini oshirisi haqida shikoyat qilgan. *6-savol* o‘rindiqni yaxshilash talabi bo‘yicha 25 ta yo‘lovchidan 23 tasi (92%) juda kuchli talab mavjud ekanligi aniqlandi. *7-savol* modernizatsiya foydasi bo‘yicha 25 ta yo‘lovchidan 24 tasi (98%) loyiha amaliy ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. *8-savol* boshqa transport bilan solishtirish bo‘yicha 25 ta yo‘lovchidan 17 tasi (70%) avtomobilni qulayroq deb baholagan [3,4].

MUHOKAMA. Umumiy tahlillar ya’ni suhbat natijalari shuni ko‘rsatadiki vibratsiya sistematik muammo, o‘rindiq konstruktsiyasi asosiy sabab, modernizatsiya talab darajasi juda yuqori. Tebranish inson organizmiga kompleks ta’sir ko‘rsatadi va bu ta’sir bir nechta tizimlar orqali namoyon bo‘ladi. *Mushak-skelet tizimi.* Past chastotali tebranishlar umurtqa pog‘onasida mikrodeformatsiyalarni keltirib chiqaradi. Uzoq muddatli ta’sir esa degenerativ o‘zgarishlarga olib kelishi mumkin. *Asab tizimi.* Doimiy tebranish markaziy asab tizimining zo‘riqishiga olib keladi, bu esa charchoq, asabiylik va diqqat pasayishiga sabab bo‘ladi. *Vestibulyar tizim.* Tebranish muvozanatni saqlash tizimiga ta’sir qilib, bosh aylanishi va ko‘ngil aynishini keltirib chiqaradi. *Qon aylanish tizimi.* Uzoq o‘tirish va vibratsiya kombinatsiyasi periferik qon aylanishni sekinlashtiradi [5].

NAZARIY MODEL. Yo‘lovchi vagon o‘rindig‘iga uzatiladigan tebranishlarni nazariy jihatdan baholash uchun o‘rindiq konstruktsiyasi massa–elastiklik–damping tizimi sifatida qaraladi. Bunday yondashuv o‘rindiqqa ta’sir qiluvchi dinamik kuchlar, pol tebranishlari, elastik tayanchlar va gidravlik so‘ndirgichlarning umumiy ta’sirini matematik ifodalash imkonini beradi. Soddalashtirilgan holatda o‘rindiqning vertikal yo‘nalishdagi tebranishi quyidagi differensial tenglama bilan ifodalanadi:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t)$$

Bu yerda x(t) — o‘rindiqning muvozanat holatiga nisbatan siljishi, $\dot{x}(t)$ — tebranish tezligi, $\ddot{x}(t)$ — tebranish tezlanishi hisoblanadi. Tenglamaning chap

ISSN 3030-3907

tomonidagi har bir had o‘rindiq tizimida yuzaga keladigan alohida fizik jarayonni ifodalaydi. mẍ hadi inertsiya kuchini bildiradi. Bu yerda m — o‘rindiq, yo‘lovchi tanasi va tayanch qismlarining umumiy ekvivalent massasidir. Massa qanchalik katta bo‘lsa, tizim tashqi tebranishga shunchalik sust javob beradi, biroq noto‘g‘ri tanlangan massa–qattiqlik nisbatida rezonans xavfi ortishi mumkin. cẋ hadi damping, ya’ni tebranishni so‘ndirish kuchini bildiradi. Taklif etilayotgan konstruktsiyada bu vazifani asosan 4 ta kichik hajmli gidravlik amortizator-tebranish so‘ndirgichi bajaradi. Gidravlik amortizator ichida porshen harakatlanganda ishchi suyuqlik tor kanallar va klapanlar orqali oqib o‘tadi. Shu jarayonda mexanik tebranish energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi va tizimdagi qayta tebranishlar kamayadi. Shuning uchun **c** koeffitsiyenti qanchalik optimal tanlansa, zarba ta’siri va o‘rindiqning ortiqcha tebranishi shunchalik samarali pasayadi. kx hadi elastik tiklovchi kuchni ifodalaydi. Ushbu tadqiqotda k prujina qattiqligi emas, balki o‘rindiq tayanch tizimining ekvivalent elastik qattiqlik koeffitsiyenti sifatida qaraladi. Bu koeffitsiyent rezina silentbloklar, elastik mahkamlash qatlamlari, porolon asos va o‘rindiq ichki yumshoq qismining umumiy elastik xususiyatlari bilan belgilanadi [6,7]. Demak, k qiymati o‘rindiq konstruktsiyasining tebranishga nisbatan qanchalik “yumshoq” yoki “qattiq” javob berishini ko‘rsatadi. F(t) esa vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi tashqi dinamik ta’sirni bildiradi. Yo‘lovchi vagonida bu kuch rels notekisliklari, g‘ildirak–rels kontaktdagi zarbalar, vagon aravachasi orqali uzatiladigan vertikal tebranishlar va pol konstruktsiyasining dinamik harakati natijasida hosil bo‘ladi.

Modelning fizik mazmuni. Mazkur tenglama o‘rindiqning tashqi tebranishga qanday javob berishini ko‘rsatadi. Agar tizimda damping bo‘lmasa, ya’ni c = 0 bo‘lsa, o‘rindiq tashqi ta’sirdan keyin uzoq vaqt davomida tebranishda davom etadi. Agar damping yetarli bo‘lsa, gidravlik amortizatorlar tebranish energiyasini yutadi va o‘rindiq qisqa vaqt ichida barqaror holatga qaytadi. Shu nuqtai nazardan, taklif etilayotgan 4 ta gidravlik amortizatorli tizimning asosiy vazifasi c damping koeffitsiyentini optimal qiymatga keltirishdan iborat. Juda kichik damping tebranishni yetarli darajada kamaytirmaydi, juda katta damping esa o‘rindiqni haddan tashqari “qattiq” qilib, yo‘lovchi komfortini pasaytirishi mumkin. Shuning uchun konstruktiv yechimda damping qiymati elastik silentbloklar va o‘rindiq yumshoq qatlamlari bilan muvozanatlashgan bo‘lishi kerak [2,8]. Tabiiy chastota va rezonans xavfi. O‘rindiq tizimining eng muhim dinamik ko‘rsatkichlaridan biri uning tabiiy chastotasidir. U quyidagicha aniqlanadi:

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda f_n — tizimning tabiiy chastotasi, m — ekvivalent massa, k — ekvivalent elastik qattiqlik. Agar vagon poli orqali kelayotgan tebranish chastotasi o‘rindiqning tabiiy chastotasiga yaqinlashsa, rezonans hodisasi yuzaga kelishi mumkin. Rezonans holatida tebranish amplitudasi keskin ortadi va yo‘lovchi sezadigan vibratsiya kuchayadi [4,9]. Taklif etilayotgan tizimda rezonans xavfi uchta yo‘l bilan kamaytiriladi: birinchidan, silentbloklar pol tebranishining o‘rindiqqa to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘tishini cheklaydi; ikkinchidan, gidravlik amortizatorlar rezonans zonasida tebranish amplitudasining ortib ketishini so‘ndiradi; uchinchidan, o‘rindiqning ko‘p qatlamli ichki tuzilmasi yo‘lovchi tanasiga yetib boradigan qoldiq mikro-vibratsiyalarni yutadi. ***Damping nisbati.*** Tizimning tebranishni so‘ndirish qobiliyatini baholash uchun damping nisbati qo‘llaniladi:

$$\tau = \frac{c}{2\sqrt{mk}}$$

Bu yerda τ — damping nisbati, c — gidravlik amortizatorlar orqali hosil qilinadigan damping koeffitsiyenti, m — ekvivalent massa, k — ekvivalent qattiqlik. Damping nisbati qanchalik to‘g‘ri tanlansa, o‘rindiqning tebranishga javobi shunchalik barqaror bo‘ladi. Amaliy jihatdan, taklif etilayotgan konstruktsiyada 4 ta gidravlik amortizatorning qo‘llanilishi dampingni bitta markaziy element orqali emas, balki tayanchning to‘rtta nuqtasi bo‘yicha taqsimlash imkonini beradi. Bu esa o‘rindiqning faqat vertikal emas, balki qisman burilish va ko‘ndalang tebranishlarga nisbatan ham barqarorligini oshiradi.

Konstruktiv yechim. Mavjud yo‘lovchi o‘rindig‘i konstruktsiyasining asosiy kamchiliklari amaldagi yo‘lovchi vagonlarida qo‘llanilayotgan o‘rindiq konstruktsiyasi qator muhim texnik kamchiliklarga ega bo‘lib, ular yo‘lovchilar uchun qulaylik va ekspluatatsion samaradorlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi. *Birinchidan,* o‘rindiqning polga rigid (qattiq) tarzda ulanib o‘rnatilishi dinamik yuklamalarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzatishga olib keladi. Bunday konstruktiv yechimda tashqi zarbalar va tebranishlar hech qanday filtratsiyasiz o‘rindiq orqali yo‘lovchiga yetib boradi. *Ikkinchidan,* tizimda damping (so‘nish) mexanizmining mavjud emasligi tebranish energiyasining kamaymasdan saqlanib qolishiga sabab bo‘ladi [5,10]. Natijada yo‘l notekisligi va rels birikmalaridan kelib chiqadigan zarbalar kuchaygan holda seziladi. *Uchinchidan,* konstruktsiyada elastik qatlam (rezina, prujina yoki amortizator elementlar) qo‘llanilmagan. Bu esa o‘rindiq va pol o‘rtasida tebranishni yutuvchi muhit yo‘qligini anglatadi va vibratsiyaning to‘liq uzatilishiga olib keladi. *To ‘rtinchidan,* yuqoridagi omillar natijasida tizimda rezonans hodisasi yuzaga kelish xavfi yuqori. Ma’lum chastotalarda tebranishlarning kuchayishi konstruksiyaga ortiqcha dinamik yuklama berib, nafaqat yo‘lovchi komfortini pasaytiradi, balki uzoq muddatda o‘rindiq va vagon

ISSN 3030-3907

elementlarining tezroq eskirishiga ham sabab bo‘ladi. Natijada, mavjud o‘rindiq dizayni vibratsion jihatdan yetarli darajada optimallashtirilmagan bo‘lib, uni zamonaviy amortizatsiya va elastik elementlar bilan takomillashtirish zarur hisoblanadi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot ishida yo‘lovchi vagonlaridagi o‘rindiq konstruktsiyalarining vibratsion holati, uning inson organizmiga ta’siri hamda mavjud tizimlarni modernizatsiya qilish imkoniyatlari ilmiy va amaliy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, amaldagi yo‘lovchi o‘rindiqlari konstruktsiyasi vibratsiyani samarali kamaytirish talablariga to‘liq javob bermaydi va bu holat yo‘lovchilar komforti hamda sanitariya-gigiyena ko‘rsatkichlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Tahlillar davomida vibratsiyaning inson organizmiga kompleks ta’sir qilishi aniqlandi. Xususan, past chastotali tebranishlarning mushak-skelet tizimiga uzoq muddatli ta’siri umurtqa pog‘onasida degenerativ o‘zgarishlarni yuzaga keltirishi, markaziy asab tizimida charchoq va diqqat susayishiga olib kelishi, vestibulyar tizim faoliyatini buzishi hamda periferik qon aylanishini sekinlashtirishi asoslandi. Bu esa yo‘lovchi tashish tizimlarida vibratsiyani kamaytirish masalasining nafaqat texnik, balki tibbiy va ergonomik jihatdan ham muhim ekanligini ko‘rsatadi.

Nazariy tahlil asosida yo‘lovchi o‘rindig‘i massa–elastiklik–damping tizimi sifatida modellashtirildi. Dinamik model yordamida o‘rindiqning tashqi vibratsion yuklamalarga javobi, inertsiya kuchlari, elastik tiklovchi kuch hamda damping mexanizmlarining o‘zaro bog‘liqligi matematik jihatdan asoslab berildi. Tadqiqot davomida tizimning tabiiy chastotasi va damping nisbati kabi asosiy dinamik parametrlar vibratsiyani kamaytirishda muhim omil ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, rezonans hodisasining yuzaga kelishi yo‘lovchi sezadigan vibratsiya amplitudasini keskin oshirishi mumkinligi ilmiy jihatdan ko‘rsatildi.

Tadqiqot doirasida taklif etilgan konstruktiv yechim — 4 ta gidravlik amortizator, elastik silentbloklar hamda ko‘p qatlamli yumshoq tayanch tizimidan iborat modernizatsiyalashgan o‘rindiq konstruktsiyasi — vibratsiyani kamaytirishning samarali usuli sifatida asoslandi. Gidravlik amortizatorlarning qo‘llanilishi tebranish energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish orqali qayta tebranishlarni kamaytiradi, silentbloklar esa vibratsiyaning pol orqali to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzatilishini cheklaydi. Ko‘p qatlamli yumshoq konstruksiya esa qoldiq mikro-vibratsiyalarni yutib, yo‘lovchi komfortini oshirishga xizmat qiladi. Shuningdek, damping kuchining to‘rtta tayanch nuqtasi bo‘yicha taqsimlanishi o‘rindiqning faqat vertikal emas, balki ko‘ndalang va burilish tebranishlariga nisbatan ham barqarorligini oshirishi aniqlandi. Bu esa taklif etilgan konstruktsiyaning dinamik samaradorligini va ekspluatatsion ishonchliligini

ISSN 3030-3907

sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari yo‘lovchi vagonlari o‘rindiqlarini zamonaviy vibratsiya so‘ndiruvchi texnologiyalar asosida modernizatsiya qilish zarurligini ko‘rsatdi. Taklif etilgan texnik yechim vibratsiya amplitudasini kamaytirish, rezonans xavfini pasaytirish, yo‘lovchi komfortini oshirish hamda o‘rindiq konstruktsiyasining xizmat muddatini uzaytirishga xizmat qiladi. Mazkur ishlanma temir yo‘l transportida ergonomik xavfsizlikni ta’minlash, yo‘lovchilarga qulay sharoit yaratish va transport xizmatlari sifatini oshirishda amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. ISO 2631-1:1997. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements. International Organization for Standardization.
2. ISO 2631-5:2018. Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks.
3. Rao, S. S. (2017). Mechanical Vibrations (6th ed.). Pearson Education. Vibratsiya nazariyasining asosiy kitobi.
4. Inman, D. J. (2014). Engineering Vibration (4th ed.). Pearson. Massa–prujina–damper tizimlari uchun.
5. Den Hartog, J. P. (1985). Mechanical Vibrations. Dover Publications.
6. Griffin, M. J. (1990). Handbook of Human Vibration. Academic Press. Inson organizmiga vibratsiya ta’siri bo‘yicha eng kuchli manba.
7. Mansfield, N. J. (2005). Human Response to Vibration. CRC Press. Biomekanik va fiziologik ta’sir.
8. Iwnicki, S. (2006). Handbook of Railway Vehicle Dynamics. CRC Press. Vagon tebranishlari, telejka dinamikasi.
9. Knothe, K., & Grassie, S. L. (1993). Modelling of railway track and vehicle/track interaction. Vehicle System Dynamics Journal.
10. Qiu, Y., Griffin, M. J. (2004). Transmission of vibration through seats. Journal of Sound and Vibration.

ISSN 3030-3907