

# JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 3, 2026 vol. 3

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT  
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state  
transport university



**JOURNAL OF TRANSPORT**

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

**E-ISSN: 2181-2438**

**ISSN: 3060-5164**

**VOLUME 3, ISSUE 3**

**SEPTEMBER, 2026**



[jot.tstu.uz](http://jot.tstu.uz)

# TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

## JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 3, ISSUE 3 SEPTEMBER, 2026

**EDITOR-IN-CHIEF**

**SAID S. SHAUMAROV**

*Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University*

**Deputy Chief Editor**

**Miraziz M. Talipov**

*Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University*

---

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at [jot@tstu.uz](mailto:jot@tstu.uz).

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

## Improvement of the method for assessing the need for electrochemical protection of reinforced concrete bridge piers

A.A. Beliy<sup>1,2</sup><sup>a</sup>, Sh.Sh. Kadirova<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>K2 Engineering LLC, Moscow, Russia

### Abstract:

The article analyzes the initiation and development of reinforcement corrosion in reinforced concrete bridge piers exposed to chloride attack and stray currents during operation. The influence of these factors on the technical condition and long-term operational reliability of the structures is also considered. An approach is presented for assessing corrosion processes and determining the effectiveness of electrochemical protection of reinforcement, taking into account the chloride ion content and stray current parameters in reinforced concrete bridge piers. The proposed approach makes it possible to assess the development of reinforcement corrosion under the combined effects of chloride attack and stray currents, substantiate the need for electrochemical protection, and improve the operational reliability of reinforced concrete bridge piers.

### Keywords:

reinforced concrete bridge piers, chloride attack, stray currents, reinforcement corrosion, electrochemical protection, cathodic protection, operational reliability

## Ko'prik temirbeton tayanchlarida elektrokimyoviy himoyani qo'llash zaruratini baholash usulini takomillashtirish

Beliy A.A.<sup>1,2</sup><sup>a</sup>, Kadirova Sh.Sh.<sup>1</sup><sup>b</sup>

<sup>1</sup>Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

<sup>2</sup>"K2 Engineering" MChJ, Moskva, Rossiya

### Annotatsiya:

Maqolada ekspluatatsiya jarayonida xlorid agressiyasi va daydi toklar ta'siriga uchraydigan ko'prik temirbeton tayanchlarida armatura korroziyasining yuzaga kelishi va rivojlanish xususiyatlari tahlil qilingan, shuningdek, ushbu omillarning konstruksiyalarning texnik holati va uzoq muddatli ekspluatatsion ishonchliligiga ta'siri ko'rib chiqilgan. Ko'prik temirbeton tayanchlarida xlorid-ionlar miqdori va daydi toklar ko'rsatkichlarini hisobga olgan holda korroziya jarayonlarini baholash hamda armaturani elektrokimyoviy himoya qilish samaradorligini aniqlash yondashuvi keltirilgan. Taklif etilayotgan yondashuv xlorid agressiyasi va daydi toklarning birgalikdagi ta'siri sharoitida armatura korroziyasining rivojlanishini baholash, elektrokimyoviy himoyani qo'llash zaruratini asoslash hamda ko'prik temirbeton tayanchlarining ekspluatatsion ishonchliligini oshirish imkonini beradi.

### Kalit so'zlar:

ko'prik temirbeton tayanchlari, xlorid agressiyasi, daydi toklar, armatura korroziyasi, elektrokimyoviy himoya, katod himoyasi, ekspluatatsion ishonchlilik

## 1. Kirish

Temirbeton ko'prik tayanchlari transport infratuzilmasining muhim konstruktiv elementlaridan biri bo'lib, ularning texnik holati va uzoq muddatga chidamliligi inshootning ishonchli va xavfsiz ekspluatatsiyasini ta'minlaydi. Ekspluatatsiya jarayonida ko'prik tayanchlari harorat va namlikning o'zgarishi, betonning karbonatlashuvi, atmosfera ta'siri, xlorid birikmalarining kirib borishi hamda boshqa agressiv muhit omillarining ta'siriga uchraydi [1–11]. Ushbu omillar orasida xlorid agressiyasi temirbeton konstruksiyalarning uzoq muddatga chidamliligiga sezilarli ta'sir ko'rsatib, armaturaning

korroziyaga qarshi tabiiy himoya xususiyatlarining buzilishiga olib keladi.

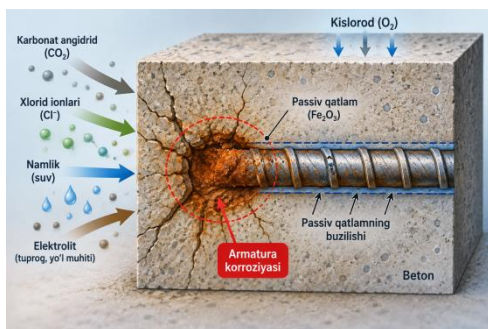
Xlorid-ionlarning beton himoya qatlami orqali armatura sirtiga kirib borishi uning passiv holatining buzilishiga va elektrokimyoviy korroziya jarayonining faollashishiga sabab bo'ladi (1-rasm) [16, 19–25]. Korroziya mahsulotlari hajmining ortishi beton tarkibida ichki kuchlanishlarning yuzaga kelishiga, himoya qatlamining darz ketishi va buzilishiga, armaturaning ochilib qolishiga hamda uning ko'ndalang kesim yuzasining kamayishiga olib keladi. Natijada temirbeton elementlarning texnik holati

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2825-1368>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0007-6148-9785>



yomonlashib, ularning uzoq muddatga chidamliligi va ekspluatatsion ishonchligi pasayadi [16, 17, 20–25].



**1-rasm. Xlorid agressiyasi ta'sirida temirbeton armaturasida korroziyaning rivojlanish mexanizmi**

Beton tarkibidagi namlik va xlorid-ionlar bilan bir qatorda, tashqi elektr ta'sirlari, xususan, daydi toklarning mavjudligi ham armaturada kechadigan elektrokimyoviy jarayonlarning jadallashishiga sabab bo'lishi mumkin [31]. Bunday sharoitda agressiv omillarning birgalikdagi ta'siri temirbeton elementlarda korroziya jarayonining rivojlanish xavfini oshiradi. Shu sababli konstruksiyaning haqiqiy ekspluatatsiya sharoitini baholashda alohida omillarning ta'siri bilan bir qatorda, ularning o'zaro bog'liq ta'sirini ham hisobga olish muhim ahamiyat kasb etadi.

Temirbeton konstruksiyalarni korroziyadan himoya qilish uchun turli konstruktiv, texnologik va elektrokimyoviy usullar qo'llaniladi [5, 14–18, 26–30]. An'anaviy ta'mirlash usullari, jumladan, shikastlangan beton qatlami olib tashlash va qayta tiklash, himoya qoplamalarini qo'llash hamda gidroizolyatsiyani tiklash konstruksiyaning texnik holatini yaxshilash imkonini beradi. Biroq beton tarkibida xlorid-ionlar saqlanib qolgan sharoitda ushbu usullar korroziya jarayonining elektrokimyoviy sabablarini to'liq bartaraf eta olmaydi [16–18].

Armatura korroziyasini susaytirishning istiqbolli usullaridan biri elektrokimyoviy himoya, xususan, katod qutblanishi hisoblanadi [18]. Mazkur usul armaturaning elektrokimyoviy potensialini manfiy tomonga siljitish orqali uning anod erishi jarayonini kamaytirishga asoslangan. Elektrokimyoviy himoyadan foydalanish xloridlar bilan zararlangan temirbeton konstruksiyalarda korroziya jarayonini boshqarish, uning rivojlanish tezligini kamaytirish va korroziya jarayonining rivojlanish darajasini uzaytirish imkonini beradi [18, 31].

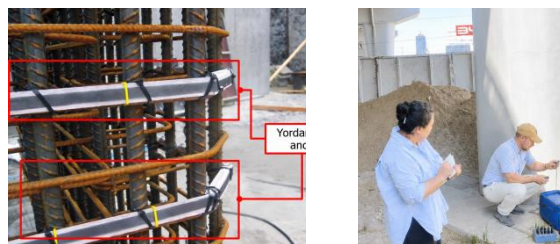
Shu bilan birga, elektrokimyoviy himoyaning yuqori samaradorligi uni barcha temirbeton ko'priklarning tayanchlarida bir xil sharoitda qo'llash zarurligini anglatmaydi. Himoya tizimini qo'llash to'g'risida muhandislik qarorini qabul qilishda konstruksiyaning haqiqiy ekspluatatsiya sharoiti, beton tarkibidagi xlorid-ionlar miqdori, daydi toklarning mavjudligi va korroziya jarayonining rivojlanish darajasini kompleks hisobga olish talab etiladi. Shu nuqtai nazaridan, ushbu omillarni o'zaro bog'liq holda hisobga oluvchi va elektrokimyoviy himoyani qo'llash zaruratini miqdoriy jihatdan asoslash imkonini beruvchi baholash usullarini takomillashtirish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

## 2. Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot ko'priklarning temirbeton tayanchlarida armatura korroziyasining rivojlanishiga ta'sir etuvchi

ekspluatatsion omillarni aniqlash hamda elektrokimyoviy himoyani qo'llash zaruratini baholashga qaratilgan kompleks yondashuv asosida amalga oshirildi. Tadqiqot metodikasi ilmiy va me'yoriy manbalarni tahlil qilish, obyektning texnik holatini naturaviy o'rganish, beton tarkibidagi xlorid-ionlar miqdorini laboratoriya sharoitida aniqlash, daydi toklar parametrlarini o'lchash hamda olingan natijalarni hisobiy-tahliliy baholashni o'z ichiga oladi.

Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent shahrining Bobur ko'chasida, Islom Karimov nomidagi Toshkent xalqaro aeroporti yo'nalishida joylashgan yo'l o'tkazgichning temirbeton tayanchlari qabul qilindi. Mazkur inshoot murakkab tabiiy-iqlimiy, texnogen va antropogen ta'sirlar sharoitida ekspluatatsiya qilinadi [32]. Naturaviy tadqiqotlar yo'l o'tkazgichning 12, 10 va 8-3-sonli tayanchlarida amalga oshirildi (2-rasm).



**2-rasm. Ko'priklarning temirbeton tayanchlarida elektrokimyoviy himoya tizimi va nazorat o'lchovlari: a) armatura karkasiga o'rnatilgan yordamchi anodlar; b) beton yuzasida elektrokimyoviy ko'rsatkichlarni dala sharoitida o'lchash jarayoni**

Armatura korroziyasiga ta'sir etuvchi agressiv muhitni baholash uchun beton tarkibidagi xlorid-ionlar miqdori va daydi toklarning elektr ko'rsatkichlari asosiy nazorat parametrlari sifatida qabul qilindi. Xlorid-ionlar miqdori tayanchlarning turli uchastkalaridan olingan beton namunalarni laboratoriya sharoitida tahlil qilish orqali aniqlandi. Daydi toklarning mavjudligi va ularning kuchlanish ko'rsatkichlari esa dala sharoitida maxsus o'lchash vositalari yordamida aniqlandi. O'lchash ishlari har bir tayanchning to'rtta nazorat kesimida bajarilib, jami 100 dan ortiq o'lchash natijalari olindi.

Naturaviy va laboratoriya tadqiqotlari natijalarini qayta ishlashda xlorid-ionlar konsentratsiyasi bilan armatura korroziyasi jadalligi o'rtasidagi bog'liqlik hisobga olindi. Bunda beton tarkibidagi xloridlar miqdorining ortishi natijasida armaturaning passiv holati buzilishi va korroziya jarayonining noxiziq rivojlanishi asosiy baholash sharti sifatida qabul qilindi [19–25]. Korroziya jarayonining miqdoriy tavsifi sifatida korroziya toki zichligi va armatura korroziyasi tezligi ko'rsatkichlaridan foydalanildi. Bazaviy tadqiqotda ushbu bog'liqlik 0,20–2,00 % xlorid konsentratsiyasi oralig'ida baholangan.

Elektrokimyoviy himoyaning samaradorligini baholashda katod himoya toki zichligi, armatura elektrokimyoviy potensialining siljishi va korroziyani susaytirish darajasi o'rtasidagi bog'liqlik qabul qilindi. Himoya toki zichligining ortishi armatura potensialining manfiy tomonga siljishiga va korroziya jarayonining kamayishiga olib kelishi hisobga olindi [18]. Ushbu parametrlarni o'zaro taqqoslash elektrokimyoviy himoyaning samarali ishlash diapazonini hamda muayyan ekspluatatsiya sharoitida uni qo'llashning maqsadga muvofiqligini baholash imkonini beradi.

Takomillashtirilayotgan baholash usulining asosiy tamoyili xlorid agressiyasi va daydi toklarni alohida omillar sifatida emas, balki armatura korroziyasining rivojlanishiga birgalikda ta'sir etuvchi ekspluatatsion omillar sifatida ko'rib chiqishdan iborat. Shu asosda naturaviy o'lchash natijalari, xlorid-ionlar miqdori va armatura korroziyasining hisobiy ko'rsatkichlarini o'zaro taqqoslash orqali temirbeton tayanchlarda elektrokimyoviy himoyani qo'llash zaruratini baholash ko'zda tutiladi.

Har bir tayanchning to'rtta nazorat kesimida bajarilgan o'lchashlar bo'yicha jami 100 dan ortiq natija olindi. Daydi toklarni o'lchash natijalariga ko'ra, nazorat nuqtalaridagi kuchlanish qiymatlari 0,008–0,35 V oralig'ida o'zgardi. Beton namunalarning laboratoriya tahlili esa xlorid-ionlar miqdori 0,04 % ekanligini ko'rsatdi [32].

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, tadqiqot obyektida armatura korroziyasiga ta'sir qiluvchi omillarni faqat xlorid-ionlar miqdori bo'yicha baholash yetarli emas. Beton tarkibida xloridlarning mavjudligi bilan bir vaqtda daydi toklarning qayd etilishi armatura atrofidagi elektrokimyoviy muhitni baholashda ushbu ikki omilni birgalikda hisobga olish zarurligini ko'rsatadi. Shu sababli elektrokimyoviy himoyani qo'llash zarurati konstruksiyaga ta'sir qiluvchi alohida agressiv omil asosida emas, balki ularning birgalikdagi ta'siri asosida baholanishi maqsadga muvofiq.

Armatura korroziyasining rivojlanish darajasini miqdoriy baholash uchun xlorid-ionlar konsentratsiyasi, korroziya toki zichligi va korroziya tezligi o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilindi. Hisobiy natijalar xlorid-ionlar konsentratsiyasi ortishi bilan korroziya jarayoni nohiziq ravishda jadallashishini ko'rsatdi. Xlorid-ionlar miqdori 0,20 % bo'lganda korroziya toki zichligi 0,08  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  va korroziya tezligi 0,92  $\mu\text{m}/\text{yil}$ ni tashkil etgan bo'lsa, xloridlar miqdori 0,40 % ga yetganda ushbu ko'rsatkichlar mos ravishda 0,21  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  va 2,43  $\mu\text{m}/\text{yil}$ gacha oshgan. Xloridlar konsentratsiyasining 0,80 % gacha ortishi korroziya tezligini 13,28  $\mu\text{m}/\text{yil}$ gacha, 1,60 % da esa 91,21  $\mu\text{m}/\text{yil}$ gacha oshiradi. 2,00 % xlorid miqdorida hisobiy korroziya tezligi 177,01  $\mu\text{m}/\text{yil}$ ga yetadi (1-jadval).

1-jadval

Xlorid-ionlar konsentratsiyasiga bog'liq holda armatura korroziyasi ko'rsatkichlarining o'zgarishi

| Xlorid-ionlar konsentratsiyasi, sement massasiga nisbatan % | Korroziya toki zichligi, $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ | Korroziya tezligi, $\mu\text{m}/\text{yil}$ |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 0,20                                                        | 0,08                                               | 0,92                                        |
| 0,40                                                        | 0,21                                               | 2,43                                        |
| 0,80                                                        | 1,15                                               | 13,28                                       |
| 1,20                                                        | 3,44                                               | 39,76                                       |
| 1,60                                                        | 7,89                                               | 91,21                                       |
| 2,00                                                        | 15,31                                              | 177,01                                      |

1-jadval natijalari korroziya jarayonining chiziqli emasligini yaqqol ko'rsatadi. Xususan, xlorid-ionlar konsentratsiyasi 0,40 % dan 0,80 % gacha ikki baravar oshganda korroziya tezligi 2,43 dan 13,28  $\mu\text{m}/\text{yil}$ gacha, ya'ni qariyb 5,5 baravar ortadi. Xloridlar miqdori 1,60 % ga yetganda esa korroziya tezligi 0,40 % dagi qiymatga

nisbatan qariyb 37,5 baravar yuqori bo'ladi. Bu holat xloridlarning ma'lum darajada to'planishidan so'ng armaturaning passiv holati buzilishi va korroziya jarayonining keskin jadallashishini ko'rsatadi.

Keyingi bosqichda elektrokimyoviy himoya parametrlarining armatura korroziyasini susaytirish samaradorligiga ta'siri tahlil qilindi. Katod himoya toki zichligi 2,55  $\text{mA}/\text{m}^2$  bo'lganda armatura potentsialining siljishi –92,3 mV ni, korroziyani susaytirish darajasi esa 85,7 % ni tashkil etdi. Himoya toki zichligi 5,10  $\text{mA}/\text{m}^2$  gacha oshirilganda korroziyani susaytirish darajasi 94,2 %, 7,65  $\text{mA}/\text{m}^2$  da 97,8 % va 10,20  $\text{mA}/\text{m}^2$  da 99,1 % ga yetdi. Tok zichligining keyingi oshirilishi himoya samaradorligining nisbatan kichik o'zgarishiga olib keldi.

### 3. Xulosa

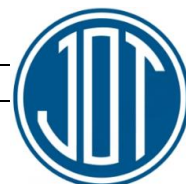
O'tkazilgan tadqiqotlar elektrokimyoviy himoyadan foydalanish ko'priki temirbeton tayanchlarida armatura korroziyasini nazorat qilish va uning rivojlanish jadalligini kamaytirishning samarali yechimi ekanligini ko'rsatdi. Katod qutblanishi korroziya oqibatlarini bartaraf etishga emas, balki armaturada kechayotgan elektrokimyoviy jarayonni susaytirishga qaratilganligi bilan an'anaviy ta'mirlash usullaridan farq qiladi. Himoya parametrlarining maqbul qiymatlarida korroziya jarayonini 98 % gacha kamaytirish, tashqi tok manbaiga ega tizimlardan foydalanilganda esa konstruksiyaning hisobiy xizmat muddatini sezilarli darajada uzaytirish imkoniyati mavjud.

Olingan natijalar EKHni faqat konstruksiyada korroziya shikastlanishlari aniqlangandan keyin qo'llaniladigan ta'mirlash tadbiri sifatida baholash yetarli emasligini ko'rsatadi. Uni ko'priki inshootining butun xizmat davri davomida texnik holatini saqlashga qaratilgan preventiv himoya chorasi sifatida qo'llash maqsadga muvofiq. Bunda EKHni joriy etish to'g'risidagi qaror konstruksiyaning haqiqiy ekspluatatsiya sharoiti, xlorid agressiyasi, daydi toklarning mavjudligi va korroziya jarayonining rivojlanish darajasini hisobga olgan holda qabul qilinishi lozim.

Uzoq muddatli ekspluatatsiya nuqtai nazaridan EKH tizimlariga sarflanadigan dastlabki xarajatlar keyingi davrlarda takroriy va kapital ta'mirlash ishlariga bo'lgan ehtiyojning kamayishi hisobiga qoplanadi. Shu sababli elektrokimyoviy himoyani ko'priklarning ekspluatatsion ishonchlilikini oshirish, xizmat muddatini uzaytirish va ularni saqlash bilan bog'liq xarajatlarni optimallashtirishga xizmat qiluvchi texnik-iqtisodiy jihatdan asoslangan boshqaruv vositasi sifatida qarash mumkin.

### Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Сурнин Д. А. Использование цинка для антикоррозионной защиты мостов. Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2022; 2(53): 60–66.
- [2] Матюнин Д. Ю., Казьмин С. А., Босов А. Б., Лобанов А. В. Применение протекторных сплавов для защиты от коррозии морских объектов. Гидротехника. 2024; 1(74): 2–9.
- [3] Бурков А. К., Попов И. И. Комплексные решения электрохимической защиты от коррозии —



оборудование и аспекты проектирования. Гидротехника. 2025; 2: 69–71.

[4] Şirinova A. Y. Metal konstruksiyaların korroziyadan mühafizəsində elektokimyəvi katod mühafizə qurğuları. Elmi xəbərlər. Təbiət və Texniki Elmlər Bölməsi. 2024; 24(3): 89–94.

[5] Каверинский В. С., Каверинский Д. В. Новые методы защиты от коррозии. Лакокрасочные материалы и их применение. 2020; 5: 10–14.

[6] Ануфриев Н. Г., Кузенков Ю. А. Исследование коррозионного поведения алюминия 1980T1 в морской воде и буровом растворе электрохимическим и методами. Практика противокоррозионной защиты. 2022; 27(3): 7–30.

[7] Заварзин С. В., Оглодков М. С., Чесноков Д. В., Козлов И. А. Высокотемпературная солевая коррозия и защита материалов газотурбинных двигателей (обзор). Труды ВИАМ. 2022; 3(109): 121–134.

[8] Гарашко В. В. Антикоррозионная защита шпунтовых ограждений: технологии, материалы и перспективы. Молодой исследователь Дона. 2025; 10(3/54): 17–21.

[9] Бузинер Ю. Л., Шмаков Н. Н. Антикоррозионное покрытие Ecomast для защиты ГТС в различных условиях эксплуатации. Гидротехника. 2024; 4(77): 74–75.

[10] Михеева О. В., Миркина Е. Н., Мавзовин В. С. Принципы антикоррозионной защиты трубопроводов. Экономика строительства. 2025; 1: 356–359.

[11] Рева Ю. В. Электрохимическая протекторная защита активных частей электрических машин открытого исполнения для судов ледового класса. Проблемы управления рисками в техносфере. 2022; 4(64): 104–110.

[12] Захарова П. И., Хорин А. В. Новый перспективный коррозионностойкий материал с повышенным ресурсом работы для предупреждения ситуаций техногенного характера. Молодежь и наука. 2023; 9.

[13] Пичугова Л. Н. Защита от коррозии на АЭС. Энергетические установки и технологии. 2023; 9(4): 74–83.

[14] Бочаров В. А. Цинкирование — высокоэффективная защита от коррозии. Гидротехника. 2024; 1(74): 62–64.

[15] Ревин П. О., Макаренко А. В. Исследование долговечности антикоррозионных покрытий для защиты причальных сооружений. Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022; 12(5): 470–479.

[16] Овчинникова Т. А., Маринин А. Н., Овчинников И. Г. Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций. Интернет-журнал «Науковедение». 2014; 5(24): 06KO514.

[17] Мигунов В. Н., Овчинников И. И., Овчинников И. Г. Экспериментально-теоретическое моделирование армированных конструкций в условиях коррозии: монография. Пенза: ПГУАС; 2014. 294 с.

[18] Степанова В. Ф., Розенталь Н. К., Моисеева Н. А. Катодная электрохимическая защита арматуры от коррозии в железобетонных конструкциях. Промышленное и гражданское строительство. 2023; 12: 46–50.

[19] Dang V. Q., Ogawa Y., Bui P. T., Kawai K. Effects of chloride ions on the durability and mechanical properties

of sea sand concrete incorporating supplementary cementitious materials under an accelerated carbonation condition. Construction and Building Materials. 2021; 274: 122016. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.122016.

[20] Шалый Е. Е., Леонович С. Н., Ким Л. В. Долговечность морских сооружений при комбинированной коррозии железобетона. Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2018; 1(5): 65–72.

[21] Леонович С. Н., Степанова А. В., Цуприк В. Г., Ким Л. В. и др. Долговечность бетона при хлоридной агрессии: монография. Владивосток: Дальневосточный федеральный университет; 2020. 90 с.

[22] Карпенко Н. И., Ярмаковский В. Н., Ерофеев В. Т. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций. Academia. Архитектура и строительство. 2015; 1: 93–102.

[23] Леонович С. Н. и др. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций при комбинированном воздействии карбонизации и хлоридной агрессии и их восстановление / под общ. ред. С. Н. Леоновича. Минск: БНТУ; 2021. 353 с.

[24] Leonovich S. N., Shalyi E. E., Kim L. V. Reinforced Concrete under the Action of Carbonization and Chloride Aggression: a Probabilistic Model for Service Life Prediction. Science and Technique. 2019; 18(4): 284–291.

[25] Шалый Е. Е. и др. Совместное действие карбонизации и хлоридной агрессии на конструкционный бетон: вероятностная модель. Вестник гражданских инженеров. 2018; 68(3): 123–131.

[26] Duan Y., Wang J. Y., Wang L. Corrosion prevention of steel bars in concrete using amine and epoxy compounds. Construction and Building Materials. 2018; 170: 692–700.

[27] Liu Y., Wang Y., Li W. Corrosion inhibition of reinforcing steel in concrete by plant exudates. Materials and Corrosion. 2022; 73(6): 1536–1544.

[28] Li Y., Zou X., Zhao F., Ma L. Corrosion inhibition of Graphene oxide for steel in concrete. Corrosion Science. 2019; 153: 240–249.

[29] Afrasiyabi M., Ramezaniapour A. A., Ghanbari M. Corrosion of steel in concrete: A review. Construction and Building Materials. 2017; 141: 835–851. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.02.186.

[30] Daniyal M., Akhtar S. Corrosion assessment and control techniques for reinforced concrete structures: a review. Journal of Building Pathology and Rehabilitation. 2020; 5: 1. DOI: 10.1007/s41024-019-0067-3.

[31] Geiker M. R., Polder R. B. Experimental support for new electro active repair method for reinforced concrete. Materials and Corrosion. 2016; 67: 600–606.

[32] Белый А. А., Шермухамедов У. З., Собирова М. М., Кадирова Ш. Ш. и др. Мониторинг инженерных конструкций путепровода по улице Бабура к Ташкентскому международному аэропорту имени Ислама Каримова. Путевой Навигатор. 2025; 64(90): 46–55.



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

Beliy Andrey /  
Andrey Belyi

Xalqaro transport akademiyasi i  
akademigi, Rossiya transport  
akademiyasi akademigi, «K2  
Engineering» MChJ texnik  
direktori, Toshkent davlat  
transport universiteti  
«Ko'priklar va tonnellar»  
kafedrası v.b. professori, t.f.d.,  
dotsent  
E-mail: [andbeliy@mail.ru](mailto:andbeliy@mail.ru)

Kadirova Sharofat  
/  
Sharofat Kadirova

Tel.:+998917841220  
<https://orcid.org/0000-0002-2825-1368>

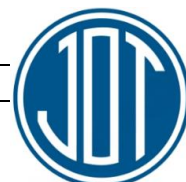
Toshkent davlat transport  
universiteti «Ko'priklar va  
tonnellar» kafedrası v.b.  
dotsenti

E-mail:

[kadyrova.sharofat@mail.ru](mailto:kadyrova.sharofat@mail.ru)

Tel.:+998979567222

<https://orcid.org/0009-0007-6148-9785>



**K. Mustafaeva, Sh. Jumaev, A. Makhkamov,  
Sh. Suyunbaev**

*Research on the time norms for performing technological operations  
with multi-group trains at railway stations.....234*

**F. Khasanov**

*Study of the magnetocaloric effect in magnetic materials.....242*

**F. Khasanov**

*The magnetocaloric effect as a basis for energy-efficient magnetic  
refrigeration.....247*

**D. Safaeva, Sh. Tashmuhammedova, D. Zairov**

*IR spectroscopic study of the formation of functional groups on the  
surface of polymer materials for packaging under the influence of  
corona discharge.....251*

**A. Azimov**

*Improving the cold-start process in fourth-generation gas-cylinder  
vehicles operating on compressed natural gas fuel.....254*

**A. Beliy, Sh. Kadirova**

*Improvement of the method for assessing the need for  
electrochemical protection of reinforced concrete bridge piers....259*