

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

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.

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.

The influence of environmental factors on the performance of reinforced concrete bridge structures

S.S. Salikhanov¹, D.I. Ravshanova¹^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

This article presents a comprehensive study of the impact of environmental factors on the technical condition, reliability, load-bearing capacity, and service life of reinforced concrete bridge structures during their long-term operation. The relevance of this research is driven by the need to ensure the safety of bridge structures within modern transport infrastructure, reduce operational costs, and extend their service life. Specifically, factors such as climate change, increased atmospheric pollution, the widespread presence of aggressive chemical environments, and growing traffic loads are accelerating the degradation processes of reinforced concrete structures, thereby having a significant negative impact on their operational performance. The article provides a detailed analysis of the mechanisms of influence on physical, chemical, and mechanical degradation processes occurring in concrete and reinforcement elements by climatic (sharp temperature changes, freezing-melting cycles, humidity and atmospheric precipitation), chemical (carbonation under the influence of chlorides, sulfates, carbon dioxide), biological, and anthropogenic factors. The influence of these factors on concrete porosity, water permeability, strength, reinforcement corrosion rate, and the overall load-bearing capacity of the structure was evaluated based on scientific sources and current regulatory documents. The research methodology utilizes methods of systematic analysis of scientific literature, comparative study of regulatory documents, engineering analysis, and mathematical modeling. Based on the results obtained, an engineering classification for assessing the impact of environmental factors on reinforced concrete bridges has been proposed. Additionally, the theoretical foundations for determining the coefficient of aggressiveness, which represents the impact of an aggressive environment, and the cold resistance coefficients, which characterize the performance characteristics of structures in cold climatic conditions, as well as approaches to their practical calculation, are presented. The research results demonstrate that comprehensive consideration of environmental factors during the design, construction, and operation stages allows for increasing the reliability of reinforced concrete bridges, slowing down corrosion and wear processes, reducing maintenance and repair costs, more accurately assessing the residual life of structures, and extending their service life. The scientific conclusions and proposals presented in the article are of practical importance for engineers, researchers, and design organizations involved in bridge design, diagnostics, technical condition monitoring, and operation, serving to ensure the safety and stability of transport infrastructure facilities.

Keywords:

reinforced concrete bridges, durability, aggressive environment, corrosion, frost resistance, climatic influence, coefficient of aggressiveness

Влияние факторов окружающей среды на работу железобетонных мостовых конструкций

Салиханов С.С.¹, Равшанова Д.И.¹^a

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация:

В данной статье комплексно исследовано влияние факторов окружающей среды на техническое состояние, эксплуатационную надежность, несущую способность и долговечность железобетонных мостовых конструкций в процессе их длительной эксплуатации. Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения безопасности и надежности транспортной инфраструктуры, снижения затрат на эксплуатацию и ремонт мостовых сооружений, а также увеличения срока их службы. В условиях изменения климата, роста уровня загрязнения атмосферы, усиления воздействия агрессивных химических сред и увеличения транспортных нагрузок процессы разрушения железобетонных конструкций значительно ускоряются, что отрицательно сказывается на их эксплуатационных характеристиках и безопасности. В работе подробно рассмотрены механизмы воздействия климатических (резкие

 <https://orcid.org/0000-0003-2706-6838>



перепады температуры, циклы замораживания–оттаивания, атмосферная влажность и осадки), химических (воздействие хлоридов, сульфатов и процессов карбонизации), биологических и техногенных факторов на физические, химические и механические процессы деградации бетона и арматуры. Проанализировано влияние указанных факторов на пористость, водопроницаемость и прочность бетона, скорость коррозии арматуры, образование трещин, снижение несущей способности и общее техническое состояние мостовых конструкций. Оценка выполнена на основе анализа современных научных исследований, нормативных документов и результатов экспериментальных работ. Методологическую основу исследования составили системный анализ отечественной и зарубежной научной литературы, сравнительный анализ нормативно-технической документации, инженерный анализ, а также методы математического моделирования процессов деградации железобетонных конструкций. На основании полученных результатов предложена инженерная классификация факторов окружающей среды по степени их воздействия на железобетонные мостовые конструкции. Кроме того, представлены теоретические основы определения коэффициента агрессивности среды и коэффициента морозостойкости, характеризующих интенсивность воздействия внешних факторов и долговечность конструкций при эксплуатации в различных природно-климатических условиях. Результаты исследования показывают, что комплексный учет факторов окружающей среды на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации позволяет существенно повысить надежность и долговечность железобетонных мостов, замедлить развитие коррозионных процессов и других видов разрушения, снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт, более точно оценивать остаточный ресурс конструкций и прогнозировать срок их безопасной эксплуатации. Полученные научные результаты и практические рекомендации могут быть использованы при проектировании, обследовании, диагностике, мониторинге технического состояния и эксплуатации железобетонных мостовых сооружений, а также при разработке мероприятий по повышению их надежности, безопасности и долговечности в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: железобетонные мосты, долговечность, агрессивная среда, коррозия, морозостойкость, воздействие климата, коэффициент агрессивности

1. Введение

Современное проектирование мостовых сооружений выходит за рамки расчёта прочности и жёсткости. Одним из важнейших направлений инженерного анализа становится учёт воздействия факторов окружающей среды, которые определяют долговечность и безопасность эксплуатации [1–3].

В условиях увеличивающейся транспортной нагрузки и изменения климата (рост среднегодовой температуры, увеличение амплитуды колебаний влажности и количества циклов замораживания–оттаивания) актуальность данного вопроса возрастает многократно [4].

Целью данной работы является разработка инженерной модели взаимодействия железобетонных мостовых конструкций с окружающей средой, позволяющей количественно оценивать влияние климатических и химических факторов на параметры долговечности.

Научная новизна исследования заключается в уточнении параметров коэффициентов агрессивности среды и морозостойкости применительно к мостовым конструкциям, работающим в открытых условиях, а также в систематизации факторов с позиции их влияния на элементы моста (плиты, балки, опоры, швы).

Без анализа вопросов, изложенных в настоящей статье, невозможно корректно понять механизмы физико-химической деградации железобетона, рассматриваемые в последующих разделах.

2. Методика исследования

1. Классификация воздействий среды

Надёжность и долговечность железобетонных автодорожных мостов в решающей степени зависят от воздействия окружающей среды. Проектировщик обязан учитывать не только расчётные нагрузки, но и долговременное влияние климатических, химических, биологических и антропогенных факторов. Эти воздействия изменяют физико-механические свойства бетона и арматуры, ускоряют коррозию, вызывают трещинообразование и снижение несущей способности конструкций.

По характеру происхождения выделяют три основные группы факторов:

1. Природные (климатические) — температура, влажность, солнечная радиация, ветер, осадки, циклы замораживания–оттаивания.

2. Химические и биологические — воздействие агрессивных газов (SO_2 , CO_2 , Cl_2), солей (NaCl , CaCl_2), кислотных дождей, микроорганизмов и мхов.

3. Техногенные и эксплуатационные — дорожные реагенты, выхлопные газы, вибрации от транспорта, протечки из деформационных швов, механическое истирание покрытия.

Воздействие среды на мостовые конструкции носит комплексный характер. Основные группы факторов представлены в таблице 1.



Таблица 1

Классификация воздействий и их влияние на элементы мостов

Группа факторов	Источники	Воздействие	Уязвимые элементы
Климатические	Температура, осадки, влажность	Замораживание, увлажнение, обледенение	Плита проезда, ограждения
Химические	Соли, газы, кислотные осадки	Коррозия арматуры, выщелачивание	Балки, опоры, устои
Биологические	Мхи, микроорганизмы	Разрушение поверхности, ухудшение сцепления	Опоры, устои
Техногенные	Выхлопные газы, реагенты	Повреждение бетона, усталость	Плита проезда, консоли

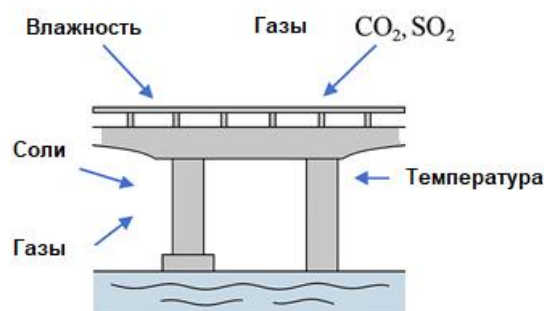


Рис. 1 – Модель взаимодействия мостовой конструкции и среды

2. Инженерная модель взаимодействия конструкции и среды

Воздействие среды можно представить как поток масс и энергий, воздействующих на внешнюю оболочку конструкции и проникающих в бетон. Для количественного анализа используются коэффициенты агрессивности среды K_a и морозостойкости K_m .

Коэффициент агрессивности среды

$$1. \quad K_a = \frac{C_{ag}}{C_{ref}} \cdot f(T, H, pH), \quad (1)$$

где

C_{ag} — концентрация агрессивных веществ в окружающей среде, мг/м³;

C_{ref} — базовая (допустимая) концентрация, мг/м³;

T — среднегодовая температура, °C;

H — относительная влажность, %;

pH — кислотность среды.

2. При $K_a > 1$ материал работает в агрессивной среде и требует усиленной защиты (гидроизоляция, увеличение толщины покрытия, применение добавок); при $K_a \leq 1$ — условия считаются нормальными.

Коэффициент морозостойкости

4. Для оценки морозостойкости бетона используется коэффициент морозостойкости K_m :

$$5. \quad K_m = \frac{N_f}{N_{ref}} \cdot \frac{R_t}{R_{t0}}, \quad (2)$$

6. где

N_f — фактическое количество циклов замораживания-оттаивания в регионе;

N_{ref} — нормативное значение циклов для класса F;

R_t — предел прочности на растяжение бетона после циклирования;

R_{t0} — предел прочности в исходном состоянии.

7. Коэффициенты K_a и K_m применяются при расчётах долговечности и выборе марок бетона, толщины защитного слоя и состава цемента.

3. Нормативные аспекты

В отечественной практике (ШНК 2.05.03–22)

вопросы долговечности формально учитываются через коэффициенты условий эксплуатации, но влияние окружающей среды остаётся недостаточно детализированным.

Международные нормы (EN 206, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications) предлагают более развитую систему классификации воздействий, включая количественные критерии агрессивности и химического состава среды [5–8].

4. Практическое применение

В работе предложено объединить подходы, используя многофакторную модель среды, применяемую к каждому элементу моста отдельно.

Таким образом, анализ физико-химических процессов деградации позволяет установить ключевые механизмы разрушения бетона и арматуры под действием влаги, солей, газов и температурных колебаний. Однако для инженерных расчётов и прогноза ресурса мостовых сооружений необходимо перейти от качественного описания этих явлений к их количественной оценке.

Современные исследования показывают, что изменение прочностных и деформационных характеристик железобетона во времени зависит не только от внутренних свойств материалов (ползучести, усадки, коррозионного растрескивания), но и от комплекса внешних факторов, формирующих агрессивность среды.

В этой связи особую научную значимость приобретает разработка математических моделей изменения прочностных характеристик при длительных воздействиях с окружающей средой, которые позволяют учитывать совместное действие климатических, химических и механических факторов при проектировании и оценке долговечности железобетонных мостов.

Предложенная классификация и система коэффициентов позволяют:

- учитывать реальные климатические условия региона;
- корректировать расчётные сопротивления бетона и арматуры;
- прогнозировать срок службы при заданной агрессивности;
- оптимизировать выбор защитных покрытий и добавок.

Пример расчёта показал, что повышение K_a с 0,9 до 1,2 снижает ожидаемый срок службы балки на 18–22 %, а снижение K_m с 1,0 до 0,8 — ещё на 10–15 %.

Дополнительным направлением совершенствования предложенной методики является внедрение систем непрерывного мониторинга технического состояния мостовых сооружений. Современные сенсорные



технологии позволяют в режиме реального времени регистрировать изменения деформаций, температурных воздействий, влажности бетона и параметров вибрации конструкций. Интеграция данных мониторинга с разработанными математическими моделями обеспечивает повышение точности прогнозирования деградационных процессов и своевременное выявление потенциально опасных дефектов.

Следует отметить, что воздействие факторов окружающей среды носит комплексный характер и сопровождается нелинейным изменением физико-механических свойств материалов. В связи с этим перспективным направлением дальнейших исследований является применение методов искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа больших массивов эксплуатационных данных. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет выявлять скрытые закономерности изменения технического состояния конструкций и формировать более точные прогнозные модели долговечности железобетонных мостов.

Кроме того, при оценке эффективности проектных решений целесообразно учитывать концепцию жизненного цикла сооружения. Такой подход предусматривает анализ не только первоначальных затрат на строительство, но и расходов на содержание, ремонт и реконструкцию объекта в течение всего периода эксплуатации. Комплексное использование коэффициентов воздействия окружающей среды, результатов мониторинга и методов прогнозирования остаточного ресурса позволяет повысить экономическую эффективность эксплуатации мостовых сооружений и обеспечить требуемый уровень их безопасности в долгосрочной перспективе.

Полученные результаты создают научную основу для совершенствования нормативных методов расчёта железобетонных мостовых конструкций с учётом региональных климатических особенностей и степени агрессивности окружающей среды, что особенно актуально для условий Республики Узбекистан и других регионов с резко континентальным климатом.

Развитие предложенного подхода также предполагает формирование цифровой модели жизненного цикла мостового сооружения, в которой параметры окружающей среды рассматриваются как изменяющиеся во времени величины. Такой подход позволяет учитывать сезонные колебания температуры и влажности, изменение интенсивности транспортных нагрузок, а также возможное увеличение агрессивности окружающей среды в процессе эксплуатации. В результате появляется возможность перехода от нормативных расчётов к прогнозированию фактического технического состояния конструкций на различных этапах их жизненного цикла. Особый интерес представляет разработка интегрального показателя долговечности, объединяющего коэффициенты климатического, химического и механического воздействия в единую расчётную систему. Использование такого показателя позволит проводить сравнительную оценку различных конструктивных решений ещё на стадии проектирования и выбирать наиболее эффективные варианты защиты железобетонных элементов от неблагоприятных воздействий окружающей среды.

Практическая реализация разработанной модели

может быть использована при планировании ремонтно-восстановительных работ на существующих мостовых сооружениях. На основе расчётных значений остаточного ресурса появляется возможность определения оптимальных сроков проведения профилактических мероприятий, что способствует снижению эксплуатационных затрат и предотвращению аварийных ситуаций. При этом эффективность принимаемых решений существенно возрастает при использовании данных инструментального обследования и результатов долговременного мониторинга. Следует отметить, что для мостовых сооружений, расположенных в различных климатических зонах, значения коэффициентов воздействия окружающей среды могут существенно отличаться. Поэтому дальнейшие исследования должны быть направлены на создание региональных баз данных, отражающих особенности климатических условий, уровень загрязнения атмосферы и интенсивность транспортных потоков. Формирование таких баз данных позволит повысить достоверность прогнозных расчётов и обеспечить адаптацию существующих нормативных требований к реальным условиям эксплуатации.

Таким образом, объединение математического моделирования, цифрового мониторинга, методов прогнозирования остаточного ресурса и региональных климатических данных формирует комплексный научный подход к оценке долговечности железобетонных мостовых конструкций. Реализация данного подхода способствует повышению эксплуатационной надёжности мостов, снижению затрат на их содержание и совершенствованию методов проектирования с учётом воздействия факторов окружающей среды.

Таким образом, внедрение предложенного комплексного подхода в практику позволяет повысить эксплуатационную надёжность мостовых сооружений, сократить затраты на их содержание и ремонт, а также совершенствовать современные методы проектирования с учётом воздействия факторов окружающей среды.

3. Заключение

1. Воздействие среды является системным фактором, определяющим долговечность железобетонных мостов не менее чем на 60 %.

2. Введённые коэффициенты K_a и K_m позволяют интегрировать климатические и химические воздействия в инженерные расчёты.

3. Разработанная модель взаимодействия среды и конструкции может использоваться при прогнозе остаточного ресурса и планировании мероприятий по защите.

4. Анализ показал, что без предварительного учёта факторов среды невозможно достоверно описать физико-химическую деградацию.

Использованная литература / References

[1] СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы». — М.: Минрегион России, 2011.



- [2] ИИHK 2.05.03–22 «MocTы и тpyбы». — Tашкент, 2022.
- [3] CП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии».
- [4] Eurocode 2: Design of Concrete Structures. EN 1992-1-1. — Brussels, 2020.
- [5] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. 9th Edition. — Washington DC, 2020.
- [6] Zhang, Z., et al. Durability of Reinforced Concrete under Aggressive Environments. // Construction and Building Materials, 2021.
- [7] Neville, A. Properties of Concrete. — Pearson, 2012.
- [8] Mehta, P., Monteiro, P. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. — McGraw-Hill, 2014.
- [9] Almusallam, A. A. Effect of Environmental Conditions on Reinforcement Corrosion in Concrete Bridges. // Cement & Concrete Research, 2019.

Информация об авторах/ Information about the authors

Салиханов Саидхон Салиханович / Saidkhan Salikhanov	Ташкентский государственный транспортный университет, кандидат технических наук, профессор кафедры «Мосты и тоннели» E-mail: saidkhansalikhanov@gmail.com
Равшанова Дилдора Иномжановна / Dildora Ravshanova	Ташкентский государственный транспортный университет, докторант E-mail: dildoraravshanova25@gmail.com Tel.: +998 99 355 17 17 https://orcid.org/0000-0003-2706-6838



M. Talipov, E. Ergashev

A comprehensive approach to assessing and reducing neuropsychic burden in the work activity of driver examination center employees.....5

Z. Jalolova, N. Abdullaev

Assessment of public transport safety and the technical parameters of lifting and handling equipment.....11

S. Salikhanov, D. Ravshanova

The influence of environmental factors on the performance of reinforced concrete bridge structures.....15

Z. Jalolova, Kh. Vahobov

An analysis of theoretical approaches to ensuring road traffic safety20

KH. Tuychiev, KH. Tuychiev

Development of a technology for producing coarse-grained tungsten carbide powders.....25

J. Gulyamov, H. Toshmamatov

Optimization of energy efficiency in irrigation pumping stations: Mathematical modeling using Bellman and Pontryagin approaches.....29

R. Kiyamov

An improved method for increasing the capacity of branched optical communication networks based on transfer to a single-fiber mode.....35

A. Muratov

Criteria for evaluating the efficiency of freight transportation by road transport and approaches to their optimization.....41

D. Mirzajonov, E. Shchipacheva

Architectural and planning organization of a multifunctional residential complex for sustainable urban planning: using the example of Namangan city.....45

A. Komilov, A. Kuziev

Mathematical modeling of the urban public transport system in Termiz city based on passenger flows and simulation-based timetable improvement.....50