

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА  
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 621.793.6: 691.87

DOI: 10.21822/2073-6185-2025-52-3-212-218



Оригинальная статья /Original article

**Оценка адгезионного сцепления фосфатной пленки на поверхности металла с кровельным гидроизоляционным материалом и полиуретановым клеем**

**С.А. Логинова, И.Н. Гоглев**

Ярославский государственный технический университет,  
150023, г. Ярославль, Московский пр., д. 88, Россия

**Резюме. Цель.** Оценка адгезии фосфатной пленки необходима для повышения долговечности и надежности кровель, обеспечивая защиту от коррозии, герметичность и экономическую эффективность строительства. Целью исследования является оценка адгезионного сцепления фосфатной пленки на поверхности металла с кровельным гидроизоляционным материалом, приклеенным на полиуретановый клей. **Метод.** Пленка получена на поверхности металлических пластин из стали (Ст3) путём обработки поверхности металла преобразователем ржавчины. Авторами предложена экспериментальная улучшенная рецептура преобразователя коррозии на основе ортофосфорной кислоты, с добавкой кислоты (или солей кислот) Льюиса. Для испытания использовались металлические пластины 150x150мм, к поверхности которых приклеивался гидроизоляционный материал с флисовой основой на кровельный полиуретановый клей. Поверхность половины образцов обрабатывали с помощью преобразователя коррозии, а другую часть образцов оставляли без обработки с застарелой коррозией металла на поверхности. Произведен отрыв кровельного гидроизоляционного материала с помощью прибора-адгезиметра ОНИКС-1.АП.005 по методикам ГОСТ 28089-2012 и ГОСТ 28574-2014. **Результат.** Выявлено, что средняя прочность сцепления фосфатной пленки с полиуретановым клеем составляет 0,413 МПа, что выше на 4,03% чем у поверхности необработанного металла без коррозии и выше на 21,47%, чем у металла с поверхностной коррозией. **Вывод.** Модифицированная фосфатная пленка обладает повышенной адгезией к клеевым, а в перспективе, возможно, что и к лакокрасочным покрытиям и бетону.

**Ключевые слова:** трубопроводы, монолитный железобетон, арматура, коррозия металла, преобразователь ржавчины, ортофосфорная кислота, кислоты Льюиса

**Для цитирования:** С.А. Логинова, И.Н. Гоглев. Оценка адгезионного сцепления фосфатной пленки на поверхности металла с кровельным гидроизоляционным материалом и полиуретановым клеем. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2025;52(3):212-218. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-3-212-218

**Assessment of the Adhesion of Phosphate layer on the metal surface with roofing Waterproofing material and Polyurethane glue**

**S.A. Loginova, I.N. Goglev**

Yaroslavl State Technical University,  
88 Moskovsky Ave., Yaroslavl 150023, Russia

**Abstract. Objective.** Evaluation of phosphate film adhesion is necessary to increase the durability and reliability of roofs, ensuring protection against corrosion, tightness and cost-effectiveness of construction. Conduct a study of the adhesive bonding of a phosphate film on a metal surface with a roofing waterproofing material glued with polyurethane glue. **Method.** A film was formed on the surface of St3 steel plates by treating the metal surface with a rust converter. An experimentally improved formulation of a corrosion converter based on orthophosphoric acid with the addition of Lewis acid (or acid salts) is proposed. 150x150 mm metal plates were used, to which a fleece-backed waterproofing material was adhered using roofing polyurethane adhesive. Half of the samples were treated with the corrosion converter, while the other half

were left untreated, displaying old metal corrosion on the surface. The roofing waterproofing material was peeled off using an ONIKS-1.AP.005 adhesion tester according to GOST 28089-2012 and GOST 28574-2014. **Result.** The average adhesion strength of the phosphate film with polyurethane adhesive is 0.413 MPa, which is 4.03% higher than that of the surface of untreated metal without corrosion and 21.47% higher than that of metal with surface corrosion. **Conclusion.** The modified phosphate film has increased adhesion to adhesives, and in the future, possibly to paint and varnish coatings and concrete.

**Keywords:** pipelines, monolithic reinforced concrete, reinforcement, metal corrosion, rust converter, orthophosphoric acid, Lewis acids

**For citation:** S.A. Loginova, I.N. Goglev. Assessment of the Adhesion of Phosphate layer on the metal surface with roofing Waterproofing material and Polyurethane glue. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2025;52(3):212-218. (In Russ) DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-3-212-218

**Введение.** Металлические трубопроводы (в том числе нефте- и газопроводы) широко распространены на территории РФ [1]. В процессе эксплуатации они подвергаются коррозии [2]. Коррозия связана с качеством исходного металла [3, 4], его недостаточной защитой от внешних воздействий [3, 4], а также с различными внешними факторами (наличие агрессивных веществ [3, 4, 6], блуждающих токов [2-4, 6] и др.).

В связи с постоянно возрастающими объёмами монолитного строительства зданий и сооружений из железобетона (в том числе, жилых, общественных и промышленных), низкая культура производства работ зачастую подразумевает использование арматуры с поверхностной коррозией, которая будет ингибирована щелочной средой бетона после его заливки [5, 7, 8]. Однако, не во всех случаях бетон может сохранять свои пассивирующие свойства по отношению к стальной арматуре. Данный вопрос подробно исследовался авторами статьи в нескольких материалах [6-12]. В условиях воздействия кислотных агрессивных сред, pH цементного камня может снижаться [7, 8, 10], что будет приводить к интенсификации процесса коррозии стальной арматуры и нарушению защитного слоя бетона [7, 10]. Доказано, что данный дефект (согласно ГОСТ 31937-2011) снижает срок долговечности и величину несущей способности железобетонных конструкций в дальнейшем [7]. В дальнейшем, если поверхность арматуры будет с оксидной пленкой (рис.1), в случае увлажнения железобетонной конструкций возникает риск протекания химической и электрохимической коррозии на её поверхности.



Рис. 1 - Пример использования арматуры с поверхностной коррозией на одном из объектов в г.Москва

Fig. 1 - An example of using reinforcement with surface corrosion at one of the facilities in Moscow

Диаметр арматуры будет увеличиваться (вследствие образования продуктов коррозии), что приведет к растрескиванию и нарушению защитного слоя бетона [7,8,10]. Данный процесс и его последствия наглядно отражены на рис.2 и рис.3.



Рис. 2 - Стадии протекание коррозии арматуры внутри тела железобетонной конструкции

Fig. 2 - Stages of corrosion of reinforcement inside the body of a reinforced concrete structure

В России уровень распространённости коррозии металлических изделий и арматуры при производстве различных строительных работ очень высокий и приводит к регулярным потерям металла (по некоторой информации до 30% от всего произведенного металла в год [13, 14]), а также к коррозии и разрушению даже недавно выполненных строительных конструкций (например, ж/б) [7, 8, 10].



**Рис. 3 - Отслоение защитного слоя бетона, оголение и коррозия арматуры железобетонной стенки**

**Fig. 3 - Peeling off the protective layer of concrete, exposure and corrosion of the reinforcement of the reinforced concrete wall**

Проблема наиболее актуальна в сфере жилого, общественного и промышленного строительства, а также при строительстве инфраструктурных сооружений (например, трубопроводов) [4, 5, 13, 14]. Актуальность данного исследования выражается в том, что исследование и поиск новых решений по защите строительных материалов (ж/б, металла) от коррозии отвечает требованиям ПРИКАЗА от 15 декабря 2020 г. N 531 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления», а также требованиям основополагающих нормативных документов, в частности, СП 28.13330.2017 и ГОСТ 31384-2017.

**Постановка задачи.** Целью исследования является выполнение испытания адгезионного сцепления модифицированной фосфатной пленки с клеящими составами (в данном случае – в системе «металл-полиуретановый клей-гидроизоляционный материал на флисовой основе»). Задача исследования – экспериментально подтвердить, что адгезионное сцепление поверхности металла зависит от такого фактора как наличие поверхностной коррозии, и что рецептура модифицированного преобразователя коррозии на основе ортофосфорной кислоты позволяет увеличить адгезию металла к клеящим составам, по сравнению с пленкой поверхностной коррозии.

**Методы исследования.** При проведении экспериментальных исследований использовались следующие приборы и оборудование: портативный адгезиметр с ручным гидравлическим приводом модели ОНИКС-1.АП (производитель – «Интерприбор», сертификат Госреестра СИ РФ 57880-14, зав. № В462, рис.4), цифровая зеркальная фотокамера с возможностью быстрой съемки марки Canon 1200D.



**Рис. 4 - Прибор для измерения адгезии материалов ОНИКС-1.АП.005**

**Fig. 4 - Device for measuring adhesion of materials ONIKS-1.AP.005**

Для испытания модифицированной фосфатной пленки на адгезионное сцепление использовали отечественные методики испытаний: ГОСТ 28089-2012 «Конструкции строительные стеновые. Метод определения прочности сцепления облицовочных плиток с основанием» и ГОСТ 28574-2014 «Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий» [15, 16].

Для испытания было предложено использовать металлические пластины 150x150 мм из Ст3, к поверхности которых приклеивался гидроизоляционный материал с флисовой основой на кровельный полиуретановый клей (рис. 5). Каждый образец материала на флисовой основе подвергался обмазке полиуретановым клеем одинаковым образом, с целью получения наиболее достоверных данных. Состав экспериментальной рецептуры преобразователя коррозии приведён в табл. 1. Часть реагентов прописана недостаточно подробно, по причине процесса патентования указанной рецептуры.

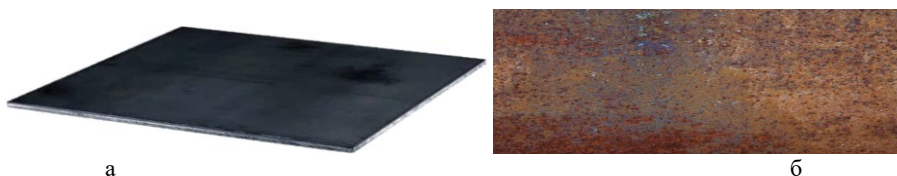


Рис. 5 - а) Фото пластины, обработанной экспериментальной рецептурой модифицированного преобразователя коррозии; б) пример поверхности пластин с ржавчиной  
Fig. 5 -a) Photo of a plate treated with an experimental formulation of a modified corrosion converter; b) example of the surface of plates with rust

Поверхность пластин обрабатывали экспериментальной улучшенной (модифицированной) рецептурой преобразователя коррозии, после чего позволяли высохнуть поверхности в течении суток для образования устойчивой фосфатной пленки.

Таблица 1. Пример экспериментальной рецептуры модифицированного преобразователя коррозии на основе ортофосфорной кислоты

Table 1. Example of an experimental formulation of a modified corrosion converter based on orthophosphoric acid

| Компоненты Components                                                                                                                                                             | Рецептура 1 Recipe |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                                                                                                                                   | состав, мас.%      |
| Ортофосфорная кислота $H_3PO_4$ (конц.85%)/ Orthophosphoric acid $H_3PO_4$ (concen. 85%)                                                                                          | 45                 |
| Смесь щавелевой кислоты (двувод.) $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ и соли органической кислоты/ Mixture of oxalic acid (dihydrate) $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ and an organic acid salt        | 5,0                |
| Неорганическая алюминий - содержащая соль/ Inorganic aluminum-containing salt                                                                                                     | 1,5                |
| Неионогенный ПАВ Nonionic surfactant                                                                                                                                              | 1,0                |
| Смесь растворов солей кислот Льюиса Mixture of Lewis acid salt solutions                                                                                                          | 1,5                |
| Смесь нанодисперсных порошков оксида алюминия $Al_2O_3$ и комплексной неорганической соли /Mixture of nanodispersed aluminum oxide powders $Al_2O_3$ and a complex inorganic salt | 1,0                |
| Дистиллированная вода $H_2O$ / Distilled water $H_2O$                                                                                                                             | 45                 |

Далее к поверхности 10 пластин приклеивали кровельный гидроизоляционный материал на флисовой основе (ПУ клей наносился на поверхность флиса) с помощью прижима (струбцинами). Клею обеспечивали полное высыхание (за период высыхания принято время твердения бетонной смеси - 28 суток), после чего к поверхности кровельного гидроизоляционного материала приклеивали с помощью суперклея на цианакрилатной основе металлическую площадку 50x50 мм прибора ОНИКС-1.АП.005. Затем выполняли надрез материала вокруг площадки (чтобы обеспечить отрыв именно участка 50x50 мм по методикам ГОСТ) (рис. 6б, 7, а), а также выполняли отрывы приклеенного материала (рис. 6а, б) от поверхности металла с целью определения показателя адгезионного сцепления полиуретанового клея и поверхностью металла. Указанные действия повторяли ещё 19 раз.



Рис. 6 - а) пример испытательных образцов для выполнения адгезионного отрыва; б) один из показателей прочности адгезионного отрыва от поверхности обработанного металла  
Fig. 6 - a) example of test samples for performing adhesive separation; b) one of the indicators of the strength of adhesive separation from the surface of the processed metal

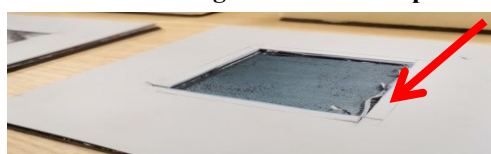


Рис. 7 - а) поверхность обработанного металла после выполнения адгезионного отрыва (видна фосфатная пленка); б) один из показателей прочности адгезионного отрыва от поверхности необработанного металла с «застарелой» коррозией  
Fig. 7 - a) surface of treated metal after adhesive tear-off (phosphate film is visible); b) one of the indicators of adhesive tear-off strength from the surface of untreated metal with "old" corrosion

б) one of the indicators of adhesive tear-off strength from the surface of untreated metal with "old" corrosion

## Обсуждение результатов. Результаты проведенных испытаний отражены в табл. 2.

Таблица 2. Величины адгезионного сцепления образцов

Table 2. Adhesive adhesion values of samples

| Адгезионное сцепление (МПа) поверхности металла до и после обработки преобразователем коррозии по ГОСТ 28089-2012 и ГОСТ 28574-2014/ Adhesive adhesion (MPa) of the metal surface before and after treatment with a corrosion converter according to GOST 28089-2012 and GOST 28574-2014 |                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| № образца, описание образца Sample number, sample description                                                                                                                                                                                                                            | Прочность на адгезионный отрыв, МПа<br>Adhesive peel strength, MPa |
| Образец 1, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                 | 0,39                                                               |
| Образец 2, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                 | 0,35                                                               |
| Образец 3, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                 | 0,38                                                               |
| Образец 4, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                 | 0,32                                                               |
| Образец 5, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                 | 0,27                                                               |
| Образец 6, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                 | 0,31                                                               |
| Образец 7, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                    | 0,42                                                               |
| Образец 8, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                    | 0,42                                                               |
| Образец 9, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                    | 0,41                                                               |
| Образец 10, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                   | 0,42                                                               |
| Образец 11, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                | 0,31                                                               |
| Образец 12, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                   | 0,41                                                               |
| Образец 13, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                   | 0,41                                                               |
| Образец 14, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                | 0,35                                                               |
| Образец 15, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                | 0,39                                                               |
| Образец 16, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                   | 0,41                                                               |
| Образец 17, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                   | 0,42                                                               |
| Образец 18, необработанный металл с «застарелой» коррозией на поверхности                                                                                                                                                                                                                | 0,33                                                               |
| Образец 19, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                   | 0,40                                                               |
| Образец 20, обработанный металл (улучшенная рецептура)                                                                                                                                                                                                                                   | 0,41                                                               |

По результатам испытаний отмечено, что набор средней прочности у сочетания № 1 ( $X_1+X_2$ ) практически не отличается от контрольных образцов:

$$X_{\text{общ}} = (|R_{\text{mod}} - R_{\text{cor}}| / R_{\text{cor}}) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где:  $X_{\text{общ}}$  – полученный прирост прочности на адгезионное сцепление от применения улучшенной рецептуры преобразователя коррозии;  $R_{\text{mod}}$  – фактическая средняя прочность адгезии полиуретанового клея и улучшенной фосфатной пленки;  $R_{\text{cor}}$  – фактическая средняя прочность адгезии полиуретанового клея к коррозионной пленке.

$$X_{\text{общ}} = (|0,413 - 0,340| / 0,340) \cdot 100\% = 21,47\% \quad (2)$$

Выявлено, что прирост прочности адгезии модифицированной фосфатной пленки к кровельному полиуретановому клею в системе «металл - ПУ клей - кровельный гидроизоляционный материал на флисовой основе» относительно пленки «застарелой» поверхностной коррозии (на поверхности пластин из Ст3) составляет +21,47%. В ходе испытаний измерялась адгезия 10 шт образцов пластин с необработанным металлом, но без видимых участков поверхностной коррозии. Результаты определения адгезии полиуретанового клея к поверхности данных пластин приведены в табл. 3.

Таблица 3. Величины адгезионного сцепления образцов пластин без видимой поверхностной коррозии

Table 3. Adhesive bond values for plate samples without visible surface corrosion

| Адгезионное сцепление (МПа) поверхности металла без видимой поверхностной коррозии по ГОСТ 28089-2012 и ГОСТ 28574-2014/ Adhesive adhesion (MPa) of the metal surface without visible surface corrosion according to GOST 28089-2012 and GOST 28574-2014 |                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| № образца, описание образца Sample number, sample description                                                                                                                                                                                            | Прочность на адгезионный отрыв, МПа<br>Adhesive peel strength, MPa |
| Образец 1, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                              | 0,39                                                               |
| Образец 2, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                              | 0,40                                                               |
| Образец 3, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                              | 0,40                                                               |
| Образец 4, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                              | 0,41                                                               |
| Образец 5, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                              | 0,40                                                               |
| Образец 6, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                              | 0,40                                                               |
| Образец 7, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                              | 0,41                                                               |
| Образец 8, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                              | 0,38                                                               |
| Образец 9, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                              | 0,39                                                               |
| Образец 10, необработанный металл без поверхностной коррозии                                                                                                                                                                                             | 0,38                                                               |

На основании данных табл. 3 получаем:

$$X_{\text{общ}} = (|0,413 - 0,397| / 0,397) \cdot 100\% = 4,03\% \quad (3)$$

**Вывод.** По результатам проведённых испытаний выявлено, что прирост прочности адгезии модифицированной фосфатной пленки к кровельному полиуретановому клею в системе «металл - ПУ клей - кровельный гидроизоляционный материал на флисовой основе» относительно поверхности металла без коррозии составляет приблизительно +4,03%.

По результатам проведённых испытаний выявлено, что модифицированная фосфатная пленка, полученная обработкой поверхности металлических пластин экспериментальной улучшенной рецептурой преобразователем коррозии на основе ортофосфорной кислоты, обладает повышенным показателем адгезии к полиуретановому кровельному клею. Увеличение адгезии металла к полиуретановому клею по сравнению с образцами пластин без поверхностной коррозии (исходным металлом) составляет +4,03%. Увеличение адгезии металла к полиуретановому клею по сравнению с образцами пластин с поверхностной «застарелой» коррозией составляет +21,47%.

Результаты испытаний позволяют сделать вывод о том, что пленка обработанного металла, полученная воздействием рецепта улучшенного преобразователя коррозии на основе ортофосфорной кислоты обладает более высокой адгезией к клеящим, а в перспективе, возможно к лакокрасочным материалам и бетону, чем необработанная поверхность.

#### Библиографический список:

1. Конев, С.И. Правовое регулирование магистральных трубопроводов в России // Вопросы российского и международного права. - 2022. - Т. 12. - № 10-1. - С. 269-277.
2. Велиюлин, И.И. Система управления целостностью и обеспечение промышленной безопасности газопроводов с повреждениями / И.И. Велиюлин, В.И. Городниченко, В.В. Харионовский // Территория Нефтегаз. - 2022. - № 9-10. - С. 32-41.
3. Власова, Т.В. Скорость коррозии трубопроводов в грунтах с различным электрическим сопротивлением / Т.В. Власова, А.А. Вербицкая, И.В. Балакай // Фундаментальные проблемы науки. Сб. статей международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 20-22.
4. Китонов, Г.А. Коррозия трубопроводов в нефтехимической промышленности / Г.А. Китонов, А.Н. Баранов // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. - 2016. - № 10-1. - С. 111-113.
5. Леонович, С.Н. Модели периода иницирования коррозии арматуры / С.Н. Леонович, А.В. Прасол // Строительные материалы. 2012. № 9. С. 74-75.
6. Румянцева, В.Е. Процессы коррозионной деструкции нефтехимического оборудования / В.Е. Румянцева, И.Н. Гоглев // Информационная среда вуза (см. в книгах). - 2015. - № 1 (22). - С. 741-747.
7. Румянцева В.Е., И.Н. Гоглев, С.А. Логинова. Применение полевых и лабораторных методов определения карбонизации, хлоридной и сульфатной коррозии при обследовании строительных конструкций зданий и сооружений // Строительство и техногенная безопасность. 2019. - № 15 (67). - С. 51-58.
8. Румянцева В.Е., В.С. Коновалова, И.Н. Гоглев, Н.С. Касьяненко. Ингибирование коррозии бетонного композита комбинированной добавкой нитрита натрия и силиката натрия // Известия высших учебных заведений. Серия Химия и химическая технология. - 2021. - Т. 64. - № 8. - С. 57-62.
9. Чеснокова, Т.В. Моделирование процесса биоразрушения бетона на предприятиях текстильной промышленности / Т.В. Чеснокова, В.Е. Румянцева, С.А. Логинова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2020. - № 1 (385). - С. 206-212.
10. Федосов, С.В. Явления массопереноса в системе "Цементный раствор-композитная пластиковая арматура" на стадии структурообразования композита. Часть 1. физические представления и математическая постановка задачи / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, В.С. Коновалова, И.Н. Гоглев // Academia. Архитектура и строительство. - 2020. - № 1. - С. 118-123.
11. Федосов, С.В. Физико-математическое обоснование теоретических и инженерных изысканий по разработке коррозионностойких материалов для заглублённых сооружений прибрежных зон / С.В. Федосов, О.В. Александрова, Д.В.К. Нгуен, В.Н. Федосеев, С.А. Логинова // Техника и технология силикатов. - 2022. - Т. 29. - № 1. - С. 45-54.
12. Строкин, К.Б. Определение ресурса безопасной эксплуатации конструкций из железобетона в условиях микробиологической коррозии / К.Б. Строкин, Д.Г. Новиков, В.С. Коновалова, С.А. Логинова, Б.Е. Нармания // Современные проблемы гражданской защиты. - 2020. - № 4 (37). - С. 62-69.
13. Парменова, О.Б. Поиск методов защиты от коррозии металлов и сплавов / О.Б. Парменова, А.Р. Насибуллин // Студенческая наука XXI века. - 2015. - № 4 (7). - С. 250-253.
14. Пантелей, Н.В. Оценка состояния и анализ повреждаемости трубопроводов тепловых сетей // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. - 2018. - Т. 61. - № 2. - С. 179-188.

15. Воробьев, П.Ю. Истинная относительная площадь адгезионного и когезионного соединений облицовочных плиток с основанием / П.Ю. Воробьев, В.С. Евстратов, А.Ю. Абрамова // Промышленное и гражданское строительство. - 2022. - № 7. - С. 34-39.
16. Степанова В.Ф., Соколова С.Е., Полушкин А.Л. Вторичная защита железобетонных конструкций системами покрытий на основе органических составов//Строительные материалы. 2018. - № 12. С. 66-70.

#### References:

1. Konev, S.I. Legal regulation of main pipelines in Russia. *Issues of Russian and international law*. 2022; 12(10-1): 269-277. (In Russ)
2. Veliyulin, I.I. Integrity management system and industrial safety of gas pipelines with damage / I.I. Veliyulin, V.I. Gorodnichenko, V.V. Kharionovskiy. *Oil and Gas Territory*. 2022; 9-10:32-41. (In Russ)
3. Vlasova, T.V. Corrosion rate of pipelines in soils with different electrical resistance / T.V. Vlasova, A.A. Verbitskaya, I.V. Balakai. *Fundamental problems of science. Collection of articles from the international scientific and practical conference*. 2016: 20-22. (In Russ)
4. Kitonov, G.A. Corrosion of pipelines in the petrochemical industry / G.A. Kitonov, A.N. Baranov. *New science: Experience, traditions, innovations*. 2016;10-1:111-113. (In Russ)
5. Leonovich, S.N. Models of the initiation period of corrosion of fittings / S.N. Leonovich, A.V. Prasol. *Construction materials*. 2012; 9:74-75. (In Russ)
6. Rumyantseva, V.E. Processes of corrosive destruction of petrochemical equipment / V.E. Rumyantseva, I.N. Goglev. *Information environment of the university (see in books)*. 2015;1 (22):741-747. (In Russ)
7. Rumyantseva, V.E. Application of field and laboratory methods for determining carbonation, chloride and sulfate corrosion in the inspection of building structures of buildings and structures / V.E. Rumyantseva, I.N. Goglev, S.A. Loginova. *Construction and technological safety*. 2019; 15 (67): 51-58. (In Russ)
8. Rumyantseva, V.E. Inhibition of corrosion of concrete composite by a combined additive of sodium nitrite and sodium silicate / V.E. Rumyantseva, V.S. Konovalova, I.N. Goglev, N.S. Kasyanenko. *News of higher educational institutions. Series Chemistry and chemical technology*. 2021; 64( 8): 57-62. (In Russ)
9. Chesnokova, T.V. Modeling the process of biodegradation of concrete at textile industry enterprises / T.V. Chesnokova, V.E. Rumyantseva, S.A. Loginova. *News of higher educational institutions. Technology of the textile industry*. 2020; 1 (385): 206-212. (In Russ)
10. Fedosov, S.V. Mass transfer phenomena in the "Cement mortar - composite plastic reinforcement" system at the stage of composite structuring. Part 1. Physical concepts and mathematical formulation of the problem / S.V. Fedosov, V.E. Rumyantseva, V.S. Konovalova, I.N. Goglev. *Academia. Architecture and Construction*. 2020;1:118-123. (In Russ)
11. Fedosov S.V., O.V. Aleksandrova, D.V.K. Nguyen, V.N. Fedoseyev, S.A. Loginova. Physical and mathematical substantiation of theoretical and engineering surveys for the development of corrosion-resistant materials for buried structures in coastal zones. *Silicate engineering and technology*. 2022; 29;1: 45-54.
12. Strokin, K.B. Determination of the safe operation resource of reinforced concrete structures under microbiological corrosion conditions. K.B. Strokin, D.G. Novikov, V.S. Konovalova, S.A. Loginova, B.E. Nar-maniya. *Modern problems of civil defense*. 2020; 4 (37): 62-69. (In Russ)
13. Parmenova, O.B. Search for Methods of Protection against Corrosion of Metals and Alloys / O.B. Parmenova, A.R. Nasibullin. *Student Science of the XXI Century*. 2015; 4 (7): 250-253. (In Russ)
14. Panteley, N.V. Assessment of the Condition and Analysis of Damage of Heating Network Pipelines. *Power Engineering. News of Higher Education Institutions and Energy Associations of the CIS*. 2018;61(2):179-188. (In Russ)
15. Vorobyov, P.Yu. True Relative Area of Adhesive and Cohesive Joints of Facing Tiles with the Base / P.Yu. Vorobyov, V.S. Evstratov, A.Yu. Abramova. *Industrial and Civil Engineering*. 2022;7:34-39. (In Russ)
16. Stepanova V.F., S.E. Sokolova, A.L. Polushkin. Secondary Protection of Reinforced Concrete Structures with Organic-Based Coating Systems. *Construction Materials*. 2018;12:66-70. (In Russ)

#### Сведения об авторах:

Светлана Андреевна Логинова, кандидат технических наук, заведующий кафедрой строительства зданий и сооружений, [sl79066171227@yandex.ru](mailto:sl79066171227@yandex.ru)

Илья Николаевич Гоглев, соискатель; [azidplumbum00@mail.ru](mailto:azidplumbum00@mail.ru)

#### Information about authors:

Svetlana A. Loginova, Cand. Sci. (Eng.), Head of the Department of Construction of Buildings and Structures; [sl79066171227@yandex.ru](mailto:sl79066171227@yandex.ru)

Ilya Nikolaevich Goglev, applicant, [azidplumbum00@mail.ru](mailto:azidplumbum00@mail.ru)

#### Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 31.07.2025.

Одобрена после рецензирования/Revised 24.08.2025.

Принята в печать/Accepted for publication 05.09.2025.