

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian Journal of Transport Engineering <https://t-s.today>

2024, Том 11, № 3 / 2024, Vol. 11, Iss. 3 <https://t-s.today/issue-3-2024.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/06SATS324.pdf>

DOI: 10.15862/06SATS324 (<https://doi.org/10.15862/06SATS324>)

2.1.8. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей  
(технические науки)

УДК 624.21.01/09

## Состояние свайных опор мостовых сооружений Пермского края

<sup>1</sup>Салимов А.М., <sup>1,2</sup>Овчинников И.Г.

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Автор, ответственный за переписку: Салимов Артем Маратович, e-mail: [salimov.ar@yandex.ru](mailto:salimov.ar@yandex.ru)

**Аннотация.** На основе анализа открытых источников, статей, диссертаций сделан вывод, что статистика по свайным опорам автодорожных мостов по теме дефектов и повреждений отсутствует. Для решения данной задачи был произведен запрос результатов обследования, периодических осмотров по мостам, которые расположены на дорогах Пермского края и имеют свайные опоры.

В ходе обработки информации были проанализированы дефекты и повреждения 411 опор, а также их основные технические характеристики, такие как номер типового проекта, по которому была запроектирована опора, год ввода в эксплуатацию, проектные нагрузки и высота. Также в статье проанализированы основные показатели мостов: минимальная, максимальная и средняя длина искусственных сооружений, их ширина. Дополнительно в данной работе были проанализированы зарубежные и отечественные источники литературы на тему дефектов и повреждений.

Свайные опоры были разделены на характерные зоны, такие как верх, середина и низ, верхняя, нижняя и боковая поверхности насадки, шкафная стенка, открылки и подферменники. В ходе анализа, определялось положение дефектов и повреждений и в зависимости от вида они записывались в соответствующую группу. Всего было выделено четыре большие группы дефектов и повреждений: раковины и сколы, следы замачивания, трещины и коррозия арматура.

На основе анализа полученных данных было установлено: раковины и сколы чаще всего встречаются в середине высоты свай, следы замачивания на верхней поверхности насадки, трещины различного характера на боковой поверхности насадки, коррозия арматуры в середине высоты свай.

**Ключевые слова:** свайные опоры; дефекты; повреждения; статистика; Пермский край; состояние; железобетон

## Condition of pile piers of bridge structures in Perm region

<sup>1</sup>Artem M. Salimov, <sup>1, 2</sup>Igor G. Ovchinnikov

<sup>1</sup>Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

<sup>2</sup>Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

**Corresponding author:** Artem M. Salimov, e-mail: [salimov.ar@yandex.ru](mailto:salimov.ar@yandex.ru)

**Abstract.** Based on the open sources analysis, articles, and dissertations it is concluded that there is no statistics on pile piers of road bridges on the topic of defects and damages. In order to solve this problem, the results of a survey, periodic inspections on bridges, which are located on the roads of Perm region and have pile piers, were enquired.

In the course of information processing defects and damages of 411 piers were analysed, as well as their main technical characteristics, such as the number of the standard plan, according to which the pier was designed, the year of operational commissioning, design loads and height. The paper also analysed the main indicators of bridges: minimum, maximum and average length of engineering structures and their width. Additionally, foreign and domestic literature sources on the topic of defects and damages were analysed in this paper.

The pile piers were divided into characteristic zones such as top, middle and bottom, top, bottom and side surfaces of the nozzle, backwall, side walls and bearing block. During the analysis, the position of the defects and damages were identified and according to the type, they were recorded in the corresponding group. In total, four large groups of defects and damages were identified: sinks and spalling, moistening marks, cracks and corrosion of reinforcement.

Based on the analysis of the data obtained, it was found that: sinks and spalling were most common in the middle of the pile height, soaking marks on the top surface of the nozzle, cracks of different nature on the side surface of the nozzle, and reinforcement corrosion in the middle of the pile height.

**Keywords:** pile piers; defects; damage; statistics; Perm region; condition; reinforced concrete

Данная статья доступна по лицензии Creative Commons “Attribution” («Атрибуция») 4.0 Всемирная

This article is available under the Creative Commons “Attribution” 4.0 Global License



## Введение

### Introduction

В последние десятилетия проблема оценки состояния автодорожных мостов на территории России приобретает все большую актуальность. В 21 веке в нашей стране значительно увеличилось количество грузов, которые перевозятся автомобильным транспортом, также увеличилось общее количество транспортных средств, которое передвигается по дорогам общего пользования. Эти факторы значительно повлияли на состояние автодорожных мостов.

По данным информационного агентства «INFOLINE» на 2017 год на автомобильных дорогах федерального и общего значения эксплуатируется более 35 тысяч мостов. Причем более половины представлены в железобетонном исполнении.<sup>1</sup>

Большая часть железобетонных мостов запроектирована по типовым проектам, которые были разработаны ещё в СССР. Типовые проекты использовались как при проектировании пролетных строений, так и опор. Широкое распространение в малых и средних мостах получили свайные железобетонные опоры из-за ряда преимуществ:

- быстрые темпы строительства;
- высокая экономичность;
- наличие типовых проектов под различные длины пролетов;
- распространенность заводов железобетонных конструкций (ЖБК) по всей территории СССР;
- относительно не сложный расчет опор при привязке их к местности и грунтовым условиям;
- наличие сваебойного оборудования у многих подрядных организаций;
- не требуют проведения «котлованных» работ.

Конструкция опор, как правило, состоит из 1-го или 2-х рядов свай, которые являются несущими элементами, по верху они объединяются ригелем (насадкой). Насадка выполняется в виде готового блока, который изготавливается на заводе ЖБК и затем поступает на строительную площадку. После монтажа на насадке устраиваются подферменники и монтируются опорные части. Также насадки бывают и монолитного

<sup>1</sup> Информационное агентство «INFOLINE» / Дороги и искусственные сооружения России. TOP-30 крупнейших проектов строительства и реконструкции дорог. Итоги 2017 г. Перспективы до 2020 г. — URL: <https://infoline.spb.ru/shop/investitsionnye-proekty/page.php?ID=160578&ysclid=lmc6wdxd5x145078754> (дата обращения 04.04.2024 г.).

исполнения. В насадках заводского изготовления предусматриваются отверстия для заводки арматуры свай, которая обнажается при демонтаже бетона свай. Свайные опоры сооружаются, как правило, с применением свай квадратного сечения (350×350 или 400×400 мм), либо круглого полого сечения (диаметром 400 или 600 мм). Также следует отметить и минусы, которыми обладают свайные опоры — это необходимость принятия специальных конструктивных мер, которые направлены на защиту несущих элементов от действия льда и карчехода, а также от наезда автомобильного транспорта.<sup>2</sup> Защиту опор от наезда автомобильного транспорта на путепроводах обеспечивают за счет установки барьерного ограждения (типа Нью-Джерси). Безопасный пропуск льда и карчехода на мостах со свайными опорами обеспечивается либо за счет устройства перед опорами моста, выше по течению, ледорезных конструкций, либо за счет устройства монолитной рубашки у свай от уровня меженных вод, до низа насадки (ригеля).

В связи с большой распространённостью свайных опор, представляет научный интерес анализ дефектов и повреждений для выявления зон опор, которые наиболее подвержены разрушению.

## Состояние проблемы

### State of the problem

Теме анализа дефектов и повреждений свайных опор, к сожалению, уделялось мало внимания, однако стоит отметить ряд работ в отечественной литературе.

В статье [1] авторы провели анализ результатов обследования мостовых сооружений в Алтайском крае. Были обследованы три моста, два из которых имели свайные опоры, на которых были обнаружены следующие повреждения:

- разрушения фасадной части ригеля с оголением и коррозией арматуры;
- замачивание ригеля;
- коррозия выщелачивания бетона ригеля;
- разрушение бетона свай с оголением арматуры на отметке уровня меженных вод.

---

<sup>2</sup> Смирнов В.Н. Опоры балочных мостов (проектирование, строительство, ремонт и реконструкция): Учебное пособие — СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, ООО «Издательство «ОМ-ПРЕСС», 2004 г. — 360 с. 7.

Также авторы отмечали, что немалую роль в повреждении моста играют поверхностные воды, особенно в зимнее время, когда при содержании мостов применяют антигололедные добавки.

Авторы статьи [2] в ходе обследования железнодорожного моста обнаружили следующие дефекты и повреждения у свайных опор:

- волосяные трещины в растянутой зоне;
- непровибрированный бетон;
- трещины в ригеле;
- замачивание и выщелачивание бетона ригеля.

Также стоит отметить статью [3], в которой выделены следующие основные повреждения свайных и стоечных опор:

- усадочные трещины;
- силовые трещины;
- коррозионные трещины вдоль хомутов и рабочей арматуры и т. п.

Также в статье представлена схема с основными видами повреждений и с их расположением на свайных и стоечных опорах. Основное же внимание в статье уделено применению полимерных композитных материалов при ремонте мостовых опор.

Статья [4] посвящена анализу состояния мостов через водопроводящие каналы в Ростовской области. В ходе исследования было выделено четыре типа наиболее распространенных конструкций мостов. Одна из них — это мостовое сооружение со свайными опорами. Авторы статьи для такого типа опор выделили характерные зоны, а также отметили дефекты и повреждения, которые наиболее часто встречаются. Так в нижних и средних зонах по высоте свай в основном встречаются продольные вертикальные трещины или разрушение бетона с оголением арматуры в зоне переменного уровня воды. Данные дефекты возникают, как правило, из-за некачественного бетона, а также из-за повреждения бетона в период ледохода либо из-за механического воздействия. В верхней части свай встречаются трещины и повреждения оголовков свай. Авторы статьи считают, что данные дефекты и повреждения могут возникать из-за некачественного выполнения строительно-монтажных работ, а также из-за пропуска сверхнормативных нагрузок [4].

К характерным повреждениям насадок относятся разрушения защитного слоя с оголением и коррозией арматуры на отдельных участках, разрушение бетона на торцах опор [4].

В диссертационном исследовании<sup>3</sup> выделено 6 основных зон возможного образования дефектов у свайных опор мостов, которые расположены на водопроводящих каналах. Были выделены следующие возможные зоны:

- геометрическое положение опоры;
- подводная часть;
- надводная часть;
- оголовки свай под насадкой;
- насадка;
- участок стыковки насадки с пролетным строением.

Также стоит отметить классификацию, которая предложена автором и позволяющую оценить, как влияет дефект, в зависимости от его величины, на техническое состояние искусственного сооружения.

В работе [5] анализируются результаты оценки технического состояния и ремонтных работ на опорах мостов. Отмечается серьезные повреждения свайных опор в зоне переменного уровня воды и ледохода, что привело к необходимости устройства железобетонной рубашки.

В диссертационном исследовании<sup>4</sup> было проанализировано большое количество мостовых сооружений в Санкт-Петербурге, значительная часть из которых — железобетонные. Около 70 % эксплуатируемых мостов построено по типовым проектам. Число мостовых сооружений, находящихся в неудовлетворительном состоянии в 2 раза выше среднего по России. Отмечается, что основной причиной повреждений опор и мостов является плохое состояние гидроизоляции.

Повреждение опор может произойти из-за аварий, которые могут возникнуть по различным причинам, таким как: некачественная эксплуатация, пропуск сверхнормативных нагрузок, чрезвычайные ситуации и т. д. Авторы статей [6; 7] описали случаи повреждения мостов в ходе боевых действий на Донбассе. По предварительной оценке, свайные

---

<sup>3</sup> Крахмальная, М.П. Разработка методики оценки технического состояния, расчета остаточного ресурса и мониторинга железобетонных автодорожных мостов: специальность 05.23.11 "Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Крахмальная Марина Петровна. — Ростов-на-Дону, 2015. — 22 с. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30413380> (дата обращения 30.01.2024).

<sup>4</sup> Белый, А.А. Методика оценки и прогнозирования технического состояния городских железобетонных мостовых сооружений: специальность 05.23.11 "Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белый Андрей Анатольевич. — Москва, 2009. — 22 с. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19317173> (дата обращения 30.01.2024).

опоры мостов были повреждены до 35 %. Также в статье [7] авторы описали пример ремонта опоры, после повреждения из-за взрыва.

В статье [8] описаны характерные дефекты и повреждения, которые встречаются на железобетонных мостах при обследовании. В работе выделены следующие большие группы:

- хлоридная коррозия;
- трещины;
- разрушение защитного слоя бетона вследствие процессов карбонизации;
- повторные дефекты на отремонтированных участках.

Основное внимание в работе уделено методам усиления железобетонных мостов с помощью материалов Sika. Один из примеров, рассмотренных в работе, представлен в виде путепровода через железную дорогу со свайными опорами. На данном искусственном сооружении было обнаружено разрушение бетона на сваях и ригелях, после чего было произведено усиление.

Статья [9] посвящена результатам обследования автомобильного путепровода длиной 23,33 м, шириной 7,31 м. Береговые опоры выполнены в виде свайных опор с заборной стенкой, промежуточные — стоечного типа. В ходе обследования были обнаружены следующие дефекты опор:

- просадка заборной стенки;
- повреждение защитного слоя бетона с оголением арматуры;
- трещина в насадке.

Так же стоит отметить, что мосты со свайными опорами чаще всего встречаются на малых реках. Так авторы работы [10] обследовали 21 искусственное сооружение в бассейне малой реки Альма, среди которых мосты со свайными опорами, которые находятся в неработоспособном состоянии.

Статья [11] посвящена применению беспилотных летательных средств при обследовании мостовых переходов. Основные плюсы применения квадрокоптеров:

- короткие сроки проведения работ;
- минимизация расходов;
- безопасность;
- доступ к высоким конструкциям.



Объектом обследования являлся путепровод со свайными опорами. Были отмечены следующие дефекты у опор:

- карбонизация бетона;
- разрушение защитного слоя и коррозия арматуры;
- трещины в ригеле;
- опорные части в неудовлетворительном состоянии;
- опоры незначительно разрушены.

Теме дефектов и повреждений искусственных сооружений уделено большое внимание не только в отечественной литературе, но и в зарубежной. Это связано с тем, что необходимо обеспечивать безопасный пропуск транспортных средств и пешеходов по мостовому переходу на протяжении всего срока службы искусственного сооружения. Для выполнения данных задач, необходимо понимать, какие дефекты и повреждения могут возникать у искусственного сооружения и как они в будущем могут повлиять на его состояние. Следует отметить ряд зарубежных работ, которые посвящены теме диагностики мостов и оценки их состояния.

Авторы работы [12] обследовали 71 мост, которые расположены в Тоскане в г. Масса-Каррара. Этот регион пострадал от большого наводнения в 2014 году, а также от двух предыдущих наводнений в 2012 году, с разницей в 15 дней, что привело к серьезным экономическим потерям. Авторы статьи предложили метод обследования искусственных сооружений, который позволяет сократить затраты, как экономические, так и временные. Суть предложенного метода заключается в следующем: разработана типовая форма, в которую заносятся дефекты и повреждения, которые были обнаружены при обследовании. Также в форме присутствуют только три разреза конструкций, которые могут встретиться в регионе, в котором авторы данной работы проводили обследование, это арочный и разрезной балочный мосты и водопропускная труба. Так же в данную форму заносятся геометрические показатели обследуемого сооружения. На основе результатов обследования сооружений после, к примеру, паводка, определяется состояние парка мостов и труб, а также порядок их восстановления, в зависимости от полученных повреждений.

В ходе обследования, авторы [12] получили следующие результаты: в сельской и пригородной местности преобладают арочные мосты и тубы, в городе же — балочные. Из 71 моста на 14 были обнаружены трещины различного характера. Также на отдельных мостах была обнаружена фильтрация воды через бетон. У некоторых мостов, которые расположены в прибрежной зоне, были обнаружены следующие повреждения:



деградация бетона из-за воздействия морской воды, подмыв ростверка у промежуточной опоры.

Стоит отметить еще одну работу итальянских авторов [13], в ней описываются результаты обследования 23 мостов, которые расположены в различных районах региона Базиликата (юг Италии). В статье приводится информация о том, что по состоянию на 2019 год дорожная сеть Италии имела общую протяжённость 167 565 км, в том числе 6 977 км автомагистралей, 137 283 км региональные и провинциальные дороги и 23 305 км другие дороги. Если рассматривать мосты с длиной пролетного строения свыше 6 м, то общий парк мостов насчитывает около 120 000 мостов. Также было упомянуто, что в настоящее время около 1 400 искусственных сооружений не имеют собственников и лишены регулярного обслуживания. В связи с большим количеством мостов в Италии с 2020 действует новое руководство по оценке состояния искусственных сооружений, которое предлагает многоуровневый и многокритериальный подход с целью упрощения классификации мостов.

С использованием данного руководства авторы провели обследование искусственных сооружений. Чаще всего причиной возникновения дефектов и повреждений их являлся износ мостового сооружения. Большинство искусственных сооружений, которые диагностировали, были построены в промежуток с 1960 по 1979 г. Помимо возраста, авторы работы отмечают, что причиной образования повреждений является неправильный отвод поверхностных вод и отсутствие дренажа. Однако было отмечено, что если повреждения и возникают, то они локализируются в отдельных элементах [13].

Современные нейросети за последние несколько лет значительно развились и появилась возможность применять их во многих отраслях. Самообучающиеся системы не обошли стороной транспортное строительство. В последние несколько лет исследователи начали пробовать применять нейросети при диагностике искусственных сооружений, так как применение самообучающихся систем позволяет автоматизировать процесс обработки данных, полученных в ходе обследования, а также позволяет прогнозировать поведение повреждения или дефекта в будущем. В связи с этим следует отметить работу [14], она посвящена обучению нейросети Visual Geometry Group с целью выявления на фотографиях таких дефектов, как трещины в бетоне, сколы и высолы на поверхности.

Для тренировки самообучающейся системы авторы использовали более 6 900 изображений с тремя распространёнными дефектами (трещины, высолы и сколы).

Для получения лучших результатов были опробованы три различных метода обучения. Лучший подход позволил достичь следующих результатов определения повреждения: 97,38 %, 95,01 % и 97,35 % для трещин, высолов и сколов соответственно.

Следует отметить работу [15], которая также посвящена применению искусственного интеллекта при обследовании искусственных сооружений. В данной статье говорится, что при обследовании мостов нейросети необходимо применять совместно с участием Инженера. Суть метода заключается в следующем: программа с искусственным интеллектом устанавливается, к примеру, на мобильное устройство, после чего обследователь производит фотографирование обнаруженного дефекта или повреждения, и далее нейросеть производит обработку фотоматериалов. Также стоит отметить, что при правильном выборе метода сканирования алгоритм способен проводить анализ в режиме реального времени.

Однако в зависимости от устройства и камеры может потребоваться дополнительная настройка оборудования. Еще одним преимуществом применения искусственного интеллекта при обследовании является то, что после каждой диагностики он генерирует готовые к использованию данные (вид дефекта, размеры и фотография), которые могут быть использованы для формирования отчета или базы данных. Одним из минусов применения данного алгоритма является то, что при обработке криволинейных конструкций (круглые колоны), он дает большую погрешность. Однако данные минусы можно нивелировать с помощью человека.

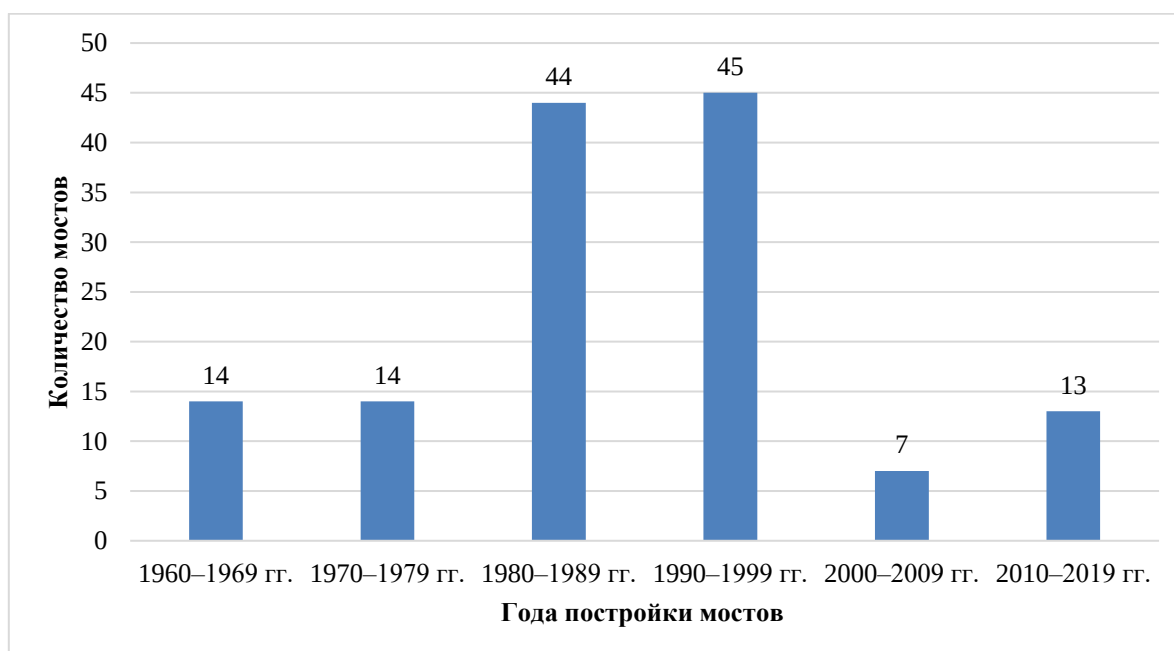
Проанализировав работы [14; 15] можно сделать вывод, что в будущем искусственный интеллект полноценно не заменит инженера, который занимается диагностикой искусственных сооружений, а, скорее всего, будет служить полезным инструментом, который облегчает выполнение рутинных задач. Либо можно сделать предположение, что искусственный интеллект будет использоваться, когда есть необходимость проведения обследования большого парка мостов с некоторой периодичностью, к примеру раз в год, так как обследование искусственных сооружений — довольно затратное мероприятие, как с экономической точки зрения, так и с точки зрения расходования человеко-часов. Также можно смело утверждать, что ни один застройщик не будет полностью полагаться на искусственный интеллект.

По результатам анализа отечественных и зарубежных публикаций можно сделать вывод, что статистическая информация по дефектам и повреждениям свайных мостовых опор отсутствует. Поэтому представляет научный интерес сбор и анализ соответствующей информации.

## Основная часть

### Main part

Для решения поставленной задачи, был направлен запрос в Краевое Государственное Бюджетное Учреждение «Управление автомобильных дорог и транспорта» Пермского края (далее КГБУ «УАДиТ»). В ответ на запрос о дефектах и повреждениях свайных мостовых опор была получена информация по 137 мостам, которые расположены на дорогах общего пользования Пермского края.<sup>5</sup> По результатам анализа можно сделать вывод, что большинство мостов были построены в промежуток с 1980 г. по 1999 г. (более подробная информация предоставлена на рисунке 1).

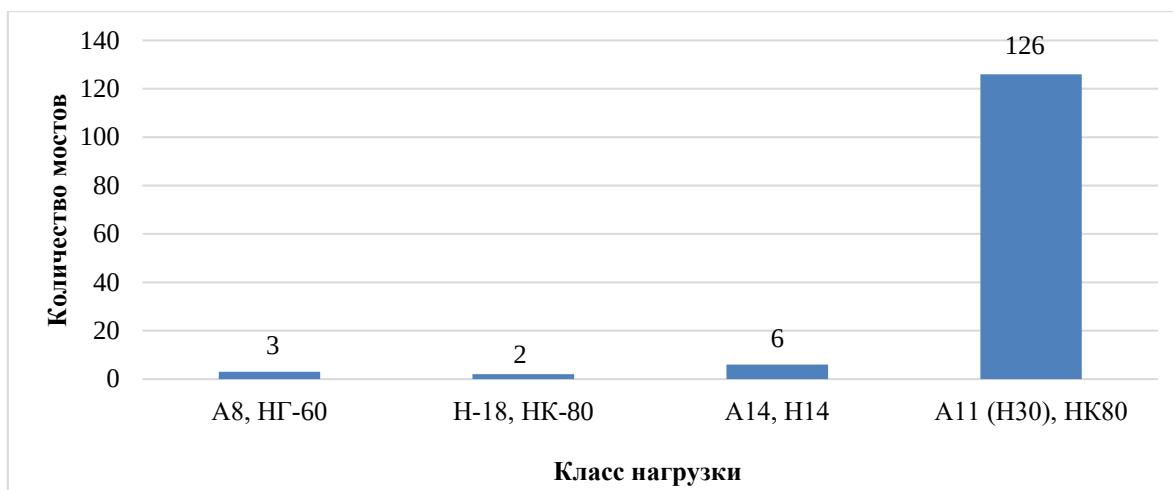


*Рисунок 1. Годы постройки мостов (рисунок авторов)*

*Figure 1. Years of bridge construction (authors' drawing)*

Анализ возраста мостовых сооружений позволяет сделать вывод, что основной парк мостов со свайными опорами эксплуатируется в среднем уже 35 лет. Также следует отметить, что нагрузки, на которые были рассчитаны данные мосты, не отвечают современным требованиям нормативной документации. Более подробная информация приведена на рисунке 2.

<sup>5</sup> О предоставлении информации по мостовым сооружениям, находящимся на балансе Краевого государственного бюджетного учреждения «Управление автомобильных дорог и транспорта Пермского края»: письмо с прил. от 14.11.2023 № 44-001у-1801исх-107: [файл в pdf-формате] / Упр. автомобил. дорог и трансп. Перм. края; исполн. Н.В. Алексеева. — Пермь, 2023. — 209 с.: табл. — Содерж.: Перечень мостов с техническими параметрами искусственных сооружений со свайными однорядными/двухрядными железобетонными мостовыми опорами. Ведомости дефектов опор мостов со свайными однорядными/двухрядными железобетонными мостовыми опорами. — Текст: электронный.



**Рисунок 2.** Классы нагрузок, на которые рассчитаны мосты (рисунок авторов)

**Figure 2.** Class of loading for which bridges are designed (authors' figure)

Остальные технические характеристики мостов приведены в таблице 1.

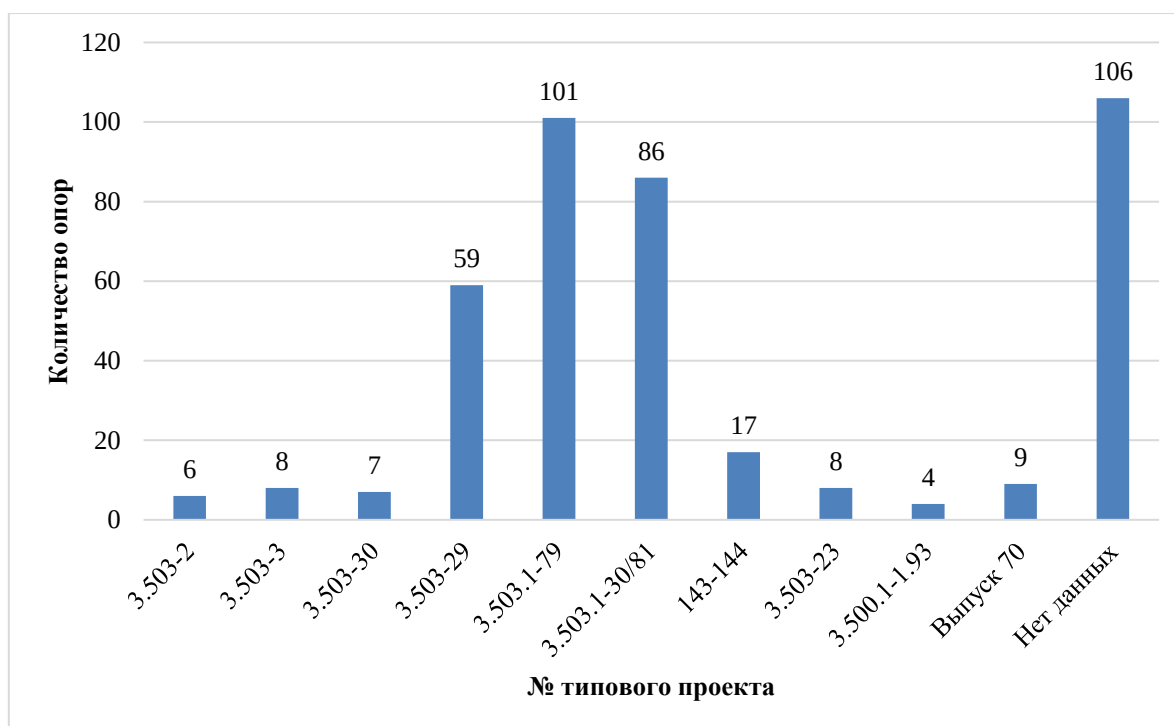
**Таблица 1 / Table 1**

**Технические показатели мостов**  
**Technical indicators of bridges**

| Наименование показателя<br><i>Indicator name</i>             | Показатель<br><i>Indicator</i> |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Максимальная высота опор<br><i>Maximum height of piers</i>   | 7,4 м                          |
| Средняя высота опор<br><i>Average height of piers</i>        | 3 м                            |
| Минимальная высота опор<br><i>Minimum height of piers</i>    | 0,5 м                          |
| Минимальная длина моста<br><i>Minimum bridge length</i>      | 6 м                            |
| Средняя длина моста<br><i>Average bridge length</i>          | 38 м                           |
| Максимальная длина моста<br><i>Maximum bridge length</i>     | 302 м                          |
| Средняя ширина моста<br><i>Average bridge width</i>          | 11,7 м                         |
| Общая протяженность мостов<br><i>Total length of bridges</i> | 5 200 м                        |

Составлена авторами / Compiled by the authors

В ходе анализа были рассмотрены технические характеристики, дефекты и повреждения 411 опор. Большинство свайных опор было построено по типовым проектам. Наиболее часто встречаются опоры, которые были построены по типовым проектам 3.503-29, 3.503.3-79 и 3.503.1-30/81. Так же следует отметить, что четвертая часть опор была построена по индивидуальным проектам, либо номер типового проекта не известен. Более подробная информация о типовых проектах, которые применялись при возведении мостов, представлена на рисунке 3.



*Рисунок 3. Количество опор, построенных по разным типовым проектам (рисунок авторов)*

**Figure 3.** Number of piers built according to different typical designs (authors' figure)

Анализ дефектов и повреждений производился в следующей последовательности. Сначала было выделено несколько характерных групп повреждений, а именно:

- раковины и сколы, разрушение защитного слоя, недостаточная толщина защитного слоя;
- следы замачивания, застой воды, грязевые потеки;
- трещины различного характера;
- коррозия арматуры.

После были выделены различные зоны свайных опор, на которых расположены чаще всего встречающиеся дефекты и повреждения. Были выделены следующие зоны:

- подферменники;
- верхняя, боковая, и нижняя поверхности насадки;
- консоль насадки;
- верх, середина и низ свай;
- открылки.

Схема опоры с характерными зонами представлена на рисунке 4.

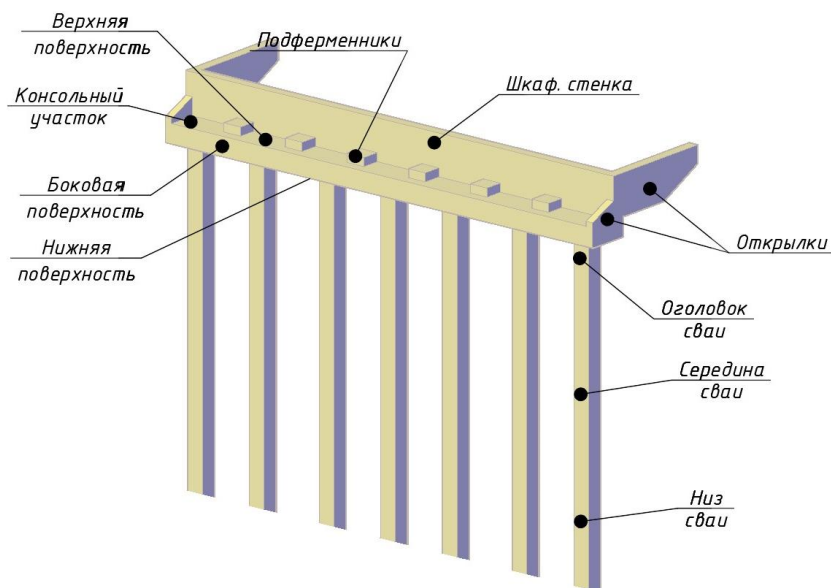


Рисунок 4. Характерные зоны повреждений опор (рисунок авторов)

Figure 4. Characteristic damage zones of piers (authors' figure)

Таблица 2 / Table 2

### Дефекты и повреждения свайных опор

#### Defects and damages of pile piers

| Вид дефекта<br>Type of defect                             | I. Раковины и сколы, разрушение защитного слоя<br>I. Sinks and spalling, destruction of the protective layer | II. Следы замачивания, застой воды<br>II. Moistening marks, water stagnation | III. Трещины различного характера<br>III. Cracks of different nature | IV. Коррозия арматуры<br>IV. Reinforcement corrosion |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Расположение<br>Location                                  |                                                                                                              |                                                                              |                                                                      |                                                      |
| Подферменник<br>Bearing block                             | 12 %                                                                                                         | 3 %                                                                          | 9 %                                                                  | 23 %                                                 |
| Верхняя поверхность насадки<br>Top surface of the nozzle  | 3 %                                                                                                          | <u>25 %</u>                                                                  | 2 %                                                                  | 1 %                                                  |
| Нижняя поверхность насадки<br>Lower surface of the nozzle | 8 %                                                                                                          | 6 %                                                                          | 9 %                                                                  | 9 %                                                  |
| Боковая поверхность насадки<br>Side surface of the nozzle | 17 %                                                                                                         | 19 %                                                                         | <u>28 %</u>                                                          | 11 %                                                 |
| Консольный участок<br>Cantilever section                  | 11 %                                                                                                         | 17 %                                                                         | 9 %                                                                  | 6 %                                                  |
| Верх сваи<br>Top of pile                                  | 8 %                                                                                                          | 6 %                                                                          | 10 %                                                                 | 5 %                                                  |
| Середина сваи<br>Middle of the pile                       | <u>21 %</u>                                                                                                  | 4 %                                                                          | 23 %                                                                 | <u>25 %</u>                                          |
| Низ сваи<br>Bottom of pile                                | 3 %                                                                                                          | 1 %                                                                          | 2 %                                                                  | 3 %                                                  |
| Шкафная стенка<br>Cabinet wall                            | 9 %                                                                                                          | 18 %                                                                         | 6 %                                                                  | 14 %                                                 |
| Открылки<br>Openings                                      | 8 %                                                                                                          | 1 %                                                                          | 1 %                                                                  | 3 %                                                  |

Разработано авторами / Developed by the authors

В ходе обработки данных были получены следующие результаты. Раковины и сколы бетона, а также коррозия арматуры чаще всего встречаются в середине свай. Данная зона подвержена воздействию



переменного уровня воды, а также механическому воздействию (карчеход, ледоход, навал маломерных судов). Также в данной зоне было отмечено большое количество трещин, но основное же количество трещин было выявлено на боковой поверхности насадки. Большая часть следов замачивания была выявлена на верхних и боковых поверхностях насадок и шкафных стенках. Как правило, данный дефект возникает из-за некачественного выполнения строительно-монтажных работ во время устройства деформационных швов, а также из-за неправильного выбора конструкции шва. Более подробная статистика по дефектам и повреждениям представлена в таблице 2.

## Заключение

### Conclusion

Наибольшее количество дефектов и повреждений у свай было отмечено в средней их части, что же касается насадок, то наибольшее количество следов «износа» было отмечено на боковой их поверхности в виде трещин. На верхних поверхностях насадки чаще всего встречаются следы замачивания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Вольф, А.В.** Анализ результатов обследований мостовых конструкций Алтайского края / А.В. Вольф, В.К. Козлова, К.А. Махов // Ползуновский альманах. — 2017. — № 2. — С. 88–91. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30047275>. — EDN ZHNQIF. (дата обращения: 28.01.2024).
2. **Серых, И.Р.** Определение технического состояния железнодорожного моста / И.Р. Серых, Е.В. Чернышева, А.Н. Дегтярь. — DOI <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-4-32-39> // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. — 2020. — № 4. — С. 32–39. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42788141>. — EDN МУУИНВ. (дата обращения: 28.01.2024).
3. **Акчурин, Т.К.** Применение полимерных композиционных материалов в конструкциях опор сооружений транспортной инфраструктуры / Т.К. Акчурин, Б.А. Бондарев, А.Б. Бондарев [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. — 2023. — № 3-4. — С. 94–102. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54679191>. — EDN KHMХОЕ. (дата обращения: 28.01.2024).
4. **Волосухин, В.А.** Актуальные проблемы технического состояния длительно эксплуатируемых мостов через водопроводящие каналы в Ростовской области / В.А. Волосухин, М.П. Крахмальная, С.И. Евтушенко, Т.А. Крахмальный // Интернет-вестник ВолГАСУ. — 2013. — № 1. — С. 18. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20246279>. — EDN RBBHEJ. (дата обращения: 28.01.2024).
5. **Молчанов, В.С.** Усиление и обеспечение надежности опор автодорожных мостов / В.С. Молчанов, И.В. Кодалаев, М.Г. Тройнов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. — 2009. — № 21. — С. 187–192. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21036831>. — EDN RSJBSV. (дата обращения: 28.01.2024).
6. **Горохов, Е.В.** Повреждаемость балочных мостовых сооружений, эксплуатируемых на автомобильных дорогах Донбасса / Е.В. Горохов, А.Н. Миронов, Е.А. Дмитренко [и др.] // Строитель Донбасса. — 2018. — № 2. — С. 22–31. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41593064>. — EDN TMOFSX. (дата обращения: 31.01.2024).

7. **Морозова, Л.Н.** Современное состояние и перспективы восстановления взорванных мостов и путепроводов г. Горловки / Л.Н. Морозова, В.В. Пархоменко, О.Л. Пархоменко // Вести Автомобильно-дорожного института. — 2019. — № 4. — С. 21–30. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41854085>. — EDN BLKQSI. (дата обращения: 30.01.2024).
8. **Козырева, Л.В.** Современные методы усиления железобетонных мостов с помощью материалов Sika / Л.В. Козырева, М.М. Перов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. — 2021. — № 2. — С. 72–79. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45546123>. — EDN ZXQPSF. (дата обращения: 28.01.2024).
9. **Подкопаев, Д.В.** Результаты натурных исследований автомобильного путепровода / Д.В. Подкопаев, Е.С. Шепелев, Я.И. Масеева, О.В. Пачина // Техническое регулирование в транспортном строительстве. — 2023. — № 2. — С. 62–66. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54069216>. — EDN TNOCRP. (дата обращения: 29.01.2024).
10. **Иванкова, Т.В.** Обеспечение экологической безопасности строительных объектов в бассейне малых рек / Т.В. Иванкова, Л.Н. Фесенко, М.А. Бандурин // Строительство и техногенная безопасность. — 2022. — № 24. — С. 115–125. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48724200>. — EDN TZYZPY. (дата обращения: 29.01.2024).
11. **Макаров, А.В.** Обследование мостовых сооружений с помощью современного оборудования / А.В. Макаров, Е.В. Крошнева, А.Ф. Файзалиев [и др.] // Инженерный вестник Дона. — 2021. — № 7. — С. 47–56. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46459796>. — EDN WIRKAJ. (дата обращения: 29.01.2024).
12. **Pucci, A.** Method for sustainable large-scale bridges survey / A. Pucci, H.S. Sousa, M.L. Puppio, L. Giresini, J.C. Matos, M. Sassu. — DOI <https://doi.org/10.2749/guimaraes.2019.1034> // IABSE Symposium, Guimarães 2019: Towards a Resilient Built Environment Risk and Asset Management. — 2019. — Т 114. — С. 1034–1041. — URL: <https://structurae.net/en/literature/conference-paper/method-for-sustainable-large-scale-bridges-survey>. (дата обращения: 13.07.2024).
13. **Lo Monaco, A.** Structural defects for condition assessment of existing bridges: some results of a territorial case study / A. Lo Monaco, A. Palmiotta, A. Ranaldo, M. D'Amato [и др.] // II Fabre Conference — Existing bridges, viaducts and tunnels: research, innovation and applications (FABRE24) / Генуя: ELSEVIER B.V., 2024. — URL: <https://iris.uniroma1.it/handle/11573/1701948>. (дата обращения: 13.07.2024).
14. **Zoubir, H.** Concrete Bridge Defects Identification and Localization Based on Classification Deep Convolutional Neural Networks and Transfer Learning / H. Zoubir, M. Rguig, M. El Aroussi, A. Chehri, R. Saadane, G. Jeon. — DOI <https://doi.org/10.3390/rs14194882> // Remote Sensing. — 2022. — Т 14. — № 19. — С. 4882. — URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/19/4882>. (дата обращения: 13.07.2024).
15. **Zakaria, M.** Advanced bridge visual inspection using real-time machine learning in edge devices / M. Zakaria, E. Karaaslan, F.N. Catbas. — DOI <https://doi.org/10.1186/s43251-022-00073-y> // Advances in Bridge Engineering. — 2022. — Т 3. — № 1. — С. 27. — URL: <https://aben.springeropen.com/article/s/10.1186/s43251-022-00073-y>. (дата обращения: 13.07.2024).

---

#### Сведения об авторах:

**Салимов Артем Маратович** — аспирант, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия, e-mail: [salimov.ar@yandex.ru](mailto:salimov.ar@yandex.ru)  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1190674](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1190674)

**Овчинников Игорь Георгиевич** — доктор технических наук, академик Российской академии транспорта, заслуженный деятель науки РФ, профессор, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия, e-mail: [bridgesar@mail.ru](mailto:bridgesar@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0617-3132>  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=2922](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=2922)  
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/J-5539-2013>  
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7102605749>

---

Статья получена: 22.07.2024. Принята к публикации: 17.09.2024. Опубликована онлайн: 01.10.2024.

*Авторы выражают благодарность КГБУ «УАДиТ» Пермского края за предоставленные данные по осмотрам и обследованиям мостов Пермского края*

## REFERENCES

1. Vol'f A.V., Kozlova V.K., Makhov K.A. [Analysis of the results of surveys of bridge structures in the Altai Territory]. *Polzunovskij al'manah*. 2017;(2): 88–91. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30047275> (accessed 28th January 2024). (In Russ.).
2. Seryh I., Chernyshova E., Degtyar A. Determination of the Technical Condition of a Railway Bridge. *Bulletin of BSTU Named After V.G. Shukhov*. 2020;(4): 32–39. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-4-32-39>.
3. Akchurin T.K., Bondarev B.A., Bondarev A.B., Borkov P.V. et al. The Use of Polymer Composite Materials in The Construction of Supports of Transport Infrastructure Structures. *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*. 2023;(3-4): 94–102. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54679191> (accessed 28th January 2024). (In Russ., abstract in Eng.).
4. Volosukhin V.A., Krakhmalnaya M.P., Evtushenko S.I., Krakhmalniy T.A. Actual Problems of Technical Condition of Long Operated Bridges Over Water Supply Canals in Rostov Oblast. *Internet-Vestnik VolgGASU*. 2013;(1): 18. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20246279> (accessed 28th January 2024). (In Russ., abstract in Eng.).
5. Molchanov V.S., Kodalayev I.V., Troynov M.G. [Strengthening and ensuring the reliability of road bridge supports]. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2009;(21): 187–192. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21036831> (accessed 28th January 2024). (In Russ.).
6. Gorokhov E.V., Mironov A.N., Dmitrenko E.A., Muschanov V.F., Alekhin A.M., Volkov A.V. Damage of Beam and Bridge Work Construction Operating on Donbas Automobile Raads. *The Donbas Constructor*. 2018;(2): 22–31. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41593064> (accessed 31th January 2024). (In Russ., abstract in Eng.).
7. Morozova L.N., Parkhomenko V.V., Parkhomenko O.L. Current State and Prospects for The Restoration of Blown Up Bridges And Viaducts in Gorlovka. *Bulletin of the Automobile and Highway Institute*. 2019;(4): 21–30. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41854085> (accessed 30th January 2024). (In Russ., abstract in Eng.).
8. Kozyreva L.V., Perov M.M. Modern Methods for Strengthening Reinforced Concrete Bridges Using Sika Materials. *Technical regulation in transport construction*. 2021;(2): 72–79. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45546123> (accessed 28th January 2024). (In Russ., abstract in Eng.).
9. Podkopaev D.V., Shepelev E.S., Maseeva YA.I., Pachina O.V. The Results of Field Studies of The Automobile Overpass. *Technical regulation in transport construction*. 2023;(2): 62–66. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54069216> (accessed 29th January 2024). (In Russ., abstract in Eng.).
10. Ivankova T.V., Fesenko L.N., Bandurin M.A. Environmental Safety Ensuring of Construction Projects in Basins of Small Rivers. *Construction and industrial safety*. 2022;(24): 115–125. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48724200> (accessed 29th January 2024). (In Russ., abstract in Eng.).
11. Makarov A.V., Kroshneva E.V., Faizaliev A.F., Pavlova M.A., Lepekhina D.M. Inspection Of Bridge Structures with The Help of Modern Equipment. *Engineering journal of Don*. 2021;(7): 47–56. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46459796> (accessed 29th January 2024). (In Russ., abstract in Eng.).
12. Pucci A., Sousa H.S., Puppio M.L., Giresini L., Matos J.C., Sassu M. Method for sustainable large-scale bridges survey. *IABSE Symposium, Guimarães 2019: Towards a Resilient Built Environment Risk and Asset Management*. 2019;114: 1034–1041. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.2749/guimaraes.2019.1034>.
13. Lo Monaco A., Palmiotta A., Rinaldo A., D'Amato M., Lippolis A., Vacca V., Sarno R. Structural defects for condition assessment of existing bridges: some results of a territorial case study. In: *II Fabre Conference — Existing bridges, viaducts and tunnels: research, innovation and applications (FABRE24)*. Genova: ELSEVIER B.V.; 2024. Available at: <https://iris.uniroma1.it/handle/11573/1701948> (accessed 13th July 2024).

14. Zoubir H., Rguig M., El Aroussi M., Chehri A., Saadane R., Jeon G. Concrete Bridge Defects Identification and Localization Based on Classification Deep Convolutional Neural Networks and Transfer Learning. *Remote Sensing*. 2022;14(19): 4882. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14194882>.
15. Zakaria M., Karaaslan E., Catbas F.N. Advanced bridge visual inspection using real-time machine learning in edge devices. *Advances in Bridge Engineering*. 2022;3(1): 27. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1186/s43251-022-00073-y>.

---

**Information about the authors:**

**Artem M. Salimov** — Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia,  
e-mail: [salimov.ar@yandex.ru](mailto:salimov.ar@yandex.ru)  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1190674](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1190674)

**Igor G. Ovchinnikov** — Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, e-mail: [bridgesar@mail.ru](mailto:bridgesar@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0617-3132>  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=2922](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=2922)  
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/J-5539-2013>  
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7102605749>

---

Submitted: 22nd July 2024. Revised: 17th September 2024. Published online: 1st October 2024.

*The authors would like to express their gratitude to Krai government-owned publicly funded institution 'automobile roads department and transport' of Perm Krai for providing data on inspections and surveys of bridges in Perm Krai*