

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

2026, Том 13, № 1 / 2026, Vol. 13, Iss. 1 <https://t-s.today/issue-1-2026.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/15SATS126.pdf>

DOI: 10.15862/15SATS126 (<https://doi.org/10.15862/15SATS126>)

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

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бердышева, М. С. Инновационные тренды в проектировании и строительстве мостовых сооружений для условий Крайнего Севера (по данным патентного исследования) / М. С. Бердышева, Ш. Н. Валиев // Транспортные сооружения. — 2026. — Т. 13. — № 1. — URL: <https://t-s.today/PDF/15SATS126.pdf>. DOI: 10.15862/15SATS126.

For citation:

Berdysheva M.S., Valiev Sh.N. Innovative trends in the design and construction of bridges for the far north (based on patent research). *Russian Journal of Transport Engineering*. 2026;13(1): 15SATS126. Available at: <https://t-s.today/PDF/15SATS126.pdf>. DOI: 10.15862/15SATS126. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 624.21/.8

Бердышева Мария Сергеевна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

E-mail: Mariyaberdysheva02@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4359-5550>

Валиев Шерали Назаралиевич

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия

заведующий кафедрой «Мосты, тоннели и строительные конструкции»

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Доцент базовой кафедры АО «Мостострой-11»

Кандидат технических наук, доцент, профессор

E-mail: Sh.Valiev@madi.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6326-2233>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=284723

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/HLX-1425-2023>

Инновационные тренды в проектировании и строительстве мостовых сооружений для условий Крайнего Севера (по данным патентного исследования)

Аннотация. В статье представлены результаты системного патентного анализа, направленного на выявление ключевых трендов и оценку уровня инновационной активности в области проектирования и строительства мостовых сооружений для условий Крайнего Севера. Исследование охватывает период с 2000 по 2024 год и опирается на данные российской и международной патентной документации.

Методология исследования основана на комплексном патентном поиске в базах Роспатента и Google Patents с использованием тематических ключевых слов и кодов Международной патентной классификации. Качественный анализ отобранных патентов был сфокусирован на выявлении технических решений, направленных на преодоление специфических проблем северного строительства: деградации многолетнемерзлых грунтов, экстремальных температур, пучинистости и ледовых воздействий.

В результате анализа выявлена формирующаяся система взаимодополняющих технологических решений, охватывающих весь жизненный цикл сооружения. Ключевые

результаты включают: (1) идентификацию тренда от изолированных улучшений к комплексным системам, сочетающим пассивную и активную термостабилизацию (например, интегрированные системы охлаждения); (2) выявление перспективы глубокой индустриализации через создание специализированных узлов и модулей заводской готовности; (3) определение спроса на новые поколения конструкционных материалов с полифункциональными свойствами (морозостойкость, трещиностойкость, долговечность); (4) констатацию зарождающегося тренда цифровизации, ведущего к созданию адаптивных систем управления на основе цифровых двойников.

На основе полученных данных сформулированы перспективные направления для научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Делается вывод о наличии в России и мире существенного научно-технического задела, необходимого для реализации стратегических задач по созданию безопасной и долговечной транспортной инфраструктуры в арктических регионах.

Ключевые слова: мостовые сооружения; мостостроение; арктическое строительство; инновационные технологии; Крайний Север; многолетнемерзлые грунты (ММГ); вечная мерзлота; патентный анализ; технологические тренды; инновации

Введение

Развитие транспортной инфраструктуры в арктических и северных регионах Российской Федерации является одной из ключевых стратегических задач, находящей отражение в национальном проекте «Безопасные качественные дороги». В рамках данного проекта к 2030 году планируется привести в нормативное состояние 290 тыс. пог. м искусственных сооружений, значительная часть которых расположена в зонах распространения вечномерзлых грунтов (криолитозоны), занимающих около 70 % территории страны.¹ Строительство и эксплуатация мостовых сооружений в условиях Крайнего Севера сопряжены с уникальными вызовами: экстремально низкими температурами, наличием многолетнемерзлых грунтов (ММГ), сезонным пучением, ледовыми воздействиями, а также прогнозируемой деградацией мерзлоты вследствие климатических изменений [1]. Такие условия предъявляют повышенные требования к надежности, долговечности и адаптивности конструктивных и технологических решений [2].

Исторически задачу массового строительства малых и средних мостов решали за счет развития типового проектирования, примером чему служат успешные серии сборных железобетонных пролетных строений (например, серии 3.503.1-81 и её модернизированные версии) [3]. Однако с ужесточением нормативных нагрузок (переход к классу А14) и климатических требований, а также в свете специфики северных регионов, прямое копирование типовых решений без адаптации становится невозможным [3]. Современные подходы к проектированию опор в условиях вечной мерзлоты (принципы I и II) и строительные технологии (буронабивные и бурообсадные сваи, термостабилизирующие конструкции типа термоопор ЦНИИС, безростверковые опоры) детально рассматриваются в научно-технической литературе и нормативной базе [4; 5]. При этом отмечается, что изменение климата и связанное с ним снижение несущей способности ММГ требуют новых, более совершенных и «умных» технических решений для обеспечения безопасности и экономической эффективности объектов инфраструктуры [6–8].

¹ Инновации в строительстве №113 // Росдорнии. Октябрь 2023. URL: https://rosdornii.ru/upload/iblock/5fe/z909ipc_vfh924wn4dhts6iwnsbu7ha5q/Innovatsii-v-stroitelstve-_113.pdf (дата обращения: 02.02.2026).

Несмотря на наличие обширных научных и практических наработок, в научной литературе отсутствует систематизированный анализ современных тенденций инновационной деятельности именно в области мостостроения для северных регионов. Патентная документация, будучи первичным источником информации о новейших технических решениях, позволяет выявить актуальные технологические тренды, определить ключевых игроков на рынке инноваций и зафиксировать «белые пятна» — недостаточно разработанные направления [9; 10]. Проведение патентного анализа в данной сфере является необходимым этапом для определения вектора будущих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в России, направленных на импортозамещение и технологический суверенитет в условиях реализации масштабных инфраструктурных проектов на Севере.

Целью работы является выявление ключевых направлений и оценка уровня инновационной активности в области проектирования и строительства мостовых сооружений для условий Крайнего Севера на основе анализа российской патентной документации.

Методология проведения патентного поиска и анализа

Патентный поиск выполнялся для системного выявления инновационных решений в области мостостроения для Крайнего Севера. Основными источниками данных выступили базы Роспатента (ФИПС)² и Google Patents³, что позволило охватить ключевые национальные и международные документы за период с 2000 по 2024 год. Данный временной интервал отражает этап активной адаптации строительных технологий к новым климатическим нормативам и стратегическим задачам освоения Арктики.

Поисковая стратегия основывалась на комбинации тематических ключевых слов («мост», «вечная мерзлота», «термостабилизация», «ледовая нагрузка») с кодами Международной патентной классификации (МПК), прежде всего классов E01D (мосты), E02D (фундаменты) и E02B (гидротехнические сооружения). Такой подход обеспечил релевантность и полноту первичной выборки.

Отбор документов для анализа проводился в два этапа. Первичный скрининг по названиям и рефератам позволил отфильтровать явно нерелевантные материалы. На втором этапе анализировались полные тексты патентов, а критерием включения в итоговую выборку служило наличие технического решения, прямо или косвенно направленного на преодоление специфических проблем северного строительства: деградации мерзлоты, экстремальных температур, пучинистости грунтов или ледовых воздействий.

Качественный анализ каждого патента заключался в структурированном выявлении решаемой проблемы, сути технического предложения, заявленного эффекта и оценке его применимости в арктических условиях.

Анализ патентной активности в сфере северного мостостроения

В работе Сумина М.А. и Сумина А.М. (патент RU 2 299 945 C1) описан метод сопряжения моста с насыпью через специальную конструкцию, обеспечивающую передачу горизонтального давления грунта на пролетное строение. Технический эффект заключается в использовании пролетного строения в качестве внецентренно-сжатого элемента, что повышает общую

² Официальный сайт Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент) [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.fips.ru/> (дата обращения: 06.01.2026).

³ Google Patents [Электронный ресурс]. — URL: <https://patents.google.com/> (дата обращения: 06.01.2026).

устойчивость системы «мост-насыпь». Для условий Крайнего Севера это решение позволяет компенсировать значительные боковые давления, возникающие при сезонном пучении грунтов. Конструктивно это реализуется через устройство упоров и передающих элементов, рассчитанных на конкретные значения горизонтального давления, которые могут достигать десятков кПа в зависимости от типа и состояния грунта.

Группой китайских исследователей под руководством Инь Лицяна (патент CN 114180911 В) разработан специализированный цементный композиционный материал. Его состав включает поливинил-спиртовые (PVA) волокна в количестве 1,5–2,5 % от объема и высококальциевую золу-унос (до 25 % от массы цемента). Лабораторные испытания подтвердили, что данный материал после 300 циклов замораживания-оттаивания сохраняет прочность на сжатие не менее 45 МПа и демонстрирует деформативность при изгибе до 3,5 %. Такие характеристики делают его применимым для критических зон железобетонных мостов, подверженных действию отрицательных температур и противогололедных реагентов.

Авторами Рыбаковым С.В. и Ерофеевым М.Н. (полезная модель RU 240 268 U1) предложен узел соединения полимерно-композиционной главной балки с железобетонной плитой проезда. Конструкция включает металлический упор с ребрами жесткости, который крепится к балке высокопрочными болтами класса 8.8 или выше. Ключевой элемент — конические шайбы из оцинкованной стали, которые обеспечивают равномерное распределение давления от гайки на поверхность композита, предотвращая смятие и образование трещин. Геометрические параметры шайб (угол конусности 15230 градусов) и диаметр отверстий под болты строго нормированы для исключения концентраторов напряжений.

Патент US 11,892,101 В2 (изобретатели Япэн Цао, Гоюй Ли и др.) предлагает высокотехнологичную адаптивную опору для линейных сооружений в условиях морозного пучения грунтов. Конструктивная система включает опорную раму с дугообразным элементом и два комплекта регулировочных устройств, каждое из которых содержит толкающий механизм, соединенный с герметичной уплотнительной камерой. Внутри камеры размещена поршневая пластина, связанная через опорный стержень и упругую пластину с нагружающим элементом, контактирующим с трубопроводом. Ключевой принцип работы заключается в автоматической компенсации подъема грунта: при пучении система увеличивает давление в камере, что вызывает деформацию упругого элемента и смещение подвижного штока; последний воздействует на наклонную пластину, открывающую выпускной клапан для сброса избыточного давления, тем самым предотвращая передачу критических нагрузок на защищаемую конструкцию. Для обеспечения стабильности опора оснащена балансировочным устройством с датчиком наклона (качающаяся пластина с управляющим переключателем) и электроприводом с четырьмя опорными пластинами, которое автоматически выравнивает раму в горизонтальное положение. Дополнительно система включает интеллектуальное противообледенительное устройство с воздуходувкой горячего воздуха, датчиками температуры и моделью машинного обучения, которая на основе данных о давлении в камерах, параметрах окружающей среды и силе ветра прогнозирует обледенение и определяет оптимальную температуру и мощность обдува для защиты узлов конструкции.

Изобретение Бикбау М.Я. и Бикбау У.М. (патент RU 2 513 574 С2) представляет собой законченную технологическую систему. Она основана на использовании трубобетонных свай диаметром 800–1 200 мм, погружаемых в стабильный слой вечной мерзлоты на глубину не менее 8–10 метров. Теплоизоляция обеспечивается герметичными упругими емкостями (например, износными автомобильными шинами), устанавливаемыми на верхний и нижний торцы свай и заполняемыми сжатым воздухом под давлением 0.2 МПа (2 атм). Пролетное строение монтируется с обязательным зазором (продухом) не менее 1.0 метра от поверхности земли, что исключает прямой теплоперенос и позволяет свободно проходить снежным наносам.

Данная система обеспечивает сохранение температуры грунта в основании в диапазоне от -2°C до -5°C .

Авторским коллективом под руководством Сорокина А.М. (патент RU 2 789 151 C1) разработана шпунтовая стенка для ледовых условий. Конструкция собирается из стальных труб диаметром 1 020–1 420 мм с толщиной стенки 12–19 мм, которые соединяются между собой посредством сварных замковых элементов. Расчетная нагрузка от давления льда на конструкцию составляет до 400 кН/м^2 . Особенностью решения является усиленный узел сопряжения труб, позволяющий воспринимать не только статические, но и динамические ударные нагрузки от дрейфующих ледовых полей.

Патент RU 2803751 C1 «Способ устройства буронабивной сваи в многолетнемерзлом грунте» Зорина Д.В. предлагает решение для повышения несущей способности и долговечности свай. Способ включает закупорку стенок и дна скважины защитным гидроизоляционным материалом перед бетонированием с использованием химических добавок. Это предотвращает миграцию солей из грунта в бетон, снижая агрессивное воздействие и повышая надежность фундаментов в сложных инженерно-геокриологических условиях, что критически важно для устойчивости опор мостов.

Патентная заявка (CN 202310663808.7) на «Интегрированную конструкцию для защиты от повреждений переходных участков автомобильных мостов в районах вечной мерзлоты» представляет комплексную систему активного охлаждения. Конструкция включает в себя охлаждающие блоки на поверхности откосов, горизонтальные конденсационные трубки внутри насыпи, охлаждающие фланцы на боковых стенках опор и массивы веерообразно расположенных тепловых трубок, нацеленных на основание опоры. Подобная интеграция мер направлена на создание сбалансированного трехмерного температурного поля, предотвращающего протаивание ММГ и связанные с ним деформации в одной из наиболее уязвимых зон сооружения.

Патент CN 214613373U представляет собой конструкцию переходного участка дороги и моста с переменной жесткостью, предназначенную для районов вечной мерзлоты. Основными элементами системы являются устой, насыпь за ним, включающая слой щебеночной подготовки, армированную железобетонную подпорную стену, слой заполнения из блоков каменной наброски и жесткую соединительную плиту. Подпорная стенка формирует несколько зон заполнения, где слой каменной наброски уложен с уклоном, высота которого снижается по мере удаления от устоя. Эта геометрия в сочетании с использованием материала, обладающего охлаждающим эффектом (каменная наброска), позволяет решить две задачи: обеспечить плавный переход жесткости от абсолютно жесткого устоя к деформируемому грунтовому основанию, снижая динамические удары и неравномерную осадку, а также способствовать поддержанию низкой температуры мерзлого грунта, предотвращая его протаивание под воздействием тепла от насыпи и транспортных нагрузок.

Патент RU 2715034C1 «Метод строительства ледовых причалов в арктических условиях», авторы Каган Г.Л., Вельсовский А.Ю. описывает радикальный подход к созданию гидротехнических сооружений. Способ основан на формировании несущего массива причала изо льда, армированного древесным или растительным волокном, что в 3–4 раза повышает его прочность на сжатие и устраняет хрупкость. Конструкция с внутренними полостями для циркуляции охлажденного воздуха обеспечивает термическую устойчивость. Хотя решение касается причалов, сам принцип создания усиленных ледовых конструкций может рассматриваться для вспомогательных или временных сооружений в Арктике.

Таким образом, проведенный анализ выявляет не разрозненные изобретения, а формирующуюся систему взаимодополняющих технологических решений. Эти решения охватывают весь жизненный цикл мостового сооружения в условиях Крайнего Севера — от

выбора материалов и проектирования фундаментов до монтажа несущих конструкций и защиты от специфических внешних воздействий [11]. Полученные данные свидетельствуют о наличии научно-технического задела для создания мостов нового поколения, адаптированных к сложным условиям криолитозоны.

Перспективные направления

На основе проведенного патентного анализа можно определить несколько ключевых перспективных направлений технологического развития в области мостостроения для условий Крайнего Севера [12]. Перспективным является дальнейшее развитие гибридного подхода к проектированию, который комбинирует принципы пассивной термостабилизации с активными системами охлаждения. Комплексные решения, подобные патенту CN 202310663808.7, где интегрированы поверхностные охлаждающие блоки, горизонтальные тепловые трубки и фланцевые системы, указывают на тренд создания «интеллектуального» температурного каркаса сооружения. Такие системы способны не только сохранять, но и активно регулировать тепловой режим мерзлого основания в условиях его деградации, адаптируясь к изменяющимся климатическим параметрам. Этот подход позволяет перейти от консервации текущего состояния вечной мерзлоты к управлению ее несущей способностью в течение жизненного цикла объекта.

Важнейшим направлением остается индустриализация, однако с фокусом на создание специализированных, а не универсальных модульных систем. Анализ патентов, таких как RU 2 513 574 C2 и RU 240 268 U1, демонстрирует потребность в высокотехнологичных узлах и элементах заводской готовности, изначально спроектированных для работы при экстремально низких температурах. Перспектива заключается в разработке замкнутых технологических циклов «завод-площадка», где конструкции поставляются в транспортно-монтажном положении с уже установленными элементами теплоизоляции, датчиками мониторинга и специализированным крепежом. Это минимизирует объем «мокрых» и трудоемких операций на строительной площадке, критически сокращая сроки работ в короткий северный сезон и повышая качество исполнения [13].

Отдельным стратегическим вектором является разработка и сертификация нового поколения конструкционных материалов с полифункциональными свойствами [14]. Материал, описанный в патенте CN 114180911 B, иллюстрирует запрос не просто на морозостойкость, а на комплексную долговечность, включающую сопротивление многоциклового замораживанию, воздействию хлоридов и высокую трещиностойкость. Перспективным является создание материалов с заданными градиентами свойств, например, с повышенной теплозащитой в зонах контакта с грунтом и повышенной механической прочностью в силовых элементах, а также расширение номенклатуры конструкционных полимерных композитов для основных несущих элементов [15].

Наконец, на стыке перечисленных направлений формируется перспектива глубокой цифровизации, выходящей за рамки создания BIM-модели [16]. Интеграция данных от встроенных в конструкции датчиков (например, температурных и тензометрических, логически следующих из решений патентов RU 2803751 и CN 202310663808.7) с системами предиктивной аналитики позволяет формировать цифрового двойника не только самого сооружения, но и его взаимодействия с мерзлотным основанием. Такой инструмент позволяет перейти к управлению объектом по фактическому состоянию, прогнозировать риски, связанные с деградацией мерзлоты или ледовыми воздействиями, и оптимально планировать ремонтные вмешательства, что кардинально повышает безопасность и снижает жизненный цикл стоимости инфраструктуры в удаленных и труднодоступных регионах [17].

Заключение

Проведенное исследование, основанное на системном патентном анализе, позволило достичь поставленной цели — выявить ключевые направления и оценить уровень инновационной активности в области проектирования и строительства мостовых сооружений для условий Крайнего Севера. Анализ российской и международной патентной документации за период с 2000 по 2024 год подтвердил, что данная сфера характеризуется целенаправленной и растущей изобретательской деятельностью, отвечающей на комплекс уникальных вызовов криолитозоны.

Результаты работы демонстрируют формирование целостной системы технологических ответов на специфические проблемы северного мостостроения. Выявленные патенты охватывают все критически важные аспекты: от создания новых материалов, таких как высокопластичные морозостойкие бетоны (CN 114180911 B), до разработки специализированных конструктивных узлов для композитных балок (RU 240 268 U1). Особое внимание уделяется фундаментам, где предложены как методы повышения долговечности свай в агрессивной мерзлотной среде (RU 2803751), так и комплексные системы пассивной (RU 2 513 574 C2) и активной (CN 202310663808.7) термостабилизации грунтов. Отдельным значимым направлением являются решения по защите опор от экстремальных ледовых нагрузок (RU 2 789 151 C1).

Патентный ландшафт свидетельствует о том, что современные инновации смещаются от изолированных улучшений к комплексным, «умным» технологиям [18]. Перспективным трендом становится интеграция принципов сохранения мерзлоты с системами активного охлаждения и мониторинга, что позволяет перейти от консервации основания к управлению его несущей способностью в условиях климатических изменений [19]. Параллельно развивается направление глубокой индустриализации, ориентированное на создание специализированных модулей и высокотехнологичных узлов заводской готовности, что критически важно для сокращения сроков строительства в короткий северный сезон.

Таким образом, анализ подтверждает наличие в России и мире существенного научно-технического задела для создания мостов нового поколения в Арктике [20]. Полученные данные четко обозначают приоритеты для будущих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ: развитие адаптивных систем термостабилизации, создание полифункциональных материалов, отработка замкнутых технологических циклов модульного строительства и внедрение цифровых двойников для управления жизненным циклом сооружений. Реализация этих направлений является необходимым условием для обеспечения технологического суверенитета, долговечности и экономической эффективности транспортной инфраструктуры в ходе стратегического освоения северных территорий Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забудский, Д.А. Особенности строительства в условиях Крайнего Севера / Д.А. Забудский, Ю.В. Посвятенко // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XXI Международной научно-практической конференции, Пенза, 16–17 апреля 2019 года. — Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2019. — С. 44–49. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38075237> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [GMXJZR](https://elibrary.ru/item.asp?id=38075237).

2. Яшнов, А.Н. Некоторые направления развития мостостроения в условиях Крайнего Севера / А.Н. Яшнов, С.В. Пиняжин // Современные исследования трансформации криосферы и вопросы геотехнической безопасности сооружений в Арктике, Салехард, 03–12 ноября 2021 года. — Салехард: Б. и., 2021. — С. 499–502. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47471050> (дата обращения: 17.01.2026). — DOI: [10.7868/9785604610848134](https://doi.org/10.7868/9785604610848134). — EDN: [MLJLH](https://edn.ru/MLJLH).
3. Суровцев, А.Б. Предложения по конструкции нового типового проекта для пролётных строений мостов L = 18–33 м / А.Б. Суровцев // Транспортные сооружения. — 2016. — Т. 3, № 1. — С. 5. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26630627> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [WKTSEV](https://edn.ru/WKTSEV).
4. Смирнов, В.Н. Особенности проектирования опор мостов в условиях вечной мерзлоты [Features of design of bridge supports in permafrost conditions] / В.Н. Смирнов // Путь навигатор. — 2019. — № 40(66). — С. 55–59. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40834913> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [MKRIGH](https://edn.ru/MKRIGH).
5. Емельянова, Г.А. К вопросам проектирования фундаментов опор мостов с использованием металлических труб большого диаметра в условиях многолетнемерзлых грунтов / Г.А. Емельянова, Я.А. Сагайдачный // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования: Материалы IV Национальной научно-практической конференции, Астрахань, 08 февраля 2021 года / Под общей редакцией Т.В. Золиной. — Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. — С. 328–330. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45689929> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [UHBEPL](https://edn.ru/UHBEPL).
6. Стрелецкий, Д.А. Изменение несущей способности мерзлых грунтов в связи с потеплением климата на Севере Западной Сибири / Д.А. Стрелецкий, Н.И. Шикломанов, В.И. Гребенец // Криосфера Земли. — 2012. — Т. 16, № 1. — С. 22–32. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17472918> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [OSJJDB](https://edn.ru/OSJJDB).
7. Мазур, В.Н. Инновационные подходы к строительству транспортной инфраструктуры в условиях Крайнего Севера / В.Н. Мазур // Вестник транспорта. — 2025. — № 12. — С. 6–9. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=84226122> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [MMEYMQ](https://edn.ru/MMEYMQ).
8. Гладкевич, Г.И. Региональные приоритеты развития транспортной инфраструктуры на территории Республики Саха (Якутия) / Г.И. Гладкевич // География и природные ресурсы. — 2019. — № S5(159). — С. 119–126. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41862896> (дата обращения: 17.01.2026). — DOI: [10.21782/GIPR0206-1619-2019-5\(119-126\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-5(119-126)). — EDN: [GRZCLY](https://edn.ru/GRZCLY).
9. Авдзейко, В.И. Патентный анализ. Выявление перспективных и прорывных технологий / В.И. Авдзейко, В.И. Карнышев, Р.В. Мещеряков // Вопросы инновационной экономики. — 2018. — Т. 8, № 1. — С. 79–90. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32809297> (дата обращения: 17.01.2026). — DOI: [10.18334/vinec.8.1.38890](https://doi.org/10.18334/vinec.8.1.38890). — EDN: [YWEKEI](https://edn.ru/YWEKEI).
10. Никитенко, С.М. Патентная аналитика как инструмент формирования инновационных секторов экономики / С.М. Никитенко, М.А. Месяц, М. К. Королев // Экономика и управление инновациями. — 2022. — № 1(20). — С. 86–95. — URL: <https://economics.kuzstu.ru/index.php?page=article&id=4076> (дата обращения: 17.01.2026). — DOI: [10.26730/2587-5574-2022-1-86-95](https://doi.org/10.26730/2587-5574-2022-1-86-95). — EDN: [DTWVUT](https://edn.ru/DTWVUT).

11. Екимчева, М.А. Анализ оценки причин долговечности мостовых сооружений / М.А. Екимчева // Пути улучшения качества автомобильных дорог: Сборник статей, Самара, 16 декабря 2014 года / Под редакцией М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Т.В. Дормидонтовой. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. — С. 96–100. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23607395> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [TWPPVH](https://elibrary.ru/item.asp?id=23607395).
12. Новые технологии в мостостроении 2022: Материалы научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 26–27 мая 2022 года / под редакцией В.Н. Смирнова, С.В. Чижова, Д.А. Шестовицкого. — Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2022. — 141 с. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50317255> (дата обращения: 17.01.2026). — ISBN: 978-5-7641-1860-4. — EDN: [QAVQIT](https://elibrary.ru/item.asp?id=50317255).
13. Назимко, Е.И. Оценка топологии замкнутых технологических циклов / Е.И. Назимко // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. — 2018. — № 1. — С. 5–11. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36265732> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [YKWYGT](https://elibrary.ru/item.asp?id=36265732).
14. Орехов, А.В. Композитные материалы в военном мостостроении / А.В. Орехов, М.И. Липский // Специальная техника и технологии транспорта. — 2020. — № 7(45). — С. 51–57. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44174052> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [KQKQTD](https://elibrary.ru/item.asp?id=44174052).
15. Разработка и создание слоистых материалов инструментального назначения с заданным градиентом свойств / В.С. Фадеев, А.Д. Верхотуров, Н.М. Паладин, Ю.Л. Чигрин // Перспективные материалы. — 2004. — № 5. — С. 45–52. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19417289> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [QIXQAB](https://elibrary.ru/item.asp?id=19417289).
16. Паторняк, А.В. Опыт применения специализированных программ для информационного моделирования мостов / А.В. Паторняк, В.А. Краева // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности: Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Москва, 21 августа 2023 года. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2023. — С. 159–167. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54505712> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [LTLGNH](https://elibrary.ru/item.asp?id=54505712).
17. Еремин, В.Г. Совершенствование управления состоянием мостовых сооружений на основе постоянного мониторинга / В.Г. Еремин, Као Ван Лам // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. — 2012. — № 1(6). — С. 92–97. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17562061> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [OUIBUV](https://elibrary.ru/item.asp?id=17562061).
18. Петропавловских, О.К. Современные технологии организации и управления в мостостроении / О.К. Петропавловских // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений, Белгород, 08–10 октября 2013 года / Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова. Том 1. — Белгород: Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, 2013. — С. 301–306. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21780559> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [SIQFQB](https://elibrary.ru/item.asp?id=21780559).

19. Брушков, А.В. Проблемы создания системы государственного мониторинга вечной мерзлоты / А.В. Брушков // *Фундаменты*. — 2022. — № 3(9). — С. 4–9. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49555739> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [SPCPUN](#).
20. Многокритериальный принцип обоснования технологии возведения монолитных железобетонных мостов в Арктической зоне РФ / С.В. Чижов, В.Н. Смирнов, А.П. Ледяев [и др.] // *Путевой навигатор*. — 2023. — № 54(80). — С. 38–48. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50415351> (дата обращения: 17.01.2026). — EDN: [UUUSEY](#).

Berdysheva Maria Sergeevna

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: Mariyaberdysheva02@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4359-5550>

Valiev Sherali Nazaralievich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russia
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: Sh.Valiev@madi.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6326-2233>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=284723

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/HLX-1425-2023>

Innovative trends in the design and construction of bridges for the far north (based on patent research)

Abstract. This article presents the results of a systematic patent analysis aimed at identifying key trends and assessing the level of innovation in the design and construction of bridges for the Far North. The study covers the period from 2000 to 2024 and draws on Russian and international patent documentation.

The research methodology is based on a comprehensive patent search in the Rospatent and Google Patents databases using thematic keywords and International Patent Classification codes. A qualitative analysis of the selected patents focused on identifying technical solutions aimed at overcoming the specific challenges of northern construction: permafrost degradation, extreme temperatures, frost heaving, and ice impacts.

The analysis revealed an emerging system of complementary technological solutions spanning the entire lifecycle of a structure. Key results include: (1) identification of a trend away from isolated improvements toward integrated systems combining passive and active thermal stabilization (e.g., integrated cooling systems); (2) identification of prospects for deep industrialization through the creation of specialized components and modules of factory readiness; (3) determination of demand for new generations of structural materials with multifunctional properties (frost resistance, crack resistance, durability); (4) recognition of an emerging digitalization trend leading to the creation of adaptive control systems based on digital twins.

Based on the data obtained, promising areas for research and development work are formulated. It is concluded that Russia and the world have a significant scientific and technical reserve necessary for the implementation of strategic objectives for the creation of safe and durable transport infrastructure in the Arctic regions.

Keywords: bridge structures; bridge building; Arctic construction; innovative technologies; Far North; permafrost; patent analysis; technological trends; innovations