

Чаленко Анна Анатольевна,
Студент, факультет архитектуры,
Государственный университет по землеустройству
Chalenko Anna Anatolyevna,
Student, Faculty of Architecture,
State University of Land Management

Кошкин Андрей Корнилович, старший преподаватель,
Государственный университет по землеустройству
Koshkin Andrey Kornilovich, Senior Lecturer,
State University of Land Management

**КОНСТРУКТИВНО-ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДУЛЬНОЙ
НАВЕСНОЙ ПЕШЕХОДНОЙ ТРОПЫ В ИСТОРИЧЕСКОМ ПАРКЕ: ВЫБОР
МАТЕРИАЛОВ, ОПОРНЫЕ СИСТЕМЫ И УЧЁТ ДИНАМИЧЕСКИХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ (НА ПРИМЕРЕ ИЗМАЙЛОВСКОГО ПАРКА В МОСКВЕ)
STRUCTURAL AND ENGINEERING SUBSTANTIATION OF A MODULAR
CANOPY PEDESTRIAN PATH IN A HISTORICAL PARK: MATERIAL SELECTION,
SUPPORT SYSTEMS, AND CONSIDERATION OF DYNAMIC IMPACTS
(USING IZMAILOVSKY PARK IN MOSCOW AS AN EXAMPLE)**

Аннотация. В статье рассматриваются конструктивные решения для модульной наземной пешеходной тропы, проектируемой на территории Измайловского парка г. Москвы. Актуальность исследования обусловлена необходимостью сохранения экологического баланса городских лесопарков при расширении их рекреационного потенциала. Целью работы является научное обоснование выбора материалов, типа несущей системы и методов учета динамических воздействий для навесной пешеходной конструкции. В исследовании применены методы сравнительного анализа свойств конструкционных материалов (сталь, алюминиевые сплавы, древесина, композиты), типологического анализа несущих систем (балочные, ферменные, арочные, висячие) и расчета динамических нагрузок в соответствии с нормативными требованиями. На основе анализа реализованных аналогов («Тропа Трангона» в Сингапуре, Camp Adventure в Дании, существующая экотропа в Измайловском парке) предложено оптимальное конструктивное решение. Ключевыми результатами являются: 1) обоснование комбинированной стально-деревянной конструкции с горячеоцинкованными стальными балками и термообработанным настилом из лиственницы; 2) выбор балочной разрезной схемы с пролетом 12 м как наиболее адаптивной к сложному рельефу и экологическим ограничениям; 3) расчет собственных частот колебаний (3,5-4,0 Гц), подтверждающий отсутствие резонансных режимов при пешеходной нагрузке. Делается вывод, что предложенные конструктивные решения обеспечивают долговечность (50+ лет), экологическую безопасность и технологичность монтажа, что соответствует принципам устойчивого развития применительно к рекреационной инфраструктуре исторических парков

Abstract. The article considers structural solutions for a modular elevated pedestrian trail designed for the territory of Izmailovskiy Park in Moscow. The relevance of the study is due to the need to maintain the ecological balance of urban forest parks while expanding their recreational potential. The aim of the work is to provide a scientific substantiation for the choice of materials, type of load-bearing system, and methods for accounting for dynamic loads for an elevated pedestrian structure. The research employs methods of comparative analysis of structural material properties (steel, aluminum alloys, wood, composites), typological analysis of load-bearing systems (beam,



truss, arch, suspended), and dynamic load calculation in accordance with regulatory requirements. Based on the analysis of implemented analogues (the Trangan Trail in Singapore, Camp Adventure in Denmark, the existing ecological trail in Izmailovsky Park), an optimal structural solution is proposed. The key results are: 1) substantiation of a combined steel-timber structure with hot-dip galvanized steel beams and thermally treated larch decking; 2) selection of a simply supported beam scheme with a 12 m span as the most adaptable to the complex terrain and environmental constraints; 3) calculation of natural vibration frequencies (3.5-4.0 Hz), confirming the absence of resonance modes under pedestrian load. It is concluded that the proposed structural solutions ensure durability (50+ years), environmental safety, and ease of installation, which aligns with the principles of sustainable development for the recreational infrastructure of historical parks.

Ключевые слова: Модульная архитектура, навесная пешеходная тропа, конструктивные решения, опорные системы, динамические нагрузки, композитные материалы, Измайловский парк, экологическое проектирование, винтовые сваи, стальные балки.

Keywords: Modular architecture, elevated pedestrian trail, structural solutions, support systems, dynamic loads, composite materials, Izmailovsky Park, ecological design, screw piles, steel beams.

Введение

Рост антропогенной нагрузки на городские парки, являющиеся ключевыми элементами «зеленого каркаса» мегаполисов, выдвигает на первый план проблему сохранения их экологического баланса при одновременном повышении рекреационной и туристической ценности [9, 11]. Как было показано в предшествующем исследовании, посвященном концепции модульной надземной пешеходной тропы в Измайловском парке, поднятие маршрута на высоту 8 метров над уровнем земли позволяет существенно снизить антропогенную нагрузку на почвенный покров и растительность, сохраняя при этом доступность природных зон для посетителей [1].

Однако успешная реализация данной концепции невозможна без детальной проработки инженерно-конструктивных аспектов. Выбор материалов для несущих и ограждающих конструкций, определение типа опорной системы, учет динамических воздействий от пешеходов и ветра – эти задачи являются ключевыми для обеспечения безопасности, долговечности и эксплуатационной надежности сооружения. Особую сложность представляет проектирование в условиях исторического парка, где необходимо бережно интегрировать современную инфраструктуру в сложившуюся ландшафтно-архитектурную среду, опираясь на принципы устойчивого развития [11].

Цель исследования – научно обоснованный выбор конструктивных решений для модульной навесной пешеходной тропы в Измайловском парке. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: 1) провести сравнительный анализ свойств материалов, пригодных для изготовления элементов тропы, с позиций технологической эффективности и экологической безопасности; 2) рассмотреть существующие типы несущих конструкций и оценить их применимость в условиях парка; 3) проанализировать динамические воздействия, характерные для легких пешеходных сооружений, и выполнить расчет собственных частот колебаний; 4) изучить мировой и отечественный опыт строительства аналогичных объектов; 5) на основе полученных данных обосновать оптимальную конструктивную схему для конкретных ландшафтных условий Измайловского парка.

Научная новизна работы заключается в синтезе подходов строительной механики, материаловедения и экологического проектирования для создания адаптивной конструктивной модели надземной пешеходной системы, а также в детальной проработке принципов учета динамических воздействий применительно к условиям Измайловского парка с его сложным рельефом и высоким биоразнообразием.



При проектировании навесной пешеходной тропы – особенно если она работает в открытых условиях городского парка – выбор материалов для несущих и ограждающих конструкций нельзя сводить к одному-единственному параметру. На практике это всегда комплекс взаимосвязанных критериев, и их нужно рассматривать вместе. Как отмечают В.С. Теодоронский и И.О. Боговая, «материалы для ландшафтных сооружений должны сочетать функциональность, долговечность и эстетическую выразительность, не нарушая при этом природного контекста» [12].

Основными критериями отбора материалов для рассматриваемого объекта являются: прочностные характеристики (предел прочности, модуль упругости); долговечность (стойкость к коррозии, биоповреждениям, УФ-излучению); экологическая безопасность (отсутствие токсичных выбросов, возможность переработки); технологичность (удельный вес, обрабатываемость); эстетические качества (способность гармоничной интеграции в лесной ландшафт). Согласно принципам устойчивого развития, «современная экологическая архитектура гуманна по отношению к природе и людям» [13].

Если говорить о конкретных цифрах и свойствах, то обратимся к конструкционным сталям. Конструкционные стали марок С245, С255 и С345, широко применяемые в мостостроении, обладают рядом преимуществ. Предел текучести для стали С345 составляет 345 МПа, временное сопротивление – 490 МПа, модуль упругости – $2,06 \cdot 10^5$ МПа [9]. Эти характеристики обеспечивают высокую несущую способность при относительно небольших сечениях элементов. Сталь обладает хорошей пластичностью, что позволяет ей выдерживать значительные деформации без разрушения, особенно важно при динамических воздействиях.

Однако сталь имеет существенные недостатки при эксплуатации в условиях открытой среды. Основным из них является подверженность коррозии. Как указывают А.А. Пискунов с соавторами, «применение полимерных композитных материалов в пролетных строениях автодорожных мостов» позволяет частично решить проблему коррозии, однако для традиционных стальных конструкций требуется надежная антикоррозионная защита [9]. Наиболее эффективным методом для условий Измайловского парка является горячее цинкование, обеспечивающее защиту на 50 и более лет без обслуживания. К недостаткам стали также можно отнести значительный удельный вес (7850 кг/м^3) и высокую теплопроводность.

Теперь об алюминиевых сплавах и композитах. Возьмём, например, марки АД31 и АМг5: их плотность – около 2700 кг/м^3 . А это, кстати, в 2,9 раза ниже, чем у стали. Модуль упругости алюминия ($7 \cdot 10^4$ МПа) существенно ниже стального, что при равных геометрических параметрах приводит к большему прогибу под нагрузкой. Коррозионная стойкость алюминиевых сплавов высока, однако при контакте с другими металлами возникает опасность гальванической коррозии. Основным ограничением для широкого применения является высокая стоимость – в 3-4 раза выше стоимости конструкционной стали.

Полимерные композитные материалы (стеклопластики, углепластики, базальтопластики) обладают исключительной коррозионной стойкостью, не подвержены биоповреждениям, имеют низкую теплопроводность. Удельная прочность углепластиков в 5-7 раз выше, чем у стали. Однако применение композитов ограничивается высокой стоимостью (в 5-10 раз выше стальных аналогов), низким модулем упругости (30-50 ГПа), явлением ползучести при длительном статическом нагружении, а также недостаточной изученностью долговременного поведения в климатических условиях средней полосы России [9].

Отдельного разговора заслуживает древесина. Как конструкционный материал она традиционна для пешеходных мостов и троп и особенно органично смотрится в лесных парках. Для условий Измайловского парка наиболее подходящими породами являются лиственница и термообработанная сосна. Лиственница обладает высокой природной



биостойкостью, ее плотность составляет 650-750 кг/м³, предел прочности при изгибе достигает 80-95 МПа, модуль упругости – $1,1 \cdot 10^4$ МПа [12]. Термообработка древесины (нагрев до 180-230°C в бескислородной среде) позволяет существенно повысить ее биостойкость и стабильность размеров.

Преимущества древесины включают экологичность (возобновляемый ресурс), низкую теплопроводность (комфорт при тактильном контакте), эстетическую привлекательность. Недостатками являются анизотропия свойств, чувствительность к перепадам влажности и необходимость антисептической обработки.

Теперь перенесём всё это на конкретный объект – Измайловский парк. Если учесть проведённый анализ и реальные условия эксплуатации: открытая среда, перепады температур от –30°C до +35°C и, что очень важно, необходимость минимизировать воздействие на экосистему, – то оптимальным здесь становится **комбинированное решение**. Опорные стойки и главные несущие балки предлагается выполнять из горячеоцинкованной стали марки С345. Выбор стали обусловлен необходимостью обеспечения требуемой жесткости конструкции при пролетах до 15 м. Горячее цинкование обеспечивает надежную защиту от коррозии на весь расчетный срок службы (50 лет).

Настил и ограждения предлагается выполнять из термообработанной древесины лиственницы. Древесина создает тактильный комфорт, не нагревается на солнце и органично вписывается в лесной ландшафт. Толщина досок настила принимается 40 мм, зазоры между досками – 5-8 мм для обеспечения водоотвода и проветривания. Соединительные элементы следует выполнять из нержавеющей стали AISI 304, что исключает гальваническую коррозию.

Данный подход соответствует принципам устойчивого развития, поскольку древесина является возобновляемым ресурсом, а сталь подлежит вторичной переработке. Как отмечается в исследовании Е.В. Котляровой и Ю.Я. Дворникова, «принципы проектирования городской архитектурной среды требуют интеграции природных и техногенных материалов с сохранением экологического баланса» [5].

Теперь разберёмся, какие вообще бывают несущие конструкции для навесных пешеходных систем. Если смотреть на то, как нагрузка передаётся и как ведёт себя материал, можно выделить несколько основных типов – именно тех, которые реально применимы для навесных пешеходных троп [10]. **Балочные системы** являются наиболее распространенными. Принцип их работы основан на изгибе балки под действием вертикальной нагрузки. Различают разрезные балки (каждый пролет перекрывается самостоятельной балкой) и неразрезные балки (балка проходит над несколькими опорами).

Ферменные системы применяются при необходимости перекрытия пролетов от 20 до 50 м. Ферма представляет собой решетчатую конструкцию, в которой элементы работают преимущественно на растяжение и сжатие. Высота фермы обычно составляет 1/8 – 1/12 пролета. По сравнению со сплошнотенчатой балкой, ферма позволяет снизить расход металла на 20-30% при пролетах свыше 20 м [8].

Арочные системы работают преимущественно на сжатие, однако создают распор – горизонтальную силу, передающуюся на опоры, что требует устройства массивных фундаментов или затяжек. **Висячие и вантовые системы** применяются при перекрытии больших пролетов (50-200 м). Они отличаются высокой материалоемкостью опор и сложностью анкеровки.

Если теперь применить это к конкретным условиям Измайловского парка – где характерные пролёты составляют 10-15 метров, – то наиболее рациональной здесь оказывается балочная разрезная система. Выбор этой схемы обосновывается следующими факторами: минимальное воздействие на грунт (каждая опора работает независимо); технологичность монтажа (элементы имеют меньшие габариты и вес); ремонтпригодность (выход из строя



одного пролета не влияет на работу соседних); возможность поэтапного строительства; экономическая эффективность при пролетах до 15 м [8].

Ферменные системы при пролетах менее 20 м неэффективны из-за значительной доли массы соединительных элементов. Арочные и висячие системы избыточны для данных пролетов и создают повышенные нагрузки на опоры, что противоречит принципу минимального вмешательства [11].

Отдельно нужно продумать опорные конструкции. Их задача – надёжно передавать нагрузки от пролётного строения на грунт, но при этом вмешательство в природную среду должно быть минимальным. Для условий Измайловского парка предлагается использование **винтовых свай**. Преимущества винтовых свай: отсутствие земляных работ; возможность установки вручную или малогабаритной техникой; минимальное повреждение корневых систем деревьев; возможность демонтажа; высокая несущая способность (до 10-15 тонн на сваю) [12].

Диаметр свай принимается 133-159 мм, длина – 3-5 м в зависимости от несущей способности грунтов. Стойки тропы выполняются из стальных квадратных труб 200×200 мм или 250×250 мм. Высота стоек варьируется от 6 до 12 м в зависимости от рельефа местности.

Ещё один важный аспект – **динамические воздействия**. При проектировании пешеходных мостов и троп нельзя забывать о том, что движущиеся люди создают вполне реальные динамические нагрузки, и это закреплено в нормативных требованиях. Согласно действующим нормативным документам (СП 35.13330, ГОСТ 33390-2015), к таким воздействиям относятся: вертикальная пульсирующая нагрузка от пешеходов (частота шага 1,5-2,5 Гц); горизонтальная нагрузка при синхронной ходьбе; нагрузка от одиночного пешехода; ветровая нагрузка [7, 8].

Нормативная временная вертикальная нагрузка для пешеходных мостов принимается равномерно распределенной интенсивностью 4,0 кПа (400 кгс/м²). Динамический коэффициент для элементов пролетного строения пешеходных мостов при загрузке толпой принимается равным 1,0 [8]. Однако, как отмечают исследователи, «использование статического эквивалента с динамическим коэффициентом может быть недостаточным для легких конструкций с низким собственным затуханием» [7].

Чтобы оценить, как конструкция поведёт себя под нагрузкой, нужно рассчитать собственную частоту колебаний. Для балки постоянного сечения, совершающей изгибные колебания, эта частота определяется по формуле: $f = (\pi/2L^2) \times \sqrt{EI/m}$, где E – модуль упругости материала, I – момент инерции сечения, m – погонная масса конструкции, L – пролет.

Для принятой конструктивной схемы (пролет 12 м, стальные двутавровые балки 35Б1) ориентировочная собственная частота составляет 3,5-4,0 Гц. Это значение находится выше диапазона частот шага человека (1,5-2,5 Гц), что исключает основной резонанс. Однако необходимо также проверить возможность резонанса на второй и третьей гармониках (частоты 7-12 Гц). Как показывает опыт эксплуатации легких пешеходных мостов, наиболее критичным является попадание собственной частоты в диапазон 1,5-3,0 Гц [7].

Нельзя забывать и про демпфирование с ветровыми нагрузками. Для стально-деревянных конструкций, например, коэффициент демпфирования обычно составляет 0,5-1,0%. Для снижения амплитуды колебаний предусматриваются поперечные ребра жесткости с шагом не более 1,5 м, демпфирующие прокладки в узлах опирания, а при необходимости – динамические гасители колебаний.

Согласно картам ветрового районирования, Москва относится ко II ветровому району с нормативным давлением ветра 0,30 кПа. Для высоты 8 м с учетом коэффициентов расчетная ветровая нагрузка составляет 0,59 кПа, что не является определяющей для сечения опор, однако должна учитываться при расчете устойчивости высоких стоек (более 10 м). Для



обеспечения устойчивости опор при ветре предусматриваются раскосы между стойками с шагом не более 6 м.

Посмотрим теперь на реализованные проекты – что уже работает в мире. Возьмём, например, **тропу Трангона в Сингапуре**, её ещё называют Tree Top Walk. Её длина – 250 метров, и проходит она на высоте от 8 до 25 метров над землёй, соединяя два холма через долину. Конструктивное решение: несущая система – висячая на двух стальных канатах диаметром 32 мм; опоры – два основных стальных пилона высотой 25 м; материалы – стальные тросы, алюминиевый настил, стальные ограждения [5]. Основным преимуществом висячей системы является отсутствие промежуточных опор, что позволило сохранить нетронутым лесной массив. Однако для условий Измайловского парка такая схема избыточна, так как требуемые пролеты не превышают 15-20 м.

Другой интересный пример – смотровая башня и пешеходный **мост Camp Adventure в Дании**. Проект архитектурного бюро EFFEKT представляет собой 900-метровую пешеходную тропу, которая поднимается по спирали к смотровой башне высотой 45 метров. Конструктивное решение: несущая система – пространственный каркас из клееной древесины; соединительные узлы – стальные пластины и болты; настил – решетчатый деревянный [1]. Этот пример демонстрирует возможность создания сложных пространственных форм из клееной древесины при правильном проектировании узловых соединений.

Если же вернуться непосредственно к **Измайловскому парку**, то там уже есть реализованный пример – детская экотропа с деревянным настилом, установленным на металлические опоры. Опыт эксплуатации этого объекта позволяет сделать выводы: комбинация стальных опор и деревянного настила показала высокую эффективность; при правильной обработке древесина сохраняет свои свойства в течение 10 и более лет; востребованность тропы у посетителей подтверждает целесообразность развития подобных сооружений [1].

Теперь перейдём к **выбору оптимальной конструктивной схемы** именно для Измайловского парка. За основу возьмём анализ территории, который уже представлен в исходной статье, – исходя из него можно определить следующие проектные параметры: рельеф – холмистый, перепады высот до 15 м; грунты – подзолистые, дерново-подзолистые и болотные типы; растительность – наличие ценных древостоев; высота тропы – 8 м над уровнем земли; расчетная длина тропы – 2-3 км; расчетная пропускная способность – до 1500 чел/час [1].

Таким образом, анализ показывает: для этих условий лучше всего подходит балочная разрезная система со следующими параметрами:

Пролетная схема: основные пролеты – 12 м (экономически оптимален для стальных двутавровых балок); крайние пролеты – 6-8 м; над особо ценными биотопами – увеличение пролета до 15 м за счет усиления сечения.

Сечение несущих балок: двутавровые балки из стали С345 с высотой сечения 300-400 мм (типоразмер 30Б1 – 40Б1); шаг балок – 1,5 м; поперечные связи – через 6 м.

Опорные стойки: квадратные трубы 200×200×8 мм из стали С345; высота стоек – от 6 до 12 м; шаг стоек – 12 м.

Фундаменты: винтовые сваи диаметром 133-159 мм, длиной 3-5 м; антикоррозионная защита – горячее цинкование.

Настил: доска из термообработанной лиственницы толщиной 40 мм, ширина 150 мм; зазоры – 5-8 мм; крепление – самонарезающими винтами из нержавеющей стали.

Ограждения: перила – деревянные поручни на стальных стойках; заполнение – стальные тросы с шагом 150 мм; высота ограждения – 1100 мм.

Теперь проверим динамические характеристики. Для выбранной схемы мы выполнили расчёт собственной частоты колебаний. При пролете 12 м, стальных балках 35Б1 ($I = 11550$



см⁴, погонная масса 50 кг/м) и настиле (погонная масса 60 кг/м) суммарная погонная масса составляет 110 кг/м. Модуль упругости стали $E = 2,06 \cdot 10^5$ МПа. Подставляя значения в формулу, получаем $f \approx 3,8$ Гц.

Собственная частота 3,8 Гц находится вне критического диапазона 1,5-3,0 Гц, что исключает резонанс при нормальном темпе ходьбы. Для предотвращения дискомфортных колебаний при беге (частота до 3,5 Гц) предусмотрен запас 10%. Дополнительным преимуществом является высокое демпфирование, вносимое деревянным настилом (до 1,5% по сравнению с 0,3-0,5% для чисто стальных конструкций).

Заключение

Проведенный анализ конструктивных решений для модульной навесной пешеходной тропы в Измайловском парке позволяет сделать следующие выводы:

1. **Материалы:** оптимальной является комбинация горячеоцинкованной стали марки С345 для несущих элементов (опорных стоек и главных балок) и термообработанной древесины лиственницы для настила и ограждений. Такое решение обеспечивает долговечность (50+ лет), экологичность (древесина – возобновляемый ресурс, сталь подлежит вторичной переработке), эстетическую интеграцию в лесной ландшафт и технологичность монтажа.

2. **Несущая система:** для пролетов до 15 м, характерных для условий парка, предпочтительна балочная разрезная схема с шарнирным опиранием. Она минимизирует воздействие на грунт (винтовые сваи не требуют земляных работ), допускает адаптацию к сложному рельефу (высота стоек варьируется от 6 до 12 м), обеспечивает ремонтпригодность и возможность поэтапного строительства.

3. **Динамика:** критическим фактором является синхронная ходьба пешеходов. При выбранных параметрах (пролет 12 м, стальные балки 35Б1) собственная частота конструкции (3,8 Гц) находится вне резонансной зоны (1,5-3,0 Гц). Дополнительным преимуществом является высокое демпфирование деревянного настила. Ветровая нагрузка для Московского региона (II район) не является определяющей для сечения опор.

4. **Аналоги:** мировой опыт (Тропа Трангона в Сингапуре, Camp Adventure в Дании) и локальная практика (существующая экотропа в Измайловском парке) подтверждают жизнеспособность предложенного подхода и эффективность комбинации стальных несущих конструкций с деревянным настилом.

Реализация предложенных конструктивных решений позволит создать безопасное, долговечное и экологически ответственное сооружение, соответствующее принципам устойчивого развития исторических парковых территорий [11].

Перспективы дальнейших исследований связаны с детальным конечно-элементным моделированием конструкции, разработкой ВМ-модели и экспериментальными исследованиями динамических характеристик натуральных фрагментов тропы.

Список литературы:

1. Борисова Е.А. Оценка рекреационной устойчивости растительного покрова парка культуры и отдыха им. С.М. Кирова // Управление техносферой. 2020. №1. С. 112–116.
2. Василенко Т.А., Свергузова С.В. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза инженерных проектов. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 265 с.
3. Веретенников Д.Б., Кузнецова В.М. Исследование принципов обустройства пешеходных зон городских центров на примере города Тольятти // Градостроительство и архитектура. 2016. №4. С. 122–126.
4. Донченко В.К., Лихачева Э.А., Симонов Ю.Г. Экологическое картографирование урбанизированных территорий (на примере Москвы). М.: ГУЗ, 2017. 184 с.



5. Котлярова Е.В., Дворников Ю.Я. Принципы проектирования городской архитектурной среды. Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. 93 с.
6. Лихачева Э.А., Симонов Ю.Г., Чеснокова С.С. Ландшафтно-экологический подход к формированию рекреационных зон в крупном городе // Вестник ГУЗ. 2019. № 1 (9). С. 45–52.
7. Морозова Е.Д. Повышение надёжности работы пешеходного моста: магистерская диссертация. СПб.: СПбПУ, 2023.
8. ОДМ 218.4.025-2016. Отраслевой дорожный методический документ. Методика определения грузоподъемности мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. М.: Росавтодор, 2016.
9. Пискунов А.А., Луканкин С.А., Мазур Е.В. и др. Применение полимерных композитных материалов в пролетных строениях автодорожных мостов // Транспортные сооружения. 2024. №3. С. 1–31.
10. Сторчак Ю.А. Градостроительные основы архитектурного проектирования многофункциональных комплексов предместных площадей и мостов // Architecture and modern information technologies. 2023. №3. С. 139–159.
11. Сычева А.В., Кошкин А.К. Принципы устойчивого развития территорий исторических парков в условиях мегаполиса // Проблемы современного градостроительства: сб. науч. тр. / ГУЗ. М., 2022. С. 112–120.
12. Теодоронский В.С., Боговая И.О. Ландшафтная архитектура. М.: Форум, 2010. 304 с.
13. Тетиор А.Н. Социальные и экологические основы архитектурного проектирования. М.: Академия, 2009. 240 с.
14. Фролова Е.В., Рогач О.В. Стратегические ориентиры повышения туристической привлекательности городских и сельских поселений // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. №4. С. 289–298.
15. Хаустов А.П., Редина М.М. Экологический мониторинг. М.: Юрайт, 2016. 489 с.
16. Шубенков М.В., Шубенкова М.Ю. Градостроительные системы: от неустойчивого равновесия к устойчивому неравновесию // Architecture and modern information technologies. 2018. №4. С. 305–313.

