

УДК 624.21

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

А.С. Жагат¹, К.Р. Якупова², А.С. Осипкин³

^{1, 2, 3} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

Аннотация. Наличие качественной и продуманной сети автомобильных дорог и переправ через многочисленные реки и каналы города имеет большое значение не только по эстетическим соображениями, но также для обеспечения нормального функционирования транспорта в многомиллионном городе. Многие мостовые и гидротехнические сооружения, находящиеся на территории Санкт-Петербурга, являются частью культурного наследия. Мостостроение считается одним из самых консервативных направлений строительства, однако сегодня все чаще применяются новые технологии строительства мостов, реализующие самые невероятные инженерные решения. Целью работы является анализ современных архитектурных и конструктивных решений при реставрации и возведении мостов Санкт-Петербурга, в контексте мировых тенденций и особой культурной ценности мостов, являющихся символом города. В ходе работы показаны особенности развития мостостроения в Санкт-Петербурге с учетом мирового опыта, рассмотрены возможные способы реконструкции исторических мостовых сооружений, проанализированы современные методы проектирования и возведения мостов, дана оценка возможности их применения в Санкт-Петербурге. Описаны успешные проекты возведения мостов в Санкт-Петербурге в XXI веке.

Ключевые слова: мосты, мостовые сооружения, мостостроение, конструктивные решения, реконструкция.

Ссылка для цитирования: Жагат А.С., Якупова К.Р., Осипкин А.С. Строительство мостов Санкт-Петербурга // Инженерные исследования. - 2021. - № 4(4). - С. 15-23. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/15-23.pdf>

CONSTRUCTION OF BRIDGES IN ST. PETERSBURG

A.S. Zhagat¹, K.R. Yakupova², A.S. Osipkin³

^{1, 2} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg (Russian Federation)

Abstract. The presence of a high-quality and well-thought-out network of roads and crossings through the numerous rivers and canals of the city is of great importance not only for aesthetic reasons, but also for ensuring the normal functioning of transport in a multimillion city. Many bridge and hydraulic structures located on the territory of St. Petersburg are part of the cultural heritage. Bridge construction is considered one of the most conservative areas of construction, but today new bridge construction technologies are increasingly being used, realizing the most incredible engineering solutions. The aim of the work is to analyze modern architectural and design solutions for the restoration and construction of bridges in St. Petersburg, in the context of global trends and the special cultural value of bridges that are a symbol of the city. In the course of the work, the features of the development of bridge construction in St. Petersburg are shown, taking into account world experience, possible ways of reconstruction of historical bridge structures are considered, modern methods of design and construction of bridges are analyzed, and the possibility of their application in St. Petersburg is assessed. Described successful projects for the construction of bridges in St. Petersburg in the XXI century.

Keywords: bridges, bridge structures, bridge construction, structural solutions, reconstruction.

For citation: Zhagat A.S., Yakupova K.R., Osipkin A.S. Facade systems in high-rise construction // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. - 2021. - No. 4(4). - Pp. 15-23. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/15-23.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

За счёт сложной системы мостов Санкт-Петербурга, их исторической и архитектурной ценности, эти сооружения представляют культурную ценность и являются визитной карточкой города. Наличие качественной и продуманной сети автомобильных дорог и переправ через многочисленные реки и каналы города имеет большое значение не только по эстетическим соображениями, но также для обеспечения нормального функционирования транспорта в многомиллионном городе.

С течением времени на мостовых сооружениях возникают различные дефекты, которые в будущем, при несвоевременном их выявлении, ведут к разрушению. Во избежание разрушения в определенные сроки проводят обследование мостовых сооружений [1-7]. По итогам анализа результатов обследования разрабатываются рекомендации по ремонту и дальнейшей эксплуатации мостовых сооружений.

Многие мостовые и гидротехнические сооружения, находящиеся на территории Санкт-Петербурга, являются частью культурного наследия [8]. Мостостроение считается одним из самых консервативных направлений строительства, однако сегодня все чаще применяются новые технологии строительства мостов, реализующие самые невероятные инженерные решения [9, 10].

ИСТОРИЯ МОСТОСТРОЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Основатель Санкт-Петербурга Петр I мечтал воплотить в Петербурге образ Венеции, рассчитывая, что передвигаться по многочисленным водным каналам горожане будут на паромах, лодках и плавучих переправах (рис.1). Но Петербург стал городом мостов, которых насчитывается около 800 [11].



Рис. 1. Вид на Зимний дворец с вышки Кунсткамеры, гравюра нач. XIX в.¹

Fig. 1. View of the Winter Palace from the tower of the Kunstkamera, engraving early. XIX century

При строительстве Петропавловской крепости было сделано исключение: в 1703 году был построен первый Петровский мост, который соединил Березовый (сейчас - Городской) остров с Заячьим. Он был наплавным, но через три года был заменен мостом на деревянных опорах. Однако император не давал своего согласия на возведение переправ через Большую Неву, так что первый Исаакиевский мост был возведен только в 1727 году и также был наплавным и разборным (рис.2).



Рис. 2. Исаакиевский наплавной мост²

Fig. 2. Isaac's floating bridge

¹ Государственный Эрмитаж [Электронный ресурс]. – URL: <http://cityguidespb.ru/muzei/hudozhestvennye/70-ermitazh.html> (дата обращения: 11.09.2021)

² 100 лет главному мосту Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gazeta.ru/social/photo/100 лет_glavnomu_mostu_peterburga.shtml (дата обращения: 11.09.2021)

Серия следующих мостов на Выборгскую сторону: Воскресенский (затем Петербургский), Суворовский (затем Троицкий) построена по такой же технологии. Со временем, в строительстве мостов стал применяться камень. Каменные мосты стали одними из самых выдающихся в Санкт-Петербурге. Самые первые из них: Эрмитажный (рис.3), Прачечный, Верхне-Лебяжий, Каменный, сохранившиеся до настоящего времени (табл. 1).

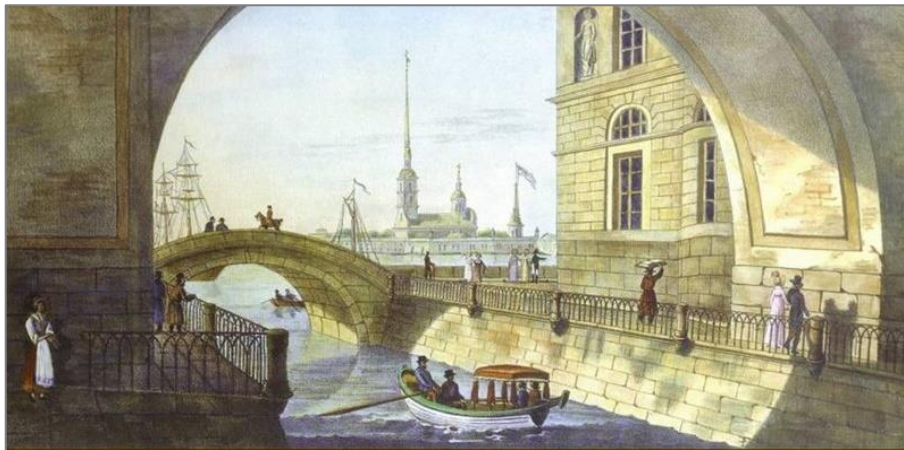


Рис. 3. Эрмитажный мост, гравюра 1820 г.³
Fig. 3. Hermitage Bridge, engraving 1820

Таблица 1. Сохранившиеся каменные мосты г. Санкт-Петербурга
 Table 1. The preserved stone bridges of St. Petersburg

Название моста	Схема (пролет), м	Год постройки	Годы ремонта (реконструкции)
Прачечный (применен гранит)	3×11,3	1760	1835; 1905; 1926
Казанский	8,6	1766	1806; 1934
Верхне-Лебяжий	11,3	1768	1928
Эрмитажный	11,3	1768	1934
Каменный	12,8	1776	1900
Измайловский	15+8+15	1787	1861; 1915
Старо-Калинкин		1788	1893; 1908; 1965
Аничков	12,5+12,6+12,5	1786	1841 (устроена кирпичная кладка); 1908; 1945
Белинского (Симеоновский)	12,8	1785	1859; 1890; 1995
1-й Зимний	11,3	1785	1964
2-й Инженерный	11,3	1826	1890; 1955; 1985

Эпоха металлических мостов началась в 1786 году. Первые небольшие пешеходные мостики были построены по проекту Дж. Кваренги. Железные мосты в самом Петербурге появились позднее, в 1793-1794 годах, в Таврическом саду. Эти великолепные парковые конструкции сохранились и до нашего времени почти в первоизданном своем виде. В дальнейшем в России активно стало применяться чугунное литье при сооружении мостов сборной конструкции. В 1806 году по проекту В.И. Гесте был построен Зеленый, также известный как Народный или Полицейский (рис.4), мост, который соединил берега реки Мойки, и невероятно украсил Невский проспект.

С 1806 по 1840 годы в Санкт-Петербурге было выстроено 12 чугунных мостов. Ослепительным произведением мостостроительного искусства стал Благовещенский, ставший самым длинным на то время (298 метров). Проект этого моста через Неву включал в себя передовые технологии: металлические фермы и использование их в качестве крыла разводного пролёта, уникальные подъёмные краны. Пережил несколько реставраций, последняя была в 2007 году.

³ Новый проект Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://architecturebest.com/barocco/novyy-proekt-peterburga/> (дата обращения: 11.09.2021)

Качественно другая идея - применение цепей в качестве основной несущей конструкции. Эту идею впервые воплотил в жизнь инженер П. П. Базен (рис.5). Эта система в дальнейшем получила название «висячая», «цепная», «подвесная». Самые известные примеры – Почтамтский, Львиный и Банковский.



Рис. 4. Полицейский мост, 1840-е⁴
Fig. 4. Police bridge, 1840s

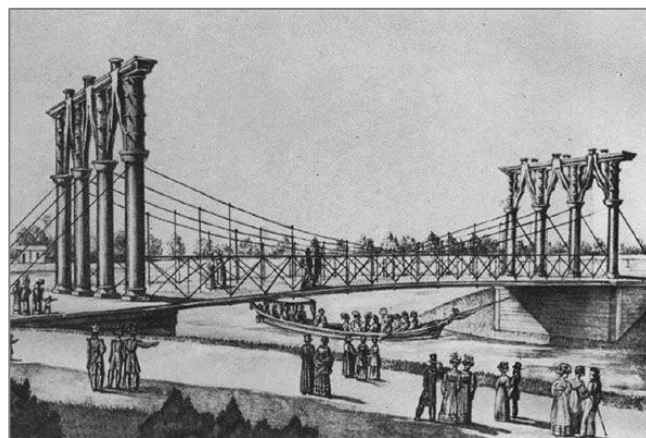


Рис. 5. Висячий мост в Екатерингофском парке⁵
Fig. 5. Suspension bridge in Yekateringofsky park

АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ МОСТОВ

Выбор метода реконструкции каменных мостов осуществляется, исходя из комплексного подхода к устранению существующих дефектов и повреждений. Он должен предусматривать детальный расчет конструкций на перспективу, учитывать технологии и последовательности работ, многофункциональное использование материалов и конструкций, необходимость восстановления и сохранения элементов.

Различают следующие виды реконструкции:

1. Уширение пролетных строений (существующие конструкции имеют достаточную несущую способность и увеличение их количества не приводит к снижению их грузоподъемности).

2. Уширение пролетных строений с усилением (несущие элементы существующего моста имеют недостаточную грузоподъемность и уширение таких мостов необходимо производить с одновременным усилением старых конструкций).

3. Усиление элементов моста без уширения проезжей части в связи с потерей ими несущей способности вследствие физического износа, необходимостью пропуска более тяжелых нагрузок или укладки дополнительных инженерных коммуникаций.

4. Полная замена существующих пролетных строений моста на новые.

5. Полная перестройка моста:

– для увеличения отверстия моста (увеличивается количество пролетов или длины пролетов);

– для увеличения высоты подмостового габарита (наращиваются существующие опоры).

Если мост мемориальный, главным условием является сохранение внешнего вида, архитектурных форм моста старинной постройки.

Например, в Ленинграде в 1981 г. выполнена реконструкция Лаврского моста №2 через р. Монастырку с сохранением архитектуры заменяемого. Материалом здесь послужила клееная древесина. Там же реконструирован Почтамтский мост через р. Мойку с сохранением цепей.

Способы усиления пролетных строений каменных мостов весьма ограничены. В большинстве случаев усиления достигают разгрузкой сводов, а иногда устройством дополнительных сводов.

Для разгрузки сводов удаляют надсводные заполнения и укладывают железобетонную плиту, снимающую нагрузку со всего свода или части его. При удалении надсводного строения со всего пролета достигается полная разгрузка свода (исключая работу от собственного веса). В тех же случаях, когда надсводное строение убирают лишь на части длины пролета и плиту опирают на концевые его участки, имеет место частичная разгрузка свода.

⁴ Зеленый мост в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – URL: <https://autogear.ru/article/392/723/zeleniy-most-v-sankt-peterburge/> (дата обращения: 11.09.2021)

⁵ Екатерингофский парк в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – URL: <https://peterburg.center/maps/ekateringofskiy-park-v-sankt-peterburge.html> (дата обращения: 11.09.2021)

Во избежание существенного изменения отметки проезда на мосту конструкцию перекрытия свода делают с минимальной строительной высотой, применяя предварительно напряженный железобетон или армирование жесткой арматурой. В некоторых случаях, например, когда каменный мост расположен в пределах или вблизи населенного пункта, по архитектурным соображениям щековые стенки надсводного строения сохраняют.

Дополнительные своды делают из бетона или железобетона и размещают над существующими сводами или под ними, а также в виде арок, примыкающих к старому своду с обеих сторон.

Сооружение свода над существующим, проще в производстве работ и позволяет полностью разгрузить старый свод. Однако при этом способе усиления на время работ требуется закрывать движение, что осложняет условия производства работ.

Для устранения высолов с облицовки проводится очистка гранита и покрытие его гидрофобизатором, также использование низкощелочных цементов, введение минеральных и гидрофобизирующих добавок в состав бетона. Методами усиления бутовой кладки являются инъектирование, торкретирование, замена бутовой кладки бетоном.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОЛОДАРСКОГО МОСТА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ЧЕРЕЗ РЕКУ НЕВУ

Володарский мост был построен в 1932-1936 годах (рис.6) по проекту инженеров Г. П. Передерия и В.И. Крыжановского. Мост находится в юго-восточной части города на широтной магистрали, которая выходит на Мурманское шоссе. Это первый мост через Неву, сделанный из железобетона.

К середине 1980-х годов мост перестал удовлетворять требованиям безопасности, электромеханический привод разводного моста устарел, мост пришел в предаварийное состояние.

В 1988 году началась реконструкция Володарского моста, в ходе которой разводный пролетное строение было заменено на однокрылое металлическое раскрывающейся системы, подъем разводного пролета стал осуществляться гидравлической системой (рис.7).



Рис. 6. Володарский мост, 1940-е⁶
Fig. 6. Volodarsky bridge, 1940s



Рис. 7. Володарский мост после реконструкции в 1988 г.⁷
Fig. 7. Volodarsky bridge after reconstruction in 1988

РЕКОНСТРУКЦИЯ БОЛЬШЕОХТИНСКОГО МОСТА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ЧЕРЕЗ НЕВУ

Большеохтинский мост (первоначальное наименование «Мост Императора Петра Великого») построен в 1909-1913 годах по проекту профессора Г.Г. Кривошеина и архитектора В.П. Апышкова.

Первоначально мост был трёхпролётным, с центральным разводным пролётом раскрывающейся системы (рис.8). Боковые пролеты перекрыты металлическими пролетными строениями комбинированной системы типа арки с затяжкой пролетом 134,3 м. Все металлоконструкции моста клепаные, дорожное покрытие разводного пролета деревянное.

В 1990 г. кафедрой мостов Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта было проведено полное обследование конструкций и механизмов моста (рис.9). В результате обследования выяснилось, что механизмы разводных пролетных строений имеют большую степень износа, конструкции разводных пролетных строений сильно устарели, конструкции проезжей части стационарных пролетов находятся в неудовлетворительном состоянии.

⁶ Реконструкция Володарского моста через реку Неву в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – URL: https://www.transmost.ru/projects/mostovye_sooruzheniya/mosty_razv/volodarskiy_rekonstr/ (дата обращения: 11.09.2021)

⁷ Старый Володарский мост (65 фото) [Электронный ресурс]. – URL: <https://funart.pro/26888-staryj-volodarskiy-most-65-foto.html> (дата обращения: 11.09.2021)

В 1993 году началась реконструкция Большеохтинского моста, в результате мостовое полотно проезжей части на стационарных пролётных строениях выполнили с применением ортотропной плиты, поврежденные коррозией элементы частично были демонтированы и заменены новыми, частично усилены, дефектные заклепки были заменены на высокопрочные болты, электромеханический привод заменен на электрогидравлический. Исторический вид моста не изменился.

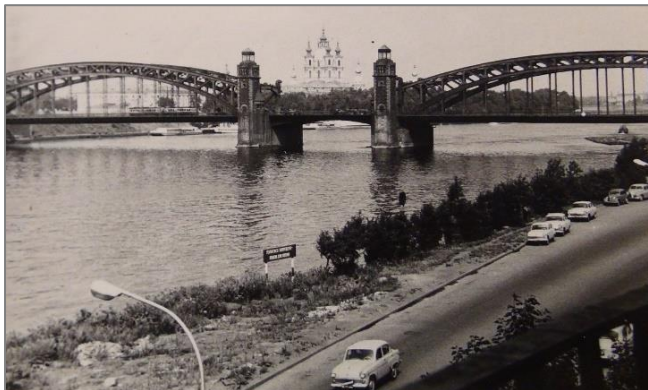


Рис. 8. Большеохтинский мост, фото 50-х годов⁸
Fig. 8. Bolsheokhtinsky bridge, photo of the 50s



Рис. 9. Большеохтинский мост после ремонта⁹
Fig. 9. Bolsheokhtinsky bridge after repair

МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ

Прежде чем перейти к рассмотрению современных проектов мостов Санкт-Петербурга, важно изучить опыт зарубежных проектировщиков и строителей. Рассмотрим несколько выдающихся примеров.

The Helix Bridge (рис.10) - самый длинный пешеходный мост в Сингапуре. Его длина составляет 280 метров. Отличительная особенность дизайна моста — структура с двойной спиралью, смоделированная по структуре ДНК. По задумке архитекторов, это должно символизировать «жизнь и непрерывность, обновление и рост». Мост изготовлен из специальной дуплексной нержавеющей стали, которая сделала конструкцию невероятно прочной. В результате мост способен выдержать до 16 000 человек.



Рис. 10. Хеликс Бридж (The Helix Bridge),
Марина-Бэй, Сингапур¹⁰
Fig. 10. The Helix Bridge, Marina Bay, Singapore



Рис. 11. Васко да Гама (Vasco da Gama Bridge),
Лиссабон, Португалия¹¹
Fig. 11. Vasco da Gama Bridge, Lisbon, Portugal

⁸ Каким был Ленинград в 1968 году? [Электронный ресурс]. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/andreyvasiliskov/kakim-by-leningrad-v-1968-godu-izuchaem-starye-fotografii-i-vspominaem-te-gody-6104f7f175ac2b0843c79355> (дата обращения: 11.09.2021)

⁹ Большеохтинский мост Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marketprofil.ru/information/articles/bolsheokhtinskij-most-sankt-peterburga/> (дата обращения: 11.09.2021)

¹⁰ Наведем мосты: 10 чудес современной архитектуры [Электронный ресурс]. – URL: <https://robb.report/stil-zhizni/22952-navedem-mosty-top-10-chudes-sovremennoy-arhitektury/> (дата обращения: 11.09.2021)

¹¹ Disfruta de los puentes sin salir de casa [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pisamundopirineos.com/articulo/9205/disfruta-de-los-puentes-sin-salir-de-casa> (дата обращения: 11.09.2021)

Vasco da Gama Bridge (рис.11) - самый длинный мост в Европе. Его протяженность составляет 17 километров. В пасмурные дни невозможно увидеть другую сторону моста. К тому же мост очень прочный. Он может выдержать скорость ветра, достигающую 250 км/ч, и пережить землетрясение, мощность которого в пять раз превышает мощь землетрясения, разрушившего Лиссабон в 1755 году. Мост был открыт во время проведения Всемирной выставки в Лиссабоне в 1998, был построен в невероятный короткий срок - всего за 18 месяцев и стал крупнейшим строительным проектом в Португалии в XXI веке.

Seri Wawasan (рис.12) построенный в 2010 году, представляет собой вантовый мост в Путраджайе, новом административном центре Малайзии. Этот футуристический асимметричный мост с наклонным вперед пилоном имеет внешний вид парусного судна. Особенно хорош он ночью в свете переменных разноцветных огней декоративной подсветки.



Рис. 12. Seri Wawasan Bridge, Путраджая, Малайзия¹²
Fig. 12. Seri Wawasan Bridge, Putrajaya, Malaysia

МОСТЫ ПЕТЕРБУРГА, ПОСТРОЕННЫЕ В XXI ВЕКЕ

Яхтенный мост (рис.13) соединяет приморский район с Крестовским островом. Данный мост – это самая длинная и высокая пешеходная переправа в Санкт-Петербурге. Он включает в себя: отдельный тротуар для горожан, велодорожку, две смотровые площадки, виды на залив и все главные архитектурные символы Петербурга нового времени (гигантский стадион, «Лахта- центр», ЗСД).



Рис. 13. Яхтенный мост¹³
Fig. 13. Yacht bridge



Рис. 14. Мост Бетанкура¹⁴
Fig. 14. Betancourt bridge

¹² 17 самых красивых мостов в мире [Электронный ресурс]. – URL: <https://34travel.me/post/17-samykh-krasivykh-mostov-v-mire> (дата обращения: 11.09.2021)

¹³ Яхтенный мост [Электронный ресурс]. – URL: <https://peterburg.guide/mosty/jahtennyj/> (дата обращения: 11.09.2021)

¹⁴ Мост Бетанкура в г.Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – URL: https://mostmecnica.com/service/projects_97.html (дата обращения: 11.07.2021)

Последние десятилетия особо популярно использование вантов и возведение «воздушных» конструкций, которое придаёт городу динамичности, не вступая в конфликт с историческими постройками.

Мост Бетанкура (рис.14) - единственный неразводной мост, соединяющий Васильевский остров с остальной частью города. Мост открыт круглосуточно и круглогодично. Для туристов с него открываются прекрасные виды на Финский залив и островные районы Санкт-Петербурга.

Лазаревский мост (рис.15) является уникальным в своем роде, потому что он строился специально для трамвайного движения, но в 2007 году мост сделали неразводным и пустили четырехполосное автомобильное движение. Характерная особенность устройства моста – необычная форма, выполненная в виде трехмерной модели без единого прямого угла. Каждый гость северной столицы, может прикоснуться к истории и увидеть чудо инженерной мысли, посетив этот невероятный мост и прилегающую к нему набережную.



Рис. 15. Лазаревский мост¹⁵
Fig. 15. Lazarevsky bridge



Рис. 16. Большой Обуховский мост¹⁶
Fig. 16. Big Obukhovskiy bridge

Большой Обуховский мост (рис.16) расположен на границе Невского района и Всеволожского района, через Неву. Он единственный мост Питера, который не разводится для проезда судов. Это был первый мост в России с подобными характеристиками длины, построенный по вантовой технологии. Прогуляться по Большому Обуховскому мосту не получится, он предназначен только для транспорта.

Сравнительная характеристика мостов приведена в табл.2. Каждый из них выполняет различные функции и имеет совершенно разные конструкции, хоть и основываются на одной технологии.

Таблица 2. Основные характеристики вантовых мостов Санкт-Петербурга
 Table 2. Main characteristics of cable-stayed bridges in St. Petersburg

Название моста	Яхтенный	Бетанкура	Лазаревский	Большой Обуховский
Тип конструкции	Сталежелезобетонный балочно-неразрезной системы	Сталежелезобетонный, вантовый	Вантовый, стальной	Сталежелезобетонный, вантовый
Пролеты	11 (39+42+42+45+57+69+57+39+33+33+33)	Однопролетный	Однопролетный	7, все опираются на берег
Пересекает	Большая Невка	Малая Невка	Малая Невка	Нева
Дата открытия	27 мая 2017	1 мая 2018	23 мая 2009 года	19 октября 2007
Общая длина, м	940 (490)	1228 (923)	173	2570
Ширина, м	17	38	22,5	50
Кол-во полос	Пешеходный	6	4	8
Высота над водой, м	16	16	13	30

¹⁵ Лазаревский мост [Электронный ресурс]. – URL: <https://a-a-ah.ru/lazarevskiy-most> (дата обращения: 11.09.2021)

¹⁶ Большой Обуховский мост [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.art-spb.ru/goods/16041> (дата обращения: 11.09.2021)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История мостостроения в Санкт-Петербурге даёт понимание особенностей расположения и проектирования мостов в историческом контексте. Рассмотренные конструкции и технологии, использованные при проектировании и возведении пешеходных и автомобильных мостов в Сингапуре, Португалии и Малайзии, позволяют понять общемировые тенденции в мостостроении.

И современные, и «исторические» мосты играют огромную роль в жизни города, а в случае Петербурга еще и являются символом города. Возведение новых и реконструкция изношенных мостов, определенно, будет актуально во все времена, а специалисты, способные на их проектирование и возведение, будут востребованы на рынке труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пискун А.С., Ганец Г.В., Аверченко Г.А. Методы натурного обследования железобетонного моста на примере моста через реку Косопаха // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 7. С. 957-967. DOI: DOI:10.22227/1997-0935.2020.7.957-967
2. Белов Д.В., Югов А.М. Предложения по реконструкции автомобильного моста со стальными пролетными конструкциями // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2019. № 6 (140). С. 24-29.
3. Карахьян В.Б., Поленица А.В. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций мостов, подверженных хлоридной коррозии // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2020. № 2 (41). С. 61-65.
4. Тарасеева Н.И., Грачёва Ю.В., Крылов А.С. Дефекты и повреждения опор и ригеля железобетонного моста: причины возникновения, способы устранения // Моделирование и механика конструкций. 2021. № 13. С. 169-177.
5. Усатов Г.Д., Новакович В.И. Основные способы продления срока эксплуатации металлических мостов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2019. № 2. С. 93-96.
6. Жосан А., Папин В. Проблемы современного мостостроения // Инженерные исследования. 2021. № 1 (1). С. 20-25.
7. Алексеев С.В., Трепалин В.А., Шевченко С.М., Трифонова А.А. Современные методы совершенствования конструкций деформационных швов автодорожных мостов // Путевой навигатор. 2020. № 43 (69). С. 3.
8. Чунеева К.А., Избасарова А.А. Гидротехнические сооружения Санкт-Петербурга: история и современность // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 16-23.
9. Бологов И., Гамаюнова О. Прорывные технологии в строительстве мостов // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2021. № 10. С. 50-57.
10. Углов А.К., Касаткин М.С. Конструктивные решения мостовых сооружений // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 31-38.
11. Руссу М.В., Портных М.Д., Гамаюнова О.С. Исторический аспект строительства мостов Санкт-Петербурга // Творчество и современность. 2020. № 1 (12). С. 44-53.

ОБ АВТОРАХ

Анна Сергеевна Жагат – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: zhagat.as@edu.spbstu.ru

Карина Руслановна Якупова – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: yakupova2.kr@edu.spbstu.ru

Алексей Станиславович Осипкин – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: osipkin.as@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Anna S. Zhagat – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: zhagat.as@edu.spbstu.ru

Karina R. Yakupova – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: yakupova2.kr@edu.spbstu.ru

Alexey S. Osipkin – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: osipkin.as@edu.spbstu.ru