

УДК: 624.21; 624.824

## АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДВОРЦОВОГО МОСТА

Тарасенко М.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>СПбГАСУ - Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: [79190462440@yandex.ru](mailto:79190462440@yandex.ru)

**Дворцовый мост, расположенный в Санкт-Петербурге, является не только его неотъемлемым символом, но и одним из сложнейших по конструкции инженерным сооружением как в России, так и в мире. В статье рассмотрены основные конструктивные свойства пролетных строений, опор, разводного механизма моста, а также архитектурные особенности и предпосылки, повлиявшие на облик сооружения. Особое внимание в работе уделено устройству разводного пролета и системе, отвечающей за его исправную разводку около трёхсот раз в год.**

Ключевые слова: Дворцовый мост, Санкт-Петербург, мостостроение, пролетное строение, разводной пролет, разводной мост, раскрывающийся мост, противовес, конструкция, строительство, архитектура.

## ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL FEATURES OF THE PALACE BRIDGE

Tarasenko M.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SPbGASU – Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, Saint-Petersberg, e-mail: [79190462440@yandex.ru](mailto:79190462440@yandex.ru)

**The Palace Bridge, located in St. Petersburg, is not only its integral symbol, but also one of the most complex engineering structures in construction both in Russia and in the world. The article considers the main structural properties of superstructures, supports, and the drawbridge mechanism and architectural peculiarities and prerequisites that influenced the appearance or the structure. Special attention in the work was paid to the device of the movable span and the system responsible for its serviceable opening about three hundred times a year.**

Keywords: Palace bridge, St. Petersburg, bridge construction, span, movable span, drawbridge, swing bridge, counterweight, structural system, construction, architecture.

Санкт-Петербург – город на Неве с удивительной архитектурой, который никого не может оставить равнодушным. Город славится изобилием мостов – на сегодняшний день в историческом центре их насчитывается более 340. Но особым величием выделяется Дворцовый мост, названный так по примыкающей к нему Дворцовой набережной и расположенному рядом Зимнему дворцу. Уникальные архитектурные и конструктивные решения, разработанные при проектировании и строительстве моста, рассмотрены в данной статье.

### Материалы и методы.

Основным методом, использованным для данной работы, является описательный метод. Также применены методы анализа информации, доступной для изучения предмета исследования – Дворцового моста.

## Основная часть.

Дворцовый мост должен был пересечь Большую Неву в самом сердце города и соединить Адмиралтейский и Васильевский острова. Расположение сооружения посреди главных архитектурных ансамблей города, таких как Зимний дворец, стрелка Васильевского острова, Адмиралтейство, Петропавловская крепость, а также требования судоходства и сложные гидрологические и геологические условия строительства накладывали огромную ответственность на архитекторов, проектировщиков и органы городского управления Петербурга.

Для поиска наиболее благоприятного как в эстетическом, так и в эксплуатационном плане решения было проведено 3 международных конкурса на проект Дворцового моста с 1901 по 1908 год и рассмотрено более 50 проектов как иностранных, так и отечественных фирм. Конкурсная комиссия судей-экспертов состояла из ведущих инженеров-мостовиков: Н.А. Белелюбского, С.К. Куницкого, Г.Н. Соловьева, Н.Н. Митинского, В.Е. Тимонова. Профессор архитектуры А.Н. Померанцев представлял Академию художеств.

Этап конкурсного проектирования оказался столь продолжительным по многим причинам, но позволил к 1908 году составить главные требования к будущей конструкции: размещение разводного пролета обязательно в средней части реки, а ширина его не менее 42,67 м, а также конструкция должна быть с ездой по верху, что существенно ограничивало выбор конструктивной схемы.

Наконец, в 1911 году был заключен контракт на строительство с «Обществом Коломенских заводов», представившем проект, составленный известным в Петербурге инженером Андреем Пшеницким. Архитектором выступал Роберт-Фридрих Мельцер. Условием контракта было использование только отечественных материалов и привлечение только российских специалистов и рабочих.

Архитектором было предложено пышное и помпезное оформление моста четырьмя массивными фонарями-маяками, украшенными скульптурой, картушами, императорскими орлами, а также восемь фонарей с декором из кованого железа. Несмотря на то, что проект получил «высочайшее утверждение», то есть был одобрен царем, экспертная комиссия единогласно выступала против него. Специалисты понимали, что огромные фонари станут чужеродными в панораме Невы и нарушат «...спокойно-величественный вид гранитных набережных в связи с окружающей архитектурную обстановкою», – высказывал свое опасение архитектор А.Э. Жибер. Окончательный вариант художественного оформления моста заключался в установке на опорах разводного пролёта четырех фонарей увеличенного размера, но не таких грандиозных как прежде, и восьми фонарей обычного типа (Рис.1).



Рис. 1. Проект Дворцового моста 1911 года

Строительство началось в 1912 году и должно было закончиться в 1913 году, но помешало наводнение 1914 года и Первая Мировая война. Эти события отодвинули открытие нового моста через Неву на конец 1916 года и не дали идее Мельцера воплотиться – монументальные фонари не были установлены, перила были временные – деревянные, и даже гранитные фасады опор не были достроены.

По проекту А. Пшеницкого, Дворцовый мост – металлический, пятипролетный, средний из которых – разводной, а остальные – двухпролётные металлические клепаные сквозные фермы балочно-неразрезной системы, с криволинейными поясами. Масса металлических конструкций 4868 т. Длина моста по разным данным варьируется от 250 до 267,5 м, ширина между перильными ограждениями – 27,7 м. На мосту 6 полос движения с шириной проезжей части 22 м, по 3 в каждом направлении, а также 2 тротуара по 2,85 м.

Стационарные пролеты в поперечном сечении состоят из восьми главных ферм раскосной системы с криволинейным нижним поясом. В сечении пояса имеют коробчатую форму, а раскосы и стойки – форму двутавра. Расстояние между осями ферм 3,60 м. Все фермы попарно объединены поперечными балками и ветровыми связями. Проезжая часть представляет собой слой бетона и покрытие дорожной одежды, уложенные поверх металлического настила (лотковое железо), который прикреплен к верхним поясам ферм и поперечным балкам. Первое асфальтобетонное покрытие на постоянных пролетах появилось в 1939 году, заменив деревянный дощатый настил.

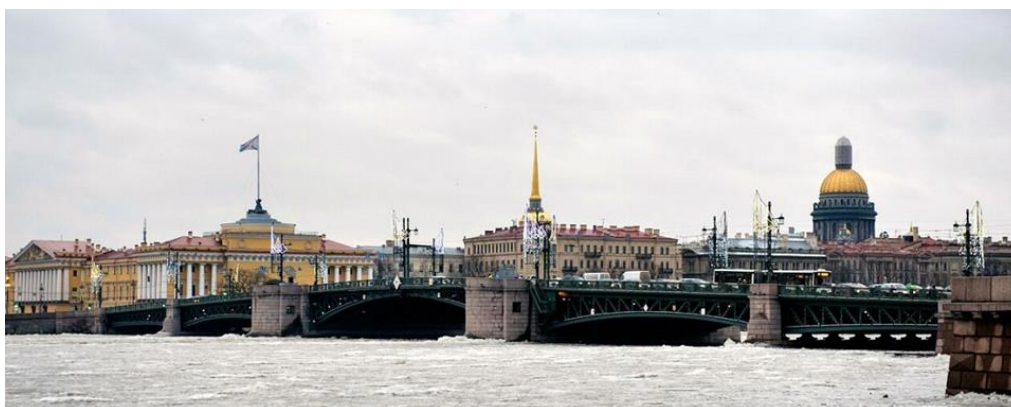


Рис. 2. Дворцовый мост в зимнее время года

Преимуществом использования балочно-неразрезной системы на Дворцовом мосту перед балочно-разрезной и арочной является перекрытие одной «балкой» сразу двух достаточно больших пролетов – 38,63 м и 47,12 м. Такое решение увеличивает жесткость конструкции, снижает усилия, и что самое главное – уменьшает материалоемкость опор и поперечное сечение самого пролета. Все это позволило придать мосту плавное очертание, он как бы «стелется» над водой. А постепенное увеличение ширины пролетов от берегов к середине реки одновременно с их возвышением над водой задаёт неповторимый ритм всей конструкции (Рис. 2).

Разводной пролёт моста – двукрылый, раскрывающейся системы. К разводным мостам раскрывающегося типа относятся такие, пролетное строение которых может вращаться вокруг неподвижной горизонтальной оси. Например, «соседи» Дворцового моста – Благовещенский и Троицкий мосты – представители такого же типа. Дворцовый — один из самых значительных мостов в мире по размерам отверстия разводного пролета – 56,5 м (по другим данным 57 м[2], 56,6 м[4]) и сложности разводных механизмов. Уравновешивание пролетного строения осуществляется с помощью шарнирно прикрепленных противовесов. Дорожное покрытие устроено с использованием ортотропной плиты и тонкослойного эпосланбетона.



Рис. 3. Разводной пролет Дворцового моста

Число ферм каждого крыла и расстояние между их осями такое же, как на постоянных пролетах. Нижние пояса крыльев также имеют криволинейные очертания и образуют в закрытом виде отчетливый арочный силуэт (Рис. 3). Неспроста выбрано такое архитектурное решение. Снова обратив внимание на ближайшие к Дворцовому мостам – Троицкому и Благовещенскому, можем заметить их единство в данном элементе конструкции. Такая композиция объединяет эти невские переправы в один ансамбль. Стремление к единообразию, эстетической завершенности архитектурного облика Петербурга было и является основой инженеров и зодчих этого города.

Схема главных ферм разводного пролёта показана на рис. 4. В наведенном состоянии пролетное строение образует статически определимую систему – трехшарнирную арку. Элементы ферм имеют коробчатое и Н-образное сечение. В средней части фермы со сплошной стенкой, на остальном протяжении – сквозные. Длина крыла (от оси вращения до среднего шарнира) – 31,78 м. Длина хвостовой части – 6,4 м. Масса крыла – 700 т. Проезжая часть в пределах крыла состоит их продольных и поперечных балок. Стык подвижной и неподвижной частей полотна находится на конце ферм.

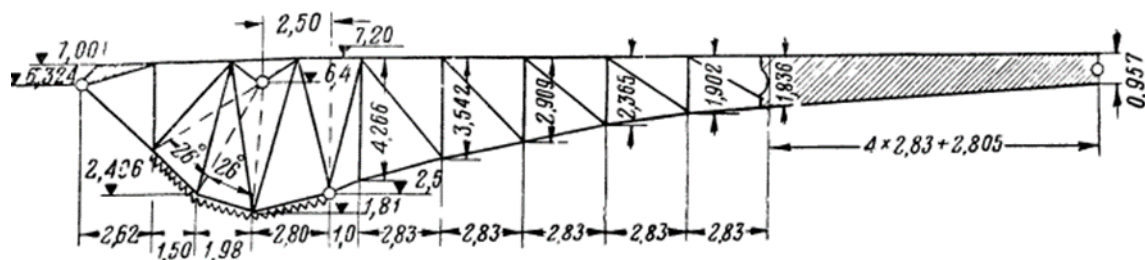


Рис. 4. Схема главных ферм крыла разводного пролёта

К нижней части каждого крыла разводного пролёта шарнирно подвешены противовесы. Каждый из них прикреплен к двум фермам и в поперечном сечении имеет Т-образную форму. Во время разводки моста противовесы опускаются в отдельные колодцы глубиной до 6,0 м ниже среднего уровня воды в Неве, расположенные в опорах. Масса каждого противовеса – 1400 т.

Промежуточные опоры и левобережный устой сооружены на кессонных фундаментах глубиной около 24 м от ординара, заполненных бетоном. Выше обреза кессонов тело опоры состоит из бетонной и железобетонной кладки и облицовано гранитом. Устой на правом берегу стоит на деревянном свайном основании. Над обрезом ростверка тело опоры составлено из бутовой кладки также с гранитной облицовкой чистой тёски.

Покрытие тротуаров – мелкозернистый бетон, ограждение тротуара бордюрного типа из гранита. На всем протяжении моста установлено чугунное перильное ограждение художественного литья, состоящее из 156 секций, вес каждой – 280 кг. Металлические перила появились на мосту только при советской власти – в 1939 году, что объясняет нехарактерные для времени постройки моста звезды и знамена, изображенные на ограждении. Для освещения и контактной сети на мосту установлено 16 опор с архитектурным декором и 4 опоры контактной сети на разводном пролёте.

Почти 100 лет мост разводился с помощью электромеханического привода. Разводной механизм напоминал устройство огромных часов и состоял из электродвигателей, зубчатых реек, приводных валов и цельнолитых шестерней, для смазки которых в каждой опоре были оборудованы более 1000 масляных каналов. Электродвигатели были уникальными

– постоянного тока, напряжением 440 В, работа которых обеспечивалась генераторами – источниками постоянного тока.

В начале XXI века во время обследования, проведенного ГУП «Мостотрест», были выявлены значительные дефекты в конструкциях разводного пролёта и разводных механизмах моста. Поэтому во время капитального ремонта 2012 – 2013 годов электромеханических привод был заменен современным немецким гидравлическим оборудованием. При этом движение по мосту было лишь частично ограничено – учитывалась важность сохранения данной транспортной связи. При реконструкции были применены специальные болты с круглой головкой, имитирующей форму старинных заклепок. Таким решением сохранило облик моста начала XX века.

Дворцовый мост одним из последних в Санкт-Петербурге перешёл на гидравлическую систему. На данный момент только на Биржевом мосту сохранился электромеханический привод.

Процесс раскрытия разводной части моста состоит из нескольких последовательных операций. В первую очередь, мост нужно «расклинить» – приподнять противовесы в сторону берегов. Ранее эта и последующие операции производились посредством электродвигателей, сейчас – с помощью поршней (по 8 на каждое крыло), работающих от масляных насосов.

Вследствие поднятия хвостовой части стойки подклинки разгружаются и выводятся из противовеса, который теперь может свободно опускаться в те самые колодцы опор. В этот момент точка приложения равнодействующей всех сил совпадает с осью вращения (нагрузка переносится на хвостовую часть) и выполняется условие уравнивания крыла. Стоит напомнить, что масса крыла – 700 т, а противовеса – 1400 т. Может показаться, что противовес спокойно перевесит крыло и поднимет его без дополнительных механизмов. Но, учитывая моменты действия сил (плечо хвостовой части почти в 5 раз меньше длины крыла), получается, что перевешивает и стремится опрокинуться как раз крыло. Противовес нужен лишь для того, чтобы создать разницу моментов, которую останется преодолеть механизму подъема крыльев.

Далее происходит расцепление ключевого шарнира – разъединение крыльев. Осуществляется это благодаря замковому шарниру, идея которого – контакт вращающейся полуцилиндрической части одного крыла с опорной отливкой другого крыла по трём плоскостям, две из которых составляют с третьей угол в 30°. Достоинством такого типа среднего шарнира состоит в том, что при наведении моста не требуется никаких дополнительных механизмов.

Последняя стадия разводки – непосредственно подъём крыльев. После поднятия каждое крыло подпирается подклинивающим механизмом. Максимально допустимый угол



поднятия – 69°, но обычно крылья поднимаются на 61°. В системе заложено, чтобы крылья шли абсолютно синхронно.

Закрывание моста происходит в следующей последовательности. Крылья пролёта вращаются вокруг оси вращения до своего нормального состояния, затем происходит упор в пятовых шарнирах. В средних шарнирах остается зазор. Противовесы подтягиваются, подпирающие стойки занимают наклонное положение. Далее противовесы опускаются, и стойки выпрямляются, тем самым принимают часть их веса. Равнодействующая постоянной нагрузки смещается на пролёт, заставляя крылья поворачиваться вокруг пятовых шарниров. Происходит разгрузка оси вращения, а в замковых шарнирах – нажатие. Система превращается в трёхшарнирную арку. Обеспечение правильного замыкания ключевого шарнира выполняется улавливающим устройством в виде выступающего вперед языка (крюка).

Весь цикл разводки занимает около 5 минут, столько же длится закрытие пролёта, но видимая часть этого процесса длится порядка 3 минут.

На разводке работает бригада из 6 человек. В одной из опор среднего пролета находится современная пультовая – комната, оснащенная необходимым оборудованием и приборами, позволяющими непрерывно следить за состоянием моста (Рис. 5). Отсюда же осуществляется разводка и наводка пролета. Вся необходимая информация выводится на сенсорный экран. Для обеспечения стопроцентной работы привода на Дворцовом мосту применяется резервирование – два независимых контура силовой гидравлики и управления. Разводку моста можно выполнить при любых обстоятельствах.

В противоположной опоре (относительно пролетного строения) находится машинное отделение с масляными насосами, моторами, системой вентиляции и т.д. Оборудование здесь также делится на рабочее и резервное.

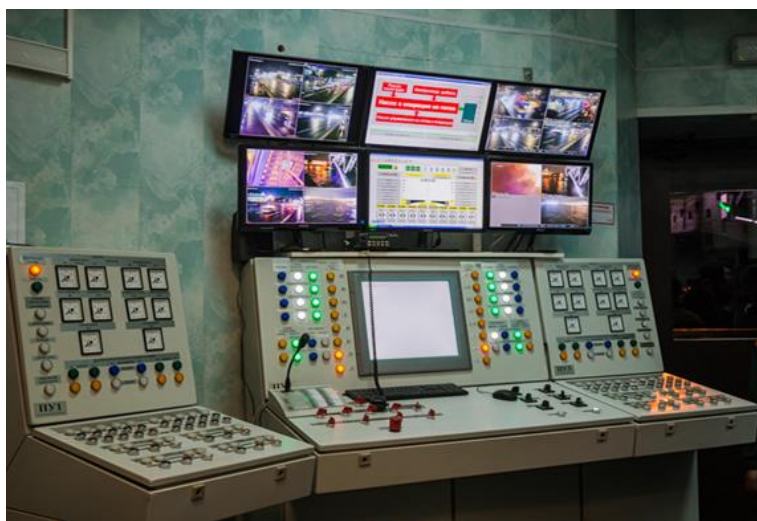


Рис. 5. Пультовая, расположенная в одной из опор моста

## **Результаты.**

В статье приведены и рассмотрены основные свойства Дворцового моста как с конструктивной, так и с архитектурной точки зрения. Проанализирован принцип работы разводного механизма моста, его конструкция, а также исторические факторы, повлиявшие на проект данного сооружения.

## **Заключение или выводы.**

В проекте Дворцового моста впервые в мировой практике было удачно запроектировано образование фермами раскрывающегося моста трёхшарнирной арки под действием временной нагрузки. Попытки строительства мостов подобного рода предпринимались в то время и за границей, но они не давали чистой трёхшарнирной арки. Под нагрузкой фермы этих мостов в закрытом состоянии обладали неопределенностью работы. Основной причиной этому было отсутствие разгрузки оси вращения.

Необходимо отметить, что и механизм подклинки противовесов на Дворцовом мосту является уникальным для разводных мостов в Санкт-Петербурге.

Несмотря на сложные социально-экономические условия в Российской империи в начале XX века, нашим русским архитектору, инженеру и рабочим удалось создать исключительное сооружение, ставшее визитной карточкой города. Следует подчеркнуть, что при возведении Дворцового моста применялись только российские материалы и технологии, что как никогда актуально для нашей страны в настоящее время.

## **Список литературы:**

1. Бунин, М.С. Мосты Ленинграда: Очерки истории и архитектуры мостов Петербурга-Петрограда-Ленинграда / М. С. Бунин. - Ленинград: Стройиздат: Ленингр. отд-ние, 1986. – 280 с.
2. Евграфов, Г. К. Разводные мосты [Текст]: [Учеб.пособие для ин-тов. ж.-д. транспорта] / проф. Г. К. Евграфов, д-р техн. наук. – Москва: изд-во и 1-я тип. Трансжелдориздата, 1950. – 404 с.
3. Пунин, А. Л. Архитектура отечественных мостов / А. Л. Пунин. – Ленинград: Стройиздат : Ленингр. отд-ние, 1982. – 152 с.
4. 100 фактов о Дворцовом мосте: [сайт]. – URL: <https://mostotrest-spb.ru/palace-bridge-facts> – Текст: электронный (дата обращения: 08.02.2023).
5. Дворцовый мост: [сайт]. – URL: <https://mostotrest-spb.ru/bridges/dvorczovyj> – Текст: электронный (дата обращения: 08.02.2023)