

УДК: 624.21/.8

## АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПИЛОНОВ ВАНТОВЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Харитонов М.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>СПбГАСУ-Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: kharitonov.mikhail111@mail.ru

Идея строительства вантовых мостов появилась в XVIII вследствие развития металлургической промышленности, начиная уже с 1960-х годов мостовые конструкции вантового типа стали применяться всё чаще. В целом конструктивные и архитектурные решения первых вантовых мостов были далеки от современных. Доминирующей в экспозиции вантового моста являются его пилоны, которые возвышаются над пролётным строением моста. Вантовые мосты имеют особенность, что за счёт формы своих пилонов и наличия вантовой системы получают уникальные, архитектурно-эстетичные сооружения, отличающиеся от мостовых сооружений других конструктивных схем. Эволюция пилонов вантовых мостовых сооружений начиналась от одностоечных пилонов и дошла до пилонов сложной пространственной формы. За всё время проектирования вантовых мостов появилось множество самых разнообразных форм и решений строительства пилонов и от этого пространственной организацией вант. Исследование опыта проектирования и строительства таких мостовых сооружений позволило выделить основные применяемые архитектурно-конструктивные решения пилонов. В статье рассмотрены основные типы железобетонных пилонов по форме, их архитектурные и конструктивные особенности. Рассмотрены основные направления проектирования пилонов в настоящее время.

Ключевые слова: архитектура мостовых сооружений, конструкции мостовых сооружений, вантовые мостовые сооружения, пилоны, формы и типы пилонов

## ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL SOLUTIONS OF PYLONS JF CABLE-STAYED BRIDGE STRUCTURES

Haritonov M.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SPbSUACE – Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, e-mail: kharitonov.mikhail111@mail.ru

The idea of building cable-stayed bridges appeared in the XVIII century due to the development of the metallurgical industry, since the 1960s cable-stayed bridge structures have been used more and more often. In general, the design and architectural solutions of the first cable-stayed bridges were far from modern. Dominating

in the exposition of the cable-stayed bridge are its pylons, which rise above the span of the bridge. Cable-stayed bridges have the peculiarity that due to the shape of their pylons and the presence of a cable-stayed system, unique, architectural and aesthetic structures are obtained that differ from bridge structures of other structural schemes. The evolution of pylons of cable-stayed bridge structures began from single-column pylons and reached pylons of complex spatial shape. For all the time of designing cable-stayed bridges, many different forms and solutions for the construction of pylons have appeared and from this the spatial organization of the shrouds. The study of the experience of designing and constructing such bridge structures made it possible to identify the main architectural and structural solutions of pylons used. The article discusses the main types of reinforced concrete pylons in shape, their architectural and design features. The main directions of pylon design at the present time are considered.

Keywords: bridge architecture, bridge structures, cable-stayed bridge structures, pylons, forms and types of pylons

Основными конструктивными элементами вантовых мостовых сооружений наряду с пролётным строением являются пилоны и ванты. Ванты прикрепляются к пилонам и пролётному строению. Пилоны принимают от системы вант в большей степени сжимающие усилия, через которые передается вертикальная нагрузка от собственного веса пролетного строения и подвижной нагрузки [1, 2].

Пилоны вантовых мостов преимущественно выполняются из железобетона и в редких случаях из стали. Пилоны первых вантовых мостов изготавливались из стали. Применение металлических пилонов сейчас оправдано в случае, когда грунты обладают слабой несущей способностью и не в состоянии принимать значительные нагрузки относительно более тяжелого альтернативного железобетонного варианта [1]. Расширение применения железобетона в строительстве, изучение его свойств и главные особенности – создание практически любой конструктивной формы и экономическая составляющая – способствовали появлению новых архитектурно-конструктивных решений железобетонных пилонов. С целью уменьшения веса и экономии бетона и арматуры при сохранении жесткости поперечное сечение элементов пилона делается пустотелым [1].

Основными применяемыми формами железобетонных пилонов являются – одностоечные пилоны, пилоны А-образной, Н-образной, П-образной, У-перевернутой и ромбовидной формы [3]. За последнее время стремительно растут темпы проектирования и строительства пилонов сложной пространственной формы и модифицированных основных форм.

В период начала строительства вантовых мостов в начале 1950-х годов было выявлено явное эстетическое преимущество самых элементарных по архитектуре одностоечных пилонов с одной плоскостью вант, проходящей по оси моста [6]. В отличие от пилонов других форм, при которых получается мнимое пересечение вант, при данном пилоне не создается нагромождение от таких пересечений, что даёт мосту особую визуальную лёгкость. Сам пилон не является громоздким, выглядит устремлённой вверх «стрелой» над пролётным строением.

В основании одностоечного пилона заметно конструктивное уширение вследствие того, что пилон испытывает изгибающие усилия по статической схеме (рис. 1). В пилонах сложных форм в зависимости от расчётов делается вывод о необходимости уширения к основанию. Образцом современного моста с использованием одностоечного пилона служит внеклассный мост Стоункаттерс в Гонконге, от двух пилонов которого суммарно исходят 8 плоскостей вант (рис. 2, а).

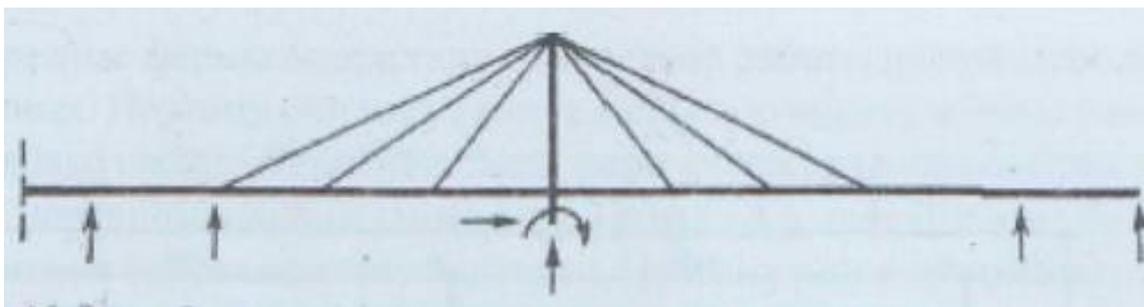


Рис. 1. Статическая схема вантового моста

Между собой пилоны Н-образной и П-образной формы схожи тем, что образованные плоскости вант в общем случае параллельны между собой, верхние части пилонов являются перпендикулярными к пролётному строению, либо разведены друг от друга вдоль оси моста [7]. Пролётное строение устраивается в Н-образном и П-образном пилоном на поперечной связи. Конструктивное отличие этих пилонов заключается в том, что у П-образного пилон существует дополнительная поперечная связь, соединяющая вершины пилонов. Примером моста с П-образным пилоном является мост Столетия (Puente del Centenario) в Испании [4], верхние части пилонов которого соединены железобетонной балкой переменного сечения (рис. 2, б). Н-образные пилоны также могут иметь дополнительную поперечную связь, но в свою очередь она не соединяет вершины пилонов. В Эресунном мосту (рис. 2, в) применен классический Н-образный пилон, на который опирается пролётное строение с организованным двухуровневым движением автомобильного и железнодорожного транспорта.



Рис. 2. Пилоны различных типов

Концепция пилон А-образной формы появилась вследствие наклонённых друг на друга одностоечных пилонов, соединённых в верхней части. При такой форме пилон получается геометрически неизменяемая конструкция, улучшающая пространственную работу моста [6]. Пилоны У-перевернутой и ромбовидной формы вытекают из А-образной формы. Вантовый мост Ваншу в Риге (рис. 3, а) имеет У-перевернутый пилон, который представляет собой соединение двух наклонённых частей пилон в точке, продлённой вверх по прямой линии. Пилоны ромбовидной формы принципиально отличаются от А-образных тем, что под пролётным строением стойки частей пилонов не продлеваются по прямой к поверхности земли, а переламываются под углом друг к другу, что создаёт форму ромба. Большой Обуховский мост (рис. 3, б) имеет ромбовидную форму, под пролётным строением продолжения стоек пересекаются в мнимой точке под поверхностью земли.

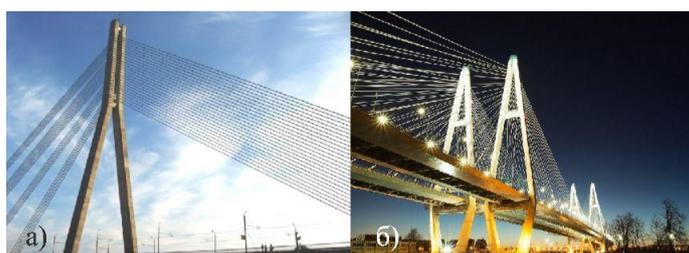


Рис. 3. Пилоны У-перевернутой и ромбовидной формы

Архитектурно-конструктивное проектирование современных вантовых мостов направлено на создание их неповторимого облика. В своей основе они представляют собой пилоны, линия крепления вант к которому является кривой линией, модификации основных форм пилонов и кардинально новые формы пилонов. В 2008 году было завершено строительство моста de l'Assut de l'Or архитектора Сантьяго Калатравы, в котором пилон является изогнутым и

наклонённым по оси моста [7]. Модифицированный вариант Н-образного пилона имеет Золотой мост во Владивостоке (рис. 4, а). Вершины пилонов разведены в поперечном направлении от оси моста, что является неповторимым в мире архитектурно-конструктивным решением для пилон такой формы. Построенный в 2016 году вантовый мост через Корабельный фарватер (рис. 4, б) – это уникальный случай в практике мостостроения, так как пилоны Н-образной формы наклонены друг на друга на  $12^\circ$  каждый вдоль оси моста, что отличается от общего случая сооружённых Н-образных пилонов. Проектирование одностоечных пилонов переходит от перпендикулярного положения к положению под углом относительно пролётного строения. Случаем с одностоечным наклонённым пилоном является мост Аламилльо (рис. 4, в). Пилон этого моста необычен в конструктивном и архитектурном решении за счёт большого угла наклона в  $58^\circ$  от земли [3, 4]. В 2008 году был построен мост Октавио Фриас де Оливейра (рис. 4, г) в Сан-Паулу. Уникальность моста заключается в том, что в нём был использован пилон редкой для мостостроения Х-образной формы с массивным основанием у земли. Мосты, в которых появляются новые формы, являются отражением развития архитектуры современной цивилизации.



Рис. 4. Архитектурно-конструктивные решения современных пилонов

#### Список литературы

1. Валиев, Ш.Н., Маунг Маунг Вин Аунг, Овчинников, И.И. Сравнительный анализ поведения железобетонных пилонов различной формы при статическом анализе вантовых мостов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2020 №1, <https://t-s.today/PDF/14SATS120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/14SATS120
2. Вантовый мост [Электронный ресурс]. URL: [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/1899039](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/1899039) (дата обращения: 23.11.2022)

3. Глухова, А.В., Харитонов, М.О. Концепции пространственной организации вантовых систем мостовых сооружений. / А.В. Глухова // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 92-15. – С. 7-9.
4. Ефимов, П. П. Архитектура мостов. М.: ФГУП «Информавтодор», 2003. 289 с.
5. Santiago Calatrava bridge [Электронный ресурс]. URL: <https://stroyone.com/bridge/santiago-calatrava-bridge.html> (дата обращения: 24.11.2022).
6. Сеськин И.Е., Иванов Б.Г. Архитектура транспортных сооружений: Учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта – Самара: Сам. ГАПС, 2004. – 244 с.
7. Стройпроект. Три десятилетия. 1990–2020. М.: Галерея печати, 2021. 248 с.