

Металлические мосты: три тысячи лет эволюции

Мост «Аркадики» в Греции - один из самых древних мостов мира, который до сих пор сохранился и используется. Построенный еще во времена бронзового века, он имеет примерный возраст в 3300 лет.



Думали ли строители, складывая «Аркадику» из известняковых валунов модной микенской кладкой «Циклоп», еще и без применения цемента, что по нему будут бодро шагать не только местные жители, но и толпы туристов по прошествии тысячелетий? Как далеко вперед смотрят современные мостостроители, возводя свои мосты? Из чего состоят

[металлические мосты](#)

, и какие строительные мостовые материалы используются?

Балочные мосты

Перед тем, как углубиться в данную тему, оговоримся, что, по большому счету, любой мост состоит из пролетных строений (кроме прочих функций, на них располагается дорога для автомобильного транспорта, ж/д пути для поездов, там может быть пешеходный переход или вообще трубопровод) и опор.

Конструкцию моста определяют именно пролеты – начиная от простейших балочных, арочных, ферменных, подвесных и рамных, заканчивая более сложными вантовыми (есть и другие, менее распространенные типы стальных мостов). Пролетные строения опираются на опоры, а уже те – на фундамент моста.

Кроме того, если вы собираетесь построить стальной мост, вам понадобятся базовые конструктивные элементы: балки, арки, фермы и подвесы. Различные комбинации этих четырех составляющих позволяют архитекторам и мостостроителям воплощать в жизнь даже самые причудливые дизайнерские решения.



Итак, повторимся – балочные мосты являются самым простым видом таких сооружений. Роль пролетных строений для таких мостов исполняют балки, перекрывающие расстояние между опорами.

С точки зрения законов физики, балочная система характеризуется отсутствием горизонтальной нагрузки с пролетов на опоры – нагрузка идет только по вертикали.

Элементарный, всем знакомый балочный мост – это деревянная доска, переброшенная через лужу, бревно или каменная плита, соединяющее берега ручья. В «серьезных» мостах балку изготавливают из

бетона или стали

. Как правило, бетон используется для коротких мостов в сельской местности. Вообще же, под термином «балка» сейчас обычно подразумевают именно стальную мостовую балку, т.е. чаще всего речь о металлических мостах балочных систем.

Балочные мосты – самые старые в мире, их история насчитывает тысячелетия, и, тем не менее, такие мосты используются и поныне. Конечно, века назад их дизайн был намного проще, чем сейчас. По мере развития технологий материалы и методы совершенствовались, следуя от обработки камня, через изобретение бетона к ковальному железу и, наконец, к стали, которая прочнее и служит дольше.

Протяженность балочного моста редко превышает 76 м (дело в физике и ограничениях, которые диктует сама конструкция). Тем не менее, есть и исключения.

Так, самый длинный в мире основной пролет знаменитого автодорожного балочного моста Рио-Нитерой составляет рекордные 300 м. Это сооружение еще называют мостом им. Президента Коста-и-Силвы. Он построен через залив Гуанабара и соединяет два бразильских муниципалитета - Рио-де-Жанейро и Нитерой. В строительстве моста принимали участие компании из разных стран мира. Так, к примеру, металлические элементы конструкций пролетов (в т.ч. и стальные мостовые балки) производились в Великобритании, и уже оттуда доставлялись морем на один из бразильских островов неподалеку от стройки, где собирались в несколько этапов. Мост строили 6 лет, и в 1974 г. Рио-Нитерой был открыт. Его называли в честь покойного президента страны, который инициировал проект, но, к сожалению, не дождался его реализации.



Еще один пример балочного моста – пешеходно-велосипедный мост через Владимирский спуск в г. Киеве, который проложен от памятника Владимиру Великому к Арке дружбы народов. Идея сооружения существовала десятилетия, но только в конце 2018 г. началась реализация амбициозного проекта, который был открыт для широкой публики уже в мае 2019 г., ко Дню Киева. Около 90% материалов этого преимущественно металлического моста произведено в Украине. В частности, сталь для мостовых конструкций (700 т. Стальных листов различной толщины, от 8 до 55 мм) выпустил украинский промышленный гигант «Азовсталь».



Коробчатые балочные мосты

В коробчатом балочном мосте балки представляют собой коробки, выполненные из бетона, стали и железобетона (в различных сочетаниях). Такой тип, как правило, используется при строительстве современных надземных конструкций для городского рельсового транспорта и эстакад.

Создание коробчатого балочного моста тесно связано с именем французского генерал-лейтенанта «Q» или Жиффар Мартеля (Giffard Le Quesne Martel), служившего во время Первой и Второй мировых войн, пионера военной инженерии и стратегии ведения танковой войны. В 1919 г. офицер был назначен руководителем экспериментального мостового комплекса в Крайстчерче, Хэмпшир, который исследовал возможности использования танков для инженерных целей. Мартель придумал соединить мост с танком, чтобы использовать энергию двигателя бронетехники для маневрирования во время установки объекта на местности. Также офицер разработал новую для своего времени концепцию коробчатого балочного моста, состоящего из модулей. Такой модульный мост сравнительно легко возводился по ходу продвижения войск во время военных кампаний. Концепция была официально принята французской армией в 30-х годах прошлого века.

Что касается немодульных коробчатых балочных мостов, то они были более чем популярны во время экстенсивного роста дорожного строительства в 1960 г.г., когда одновременно возводилось множество мостовых проектов. Небывалая спешка породила ошибки. Серьезным ударом по популярности этого

типа конструкции стали три крупнейшие аварии – в Австралии, Германии и Великобритании – причиной которых было обрушение таких мостов. В Англии был создан т.н. Комитет Мёррисона, который занялся исследованием конструкции и способов возведения стальных коробчатых балочных мостов. Как оказалось, проблема не в

[стали для изготовления мостов](#)

, а в дизайнерских решениях и нарушениях во время сооружения мостов. Позднее некоторые балочные коробчатые переходы были перестроены – существенно и не очень – и дополнительно укреплены с помощью

[металлоконструкций для мостов](#)

.

Ферменные мосты

Нужно сказать, что пролетные строения изготавливаются либо из сплошных балок с разным сечением, либо из решетчатых конструкций, которые еще называют фермами. Ферменные системы — это, как правило, металлические железнодорожные мосты. Фермы делают из стального проката. Их легкая конструкция позволяет перекрывать сравнительно большие пролеты – от 40 до 150 м.

Железобетонная мостовая ферма работает на подъездных ж/д путях одного из предприятий Кемеровской области РФ и является единственной в мире.

Весьма показательна история развития ферменных мостов в США. Недостатка в дереве не было, поэтому в ранних американских мостовых фермах обычно использовались тщательно подогнанные пиломатериалы и железные прутья. В 1820 г. была запатентована самая простая форма - решетчатая «ферма Тауна». Ее производство не требовало ни особых навыков, ни большого количества металла. До середины XIX века полностью стальные мосты на просторах США были редкостью. Постепенно металл начал заменять древесину, а мосты становились коваными. Строительные фирмы разрабатывали множество проектов ферм разной формы, которые успешно продавались по всей стране. Сначала была мода на ферму «тетива», потом ее место заняла «ферма Пратта». К концу века на смену кованому железу пришла мостовая сталь. В это время использовались другие конструкции фермы, в том числе «верблюд». К 1910-м гг. большинство развитых стран разработало и стандартизировало множество дизайнов ферм с использованием

[стали для мостов](#)

. Сейчас насчитывается несколько десятков фермерских систем, которые успешно применяются в мостостроении.

Самым длинным в мире ферменным мостом считается Pont de Québec, иначе Квебекский мост. Он проложен между канадским Квебеком и Леви, и длина его пролета составляет почти 550 м. При строительстве системы произошло ее обрушение (что, впрочем, не такое и редкое явление). Из-за ошибок в расчетах, допущенных на этапе планирования моста, фактический вес моста значительно превышал его несущую способность. Когда мост был почти закончен, местная команда инженеров заметила некоторые структурные проблемы, но никто не принял во внимание серьезность ситуации. Работы продолжались, несмотря на требование главного инженера полностью прекратить строительство. В итоге в 1907 г. недостроенное сооружение рухнуло за 15 секунд.

В 2000-ных гг. отлив все еще выносит на берег покореженные части Pont de Québec. Из этого металла местное историческое общество даже соорудило памятник произошедшей катастрофе. Тем не менее, к 1919 г. Pont de Québec был введен в эксплуатацию. Сейчас он носит почетное звание исторического памятника гражданского строительства. А в Квебеке существует легенда о том, что куски разрушенного моста на протяжении многих лет используются дляковки стальных колец, которые торжественно вручаются будущим канадским студентам-инженерам. Эти кольца, надетые на мизинец, призваны напоминать студентам о социальных обязанностях и этике их профессии. Стальное кольцо изначально шероховатое, но со временем оно полируется работой, что символизирует опыт, приходящий с возрастом.



Арочные мосты

Арочные мосты относятся к так называемым распорным системам. Они отличаются от балочных тем, что их пролетные строения передают опорам как вертикальную, так и горизонтальную нагрузку. Основными несущими конструкциями такого сооружения являются арки.

Арочный мост — каменная классика, и от нее первый арочный металлический мост отстает на 33 столетия! Арочные конструкции в мостостроении использовались не только древними греками, но и этрусками. А древние римляне оказались именно теми, кто полностью осознал весь потенциал таких систем.

Современные историки и архитекторы насчитывают три с лишним сотни каменных римских мостов, три десятка деревянных сооружений и полсотни акведуков, значительная часть которых не только полностью сохранилась до наших дней, но и до сих пор используется как пешеходами, так и автомобилистами!

Римские арочные мосты были в большинстве своем просто полукруглыми, некоторые представляли собой ряд арочных сегментов. Также следует отметить, что мостостроители Рима были первыми, кто начал использовать при возведении мостов бетон. В значительной степени римские наработки легли в основу успехов европейских архитекторов средних веков. Опоры становились все более узкими, арочные бочки — более тонкими, а пролеты — высокими. К XIV веку длина арочных мостов уже достигла 40 м в Испании, Италии и Франции.

В свою очередь Поднебесная гордится мостом Аньцзи — самым древним мостом, сохранившимся в стране. Объект построен еще в V веке и дошел до наших дней практически в неизменном виде (несмотря на 8 пережитых войн, 10 разрушительных наводнений и целый ряд сильных землетрясений). Длина моста — 50 м при пролете в 37 м, ширина составляет 9 м. Современники Аньцзи называли его чудом инженерной мысли. В конструкцию моста древний инженер Ли Чунь включил боковые арки, сделавшие сооружение более устойчивым. Интересно, что европейских мостостроителей аналогичная идея посетила не ранее XIV века.



В дальнейшем каменные и кирпичные мосты продолжают вдохновлять все новые поколения инженеров