

УДК 624.5(430.1)

М.Б. ЛИФШИЦ (ДЮССЕЛЬДОРФ, ФРГ)

МОСТЫ ДЮССЕЛЬДОРФА

Приведены конструктивные характеристики семейства вантовых мостов Дюссельдорфа и железнодорожного моста через реку Рейн, дано описание производства работ по его строительству.

Семейство вантовых мостов через Рейн

В Дюссельдорфе через реку Рейн построено семь мостов, пять из которых представляют уникальное и единственное в мировом мостостроении явление — семейство вантовых мостов.

После Второй мировой войны, когда перед городом встали задачи восстановления и постройки новых мостов, становится весьма популярной вантовая система, что объясняется возможностью изготовления вант высокой несущей способности и прогрессом в части расчетов подобных конструкций.

Со стороны немецких мостостроителей оказывалось усиленное внимание системе вантовых мостов. Основные технические и эстетические вопросы такого типа конструкций для условий Дюссельдорфа разработал проф. Ф. Таммс [1, 2]. Общие конструктивно-технологические принципы строительства этих мостов послужили основанием для возникновения понятия «Düsseldorfer Bruckenfamilie» [2] — Дюссельдорфское мостовое семейство, начало которому было положено строительством трех мостов на участке реки длиной менее четырех километров.

Первым вантовым мостом Германии и Дюссельдорфа был Nordbrücke (1957 г.) — Северный мост (с 1964 г. Theodor-Heuss-Brücke). В конструкции этого моста впервые в мире применены параллельные ванты (тип «арфа») с двумя двухстоечными пилонами и с закреплением вант по высоте пилона (рис. 1, а). Плоскости вант располагаются по обеим сторонам проезжей части. Балка жесткости составлена из четырех продольных металлических двутавров, соединенных ортотропной плитой проезжей части и поперечными балками. Ванты моста образованы из семи или десяти канатов, имеющих диаметр 64, 68 и 73 мм [1–3].

В конструкции второго моста Rheinkniebrücke (мост в излучине Рейна, 1969 г.) находит дальнейшее развитие конструктивная схема, примененная для Theodor-Heuss-Brücke. Мост имеет уже один двухстоечный пилон высотой 114,10 м с системой вант типа «арфа» и с анкерованием вант пойменной части в эстакадные опоры, что существенно повышает жесткость системы (рис. 1, б). Балка жесткости принята в виде двух двутавров, верхние пояса которых объединены ортотропной плитой проезжей части. Ванты состоят из 13 канатов, имеющих диаметр 72 мм [1].

В период строительства Rheinkniebrücke был самым большим вантовым мостом не только на Рейне, но и в мире.

Монтаж пролетных строений представляемых мостов всегда был достаточно сложным, исходя из условий интенсивного судоходства. Но вантовая система давала возможность свободно вести навесной монтаж на расстоянии более 300 м от каждого берега и перекрыть пролет до 650 м без промежуточных опор.

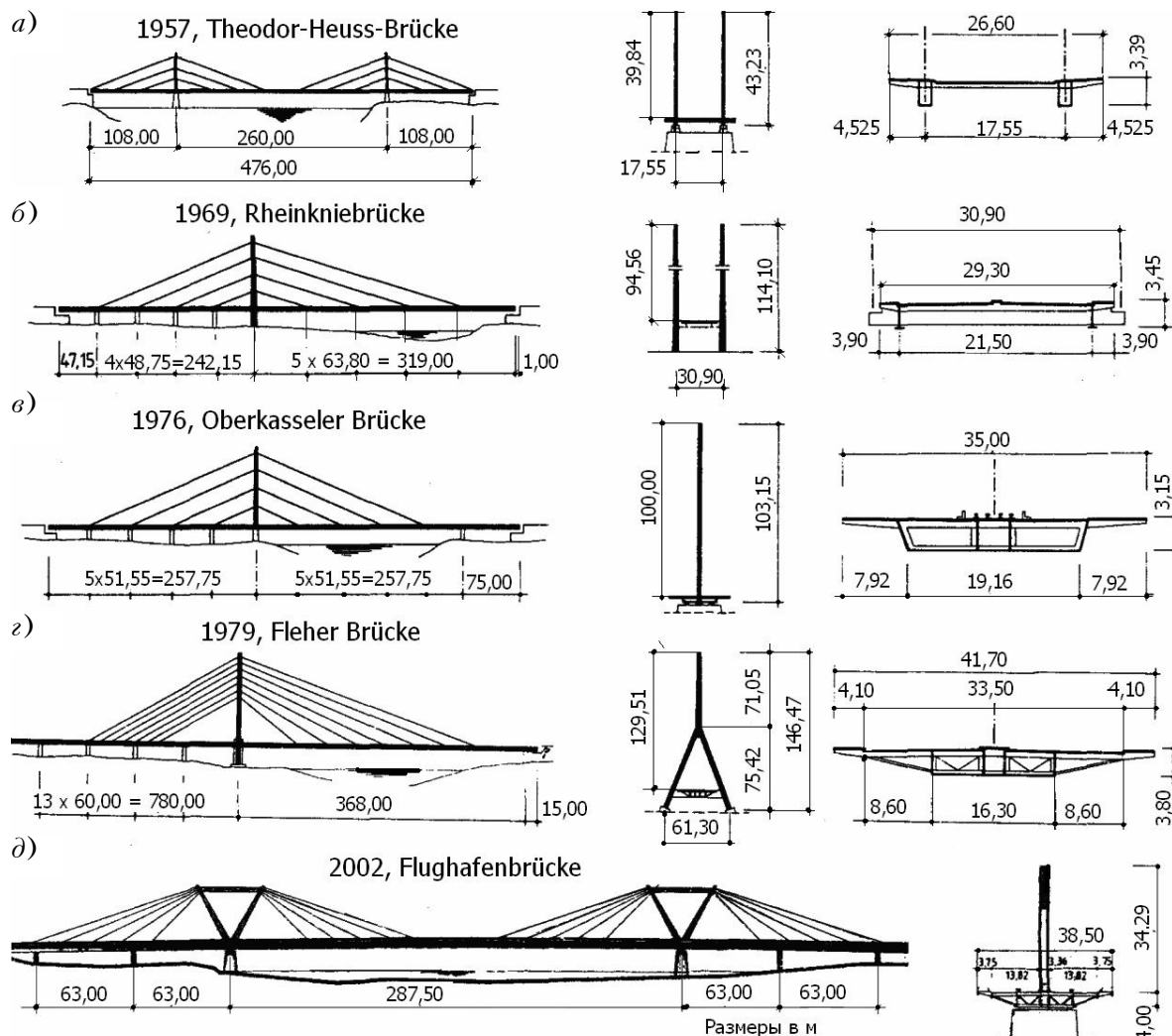


Рис. 1. Дюссельдорфское мостовое семейство [1–4]

Следующим мостом в рассматриваемом семействе был Oberkasseler Brücke (Оберкассельский мост) — старейший городской мост среди всех городских мостов через Рейн (рис. 1, в). Впервые движение в этом створе было открыто в 1898 г. В 1925 г. мост был реконструирован, а в марте 1945 г. взорван. Уже в октябре 1945 г. построили понтонный мост, а затем, в мае 1948 г., — долговременный вспомогательный мост. Но он не удовлетворял требованиям возросшего потока транспорта и архитектурным требованиям города, что явилось основанием для строительства нового моста, которое было начато в 1969 г. [1, 2].

В связи со сложившимися в течение 70 лет транспортными потоками Оберкассельский переход через Рейн не мог быть закрыт на долгое время, это потребовало нового решения.

Вантовый мост с одним пилоном и с вантами типа «арфа» построили на расстоянии 47,50 м вверх по течению от оси существовавшего моста. Затем к новому мосту были сделаны два временных примыкания на набережных и движение переключили на новый мост (1973 г.), а старый мост демонтировали.

Далее конструкция нового моста весом 12 500 т, общей длиной 590,50 м, шириной 35,50 м с пилоном высотой 103,15 м была передвинута на 47,50 м, на

место демонтированного моста. Процедура продолжалась 13 ч (7–8 апреля 1976 г.), т.е. движение осуществлялось со скоростью 1 мм/с. Это было значительным событием в практике мирового мостостроения. Через десять дней уже снова пошли первые трамваи, а через две недели и автомобили. При другом способе строительства перерыв в движении транспорта был бы более года.

Передвижение всей конструкции моста в поперечном направлении потребовало объединения пилона с балкой жесткости. Пилон опирается на опору через резинометаллические опорные части стаканного типа. Поперечное сечение пилона коробчатое, балка жесткости также коробчатой конструкции с ортотропной плитой. Каждая из двух ветвей ванта состоит из семи высокопрочных канатов диаметром 78 мм.

Как далеко шагнула техника строительства вантовых мостов с 1957 г. до 1979 г. видно на примере Fleher Brücke (мост Флее) [2, 3]. Мост пересекает реку под углом 13° и состоит из пойменной эстакады с преднапряженными железобетонными пролетными строениями 13×60 м и речного металлического вантового пролета длиной 368 м (рис. 1, з), что было мировым рекордом для вантовых мостов однопилонной системы. Высота коробчатой балки жесткости постоянна по всей длине.

Пилон моста имеет форму перевернутой буквы Y, является самым высоким среди мостов через Рейн и впервые для такого класса мостов выполнен из преднапряженного железобетона. С каждой стороны к пилону подходят по семь вант: для речного пролета по типу «веер», а для берегового участка — по типу «арфа». Ванты сформированы из 6–12 канатов диаметром 93–111 мм. Ванты берегового пролета заанкерены в конструкцию железобетонного пролетного строения.

В мае 2002 г. Дюссельдорфское мостовое семейство пополнилось еще одним членом — Flughafenbrücke (мост аэропорта). Пролетное строение моста состоит из трех частей: левобережная и правобережная пойменные части из преднапряженного железобетона, соответственно длиной 441 м и 558 м, и речная часть — вантовый пролет длиной 287,50 м с металлической коробчатой балкой жесткости и с двумя пилонами высотой всего 34,29 м над уровнем проезжей части (рис. 1, д). Пилоны в виде равнобедренных треугольников, стоящих на вершине равных сторон, приняты в связи с ограничениями, вызванными близостью аэропорта. Пилоны и ванты типа «веер» (по пять с каждой стороны пилона) расположены в середине разделительной полосы. Каждая ванта состоит из четырех отдельных канатов диаметром 103, 110 или 115 мм [2, 4].

Кроме представленного семейства мостов через Рейн в Дюссельдорфе имеются еще три вантовых путепровода [3] и пешеходный вантовый мост с пролетом 90 м в речном порту [2]. В 2001 г. был рассмотрен проект еще одного вантового моста через Рейн в районе многофункциональной Арены — Olympia-Brücke 2012 [2].

Четырехпутный железнодорожный мост

Первый железнодорожный мост через Рейн в Дюссельдорфе был построен в 1868–1870 гг. со сквозными балочными пролетными строениями 106,00 м под два пути. В 1909–1913 гг. его реконструировали в четырехпутный мост (Hammer Eisenbahnbrücke) с арочными двухпутными пролетными строениями 107,20 м в речных пролетах: одна пара путей предназначалась для пассажирских

поездов, а другая — для грузовых. Этот мост, как и другие мосты через Рейн, был взорван 3 марта 1945 г. войсками вермахта.

Взорванный четырехпутный мост был восстановлен в 1946–1947 гг. в виде двухпутного моста, а в 80-х гг. прошлого столетия было предложено построить совершенно новый четырехпутный мост: два пути — для дальних скорых поездов и два пути — для местных поездов.

В 1974 г. провели первое предварительное проектирование (12 вариантов), в 1977 г. — второе предварительное проектирование (4 варианта). А в 1983 г. в результате открытого конкурса, в котором было рассмотрено 22 предложения четырехпутного моста с судоходным пролетом 250 м, первоначальный проект с решетчатыми сквозными пролетными строениями в судоходной части был вытеснен новым более элегантным и дешевым «дюссельдорфским арочным решением», которое оценивалось специалистами как выдающаяся альтернатива.

Пролетное строение судоходной части представляет собою комбинацию четырехпутного сквозного балочно-неразрезного пролетного строения, имеющего наклонные решетчатые главные фермы с пролетами 135,00 + 250,00 м и высотой 15,15 м, и арочной конструкции с двумя наклонными арками пролетом 250,00 м и стрелой 47,50 м (рис. 2). Таким образом, пролетное строение состоит из двух частей, вставленных друг в друга.

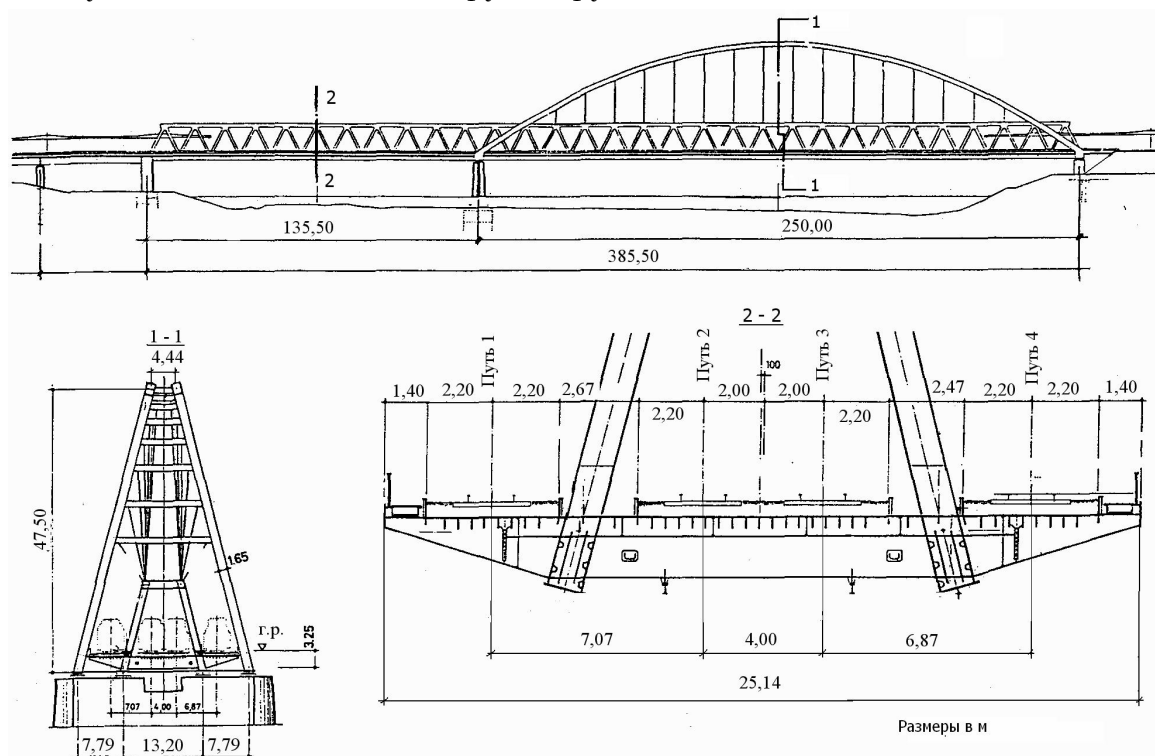


Рис. 2. Четырехпутное пролетное строение 135,5 + 250,0 м

Ширина плиты проезжей части, расположенной в уровне нижних поясов главных ферм и поперечных балок, составляет 25,14 м. Два пути расположены внутри балочного пролетного строения между наклонными фермами и по одному пути находятся на внешних консолях плиты проезжей части, т.е. между фермами балочной части и арками.

Связь между балочной частью и арками осуществлена через подвески, установленные в верхних узлах решетчатых главных ферм. Подвески распо-

гаются под разными углами к горизонту в зависимости от их местонахождения по длине пролета.

Арки двухшарнирные с опорными частями (шарнирами), конструкция которых обеспечивает всестороннее перемещение. Усилия от арок передаются непосредственно на опоры.

Несущие элементы главных ферм и арок имеют сварные коробчатые сечения, герметически защищенные от проникновения влаги, но доступные для инспекторской проверки. Полностью сварные арки были применены впервые в практике мирового мостостроения.

В конструкции пролетного строения предусмотрено специальное оборудование для инспекторских проверок. Антикоррозионная защита выполнена в виде двухкомпонентной системы на основе эпоксидной смолы и полиуретана.

Вес металла пролетного строения 9150 т, расход металла 24,70 т/пог. м.

Пролетное строение собирали в следующей последовательности:

1. На правом берегу, со стороны Дюссельдорфа, была организована сборочная площадка длиной 100–110 м, которая обслуживалась двумя порталными кранами.

2. На сборочной площадке циклами по 25 м собирали и сваривали внутреннюю балочную часть пролетного строения и последовательно выдвигали гидравлическими домкратами в пролет, используя в качестве временной промежуточной опоры в пролете 250 м опору старого южного моста. Средняя скорость сборки и надвигки составляла 1 м в рабочий день.

3. После полной надвигки решетчатого пролетного строения производили монтаж арок (рис. 3).

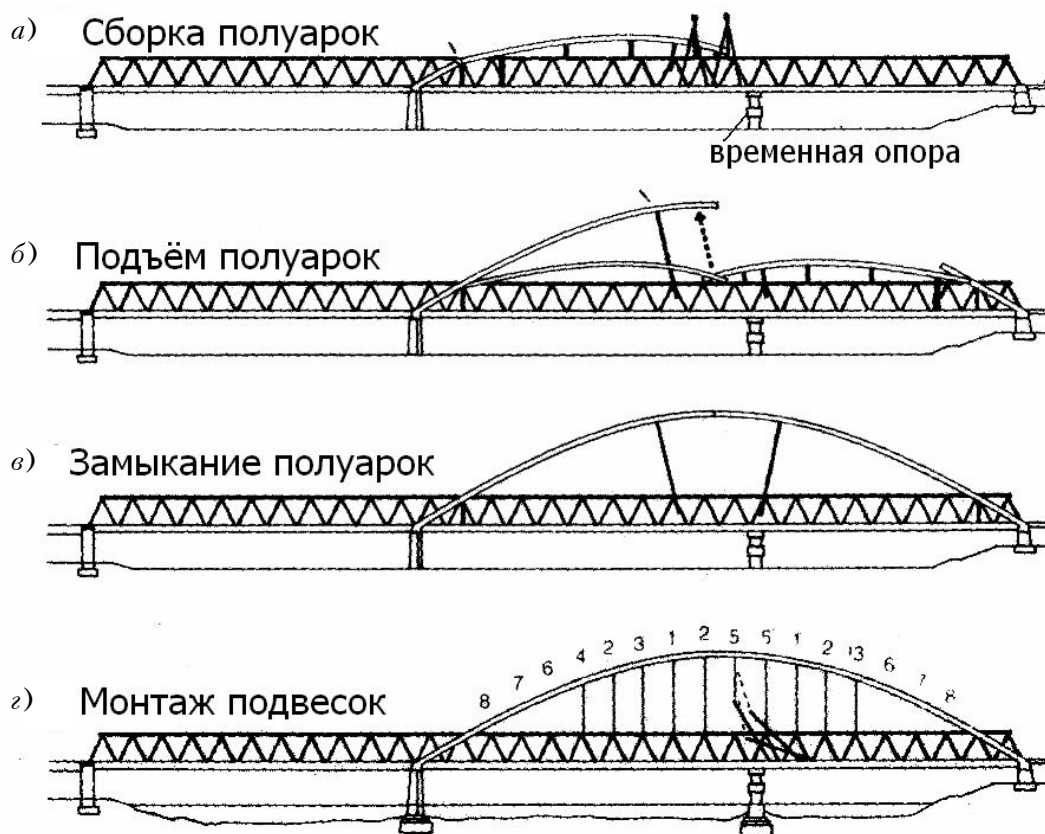


Рис. 3. Схема монтажа арок и подвесок

Пойменная левобережная часть моста перекрыта предварительно напряженными железобетонными коробчатыми пролетными строениями длиной 42,7 м. В поперечном сечении установлены две коробки, каждая под два железнодорожных пути, ширина верхней плиты 10,625 + 10,425 м, ширина коробок внизу — 4,80 м, высота — 3,50 м. Эти пролетные строения сооружались циклическим методом с поперечной передвижкой балок в каждом пролете и с последовательной передвижкой подмостей из пролета в пролет.

Новый мост начали строить в сентябре 1983 г. Он расположен на 30 м севернее старого моста. Длина моста 820,00 м, в том числе 428 м на пойме левого берега.

В июне 1986 г. был закончен монтаж арок этого самого большого железнодорожного моста Европы, а в апреле 1987 г. мост был сдан в эксплуатацию.

Конструкции старого моста были демонтированы, но в качестве памятника от первого моста постройки 1870 г. оставлены на обоих берегах Рейна устои с башнями, которые имели не только функции архитектурного декора, но могли быть использованы и в случае военных действий.

Библиографический список

1. *Beyer E.* Brückenbau auf neuen Wegen. — Düsseldorf: Beton-Verlag GmbH, 1971. S. 42.
2. *Spohr E., Küffner H.* Düsseldorf: eine Stadt zwischen Tradition und Vision. Brücken über Rhein — Kleve: Boss, 2001. S. 322.
3. *Schrägseilbrücke* / R. Walter, B. Houriet, W. Isler, P. Moia; Neubearb. und Übers. Aus dem Französischen P. Missbauer / Düsseldorf: Beton-Verlag GmbH, 1994. S. 188.
4. *Jacobi K., Sobota J.* Die Flughafenbrücke. Köln: Landschaftverband Rheinland, 2002. S. 220.
5. *Endmann K.* Die Hammer Eisenbahnbrücke. Ein Zeugnis des Großbrückenbaus. Darmstadt: Hestra-Verlag, 1989. S. 145.