

возможность применения этого решения обусловлена небольшими усилиями в каждой из 42 вант, лежащих в одной плоскости. Параллельное расположение вант позволило полностью унифицировать анкеровку кабеля в балке жесткости. При этом продольная составляющая усилия в ванте 2 передается на балку жесткости через верхнюю плиту 1 (см. рис. 9.22, б), а вертикальная — на наклонные стенки 3 через растянутые предварительно напряженные железобетонные раскосы 4 под углом 45° к вертикали.

Пилоны этого моста сооружены из железобетона. Каждый пилон представляет собой одиночную стойку. С каждой стороны к пилону подходит по 21 ванте в одной вертикальной плоскости. Высота пилона над проезжей частью составляет 75,5 м. Пилон проходит сквозь балку жесткости и заделан в нее. Поперечное сечение пилона имеет сложную форму. Его ширина 2,60 м. в поперечном направлении постоянна, а в продольном, в котором в пилоне возникают значительные изгибающие моменты, высота сечения уменьшается снизу вверх с 4,80 до 2,84 м. Внутри пилона предусмотрены полости для прохода обслуживающего персонала.

Контрольные вопросы

1. Каковы виды, конструкции и области применения железобетонных рамных мостов?
2. Каковы виды, конструкции и области применения железобетонных арочных мостов?
3. Каковы виды, конструкции и области применения вантовых железобетонных мостов?

РАЗДЕЛ IV

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МОСТЫ

ГЛАВА 10

Общие сведения о металлических мостах

10.1. Краткие сведения о развитии металлических мостов

Металл в виде цепей в качестве несущих кабелей в простых висячих пешеходных мостах применялся в Китае еще в начале XVIII в. Однако широкое использование металла в мостостроении началось с 1779 г., когда в Англии через р. Северн был сооружен первый чугунный арочный мост. Арки этого моста с пролетом около 32 м были выполнены из тонких и длинных криволинейных элементов и заметно повторяли конструкцию ранее применявшихся деревянных арочных мостов.

Подобные мосты в конце XVIII — начале XIX в. были построены и в России. Их конструкция имела недостаточную надежность из-за хрупкости чугуна и малых сечений длинных элементов арок. Поэтому в начале XIX в. большее применение получили чугунные арочные мосты со сводами, составленными из ребристых блоков, которые объединялись болтами. Они оказались более надежными и удобными в изготовлении и монтаже.

В дальнейшем, при постройке Зеленого моста через р. Мойку (1806 г) и ряда других арочных мостов в Петербурге, были впервые применены более легкие чугунные арки двутаврового сечения. В 1835 г. в Москве через Обводный канал был построен Чугунный арочный мост пролетом около 40 м. Три арки его пролетного строения поддерживали проезжую часть с ездой понизу с помощью железных подвесок.

Россия сыграла немалую роль в развитии мостостроения. В 1809 г. в Петербурге был основан Институт корпуса инженеров путей сообщения. В нем была создана школа мостостроения, из которой вышли талантливые русские инженеры и ученые. При значительном объеме строительства железных и шоссейных дорог мостостроителям России был предоставлен широкий простор для твор-

ческой работы. Уже в первой половине XIX в. Россия стала одной из передовых стран по технике мостостроения.

Из многочисленных мостов, построенных в этот период в России, заметное место занимает Благовещенский мост через р. Неву в Петербурге (рис. 10.1), построенный в 1850 г. выдающимся русским инженером С. В. Кербедзом (1810—1899), названный впоследствии мостом лейтенанта Шмидта. Он имел семь пролетов от 32 до 48 м, перекрытых пологими чугунными арками двутаврового сечения с надсводным строением из решетчатых чугунных блоков. В нем имелся разводной пролет для пропуска судов. Этот мост просуществовал 87 лет и был разобран в связи с тем, что перестал удовлетворять возросшим требованиям городского движения, а также условиям быстрого пропуска судов через разводной пролет. Элементы разобранных чугунных арочных пролетных строений оказались в таком хорошем состоянии, что были снова использованы для строительства нового моста через р. Волгу в г. Калининe.

Недостатки чугуна, плохо сопротивлявшегося растяжению и динамическим воздействиям нагрузок, были причиной ряда разрушений чугунных балочных мостов, преимущественно в Великобритании. Это способствовало вытеснению чугуна и замене его сварочным железом. Сначала были предприняты попытки комбинации чугуна и железа. В середине XIX в. стали применять коробчатые балки, состоящие из верхней чугунной и нижней железной частей, связанных вертикальными железными листами (рис. 10.2, а). Дальнейшее развитие чугунно-железных балок привело к созданию сквозных ферм, сжатые элементы которых выполняли из чугуна, а растянутые — из железных тяжей (рис. 10.2, б).

Одновременно сделаны первые попытки постройки крупных балочных железных мостов со сплошной стенкой. В 1850 г. в Великобритании построили железнодорожный трубчатый мост «Британия» с пролетами по 140 и 70 м (рис. 10.3). В поперечном сечении этот мост имел верхний и нижний пояса, распространенные

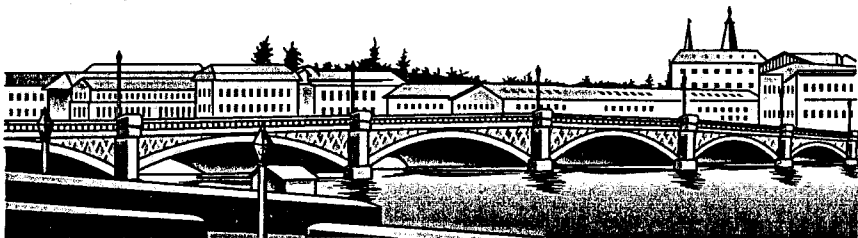


Рис. 10.1. Мост, построенный С. В. Кербедзом через р. Неву (1850 г.)

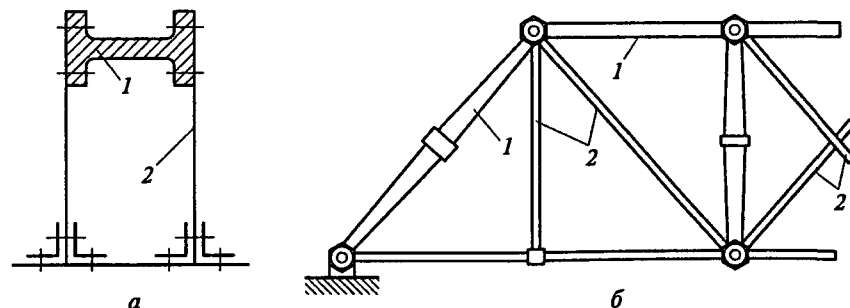


Рис. 10.2. Элементы (а, б) мостов с чугунно-железными несущими конструкциями:

1 — чугунный элемент; 2 — железный элемент

на всю ширину моста и связанные по краям сплошными вертикальными стенками.

Однако трубчатые пролетные строения оказались нерациональными вследствие большого веса и были вытеснены мостами, имевшими главные балки двутаврового сечения. При больших пролетах двутавровые балки оказались тяжелыми, что вызвало переход к применению сквозных ферм.

Первые металлические фермы, появившиеся в 40-х годах XIX в., во многом напоминали распространенные в то время деревянные решетчатые фермы и в большинстве представляли собой многорешетчатую систему, состоящую из поясов и большого числа раскосов. Выдающийся мост с решетчатыми фермами был построен через р. Лугу в 1853—1857 гг. по проекту русского инженера С. В. Кербедза. Мост имел два пролета по 55,3 м

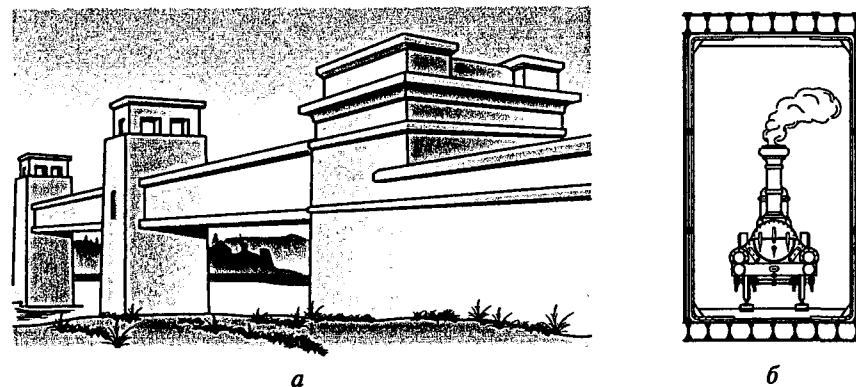


Рис. 10.3. Общий вид (а) и поперечное сечение пролетного строения (б) моста «Британия» (1850 г.)

под два железнодорожных пути с пролетными строениями с ездой поверху, которые имели в поперечном сечении четыре фермы многорешетчатой системы с параллельными поясами. Мост прослужил около 84 лет и был разрушен во время Великой Отечественной войны.

Вторая половина XIX в. характерна строительством в России ряда крупных железнодорожных и автодорожных металлических мостов с решетчатыми фермами. Этот период интенсивного формирования русской мостостроительной науки, связанной с именами выдающихся русских инженеров и ученых: С. В. Кербедза (1810—1891), Д. И. Журавского (1821—1891), Н. А. Белелюбского (1845—1922), Ф. С. Ясинского (1856—1899), Л. Д. Проскурякова (1858—1926) и др.

Из мостов, построенных в России в 60-х годах XIX в., следует отметить Бородинский мост через р. Москву в Москве (1861) с пролетами по 42,7 м и большой мост через р. Вислу в Варшаве (1858—1866), имевший шесть пролетов по 74,68 м с двухпролетными неразрезными фермами.

При дальнейшем развитии сквозных металлических ферм строители мостов стремились к упрощению решетки ферм и созданию наиболее надежных узловых соединений. Поиском новых, более рациональных систем и конструкций мостовых ферм занимались во второй половине XIX в. многие русские и иностранные ученые. В результате теоретических исследований по отысканию наиболее рациональных очертаний несущих конструкций построен ряд мостов с фермами, имевшими параболическое, гиперболическое, полупараболическое и другие криволинейные очертания поясов. Был также разработан ряд новых схем ферм с простыми решетками, по своим системам наиболее близких к шарнирно-стержневым расчетным схемам, подвергнуты исследованию дополнительные напряжения, возникающие вследствие жесткости клепаных узлов и ряд других вопросов. В результате широко распространенные многорешетчатые фермы постепенно уступили место многораскосным, а затем фермам с еще более простой решеткой.

Крупный вклад в отечественную науку и практику строительства мостов сделан известным русским инженером и ученым проф. Н. А. Белелюбским. В 70-х годах XIX в. Н. А. Белелюбский предложил свои проекты металлических мостов на Октябрьской железной дороге для замены ранее существовавших на ней деревянных мостов.

К концу XIX в. наметился постепенный переход от многорешетчатых и многораскосных ферм к фермам с более простыми решетками. Уже в 1880—1890-е годы на ряде шоссежных дорог России построены первые мосты с фермами в виде простой раскосной или треугольной решетки. В конце XIX в. появились фермы

со шпренгельной решеткой. Первый мост этой системы в России построен проф. Л. Д. Проскуряковым через р. Енисей в 1896 г. под железнодорожную нагрузку.

Конец XIX — начало XX в. — продолжение периода быстрого развития мостостроительной науки и техники в России. В этот период построено много мостов через крупнейшие реки, отличающихся смелыми и прогрессивными решениями. К числу таких мостов, построенных в России, относятся крупнейшие мосты через р. Волгу у Свияжска и Симбирска с пролетами по 158,4 м по проектам проф. Н. А. Белелюбского, мосты через р. Оку у Муром и р. Волхов по проектам проф. Л. Д. Проскурякова и ряд других.

Среди балочных мостов, построенных в середине XIX в., довольно часто строили мосты с неразрезными пролетными строениями, которые, обладая несомненными экономическими преимуществами, имели и ряд недостатков: чувствительность к осадке опор, большие перемещения от изменений температуры.

Во второй половине XIX в. в мировом мостостроении возникло предложение о включении шарниров в пролетах, превращающее неразрезную систему в статически определимую — консольную. Оно дало новое направление в строительстве металлических мостов. Обладая перед балочно-разрезными пролетными строениями экономическими преимуществами, возрастающими с увеличением пролета, консольные системы завоевали широкое применение для мостов больших пролетов.

В России первый консольный мост построен в 1888 г. через р. Сулу под железную дорогу по проекту проф. Л. Д. Проскурякова. В 1898 г. сооружен первый консольный мост под шоссежную дорогу через р. Днепр в Смоленске; в 1894 г. построен мост через р. Днестр пролетом 102 м, а в 1908 г. — мост пролетом 190 м через р. Днепр у Кичкаса — оба под железную и автомобильную дороги. Кичкасский мост был в то время крупнейшим по пролету в России.

Наиболее известными консольными зарубежными мостами этого периода являлись мост пролетом 175 м через р. Дунай в Будапеште, построенный в 1897 г., и наибольшие по пролету мосты: Фортский (Шотландия) с пролетами по 521 м (рис. 10.4), построенный в 1890 г., и Квебекский (США) пролетом 549 м, построенный в 1917 г.

Наряду с широким применением консольных систем не прекращалось строительство мостов с неразрезными пролетными строениями. С развитием техники устройства глубоких подводных оснований, а также увеличением пролетов и расчетных временных нагрузок, применение неразрезных мостов стало особенно целесообразным. К числу первых отечественных неразрезных мостов относятся мосты через р. Вислу (1866), Большой Краснохолмский (1872) и Крымский (1874) в Москве через р. Москву, через р. Оку в Орле (1880) и ряд других.

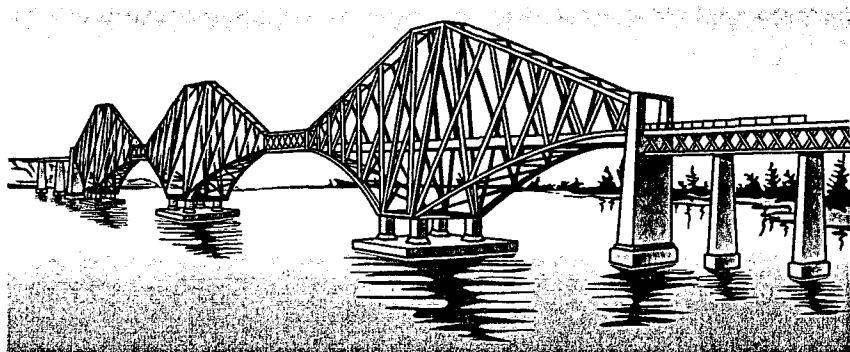


Рис. 10.4. Фортский мост с пролетами по 521 м (1890 г.)

В дальнейшем металлические неразрезные мосты продолжали находить применение и с развитием мостостроительной техники достигли довольно совершенных современных конструктивных форм.

Русская школа мостостроения в XIX в. практически не отставала от мирового уровня и внесла заметный вклад в науку о мостах. В значительной степени этому способствовало крупнейшие русские ученые-мостостроители С. В. Кербедз, Д. И. Журавский, Н. А. Белелюбский, Л. Д. Проскуряков, Г. П. Передерий, Н. С. Стрелецкий, Е. О. Патон и др.

С. В. Кербедз (1810—1891) спроектировал и построил первый постоянный мост через р. Неву с чугунными арочными пролетными строениями (1850), первый в России металлический мост с решетчатыми фермами через р. Луга (1853), преподавал в Институте инженеров железнодорожного транспорта.

Большой вклад в становление русской научной школы мостостроения внес Д. И. Журавский (1821—1891), который разработал теорию расчета многорешетчатых ферм, создал теорию касательных напряжений.

Н. А. Белелюбский (1848—1922) предложил рациональную двухраскосную решетку, которую использовал в дальнейшем при проектировании мостов.

Он первым в мире доказал рациональность замены в мостостроении сварочного железа на литое железо и с 1883 г. начал проектировать мосты из литого железа, создал первые нормы по применению литого железа в мостостроении. Им спроектировано более 100 крупных мостов, среди которых самый длинный в Европе Сызранский мост через р. Волгу (1880). Он разработал первый в России метрический сортамент прокатных профилей, ввел типовые пролетные строения металлических мостов для пролетов от 25 до 50 саженей (55... 109 м).

Л. Д. Проскуряков (1858—1926) разработал и применил стальные фермы с треугольной решеткой, полигональным и параболическим верхним поясом. По его проектам построено большое количество крупных мостов через реки Неман, Волхов, Оку, Амур, Волгу, Енисей. Л. Д. Проскуряков ввел в практику мостостроения расчет по линиям влияния и эквивалентным нагрузкам, создал учебники по мостам и строительной механике. Когда в 1896 г. в Москве был открыт Институт инженеров железнодорожного транспорта, он стал первым профессором кафедры мостов.

Кроме мостов балочной системы в России после 1880 г. достаточно часто применяли и железные арочные мосты. Первоначально они подобно чугунным арочным мостам имели бесшарнирные арки, которые вскоре были заменены шарнирными.

Появление в XX в. высокопрочных сталей дало дополнительные возможности для развития металлического мостостроения. Постепенно упростилась конструкция пролетных строений, появились новые виды соединений элементов (сварка, фрикционные соединения на высокопрочных болтах), новые (для мостов) конструктивные формы: ортотропные плиты, замкнутые, коробчатые и трубчатые сечения элементов. Это создало лучшие условия для широкого применения стальных мостов для перекрытия очень больших пролетов. Пролеты балочных мостов достигли 548 м (Квебекский мост в Канаде, балочно-консольная система, 1917), в благоприятных условиях применили арочную систему, пролеты которой превышают 500 м.

Наибольший пролет арочных металлических мостов в настоящее время достиг 550 м в арочном мосте, построенном в Китае в 2004 г. Он обеспечивает шесть полос движения автомобильного транспорта.

В России объем строительства мостов, в том числе и металлических, чрезвычайно велик. Переходы через такие большие реки, как Волга, Днепр, Енисей, Обь, требуют сооружения мостов со значительными пролетами. Поэтому начиная с 1923—1924 гг. широко развернулось строительство металлических мостов на железных и на автомобильных дорогах. В годы первых пятилеток были построены крупные балочные мосты через р. Волгу в г. Горьком и в г. Саратове, через р. Оку около г. Каширы, через р. Днепр и др.

Значительным событием российского мостостроения было возведение арочного моста под совмещенное движение через Старый Днепр пролетом 224 м под руководством проф. Н. С. Стрелецкого. Большое внимание было уделено строительству новых мостов в Москве через р. Москву. Большинство московских мостов, построенных перед Великой Отечественной войной, имело металлические арочные пролеты. Значительный вклад в теорию и практику мостостроения внесли советские ученые и инженеры: Н. С. Стрелецкий, Е. О. Патон, Б. Н. Горбунов, Г. П. Передерий,

Н. М. Митропольский, С. А. Ильясевич, В. М. Вахуркин, Г. К. Евграфов, Е. Е. Гибшман, П. Я. Калмыков и др.

Во второй половине XX в. в бывшем СССР построено большое количество балочных сплошностенчатых конструкций, среди которых цельносварные пролетные строения мостов через канал имени Москвы на Ленинградском шоссе и в Крылатском в Москве.

Применение высокопрочных сталей, современных конструкций и способов соединения элементов, разработка новых, рациональных систем металлических мостов увеличили рациональную область металлических пролетных строений. С 1950-х годов одним из основных типов металлических пролетных строений в автодорожных мостах стали сталежелезобетонные, в разработку теории расчета этих эффективных конструкций большой вклад сделали профессор Е. Е. Гибшман и Н. Н. Стрелецкий.

В последние годы в России большое внимание уделяется коробчатым цельносварным пролетным строениям и вантовым мостам.

Все большее применение в последующие десятилетия находят висячая и вантовые системы, которые позволяют перекрывать весьма большие пролеты в мостах через полноводные реки, через морские заливы и проливы. Предполагается строительство висячего моста через Мессинский пролив из Италии и Сицилию с пролетом 3 300 м. В последнее время в мире спроектировано и построено много мостов вантовой системы, которая в современных условиях оказалась весьма рациональной.

Выдающихся успехов в конце XX в. достигли мостостроители Японии. В 1998 г. был введен в эксплуатацию крупнейший висячий мост Акаси — Кайке общей длиной 3 910 м. Он соединяет японские острова Хонсю и Сикоку, имеет средний пролет с рекордной длиной 1 990 м и пилоны высотой 298 м. Его балка жесткости поддерживается двумя кабелями диаметром 1,1 м и обеспечивает восемь полос автомобильного движения.

В 1999 г. между двумя другими островами Японии был введен в эксплуатацию крупнейший вантовый мост Татара с металлической балкой жесткости и металлическими двумя пилонами с мировым рекордом по расстоянию между двумя пилонами (890 м) и по общей длине балки жесткости (1 480 м),

В России в 2000 г. в Сургуте был построен однопилонный вантовый мост. Его балка жесткости с одной стороны заделана в устой, что позволило создать рекордный для однопилонных мостов пролет длиной 408 м при полной длине балки жесткости 588 м.

В сентябре 2004 г. в Хакасии введен в эксплуатацию арочный мост через р. Иртыш. Центральная часть этого моста, расположенная между эстакадами, представляет собой уникальную неразрезную комбинированную систему длиной 693 м, в которой главный пролет длиной 231 м с ездой понизу представляет собой неразрез-

ную решетчатую арку с гибкой затяжкой и симметрично сопрягающиеся с ней решетчатые балочные пролетные строения, переходящие в крайних пролетах в сплошностенчатые балки с ездой поверху.

10.2. Материалы металлических мостов

Стали, применяемые в мостах, должны иметь высокую прочность, необходимую вязкость и пластичность, а также удовлетворять требованиям по свариваемости. Этим требованиям удовлетворяют малоуглеродистые и низколегированные стали. Малоуглеродистыми сталями называют стали с содержанием углерода от 0,1 до 0,3 %. Кроме углерода в сталях обычно содержится ряд полезных присадок, повышающие ее прочность: марганец (Г), кремний (С), никель (Н), хром (Х), медь (Д), молибден (М), ванадий (Ф), титан (Т) и др.

Для строительства мостов в России рекомендуются малоуглеродистая сталь марки 16Д и низколегированные стали марок 15ХСНД, 10ХСНД, 15Г2АФДпс, 14Г2АФД.

По принятой в России системе обозначений первые две цифры марки стали обозначают количество углерода в стали в сотых долях процента, а следующие буквы и цифры марки стали показывают содержание легирующих добавок. Если при этом после буквы нет цифры, то содержание этой легирующей добавки не превышает 1 %. Если после буквенного обозначения добавки стоит цифра 1 или 2, это значит, что указанный элемент в стали содержится в количестве около 1 или 2 %.

По своим прочностным показателям строительные стали разделяют на классы. Класс обозначают буквой С и дробью, числитель которой указывает предел прочности, кгс/мм², а знаменатель — физический или условный предел текучести в тех же единицах. За нормативное сопротивление стали принимается физический или условный предел ее текучести. За условный предел текучести принимается напряжение, соответствующее 0,2 % остаточного удлинения образца стали. Условный предел текучести определяют для сталей, диаграмма растяжения которых не имеет выраженной площадки текучести.

Существенное значение при выборе материала и марок сталей имеют климатические условия в месте возведения металлического моста. Если наименьшие температуры в районе строительства выше –40 °С, то к металлу не предъявляют специальных требований по хладностойкости (категория 0). При наименьших температурах ниже –40 или –50 °С материал должен иметь устанавливаемую нормами хладностойкость (категория 1, 2 или 3) и удовлетворять ряду дополнительных требований.

Для изготовления элементов стальных мостов в основном служит прокатная сталь стандартного сортамента. Листовая сталь служит основным видом металла для изготовления мостовых конструкций. Она выпускается в виде толстолистовой и универсальной (широкополосной) стали. Листовую сталь прокатывают между двумя валками, поэтому она имеет неровные кромки и требует строжки. Универсальную сталь прокатывают между четырьмя валками, благодаря чему она имеет чистые кромки, не требующие обработки. Угловая сталь бывает с полками одинаковой (равнобокий уголок) или разной (неравнобокий уголок) ширины. Двутавровые балки различают: обыкновенные с высокой стенкой и неширокими полками и широкополочные двутавры, имеющие значительно большую поперечную жесткость. Швеллерная сталь корытного профиля в современных мостах применяется в небольшом объеме. Кроме этих профилей металла в мостах встречаются и другие — стальные горячекатаные трубы, рифленая сталь (с ребристой поверхностью), волнистая сталь и т.п. Для висячих и вантовых мостов применяют стальные витые канаты и пучки из параллельных проволок.

Главный недостаток сталей — коррозия, что требует расходов на окрашивание для предотвращения коррозии. Однако в настоящее время созданы стали с добавками меди (стали типа «кортен»), не требующие защиты от коррозии. На поверхности этих сталей под воздействием влаги и вредных примесей образуется тонкий слой окислов, который в дальнейшем защищает металл от коррозии.

10.3. Способы соединения элементов пролетных строений

Металлические элементы в современных мостах соединяют в основном сваркой и высокопрочными болтами. Сварка широко применяется при заводском изготовлении элементов и реже в монтажных условиях. Сварные соединения в мостах выполняют преимущественно автоматической или полуавтоматической электрической дуговой сваркой с помощью стальных электродов. Наилучшее качество обеспечивается автоматической сваркой под слоем флюса.

Среди сварных соединений различают соединения встык, внахлестку и с накладками. При соединениях встык стыковой сварной шов связывает торцы соединяемых элементов (рис. 10.5, а), его прочность должна быть равной прочности металла соединяемых элементов. Соединение внахлестку обеспечивается угловыми (валиковыми) швами, которые называются лобовыми (торцовым), если они расположены нормально к действию усилия (рис. 10.5,

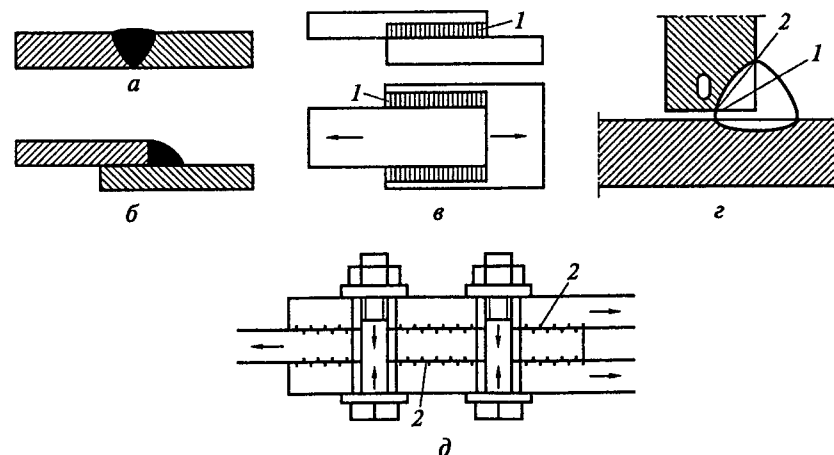


Рис. 10.5. Основные виды соединений металлических элементов в мостах: а — стыковой шов; б — угловой лобовой шов; в — угловой фланговый шов; г — расчетные сечения угловых швов (0—1 и 0—2); д — схема работы соединения на высокопрочных болтах; 1 — фланговый шов; 2 — плоскости передачи усилия трением

б), и фланговыми, если расположены параллельно передаваемому усилию (рис. 10.5, в).

Проверка прочности угловых швов на срез при действии продольных или поперечных сил N производится по двум сечениям (рис. 10.5, г):

по металлу шва (сечение 0—1)

$$\tau = N/(\beta_f k_f l_w) \leq R_{wf} m;$$

по металлу границы сплавления (сечение 0—2)

$$\tau = N/(\beta_z k_z l_w) \leq R_{wz} m,$$

где N — усилие, действующее на шов; l_w — полная длина шва; k_f — наименьший из катетов углового шва; m — коэффициент условий работы, принимаемый по табл. 60 СНиП 2.05.03-84; β_f, β_z — коэффициенты расчетных сечений угловых швов, принимаемые по табл. 80 СНиП 2.05.03-84; R_{wf}, R_{wz} — расчетные сопротивления сварных швов на срез, принимаемые по табл. 53 СНиП 2.05.03-84.

Высокопрочные болты (рис. 10.5, д) устанавливают в предварительно просверленные отверстия несколько большего диаметра, чем стержень болта, и, закручивая гайки, сильно сжимают соединяемые элементы. Величина натяжения при этом контролируется специальными ключами. Создаваемые при этом силы трения, возникающими между элементами, воспринимают действующее на соединение усилие.

Расчетное усилие, которое может быть воспринято каждой поверхностью трения соединяемых элементов, стянутых высокопрочным болтом (одним болтоконтактом), определяется по формуле

$$Q_{bh} = P\mu/\gamma_{bh},$$

где P — усилие натяжения высокопрочного болта; μ — коэффициент трения, принимаемый по табл. 57 СНиП 2.05.03-84*; γ_{bh} — коэффициент надежности, зависящий от способа обработки контактных поверхностей и числа болтов в соединении, принимаемый по табл. 83 СНиП 2.05.03-84*.

Усилие натяжения P высокопрочного болта определяется по формуле

$$P = 0,665 R_{bun} A_{bn},$$

где $R_{bun} = 11\,000 \text{ кгс/см}^2$ — наименьшее временное сопротивление разрыву высокопрочных болтов М16...М27 из стали 40Х «селект»; A_{bn} — площадь сечения высокопрочного болта нетто, определяемая в соответствии с ГОСТ 22356-77:

Диаметр высокопрочного болта, мм	16	18	20	22	24	27
Расчетная площадь нетто, $A_{\text{нетт}}$, см^2	1,57	1,92	2,45	3,03	3,52	4,59

10.4. Основные системы металлических мостов

В современном мостостроении пролетные строения металлических мостов выполняют с использованием балочной, арочной, рамной, вантовой статических схем и их комбинаций.

Обычно пролетные строения металлических мостов выполняют с использованием балочной схемы, которая позволяет перекрывать пролеты от 40 до 300...550 м. Во всех видах балочных пролетных строений под воздействием вертикальных нагрузок на опорах возникают только вертикальные опорные реакции, что облегчает устройство опор, особенно при их большой высоте. В балочных мостах главными несущими элементами могут быть сплошные балки или сквозные фермы. По статической схеме балочные мосты могут быть разрезными, неразрезными и балочно-консольными.

Разрезные балочные пролетные строения. В составе моста перекрывают по одному пролету, каждый из которых работает независимо от других (рис. 10.6, а). При прочих равных условиях это требует больших расходов металла, чем в неразрезных пролетных строениях, работающих совместно. Кроме того, промежуточные опоры разрезных пролетных строений требуют обычно большего расхода материалов, чем опоры неразрезных пролетных строений из-за необходимости установки двух опорных частей на каждой про-

межуточной опоре (см. рис. 10.6, а). В связи с этим разрезные пролетные строения обычно применяют для перекрытия относительно небольших пролетов, когда их недостатки не оказывают существенного влияния на стоимость и металлоемкость моста.

Конструкция разрезных пролетных строений получается простой, легко поддается стандартизации. На работу этих пролетных строений возможные просадки опор не оказывают влияния.

Неразрезные балочные пролетные строения. Перекрывают одной непрерывной конструкцией обычно три или более совместно работающих пролетов (рис. 10.6, б). Благодаря совместной работе абсолютные значения изгибающих моментов в неразрезных бал-

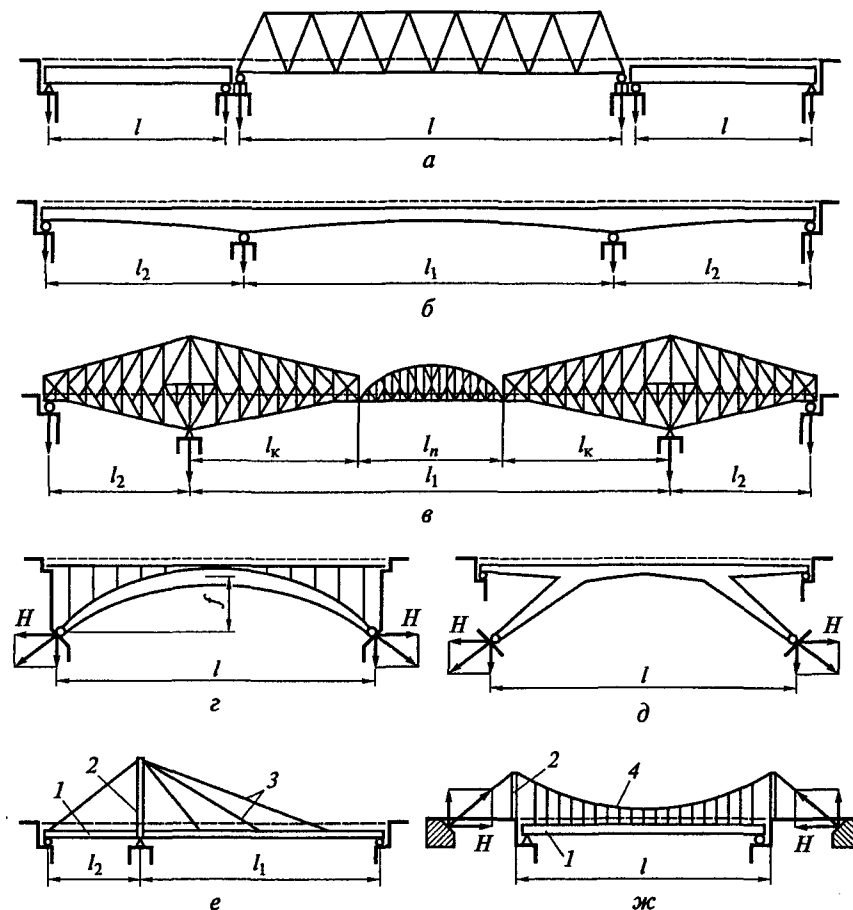


Рис. 10.6. Основные системы (а — ж) металлических мостов:

1 — балка жесткости; 2 — пилон; 3 — ванта; 4 — кабель