

УДК 624.04

А. С. Полевщиков, Л. В. Елькина

ПРИМЕНЕНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ АРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассматриваются основные способы конструирования арочных конструкций различных типов. Также затрагиваются вопросы рационального использования металла при проектировании арок. Даны рекомендации по совершенствованию методик расчета конструкций, по разработке и применению новых развивающихся методик проектирования, позволяющих генерировать множество различных технических решений и проводить целенаправленный их поиск и выбор. Рассматриваются способы и технологии изготовления арок из широкополочных двутавров, в том числе составных. В статье указаны пути по выявлению резервов несущей способности арок с учётом их пластической работы для повышения эффективности использования конструкций. Рассматриваются возможности оптимизация геометрических параметров перфорации и реализации потенциальных возможностей применения арочных конструкций. Обосновывается необходимость применения арочных конструкций в большепролетных конструкциях.

Ключевые слова: арочные конструкции, двутавр, арка, перфорированные балки.

Одной из актуальных задач капитального строительства является повышение эффективности конструкций на основе совершенствования конструктивных форм и методов их расчета [1, 2].

Арки применяют для покрытий выставочных павильонов, рынков, спортивных сооружений, ангаров, вокзалов и др. В последнее время арочные конструкции применяют и для небольших зданий: теплицы, оранжереи, мастерские, склады, цехи различного производственного назначения. Пролеты арок колеблются от 15 до 100 м и более. С увеличением пролета экономичность арок возрастает. По статической схеме арки могут быть трех типов: трехшарнирные, двухшарнирные и бесшарнирные [3, 4].

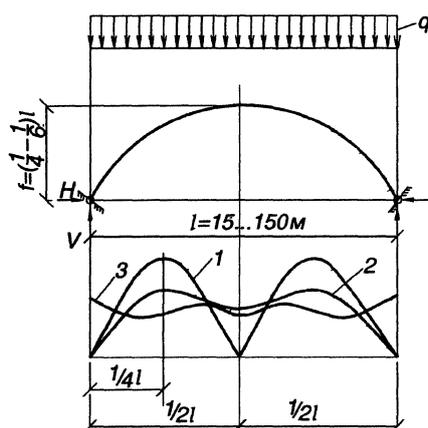


Рис. 1. Эпюры моментов в арках.

1-трехшарнирная, 2 – двухшарнирная, 3 – бесшарнирная

Трехшарнирные арки статически определимы, они нечувствительны к неравномерным осадкам опор и колебаниям температуры. Наличие же ключевого шарнира усложняет и удорожает конструкцию. Кроме того, величина изгибающего момента в четверти пролета наибольшая по сравнению с другими арками (рисунок 1), что делает трехшарнирные арки наиболее тяжелыми. В последнее время трехшарнирные арки практически не применяют. Двухшарнирные арки один раз статически неопределимы и вследствие своей небольшой погонной жесткости могут легко деформироваться без существенного увеличения напряжений от изменения температуры и осадок опор. Они имеют более равномерное распределение изгибающих моментов по сравнению с трехшарнирной аркой. Двухшарнирные арки достаточно экономичны по расходу материала, просты в изготовлении и монтаже и часто применяются в практике строительства [2, 4].

В бесшарнирных арках распределение моментов наиболее равномерное с локальным возрастанием у опор, поэтому такие арки наиболее экономичны по расходу стали. Однако в таких арках надо исключить возможную осадку опор, что может потребовать значительных затрат на фундаменты. Бесшарнирные арки необходимо рассчитывать на изменение температуры.

Сопоставление основных достоинств и недостатков различных типов арок показывает, что в большинстве случаев отдают предпочтение двухшарнирным аркам.

Генеральными размерами арки являются пролет l и стрела подъема f , а также высота сечения арки h . Пролет и стрела подъема обычно определяются технологическими и архитектурными требованиями. В зависимости от соотношения стрелы подъема к пролету арки можно разделить на пологие ($f/l < 1/4 \dots 1/10$) и высокие (или подъемистые) ($f/l > 1/4 \dots 1$).

После назначения размеров l и f необходимо выбрать очертание арки. Поскольку через три точки (две опоры и сечение в ключе) можно провести много различных кривых, надо выбрать оптимальную кривую. Такой кривой является кривая давления, которая характеризуется тем, что от заданной нагрузки в любом сечении арки изгибающие моменты равны нулю. В пологих арках нагрузку от собственного веса можно принять равномерно распределенной по пролету. При таком характере нагружения кривая давления представляет квадратную параболу. Поэтому для пологих арок, особенно больших пролетов, принимают параболическое очертание оси. С конструктивной точки зрения параболическое очертание не очень удобно, поскольку кривизна арки различна по длине, а это усложняет изготовление арки. Для упрощения изготовления параболы часто заменяется дугой окружности, что для пологих арок дает близкое совпадение с параболой. Для высоких арок нагрузка от собственного веса распределяется равномерно по кривой арки. В этом случае очертание арки принимается по цепной линии (катеноид). Но на арку действуют и другие нагрузки: снег, ветер слева или справа, которые дают другие кривые давления. Тогда кривую арки принимают по некоторой средней кривой, чтобы моменты в арке были минимальны. Окончательная кривая может состоять из разных по характеру кривых, но с обязательным плавным сопряжением между ними.

Арки являются распорными системами. Величина распора в зависимости от нагрузки, пролета и стрелы подъема может колебаться в значительных пре-

делах [4, 5]. Восприятие распора требует специальных конструктивных мероприятий и, как правило, приводит к существенным дополнительным затратам. Поэтому при проектировании арочных конструкций надо особое внимание уделить вопросу, как и какими конструктивными решениями будет восприниматься распор.

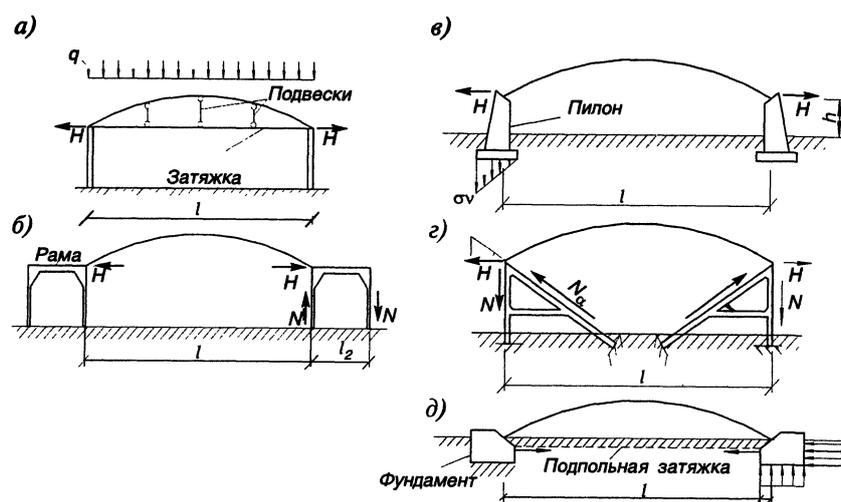


Рис. 2. Варианты восприятия распора в арках

На рисунке 2 приведены варианты восприятия распора. На схеме (рисунок 2,а) распор в арочной конструкции воспринимается затяжкой, устроенной на уровне опорных узлов. В этом случае стены или колонны воспринимают только вертикальные нагрузки. Однако затяжка уменьшает полезный объем здания. Чтобы увеличить полезную высоту помещения, не увеличивая высоту здания, иногда затяжку располагают выше линии опорных шарниров. Чтобы затяжка не провисала, ее поддерживают вертикальными подвесками.

В большепролетных зданиях распор можно передавать на рамы, которые одновременно являются несущими конструкциями производственных или служебных помещений (рисунок 2,б). Распор можно передавать на специальные пилоны или контрфорсы (рисунок 2в), конструкцию трибун в спортивно-концертных комплексах (рисунок 2г), непосредственно на фундаменты (рисунок 2д). При слабых грунтах под полом может быть устроена затяжка.

По конструкции арки подразделяются на сплошные и сквозные (решетчатые). Сплошные арки имеют высоту сечения $1/50 \dots 1/80$ от пролета и применяются при пролетах до 60 м. Они имеют постоянное по длине сечение и выполняются из составных широкополочных двутавров, труб и составных сечений из двух швеллеров или двутавров, соединенных планками. Составные сечения имеют большую жесткость из плоскости арки, поэтому их целесообразно применять при больших пролетах. Сплошная арка может быть выполнена из прокатного двутавра. Поскольку прокатный двутавр гнуть в плоскости стенки сложно, арка составляется из отдельных прямолинейных элементов, соединенных стыковой сваркой. При пролетах более 60 м преимущественно проектируют сквозные арки с параллельными поясами [5].

Если учесть, что к настоящему времени рост стоимости проката в 4–6 раз превышает рост стоимости рабочей силы, то целесообразно снижение веса конструкции за счёт более тщательного проектирования, допуская приемлемое усложнение изготовления. Это в полной мере относится к проектированию сжато-изогнутых перфорированных элементов, рассчитанных с учётом их пластической работы. Также необходимо применение перфорированных арочных конструкций для большепролетных зданий и сооружений. А также проблемы расширения области применения перфорированных балок путем совершенствования их конструктивных форм и методов расчета.

Список литературы

1. Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. Металлические конструкции. М.: Стройиздат, 2007. 683 с.
2. Белый Г. И. Предельные состояния в сечениях двутаврового элемента с перфорированной стенкой / Г. И. Белый, В. М. Дарипаско // Тр. молодых ученых. СПб., 1999. Ч. 1. С. 48–52.
3. Металлические конструкции: в 3 т. Конструкции зданий: учеб. для строит. вузов / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов, Г. И. Белый и др.; под ред. В. В. Горева. 2-е изд., испр. М.: Высш. шк., 2002. 528 с: ил.

4. *Волоцкой А. Н.* Обзор и опыт проектирования облегченных арок из стальных прокатных профилей с перфорацией // Общество, наука, инновации. НПК–2016: науч. изд.: Всерос. ежегод. науч.-практ. конф.: НПК-2016, 18–29 апреля 2016 г. Киров, 2016. С. 513–518.

5. Проектирование металлических конструкций: спецкурс: учеб. пособие для вузов / В. В. Бирюлев, И. И. Котин, И. И. Крылов, А. В. Сильвестров. Л.: Стройиздат, 1990. 432 с.

ПОЛЕВЩИКОВ Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры и градостроительства, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: polevshikov@vyatsu.ru

ЕЛЬКИНА Людмила Васильевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и градостроительства, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: kaf_arh@vyatsu.ru