УДК 69.03

ОЦЕНКА ПРЕИМУЩЕСТВ ПРИМЕНЕНИЯ АРОЧНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В БОЛЬШЕПРОЛЕТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

♦♦♦♦♦

EVALUATION OF THE ADVANTAGES OF ARCHES IN LARGE-SPAN STEEL CONSTRUCTION

Махиянова Яна Рустемовна
студентка,
кафедра промышленного и гражданского строительства,
Кубанский государственный технологический университет
yanixm06@gmail.com

Аннотация. Данная статья исследует арочные металлические конструкции как эффективное решение для промышленного и гражданского строительства. Рассматриваются геометрия арок, критерии классификации форм, примеры использования металлических арок, а также сравниваются арочные металлические конструкции с рамными.

Ключевые слова: арочные конструкции, рамные конструкции, металл, купол, металлические конструкции, проектирование сооружений.

Makhiyanova Yana Rustemovna
Student,
Department of Industrial
and Civil Engineering,
Kuban State Technological University
yanixm06@gmail.com

Annotation. This paper examines arch steel structures as an effective solution for industrial and civil construction. It considers arch geometry, criteria for form classification, examples of using steel arches, and compares arch steel structures with framed (rigid frame) structures.

Keywords: arch structures, framed structures, steel, dome, metal constructions, structural design.

Арочные металлоконструкции (рис. 1) – отличная альтернатива балочным конструкциям в ситуациях, когда необходимо создать перекрытие большого пролёта. Они широко применяются для возведения промышленных, торговых зданий, а также объектов культурного значения, и особенно полезны при необходимости реализации нестандартных решений.

Арочные конструкции обладают высокой эффективностью перераспределения нагрузок и способности работать на пластическую деформацию, что особенно важно для конструкций, испытывающих кратковременные и продолжительные изгибающие моменты. Металлические арки применяются как в мостостроении, так и в архитектурном домостроении и промышленных зданиях, где важна пространственная жесткость и способность противостоять динамическим воздействиям.

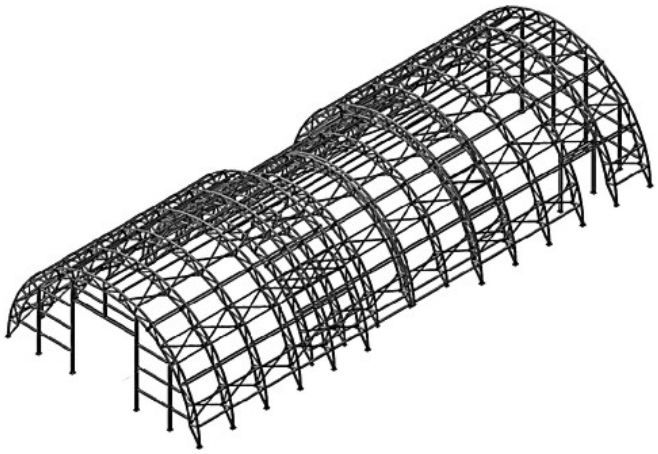

Рисунок 1 – Арочная металлоконструкция

По типу конструкции различают:

1. Бесшарнирные арки – самая экономичная конструкция. Концы (пятки) арки жёстко зафиксированы. Имеют высокую жёсткость, но требуют массивных опор и чувствительны к погодным условиям (ветер, снег) (рис. 2).

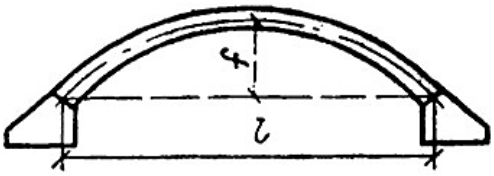

Рисунок 2 – Бесшарнирная арка

2. Двухшарнирные арки – опираются на цилиндрические шарниры. Шарниры увеличивают вес и стоимость, но дают большую устойчивость к погодным условиям и проседанию опор (рис. 3).

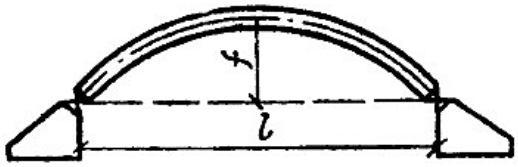

Рисунок 3 – Двухшарнирная арка

3. Трехшарнирные арки – соответственно, имеют ещё один промежуточный шарнир. Самая стабильная и надёжная, но сложная и дорогая конструкция. Выдерживает любые климатические нагрузки (рис. 4).

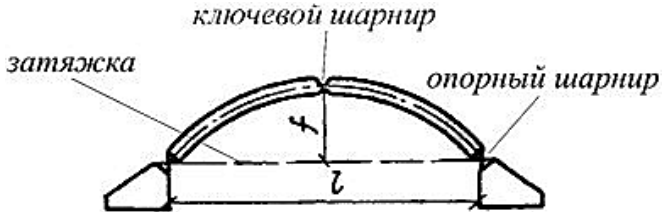

Рисунок 4 – Трехшарнирная арка

Чаще всего каркасные здания возводят на двухшарнирных арках. Такие конструкции позволяют соблюсти оптимальный баланс сложности возведения, стоимости и стабильности.

Геометрия арки напрямую влияет на распределение нормальных напряжений, устойчивость к боковым воздействиям и эффективную длину пролёта. В инженерной практике часто используется моделирование в виде сборной стальной арки или стального коробчатого профиля, образующего замкнутую или незамкнутую оболочку.

Для объективного анализа арочных металлических конструкций можно сравнить их с рамными металлическими конструкциями (табл. 1) и балочными металлическими конструкциями (табл. 2). Каждый из этих типов имеет свои особенности, преимущества и недостатки, которые определяют область их применения. Это позволит выявить ключевые различия.

Таблица 1 – Сравнение арочных металлических конструкций с рамными металлическими конструкциями

Характеристика	Рамные металлические конструкции	Арочные металлические конструкции
1	2	3
Принцип несущей системы	Жесткая рама из колонн и перекрытий; нагрузка распределяется по всей раме; сопротивление за счет изгиба и жесткости соединений	Арка/арки распределяют нагрузки по контуру; основное напряжение – сжатие в дуге; горизонтальные thrust-полезны через подпорки/связи
Основные элементы	Колонны; балочные элементы; соединения (болты, сварка); диафрагмы; связи	Арки(риги); коньки; подпорки или связки (упрочнение концов); перекрытия над аркой

Окончание таблицы 1

1	2	3
Геометрия и пролёт	Прямолинейные элементы; модульная или сеточная геометрия; легко менять планировку	Криволинейные формы; пролёт по дуге
Преимущества	Гибкость в планировке; простота изготовления; хорошо подходят для больших пролетов; легкая адаптация	Высокая несущая способность при компактной схеме; эффективное использование материалов; архитектурная выразительность
Недостатки	Большой вес и стоимость; сложность узлов; требуются подпорки для больших пролетов	Требует точной опоры и геометрии; сложности в соблюдении геометрии; ограничение по дизайну
Применение	Типично офисные здания, многоэтажные, модули; заводы	Мосты, крыши больших пролетов; залы со сводчатыми конструкциями
Примеры материалов	Сталь, железобетон; болтовые и сварные соединения	Сталь (арки), камень, бетон

Вывод: нет однозначно «лучшей» конструкции для всех случаев. Выбор зависит от конкретных условий задачи:

- Если нужен большой пролет, высокая эстетика или минимальная высота над пролетом – арочная конструкция чаще оказывается выгодной;
- Если важна гибкость планировки, простота монтажа, возможность быстрого расширения и легкость обслуживания – предпочтительнее рамная конструкция.

Таблица 2 – Сравнение арочных и балочных металлических конструкций

Характеристика	Арочные металлические конструкции	Балочные металлические конструкции
Типы и определения	Прочно изогнутые несущие элементы, создающие устойчивость за счёт изгиба	Сборные плоские элементы, образующие каркас над пролетом
Геометрия и конструктивные особенности	Радиус, угол охвата, опирание на опоры, допускается прогиб	Модульная конструкция, часто треугольная геометрия, горизонтальная и вертикальная связки
Преимущества	Эффективна при большом пролетном расстоянии без опор под ней, эстетика	Легкость сборки на месте, простая транспортировка модульных секций
Ограничения/Недостатки	Требовательна к опорной системе, ограничена по высоте и функциональности	Требует точной сборки, может потребовать дополнительных связей против ветра
Применение и примеры	Мосты, входные арки, крытые площади	Крытые рынки, спортивные здания, ангары
Ключевые соотношения	Горизонтальные реакции зависят от угла охвата и распределённой нагрузки	Стандартные схемы расчёта изгибов и поперечных сил в узлах
Типичные материалы и покрытия	Сталь или алюминий, антикоррозийная защита	Сталь, оцинковка, песчано-цементная штукатурка по краю

Вывод. Эффективнее в большинстве современных проектов чаще оказываются балочные большепролетные конструкции за счёт модульности, сочетания жесткости и производственной эффективности, особенно при больших пролетах пролётах с переменными нагрузками. Однако арочные конструкции остаются экономически выгодной опцией для большепролетных конструкций при ограничениях по толщине перекрытий и когда геометрия арки хорошо вписывается в архитектурное решение.

Литература

1. Тур В.И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности. – М. : Изд-во АСВ, 2004.

2. Лебедь Е.В. Большепролетные металлические купольные покрытия и их возведение / Е.В. Лебедь, А.Ю. Алукаев // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2018.
3. Разумец К.В. Оптимизация конструктивных решений каркасов промышленных зданий / К.В. Разумец, А.Н. Леонова // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 173–177.
4. Стецкий С.В. Основы архитектуры и строительных конструкций : краткий курс лекций / С.В. Стецкий, К.О. Ларионова, Е.В. Никонова. – М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014.
5. Ярмухамедова В.А. Повышение эффективности работы рамных металлических конструкций в больших пролётах / В.А. Ярмухамедова, А.Н. Леонова // В сборнике: Молодежная наука. Сборник лучших научных работ молодых ученых. Материалы LII студенческой научной конференции. – Краснодар, 2025. – С. 604–608.

References

1. Tour V.I. Dome Structures: Forming, Calculation, Design, Efficiency Enhancement. – M. : Publishing House ASV, 2004.
2. Lebed E.V. Large-span Metal Dome Roofs and Their Erection / E.V. Lebed, A.Yu. Alukaev // Structural Mechanics of Engineering Structures and Facilities. – 2018.
3. Razumets K.V. Optimization of Structural Solutions for Industrial Building Frames / K.V. Razumets, A.N. Leonova // Electronic multi-thematic journal «Scientific Works of KubGTU». – 2020. – № 8. – P. 173–177.
4. Stetsky S.V. Foundations of Architecture and Construction : a short course of lectures / S.V. Stetsky, K.O. Larionova, E.V. Nikonova. – M. : Moscow State University of Civil Engineering, IPP Media, EBS ASV, 2014.
5. Yarmukhammadova V.A. Increasing the Efficiency of Frame Metal Structures in Large Spans / V.A. Yarmukhammadova, A.N. Leonova // In the collection: Youth Science. Collection of the best scientific works of young scientists. Materials of the LII Student Scientific Conference. – Krasnodar, 2025. – P. 604–608.