

*Маршинская О.А, Мажирина А.Д, Жданова А.С. Рациональное очертание стальной тонкостенной арки // Материалы по итогам I-ой Всероссийской научно-практической конференции «Современная наука в XXI веке: актуальные вопросы, достижения и инновации», 20 – 30 ноября 2018 г. – 0,3 п. л. – URL: [http://akademnova.ru/publications\\_on\\_the\\_results\\_of\\_the\\_conferences](http://akademnova.ru/publications_on_the_results_of_the_conferences)*

### **СЕКЦИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Маршинская О.А,  
Мажирина А.Д,  
Жданова А.С.**

**студенты 2-го курса архитектурно-строительного факультета  
Оренбургский Государственный Университет**

**Научный руководитель: Гаврилов А.А кандидат технических наук  
г. Оренбург, Оренбургская область,  
Российская Федерация**

#### **Рациональное очертание стальной тонкостенной арки**

В Российской Федерации в 2015 сформировался сегмент металлостроительной индустрии, связанный с проектированием, производством и монтажом легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) из холодногнутых профилей. Для того чтобы сооружение отвечало требованиям экономичности при проектировании необходимо применять рациональное очертание и эффективные типы профилей металлических конструкций. Хорошими показателями по стоимости и расходу стали в сегменте лёгких универсальных промышленных зданий обладают арочные конструкции из тонкостенных холодногнутых профилей. Тонкостенные конструкции хорошо зарекомендовали себя в строительстве малоэтажных жилых и гражданских, а также универсальных производственных объектов. С развитием индустрии ЛСТК стало необходимым найти рациональные формы арок из тонкостенных профилей с учетом особенностей их напряженно-деформированного состояния .

Определение рационального очертания оси арки является важнейшей задачей на этапе проектирования конструкции. Снижение металлоемкости каркасов на основе арок из тонкостенных профилей дает положительный экономический эффект. Но помимо научной задачи по снижению металлоемкости возникает

и практическая задача по снижению общих затрат на весь цикл создания арочной конструкции. Важной особенностью арочных конструкций является их большой пролет, по сравнению, например, с балками. Это влечет за собой устройство монтажных стыков по длине арки для удовлетворения требований экономической транспортировки от завода-изготовителя ЛСТК до строительной площадки.

Использование арочных конструкций из тонкостенных профилей заметно увеличилось за последние несколько лет. Однако теоретические аспекты рационального проектирования таких конструкций редко учитываются. Поскольку главной задачей этого направления остается снижение металлоемкости каркаса, то единственный путь решения – это использование арок оптимальной формы.

Проблема в поиске таких оптимальных форм состоит в следующем:

1. Многовариантность загрузений заставляет искать синтезированные формы арок. Синтез арок является сложной математической задачей, связанной с вероятностной природой нагрузок и воздействий.
2. В большинстве случаев рациональная ось арки не является параболой или сегментом круга, поэтому необходимо рассчитывать оси отдельно под каждое загрузение, так как аналитическое задание такой оси отсутствует в литературе.

Мы хотим показать возможный порядок нахождения рациональной оси арочной конструкции из ЛСТ-профилей под многовариантные загрузения. Данный расчет может стать основой методики определения рациональных осей арок любых габаритов

### **Научная новизна**

1. Предложен оригинальный метод определения рациональной оси ЛСТ-арок, в основе которого лежит упрощение справедливое только для легких подъемистых арок, для которых допускается не учитывать влияние собственного веса.

2. Проведено построение рациональных осей под основные виды нагрузок, воспринимаемых аркой.

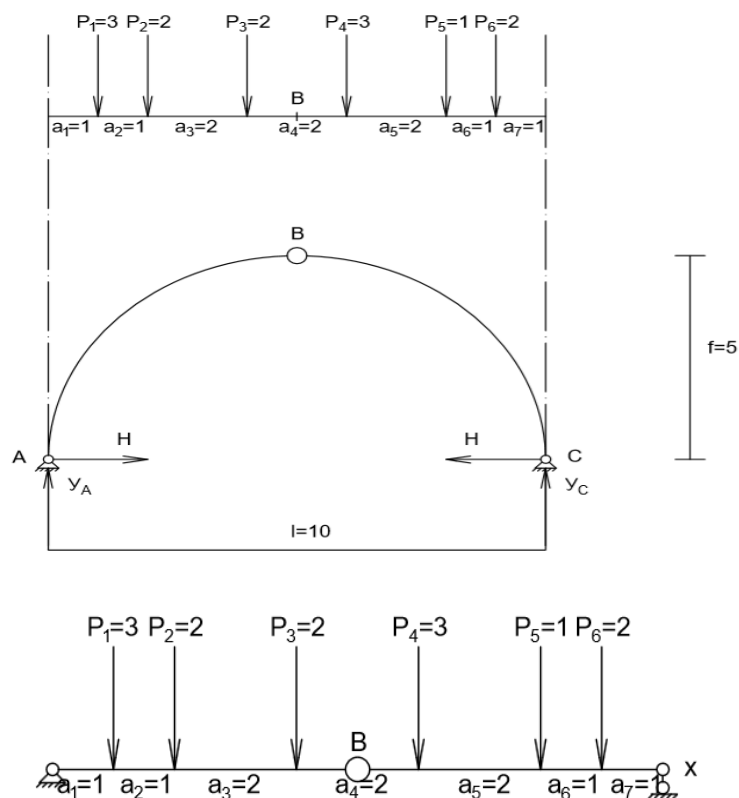
### 1.1 Модель исследования

Расчетная схема представляет из себя изогнутый стержень из стального тонкостенного профиля. В арках использовано составное сечение из двух гнутых швеллеров, соединенных прокладками, для обеспечения совместности работы. В расчетной схеме данное составное сечение задается одним стержнем, поэтому особенности совместной работы швеллеров не учитываются.

### 1.2 Анализ рациональной формы арки при снеговой нагрузке

Построение рациональной кривой арки под снеговую нагрузку – наиболее важный шаг для определения формы арки. Ожидается, что в процессе расчета различных комбинаций загрузений именно снеговая нагрузка будет играть решающую роль, т.к её интенсивность и влияние на эпюру изгибаемого момента наибольшее.

1. Определим реакции опор



$$\sum M_A = 0$$

$$Y_C l - P_1 a_1 - P_2 a_2 - P_3 a_3 - P_4 a_4 - P_5 a_5 - P_6 a_6 = 0$$

$$Y_C = \frac{P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 a_3 + P_4 a_4 + P_5 a_5 + P_6 a_6}{l}$$

$$= \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 4 + 3 \cdot 6 + 1 \cdot 8 + 2 \cdot 9}{10} = 5,9$$

$$Y_A = 3 + 2 + 2 + 3 + 1 + 2 - 5,9 = 7,1$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-Y_A \frac{l}{2} + P_1 \left(\frac{l}{2} - a_1\right) + P_2 \left(\frac{l}{2} - a_2\right) + P_3 \left(\frac{l}{2} - a_3\right) + H \cdot f = 0$$

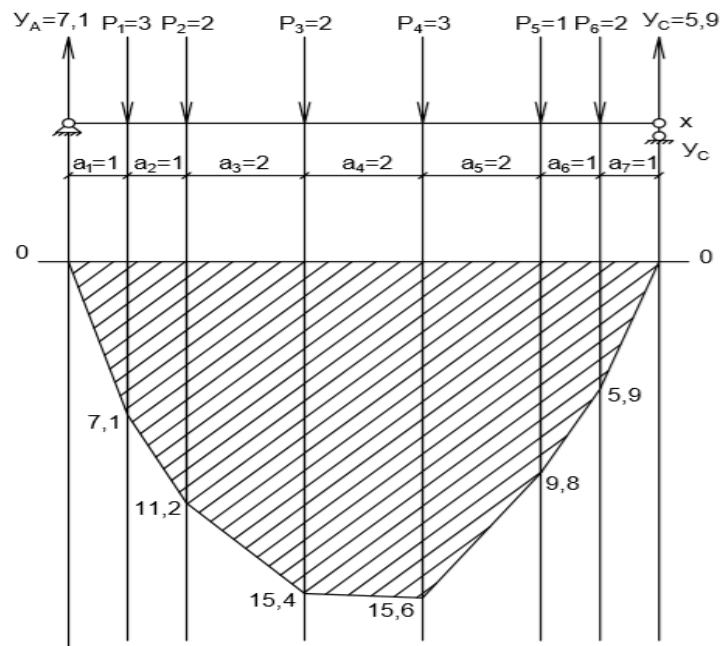
$$H = \frac{Y_A \frac{l}{2} - P_1 \left(\frac{l}{2} - a_1\right) - P_2 \left(\frac{l}{2} - a_2\right) - P_3 \left(\frac{l}{2} - a_3\right)}{f}$$

$$= \frac{(Y_A - (P_1 + P_2 + P_3)) \frac{l}{2} + (P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 a_3)}{f}$$

$$= \frac{(7,1 - (3 + 2 + 2)) \cdot 5 + (3 + 4 + 12)}{5} = \frac{(7,1 - 7) \cdot 5 + 19}{5}$$

$$= \frac{0,5 + 19}{5} = 3,$$

2. Построим эпюры моментов по участкам



участок 1

$$0 \leq z_1 \leq 1$$

$$M_x = Y_A \cdot z_1$$

0		1
0		7,1

$$M_x = Y_A(1 + z_2) - P_1 z_2$$

0		1
7,1		11,2

участок 2

$$0 \leq z_2 \leq 1$$

участок 3

$$0 \leq z_3 \leq 2$$

$$M_x = Y_A(2 + z_3) - P_1(1 + z_3) - P_2 z_3$$

$$\frac{0}{11,2} \mid \frac{2}{15,4}$$

участок 4

$$0 \leq z_4 \leq 2$$

$$M_x = Y_A(4 + z_4) - P_1(3 + z_4) - P_2(2 + z_4) - P_3 z_4$$

$$\frac{0}{15,4} \mid \frac{2}{15,6}$$

участок 5

$$0 \leq z_5 \leq 2$$

$$M_x = Y_c(2 + z_5) - P_6(1 + z_5) - P_5 z_5$$

$$\frac{0}{9,8} \mid \frac{2}{15,6}$$

участок 6

$$0 \leq z_6 \leq 1$$

$$M_x = Y_c(1 + z_6) - P_6 z_6$$

$$\frac{0}{5,9} \mid \frac{1}{9,8}$$

участок 7

$$0 \leq z_7 \leq 1$$

$$M_x = Y_c z_7$$

$$\frac{0}{0} \mid \frac{1}{5,9}$$

3. Определим координаты точек

$$M_C = 0; M_C = M_{xi} - Hy_i \Rightarrow y_i = \frac{M_{xi}}{H}$$

$$y_1 = 0 \Rightarrow \text{точка 1 имеет координату (0;0)}$$

$$y_2 = \frac{7,1}{3,9} = 1,821 \Rightarrow \text{т.2 (1;1,821)}$$

$$y_3 = \frac{11,2}{3,9} = 2,872 \Rightarrow \text{т.3 (2;2,872)}$$

$$y_4 = \frac{15,4}{3,9} = 3,949 \Rightarrow \text{т.4 (4;3,949)}$$

$$y_5 = \frac{15,6}{3,9} = 4 \Rightarrow \text{т.5 (6;4)}$$

$$y_6 = \frac{9,8}{3,9} = 2,513 \Rightarrow \text{т.6 (8;2,513)}$$

$$y_7 = \frac{5,9}{3,9} = 1,513 \Rightarrow \text{т.7 (9;1,513)}$$

$$y_8 = 0 \Rightarrow \text{т.8 (10;0)}$$

### Заключение

Арочные конструкции из легких стальных тонкостенных профилей находят свое применение в строительстве большепролетных зданий. Их применение обусловлено наименьшей металлоемкостью среди пролетных конструкций – балок и ферм. Целью работы являлось снижение металлоемкости арки за счет придания ей рациональной оси.

Итак, общие выводы выполненного исследования:

1. Снижение металлоемкости арки возможно за счет придания её оси рационального очертания.
2. В условиях многовариантности нагрузжений необходимо проводить синтез рациональных осей, подобранных под весь спектр нагрузок и воздействий.
3. При использовании арок рациональной формы, возможно снизить металлоемкость на 20% по сравнению с типовыми арками параболического очертания.

**Всероссийское СМИ**

**«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»**

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

### **Список использованной литературы:**

1. Айрумян Э.Л. Рекомендации по проектированию, изготовлению и монтажу конструкций каркаса малоэтажных зданий и мансард из холодногнутых стальных оцинкованных профилей производства ООО «Балтпрофиль» / М.: ЦНИИПСК им. Мельникова, 2004. -64 с.
2. Астахов И.В. Пространственная устойчивость элементов конструкций из холодногнутых профилей / СПб, 2006. -123 с.
3. Белый Г.И. Особенности работы стержневых элементов конструкций из оцинкованных гнутых профилей // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 3. С. 99-103.
4. Белый Г.И. К расчету на устойчивость стержневых элементов стальных конструкций // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 2 (37). С. 44-48.

***Опубликовано: 30.11.2018 г.***

***© Академия педагогических идей «Новация», 2018***

***© Маршинская О.А, МажиринА.Д, Жданова А.С., 2018***