



УДК 624.074.421

© А. Н. Степаненко, Н. Л. Тишков, 2012

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОФИЛИРОВАННОЙ СТЕНКИ ГОФРИРОВАННОЙ АРКИ ИЗ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПОЛОСЫ

Степаненко А. Н. — д-р техн. наук, проф. кафедры «Строительные конструкции», тел. 37-51-82, e-mail: Stepanenko1941@mail.ru; *Тишков Н. Л.* — инженер 1 категории, преподаватель кафедры «Строительные конструкции», тел. 37-51-82, e-mail: TishkovNL@mail.ru (ТОГУ)

Исследование посвящено определению заданных параметров гофров стенки стальной круговой арки при формировании стенки из прямоугольной полосы. Предложена функция, описывающая срединную поверхность стенки с непрерывными поперечными гофрами треугольного профиля для расчета необходимых геометрических и секторальных характеристик произвольного поперечного сечения.

The paper deals with the determination of given parameters of wall goffers of a steel circular arch in formation of the wall from a rectangular strip. The function describing median surface of wall with continuous cross-section goffers of triangular profile for the prediction of required geometrical and sector characteristics for any cross section is proposed.

Ключевые слова: арка, гофрированная стенка, гофр, треугольный профиль, двутавровое сечение, поверхность стенки.

Состояние вопроса

С конца прошедшего века ведутся попытки по применению арок из сварного двутавра с тонкой волнистой стенкой в качестве несущих конструкций покрытий сельскохозяйственных зданий [1- 3]. Но тем не менее точного описания геометрии его произвольного поперечного сечения и напряженного состояния нет. Описание геометрии было произведено в 1999 году [4], но при этом для упрощения описания треугольного и трапецеидального профилей, профиль принят синусоидальным, что приводит к некоторому искажению напряжённого состояния поперечных сечений даже в прямолинейных стержнях.

Из известных и используемых в гофрированных арках профилей гофров в их стенках наиболее рациональным по картине напряженного состояния поперечного сечения и при этом наиболее простым в изготовлении является треугольный гофр [5, 6]. Гофр непрерывно описывается по длине изогнутой дуге окружности оси арки, а сама арка с гофрированной стенкой представля-

ется тонкостенным стержнем с периодически изменяемой геометрией поперечного сечения.

Геометрия гофров

Для непрерывного описания срединной поверхности стенки круговой арки, изогнутой в плоскости стенки с радиусом кривизны нижнего пояса R_n (его ось принимается за ось арки), выполненной из двутавра высотой сечения h непрерывным треугольным профилем поперечных гофров в стенке (рис. 1), можно воспользоваться периодической функцией в виде ряда

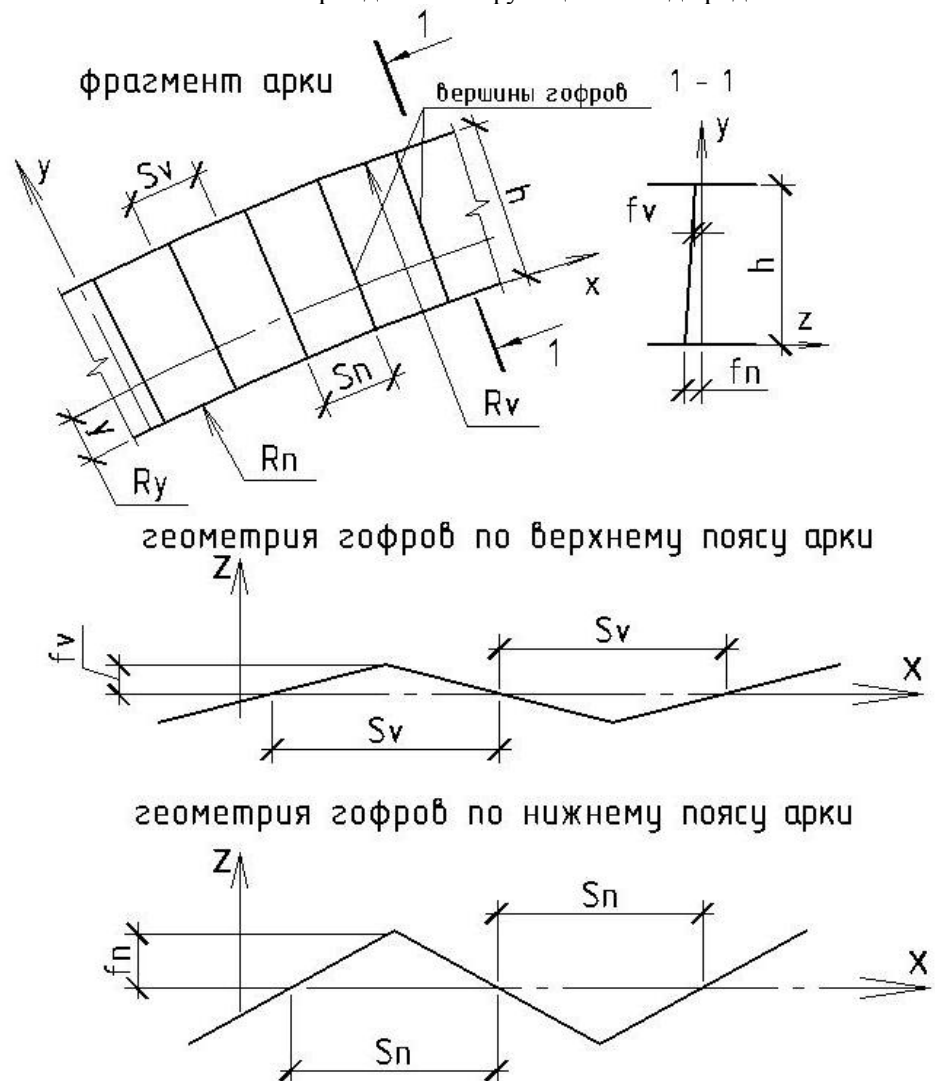


Рис. 1. Фрагмент арки, геометрия гофров у верхнего и нижнего поясов



$$z(x, y) = f(y) \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \cdot \frac{\sin \left[(2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\pi \cdot x}{s(y)} \right]}{(2 \cdot k + 1)^2} \quad (1)$$

где $f(y)$ - максимальное отклонение вершин гофров от оси стенки на высоте y от ее низа. По высоте стенки оно переменное, причем с удалением от нижнего пояса арки – оно уменьшается. При формовании стенки из прямоугольной полосы без удлинения ее продольных волокон соблюдается условие: длина волокон полуволны по высоте стенки остается постоянной, т.е.

$$\sqrt{f_n^2 + \left(\frac{s_n}{2}\right)^2} = \sqrt{f_v^2 + \left(\frac{s_v}{2}\right)^2} = \sqrt{f_y^2 + \left(\frac{s_y}{2}\right)^2},$$

откуда при $0 \leq y \leq h$ получим

$$f(y) = f_n \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{s_n}{2 \cdot f_n}\right)^2 \cdot \frac{y}{R_n} \cdot \left(2 + \frac{y}{R_n}\right)} = f_n \cdot k_{fy}$$

$s(y)$ - длина полуволны гофра на расстоянии y от нижнего пояса, принимаемая равной:

$$s(y) = s_n \cdot \left(1 + \frac{y}{R_n}\right)$$

Изменение высоты $f(y)$ гофра по высоте стенки h приближается к линейному при $h / R_n \leq 0,03$ и $s_n / f_n \leq 6$, поэтому при последних отношениях формование гофров в стенке не должно вызвать ее повреждений и позволяет принять

$$f(y) = f_n - \frac{f_n - f_v}{h} \cdot y$$

Следует также иметь в виду, что при $f_n = f_n^{min} = \frac{s_n}{2} \cdot \sqrt{\frac{h}{R_n} \cdot \left(2 + \frac{h}{R_n}\right)}$

стенка арки у верхнего пояса выправляется.

Определить параметры гофров произвольного сечения стенки арки удобно посредством программного комплекса Mathcad путем построения графика поверхности. Алгоритм построения графиков поверхности представлен на рис. 2.

Принятые параметры

$R_n := 1000$ радиус кривизны нижнего пояса арки (см)
 $h := 30$ высота гофрированной стенки (см)
 $f_n := 4$ высота полуволны гофра у нижнего пояса (см)
 $\frac{L}{m} := 1000$ пролет нижнего пояса (см)
 $\frac{m}{m} := 60$ число полуволн гофров в стенке арки

Параметры определяющие график поверхности

+

$\alpha := 2 \operatorname{asin}\left(\frac{L}{2 \cdot R_n}\right)$ $\alpha = 1.047198$ центральный угол охвата арки (рад)

$SL := \alpha \cdot R_n$ длина арки у нижнего пояса (см)

$sn := \frac{SL}{m}$ $sn = 17.453293$

$f_v := f_n \cdot \sqrt{1 - \frac{sn^2 \cdot h}{4 \cdot f_n^2 \cdot R_n} \cdot \left(2 + \frac{h}{R_n}\right)}$ $f_v = 3.370786$

$df := f_n - f_v$ $df = 0.629214$

$\psi_g := \frac{\alpha}{m}$ $\psi_g = 0.017453$

$x(R, \psi) := R \cdot \cos(\psi)$ $y(R, \psi) := R \cdot \sin(\psi)$

$z(R, \psi) := \frac{8 \cdot f_n}{\pi^2} \cdot \left(1 - df \cdot \frac{R - R_n}{h}\right) \cdot \sum_{k=0}^{20} \left[\frac{(-1)^k}{(2 \cdot k + 1)^2} \cdot \sin\left[(2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\pi \cdot \psi}{\psi_g}\right] \right]$

$R_{low} := 1000$ $R_{high} := 1030$ $R_{n1} := 5$

$\psi_{low} := \frac{\pi}{3}$ $\psi_{high} := 2 \cdot \frac{\pi}{3}$ $\psi_n := 300$

$F1 := \operatorname{CreateMesh}(x, y, z, R_{low}, R_{high}, \psi_{low}, \psi_{high}, R_{n1}, \psi_n)$

Рис. 2. Алгоритм построения графиков поверхности посредством программного комплекса Mathcad

График поверхности профилированной стенки гофрированной арки, а также верхнего и нижнего поясов построенного посредством программного



комплекса Mathcad представлен на рисунке 3 (вид спереди, 3D вид, разрез 1-1, разрез 2-2), где отчетливо видно периодическое изменение геометрии поперечного сечения арки.

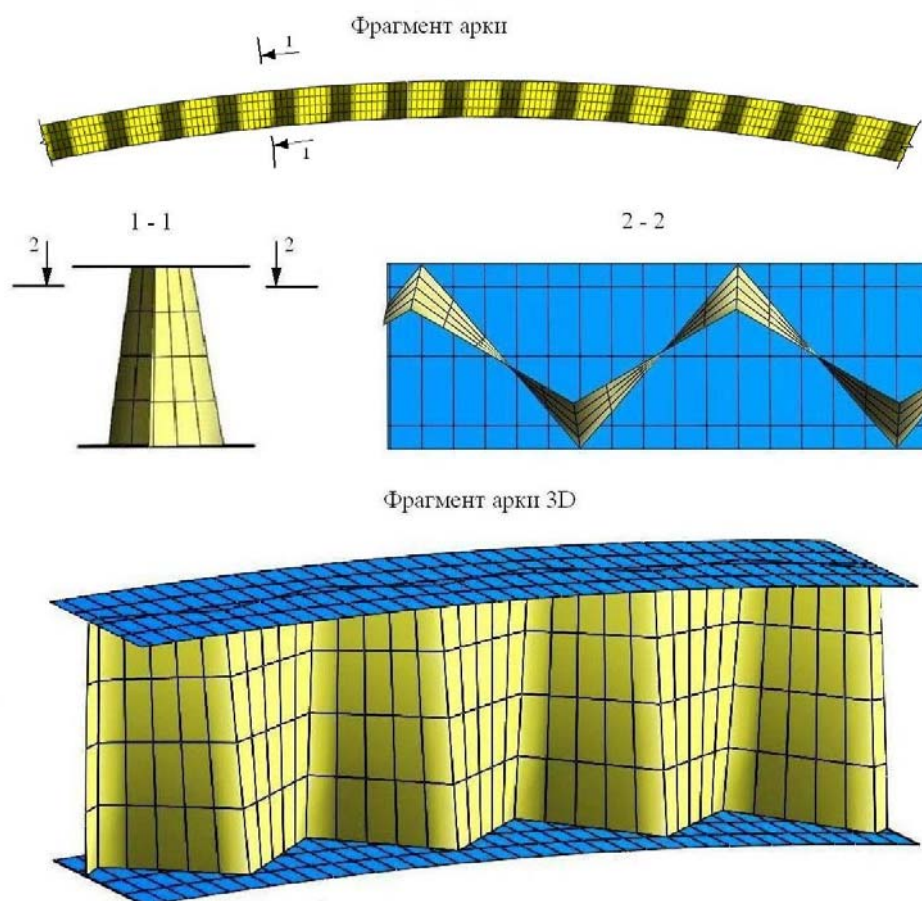


Рис. 3. График поверхности профилированной стенки гофрированной арки, а также верхнего и нижнего поясов

Заключение

Представленная периодическая функция (1) позволяет непрерывно описать профилированную стенку гофрированной арки и определить необходимые для расчетов геометрические и секторальные характеристики его произвольного сечения.



Библиографические ссылки

1. *Максимов Ю.С., Остриков Г.М.* Сельскохозяйственные здания из легких металлических конструкций. // Комплексные здания из легких металлических конструкций. Тезисы докладов всесоюзного совещания М.: ЦБНТИ. 1988. С. 56-58.
2. *Аржаков В.Г.* Расчет и конструирование облегченных балочных конструкций. Якутск. Изд. Якутского гос. ун-та. 1990. С. 42-52.
3. *Степаненко А.Н.* Облегченные арочные покрытия сельскохозяйственных зданий. // Прогрессивные строительные конструкции для условий Дальнего Востока. Хабаровск. ХГТУ. 1994. С. 30-32.
4. *Степаненко А.Н.* Стальные двутавровые стержни с волнистой стенкой. Хабаровск. ХГТУ. 2001. -175 с.
5. *Остриков Г.М., Максимов Ю.С.* Легкие стальные конструкции покрытий производственных зданий: Экспресс-информация. Серия: Промышленное строительство. №1. Алма-Ата.: КазЦНТИС Госстроя КазССР. 1987.-41с.
6. *Егоров П.И.* Влияние различных профилей гофров в тонкой стенке стальной гофрированной балки на ее напряженно-деформированное состояние. // Новые идеи нового века: Материалы Третьей международной научной конференции ИАиС ХГТУ. Хабаровск. ХГТУ. 2003. С. 64-66.