

УДК 624.012

**УСТОЙЧИВОСТЬ ГОФРОВ СТАЛЬНЫХ ПРОФИЛИРОВАННЫХ НАСТИЛОВ  
ПОКРЫТИЯ ПРИ РАБОТЕ ИХ НА ИЗГИБ.**

Доцент Рахимов. Акрам Кахарович, старший преподаватель Содиков Мустафо Орифович,  
Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет имени  
М.Улугбека, Узбекистан  
E-mail: [raximovakram96@gmail.com](mailto:raximovakram96@gmail.com)

**Аннотация:** В статье приводится сведение об устойчивости гофров - стальных профилированных настилов при работе их на изгиб. Дается методика расчета элементов гофры на устойчивость, а также применение ее при расчете сэндвич панелей.

**Ключевые слова:** методика расчета, профилированный настил, пролет балки, работа на сжатие, несущая способность, гофра настила, опорная реакция.

В настоящее время в строительстве зданий и сооружений широко применяются стальные профилированные настилы для покрытия и стен. Монтаж стальных профилированных настилов производится по разрезной и неразрезной схеме. При этом в пролете широкие полки гофров настила работают на сжатие, а узкие полки на растяжение. В над опорной части широкие полки настила на растяжение, узкие полки на сжатие. Несущая способность профилированных настилов зависят от напряженного и деформированного состояния гофров настила в над опорных зонах, где изгибающий момент значительно больше пролетного. В этом случае от опорной реакции в гофра настила возникают сжимающие усилия. В результате этого наблюдается потери местной устойчивости стенки гофра. Это приводит к уменьшению несущей способности настила.

В большинстве случаев для покрытия зданий и сооружений применяются “сэндвич” панели. Такое явление происходит и в “сэндвич” панелей.

Стальные профилированные настилы рассчитывают, как правило по методике, разработанной институтом Днепрпроектстальконструкция и основанной на экспериментальных данных. По этой методике устойчивость наклонных граней (стенок) гофров настилов на средних опорах при его работе по неразрезной схеме проверяется при равномерно распределенной нагрузке  $q$  по формуле

$$\left( \frac{\sigma}{\sigma_0} + \frac{\sigma_M}{\sigma_{M_0}} \right) \leq m \quad (1)$$

где  $\sigma = \frac{M}{W} \leq R_y$  – нормальные напряжения от изгиба при действии момента  $M = K_1 q l^2$

$\sigma_M = \frac{2B_r}{t \cdot Z}$  – местные напряжения в настиле толщиной  $t$  от реакции  $B_r = K_2 q l$  на средней опоре шириной  $Z$

$\sigma_0$  и  $\sigma_{M_0}$  – нормальные и местное критические напряжения

$m$  – коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,9 или 1,0 в зависимости от типа опор.

При определении значений  $\sigma_M$  и  $\sigma_{M_0}$  приняты следующие допущения:

1. Расчетное местное усилие, равное опорной реакции, направлено в плоскости стенки гофра, т.е. угол ее наклона не учитывается.

2. Наклонные грани гофров остаются абсолютно плоскими до потери местной устойчивости.

3. Степень защемления наклонных граней гофров в местах сопряжения с полками близка нулю.

4. Соотношения высоты стенки гофров и ее толщины не превышает 120.

Эксперименты, подтверждающие точность этой методики, проводились в основном на образцах настила с гофрами высотой 80 мм из стали толщиной 1,0 мм. По этой методике местное критическое напряжение  $\sigma_{m_0}$  определяется по эмпирической формуле

$$\sigma_{m_0} = 156K_{1c} \cdot K_{2c} \cdot K_{3c} \cdot K_{4c} \cdot \sqrt{R_y} \quad (2)$$

Значения коэффициентов  $K_{1c}, K_{2c}, K_{3c}, K_{4c}$  определяются по таблицам в зависимости от толщины, радиуса закругления, высоты гофра и от ширины полки поддерживающей конструкции. В единый сортамент профилированных настилов, в который включены новые профили с высотой гофров от 40 до 114 мм из более тонкой стали толщиной от 0,6 до 0,8 мм.

Анализ деформированной формы гофров ранее испытанных образцов показал, что наклонные грани имеют частичные защемления по продольным краям в местах сопряжения стенок с полками. Проверка местной устойчивости стенок профилированного настила при соотношениях  $H/t \geq 100$  с учетом начальной погиби и частичного защемления краев стенок в большей степени соответствуют действительной работе настила при поперечном изгибе.

Расчетная схема настила на опоре представлена в виде зетобразного элемента единичной ширины, размеры поперечного сечения которого такие же, как у полуволны гофра (рис. 1).

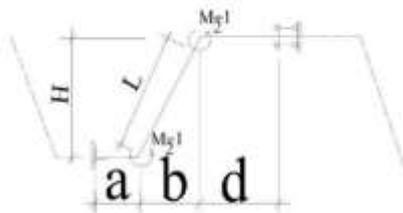


Рис.1. Расчетная схема гофры.

Жесткое защемление в расчетной схеме принято в точке закрепления нижней полки настила на опоре. Закрепления в виде парных стерженьков в середине верхней (обычно более широкой) полки гофра имитируют ее податливость в вертикальной плоскости от действия момента отброшенной части гофра.

Таким образом, расчетная схема представляет дважды статически неопределимую систему. Жесткость защемления стенки в узлах 1 и 2 выражается как обратная величина углов поворота этих узлов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  от приложенных в них единичных моментов  $M_1$  и  $M_2$ . При решении этой задачи методом сил и использовании формулы Мора, определены углы поворота, зависящие от геометрических размеров данной системы. Для определения значения критической нагрузки рассмотрено напряженное состояние над опорного участка стенки. Этот участок единичной ширины представлен, как сжато изогнутый стержень, упруго защемленный по концам участка характеризуемого значениями  $C_1 = \frac{1}{\varphi_1}$  и  $C_2 = \frac{1}{\varphi_2}$ . Стержень имеет начальную одностороннюю погибь, что соответствует возможной волнистости стенок гофров, допускаемой ГОСТом.

Для расчета гофры на устойчивость по программе ПЛ-1 в качестве исходных параметров задавались:

1. Относительные жесткости защемления концов стержня  $\tilde{C}_1, \tilde{C}_2$  (безразмерные параметры), определяемые по формуле

$$\tilde{C}_{1,2} = \frac{C_{1,2} \cdot L}{E J_0} \quad (3)$$

где  $J_0$  – характерный момент инерции сечения

$E$  – модуль упругости материала

2. Диаграмма Прандтля для материала настила.

3. Форма начального искривления оси стержня по полуволне синусоиды с заданной амплитудой  $f_m^0$ .

4. Относительные размеры прямоугольного сечения стержня единичной ширины.

5. Гибкость стержня прямоугольного сечения, равная

$$\lambda = \frac{L\sqrt{3}}{h} \quad (4)$$

где  $h$  – половина высоты сечения стержня (рис. 2).

$L$  – длина стержня, определяемая как ширина плоской части наклонной грани гофра без краевых выкружек (рис. 1)

Анализ результатов параметрического исследования показал, что с увеличением толщины настила влияние защемления краев стенки на критическую нагрузку возрастает. При увеличении параметров жесткости защемления стенки от 1 до 5 критическая нагрузка возрастает значительно интенсивнее, чем при значении  $\tilde{C}$  более 5. Параметр  $\tilde{C}$  для большинства известных профилированных настилов не превышает 5. Начальная погибь в стенке принятых пределов влияет на величину критической нагрузки в значительно меньшей степени, чем жесткость упругого защемления ее краев. С увеличением толщины стенки настила в пределах от 0,6 до 0,8 мм влияние ее начальной погиби на величину критической нагрузки возрастает независимо от жесткости защемления.

Такую методику расчёта устойчивости гофров стального профилированного настила необходимо усовершенствовать для расчёта сэндвич панелей, в составе которого в качестве верхней обшивки принят стальной профилированный лист.

Устойчивость гофров в таких панелях обеспечивается жёсткостью среднего слоя, которая выполнена из минеральной и базальтовой ваты, а также из пенополистирола.

Чтобы усовершенствовать методику расчёта сэндвич панелей необходимо провести экспериментальные исследования.

#### Литература.

1. ШНК 2.03.05-13 Стальные конструкции. Нормы проектирования. Т. 2013г.
2. Мандриков .А.П. Расчет металлических конструкций. Санкт-Петербург 2012г.
3. Рекомендации по определению несущей способности кровельных и стеновых панелей (сэндвич) М.2013г. ЦНИИПСК.