

Методика Расчета Профилированного Настила На Изгиб, Работоющего В Составе Сэндвич Панели

Рахимов Акрам¹, Мукараров Шахбоз²

Аннотация: В настоящее время в конструкциях покрытия и стен применяется стальной профилированный лист и на их основе трехслойные панели типа сэндвич. В статье приводятся методика расчета отдельного листа по неразрезной схеме, а также в составе сэндвич панели, где учитываются устойчивые стенки и полка гофра совместно с средним слоем. [1.2.3.]

Ключевые слова: профилированный лист, сэндвич панель, устойчивость, настил, утеплитель, разрезная и неразрезная схема, гофра, жесткость, напряжение, толщина.

Введение. Одним из главных задач при проектировании зданий и сооружений в сейсмических зонах является уменьшение веса строительных конструкций, в том числе веса конструкций покрытия. Металл является дорогим материалом для строительных конструкций. Одним из путей достижения существенной экономии стали в металлических конструкциях является совершенствование конструктивных решений методов расчета с учетом их действительной работы, а также их изготовление и монтаж.

Решение. Одной из неотъемлемой частью ограждающих конструкций покрытия является профилированный настил из оцинкованной стали различной толщины и конструкции на их основе. Объем производства профилированного настила применяемые в несущих и ограждающих конструкциях постоянно растёт.

Повышение эффективности профилированных настилов и снижение их металлоёмкости достигается путём уменьшения их толщины и параметров гофров.

В расчётах, профилированный настил в конструкциях покрытия часто рассматриваются в качестве жёсткого диска. Однако, экспериментальные исследования показали, что профилированный настил обладает конечной жёсткостью в своей плоскости и его соединения с прогонами и другими конструкциями, являются податливыми. Соединения профилированного настила производятся саморезами или дюбелями и должен обеспечить их общую устойчивость.

В настоящее время Мангитагорским и Новолипецким металлургическими заводами в Узбекистан поставляется рулонная сталь толщиной 0,4 - 1,0 мм, для изготовления профилированных листов.

Для выявления возможности применения такой стали для производства профилированного настила, были проведены экспериментальные исследования.

Исследования показали, что из-за большой гибкости стенок гофра настила (толщина 0,4-0,7 мм.) несущая способность их уменьшается. В таких профилированных настилах критерием несущей способности является устойчивость стенок гофра в пролёте и над средней опорой при работе их по неразрезной схеме.

Поэтому применение тонкой стали в профилированных настилах и в панелях без дополнительных мероприятий обеспечивающих устойчивость стенок гофров нецелесообразно.

¹ Доцент, Кахарович Самаркандский государственный архитектурно-строительного университет, Узбекистан

² Магистр, Самаркандский государственный архитектурно-строительного, университет Узбекистан



По результатам экспериментальных исследований с целью повышения несущей способности профилированного настила по условиям местной устойчивости стенок гофров надопорах, был разработан и предложен способ усиления настила с помощью вкладышей. Вкладыши длиной по 300 мм в обе стороны от опоры, поперечное сечение которых аналогично поперечному сечению настила, должны быть установлены над опорой под настилом и должны крепиться к прогону одновременно с основным профилированным настилом.

Установленные вкладыши обеспечивают устойчивость стенок гофров на средних опорах.

Профилированный настил к конструкциям покрытия крепится с помощью саморезов и электрозаклёпок. При проектировании типа соединения профилированных настилов к конструкциям, необходимо учитывать небольшую массу кровли.

Масса кровли может не уравновешивать нагрузку от ветрового отсоса. В таких случаях крепёжные детали необходимо рассчитывать на отрыв.

Экспериментальные исследования показали, что таким простым способом усиления повышается эффективность применения более тонкого профилированного настила.

Этот способ усиления не является эффективным когда профилированный лист применяется в качестве верхней обшивки в составе сэндвич панели.

Для уменьшения объёма работ при монтаже конструкций покрытия в настоящее время в покрытиях и в стеновых ограждениях применяются трехслойные сэндвич панели по разрезной так и не разрезной схеме. В этих панелях верхняя обшивка выполняется из профилированного настила, а нижняя из плоского или слабо гофрированного листа.

Для среднего слоя применяются минеральная вата, базальтовое волокно, пенополистирол, а также другие материалы. Этот слой играет роль теплоизолирующего элемента. Две металлические листы образующие обшивку, располагается с обеих сторон сердечника, предназначенные для защиты изделий от механических повреждений, влаги и других негативных факторов, обеспечивают внешнюю привлекательность строительных конструкций. В большинстве случаев при изготовлении сэндвич панели средней жесткий слой заполняет гофры верхней обшивки т.е. профилированного настила. (Рис-1)



Рис 1 Сэндвич панель

В других случаях, на пример в сэндвич панелях изготавливаемых в Самаркандском металлургическом заводе, средней слой приклеиваются только к широким полкам верхней обшивки т.е. узкие гофры не заполняются. (рис -2)





Рис 2 Сэндвич панел

Работа этих панелей в составе покрытия по разрезной и не разрезной схеме от вертикальных нагрузок резка отличается друг от друга.

В сэндвич панелях где жесткий утеплитель запалняет гофры верхней обшивки обеспечивая тем самым устойчивость их стенок ,и полок.

При этом при изготовлении средней слой (утеплитель) к верхним и нижним обшивкам прикрепляются с помощью специальных клеев. От плотности и сцепления этих слоёв зависит несущая способность сэндвич панелей. На пример прочность сцепления с металлическими листами пенополиуретена составляет при равномерном отрыве 3.0 кгс/см^2 ,при сдвиги 2.5 кгс/см^2 .

После отрыва утеплителя с обшивками в работу включается верхняя обшивка т .е. профилированный лист, а также нижняя обшивка (плоский лист) работающий на растяжение . При этом несущая способность панеля зависит от устойчивости стенок и полок гофров над средней опорой .

С возрастанием нагрузки в узких сжатых полках на опоре происходит смятие, наклонные грани гофров начинают изгибаться во внутригофровое пространство. Высота гофра уменьшается. В пролетах наблюдаются волнообразования в сжатых широких полках .При критической нагрузке происходит потеря устойчивости стенок гофров ,и часть сжатой узкой полки на опоре выключается из работы. Это приводит к резкому падению момента инерции надпорного сечения. Поэтому в настиле происходит частичное перераспределение моментов, в пролетах резка возрастают прогибы и в сжатых широких полках волны становятся более выраженными. Длина этих волн достигает ширины сжатой широкой полки. С возрастанием нагрузки высота волн увечливается и начиная с крайних гофров широкая сжатая полка, а затем узкая теряют устойчивость в зоне максимального изгибающего момента . Несущая способность настила исчерпывается мгновенно сначала в одном пролете ,а затем в другом .

Таким образом несущая способность настилов при работе их по неразрезной схеме во многом опеределяется работой надпорного сечения настила, а именно устойчивостью наклонных граней гофров .После потери устойчивости стенок гофров наиболее напряженной остается растянутая широкая полка .Поэтому при расчете настила по условиям устойчивости наклонных



граней гофров необходимо учитывать все факторы, влияющие на значение критической нагрузки .

В настоящих нормах устойчивость граней гофров профгилированного листа на средних опорах при его работе по неразрезной схеме проверяется при равномерно распределенной нагрузки q по формуле (1) [1]

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

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

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

σ_0 и σ_{M_0} - нормальные местные критические напряжения .

m - коэффициент условия работы, принимаемым равным 0.9 или 1,0 зависимости от типа опор .

При определении значена σ_M и σ_{M_0} приняты следующие допущения

- 1 Расчетное местное усилие , равное опорной реакции , направлено в плоскости стенки гофра , т.е.наклон не учитывается .
- 2 Наклонные грани гофров остаются абсолютно плоскими до потери местной устойчивости
- 3 Состношения высоты стенки гофров и ее толщины не превышает допустимого.

По этой методике местное критическое напряжение определяется по эмпирической формуле .

$$\sigma_{M_0} = 156 K_{1c} \cdot K_{2c} \cdot K_{3c} \cdot K_{4c} \cdot \sqrt{R_y} \quad (2)$$

Значения коэффициентов $K_{1c}, K_{2c}, K_{3c}, K_{4c}$ оределяются по таблицам в зависимости от ,раиуса закругления , высоты гофра и от ширины полки, поддерживающей конструкции

несущая способности панели по сопротивлению опорной реакции на поверхности контакта при разрезной и неразрезной схеме работы панели, в том случае, когда поверхность панели либо плоская, либо слабо гофрирована, определяется по .

Несущая способности панели по сопротивлению опорной реакции на поверхности контакта при разрезной и неразрезной схеме работы панели , в том случае, когда поверхность панели глубоко гофрирована. [2.3.]

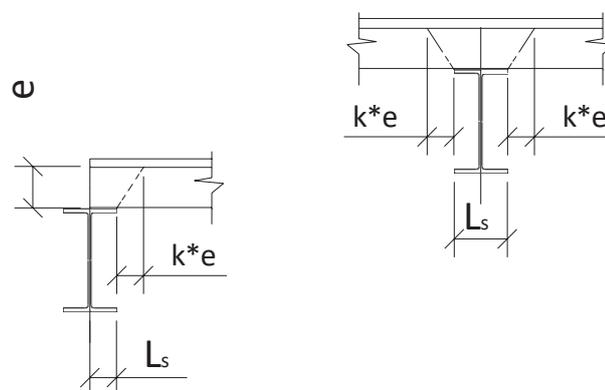


Рисунок -3

Несущая способность на концевых опорах разрезной или неразрезной кровельной панели задаётся уравнением .

$$F_{R1} = B \cdot (L_s + k \cdot e) \cdot R_{ycc} \quad (3)$$



Несущая способность на средних опорах неразрезной стеновой панели должна задаваться уравнением .

$$F_{R2} = B \cdot (L_S + 2 \cdot k \cdot e) \cdot R_{ycc} \quad (4)$$

где

- B - ширина панели;

L_S - ширина опоры;

e - расстояние между центрами тяжести обшивок;

R_{ycc} - расчётное значение прочности на сжатие сердечника

$$R_{ycc} = \frac{R_{yccn}}{\gamma_m}$$

R_{yccn} - нормативное значение прочности на сжатие сердечника,

γ_m - коэффициент надёжности по материалу, ;

k - коэффициент распределения напряжений по сердечнику панелей,

определяются с помощью испытаний, либо рекомендуется использовать следующие значения:

- для минераловатного сердечника по результатам испытаний $k = 0,4$.

- для сердечника из пенопласта $k=0,5$;

или

$$F_{R2} = n \cdot 0.15 \cdot t^2 \sqrt{E_F R_Y} \left(1 - 0,1 \sqrt{\frac{r}{t}} \right) \left(0,5 \div \sqrt{\frac{L_S}{50t}} \right) \left(2,4 \div \left(\frac{\sigma}{90} \right)^2 \right); \quad (5)$$

где n – количество стенок гофрированного профиля на единицу ширины панели;

r – радиусгиба между стенкой и полкой профиля;

\emptyset – угол между опорной конструкцией и стенкой гофра в пределах $45^0 \leq \emptyset \leq 90^0$;

L_S - ширина опоры;

t - толщина профилированного листа.

У концевой опоры, если расстояние между концом панели и осью опорной конструкции в 1,5 раза превышает высоту гофрированного профиля облицовки, F_{R2} составляет половину значения, определяемого по формуле. (5)

Ниже приводится несущая способность сэндвич панелей по разрезной схеме, без учета полной работы гофров совместно с утеплителем. (таблица 1)

Несущая способность Сэндвич панелей

таблица 1

Толщина панели, мм	Пролет, т, м					Ширина опоры, мм
	1,5	2	2,5	3,0	3,5	
60	262	197	149	121	100	50
80	380	267	219	178	150	
100	498	336	288	236	199	
120	616	406	358	294	247	58
150	793	511	463	380	321	58
200	1029	649	601	494	418	58



Заключение . Для уточнения теоритического расчета трехслойных панелей необходимо провести экспериментальные исследования натуральных конструкций или путем отбора образцов из панелей .

Ширина образца принимается из условия размещения на ней не менее одной выступающей плоской грани профиля наружного листа панели вместе с отгибами .

Если в сэндвич панелях плоский средней слой заполняет гофры верхней обшивки т .е профилированного листа, в расчете необходимо учитывать всю площадь сечения гофра, которое включается в её роботу .Это соответавенно повышает неущую способность панелей .

Литература

1. Рахимов А К. Садиков М О .Устойчивость гофров стальных профилированных панелей покрытия при работе их на изгиб.(INNATIVE TECNOLOGIES CONSTRUCTION . Т 2023 г 25 май.
2. Мандриков . А. П. Расчет металлических конструкций. Санкт- Петербург 2012 г.
3. Рекомендации к определению несущей способности кровельных и стеновых панелей (сэндвич) М.2013 г. ЦНИИПСК .
4. ru.wiskindcleanroom.com
5. ru.wikipedia.org
6. mrs48.ru

