

ИЗМЕНЕНИЕ N 2

к СП 294.1325800.2017 Конструкции стальные. Правила проектирования

ОКС 91.080.01, 91.080.10, 91.080.13

Дата введения 2021-06-15

УТВЕРЖДЕНО И ВВЕДЕНО В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 14 декабря 2020 г. N 780/пр

Введение

Дополнить абзацем в следующей редакции:

"Изменение N 2 к настоящему своду правил разработано авторским коллективом: ЗАО "ЦНИИПСК им.Мельникова" (Н.Г.Силина, Е.А.Понурова); ФГБОУ ВО "СибАДИ" (канд. техн. наук Л.В.Красотина); Научно-исследовательская и проектно-строительная фирма "УНИКОН" (канд. техн. наук В.В.Катюшин); ТОО "Институт Проектстальконструкция" (канд. техн. наук Ю.С.Максимов).".

Раздел 2 Нормативные ссылки

Дополнить ссылкой: "ГОСТ Р ИСО 17659-2009 Сварка. Термины многоязычные для сварных соединений".

Заменить ссылки:

"ГОСТ Р 52643-2006 Болты и гайки высокопрочные и шайбы для металлических конструкций. Общие технические условия" на "ГОСТ 32484.1-2013 Болтокомплекты высокопрочные для предварительного натяжения конструкционные. Общие требования";

"ГОСТ Р 52646-2006 Шайбы к высокопрочным болтам для металлических конструкций. Технические условия" на "ГОСТ 32484.5-2013 Болтокомплекты высокопрочные для предварительного натяжения конструкционные. Плоские шайбы";

Заменить обозначение:

"ГОСТ Р ИСО 898-2-2013" на "ГОСТ ISO 898-2-2015".

Заменить ссылку: "ГОСТ Р ИСО 4759-3-2009 Изделия крепежные. Допуски. Часть 3. Плоские круглые шайбы для болтов, винтов и гаек. Классы точности А и С" на "ГОСТ ISO 4759-3-2015 Изделия крепежные. Допуски. Часть 3. Шайбы плоские для болтов, винтов и гаек. Классы точности А и С".

Заменить ссылку: "СП 14.13330.2014 "СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах" (с изменением N 1)" на "СП 14.13330.2018 "СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах" (с изменением N 1)".

СП 16.13330.2017. Дополнить словами: "(с изменениями N 1, N 2)".

Заменить ссылку: "СП 17.13330.2011 "СНиП II-26-76 Кровли" на "СП 17.13330.2017 "СНиП II-26-76 Кровли" (с изменением N 1)".

СП 20.13330.2016, СП 28.13330.2017. Дополнить словами: "(с изменениями N 1, N 2)".

Заменить ссылки: "СП 43.13330.2012 "СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий" (с изменением N 1)" на "СП 43.13330.2012 "СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий" (с изменениями N 1, N 2)";

"СП 63.13330.2012 "СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения" (с изменениями N 1, N 2)" на "СП 63.13330.2018 "СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения" (с изменением N 1)";

"СП 70.13330.2012 "СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции" (с изменением N 1)" на "СП 70.13330.2012 "СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции" (с изменениями N 1, N 3)";

"СП 131.13330.2012 "СНиП 23-01-99* Строительная климатология" (с изменением N 2)" на "СП 131.13330.2018 "СНиП 23-01-99* Строительная климатология".

СП 260.1325800.2016. Дополнить словами: "(с изменением N 1)".

Раздел 3 Термины и определения

Изложить в новой редакции:

"Раздел 3 Термины и определения

В настоящем своде правил применены термины по ГОСТ 2601, ГОСТ Р ИСО 857-1, ГОСТ Р ИСО 17659, ГОСТ 28548, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **гофр**: Продольная или поперечная фигурная складка стального листа.

3.2 **гофрированная стенка**: Элемент сварного дутавара с синусоидальной, трапециевидной или треугольной формой гофров."

Подраздел 20.6. Изложить в новой редакции:

"20.6 Элементы сварного двутаврового сечения с гофрированной стенкой

20.6.1 Общие положения

20.6.1.1 В элементах сварного двутаврового сечения для повышения устойчивости их стенок и снижения металлоемкости конструкций применяют гофрированные стенки с поперечным расположением гофров по отношению к продольной оси элемента. В разделе рассмотрены гофрированные стенки с синусоидальной и треугольной формой гофров (рисунки 49, 49.1, 49.2, 49.3).

20.6.1.2 Сварные двутавры с поперечно-гофрированными стенками могут быть постоянной или плавно изменяющейся по длине профиля высоты и использоваться в конструкциях зданий и сооружений в качестве балок, колонн, рам, арок и т.д.

20.6.1.3 Класс элементов конструкций из сварных двутавров с поперечно-гофрированными стенками следует назначать по СП 16.13330.2017 (пункт 4.2.7) в зависимости от напряженно-деформированного состояния расчетного сечения для нагрузок всех видов, включая сейсмические.

20.6.1.4 В сварных двутаврах с синусоидальными и треугольными поперечно-гофрированными стенками рекомендуется применять:

а) сплошные односторонние поясные швы - при толщине стенок до 5 мм включительно;

б) сплошные двусторонние поясные швы около монтажных и опорных ребер, в местах приложения к поясам сосредоточенных нагрузок от вышележащих или примыкающих снизу конструкций, в узлах крепления связей и других элементов; двусторонние поясные швы следует выводить за контуры прикрепляемого элемента (узла) на длину k_f (k_f - катет поясного шва, примыкающий к стенке);

в) двусторонние сплошные поясные швы при толщине стенок более 5 мм;

г) двусторонние сплошные поясные швы независимо от толщины стенок при эксплуатации конструкций в помещениях с влажностью более 60% или в агрессивных средах.

Катеты поясных швов в сварных двутаврах могут быть неравными, при этом катет, примыкающий к стенке, должен быть не более $1,2 t_w$, а катет, примыкающий к поясу, должен соответствовать требованиям СП 16.13330.2017 (таблица 38). При условии применения двусторонних поясных швов следует выполнять требования СП 16.13330.2017 (пункт 14.1.7, перечисление б).

Для гофрированной стенки толщиной менее 4 мм, катет углового шва следует принимать по расчету, но не менее $1,2 k_f$.

Примечание - Поясные швы выполняются автоматической или полуавтоматической сваркой в заводских условиях.

20.6.1.5 Для основных несущих элементов каркаса, выполненных из двутавров с гофрированными стенками, работающих в упругой стадии, материал конструкций поясов назначается по СП 16.13330.2017 (таблица В.3), для гофрированных стенок стали назначается по ГОСТ 16523, ГОСТ 19281, ГОСТ 27772.

20.6.1.6 Для элементов сейсмостойких металлических каркасов многоэтажных зданий, работающих за пределами упругости (2-й класс по СП 16.13330.2017, пункт 4.2.7), рекомендуется применять конструкции из сварных двутавров с поперечно-гофрированными стенками, изготовленные из пластичных малоуглеродистых или низколегированных сталей по ГОСТ 27772 с относительным удлинением не ниже 20% и ударной вязкостью, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 27772-2015 (таблица 4), но при условии обеспечения КСУ не менее 29 Дж/см^2 при температуре испытаний минус 40°C.

20.6.1.7 Рекомендуемые стали: С245, С255, С345, С355, С390, С440, при этом, углеродный эквивалент для стали С440 должен быть не более 0,46%. Применение других сталей должно согласовываться со специализированной научно-технической организацией.

20.6.1.8 При расчете конструкций из двутавров с поперечно-гофрированными стенками коэффициент условий работы следует принимать по СП 16.13330.2017 (таблица 1).

20.6.1.9 В расчетах, с использованием программных комплексов для расчета строительных конструкций методом конечных элементов на прочность, устойчивость и динамические воздействия, рекомендуется учитывать деформативность гофрированной стенки введением в исходные данные приведенной жесткости элементов на сдвиг.

20.6.1.10 При эксплуатации конструкций из сварных двутавров с поперечно-гофрированными стенками в условиях повышенной влажности или агрессивных сред следует предусматривать защиту от коррозии в соответствии с СП 28.13330.

20.6.1.11 Материалы конструкций поясов и стенки следует назначать в зависимости от условий эксплуатации.

20.6.2 Параметры двутавров с поперечно-гофрированными стенками

Параметры двутавров с поперечно-гофрированными стенками с синусоидальным очертанием (формой) гофров

20.6.2.1 Расчетные параметры поперечного сечения двутавров с поперечно-гофрированными стенками с синусоидальной формой гофров показаны на рисунках 49, 49.1 и приведены в таблице 56.

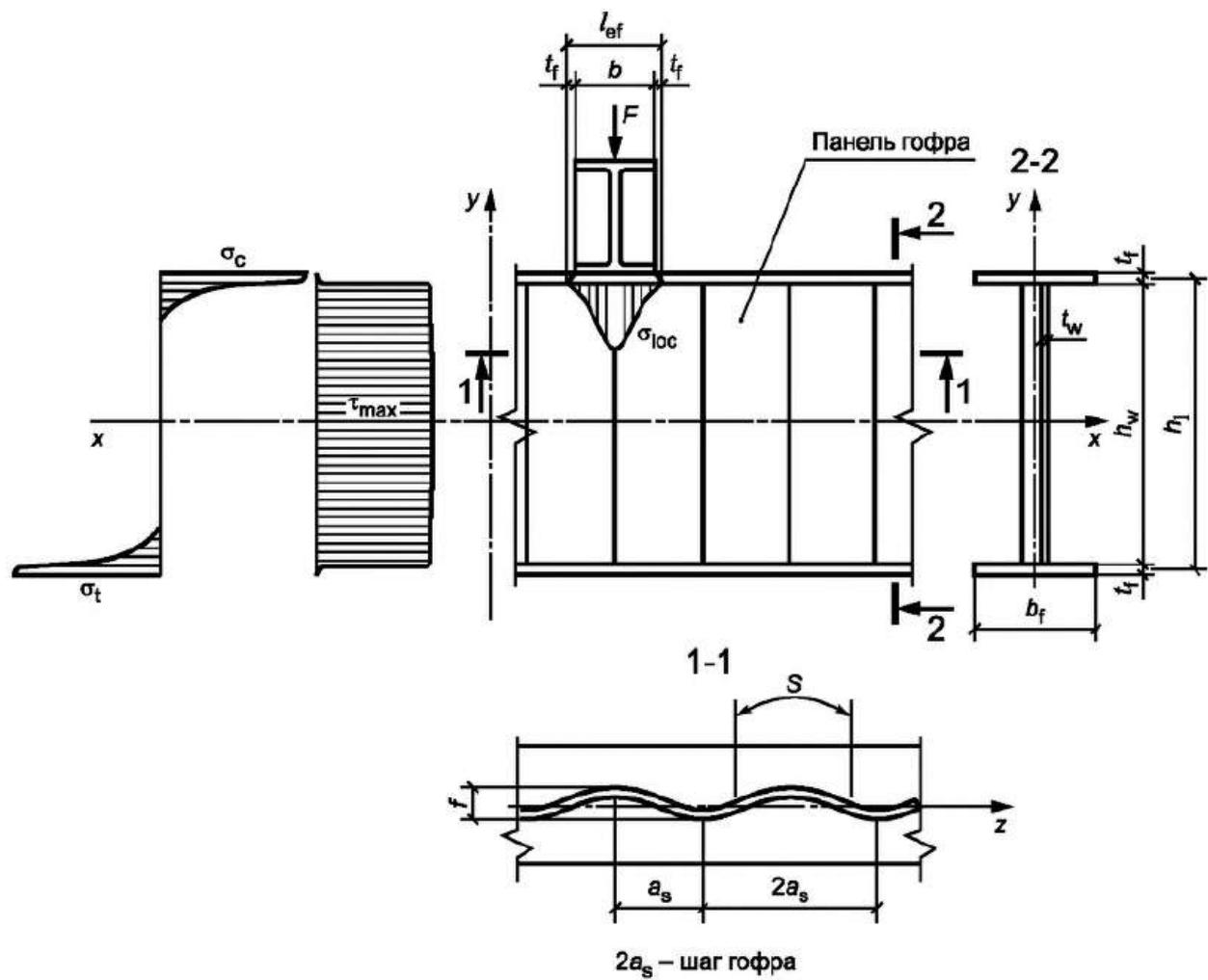


Рисунок 49 - Схема сварного двутавра с поперечно-гофрированной стенкой с синусоидальной формой гофра

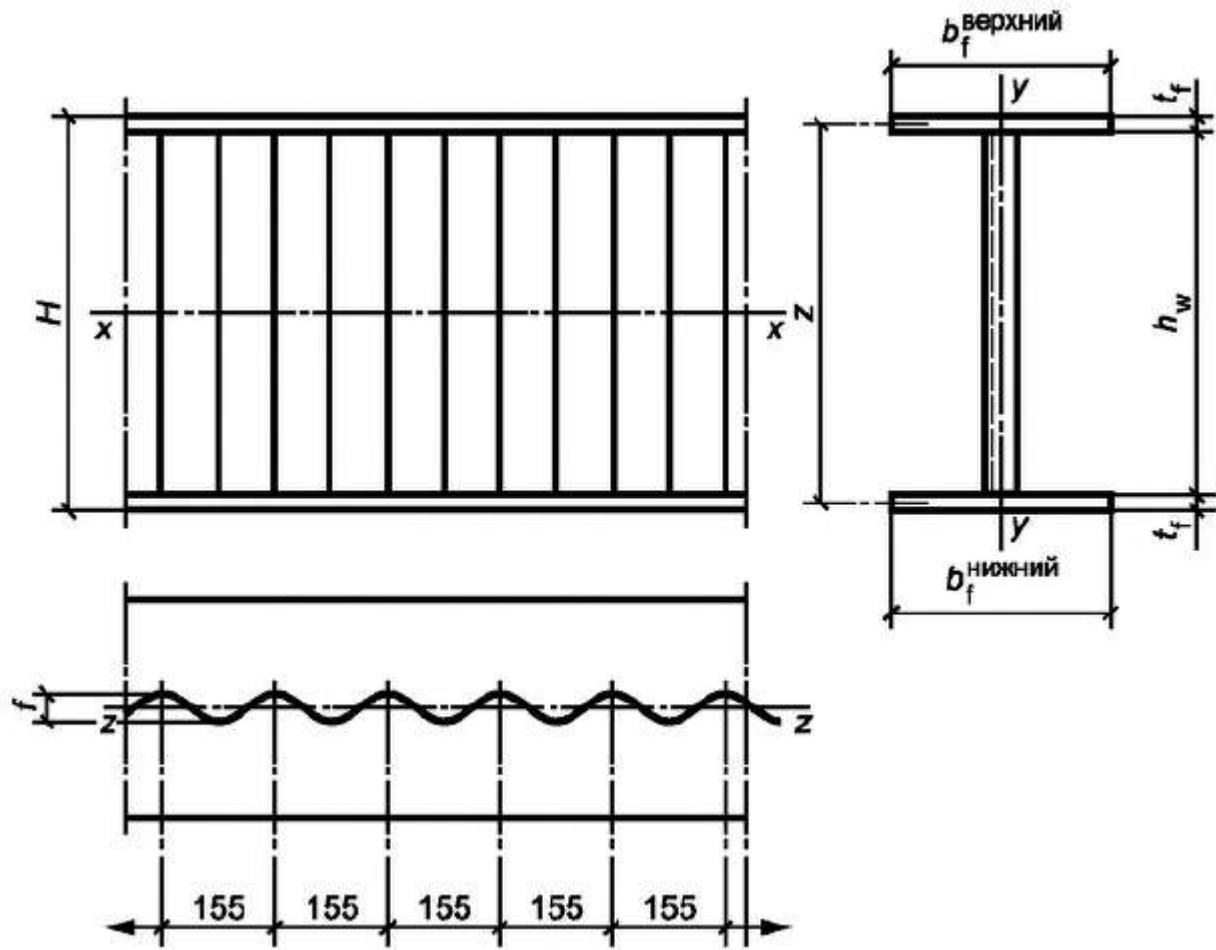


Рисунок 49.1 - Параметры сварного двутавра с поперечно-гофрированной стенкой с синусоидальной формой гофра

Таблица 56

В миллиметрах

Обозначение параметра	Наименование параметра	Значение параметра
H	Высота сварного двутавра	по расчету
a_s	Половина шага гофра	$155/2$
h_w	Полная высота стенки	333, 500, 625, 750, 1000, 1250, 1500
t_w	Толщина гофрированной стенки	2,0; 2,5; 3,0
f	Высота волны гофра	40 мм, при t_w - 2,0; 2,5 43 мм, при t_w - 3,0
s	Развернутая длина полуволны гофра	$s = a_s \left(1 + \frac{\pi^2 f^2}{16 a_s^2}\right);$

b_f	Ширина пояса (верхнего, нижнего): не менее не более	120 430
t_f	Толщина пояса (верхнего, нижнего): не менее не более	5 40
l	Длина отправочных элементов: не менее не более	6000 20000

20.6.2.2 Рекомендации по выбору параметров синусоидальной поперечно-гофрированной стенки:

- гибкость гофрированных стенок - в пределах $\lambda_w \leq 200...500$;

- условная гибкость панели гофра $\bar{\lambda}_c = s/t_w \sqrt{R_y/E} \leq 2,3$.

20.6.2.3 Значения параметров гофров должны обеспечивать условия, при которых $\tau_{p,cr} > \tau_{0,cr}$, где $\tau_{p,cr}$ - критические касательные напряжения местной потери устойчивости гофрированной стенки (панели гофра), которые определяются по формуле (193.19); $\tau_{o,cr}$ - критические касательные напряжения общей потери устойчивости гофрированной стенки, которые определяются по формуле (193.17).

20.6.2.4 Для центрально сжатых и внецентренно сжатых элементов двутавров с синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой параметры стенки следует принимать по 20.6.2.1 с учетом технологических требований.

Параметры двутавров с поперечно-гофрированными стенками с треугольным очертанием (формой) гофров

20.6.2.5 Расчетные рекомендуемые параметры поперечного сечения двутавров с треугольными поперечно-гофрированными стенками указаны на рисунках 49.2, 49.3 и приведены в таблице 56.1.

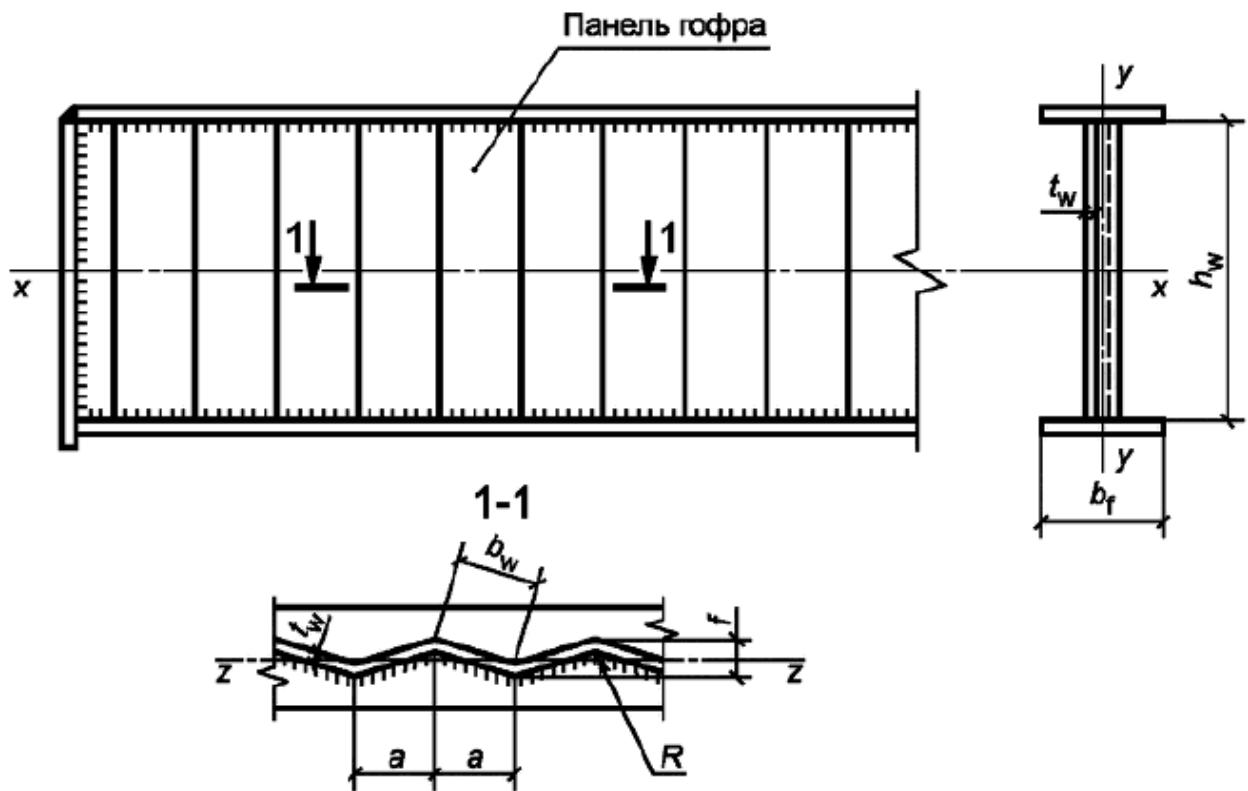


Рисунок 49.2 - Сварной двутавр с поперечно-гофрированной стенкой с треугольной формой гоффра
Таблица 56.1

Обозначение параметра	Наименование параметра	Значение параметра
a	Шаг гоффра: для балок для колонн	от $60 t_w$ до $80 t_w$ не более $60 t_w$
R	Радиус закругления гоффра в вершинах	$5 t_w$
h_w	Полная высота стенки	от $1/12 L$ до $1/30 L$, где L - пролет балки
t_w	Толщина гоффированной стенки	от $1/80 h_w$ до $1/500 h_w$, но не менее 2 мм
f	Высота волны гоффра: для балок, не менее для колонн, не менее	$f = h_w / 35 + 30$, мм $f = h_w / 30 + 30$, мм

Примечание - Рекомендуемое соотношение высоты стенки и шага гофра балки:

$$h_w / a \leq 7,5.$$

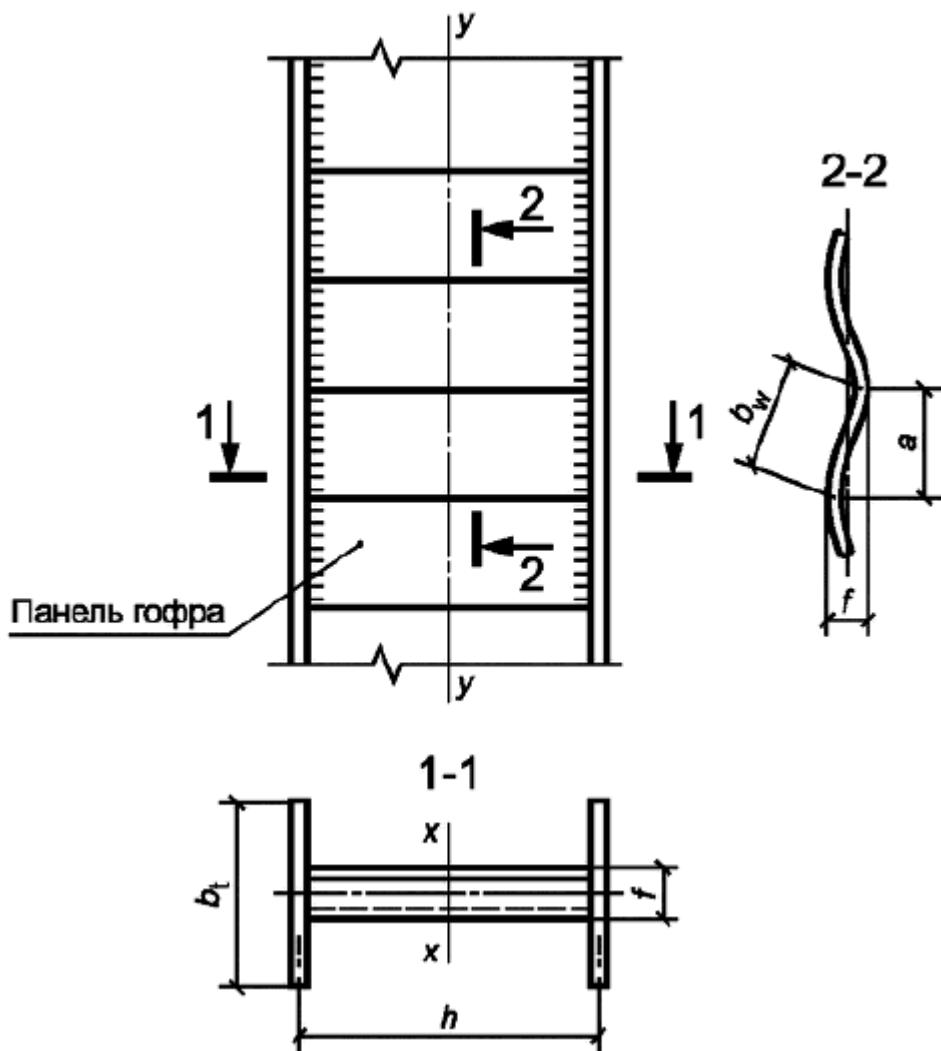


Рисунок 49.3 - Колонна из сварного двутавра с поперечно-гофрированной стенкой с треугольной формой гофров

20.6.2.6 Окончательно параметры гофрированных стенок принимаются с учетом технологии их изготовления.

20.6.3 Расчет элементов из сварных двутавров с поперечно-гофрированной стенкой

Расчет элементов при действии продольной силы

20.6.3.1 Расчет на прочность двутавров с поперечно-гофрированной стенкой при центральном растяжении или сжатии следует выполнять по СП 16.13330.2017 (формула (5)), принимая за A_n площадь нетто двух поясов двутавра с гофрированной стенкой

$$A_n = A_{f1n} + A_{f2n}, \quad (175)$$

где A_{f1n} , A_{f2n} - площадь нетто верхнего и нижнего поясов двутавра.

20.6.3.2 Расчет на устойчивость при центральном сжатии следует выполнять по СП 16.13330.2017 (формула (7)), принимая за A площадь брутто двух поясов двутавра с поперечно-гофрированной стенкой

$$A_n = A_{f1} + A_{f2}, \quad (176)$$

где A_{f1} , A_{f2} - площадь бруто верхнего и нижнего поясов двутавра.

20.6.3.3 При расчете центрально сжатых элементов с синусоидальными поперечно-гофрированными стенками на устойчивость по СП 16.13330.2017 (формула (7)) относительно оси $y-y$ (рисунки 49, 49.1) коэффициент Φ определяется в зависимости от условной гибкости поясов двутавра $\bar{\lambda}$ по формуле

$$\bar{\lambda} = \lambda_y \sqrt{\frac{R_y}{E}},$$

где $\lambda_y = l_{ef} / i_f$, здесь i_f - радиус инерции сечения двух поясов; l_{ef} - расчетная длина элемента.

При расчете на устойчивость центрально сжатых элементов из двутавра с синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой относительно оси $x-x$ коэффициент Φ следует определять в зависимости от условной приведенной гибкости по формуле

$$\bar{\lambda}_{ef} = \eta \lambda_x \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{\mu \eta l_x}{i_x} \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (17)$$

где η - коэффициент, учитывающий влияние деформаций сдвига в тонкой гофрированной стенке

$$\eta = \sqrt{1 + \frac{\pi^2 E}{\bar{G} A_w} \left(\frac{A_{f1} + A_{f2}}{\lambda_x^2} \right)}, \quad (178)$$

здесь $\bar{G} A_w$ - приведенная жесткость элементов с гофрированной стенкой на сдвиг, учитывающая увеличение длины гофрированной стенки и рассчитываемая по формуле

$$\bar{G} A_w = G h_w t_w \frac{a_s}{S}. \quad (179)$$

Тип сечения следует принимать b по СП 16.13330.2017 (таблица 7).

20.6.3.4 При расчете на устойчивость центрально сжатых элементов из двутавров с треугольными поперечно-гофрированными стенками коэффициент Φ определяется по СП 16.13330.2017 (пункт 7.1.3, таблица Д.1), в зависимости от условной гибкости элемента.

При расчете устойчивости элементов с синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой относительно оси $y-y$ коэффициент Φ определяется в зависимости от гибкости поясов двутавра

$$\lambda_y = \frac{l_{ef}}{i_f}, \text{ где } i_f \text{ - радиус инерции двух поясов.}$$

При определении гибкости элемента радиусы инерции сечения симметричного двутавра с треугольной или синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой (рисунки 49, 49.2) следует определять:

в плоскости стенки - $i_x = 0,5h_l$;

в плоскости поясов - $i_y = 0,29b_f$,

где h_l - расстояние между центрами тяжести поясов двутавра,

b_f - ширина пояса двутавра.

Тип сечения следует принимать b по СП 16.13330.2017 (таблица 7).

Для несимметричных двутавров с треугольной или синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой проверяется устойчивость каждого пояса в его плоскости.

20.6.3.5 Расчет на прочность растянутых элементов двутаврового сечения с поперечно-гофрированной стенкой, эксплуатация которых возможна после достижения металлом предела текучести, следует выполнять по СП 16.13330.2017 (пункт 7.1.1).

Расчет на прочность изгибаемых элементов двутаврового сечения с поперечно-гофрированной стенкой

20.6.3.6 В элементах двутаврового сечения с поперечно-гофрированными стенками при поперечном изгибе происходит разделение функций работы поясов и стенок:

- пояса воспринимают изгибающий момент;

- стенка, практически, воспринимает только поперечную силу.

Расчет на прочность балок из двутавров с синусоидальными и треугольными

поперечно-гофрированными стенками, следует выполнять по формулам:

- при действии момента в одной из главных плоскостей

$$\frac{M_x}{I_{xn}R_y\gamma_c} \cdot y \leq 1, \quad (180)$$

где I_{xn} - момент инерции сечения гофробалки относительно оси x - x без учета сечения стенки;

y - координата рассматриваемой точки сечения относительно главной оси.

Для равнополочного сечения допускается выполнять расчет на прочность по формуле

$$\frac{M_x}{A_{fn}h_1R_y\gamma_c} \leq 1,$$

где A_{fn} - меньшая площадь нетто из двух поясов двутавра;

$h_1 = h_w + t_f$ - расстояние между центрами тяжести поясов;

- при действии в сечении поперечной силы;

а) для двутавров с синусоидальными поперечно-гофрированными стенками

$$\frac{\tau_{xy}}{R_s\gamma_c} \leq 1, \quad (181)$$

где

$$\tau_{xy} = \frac{Q}{h_w t_w k_\lambda}, \quad (182)$$

здесь $k_\lambda = 1,085 - 0,008 \bar{\lambda}_w$ (при $k_\lambda > 1$ следует принимать $k_\lambda = 1$);

$\bar{\lambda}_w$ - условная гибкость гофрированной стенки;

γ_c - коэффициент условий работы по СП 16.13330.2017 (таблица 1);

б) для двутавров с треугольными поперечно-гофрированными стенками

$$\frac{Q}{t_w h_w R_s \gamma_c \gamma_{wc}} \leq 1; \quad (183)$$

где γ_{wc} - коэффициент условий работы треугольной поперечно-гофрированной стенки на срез,

$\gamma_{wc} = 0,9$;

- при действии момента в двух главных плоскостях

а) для двутавров с синусоидальными поперечно-гофрированными стенками

$$\frac{M_x}{A_{fn}h_1R_y\gamma_c} \pm \frac{M_y}{I_{yfn}R_y\gamma_c} \cdot x \leq 1, \quad (184)$$

где x - расстояние от главной оси до рассматриваемой точки сечения;

A_{fn} - площадь поперечного сечения нетто одного пояса двутавра;

I_{yfn} - сумма моментов инерции поясов нетто относительно оси y - y ;

б) для двутавров с треугольными поперечно-гофрированными стенками

$$\frac{M_x}{I_{xn}R_y\gamma_c} \cdot y \pm \frac{M_y}{I_{yfn}R_y\gamma_c} \cdot x \leq 1, \quad (185)$$

где I_{xn} и I_{yfn} - моменты сечения относительно главных осей x - x y - y без учета сечения стенки;

$$I_{xn} = I_{x1n} + A_{f1n} \cdot y_1^2 + I_{x2n} + A_{f2n} \cdot y_2^2,$$

I_{x1n} и I_{x2n} - собственные моменты инерции полок относительно их собственного центра

$$\text{тяжести, } I_{x1n} = \frac{b_{f1}t_{f1}^3}{12}, \quad I_{x2n} = \frac{b_{f2}t_{f2}^3}{12},$$

где b_{f1} и b_{f2} - ширина верхней и нижней полок соответственно, t_{f1} и t_{f2} - толщина верхней и нижней полок соответственно.

y_1 и y_2 - расстояния от центра тяжести сечения двутавра до центра тяжести соответствующего пояса;

x и y - координаты рассматриваемой точки сечения относительно главных осей.

Если момент M_y действует в плоскости одного пояса, следует считать, что он полностью воспринимается этим поясом.

20.6.3.7 В случае ослабления стенки двутавра отверстиями для болтов, расположенных по вертикали, значения τ_{xy} , определенные по формулам (182) и (183), следует умножать на коэффициент α , который рассчитывается по СП 16.13330.2017 (формула (45)).

20.6.3.8 При одновременном действии в стенке балки момента и поперечной силы должны выполняться условия по СП 16.13330.2017 (формула (44))

$$\frac{0,87}{R_y\gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1, \quad \tau_{xy} \leq R_s\gamma_c$$

- для балок из двутавров с треугольной поперечно-гофрированной стенкой следует принимать $\sigma_x = 0$;

- для балок из двутавров с синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой σ_x следует определять по формуле

$$\sigma_x = \sigma_f \cdot \frac{a_s}{S} \cdot k_s, \quad (186)$$

$$\text{где } k_s = 1 - \frac{\pi^2 f^2}{16a_s^2};$$

σ_f - нормальные напряжения в соответствующем поясе.

Напряжения τ_{xy} , σ_x и σ_y следует определять в одной и той же точке стенки балки.

20.6.3.9 При проверке прочности поперечно-гофрированной стенки в местах приложения нагрузки к верхнему поясу, а также в опорных сечениях балки, не укрепленных ребрами жесткости, следует определять местное напряжение σ_{loc} по СП 16.13330.2017 (пункт 8.2.2)

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{t_w l_{ef}} \leq R_y\gamma_c, \quad (187)$$

где F - расчетное значение нагрузки (силы);

l_{ef} - условная длина распределения нагрузки, определяемая в зависимости от условий опирания, для случая опирания по рисунку 49.4

$$l_{ef} = b + 2t_f, \quad (188)$$

где t_f - толщина верхнего пояса балки с поперечно-гофрированной стенкой.

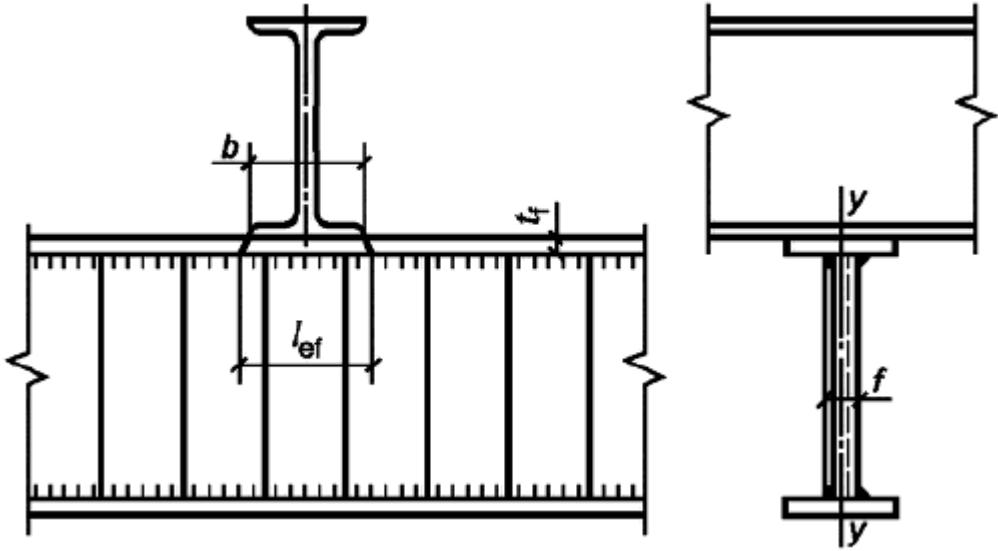


Рисунок 49.4 - Схемы для определения длины распределения нагрузки на балку из сварного двутавра с поперечно-гофрированной стенкой

20.6.3.10 Напряжения σ_{loc} по формуле (187) и τ_{xy} по СП 16.13330.2017 (формула (44)) следует определять в одной и той же точке балки.

Проверка устойчивости изгибаемых элементов двутаврового сечения с поперечно-гофрированной стенкой

20.6.3.11 При расчете на устойчивость балок из двутавров с поперечно-гофрированными стенками, изгибающихся в плоскости стенки и удовлетворяющих условиям 20.6.3.6 и 20.6.3.8, вместо проверки общей устойчивости следует выполнять проверку на устойчивость сжатых поясов как центрально сжатого стержня, нагруженного сжимающей силой N_f , по формуле

$$\frac{N_f}{\varphi_f A_f R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (189)$$

где A_f - площадь брутто сжатого пояса;

φ_f - коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый для сжатого пояса

по СП 16.13330.2017 (пункт 7.1.3), как для центрально сжатого стержня в зависимости от $\lambda = \frac{l_{ef}}{i_f}$,

здесь l_{ef} - определяется по СП 16.13330.2017 (пункт 8.4.2), i_f - радиус инерции сечения сжатого пояса в горизонтальной плоскости.

Для сжатого пояса, выполненного из листовой стали, радиус инерции сечения следует вычислять по формуле $i_f = 0,29b_f$. Силу сжатия в пояссе следует рассчитывать по формуле

$$N_f = \frac{M_1}{h_1}, \text{ где } M_1 \text{- максимальный изгибающий момент между точками раскрепления.}$$

20.6.3.12 При расчете на устойчивость балок из двутавров с поперечно-гофрированными стенками, изгибаемых в двух главных плоскостях, расчет на устойчивость сжатого пояса следует выполнять как для внецентренно сжатых элементов (тип сечения 5 по таблице Д.2 СП 16.13330.2017) по формуле

$$\frac{N_f}{\varphi_e A_f R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (190)$$

где $N_f = M_x / h_1$ - сжимающая сила в пояссе балки;

M_x - расчетный изгибающий момент в плоскости стенки;

M_y - изгибающий момент в сжатом поясе;

Φ_e - коэффициент, который следует определять по СП 16.13330.2017 (таблица Д.3), как для внецентренно сжатого стержня, в зависимости от условной гибкости сжатого пояса $\bar{\lambda} = (l_p / 0,29b_f) \cdot \sqrt{R_y/E}$ (здесь l_p - расчетная длина пояса в его плоскости) и приведенного относительного эксцентриситета $m_{ef} = \eta m$, где $\eta = 1$ - коэффициент влияния формы сечения;

$$m = \frac{6 \cdot M_y}{N_f b_f}$$

20.6.3.13 Для несимметричных двутавров устойчивость каждого пояса проверяется отдельно в плоскости пояса при распределении продольной силы пропорционально сечениям поясов.

20.6.3.14 Устойчивость балок из двутавров с поперечно-гофрированными стенками не требуется проверять, если выполняются условия СП 16.13330.2017 (пункт 8.4.4), как для балок с плоской стенкой.

При определении условной гибкости по СП 16.13330.2017 (пункт 8.4.4) и при расчете условной поперечной силы Q_{fic} при определении N по СП 16.13330.2017 (пункт 8.4.5), прилегающие к сжатому поясу участки стенок учитывать не следует.

Расчет сварных двутавров с поперечно-гофрированной стенкой на действие продольной силы и изгибающих моментов

20.6.3.15 Расчет на прочность внецентренно сжатых и внецентренно растянутых двутавров с синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{(A_{f1n} + A_{f2n}) \cdot R_y \gamma_c} + \frac{M_x}{A_{f1n} \cdot h_1 R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{I_{yfn} \cdot R_y \gamma_c} \cdot x \leq 1, \quad (191)$$

где N , M_x , M_y - абсолютные значения продольной силы и изгибающих моментов при наиболее неблагоприятном их сочетании, соответственно.

20.6.3.16 Расчет на прочность внецентренно сжатых, сжато-изгибаемых и растянуто-изгибаемых элементов двутаврового сечения с треугольными поперечно-гофрированными стенками следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \pm \frac{M_x}{I_{xn} R_y \gamma_c} \cdot y \pm \frac{M_y}{I_{yfn} R_y \gamma_c} \cdot x \leq 1, \quad (192)$$

где $A_n = A_{f1n} + A_{f2n}$, A_{f1n} и A_{f2n} - площади сечений нетто поясов двутавра;

I_{xn} и I_{yfn} - моменты инерции сечения поясов двутавра относительно главных осей $x-x$ $y-y$, без учета сечения стенки, как в формуле (185);

N , M_x , M_y - абсолютные значения продольной силы и изгибающих моментов при наиболее неблагоприятном их сочетании, соответственно.

20.6.3.17 Расчет на устойчивость внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов двутаврового сечения с поперечно-гофрированными стенками в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии, следует выполнять по СП 16.13330.2017 (формула (109))

$$N/\Phi_e A R_y \gamma_c \leq 1.$$

Расчет на устойчивость внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых двутавровых элементов с поперечно-гофрированной стенкой в плоскости действия момента выполняется по методике сквозных стержней, так как стенка не участвует в работе на сжатие и изгиб. Коэффициент Φ_e следует определять по СП 16.13330.2017 (таблица Д.4), в зависимости от условной приведенной гибкости $\bar{\lambda}_{ef}$, которая определяется по гибкости λ , рассчитанной по радиусу инерции сечения двутавра $i_x = 0,5h$, и относительного эксцентриситета m , определяемых по формулам

$$\bar{\lambda} = \frac{l_p}{0,5h} \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad m = \frac{M \cdot A \cdot a}{N \cdot l},$$

где a - расстояние от главной оси сечения, перпендикулярной к плоскости изгиба, до оси наиболее сжатой полки.

Значения M и N следует принимать по СП 16.13330.2017 (пункт 9.2.3).

20.6.3.18 Расчет на устойчивость внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов двутаврового сечения с поперечно-гофрированной стенкой из плоскости действия момента при изгибе в плоскости наибольшей жесткости ($I_x > I_y$), совпадающей с плоскостью симметрии, следует выполнять для каждого пояса отдельно, как для центрально сжатого стержня по СП 16.13330.2017 (формула (7)) на продольную силу, определенную с учетом дополнительного усилия в поясе от момента по формуле

$$N_d = M_x / h_1, \quad (193)$$

где h_1 - расстояние между осями поясов двутавра;

M_x - изгибающий момент, принимаемый по СП 16.13330.2017 (пункт 9.2.6).

20.6.3.19 Расчет на устойчивость внецентренно сжатых элементов двутаврового сечения с поперечно-гофрированной стенкой при сжатии и изгибе в двух плоскостях, и, если плоскость наибольшей жесткости ($I_x > I_y$) совпадает с плоскостью симметрии, следует выполнять:

- для элемента в целом - в плоскости наибольшей жесткости (плоскости стенки) по 20.6.3.17, принимая $e_y = 0$;

- для поясов двутавра, как для внецентренно сжатых элементов, согласно требованиям 20.6.3.12, при этом продольную силу в каждом поясе следует определять с учетом дополнительного усилия N_d от момента M_x по 20.6.3.18, а момент M_y распределять между поясами двутавра с треугольной поперечно-гофрированной стенкой пропорционально их жесткостям. Для двутавра с синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой $M_{fy} = N_{fy} \cdot e_y$, где $e_y = \frac{M_y}{N}$. Если момент

M_y действует в плоскости одного пояса, то следует считать, что он полностью воспринимается этим поясом.

20.6.3.20 Расчет поперечно-гофрированных стенок внецентренно сжатых элементов двутаврового сечения следует выполнять на поперечную силу, равную большему из двух значений: фактической поперечной силы Q или условной поперечной силы Q_{fic} , вычисляемой по СП 16.13330.2017 (формула (18)), где N - продольное усилие в стержне; Φ - коэффициент продольного изгиба.

Проверка устойчивости гофрированных стенок и поясных листов элементов двутаврового сечения с поперечно-гофрированной стенкой

20.6.3.21 Прямоугольные отсеки треугольной гофрированной стенки (пластиинки), заключенные между поясами и соседними вершинами гофров, следует рассчитывать на местную устойчивость. При этом, расчетными параметрами проверяемой пластинки являются a , b_w , t_w , $h_{ef} = h_w$.

Прямоугольные отсеки треугольной гофрированной стенки (пластиинки), заключенные между поясами и соседними поперечными основными ребрами жесткости (промежуточными или концевыми), следует рассчитывать на общую устойчивость. При этом расчетными параметрами проверяемой пластинки являются: h_w , b_w , t_w и f .

20.6.3.22 Расчет на устойчивость треугольных гофрированных стенок балок следует выполнять с учетом указанных ниже компонентов напряженного состояния:

- $\tau_{xy, max}$ - максимальное касательное напряжение в стенке балки от расчетной нагрузки, вычисляемое по формуле

$$\tau_{xy, max} = \frac{Q_{max}}{h_w t_w \gamma_{wc}}, \quad (193.1)$$

где Q_{max} - максимальная поперечная сила в балке; $\gamma_{wc} = 0,9$ - коэффициент условий работы поперечно-гофрированной стенки на срез;

- σ_{loc} - местное напряжение в поперечно-гофрированной стенке под сосредоточенной

нагрузкой, приложенной к сжатому или растянутому поясу; σ_{loc} определяется по 20.6.3.9.

20.6.3.23 Расчет на местную устойчивость панели гофра треугольных поперечно-гофрированных стенок балок симметричного сечения при отсутствии местного напряжения ($\sigma_{loc} = 0$) следует вычислять по формуле

$$\frac{\tau_{xy, \max}}{\tau_{p,cr} \gamma_c} \leq 1, \quad (193.2)$$

где $\tau_{p,cr}$ - критические касательные напряжения местной потери устойчивости панели гофра.

Для гофров с треугольным очертанием направляющей критические касательные напряжения местной потери устойчивости панели гофра следует определять по формуле

$$\tau_{p,cr} = \frac{1,12 C_{p,cr} R_s}{\bar{\lambda}_c^2}, \quad (193.3)$$

где $\bar{\lambda}_c$ - условная гибкость панели гофра, которую следует вычислять по формуле

$$\bar{\lambda}_c = \frac{b_w}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (193.4)$$

$C_{p,cr}$ - коэффициент, принимаемый по таблице 56.2 в зависимости от соотношения высоты стенки и ширины панели гофра h_w / b_w .

Таблица 56.2

h_w / b_w	1	2	3	5	∞
$C_{p,cr}$	9,34	6,47	6,04	5,71	5,34

20.6.3.24 Расчет на общую устойчивость треугольной поперечно-гофрированной стенки балок симметричного сечения при отсутствии местного напряжения ($\sigma_{loc} = 0$) следует вычислять по формуле

$$\frac{\tau_{xy, \max}}{\tau_{0,cr} \gamma_c} \leq 1, \quad (193.5)$$

где $\tau_{xy, \max}$ - определяется по формуле (193.1),

$\tau_{0,cr}$ - критические касательные напряжения общей потери устойчивости гофрированной стенки.

Для гофров с треугольным очертанием направляющей критические касательные напряжения общей потери устойчивости гофрированной стенки следует определять по формуле

$$\tau_{0,cr} = \frac{1,12 c_{0,cr} R_s}{\bar{\lambda}_w^2}, \quad (193.6)$$

где $\bar{\lambda}_w$ - условная гибкость поперечно-гофрированной стенки, которую следует вычислять по формуле

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (193.7)$$

$c_{0,cr}$ - коэффициент, определяемый в зависимости от соотношения параметров гофров (b_w и

f) по формуле

$$c_{0,cr} = 5,34 + (5,5 \cdot \beta^2 - 0,6) \cdot 3 \sqrt{\frac{\gamma}{4 \cdot (7 \cdot \beta^2 - 5)}}, \quad (193.8)$$

здесь $\beta = h_w / b_w$ - отношение высоты гофрированной стенки к ширине панели гофра;

$\gamma = 0,91(f/t_w)^2$ - отношение погонной жесткости гофрированной стенки с гофрами треугольного очертания к цилиндрической жесткости плоской стенки той же толщины.

При $\gamma > 4 \cdot (7 \cdot \beta^2 - 5)$ значения коэффициента $c_{0,cr}$ не зависят от γ и проверку устойчивости гофрированной стенки следует выполнять только по формуле (193.2).

20.6.3.25 Расчет на местную устойчивость панели гофра треугольных поперечно-гофрированных стенок балок симметричного сечения при наличии местного напряжения ($\sigma_{loc} \neq 0$) следует выполнять по формуле

$$\frac{1}{\gamma_c} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{xy,max}}{\tau_{p,cr}} \right)^2} \leq 1, \quad (193.9)$$

где σ_{loc} и $\tau_{xy,max}$ - следует определять по 20.6.3.22;

$\tau_{p,cr}$ - критические касательные напряжения местной потери устойчивости панели гофра, вычисленные по формуле (193.3);

$\sigma_{loc,cr}$ - критические местные (нормальные) напряжения гофрированной стенки при действии сосредоточенной нагрузки, определяемые по формуле

$$\sigma_{loc,cr} = \frac{0,8 \cdot C_1 \cdot R_y}{\bar{\lambda}_c^2}, \quad (193.10)$$

где $\bar{\lambda}_c$ - определяется по формуле (193.4);

C_1 - коэффициент, принимаемый для сварных балок с треугольной гофрированной стенкой по таблице 56.3, в зависимости от отношения b_w/h_w и значения δ , вычисленного по формуле

$$\delta = 0,8 \frac{b_f}{h_w} \cdot \left(\frac{t_f}{t_w} \right)^3, \quad (193.11)$$

где b_f и t_f - ширина и толщина сжатого пояса балки, соответственно (см. рисунок 49.4).

Таблица 56.3

δ	Значение C_1 для двутавров с гофрированными стенками при b_w/h_w				
	$\leq 0,1$	0,2	0,3	0,4	$\geq 0,5$
1	7,73	8,50	9,34	10,30	11,30
2	7,67	8,50	9,50	10,60	11,80
4	7,57	8,50	9,53	10,70	12,00
≥ 6	7,69	8,67	9,77	11,02	12,40

20.6.3.26 Расчет на общую устойчивость треугольной поперечно-гофрированной стенки балок

симметричного сечения при наличии местного напряжения ($\sigma_{loc} \neq 0$) следует выполнять по формуле

$$\frac{1}{\gamma_c} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{y,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{xy,max}}{\tau_{0,cr}}\right)^2} \leq 1, \quad (193.12)$$

где σ_{loc} и $\tau_{xy,max}$ следует определять по 20.6.3.22;

$\tau_{0,cr}$ - критические касательные напряжения общей потери устойчивости гофрированной стенки, вычисленные по формуле (193.6);

$\sigma_{y,cr}$ - критические нормальные напряжения общей потери устойчивости гофрированной стенки, рассчитанной на продольный изгиб из плоскости, как условной стойки, нагруженной сосредоточенной силой F , $\sigma_{y,cr}$ следует определять по формуле

$$\sigma_{y,cr} = \varphi \cdot R_y \leq \sigma_{loc,cr}, \quad (193.13)$$

здесь φ - коэффициент, определяемый по СП 16.13330.2017 (таблица Д.1) для гибкости условной стойки, вычисленной по формуле $\lambda = 2,5h_w/f$.

В случаях, когда $\sigma_{y,cr} > \sigma_{loc,cr}$, при проверке общей устойчивости гофрированной стенки по формуле (193.12), вместо $\sigma_{y,cr}$ следует принимать $\sigma_{loc,cr}$.

20.6.3.27 При проверке устойчивости треугольной поперечно-гофрированной стенки должны соблюдаться условия:

- отношение действующих местных напряжений σ_{loc} к критическим напряжениям местной потери устойчивости панели гофра $\sigma_{loc,cr}$ не должно превышать величины, вычисляемой по формуле

$$\frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}} \leq 0,75\gamma_c; \quad (193.14)$$

- величина эксцентрикитета, с которым передается сосредоточенная нагрузка от вышележащего элемента относительно продольной оси балки, не должна превышать 0,25f.

20.6.3.28 Устойчивость стенок балок из двутавров с синусоидальными поперечно-гофрированными стенками следует считать обеспеченной, если выполнено условие

$$\frac{1}{\gamma_c} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{xy}}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq 1, \quad (193.15)$$

где σ_{loc} - местное напряжение в стенке от сосредоточенной нагрузки, которое следует определять по формуле (187);

$\sigma_{loc,cr}$ - критическое напряжение, определяемое по формуле

$$\sigma_{loc,cr} = \frac{0,8c_1R_y}{\lambda_c^2}, \quad (193.16)$$

где c_1 - коэффициент, который определяется по таблице 56.3;

τ_{xy} - касательное напряжение по формуле (182);

τ_{cr} - меньшее из значений критических напряжений местной $\tau_{p,cr}$ и общей $\tau_{0,cr}$ потери устойчивости гофрированной стенки по формулам (193.19) и (193.17).

Для балок из двутавров с синусоидальными поперечно-гофрированными стенками коэффициент c_1 в формуле (193.16) принимается по таблице 56.3, в зависимости от соотношения s/h_w и значения δ , которое рассчитывается по СП 16.13330.2017 (формула (84)).

Критические напряжения общей потери устойчивости синусоидальной поперечно-гофрированной стенки $\tau_{0,cr}$ определяются по формуле

$$\tau_{0,cr} = 32,4 \frac{\sqrt[4]{D_1 D_2^3}}{h_w^2 t_w}, \quad (193.17)$$

где D_1 и D_2 - жесткости изгиба по главным направлениям, Н·мм, которые рассчитываются по формулам:

$$D_1 = \frac{Et_w^3}{12(1-\nu^2)} \frac{a_s}{s}; \quad D_2 = \frac{EI}{a_s}, \quad (193.18)$$

здесь I - момент инерции гофра, длина которого равняется шагу гофров a_s .

20.6.3.29 Критические напряжения местной потери устойчивости панели синусоидальной гофры $\tau_{p,cr}$ рассчитываются по формуле

$$\tau_{p,cr} = 1,12 \left(5,34 + \frac{f \cdot s}{h_w t_w} \right) \frac{R_s}{\lambda_c^2}. \quad (193.19)$$

При проверке устойчивости синусоидальной поперечно-гофрированной стенки по формуле (193.15) должны выполняться условия:

а)

$$\frac{\sigma_{loc}}{\gamma_c \sigma_{loc,cr}} \leq 0,75; \quad (193.20)$$

б) для балок с синусоидальными поперечно-гофрированными стенками значение эксцентриситета e относительно продольной оси балки, с которым передается сосредоточенная нагрузка от элемента, находящегося выше, должно быть $e \leq 0,5f$.

20.6.3.30 Треугольные гофрированные стенки балок следует укреплять поперечными ребрами жесткости, если в местах приложения больших неподвижных сосредоточенных грузов не обеспечивается их проверка на общую и местную устойчивость. Ширину и толщину поперечных ребер жесткости следует назначать в соответствии с требованиями СП 16.13330.2017 (пункт 8.5.9) и проверять расчетом по СП 16.13330.2017 (пункт 8.5.10).

20.6.3.31 Участок треугольной гофрированной стенки балки составного сечения над опорой при укреплении его ребрами жесткости следует рассчитывать и конструировать по СП 16.13330.2017 (пункт 8.5.17).

20.6.3.32 Синусоидальные поперечно-гофрированные стенки следует проверять на прочность и устойчивость при приложении местных неподвижных сосредоточенных нагрузок и на опорах по СП 16.13330.2017 (формула (46)) и по формуле (193.15), соответственно. Геометрические характеристики ребер жесткости должны соответствовать требованиям СП 16.13330.2017 (пункт 8.5.9), а их расчет следует выполнять по СП 16.13330.2017 (пункты 8.5.10 и 8.5.17).

Проверку на устойчивость опорного ребра балки из двутавра с синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой следует выполнять по СП 16.13330.2017 (пункт 8.5.17) без учета поддерживающего эффекта гофрированной стенки.

20.6.3.33 Расчет на местную устойчивость поясов балок двутаврового сечения с поперечно-гофрированными стенками должен выполняться по той же методике, что и для двутавров с плоской стенкой. При определении отношения ширины сжатого пояса b_f к толщине t_f расчетную ширину свеса пояса b_{ef} следует приниматься равной:

- с синусоидальной формой гофров $b_{ef} = 0,5b_f$;
- с треугольной формой гофров $b_{ef} = 0,5 \cdot (b_f + 0,7 \cdot f)$,

где b_f - ширина пояса;

f - высота гофра.

20.6.3.34 Устойчивость сжатых поясов изгибаемых балок из двутавров с

поперечно-гофрированными стенками следует считать обеспеченной при выполнении условий по СП 16.13330.2017 (пункт 8.5.18). При этом, напряжение в сжатом поясе σ_c по СП 16.13330.2017 (пункт 8.5.18) следует определять по формуле

$$\sigma_c = \frac{M}{A_{fn} h_1 \gamma_c} \text{ или}$$

$$\sigma_c = \frac{M_x}{A_{fn} h_1 \gamma_c} + \frac{M_y}{W_{yfn} \gamma_c}, \quad (193.21)$$

где W_{yfn} - сумма моментов сопротивления поясов относительно оси $y-y$.

20.6.3.35 В центрально сжатых и внецентренно сжатых двутаврах с синусоидальной поперечно-гофрированной стенкой отношение ширины сжатого пояса b_f к толщине t_f следует принимать по 20.6.3.33, при этом напряжение в сжатом поясе σ_c по СП 16.13330.2017 (формула 97) следует определять по формуле

$$\sigma_c = \frac{N}{(A_{f1n} + A_{f2n}) \gamma_c} \text{ или}$$

$$\sigma_c = \frac{N}{(A_{f1n} + A_{f2n}) \gamma_c} + \frac{M_x}{A_{fn} h_1 R_y \gamma_c} \pm \frac{M_y}{W_{yfn} R_y \gamma_c}. \quad (193.22)$$

20.6.4 Определение деформаций элементов из сварных двутавров с поперечно-гофрированными стенками

20.6.4.1 Прогибы и перемещения двутавров с поперечно-гофрированными стенками не должны превышать предельных значений, установленных СП 20.13330.

20.6.4.2 Расчет прогибов балок из двутавров с поперечно-гофрированными стенками следует выполнять с учетом деформаций сдвига при условии равномерного распределения касательных напряжений по формуле

$$f = \int \frac{\bar{M} M_e d_x}{EI_f} + \int \frac{\bar{Q} Q_e}{GA_w} \leq f_u, \quad (193.23)$$

где \bar{M} и M_e - изгибающие моменты от единичного усилия, действующего в направлении прогиба, и от эксплуатационной нагрузки, соответственно;

\bar{Q} и Q_e - поперечные силы от единичного усилия, действующего в направлении прогиба, и от

эксплуатационной нагрузки; $\bar{G} = \frac{G \cdot a_s}{s}$, соответственно.

20.6.4.3 В случае равномерно распределенной нагрузки или близкой к ней для однопролетной балки прогиб определяется по формуле

$$f = \frac{5M_e l^2}{48EI_f} + \frac{Q_e l}{4GA_w} \leq f_u, \quad (193.24)$$

где f_u - предельная величина прогиба, определяемая в соответствии с требованиями СП 20.13330.

20.6.4.4 Определение деформаций балок из двутавров с синусоидальными поперечно-гофрированными стенками следует выполнять с учетом деформаций сдвига от поперечной силы по формулам:

- при равномерно-распределенной нагрузке q

$$f_q = \frac{5qL^4}{384EI} \left[1 + 6,2 \left(\frac{h_w}{L} \right)^2 \right] \leq f_u, \quad (193.25)$$

- при сосредоточенной нагрузке P посередине пролета

$$f_p = \frac{PL^3}{48EI} \left[1 + 7,7 \left(\frac{h_w}{L} \right)^2 \right] \leq f_u; \quad (193.26)$$

- при произвольной нагрузке

$$f = f_0 \left[1 + 7 \left(\frac{h_w}{L} \right)^2 \right] \leq f_u, \quad (193.27)$$

где f_0 - прогиб элемента, определенный без учета деформаций сдвига.

20.6.5 Конструктивные требования к элементам из сварных двутавров с поперечно-гофрированными стенками

20.6.5.1 Пояса двутавров с поперечно-гофрированной стенкой рекомендуется выполнять одинакового поперечного сечения из листовой стали. При обосновании двутавры с поперечно-гофрированной стенкой могут выполняться с одной вертикальной осью симметрии. Вертикальные нагрузки могут прикладываться в любом сечении по длине балки.

20.6.5.2 Толщина гофрированной стенки определяется из условия прочности и устойчивости с учетом технологических требований.

20.6.5.3 При пролетах балок покрытий 18 м и более следует предусматривать строительный подъем, равный прогибу от постоянной и длительной нагрузок. При плоских кровлях строительный подъем следует предусматривать независимо от величины пролета, принимая его равным прогибу от постоянной и длительной нормативных нагрузок плюс 1/200 пролета.

20.6.5.4 Сварные соединения поясов со стенкой рассчитываются также как и в балках с плоскими стенками.

20.6.5.5 В случае установки вертикальных ребер жесткости в балках с поперечно-гофрированными стенками должны быть выполнены требования СП 16.13330.2017 (пункты 15.5.4 и 15.5.5).

20.6.5.6 В балках с поперечно-гофрированной стенкой все ребра жесткости следует соединять с гофрированной стенкой двусторонними швами. Все сварные швы балок должны быть непрерывными.

20.6.5.7 В треугольных поперечно-гофрированных стенках разрезных балок, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой допускается в пределах средней трети пролета, а также в сечениях, где $\tau \leq 0,5 R_s$, устраивать круглые отверстия для пропуска коммуникаций диаметром не более половины высоты стенки. Центры отверстий следует располагать посередине высоты стенки, а сами отверстия обязательно должны быть окаймлены листовой или угловой сталью и подкреплены парными вертикальными ребрами жесткости. Схема выполнения отверстия в гофрированной стенке показана на рисунке 49.5.

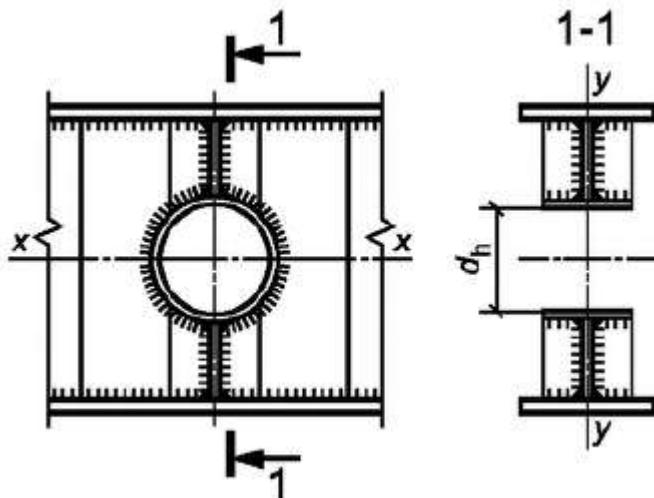
В случае расчета неразрезных балок продольные усилия в поясах при действии M_x , следует брать по максимальному его значению в балке или сжато-изогнутом элементе конструкции между точками крепления сжатого пояса.

Сечение ребер жесткости следует назначать по СП 16.13330.2017 (пункт 8.5.9) с подстановкой $h_{ef} = h_w$ в сечении без ослабления.

20.6.5.8 При проверке устойчивости треугольных поперечно-гофрированных стенок с круглыми отверстиями критические касательные напряжения потери общей устойчивости $\tau_{0,cr}$ следует определять по формуле (193.6) с введением в числитель коэффициентов условий работы:

$$\gamma_{wc} = 0,5 - \text{для стенок с отверстиями } d_h \leq 0,25h_w;$$

$$\gamma_{wc} = 0,3 - \text{для стенок с отверстиями } 0,25h_w \leq d_h \leq 0,5h_w.$$



d_h - внутренний диаметр отверстия.

Рисунок 49.5 - Схема расположения отверстия в гофрированной стенке

20.6.5.9 Прогиб в середине однопролетной балки, треугольные поперечно-гофрированные стенки которой ослаблены отверстиями $0,25h_w \leq d_h \leq 0,5h_w$ следует вычислять в соответствии с подразделом 20.6.4 с введением повышающего коэффициента $k=1,3$.

20.6.5.10 В элементах двутаврового сечения с треугольной поперечно-гофрированной стенкой заводские стыки поясов и гофрированных стенок следует выполнять сварными. Допускается заводские и монтажные стыки стенок толщиной 5 мм и менее выполнять внахлестку с напуском 50-60 мм и обязательной заваркой угловых швов с обеих сторон стыка. Соединение внахлестку должно находиться между вершинами гофров.

20.6.5.11 Монтажные стыки балок с поперечно-гофрированными стенками выполняются на сварке или на высокопрочных болтах.

20.6.5.12 Расчет неразрезных и защемленных балок из сварных двутавров с треугольными поперечно-гофрированными стенками может выполняться с учетом развития пластических деформаций в поясах и выравнивания расчетных опорных и пролетных моментов. При этом, для ограничения уровня пластических деформаций следует создавать в этих участках поясов зоны равного сопротивления.

Ключевые слова. Изложить в новой редакции:

"Ключевые слова: стальные конструкции, двутавры с поперечно-гофрированной стенкой, несущая способность, устойчивость, расчет, гофрированный лист, синусоидальная форма гофр, треугольная форма гофр, поперечно-гофрированная стенка".

УДК 69.07

OKC 91.080.01,

91.080.10,

91.080.13

Ключевые слова: стальные конструкции, двутавры с поперечно-гофрированной стенкой, несущая способность, устойчивость, расчет, гофрированный лист, синусоидальная форма гофр, треугольная форма гофр, поперечно-гофрированная стенка