

Гофрированные облегченные двутавровые

SIN - Балки



Представительство Zeman Bauelemente GmbH в Украине

03055, г. Киев, пер. Тбилисский, 4/10, оф 103

(044) 461 80 01, 461 80 10

www.zeman.kiev.ua

office@zeman.kiev.ua



**Оборудование и продукция компании сертифицированы
по системе управления качеством ISO 9001.**

ГОФРИРОВАННЫЕ ДВУТАВРЫ – SIN-БАЛКИ РЕВОЛЮЦИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Линия для производства двутавровых Sin-балок.

ZEMAN – наиболее известная австрийская компания по производству строительных металлоконструкций.

Первыми в мире специалисты ZEMAN создали полностью автоматизированную линию по производству сварных двутавровых Sin-балок с полным компьютерным контролем технологического процесса.

Новейшие разработки, внедренные в этой линии, позволяют дешево и быстро (скорость выхода готового изделия около 1 м/мин.) производить SIN-балки высотой от 0,3 до 1,5 м., в том числе и балки переменного сечения.

Внедрение в строительство изделий этой линии позволяет в среднем на 40% уменьшить металлоемкость строительных конструкций, снизить монтажные и транспортные затраты, добиться недостижимых для конкурентов сроков проектирования, поставки и монтажа.

Из-за малого прогиба под собственным весом SIN-балки позволяют перекрывать без дополнительной опоры пролеты до 45м для всех украинских географических зон.

Все эти свойства дают Вам в руки неоспоримое конкурентное преимущество по всем составляющим формулы успеха

Уровень удовлетворения клиента - это цены, умноженные на сроки.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

А. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Общее описание и применение:

Sin-балки (от латинского sinus – изгиб) это составные пролётные конструкции с волнообразным гребнем и широкими пластинчатыми рёбрами. (Рис. 1).

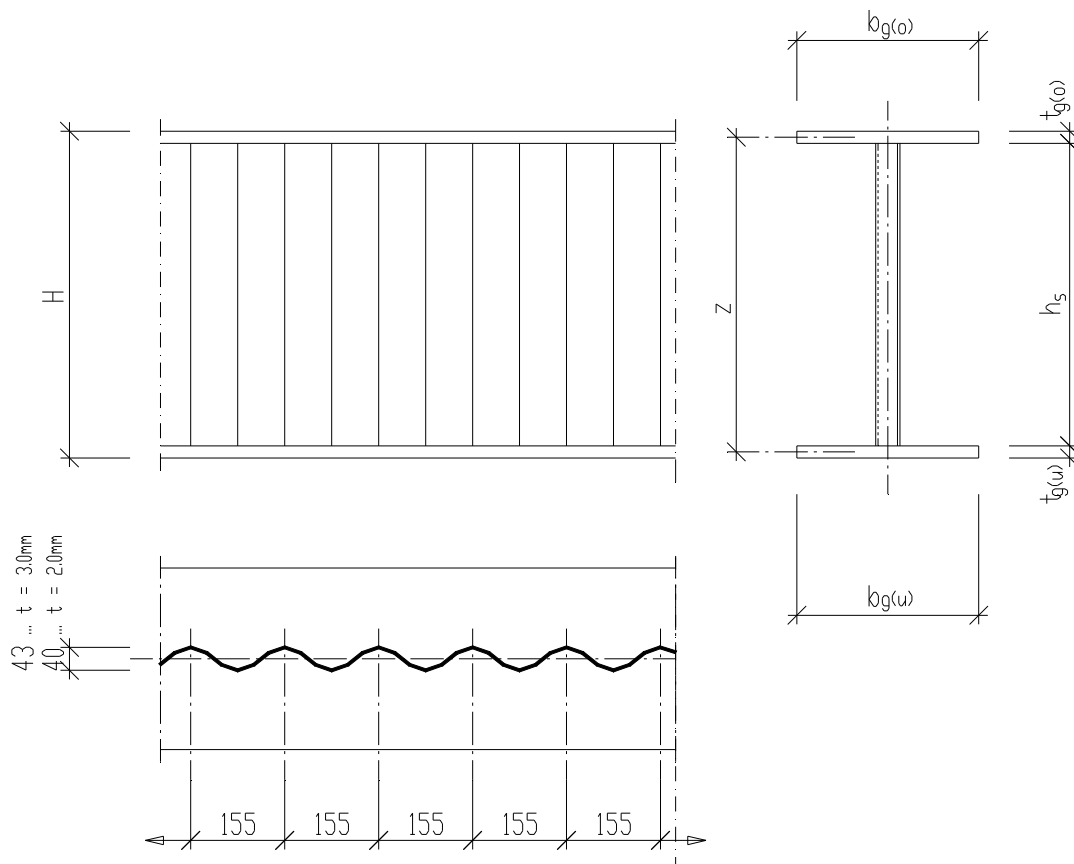


Рис. 1. Sin-балка - размеры и обозначения.

Профилированные элементы более устойчивы к длительной статической нагрузке. Кроме выгод, извлекаемых из технологии производства, синусоидальное ребро имеет преимущество перед прямым из-за устранения местной деформации, свойственной плоским пластинам.

Балки этого типа могут использоваться во всех тех же проектах, что и обычные тавровые/двутавровые балки, фактически, без структурных ограничений. Оптимальное применение находится в области возведения стальных несущих конструкций, где обычно используются катаные профили имеют структурную высоту более 450 мм или низкие фермы структурной высотой ниже 1800 мм.

Типовые решения приведены в Приложении А.

2. Основы расчёта

Благодаря профилированному ребру, конструкция эффективно гасит изгибающие нагрузки. В условиях статической нагрузки балка рассчитывается по схеме, в которой изгибающие моменты и нормальные силы передаются только через боковые полки, а поперечные силы распределяются только через диагонали и вертикали балки - в данном случае через гофрированную стенку

На основе этой расчётной модели, были проведены тестовые испытания в соответствии с **DIN 18 800** ([1]-[3]) и **DAST-Ri. 015**, ([4], пункты 4 и 6) соответственно методу E-P (E-E).

Альтернативные способы подбора сечения могут базироваться на **ЕВРОКОДЕКСЕ 3** [5] или любом другом национальном стандарте, который содержит указания по расчёту пролётов балок или колонн на поперечную деформацию.

Расчёт параметров для подбора сечения описан подробно в Секции 7. Метод подбора, по существу, базируется на экспертизах [6] и [7]¹. Процедура дополнительно проверена посредством экспериментальных результатов ([8]... [10]).

Стандарты и экспертные заключения:

- [1] DIN 18 800 Teil 1 (1990), Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion.
- [2] DIN 18 800 Teil 2 (1990), Stahlbauten; Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken.
- [3] DIN 18 800 Teil 3 (1990), Stahlbauten; Stabilitätsfälle, Plattenbeulen.
- [4] DAST - Richtlinie 015 (1990); Träger mit schlanken Stegen. (German recommendations for girders with slender web plates.)
- [5] DIN V ENV 1993-1-1 (1993); EUROCODE 3: Design of steel structures; Part 1-1: General rules and rules for buildings.
- [6] O.Univ. Prof. D.I. Dr. Günter Ramberger, Gutachten über die Berechnung von geschweißten I-Trägern mit Stegen aus gewellten Blechen, Wien 20.12.1989. (Expert opinion on the calculation of welded I-beams with corrugated webs, in German)
- [7] O.Univ. Prof. D.I. Dr. Günter Ramberger, 2. Gutachten über die Berechnung von geschweißten I-Trägern mit Stegen aus gewellten Blechen, Wien 16.11.1990. (2nd Expert opinion on the calculation of welded I-beams with corrugated webs).

¹ Поскольку с момента проведения тестовых испытаний стандарты DIN 18 800 и DAST-Ri. 015, претерпели изменения в области изменения формул расчёта, наши методы несколько отличаются от приведённых в стандартах, однако сравнительные расчёты показали достаточно точное совпадение результатов расчётов.

- [8] Test report on experiments carried out on I-beams with corrugated web plates, Vienna University of Technology, Institute for Steel Construction, Department of Applied Model Statics in Steel Construction, August 1990. (in German)
- [9] Report No. 943040: Untersuchung zur Einleitung dynamischer Lasten in Wellstegträger WTB 750 - 300x12, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (Amtl. Materialprüfanstalt) Universität Karlsruhe, 1995. (Investigation into the introduction of dynamic loads into corrugated web beams WTB 750 - 300x12).
- [10] Fire tests on corrugated web beams, Institute for Fire Prevention Technology and Safety Research (Officially Authorised Testing and Experimental Institute) Linz 1995. (in German).
- [11] Final Report on the Bearing Performance of Corrugated Web Beams; Brandenburgische Technische Universität, Lehrstuhl für Stahlbau, Cottbus 1996. (in German).
- [12] Gutachterliche Stellungnahme zur Querkrafttragfähigkeit von Wellstegträgern; Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Hartmut Pasternak, Braunschweig/Cottbus 1996. (Expert statement on the transverse force load carrying capacity of corrugated web beams).

Справочная литература:

- [13] Easley: Buckling Formulas for Corrugated Metal Shear Diaphragms. Journal of the Structural Division, ASCE, No. ST 7, July 1975, pp. 1403-1417.
- [14] Kähönen, Zur Einleitung von Einzellasten in I-Träger mit trapezförmig profilierten Stegen. Stahlbau 57, 1988, Heft 8, S. 250. (On the Introduction of Individual Loads into I-Beams with Trapezoidal Profiled Web Plates).
- [15] Lindner, Aschinger: Grenzschertragfähigkeit von I-Trägern mit trapezförmig profilierten Stegen. Stahlbau 57, 1988, Heft 12, S. 377. (The limit shear load capacity of I-beams with trapezoidal profiled web plates).
- [16] Lindner, Aschinger: Zur Torsionssteifigkeit von Trapezstegträgern. Stahlbau 59, 1990, Heft 4, S. 113. (Для жёсткости на скручивание гофро-прогонов).
- [17] Aschinger, Beljaev, Mikhailova: Zur Querkrafttragfähigkeit von I-Trägern mit verschiedenen Stegprofilierungen. Stahlbau 60, 1991, Heft 10, S. 314. (On the shearing force loading capacity of I-beams with various web-profiles).
- [18] Lindner: Zur Bemessung von Trapezstegträgern. Stahlbau 61, 1992, Heft 10, S. 311. (On the dimensioning of trapezoidal web girders).
- [19] Aumayr: Verformungs- und Beulverhalten von Wellblechen unter reiner Schubbelastung, Diplomarbeit, Inst. für Stahlbau, Technische Universität Wien, 1992. (Deformation and buckling behaviour of corrugated plates under pure transverse loading, Master thesis).

3. Параметры элементов sin-балки

Стандартные sin-балки имеют двутавровое сечение, изготавливаются из волнообразного ребра и одинаковых верхней (OG) и нижней (UG) полок.

Sin-стенка:

Высота: 500, 625, 750, 1 000, 1 250, 1 500 мм

Толщина: 2.0; 2.5; 3.0 мм

Полки:

min. ширина = 200 мм max. ширина = 430 мм

min. толщина = 10 мм max. толщина = 30 мм

Длина sin-балок:

min. 6,000 мм

max. 20,000 мм

Максимальные размеры элементов:

См. детали конструкций, Пункты 1.3 и 1.4 (Приложение С).

Обозначение размеров балок:

WTB 1000 – 300 x 15		
15..	Толщина полки в мм	
300..	ширина полки в мм	
1000..	высота стенки в мм	
WTB..	обозначения толщины ...	A 2 мм
		B 2,5 мм
		C 3 мм

Специальные конструкции с любыми промежуточными высотами и/или разными размерами верхней (OG) и нижней (UG) полок поставляются по пожеланиям заказчика. Но по технологическим причинам ширина полок должна быть одинаковой.

$$b_{OG} = b_{UG}; \quad t_{OG} \neq t_{UG}$$

В исключительных случаях, разница $b_{OG} = b_{UG} \pm 50$ мм также возможна при одинаковых толщинах полок.

Обозначение такого типа балок: **WTS** - пролётная балка.

Для примера: WTS 1250 - 300 x 15 / 300 x 12

4. Материалы

Стандартный ассортимент продукции:

- Полки: Широкая листовая сталь или стальные ламели
S235JRG2 в соответствии EN 10 025
(RSt 37.2 в соответствии с DIN 17 100)
- Стенка: Холоднокатаная сталь **St 37-2G** в соответствии с DIN 1623, часть 2
с гарантируемым пределом текучести $R_{H,min} = 215 \text{ N/mm}^2$

Специальное качество: При закупке материала, все другие качества стали принимаются как специальные качества.

Использование более прочных материалов (S355J2G3 = St52.3 N) для полок возможно, но в терминах статике, это имеет смысл только в редких случаях. Точно так же для гофро-стенки может быть использован материал более высокой прочности до 320 N/mm^2 (StE 320). Однако с точки зрения планирования закупок сырья, лучше ориентироваться на более долгие сроки доставки и минимальные заказы.

5. Защита от коррозии

Защита коррозии посредством покрытий:

Готовые балки покрывают на фабрике защитной краской толщиной приблизительно 40 мкм. Любые другие необходимые типы покрытия, например, «праймер» или «топ», должны быть согласованы отдельно в заказе. Стандартные цвета окраски приведены в текущем прейскуранте.

В стандартном проекте, стенка соединяется с полками непрерывным сварным швом. На не проваренной стороне стенки в месте соединения применяется цинковый праймер или дополнительная покраска. С вышеупомянутой защитой от коррозии изделие попадает в классы Защиты от коррозии I и II в соответствии с DIN 55 928 Часть 8.

Чтобы достичь уровня коррозионной стойкости Класса III, необходимы дополнительные мероприятия по защите не проваренной части соединения стенки и полки. Эти мероприятия могут быть обсуждены с заводом-изготовителем отдельно.

Защита коррозии горячим гальванизированием:

Sin-Балки могут легко подвергаться обработке этого типа.

6. Допуски

Для производства:

Полки:	Соответствует допускам для ширины плоского стального листа
Стенка:	Участок синусоиды: + 2.0 мм Высота синусоиды: ± 2.0 мм
Структурная высота балки:	± 5.0 мм
Параллельность рёбер:	0.5 % от ширины полок
Продольный допуск:	- 0 mm; + 5 mm
Ровность балки:	0.1 % от длины балки

Для готового изделия:

DIN 8570 Teil 1, уровень точности **B** или. DIN 8570 Teil 3, уровень точности **F**. Сварные швы соответствуют EN 25 817, Группа C (средняя).

7. Контроль качества

Процесс производства подчинен постоянному, документированному, внутреннему контролю.

Качество материала проверяется на основе фабричных удостоверений в соответствии с EN 10 204 пункт 2.2. Любые дополнительные фабричные удостоверения должны быть согласованы во время заказа материала.

Фабрика изготовителя имеет "Grossen Eignungsnachweis" в соответствии с DIN 18 800, часть 7, Пункт 6.2, DIN 4132 и DIN 8563 часть 10 (Выпущенный SLV, Берлин) для сварочных методов (E) и (MЭГ). Кроме того, возможны плановые испытания сварных полок в соответствии с T.I.M.E. как для газовой сварки так и для электрической. Все испытания применяются к основным материалам, согласно S235 и S355. Сертификаты могут быть представлены по запросу.

В. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

8. Несущая способность стенки и полок

Поперечные силы несущей способности стенки

Возможно вычислить поперечные силы несущей способности стенки в соответствии с DАSt Ri~015 [4], заменяя трапецеидальную форму фактической профилированной формой. Однако, это ведет к неточным конечным результатам. Причина этого в том, что взаимодействие между общей и местной деформацией, на которых и базируется [4], не происходит с профилированной стенкой, и коэффициенты деформации K_τ установлены слишком низко.

На основе испытаний [8, 11] и вычислений готовых элементов, следующая процедура проектирования была предложена по Пастернаку [12]:

Гофро-стенка рассматривается как ортотропическая пластина с жесткостью D_x и D_y . Согласно [13], т.е. к гофро-стенке применима следующая формула:

$$D_x = \frac{Et^3}{12} \frac{w}{s}; \quad D_y = \frac{EI_y}{w} \quad \text{для } D_x \ll D_y$$

w – длина гофроволны = 155 мм

s – развернутая длина

I_y – момент инерции одной волны профиля

s и I_y определяются численным интегрированием фактической формы гофроволны

С поперечной деформационной нагрузкой $\tau_{pi,g} = \frac{32.4}{th^2} \sqrt[4]{D_x D_y^3}$ в соответствии с DАSt-Ri. 015 ([4], Eq.

415) конечный определенный параметр гибкости будет. $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_{yk}}{\sqrt{3}\tau_{pi,g}}}$.

С коэффициентом деформации K_τ в соответствии с [12]

$$K_\tau = \frac{1}{\bar{\lambda}_p^{1.5}}$$

Поперечные силы несущей способности стенки в конце концов выходят как

$$V_{Rk} = K_\tau \frac{f_{yk}}{\sqrt{3}} ht = 0.58 K_\tau f_{yk} ht; \quad V_{Rd} = \frac{V_{Rk}}{\gamma_M}$$

Оценка для текущих геометрических измерений и оценки усилий гофро-стенки подведены в таблице 1.

Нормальные силы несущей способности полок

В определении нормальной несущей силы полок, различие должно быть сделано между растягивающими и сжимающими напряжениями.

В случае растяжения несущая способность полок рассчитывается следующим образом:

$$N_{gRk} = f_{yk} \cdot b_g \cdot t_g ; \quad N_{gRd} = \frac{N_{gRk}}{\gamma_M}$$

В случае сжатия надо принимать во внимание стабильность полки. Различие должно быть сделано здесь между местной деформацией полки и её общей стабильностью (поперечной деформацией к оси прогона = деформации на скручивание).

Местная деформация демонстрируется через оценку предела $lim(b/t)$ в соответствии с DIN 18 800 Часть 1, Табл. 13. Чтобы принимать во внимание ограничивающий эластичный эффект стенки, ширины полки, уменьшенной наполовину высоты стенки, используются для ширины штрипса b .

$$b = \frac{b_g}{2} - 1 \text{ mm}$$

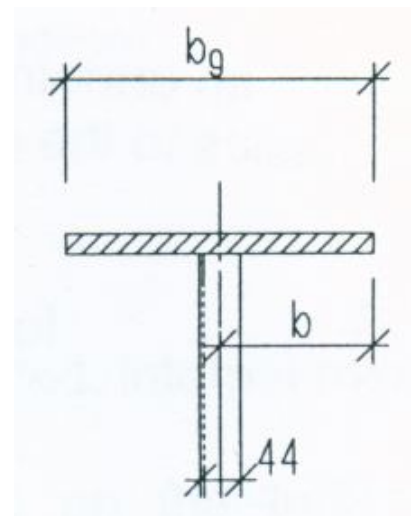
Переформулировка выражения для $\Psi=1$ (Табл. 13, строка 4) ведет к следующему упругому пределу усилия

$$\sigma_1 = \frac{4000}{\left(\frac{b_g}{t_g}\right)^2} \quad [\text{кН/см}^2]$$

Таким образом, уменьшенная нормальная сила на полке:

$$N_{gRk,l} = \sigma_1 \cdot b_g \cdot t_g \quad \text{если: } b > 12.9 \cdot t_g \text{ для } f_{yk} = 240 \text{ Н/мм}^2$$

$$\text{если } b > 10.5 \cdot t_g \text{ для } f_{yk} = 355 \text{ Н/мм}^2$$



Общая потеря стабильности - боковой деформация полки - является эквивалентом проверки против деформации на скручивание. Если эффект ограничения стенки игнорируется, проверка на скручивание выполнена как проверка деформации для «изолированной» полки в соответствии с DIN 18 800 Часть 2, пункт 3.3.3 EI(310).

Повторно формулируя выражения (12) и (13), получено следующее условие для расстояния между боковыми опорами:

$$N_{gRk,g} = \frac{0.5 \cdot \pi}{\sqrt{12}} \sqrt{E f_{yk}} \frac{b_g^2 t_g}{k_c c}$$

k_c – фактор силы сжатия в соответствии с таблицей 8 DIN 18800 Часть 1

c - расстояние между боковыми опорами (mounting)

или

$$N_{gRk,g} = 65.7 \sqrt{f_{yk}} \frac{b_g^2 t_g}{k_c c}, \text{ где } f_{yk} \text{ выражено в [кН/см}^2\text{], а } b_g, t_g \text{ и } c \text{ в [см]}$$

В случае сжимающего усилия, несущая способность полки будет:

$$N_{gRk} = \min(N_{gRk}; N_{gRk,l}; N_{gRk,g}); \quad N_{gRd} = \frac{N_{gRk}}{\gamma_M}$$

Таблица 2 показывает несущую способность полок для стали качества S235 (St 37), в зависимости от расстояния между боковыми опорами для постоянной нормальной силы ($\Psi = 1$).

Для упомянутой перекрёстной секции полки $\left(\frac{b}{t}\right) < \lim\left(\frac{b}{t}\right)$ в соответствии с DIN 18 800 часть 1,

применяется Таблица 13. Прикладные пределы разработаны следующим образом:

C_{lim} - Расстояние между боковыми опорами, до которого сжатая полка может быть рассчитана без сокращения из-за деформации с полным эластичным пределом нагрузки N_{gRk}

C_{max} - Максимальное расстояние между боковыми опорами, которое определено максимальной гибкостью 250 (поперечной к оси прогона).

Посредством отклонения от DAST-Ri. 015, дополнительное поперечное напряжение изгиба на полки, возникающее из-за несоосности моментов сил среза, не нужно принимать во внимание (см. [19]) из-за "малой высоты профиля" волнистой стенки.

Таблицы перекрёстных секций в пункте 12 показывают несущие моменты и несущие поперечные силы для всех комбинаций полка-стенка.

9. Размеры балок

Для модели вычисления, посредством упрощения, принято, что нормальные силы и изгибающиеся моменты принимаются только полками (изгибающаяся жесткость полки игнорируется), и поперечные силы приложены только к волнистой стенке. Это соответствует процедуре вычисления параллельных пластин решетки. Проектирование и проверка гофро-балок должны быть осуществлены аналогично.

Выбор высоты конструкции относительно гибкости балки

$$h_s = \frac{L_{St}}{15} \text{ до } \frac{L_{St}}{25}$$

(однопролётные решетки, непрерывные решетки или горизонтальные балки ферм)

Выбор толщины стенки или контроль качества гофро-балки через несущую способность поперечных сил V_{Rd} .

$$V_d = \gamma_F V < V_{Rd} = \frac{V_{Rk}}{\gamma_M}, \quad V_{Rk} - \text{ в соответствии с Секцией 8 или Таблицей 1}$$

Выбор или проверка полок через нормальную силу несущей способности N_{Rd}

$$N_g = N \frac{A_g}{A} \pm \frac{M}{z}, \quad A - \text{ Зона перекрёстной секции, обеих полок}$$

z - Интервал центров тяжести полок

$$N_{g,d} = \gamma_F N_g < N_{g,Rd} = \frac{N_{g,Rk}}{\gamma_M}, \quad N_{Rk} - \text{ в соответствии с Секцией 8 или Таблицей 2 для}$$

растяжимых или сжимающих напряжений, принимая во внимание боковую стабильность.

Как альтернатива к проверке полок, возможно проверить несущий момент $M_{Rd} = M_{Rk} / \gamma_M$ непосредственно всей перекрёстной секции. Однако, это предполагает, что стабильность сжатой полки гарантируется конструктивными размерами (например, прямо положенные трапециевидные листы или перекладины на расстоянии $e < c_{lim}$).

Проверка эксплуатационной надежности

Это обеспечивается проверкой отклонений. Во внимание должна быть принята деформация сдвига. Таблицы в Секции 12 со свойствами секции показывают детали «области поперечных сил» A_Q , и/или отношение A/A_Q , требуемое как вход для многих программ вычисления, чтобы позволить гибкости сдвига быть принятой во внимание при определении деформаций и взаимных сил секции.

Проверка точек инициирования нагрузки См. Секцию 11 или Таблицу 3.

10. Размеры колон

При определении размеров колон, берётся статическая модель многоэлементной части прогона, подвергающейся сжатию или тип опорной конструкции в виде рамы. Как и с изгибающимися прогонами, нормальная сила распределена только по полкам. Гофро-стенка служит только для передачи силы излома между полками.

Поэтому должен быть сделан допуск для гибкости излома гофро-стенки при проверке деформации в направлении "сильной" оси (эквивалент нематериальной оси в случае многоэлементной части прогона, подвергающейся сжатию), например, представляя идеальную гибкость.

$$\lambda_{id} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}, \text{ где } \lambda = \frac{S_{ky}}{i_y} \text{ и } \lambda_1^2 = \frac{\pi^2 EA}{G_s t_s h_s} = \frac{\pi^2 EA}{G_s A_Q} = 25.9 \frac{A}{A_Q}$$

Испытание деформации в «слабой оси» и проверка деформации на скручивание может быть выполнены, для большей уверенности, на «изолированной полке», обращаясь к Таблице 2.

11. Проверка местной нагрузки

При применении гофробалок, применение ребер жесткости также может оказаться необходимым при введении индивидуальных нагрузок – например, в местах крепления поперечных балок, или подкрановых путей. При расчете несущей способности, без ребер жёсткости в соответствии с принципами DIN ([1], пункт 744) или согласно процедуре, предложенной в [6] и [7] гарантирует что:

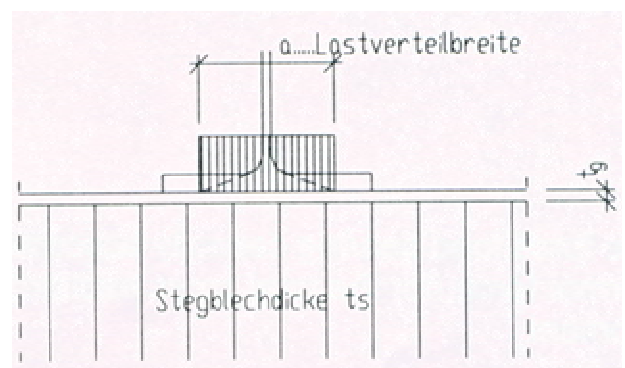
- никакой местной деформации гофро-стенки не происходит и
- деформация в полках достаточно низка

Несущая нагрузка в случае инициирования равномерно распределённой нагрузки на гофро-стенку определяется в соответствии с [6].

$$P_{Rk} = t_s (a + 5t_g) f_{yk}$$

a - ширина распределения нагрузки
 t_s - толщина гофро-стенки

Рис. 2: равномерно распределённая нагрузка на гофро-балку.



Если катанные профили поддерживаются прямо, ширина распределение нагрузки a может быть принята направляющих размеров для профильных конструкций.

Несущие нагрузки для толщин гофро-стенки, входящих в ассортимент продукции и различная ширина распределения нагрузки a подведены в итоге в Таблице 3.

12. Характеристики профиля для гофро-балок

Характеристика стали для полок: $f_{yk} = 240 \text{ Н/мм}^2$

для стенок: $f_{yk} = 215 \text{ Н/мм}^2$

$b_g \times t_g$ – размеры боковых полок

H – полная высота балки

U – площадь поверхности окраски на погонный метр

$2A_g$ – площадь сечения обеих полок

$$A_{go} = b_{go} t_{go}; A_{gu} = b_{gu} t_{gu}; 2A_g = A_{go} + A_{gu}$$

A_Q – площадь сечения для поперечных сил гофро-стенки (для расчета на срез)

$$G^* = G \frac{w}{s} = 80000 \frac{155}{178} \approx 69700 \text{ Н/мм}^2,$$

$$A_Q = h_s t_s \frac{G^*}{G} = h_s t_s \frac{w}{s}$$

I_y, I_z – моменты инерции

$$I_y = \frac{A_{go} \cdot A_{gu}}{A_{go} + A_{gu}} z^2; \quad I_z = \frac{1}{12} (t_{go} \cdot b_{go}^3 + t_{gu} \cdot b_{gu}^3)$$

i_y, i_z – радиусы инерции

I_t – константа скручивания (для балок с равными полками)

$$I_t = \frac{2}{3} b_g t_g^3 + \frac{1}{3} h_s t_s^3$$

I_w – константа деформации (для балок с равными полками)

$$I_w = \frac{A_g}{24} b_g^2 z^2, \text{ где } A_g \text{ – площадь сечения одной полки}$$

C_{lim} – максимальное расстояние между опорами, позволяющее избежать боковой деформации

$$C_{lim} = 0.5 \frac{i_{z,g} \lambda_a}{k_c}$$

V_{rk} – несущая способность поперечных сил, согласно главе 8.

N_{rk} – пластическая нормальная сила (для полного поперечного сечения)

M_{rk} – пластический момент

Для оценки несущей способности N_{rk} и M_{rk} были приняты: постоянное распределение силы сжатия ($k_c = 1$) и боковые связи на расстоянии 1.5 м. (чтобы избежать боковой неустойчивости).