

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ ИЗ ЛЕГКИХ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ
РАЙОНАХ**

Аннотация. Рассматриваются проблемы проектирования стальных конструкций в сейсмоопасных районах. Преимущества использования балок двутаврового сечения с гофрированной стенкой. Сравняется эффективность работа балок с тонкой стенкой и с различными видами гофрирования.

Ключевые слова: двутавры с гофрированной стенкой; строительство в сейсмических районах; двутавры с тонкой стенкой.

Проектирование зданий и сооружений в районах повышенной сейсмической активности в нашей стране и за ее пределами регламентируется сводом правил соответствующей нормативной документации, целью которой является обеспечение сейсмостойкости конструкций с заданным уровнем безопасности. В сейсмоопасных зонах необходимостью является применение в строительстве легких материалов, а так же устройство в опорных узлах и фундаментах поглотителей энергии. Украинскими нормами (Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2006) рекомендовано использование ригелей из прокатных или сварных двутавров, в том числе с гофрированной стенкой.

Сварными двутавровыми балками с гофрированными стенками являются несущие металлические конструкции эффективной и перспективной конструктивной формы

²⁷ © Немировская Е.А, Купневич Л.В.

сварных двутавров с гофрированной стенкой. Применение двутавровых балок с тонкой поперечно-гофрированной стенкой обусловлено рядом преимуществ, которые являются значительными при проектировании каркасов зданий, как в сейсмоопасных, так и стандартных районах. [1, 2]

В данной работе рассматриваются двутавровые балки с поясами из полосовой стали и с поперечно гофрированной стенкой гофрами треугольного очертания.

Под действием осевого сжатия гофрированная стенка ведет себя как «аккордеон» и поэтому не воспринимает каких-либо значительных осевых (в продольном направлении) усилий по сравнению с плоской стенкой под действием такой же нагрузки. Из-за этой особенности вклад стенки в восприятие усилия изгибающего момента пренебрежимо мал. [8]

Считаем, что весь изгибающий момент полностью воспринимается поясами. Основываясь на теории тонкостенных балок, можно утверждать, что стенка и пояса воспринимают только те усилия, которые действуют в плоскости их поперечного сечения. Это означает, что сдвигающая сила полностью воспринимается стенкой. [2]

Гофры треугольного сечения нашли наибольшее применение в районах сейсмической активности, благодаря жестким вершинам гофров, работающим аналогично вертикальным ребрам жесткости в балках с плоскими стенками. Эта стенка имеет повышенную локальную, местную и общую устойчивость, что позволяет ей с успехом выдерживать значительно (до 25-30%) большую статическую нагрузку в сравнении с обычной балкой с плоской стенкой той же гибкости и в разы увеличивать циклическую долговечность при действии нагрузок типа сейсмических. В

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

таким случае отпадает необходимость в ребрах жесткости, за исключением опорных мест и мест приложения значительных сосредоточенных сил. [7, 3]

Известно, что нагрузки, действующие на балки, всегда прикладываются с каким-то смещением (эксцентриситетом), вследствие чего в балках может возникать стесненное кручение. Анализу работе ригелей и двутавровых балок со стенкой из плоского листа с учетом смещения нагрузки с оси и развитием стесненного кручения посвящено много работ [4, 5].

Не смотря на то, что балки двутаврового сечения с гофрированной стенкой имеют широкое применение в конструкциях зданий и сооружений напряженно-деформированное состояние таких конструкций в условиях стесненного кручения практически не изучено.



Из большого разнообразия форм гофров в мировой практике получили широкое распространение вертикальные гофры трех очертаний (рис.1) [6]:

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

- Гофры треугольного очертания – применяются в Казахстане (рис. 1,а);

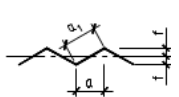
- Гофры трапецидального очертания – широкое применение получили в США, Японии, Швеции, Голландии (рис. 1,б);

- Гофры волнистого очертания – применяются в Австрии, Украине, Польши, России (рис. 1,в).

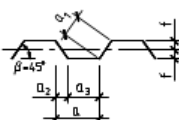
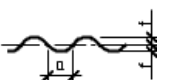
В данном исследовании проведен сравнительный анализ работы балок с гофрированной стенкой различного очертания и балки со стенкой из плоского листа при нагрузке, приложенной с эксцентриситетом.

Работа балок сопоставлялась по показателям деформативности – прогибам и углам поворота. Для сравнения деформативности балок характеристики сечения (высота, длина и площадь поперечного сечения) приняты одинаковыми. Для балок с гофрированной стенкой одинаковыми принимались параметры гофра – длина полуволны a и высота гофра f (табл.1).

*Таблица 1
Параметры балок*

Балка	b_f мм	t_f мм	h_w мм	t_w мм	Основные параметры гофров стенки	Размеры гофра, мм			
						a	f	a_1	a_3
с плоской стенкой	220	10	500	3	-	-	-	-	-
с треуго- льным гофром	220	10	500	3		150	20	5	-

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

с трапеци- дальным гофром	220	10	500	3		150	20	5 6. 6	4 0
с волнисты м гофром	220	10	500	3		150	20	-	-

Расчетная схема принята в виде двухопорной шарнирной балки (рис. 2). Пролет балки принят 6 м. Нагрузка прикладывалась в виде двух сосредоточенных сил по 100 кН (10 т) с шагом 2 м с целью создания в середине пролета участка с «чистым изгибом». Нагрузка прикладывалась с эксцентриситетом к оси балки равным 40 мм.

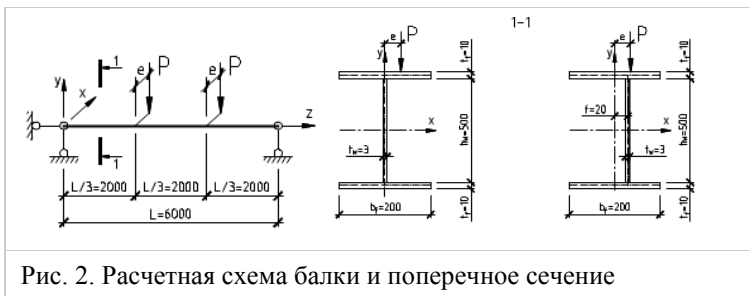
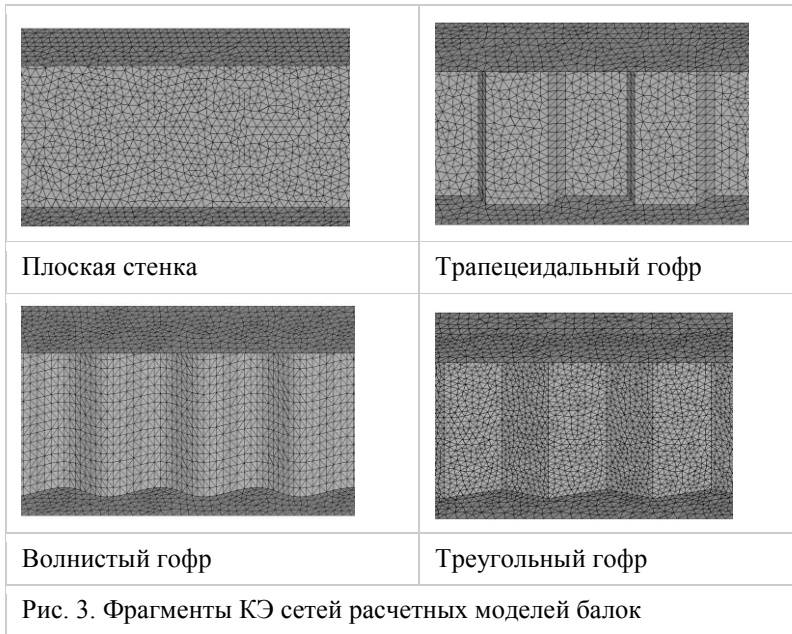


Рис. 2. Расчетная схема балки и поперечное сечение

Расчет производился в упругой стадии с использованием вычислительного комплекса ANSYS. Фрагменты разбивки КЭ модели приведены на рис. 3. При создании моделей применялся универсальный треугольный КЭ оболочечного типа.



Сравнительный анализ проводился по прогибам и углам закручивания в середине пролета балки. Угол закручивания принимался по срединному сечению балки, также определялись перемещения основных точек в глобальных осях (табл. 2).

*Таблица 2
Результаты расчета.*

Балка	Прогиб, мм	Δ , %	Угол закручивания, град	Δ , %
с плоской стенкой	13,93	0	6,4	0
с треугольным гофром	14,77	6,1	5,88	-8,2
с трапецидальным	15,21	9,2	5,76	-10

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

гофром				
с волнистым гофром	15,09	8,4	5,95	-7,1

Выводы:

1. Прогобы у балок с гофрированной стенкой больше, чем у балки с плоской стенкой на 6-9%;

2. Угол закручивания срединного сечения у балок с гофрированной стенкой меньше, чем у балки с плоской стенкой на 7-10%;

3. Балка с гофром треугольного очертания имеет лучшую изгибную жесткость, а балка с гофром трапецидального очертания – лучшую жесткость на кручение, при одинаковых геометрических параметрах.

4. Нормальные напряжения, возникающие от изгиба, воспринимаются в основном поясами, в стенке наблюдаются только у поясов и быстро затухают в направлении нейтральной оси балки;

5. Касательные напряжения распределяются по высоте стенки почти равномерно;

6. При расчете балок на общую и местную устойчивость гофро-стенку следует рассматривать как плоскую пластину с ребрами жесткости либо как ортотропную пластину.

Литература:

1. Ажермачев Г.А. Об устойчивости волнистой стенки при действии сосредоточенной нагрузки // Строительство и архитектура. 1963. № 3. С. 50—53.

2. Барановская С.Г. Прочность и устойчивость гофрированной стенки стальной двутавровой балки в зоне приложения сосредоточенных сил :автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 1990. 18 с.

3. Металлические конструкции. Т.1 / Под ред. В.В. Горева. – М. :Высш. шк., 2004. – 551 с.

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

4. Лужин, О.В. Кручение тонкостенных стержней комбинированного попе-речного сечения / О.В. Лужин // Проблемы расчета пространственных конструкций. Вып. 2. – М., 1980. – с. 79-89.

5. Холопов, И.С. Особенности напряженно-деформированного состояния стальных балок при стесненном кручении [Текст] / И.С. Холопов, А.В. Соловьев // Надежность строительных элементов и систем. Труды международной научно-технической конференции. – Самара, 1997.

6. Лукин, А.О. Применение конструкций с гофрированными элементами в зданиях и сооружениях/ А. О. Лукин, А.В. Соловьев // Строительный вестник Российской инженерной академии. Труды секции «Строительство» Российской инженерной академии. Выпуск 11. Москва, 2010. – с. 196-206.

7. Местное напряженное состояние гофрированной стенки двутавровой балки при локальной нагрузке / В.В. Бирюлев, Г.М. Остриков, Ю.С. Максимов, С.Г. Барановская // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1989. № 11. С. 13—15.

8. Кудрявцев, С.В. Балки с тонкими гофрированными стенками Текст. / С.В. Кудрявцев, В.В. Рогалевич // Научные труды X отчетной конференции молодых ученых ГОУ ВПО УГТУ-УПИ: сборник статей: в 4 ч. -Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. Ч. 2. - С. 111-112.

Анотація: Розглядаються проблеми проектування сталевих конструкцій у сейсмонебезпечних районах. Переваги використання балок двотаврового перетину з гофрованою стінкою. Порівнюється ефективність роботи балок з тонкою стінкою і з різними видами гофрування.

Ключові Слова: двотаври з гофрованою стінкою; будівництво в сейсмічних районах; двотаври з тонкою стінкою.

Abstract: Problems of the design of steel structures in seismic areas. Benefits of using I-section beams with corrugated web. The effectiveness of the work of thin-walled beams and with different types of corrugation.

Keywords: Beams with corrugated web, construction in seismic areas; Beams with a thin wall.

Стаття надійшла до редакції у листопаді 2013р.