

ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Авторы: Новоселова Екатерина Сергеевна (Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого)

Аннотация: В статье приводится исследование металлоемкости перфорированной балки с ромбовидными отверстиями и составной сварной балки с различными геометрическими характеристиками, но одинаковыми условиями загрузки. Эксперимент проводился в программном комплексе «ЛИРА САПР». Снижение металлоемкости в результате применения перфорированной балки позволяет сделать вывод о целесообразности ее применения в качестве несущей конструкции вместо составной сварной балки.

Ключевые слова: двутавровая балка, ромбовидная перфорация стенки, конечно-элементная модель, металлоемкость, экономическая эффективность.

Annotation: The article investigates the metal consumption of perforated beams with diamond-shaped holes and composite welded beams with different geometric parameters, but with the same loading conditions. The experiment was carried out in the LIRA CAD software package. A fixture for a perforated beam allows us to conclude that it is advisable to use it as a supporting structure instead of a composite welding beam.

Keywords: I-beam, diamond-shaped wall perforation, finite element model, metal consumption, economic efficiency.

При проектировании зданий всегда учитываются четыре основных требования: функциональности, несущей способности, художественного оформления (архитектуры) и экономичности. В настоящее время соблюдение принципа экономической эффективности по важности соизмеримо с учетом несущей способности той или иной конструкции. Заказчик нередко ограничен во вложении денежных средств, а значит команда проектировщиков должна максимально снизить материальные затраты.

В строительстве зданий с металлическим каркасом большую долю затрат составляет расход металла, особенно основных несущих конструкций – ригелей, колонн. С ходом времени такие конструкции совершенствовались, что привело к появлению, так называемых, легких металлических конструкций. Перфорированные балки, составные двутавровые балки, балки переменного сечения, гофрированные балки – все это неполный список конструкций с меньшим расходом металла. Такие конструкции могут снизить расход стали на 25-50%.

Перфорация балок может иметь различную конфигурацию:

отверстия ромбовидной, прямоугольной, круглой, синусоидальной форм. Согласно исследованиям, ромбовидная перфорация отличается большим уровнем концентрации напряжений из-за наличия острых углов отверстий. Однако, все же такие балки являются более выгодными, так как изготавливаются по безотходной технологии путем распуска балочных или широкополочных прокатных двутавров.

Цель настоящей статьи – выявить конструкцию наиболее эффективную с точки зрения металлоемкости.

Исследования проводились на двух типах балок (моделей) – составной сварной и перфорированной с ромбовидными отверстиями. Пролет для балок – 18 м, нормативная и расчетная равномерно-распределенная нагрузка принята – 12 и 16 кН/м соответственно. Расчетная схема балки – шарнирно-опертая на двух опорах. Верхний пояс балки принят раскрепленным из плоскости с целью обеспечения общей устойчивости.

Создание расчетных схемы велось в программном комплексе «ЛИРА САПР». Конструирование моделей балок производилось с максимизацией нормальных напряжений в обеих моделях. Нагрузки прикладывались к пластинчатым элементам верхнего пояса балок, распределенным на ширину пояса.

Стенка и пояса балки разбивались на сетку четырехугольных конечных элементов, с следующими характеристиками:

- $E = 2,06e+008$ кН/м² – модуль упругости;

- $\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона;

- $R_0 = 78,5$ кН/м³ – удельный вес стали.

Конструкция перфорированной балки принята в соответствии с рекомендациями по проектированию и соответствует размерам, указанным на рисунке 1.

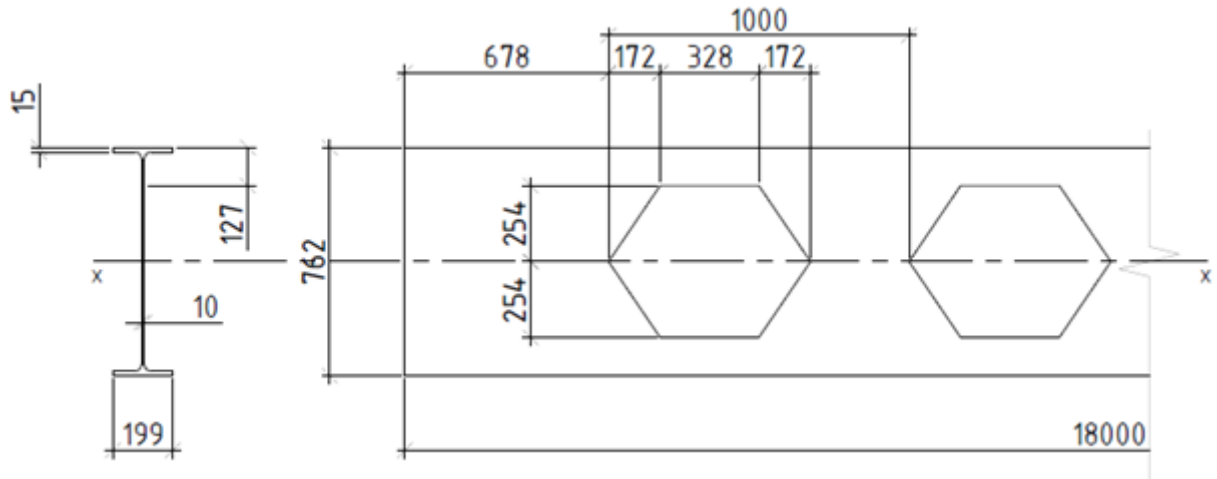


Рисунок 1. Конструкция перфорированной балки

Конструкции составной балки приняты исходя из заданных нагрузок и размеры сечения соответствуют, указанным на рисунке 2.

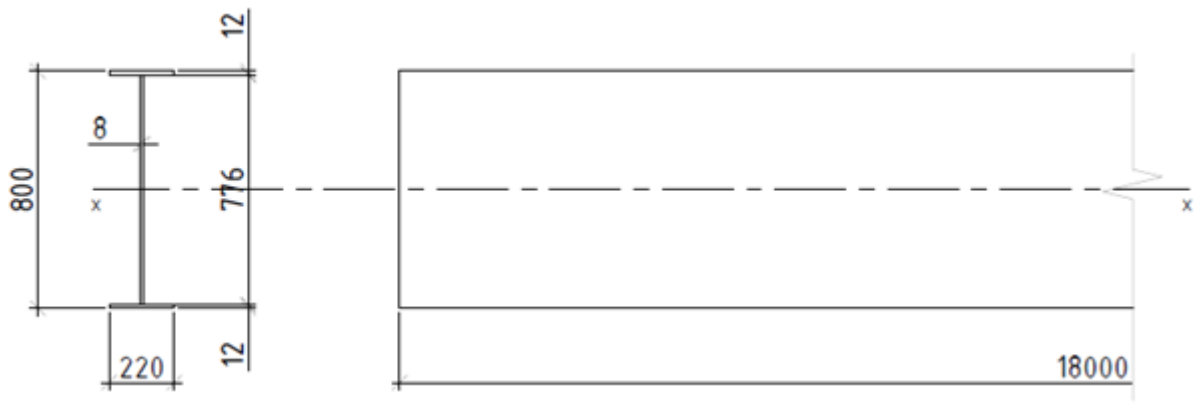


Рисунок 2. Конструкция составной балки

Методом конечных элементов в комплексе ЛИРА САПР, получены следующие результаты:

по прогибам



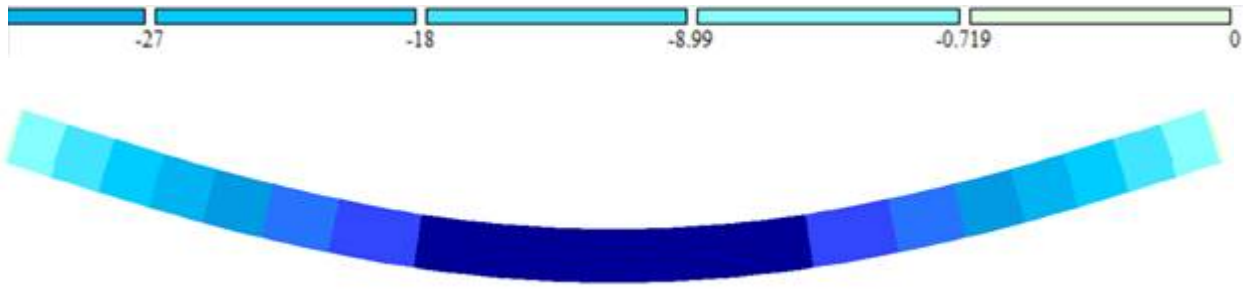


Рисунок 3. Мозаика перемещений составной балки

$$f_{\max} = 72,0 \text{ мм}$$

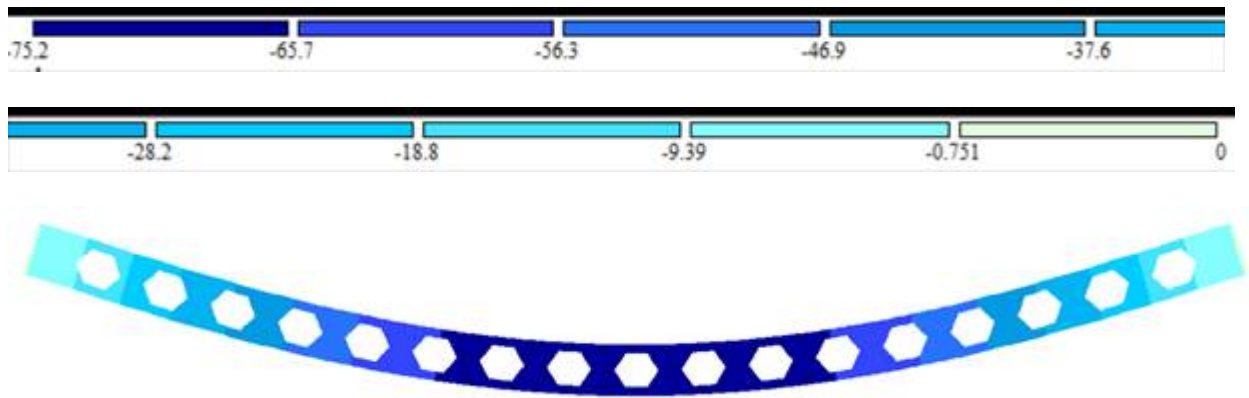


Рисунок 4. Мозаика перемещений перфорированной балки

$$f_{\max} = 75,2 \text{ мм}$$

по напряжениям

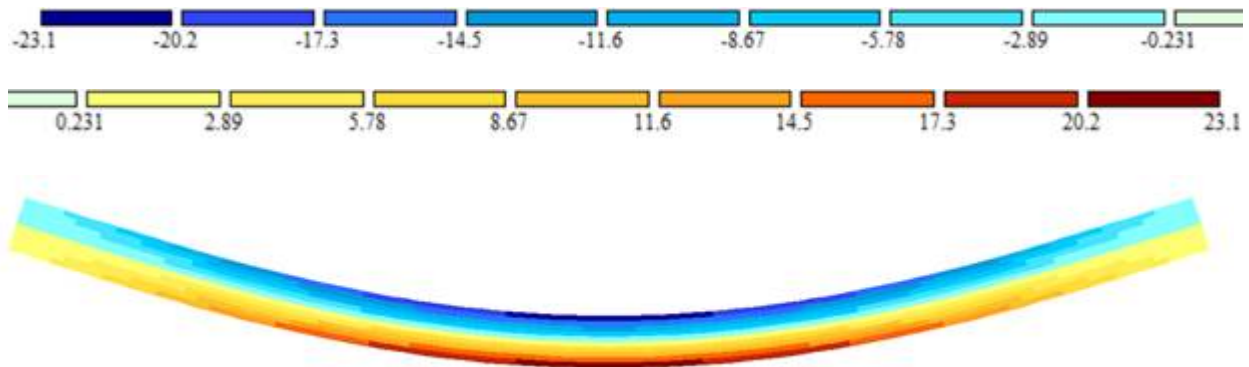


Рисунок 5. Мозаика нормальных напряжений составной балки

$$\sigma_{\max} = 23,1 \text{ кН/см}^2$$

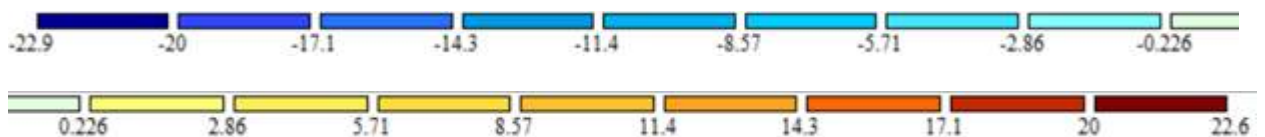




Рисунок 6. Мозаика нормальных напряжений перфорированной балки

$$\sigma_{\max} = 22,9 \text{ кН/см}^2$$

Сведем полученные результаты в таблицу.

Таблица 1. Результаты расчетов

	Составная балка	Перфорированная балка	Предельные значения
f_{\max}	72,0 мм	75,2 мм	76,9 мм
σ_{\max}	23,1 кН/см ²	22,9 кН/см ²	24 кН/см ²
$m_{\text{мет}}$	16,05 кН	15,60 кН	

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. При практически равнозначных величинах нормальных напряжений применение перфорированной балки вместо составной снижает расхода металла на $0,45 \text{ кН} = 45 \text{ кг}$ с одного несущего ригеля;
2. Максимальные прогибы балок не превышают допустимого уровня, но при этом составная сварная балка имеет меньшие перемещения по вертикали.

Использованные источники:

1. Казакова И.С. Легкие металлические конструкции: методические указания и примеры расчета для студентов всех форм обучения / И.С. Казакова. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 40 с.
2. Кудишин Ю.И. Металлические конструкции / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева. – М.: Стройиздат, 2007. – 683 с.
3. Белый Г.И. Предельные состояния в сечениях двутаврового элемента с перфорированной стенкой / Г.И. Белый, В.М. Дарипаско // Труды Молодых ученых. – СПбГАСУ. – 1999. – Ч.1. – С. 48-52.

4. Притыкин А.И. Прогибы перфорированных балок-стенок с прямоугольными вырезами / А.И. Притыкин // Известия ВУЗов. Строительство. – 2009. – №10. – С. 110-116;

5. Емельянов К.А. Конечно-элементный анализ напряженного состояния и устойчивости балок с ромбовидной перфорацией / К.А. Емельянов, А.И. Притыкин // Вестник науки и образования северо-запада России. – 2018. – №3. – С. 81-88;

6. Соловьев А.В. Анализ жесткостных характеристик перфорированных балок с круглой перфорацией стенки / А.В. Соловьев, И.А. Васюков // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №3. – С. 36-38.

7. Полевщиков А.С. Перфорированные балочные конструкции / А.С. Полевщиков, Л.В. Елькина, М.Н. Крупин // Advanced science. – 2017. – №3. – С. 300-307;

8. Брудка Я. Легкие стальные конструкции / Я. Брудка, М. Лубиньски. – М.: Стройиздат, 1974. – 342 с.