

УДК 69.07

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ



WAYS TO IMPROVE BEAM STRUCTURES

Хейшхо Асет Борисовна

студент,
Кубанский Государственный Технологический университет
akheyshkho@mail.ru

Пальянова Анастасия Владиленовна

студент,
Кубанский Государственный Технологический университет
nastya.palyanova@bk.ru

Леонова Анна Николаевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры строительных конструкций,
Кубанский Государственный Технологический университет
lan.75@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются способы улучшения балочных конструкций. Приведены особенности конструирования бистальных и предварительно напряженных балок, балок с перфорированной, гофрированной и гибкой стенкой. Описываются особенности их работы и рекомендации по расчету облегченных конструкций.

Ключевые слова: балочные конструкции, балки, трудоемкость, прочность, эффективность, экономия.

Kheyshkho Aset Borisovna

Student,
Kuban State University of Technology
akheyshkho@mail.ru

Palyanova Anastasia Vladilenovna

Student,
Kuban State University of Technology
nastya.palyanova@bk.ru

Leonova Anna Nikolaevna

Ph. D., Associate Professor of Building Structures,
Kuban State University of Technology
lan.75@mail.ru

Annotation. This article discusses ways to improve beam structures. The features of designing bial and prestressed beams, beams with a perforated, corrugated and flexible wall are presented. The features of their work and recommendations for the calculation of lightweight structures are described.

Keywords: beam structures, beams, labor intensity, strength, efficiency, economy.

Одной из важнейших задач строительства является разработка новых конструктивных форм и совершенствование существующих. Это привело к появлению конструкций, которые в ряде случаев эффективнее и экономичнее традиционных. В настоящее время наибольшую популярность получили несколько типов облегченных балок.

Бистальные балки.

Это балки, выполненные из двух марок стали различной прочности. При этом в наиболее напряженных участках поясов балки применяют сталь повышенной прочности, а на участках, где нормальные напряжения гораздо меньше (стенка и пояса вблизи опор), применяют малоуглеродистую сталь. Такое решение позволяет существенно снизить расход металла при экономически целесообразном ограниченном применении сталей более высокого класса [1] и способствует снижению стоимости на 5–7 %.

Особенностью работы бистальных балок является возможность возникновения текучести материала стенки в крайних участках, которые примыкают к поясам. Однако эта текучесть не опасна для всей конструкции, потому что деформации в этих участках стенки ограничены поясами и остальной частью стенки. Поэтому ребра устанавливаются чаще, а горизонтальные ребра жесткости выполняются из высокопрочной стали.

При работе с циклическими нагрузками бистальные балки обладают большей износостойкостью, чем обычные балки. При этом компоновку сечения бистальных балок, а также определение общей устойчивости выполняют так же, как и в моносталях.

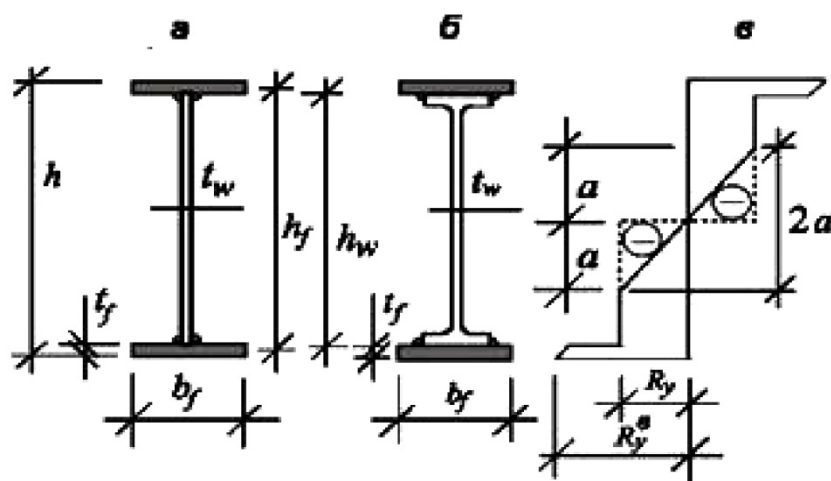


Рисунок 1 – Бистальные балки:
 а – из листовой и полосовой стали; б – из прокатного двутавра и полосовой стали;
 в – эпюра нормальных напряжений

Балки с перфорированной стенкой

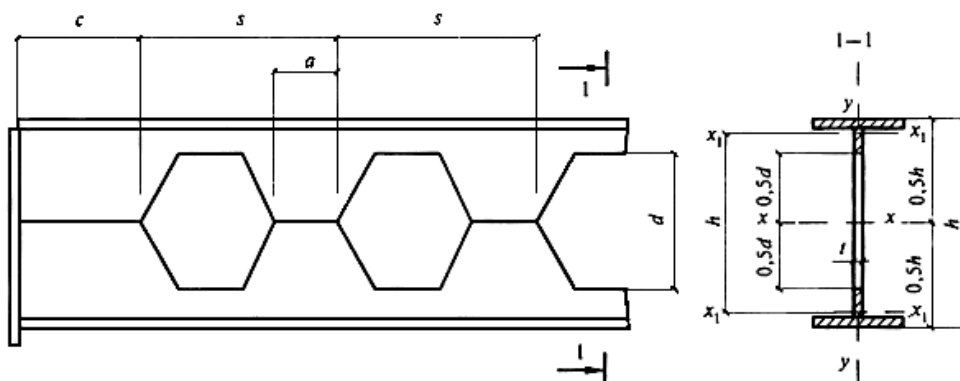


Рисунок 2 – Балка с перфорированной стенкой

Такие балки получают путем разрезания стенки прокатного двутавра по зигзагообразной линии. Затем соединяют части в местах примыкания выступов сваркой и получают двутавр с отверстием в стенке. Высота конечной конструкции больше, что способствует повышению несущей способности. Хорошо зарекомендовали себя перфорированные балки в виде прогонов пролетом 12 метров. При этом перфорацию рекомендовано начинать с прокатного двутавра № 20 [9].

При расчете перфорированных балок используют модель, напряжения в которой находят как в обычной балке, ослабленной отверстием, и учитывают действие поперечной силы, изгибающей пояс. Вычисляют геометрические характеристики по сечению с отверстием и проверяют общую устойчивость тоже как обычных балок.

Формы поперечных сечений и связанных с этим отверстий зависят от назначения элементов в конструкции. Как показали исследования, в некоторых случаях, касающихся устойчивости, более предпочтительной может оказаться перфорация стенки двумя рядами неодинаковых по величине вырезов [8]. С точки зрения распределения напряжений наиболее выгодными оказываются наклонные эллиптические отверстия, за счет снижения концентрации касательных напряжений в балке [8]. Отверстия в перфорированных элементах позволяют использовать пространство между балок для проведения коммуникаций через стенки балок, что приводит к повышению энергоэффективности такой конструкции при использовании ее в строительстве зданий и сооружений.

Такая конструкция балки позволяет значительно сократить расход материала [2], трудозатраты, время возведения каркаса здания, а, следовательно и стоимость строительства.

Балки с гибкой стенкой

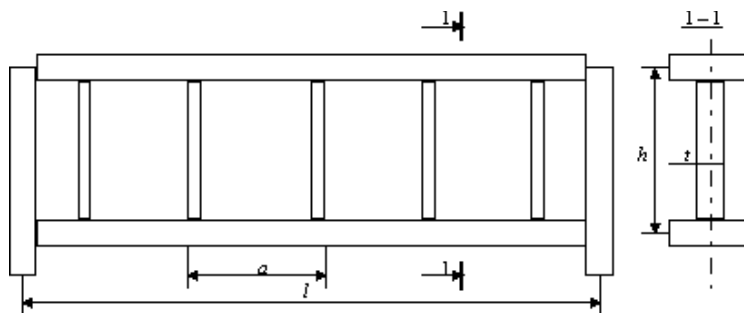


Рисунок 3 – Балка с гибкой стенкой

Стенка балки представляется в виде гибкой прямоугольной пластинки, опёртой на пояса и рёбра жёсткости, несущей в своей плоскости по контуру нагрузку, статически эквивалентную изгибающему моменту, поперечной, продольной силе или их комбинации [3]. Уменьшение толщины стенки и повышение ее гибкости приводит к уменьшению площади сечения, а, следовательно, к экономии металла.

Препятствием к значительному увеличению гибкости стенки является потеря ее местной устойчивости и нежелание проектировать продольные ребра жесткости. Однако, при потере устойчивости тонкая стенка, имеющая вертикальные ребра жесткости, образует складки между ребрами, направленными вдоль основных сил растяжения («закрытая» работа стенки), и балка продолжает нести действующую нагрузку. В результате балка как бы превращается в раскосную ферму, в которой растянутые участки стенки выполняют роль растянутых раскосов, а ребра жесткости - роль сжатых стоек.

Таким образом, благодаря закрытой работе стены балки можно сделать более тонкостенными, что в свою очередь дает экономию металла.

Работа и расчет таких балок сильно отличается от обычных. Проверка несущей способности пояса проводится по внецентренному сжатию, а стенки – по приведенным напряжениям от действия растягивающих, сжимающих и касательных напряжений.

Применение балок с очень тонкими стенками целесообразно при стабильном направлении действия статических временных нагрузок, поскольку работа таких балок при переменных в направлении подвижных и динамических нагрузок еще недостаточна.

На сегодняшний день применяются следующие типы балок с гибкой стенкой: с поперечными ребрами жесткости, с продольными ребрами жесткости, с ребрами-стойками и с гладкими стенками.

Балки с гофрированной стенкой

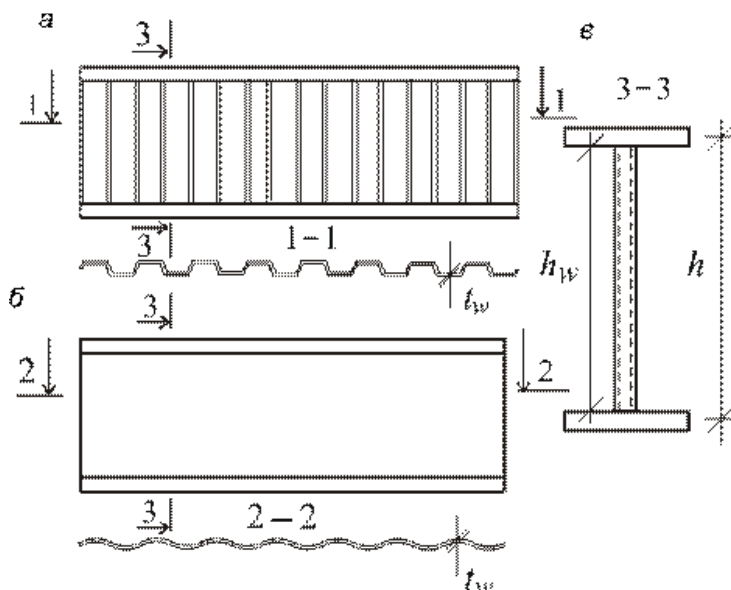


Рисунок 4 – Балка с гофрированной стенкой

Один из способов снизить содержание металла в балках – гофрирование стенок. Такие балки применяются во всех случаях, когда необходимо повысить жесткость конструкции на кручение.

Установка поперечных ребер смягчает ситуацию за счет уменьшения толщины стенки и в то же время увеличения жесткости балок на кручение, поскольку ребра действуют как мембрана и обеспечивают неизменность контура поперечного сечения.

При выборе конструктивного решения балки с гофрированной стенки следует учитывать и особенности напряженно-деформированного состояния под действием нагрузок, и технологические требования. Основные типы таких балок: прямоугольные, трапецеидальные, треугольные, волнистые. Стенки с треугольными гофрами наиболее просты в изготовлении, а с волнистыми – устойчивы. Также встречается применение полос из готового профнастила. Исследования, представленные в работе [4], показывают, что большей несущей способностью обладает несущий элемент, гофры которого имеют синусоидальный профиль.

Изготовление балок с гофрированной стенкой рекомендуется производить на заводах металлоконструкций, с организацией специальных участков прессования или другими установками для гофрирования.

В упругой стадии, до потери устойчивости стенки как ортопропной пластины, балки с гофрированной стенкой работают дольше, чем балки с гибкой стенкой. Так как пояса балок с гофрированной стенкой не испытывают изгиба в плоскости стенки, они также работают в лучших условиях.

Предельное состояние балки обычно сопровождается потерей местной устойчивости стенки под действием местных сосредоточенных сил, если отсутствуют ребра жесткости. В балках с довольно жесткими гофрированными стенками предельное состояние может возникнуть из-за развития чрезмерных остаточных деформаций. Замена стенки из плоского листа в опорных зонах на вертикально гофрированный профиль обеспечивает повышенную общую и местную устойчивость стены, что приводит к увеличению несущей способности балки [6].

Для балок с гофрированными стенками часто принимают двутавровые сечения с поясами из листов. Сечение поясов может иметь довольно большие размеры в ширину и быть переменным по длине в соответствии с очертаниями эпюры изгибающих моментов, что позволяет дополнительно уменьшить расход металла.

Предварительно напряженные балки

Предварительно напряженные металлические балки на 15–23 % экономичнее обычных балок с точки зрения расхода стали.

Предварительное напряжение чаще всего происходит путем включения стальных тросов в балку, расположенных в растянутой зоне конструкции и растягиваемых во время монтажа. Иногда вместо тросов применяют пучки высокопрочной проволоки.

При обжатии конструкции в балке образуются начальные напряжения, противоположные по знаку напряжениям от нагрузки.

На эксплуатационную нагрузку сечение работает в сочетании с тросами как статическая неопределимая система, при этом число дополнительных неизвестных равно количеству напрягаемых элементов. Таким образом, в тросах нагрузки прикладываются к усилиям от предварительного напряжения. В зависимости от величины данного суммарного усилия принимают поперечное сечение троса.

Обратные начальные моменты позволяют значительно уменьшить сечение балки. Экономия стали при такой конструкции во много раз превосходит вес тросов.

Предварительное напряжение также, осуществляется путем сварки двух предварительно изогнутых половин балки и принудительным смещением опор неразрезной балки.

При осуществлении предварительного напряжения всегда требуются дополнительные затраты труда. Однако, если при этом сокращается расход стали, то общая трудоемкость конструкций оказывается ниже, чем при применении обычных конструкций [5].

Усовершенствование балочных конструкций является актуальным и перспективным направлением исследований. Рассмотренные варианты изготовления облегченных двутавровых балок позволяет более полно использовать резервы устойчивости. Применение облегченных типов балочных конструкций позволяет получить большую эффективность и экономию стали до 10–50 %, по сравнению с традиционными балками прокатного или составного сечения.

Литература

1. Морозовский А.П. О работе бистальных балок при статической нагрузке за пределом упругости // Вестник ТГАСУ. – 2004. – № 1. – С. 208–212.
2. Аль Хетари А.А. Особенности работы и расчета балок с перфорированной стенкой // Символ науки. – 2018. – № 6. – С. 11–14.
3. Полтораднев А.С. Эффективность балок с гибкой стенкой // Соискатель. – 2010. – № 1. – С. 46–48.
4. Митрофанов С.В., Митрофанов В.А. Работа балки с гофрированной стенкой с различными профилями гофрирования // Строительство и техногенная безопасность. – 2017. – № 9 (61) – С. 87–92.
5. Чебровский А.А. Исследование экономических показателей стальных балок, предварительно напряженных вытяжкой стенки // Вестник ТОГУ. – 2016. – № 4. – С. 103–108.
6. Плисенко Д.Ю. Особенности использования балки с гофрированной стенкой в строительстве // Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики. – 2018. – С. 780–782.
7. Полевщиков С., Елькина Л.В., Крупин М.Н. Перфорированные балочные конструкции // Технические науки. – 2017. – № 3. – С. 300–307.
8. Притыкин А.И. Технологии изготовления однорядно и многорядно перворированных балок // Вестник МНСУ. – 2009. – № 2. – С. 31–35.
9. Конструкции прогонов покрытия в виде балок с перфорированной стенкой / И.В. Роменский [и др.] // Металлические конструкции. – 2020. – Т. 26. – № 2. – С. 77–85.

References

1. Morozovsky A.P. On the Work of Bistal Beams under Static Loading Beyond the Elasticity Limit // Vestnik of TSAU. – 2004. – № 1. – P. 208–212.
2. Al Khetari A.A. Features of work and calculation of beams with a perforated wall // Symbol of Science. – 2018. – № 6. – P. 11–14.
3. Poltoradnev A.S. Efficiency of beams with a flexible wall // Applicant. – 2010. – № 1. – P. 46–48.
4. Mitrofanov S.V., Mitrofanov V.A. Operation of a beam with a corrugated wall with different corrugation profiles // Construction and Technogenic Safety. – 2017. – № 9 (61) – P. 87–92.
5. Chebrovsky A.A. The study of economic performance of steel beams, prestressed wall stretching // Vestnik TOGU. – 2016. – № 4. – P. 103–108.
6. Plisenko D.Yu. Features of the use of beams with corrugated wall in construction // Investment, construction, real estate as a material basis for modernization and innovative development of the economy. – 2018. – P. 780–782.
7. Polevshchikov S., Elkina LV, Krupin MN Perforated girder structures // Technical Sciences. – 2017. – № 3. – P. 300–307.
8. Pritykin A.I. Technologies of single-row and multiple-row firsted beams manufacturing // Bulletin of the Ministry of Science and Technology of the Russian Federation. – 2009. – № 2. – P. 31–35.
9. Designs of cover beams with perforated wall / I.V. Romensky [et al.] // Metal Structures. – 2020. – VOL. 26. – № 2. – P. 77–85.