

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕЦИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ



MODERN TRENDS IN THE DESIGN OF BEAM STRUCTURES

Вахромеева Екатерина Алексеевна

студентка,

Кубанский государственный технологический университет
dinner2002@mail.ru

Vakhromeeva Ekaterina Alekseevna

Student,

Kuban State Technological University
dinner2002@mail.ru

Аннотация. Облегченные балки представляют собой одну из инноваций, которые могут быть более эффективными и экономичными по сравнению с традиционными конструкциями. К таким конструктивным формам можно отнести: бистальные балки, балки с гибкой, перфорированной, гофрированной стенкой и предварительно напряженные балки. Совершенствование балочных конструкций может включать в себя различные аспекты, связанные с проектированием, материалами и методами строительства. В данной статье рассматриваются способы улучшения балочных конструкций.

Annotation. Lightweight beams represent one of the innovations that can be more efficient and economical compared to traditional structures. Such structural forms include: bistal beams, beams with flexible, perforated, corrugated walls and prestressed beams. The improvement of beam structures may include various aspects related to design, materials and construction methods. This article discusses ways to improve beam structures.

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

Keywords: girder structures, beams, strength, rigidity, efficiency, economy.

Разработка новых конструкций и усовершенствование существующих играют важную роль в строительной индустрии. Совершенствование балочных конструкций может включать в себя различные аспекты, связанные с проектированием, материалами и методами строительства.

Приведем несколько направлений для улучшения балочных конструкций:

1. Оптимизация проектирования:

Геометрия балок: Использование оптимальных геометрических параметров балок, таких как ширина, высота и толщина, может повысить их прочность и устойчивость [1, с. 739].

Распределение материала: Использование инновационных методов распределения материала вдоль балки может помочь снизить вес конструкции при сохранении необходимой прочности.

2. Использование новых технологий:

3D-печать: Технология 3D-печати может быть применена для создания более сложных и оптимизированных форм балочных элементов.

Сенсоры и мониторинг: Интеграция сенсоров и систем мониторинга может обеспечить раннее обнаружение повреждений и предупреждение о потенциальных проблемах в конструкции.

3. Улучшение соединений:

Инновационные методы соединения: Разработка более эффективных и прочных методов соединения балок может снизить риск разрушения конструкции в зонах соединений.

4. Анализ нагрузок и стрессов:

Численное моделирование: Использование программных средств для численного моделирования может помочь более точно предсказать поведение балочных конструкций под различными нагрузками.

5. Учет экологических аспектов:

Устойчивые материалы: Выбор материалов с учетом их экологической стойкости и возможности переработки.

6. Обучение и развитие:

Продвинутые методы проектирования: Обучение инженеров новым методам проектирования и строительства, а также предоставление доступа к последним исследованиям и технологиям.

Облегченные балки представляют собой одну из инноваций, которые могут быть более эффективными и экономичными по сравнению с традиционными конструкциями. К таким конструктивным формам можно отнести: бистальные балки, балки с гибкой, перфорированной, гофрированной стенкой и предварительно напряженные балки [2, с. 72]. Рассмотрим некоторые особенности их работы и конструирования.

Бистальные балки

Использование бистальных балок, в которых различные участки изготовлены из сталей разной прочности, является распространенной и эффективной практикой в инженерном строительстве. Это позволяет оптимизировать использование материала и достигнуть оптимального сочетания прочности и экономии. В результате снижается расход стали и на 5–7 % уменьшается общая стоимость [3, с. 210].

Кроме того, испытания показали, что бистальные балки по сравнению с балками, изготовленными из одной марки, стали, обладают значительно большей выносливостью при работе на циклические нагрузки. Применение стали повышенной прочности в наиболее напряженных участках балок обеспечивает необходимую прочность и стойкость к нагрузкам, тогда как использование обычной малоуглеродистой стали в менее напряженных участках позволяет снизить затраты и сохранить экономию металла [4, с. 306]. Это также может улучшить местную устойчивость конструкции.

Такие подходы к конструкции могут быть особенно важны в случае, когда требуется учесть различные факторы, такие как местные напряжения, устойчивость элементов и общая стоимость проекта.

Существует несколько методов совершенствования бистальных балок, чтобы обеспечить оптимальные характеристики прочности, устойчивости и экономии материала. Ниже приведены некоторые из них:

Оптимизация сечения: Проектирование оптимальной формы сечения балки может значительно повлиять на ее прочностные характеристики. Использование методов оптимизации формы может помочь в определении наилучших параметров сечения для достижения заданных целей.

Градиентные балки: Применение бистальных балок с постепенным изменением материала вдоль длины может улучшить распределение напряжений. Этот метод позволяет лучше адаптировать материал к изменяющимся условиям нагрузки.

Улучшенные методы соединения: Обеспечение эффективных методов соединения между различными участками бистальной балки имеет важное значение. Применение продвинутых техник сварки, клеевых соединений или использование инновационных соединительных элементов может повысить прочность и устойчивость всей конструкции.

Мониторинг напряжений: Внедрение систем мониторинга напряжений и деформаций позволяет в реальном времени отслеживать работу бистальных балок. Это может помочь в оптимизации дизайна и обеспечении безопасности в процессе эксплуатации.

Компьютерное моделирование: Использование компьютерных программ для моделирования и анализа конструкций может значительно упростить оптимизацию бистальных балок. Это может включать в себя применение программ для конечно-элементного анализа, которые помогут предсказать поведение конструкции при различных нагрузках.

Учет экономических факторов: При оптимизации бистальных балок необходимо учитывать не только их прочностные характеристики, но и экономические аспекты. Анализ стоимости материалов, производства и обслуживания помогает найти баланс между прочностью и стоимостью.

Комбинация этих методов может помочь создать бистальные балки, которые сочетают в себе оптимальные характеристики прочности, устойчивости и экономии материала.

Балки с гибкой стенкой

Балки с гибкими или деформируемыми элементами могут адаптироваться к изменяющимся условиям или нагрузкам. Это может быть частью конструкции, разрабо-

танной для улучшения устойчивости, долговечности или эффективности системы. Такие конструкции могут использоваться, например, для создания гибких элементов зданий или мостов.

Когда вы уменьшаете толщину стенки балки, она становится более гибкой, но при этом возникает опасность потери местной устойчивости стенки, что может привести к её деформации [5, с. 38]. Впрочем, добавление вертикальных ребер жесткости может смягчить этот недостаток.

Когда стенка теряет устойчивость, она может начать образовывать складки между ребрами жесткости. Эти складки направлены вдоль главных растягивающих напряжений. Это происходит из-за того, что стенка стремится минимизировать свою энергию деформации, и образование складок представляет собой один из способов достижения этой цели [6, с. 3].

Таким образом, балка в определенном смысле приспособляется к потере устойчивости, образуя структуру, которая может продолжать нести нагрузку.

Это явление может быть полезным в определенных инженерных решениях, но, конечно, требует тщательного проектирования, чтобы избежать катастрофических последствий от потери устойчивости стенки.

Таким образом, используя критическую работу стенки, можно делать балки более тонкостенными, в результате получить экономию металла.

Совершенствование балок с гибкой стенкой может включать в себя различные инженерные решения и технические улучшения. Рассмотрим некоторые пути их совершенствования:

Материалы и конструкция: Использование высокопрочных материалов для балок, чтобы увеличить их прочность [7, с. 502]. Рассмотрение новых конструкций, которые обеспечивают лучшую устойчивость и надежность.

Управление напряжением: Использование технологий для мониторинга напряжения в балках и регулирование их нагрузки для предотвращения избыточного напряжения.

Сенсоры и мониторинг: Внедрение систем мониторинга с использованием сенсоров для регулярного контроля состояния балок и выявления любых дефектов или повреждений.

Активные системы управления: Внедрение активных систем управления для автоматической коррекции деформаций и повреждений в реальном времени.

Геометрические улучшения: Рассмотрение изменений в геометрии балок для улучшения распределения нагрузок и уменьшения точек напряжения.

Моделирование и анализ: Использование компьютерного моделирования и анализа для оптимизации дизайна балок и предсказания их поведения под различными условиями.

Обучение машин: Разработка систем искусственного интеллекта и машинного обучения для более эффективного прогнозирования поведения балок и предотвращения повреждений.

Стандарты и нормативы: Соблюдение и превышение строительных стандартов и нормативов для обеспечения безопасности и надежности конструкции.

Перед внедрением любых изменений в конструкции балок важно провести тщательный анализ и тестирование, чтобы гарантировать их эффективность и безопасность.

Балки с перфорированной стенкой

Эти балки создаются путем разрезки стенки двутавра по зигзагообразной линии, с последующей раздвижкой и сваркой частей встык. Этот процесс приводит к формированию балок с увеличенной несущей способностью по сравнению с исходными двутаврами: балки с перфорированной стенкой обладают несущей способностью в 1,3–1,5 раза выше, чем исходные двутавры [8, с. 304]. Это связано с увеличением высоты балок.

Благодаря своей конструкции эти балки компактны, что позволяет эффективно использовать пространство и делает их привлекательными для различных конструкций, а также легки и транспортабельны, что упрощает их перевозку на строительную площадку.

В некоторых случаях балки с перфорированной стенкой могут конкурировать с решетчатыми конструкциями, предоставляя аналогичную или даже более высокую несущую способность. Эти балки широко используются в качестве балок перекрытий и стропильных балок благодаря своей эффективности, компактности и удобству в производстве [9, с. 241].

Рассмотрим способы совершенствования балок с перфорированной стенкой:

Оптимизация дизайна перфорации: Анализ геометрии перфорации для определения оптимальных размеров и форм. Использование современных инструментов проектирования и моделирования для оптимизации расположения перфораций [10, с. 118].

Технологии производства: Применение передовых технологий производства, таких как лазерная резка, для создания более точных и эффективных перфораций.

Моделирование и анализ: Использование численного моделирования и анализа для предсказания поведения балки с перфорированной структурой при различных условиях нагрузки.

Многофункциональность: Рассмотрение возможности интеграции дополнительных функций в балку, таких как каналы для проводов или трубопроводов.

Стандартизация: Работа над установлением стандартов для перфорированных балок, что может упростить процесс проектирования и производства.

Исследование новых концепций: Проведение исследований для разработки новых концепций балок с перфорированной структурой, которые могут обеспечивать улучшенные характеристики.

Эти пути представляют собой общий подход к совершенствованию балок с перфорированной стенкой, и конкретные методы могут различаться в зависимости от конкретных требований проекта и инженерных целей.

Предварительно напряженные балки

Предварительно напряженные балки – это структурные элементы, в которых применяется предварительное напряжение для улучшения их механических свойств. Этот метод используется для увеличения прочности и жесткости балок, что позволяет им выдерживать большие нагрузки.

Принцип работы предварительного напряжения заключается в создании компрессионных сил в материале балки до того, как на нее будут действовать внешние нагрузки [11, с. 324]. Благодаря предварительному напряжению балка может выдерживать большие нагрузки без деформаций, а также улучшается устойчивость балки к различным воздействиям. Благодаря увеличенной жесткости балки под воздействием нагрузок уменьшаются прогибы, что важно для определенных конструкций.

Предварительное напряжение позволяет использовать меньше материала для достижения нужной прочности, что может быть экономически выгодным.

Приведем несколько путей совершенствования преднапряженных балок:

Использование высокопрочных материалов: Используйте сталь с высоким пределом текучести для предварительного напряжения.

Оптимизация конструкции: Проектируйте балки с учетом оптимальных геометрических параметров, чтобы минимизировать напряжения и максимизировать прочность. Используйте специальные формы и сечения, например, трапециевидные сечения, чтобы улучшить распределение напряжений.

Управление процессом предварительного напряжения: Тщательно контролируйте процесс предварительного напряжения, чтобы обеспечить равномерное и эффективное распределение напряжений в балке. Используйте современное оборудование и техники для более точного управления процессом.

Мониторинг состояния: Внедрите системы мониторинга состояния, чтобы следить за поведением балок в течение времени и выявлять любые потенциальные проблемы.

Важно подчеркнуть, что каждый проект уникален, и выбор методов совершенствования должен основываться на конкретных условиях, требованиях и целях конструкции.

Оптимизация балочных конструкций является значимым направлением современной инженерии. Создание облегченных двутавровых балок, которые эффективно используют резервы устойчивости, становится важным в контексте снижения затрат и ресурсов, необходимых для строительства [12, с. 340].

Это обусловлено тем, что применение более легких конструкций позволяет сократить количество используемого материала, что в свою очередь ведет к экономии, стали до 10–50 % по сравнению с более традиционными и тяжелыми вариантами.

Это преимущество особенно важно в строительстве, так как помимо экономии ресурсов, облегченные конструкции могут быть легче в установке и требовать меньше ресурсов на транспортировку. Также они могут предоставлять больше гибкости в планировании и оптимизации дизайна зданий или мостов.

Литература

1. Аналитические аспекты проектирования металлоконструкций специального назначения / Е.Н. Карпанина [и др.] // Revista Publicando. – 2018. – Т. 5. – № 14-2. – С. 735–743.
2. Прозорова А.С. Преимущества и недостатки применения облегченных металлических конструкций в строительстве / А.С. Прозорова, А.Н. Леонова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 3. – С. 71–76.
3. Морозовский А.П. О работе бистальных балок при статической нагрузке за пределом упругости / А.П. Морозовский // Вестник ТГАСУ. – 2004. – № 1. – С. 208–212.
4. Хейшхо А.Б. Пути совершенствования балочных конструкций / А.Б. Хейшхо, А.В. Пальянова, А.Н. Леонова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 305–309.
5. Сорокина Е.Н. Балки и балочные клетки : учеб. пособие / Е.Н. Сорокина, А.Н. Леонова – Краснодар : Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом – Юг», 2020. – 182 с.
6. Сорокина Е. Оценка живучести металлических элементов при локальных повреждениях с учетом запроектных воздействий / Е. Сорокина, А. Леонова // MATEC Web of Conferences. – 2018. – С. 02008.
7. Леонова А.Н. Особенности усиления металлических конструкций композитными материалами при воздействии агрессивной среды / А.Н. Леонова, О.Д. Софьяников, И.А. Скрипкина // Вестник МГСУ – 2020. – № 4 – С. 496–509.
8. Полевщиков С. Перфорированные балочные конструкции / С. Полевщиков, Л.В. Елькина, М.Н. Крупин // Технические науки. – 2017. – № 3. – С. 300–307.
9. Ищук Ю.П. Достоинства и недостатки строительных конструкций из алюминиевых сплавов / Ю.П. Ищук, П.В. Погодина, А.Н. Леонова // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 237–244.
10. Припутин Н.А. Применение информационных технологий при проектировании зданий / Н.А. Припутин, А.Н. Леонова // Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Третьей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – 2016. – С. 117–120.
11. Беленя Е.И. Предварительно напряженные металлические несущие конструкции. – М. : Госстройиздат, 1963. – 324 с.
12. Махынко А.С. Разработка новых конструктивных форм, методом расчета, оптимизации и реконструкции строительных конструкций и сооружений / А.С. Махынко, Е.А. Овсиенко, А.Н. Леонова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 339–342.

References

1. Analytical aspects of special purpose metal structures design / E.N. Karpanina, A.N. Leonova, O.V. Siroтина, D.A. Gura // Revista Publicando. – 2018. – Vol. 5. – № 14-2. – P. 735–743.
2. Prozorova A.S. Advantages and disadvantages of using lightweight metal structures in construction / A.S. Prozorova, A.N. Leonova // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 3. – P. 71–76.
3. Morozovsky A.P. On the operation of bistal beams under static loads beyond the elastic limit / A.P. Morozovsky // Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. – 2004. – № 1. – P. 208–212.
4. Kheishkho A.B. Ways to improve beam structures / A.B. Kheishkho, A.V. Palyanova, A.N. Leonova // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 4. – P. 305–309.

5. Sorokina E.N. Beams and beam cages : textbook. allowance / E.N. Sorokina, A.N. Leonova – Krasnodar : Limited Liability Company «Publishing House – South», 2020. – 182 p.
6. Sorokina E. Evaluation of the survivability of metallic elements in local damage given the beyond design basis effects / E. Sorokina, A. Leonova // MATEC Web of Conferences. – 2018. – P. 02008.
7. Leonova A.N. Features of strengthening metal structures with composite materials when exposed to an aggressive environment / A.N. Leonova, O.D. Sofyanikov, I.A. Skripkina // Moscow State University of Civil Engineering bulletin. – 2020. – № 4 – P. 496–509.
8. Polevshchikov S. Perforated beam structures / S. Polevshchikov, L.V. Elkina, M.N. Krupin // Technical sciences. – 2017. – № 3. – P. 300–307.
9. Ishchuk Yu.P. Advantages and disadvantages of building structures made of aluminum alloys / Yu.P. Ishchuk, P.V. Pogodina, A.N. Leonova // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2020. – № 8. – P. 237–244.
10. Priputin N.A. Application of information technologies in the design of buildings / N.A. Priputin, A.N. Leonova // Current issues of urban construction, architecture and design in resort regions. Materials of the Third All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists. – 2016. – P. 117–120.
11. Belenya E.I. Prestressed metal load-bearing structures. – M. : Gosstroyizdat, 1963. – 324 p.
12. Makhinko A.S. Development of new structural forms using the method of calculation, optimization and reconstruction of building structures and structures / A.S. Makhinko, E.A. Ovsienko, A.N. Leonova // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 339–342.