

УДК 624.011.2

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ДЕРЕВОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ БАЛОК

Пересыпкина Валентина Антоновна, аспирант, направление подготовки 2.1.1 Строительные конструкции, здания и сооружения, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: valya.peresypkina@bk.ru

Научный руководитель: **Жаданов Виктор Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: organ-2003@bk.ru

***Аннотация.** Для увеличения использования деревянных конструкций при строительстве в России необходимо разрабатывать новые конструктивные решения, которые будут сочетать в себе повышенные характеристики прочности, жёсткости, и в то же время будут менее материалоемкими. Достичь существенного результата снижения материалоемкости возможно, в частности, за счет применения металлодеревянных конструкций, а также при помощи разработки строительных элементов, совмещающих в себе несущие и ограждающие функции. Характерным примером таких конструкций являются плиты, балки, различные пространственные системы, сочетающие в себе деревянный каркас и стальной тонколистовой материал.*

В данной статье описаны особенности конструктивного решения деревометаллических балок. Особое внимание уделено балкам со стенкой из стальных профилированных листов, включенных в общую работу конструкции.

***Ключевые слова:** стальной профилированный лист, деревянный каркас, соединительный элемент, конструкция из разномодульных материалов.*

***Для цитирования:** Пересыпкина В. А. Оценка эксплуатационной надежности деревометаллических балок // Шаг в науку. – 2025. – № 1. – С. 52–56.*

ASSESSMENT OF OPERATIONAL RELIABILITY OF WOOD-METAL BEAMS

Peresypkina Valentina Antonovna, postgraduate student, training program 2.1.1 Building structures, buildings and structures, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: valya.peresypkina@bk.ru

Research advisor: **Zhadanov Viktor Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Structures, Orenburg State University, Orenburg.
e-mail: organ-2003@bk.ru

***Abstract.** In order to increase the use of wooden structures in construction in Russia, it is necessary to develop new design solutions that will combine increased strength and rigidity characteristics, and at the same time will be less material-intensive. It is possible to achieve a significant result in reducing material consumption, in particular, through the use of metal-wood structures, as well as through the development of building elements that combine load-bearing and enclosing functions. Typical examples of such structures are slabs, beams, various spatial systems that combine a wooden frame and thin-sheet steel material. This article describes the design features of wood-metal beams. Particular attention is paid to beams with a wall made of profiled steel sheets included in the overall work of the structure.*

***Key words:** steel profiled sheet, wooden frame, connecting element, construction from different-module materials.*

***Cite as:** Peresypkina, V. A. (2025) [Assessment of operational reliability of wood-metal beams]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 52–56.*



В строительной деятельности конструкции из балочных элементов широко распространены как в отечественной, так и в зарубежной практике. Их привлекательность обусловлена простотой изготовления, низкой трудоемкостью и высокой огнестойкостью в сравнении с более сложными инженерными системами (фермами, арками, пространственными элементами и т. д.). Однако значительная материалоемкость балочных конструкций ограничивает сферу их применения [1]. Применение разномодульных материалов в балочных конструкциях позволяет снизить материалоемкость и стоимость за счет более эффективного использования прочностных характеристик каждого материала. Комбинирование, например, древесины и металла компенсирует реологические свойства древесины, позволяя регулировать деформации и повышать жесткость и устойчивость конструкции. Наиболее эффективно использование разномодульных материалов в тех случаях, когда конструкции сохраняют ключевые преимущества всех материалов, из которых они изготовлены. Таким образом, использование разномодульных материалов в балочных конструкциях открывает возможности для оптимизации материалозатрат и повышения эффективности конструкций [4].

Разномодульные балочные конструкции особенно перспективны для использования в малоэтажном домостроении. Они обладают ценными свойствами, такими как:

- легкость: низкий вес облегчает транспортировку и монтаж конструкций;
- простота: конструкции легко изготовить и собрать, что сокращает сроки строительства;
- индустриальность: производство элементов на заводе обеспечивает высокое качество и точность изготовления;
- низкая энергоемкость: производство и сборка требуют минимальных затрат энергии;

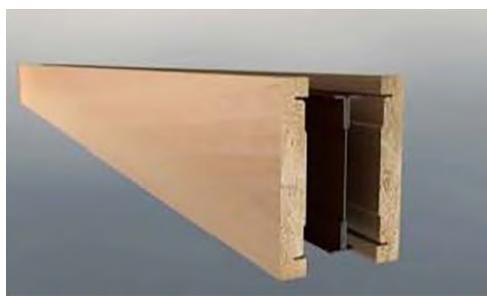
– легкость монтажа: конструкции монтируются быстро и без необходимости проведения «мокрых» процессов;

– доступность сырья: используемые материалы обычно доступны и широко распространены;

– экологическая чистота: применяемые материалы не загрязняют окружающую среду.

Для пролетов балок в диапазоне 9,0–12,0 метров конструкции обеспечивают гибкость планировки внутреннего пространства. Это позволяет легко менять обстановку, что психологически важно при длительном пребывании в изолированных помещениях.

Одним из примеров деревометаллических балок являются балки системы «Элевит». Основными несущими конструкциями являются тонколистовые металлические вкладыши, защищенные специальными составами от коррозии, и деревянные пеналы-оболочки, плотно прилегающими ко вкладышам по всей поверхности (рисунок 1). Соединение в единое целое тонколистового металла и дерева придает конструкции отличные физико-механические свойства и дает ряд преимуществ, а именно: использование при изготовлении отечественного сырья, что влияет на конкурентоспособность; существенное снижение веса изделий; экологическая чистота производства и применяемых материалов. Изготовление конструкций производится в заводских условиях, что, с одной стороны, позволяет обеспечить высокое качество изготовления, а с другой – сокращает возможности использования данной системы при строительстве зданий на удаленных территориях. При правильной предварительной обработке древесины различными типами антипиренов, «деревянный кожух» достаточно длительное время сохраняет металл от потери устойчивости при пожаре, что существенно влияет на устойчивость и долговечность здания, но использование древесины только для обеспечения устойчивости стального листа экономически невыгодно.



а



б

Рисунок 1. Унифицированные балки системы «Элевит»: а – в разобранном виде; б – в собранном виде
Источник: взято из работы [2]

Наиболее удачное сочетание древесины и металла достигнуто в деревометаллических балках с тонкой

плоской стальной стенкой, разработанных д.т.н. Москалевым Н. С. в ЦНИИСК им. Кучеренко (рисунок 2).

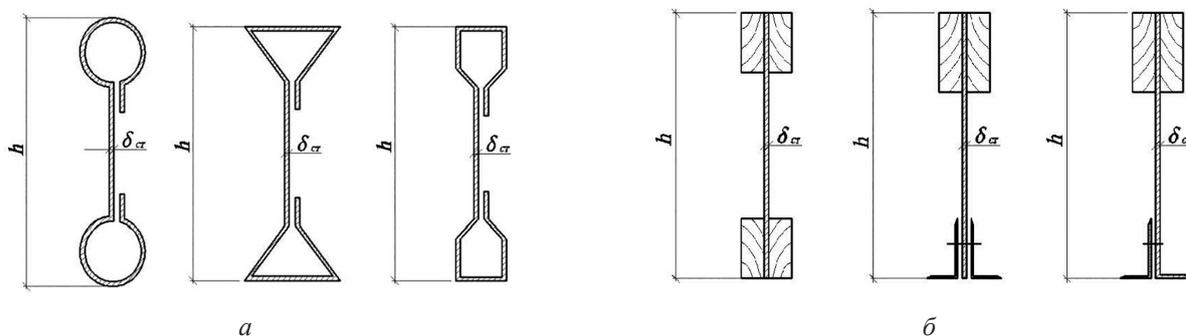


Рисунок 2. Типы поперечных сечений тонкостенных балок, предложенных в ЦНИИСК им. Кучеренко д.т.н. Москалевым Н. С.: а – тонкостенные гнутосварные балки; б – комбинированные металлодеревянные балки
 Источник: взято из работы [6]

В качестве поясов применена как древесина, так и холодногнутые профили из листового проката [6].

Недостатками предложенного решения являются:

- невозможность применения тонколистовой стали в качестве стенки, так как необходимо обеспечить устойчивость стенки;
- высокая трудоемкость изготовления из-за принятого варианта крепления стенки к поясам на стальных цилиндрических нагелях.

Наряду с конструкциями из древесных материалов в зарубежной практике всё чаще используют комплексные конструкции, например металлодеревянные балки. Наибольшее распространение получили балки двутаврового сечения с полками из брусьев цельной древесины и металлической сплошной или решетчатой стенкой типов «Poutrespase» и «Nail-

Web» (рисунок 3). Пролет обоих типов балок достигает 12,5 м. Балки типа «Poutrespase» (рисунок 3, а) изготавливаются решетчатыми, что является основным их преимуществом, так как они позволяют производить монтаж различных инженерных коммуникаций внутри балок, при этом исключая вскрытие отверстий, то есть ослабления несущей способности балки. Но данный тип балок отличаются незначительной несущей способностью, что определяет их частый шаг расположения (как правило не более 0,6 м при нагрузке до 1,5 кН/м²). В балках типа «Nail-Web» (рисунок 3, б) стенка выполнена из профилированного стального оцинкованного листа, запрессованного в деревянные полки. В балках этого типа профилированная стальная стенка запрессовывается в древесину полок на глубину 20 мм.

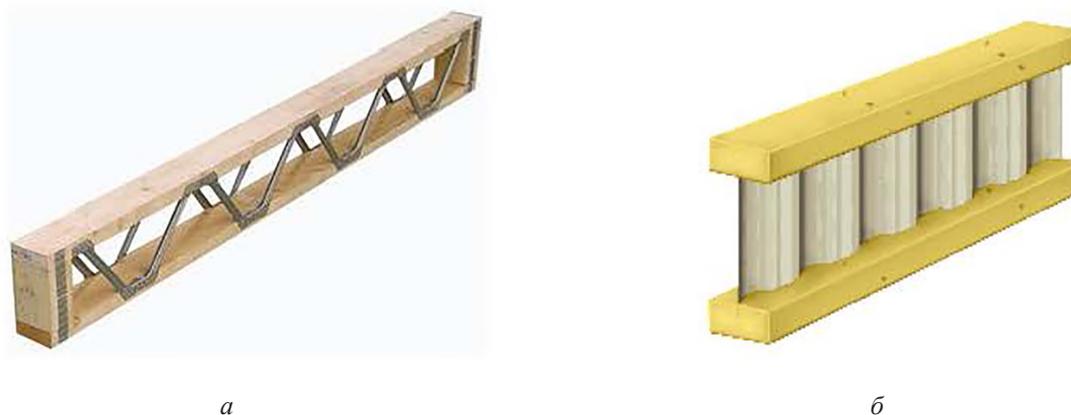


Рисунок 3. Деревометаллические балки типов «Poutrespase» (а) и «Nail-Web» (б)
 Источник: взято из работы [6]

Особое внимание заслуживают деревометаллические балки, предложенные Калининым С. В. [5].

Каркас деревометаллической балки пролетом 6,0-12,0 метров состоит из верхнего и нижнего поясов из цельной или клееной древесины (сосны, ели II-ого сорта), соединенных между собой вертикальными ребрами жесткости идентичного по ширине с пояса-

ми поперечного сечения (рисунок 4). С двух сторон к поясам крепятся профилированные листы по ГОСТ 24045-90, ориентированные гофрами вдоль поясов, при этом образуется двухстенчатая балка коробчатого сечения. Для крепления стенок к поясам предлагается использовать гвозди, дюбели или саморезы.



Рисунок 4. Общий вид деревометаллической балки со стенкой из стальных профилированных листов с ориентацией гофров вдоль поясов

Источник: взято из работы [5]

Благодаря изменению ориентации гофров не поперёк пролёта балки (как это было принято раньше), а вдоль, стальная стенка из профилированных листов стала воспринимать касательные напряжения и тем самым работать в составе поперечного сечения на восприятие нормальных напряжений [7]. Данное открытие позволило включить стальной профилированный лист в совместную работу с деревянным каркасом, и как следствие, повысить момент инерции поперечного сечения на 18–35% в зависимости от пролета балки

и типа примененного профилированного листа [5].

Недостатком данного типа балок является соединение профилированного настила с основным каркасом балок, так как гвозди не могут обеспечить совместную работу стального листа и деревянного бруса [3]. Податливость таких механических соединений существенно влияет на напряжённно-деформированное состояние балки, в частности, величина прогиба с учётом длительности нагрузки увеличивается практически в 1,5 раза.

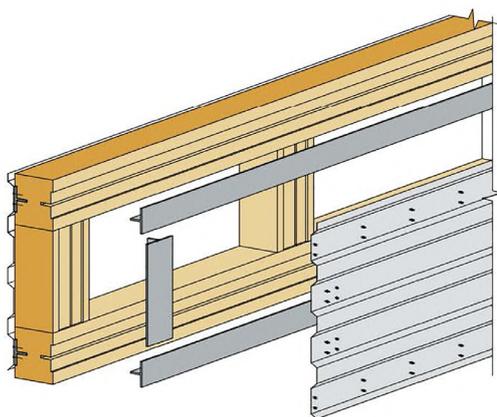


Рисунок 5. Вариант соединения профилированной стенки с деревянным каркасом балки при помощи вклеенных Т-образных пластин

Источник: разработано автором

Перспективным представляется разработка новых способов соединения тонкой обшивки с деревянным каркасом, отличающихся минимальной или даже нулевой податливостью при работе надвигающие усилия. Например, авторами предлагается деревометаллическая балка, в которой стальные профилированные листы при помощи самонарезающих винтов крепятся к Т-образному металлическому профилю, вклеенному в массив древесины в заранее выбранные пазы на эпоксидном клее (рисунок 5). Для

подтверждения работоспособности данного типа соединения авторами были произведены серии испытаний, в которых сравнивалась несущая способность различных соединений деревянного каркаса и профилированного настила. В результате исследований средние значения деформаций сдвига при нагрузке, равной $0,5N_{вр}$, в 3 и 4,5 раза меньше, чем аналогичные деформации соединений на самонарезающих винтах и кровельных гвоздях, соответственно.

Литература

1. Бирюлев В. В., Бобров В. А. Работа креплений профилированного настила надвигающие циклические усилия // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1993. – № 2. – С. 10–15.
2. Деревянные фермы с узловыми соединениями на стальных вклеенных пластинах / И. И. Лисицкий [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 11. – С. 9–14.
3. Дмитриев П. П. Работа на сдвиг креплений стального профилированного настила к элементам деревянных конструкций // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1992. – № 9-10. – С. 13–15.
4. Инжутов И. С., Рожков А. Ф., Никитин В. М. К проблеме малоэтажного домостроения в Сибири* // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2007. – № 1(14). – С. 75–81.
5. Калинин С. В., Жаданов В. И. Экспериментальные исследования деревометаллических балок со стенкой из стального профилированного листа при поперечном изгибе // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 3(36). – С. 117–125.
6. Мельников Н. П., Левитанский И. В., Каленов В. В. Тонкостенные стальные балки – эффективный вид строительных конструкций // Промышленное строительство – 1974. – № 10. – С. 6–11.
7. Пятикрестовский К. П. Вопросы дальнейшего совершенствования конструкций с применением древесины и новых плитных материалов // Пространственные конструкции зданий и сооружений (Исследование, расчет, проектирование, применение). Выпуск 10. – М.: Девятка Принт, 2006. – С. 177–188.

Статья поступила в редакцию: 19.06.2024; принята в печать: 27.02.2025.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.