

УДК 624.011.2

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК КОМБИНИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Волик Алла Ричардовна,

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы,

г. Гродно (Беларусь),

кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции».

Жидок Алексей Сергеевич,

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы,

г. Гродно (Беларусь),

преподаватель-стажёр кафедры «Строительные конструкции».

Аннотация

В статье рассматриваются достоинства и недостатки деревянных балок цельного сечения, клееного сечения, двутаврового сечения со стенкой из OSB, стальных гофрированных листов, органического стекла. Проанализированы возможные варианты конструктивных решений деревянных балок. Проведено сравнение деревянных балок по несущей способности и местной устойчивости. Сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: деревянные балки, фанера, металлическая стенка, OSB, оргстекло, прочность стенки, деревянные пояса, разрушающая нагрузка.

CONSTRUCTIVE DECISIONS AND MECHANICS OF DESTRUCTION OF COMBINED STRUCTURE OF WOODEN BEAMS

Volik Alla Richardovna,

Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno (Belarus),

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department "Building constructions".

Zhidok Aliaksei Sergeevich,

Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno (Belarus),

Abstract

In article merits and demerits of wooden beams of integral section, glued section, double-T section with a wall from OSB, steel corrugated sheets, organic glass are considered. Possible versions of constructive solutions of wooden beams are analysed. Comparison of wooden beams on the bearing ability and local stability is carried out. The corresponding conclusions are drawn.

Keywords: wooden beams, plywood, metal wall, OSB, plexiglass, wall durability, wooden belts, ultimate load.

Древесина, наряду с цементами и металлами, входит в «великую тройку» основных конструкционных материалов, с которыми человечество вошло в третье тысячелетие.

Наряду с основным преимуществом древесины, заключающемся в постоянном возобновлении её запасов, необходимо отметить и такие её достоинства как малая плотность, высокая удельная прочность и жёсткость. Кроме того, при её механической обработке и изготовлении деревянных изделий и конструкций не требуется больших затрат энергии. Это способствует расширению рынка новых строительных конструкций, обладающих рядом конструкционных качеств: обеспечивают сохранение несущей способности при незначительной массе конструкции, уменьшают срок строительства, повышают энергоэффективность и снижают эксплуатационные расходы.

В строительстве к индустриальным типам конструкций, отличающихся технологичностью в изготовлении, простотой в сборке и надёжностью в эксплуатации, можно отнести клееные деревянные конструкции. В современном строительстве одна из основных конструкций – балка. Склеивание позволяет создавать монолитные элементы практически любой формы и длины. Существенная экономия [1] пиломатериалов достигается в элементах, состоящих из дощатоклееных поясов и тонких стенок из фанеры,

OSB, стальных гофрированных листов, органического стекла, композитных материалов (рисунок 1).

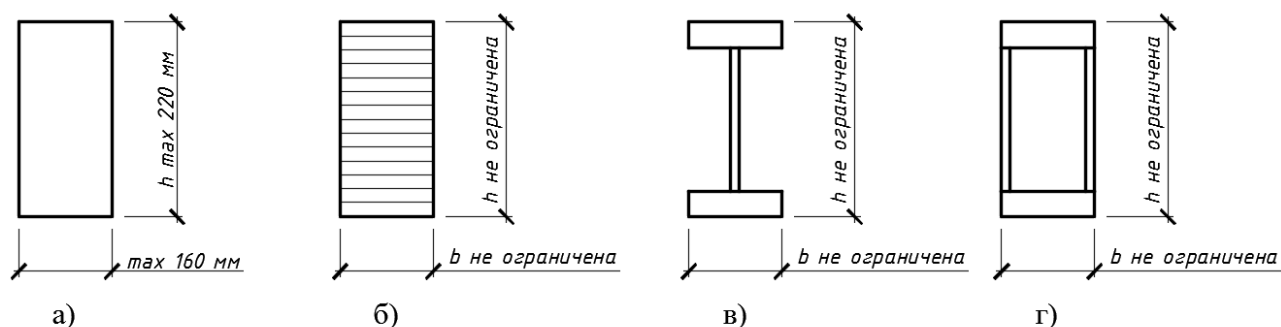


Рисунок 1 – Поперечные сечения деревянных балок

а) цельнодеревянное сечение; б) клеедеревянное сечение;

в) двутавровое сечение; г) коробчатое сечение

Балки цельного сечения изготавливаются из досок, брусьев или круглых лесоматериалов и имеют ограничение по размерам поперечного сечения и длине из-за сортамента. У клееных балок данный недостаток отсутствует. За последние несколько лет объем вводимых в эксплуатацию зданий и сооружений с применением клееных деревянных конструкций (КДК) увеличился более чем в 10 раз [3]. Покрытия зданий небольших (до 25 м) пролётов выполняют в виде дощатоклееных балок. Конструкции из клееной древесины в процессе эксплуатации могут подвергаться действию повышенной и пониженной температур, влаги, солнечной радиации, агрессивных сред.

При исследовании влияния повышенной температуры на термическое расширение клееной древесины были выявлено, что коэффициент температурного расширения клееной древесины меньше, чем для цельной. Это вызвано взаимным сдерживанием деформаций различными слоями дерева и клея, что создает дополнительные напряжения в материале (на границе «клей – древесина»). Данный факт влияет на несущую способность конструкции. Результаты испытаний показали, что прочность изгибаемых образцов из клееной древесины меняется непрерывно при изменении температуры. Кроме

того, с повышением температуры увеличивается риск разрушения балки по клеевому соединению.

Анализ последних достижений в области строительной науки показал, что традиционное развитие конструкций из мономатериала (бетон, металл, дерево, конструкционные пластмассы) практически исчерпало себя. Их совершенствование позволяет сэкономить не более 10% материала, в то время как есть потребность в гораздо большей экономии. Достичь её можно, развивая комбинированные конструкции из разных материалов, но не путем их простой комбинации, а на основе творческой композиции, обеспечивающей эффективное использование полезных свойств каждого из применяемых материалов.

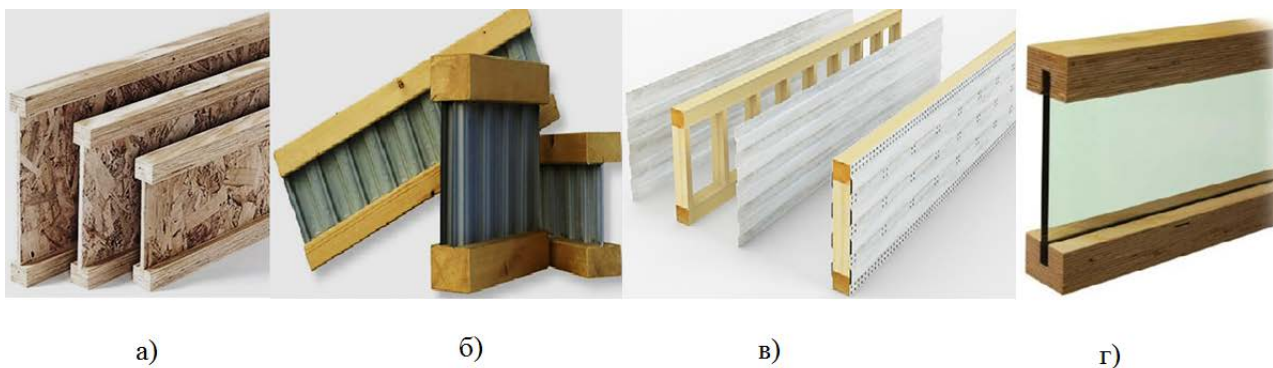


Рисунок 2 – варианты комбинированных деревянных балок:

- а) комбинированная балка со стенкой из листов OSB;
- б) комбинированная балка со стенкой из профилированных листов;
- в) комбинированная балка коробчатого сечения;
- г) комбинированная балка со стенкой из монолитного поликарбоната.

На сегодняшний день наиболее распространены балки со стенкой из листа OSB (рисунок 2а). Применение OSB, обладающей прочностью на срез в 4-5 раз больше по сравнению с древесиной, позволяет создавать тонкостенные конструкции, у которых изменение высоты поперечного сечения достигается только за счет изменения высоты стенок без перерезания волокон древесины.

Экспериментальные исследования деревянных балок со стенкой из OSB показали [4], что потеря несущей способности начиналась с разрушения деревянных поясов. После разрушения поясов разрушалась стенка в приопорной зоне. Касательные напряжения в стенке составили $\tau=3,3$ МПа при сопротивлении сдвигу (срезу) $f_{vk}=3,8$ МПа [4]. Расхождения в результатах теоретических и экспериментальных исследований на отдельных участках по длине балки составляют 15...25%.

В данной конструкции появляются более широкие возможности конструирования продольного профиля элементов без технологических отходов древесины. Преимуществом является небольшой вес и высокая энергоэффективность конструкции.

К недостаткам данной конструкции относят потерю местной устойчивости стенки [4] и токсичность при воспламенении из-за применения синтетических клеев, входящих в состав OSB и служащих для соединения поясов балки и стенки.

В настоящее время в балках широко применяются тонкостенные стальные профили. Грамотное сочетание древесины и тонколистового металла в конструкции балки способствует уменьшению её массы и увеличению несущей способности [2].

Данный принцип реализуется в балках типа HTS, имеющей гофры S-образной формы (рисунок 2б). Максимально допустимая длина балки 24 м. За счёт зубчатой кромки гофрированного стального листа обеспечивается надёжное и прочное соединение его с поясами из древесины.

По результатам исследований [4] HTS балки способны воспринимать нагрузку до 5 кН/м при собственном весе в 68 Н/м. Данный тип балок характеризуется высокой местной устойчивостью стенки, которая достигается за счёт применения стального гофрированного листа. Недостатком конструкции является трудоёмкость в изготовлении стальной стенки, наличие специализированного оборудования для соединения деревянных поясов и стенки.

Экспериментальное исследование [5] балок коробчатого сечения со стенками из профилированного листа с продольной ориентацией профиля (рисунок 2в) показало, что за счёт прикрепления стальных гофрированных листов к рёбрам балки повышается совместная работа элементов каркаса балки, что позволяет на 18-30% увеличить геометрические характеристики конструкции. Тем самым увеличивается несущая способность балки на изгиб. За счёт продольной ориентации гофр балка работает в упругой стадии при достижении расчётной нагрузки. Анализ работы балки показал, что данная стальная стенка включает в себя общую работу балки. К недостаткам данной балки можно отнести увеличение веса за счёт дополнительных элементов крепления, ребер жесткости и наличие мостика холода, образуемого стальной гофрированной обшивкой.

Результаты экспериментальных исследований балок двутаврового сечения со стенкой из оргстекла (рисунок 2г) показали [6], что разрушение происходило в приопорной зоне и в местах приложения нагрузки. В сравнении с балкой с металлической гофрированной стенкой несущая способность балки со стенкой из оргстекла выше в 3 раза.

В металлодеревянной балке (рисунок 3) обеспечение местной устойчивости стальной стенки обусловлено наличием вертикальных полуцилиндрических ребер жесткости с поочерёдной ориентацией влево и вправо [7]. Для крепления стенки балки в поясах выполнены продольные пропилы и цилиндрические углубления, в которые устанавливаются продольные кромки стенки и заполняются эпоксидным клеем.

Результаты экспериментальных исследований [7] показали высокую технологичность изготовления конструкции, предсказуемость её фактической работы. Потеря несущей способности происходила в результате разрушения деревянных поясов при нагрузке более 16 кН, а как следствие – потеря местной устойчивости стенки ввиду продольного сдвига: при нагрузке 16 кН эта величина составила 1,8 мм.

Установлено, что стенка балки не включается в общую работу, восприятие поперечной силы происходит по типу решётчатой конструкции. Это означает, что гофра выполняет роль стойки, отсек между гофрами – раскос восходящий или нисходящий. Экспериментальные значения касательных напряжений, возникающих в стенке не превышают расчётных $R_s=0,58 \cdot R_y$. [2].

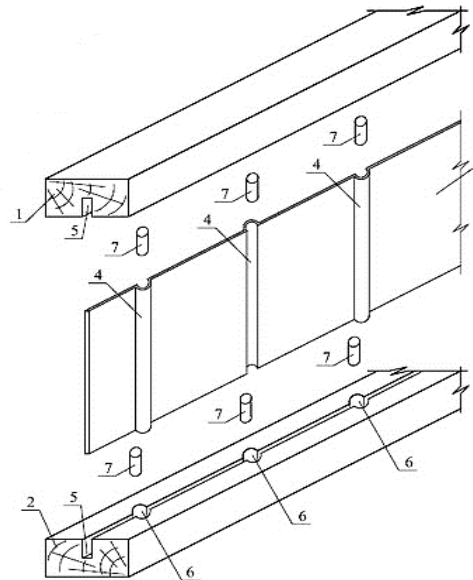


Рисунок 3 – Металлодеревянная балка со стальной стенкой

1, 2 – деревянные пояса; 3 – стальная стенка; 4 – полуцилиндрические гофры; 5 – продольный пропил; 6 – углубления; 7 – стальные нагели

Анализ теоретических исследований показал, что новые технологии получения строительных листовых материалов (древесных пластиков, пластмасс, металлов и др.) позволяют получать новые конструктивные решения деревянных балок двутаврового или коробчатого поперечного сечения. Это способствует расширению строительного рынка конструкций, обладающих высокими прочностными характеристиками наряду с эстетической привлекательностью. Результаты экспериментальных исследований показали, что дальнейшее развитие деревянных балок комбинированной конструкции с применением композитных материалов для стенок является перспективным.

Библиографический список:

1. Кириленко В.Ф., Кузенков М.Ю., Пинчук Е.А. Напряжения в деревофанерных балках постоянного и переменного сечения // MOTROL. Commission of motorization and energetic sin agriculture: Polish Academy of sciences. Lublin, 2009. Vol. 11B. P. 196-211.

2. Актуганов А.А. Тонкостенная металлодеревянная двутавровая балка с рёбрами жёсткости в виде полуцилиндрических гофров: автореф. дис. канд. тех. наук. Казань, 2013. 20 с.

3. Ярцев В.П., Антипов Д.В. Прочность и долговечность клеедеревянных балок с учётом влажности, температуры и времени эксплуатации // Вестник ТГТУ. 2011. Том 17. №3. С. 780-789.

4. Лютов Л.В. Применение составных комбинированных балок в конструкциях малоэтажных деревянных домов // MOTROL. Commission of motorization and energetic sin agriculture: Polish Academy of sciences. Lublin Rzeszów, 2013. Vol. 15. No 5. P. 151-156.

5. Калинин С.В., Жданов В.И., Украинченко Д.А., Лисов С.В. Особенности напряжённо-деформированного состояния деревометаллических балок со стенкой из стальных профилированных листов // Вестник ОГУ. 2012. №9. С. 184.

6. Blyberg L., Serrano E. Timber/Glass adhesively bonded i-beams // Linnaeus University, School of engineering. 2010. P. 10.

7. Кузнецов И.Л., Актуганов А.А., Трофимов А.П. Разработка и исследование металлодеревянной двутавровой балки // Известия КГСАУ. 2010. Ч.1. С. 117-121.