

УДК 624.011.

**Кузнецов И.Л.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [kuz377@mail.ru](mailto:kuz377@mail.ru)

**Крайнов И.В.** – аспирант

**Гимранов Л.Р.** – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: [leenur@mail.ru](mailto:leenur@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

### Усиление клефанерных двутавровых балок

#### Аннотация

В статье рассматриваются вопросы усиления клефанерных двутавровых балок с дефектами в виде нарушений соединения стенки с поясами. Численными расчетами показано влияние места расположения дефекта на НДС балки.

Приведен новый способ усиления, заключающийся в установке крепежных деталей между стенкой и поясами. Приведены результаты исследований фрагментов балок с предложенным способом усиления.

**Ключевые слова:** клефанерная балка, разрушение клеевого шва, усиливающие крепежные элементы, экспериментальные исследования.

В последнее время в практике строительства в качестве несущих элементов опалубки используются двутавровые клефанерные двутавровые балки [1, 2, 3]. В процессе их многократного использования данные конструкции накапливают различные дефекты, в частности локальные разрушения клеевого шва соединяющих стенку с поясами балки [4].

Наличие указанных дефектов клеевого шва приводит к снижению несущей способности балки. Для примера рассмотрим клефанерную балку пролетом 3 м, с высотой сечения 200 мм. Сечение балки включает пояса из цельной древесины размерами 40x80 мм и стенку из фанеры толщиной 28 мм. Соединение стенки с поясами выполнено двойными шипами на клею. Определим напряженно-деформированное состояние (НДС) балки при различном расположении непрочной длиной 300 мм по пролету балки (рис. 1). Вычисления проводились в программном комплексе ANSYS. Результаты расчетов приведены в таблице. Анализ результатов таблицы показал, что наличие непрочной существенно влияет на НДС балки. Наиболее существенно влияние сказывается, когда непрочная располагается в зоне 1 и зоне 6 (рис. 1).

Дальнейшее использование балок с указанным дефектом требует их усиления. В работах [5, 6, 7] разработаны и исследованы варианты усиления соединения фанерной стенки с поясами двутавровой балки, заключающийся в установке нагелей из отрезков пластиковых труб, в цилиндрические углубления поясов балки, захватывающие и кромки стенок.



Рис. 1. Схема расположения непрочной балки

Таблица

## Результаты расчетов в программном комплексе ANSYS

Зона с расположением дефекта	Деформации	Напряженно деформированное состояние			
		Нормальные напряжения в середине пролета верхние фибры	Нормальные напряжения в середине пролетанижние фибры	Касательные напряжения у левой опоры	Касательные напряжения у правой опоры
1.	1,8 %	0,01 %	0,01 %	28 %	0,01 %
2.	0,5 %	0,01 %	0,01 %	6,9 %	0,01 %
3.	0,5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
4.	0,6 %	0,8 %	0,6 %	0 %	0 %
5.	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
6.	1,4 %	0,01 %	0,01 %	41 %	0,01 %
7.	0,6 %	0,01 %	0,01 %	7 %	0,01 %
8.	0,4 %	0 %	0 %	0,6 %	0 %
9.	0,5 %	0,7 %	0,8 %	0 %	0 %
10.	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Проведенные экспериментально-теоретические исследования показали, что предложенные способы позволяют выполнять усиление балок, но трудоемки в исполнении. В настоящей работе предлагается новый способ усиления (рис. 2) клефанерной балки [8] в котором по длине балки между стенкой и поясами устанавливают крепежные элементы. Крепежные усиливающие элементы выполняют листовыми с боковыми кромками пильчатого профиля. Их упирают в стенку и пояс балки и прижимают винтом, который устанавливают в направлении биссектрисы угла примыкания стенки и пояса балки, при этом крепежные элементы устанавливают поочередно слева и справа сечения балки. Для обеспечения повышенной эффективности крепежным листовым элементам придают предварительный выгиб выпуклостью наружу.

Предлагаемый способ усиления клефанерной балки обладает новизной, поэтому для оценки эффективности предлагаемого решения и разработки методики расчета были проведены экспериментальные исследования узлов соединения стенки с поясом.

Для эксперимента были выбраны образцы узлов соединения стенки с поясом из отрезков выше указанных балок.

С целью более детального исследования работы узла соединения стенки с поясом на сдвиг, с включением крепежных элементов эксперимент был разделен на несколько этапов. В первую очередь исследовалась фактическая работа клеевого шва на сдвигающее усилие (не усиленные образцы), для чего было доведено до разрушения несколько образцов не имеющих конструктивных особенностей.

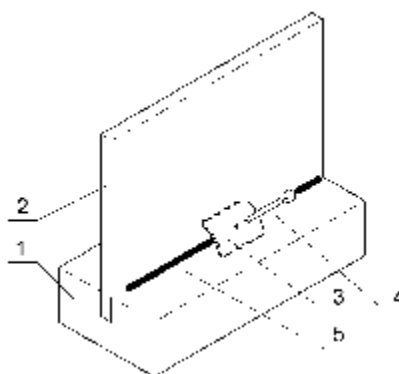


Рис. 2. Аксонометрия фрагмента балки в момент установки крепежных элементов:  
 1 – пояс из цельной древесины; 2 – фанерная стенка; 3 – крепежный элемент;  
 4 – прижимной винт; 5 – место разрушения клеевого шва

Далее исследовались влияния на сдвиг прижимного винта и прижимного винта с крепежным элементом. Для чего предварительно расслоенные образцы, стягивались и испытывались поочередно сперва прижимными винтами, а затем прижимными винтами с крепежным элементом (рис. 3).

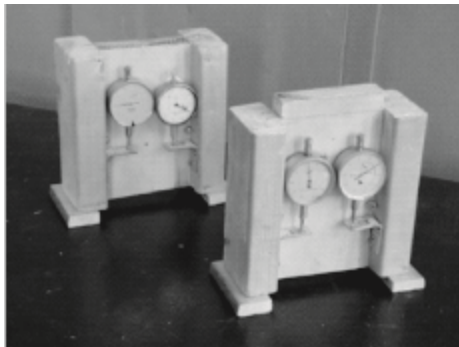


Рис. 3. Слева готовые к испытанию образцы усиленные прижимными винтами, справа прижимными винтами и крепежными элементами

Испытания проводились на прессе (рис. 4). Узел балки устанавливался вертикально, при этом под элементами поясов устанавливались дополнительные прокладки которые обеспечивали передачу усилий строго на фрагменты поясов, а так же обеспечивали свободное перемещение стенки относительно поясов. Аналогично устанавливалась дополнительная прокладка сверху, но только на стенку узла с целью передачи усилия на стенку. Нагрузка прикладывалась на узел к стенке, в одной точке равноудаленной от фрагментов поясов. Нагрузка на образец измерялась силовой шкалой прессы. Деформации сдвига стенки относительно поясов измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, установленных на стенке узла.

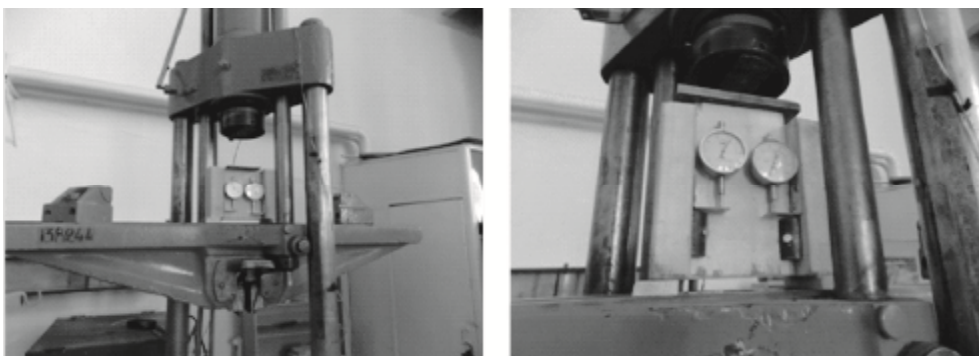


Рис. 4. Слева испытание образца усиленного прижимными винтами, справа испытание образца усиленного крепежными элементами и прижимными винтами

Для каждого варианта исполнения опытного образца проводилось несколько испытаний, результаты которых приводились к усредненным данным и по ним были построены графики зависимостей сдвигов на границе стенка-пояс в зависимости от нагрузки (рис. 5).

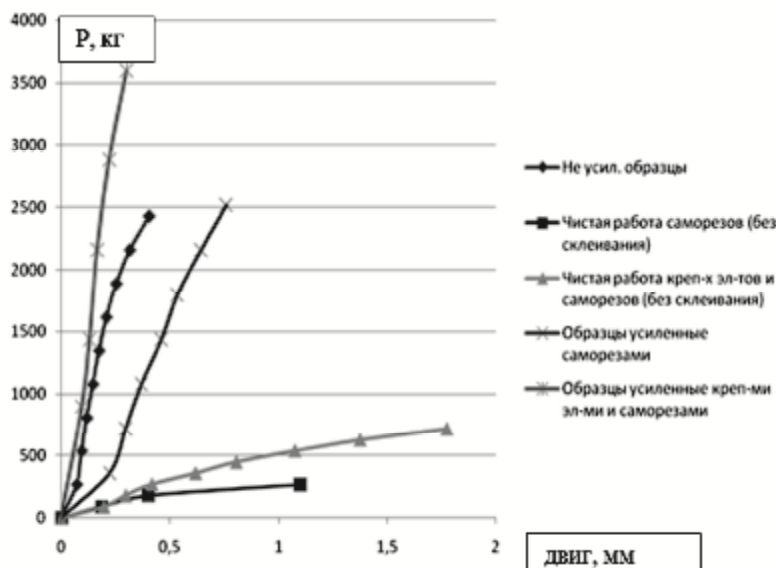


Рис. 5. Графики зависимостей сдвигов шва соединения стенка-пояс, от нагрузки

Теоретическое определение напряженно-деформированного состояния опытных образцов узлов выполнялось аналитически по известным формулам [3], с учетом различных модулей упругости древесины поясов и фанерной стенки по приведенным геометрическим характеристикам поперечного сечения балки.

#### Выводы:

1. Результаты экспериментальных исследований нового способа усиления клеефанерной двутавровой балки показал, что использование крепежных элементов обеспечивает повышение несущей способности клеевого соединения фанерной стенки с поясами и достаточно эффективно для практической реализации.

2. Дальнейшие исследования по повышению эффективности предложенного способа усиления клеефанерной балки должны быть направлены на поиск оптимальных соотношений жесткостных характеристик клеевого шва и элементов усиления.

#### Список библиографических ссылок

1. I-Joists APA – The Engineered Wood Association. URL: <http://www.apawood.org/i-joist> (дата обращения: 17.08.2015).
2. Гетц К.Г., Хоор Д., Мелер К., Натерер Ю. Атлас деревянных конструкций. / Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1985. – 272 с.
3. William G. Davids, Derek G. Rancourt, and Habib J. Dagher. Bending Performance of Composite Wood I-Joist/Oriented Strand Board Panel Assemblies. Forest Products Journal, 2011, Vol. 61, № 3. – P. 246-256.
4. В Новодевяткино рухнули перекрытия строящегося паркинга // Новостной портал. URL: <http://mr7.ru/articles/113502/> (дата обращения: 10.04.2015).
5. Кузнецов И.Л., Крайнов И.В. Клеефанерная балка. Патент РФ № 2454526. МПК E04C 3/14. Бюллетень № 18 от 27.06.2012.
6. Кузнецов И.Л., Крайнов И.В. Способ усиления клеефанерной двутавровой балки. Патент РФ № 2490408. МПК E04G 23/02. Бюллетень № 23 от 20.08.2013.
7. Кузнецов И.Л., Гимранов Л.Р., Крайнов И.В. Разработка и исследование клеефанерной двутавровой балки // Известия КГАСУ, 2013, № 2 (24). – С. 108-112.
8. Кузнецов И.Л., Крайнов И.В. Способ усиления клеефанерной двутавровой балки. Патент РФ № 2540740. МПК E04C 3/09. Бюллетень № 4 от 10.02.2015.

**Kuznetsov I.L.** – doctor of technical sciences professor

E-mail: [kuz377@mail.ru](mailto:kuz377@mail.ru)

**Krajnov I.V.** – post-graduate student

**Gimranov L.R.** – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: [leenur@mail.ru](mailto:leenur@mail.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

### Reinforcement of a glue-laminated plywood I-joist

#### Resume

Paper reviews reinforcing methods of the glue-laminated plywood I-joist which accommodated significant amount of defects of a glue seam between plywood web and flanges during exploitation period. Mentioned defects usually randomly allocated along length of the seam, thus their influence on the stress distribution variates substantially. In case of a composite simple supported joist, defects of the glue seam lead to a slip between the web and flanges. To determine areas of the seam where defects have more influence on stress distribution, model of the composite joist was created in FEM analysis software. This model had different areas of the glue seam compromised with modifications so that it was very similar to defect. 10 different defect areas of the glue seam were created, all on the left side of the joist with 5 in the top seam and 5 in the bottom seam. After calculations were done follow conclusions were reached. Defects being allocated near support areas cause more effect on the stress distribution than those allocated in the middle part of the joist. 47 % surge in the shear stresses inside of the web with defect allocated near support almost disappears with defect being moved to the middle of the span. Discrepancies in the vertical deformations of the joist are insignificant wherever defect is allocated. Reinforcing of the composite simple supported joist should be done prevalingly near supported areas and hence reinforcing elements could be installed more efficiently.

**Keywords:** glue-laminated plywood joist, the destruction of the adhesive joint, reinforcing fasteners, experimental studies.

#### Reference list

1. I-Joists APA – The Engineered Wood Association. URL: <http://www.apawood.org/i-joist> (reference date: 17.08.2015).
2. Getc K.G., Hoor D., Meler K., Naterer Ju. Atlas of wooden structures. / Translation from German. – M.: Strojizdat, 1985. – 272 p.
3. William G. Davids, Derek G. Rancourt, and Habib J. Dagher. Bending Performance of Composite Wood I-Joist/Oriented Strand Board Panel Assemblies. Forest Products Journal, 2011, Vol. 61, № 3. – P. 246-256.
4. In Novodevyatkino the overlap of built parking collapsed // News portal. URL: <http://mr7.ru/articles/113502/> (reference date: 10.04.2015).
5. Kuznecov I.L., Krajnov I.V. Glue-laminated plywood joist. Patent RF № 2454526. MPK E04S 3/14. Bjulleten' № 18 ot 27.06.2012.
6. Kuznecov I.L., Krajnov I.V. A method of enhancing the glue-laminated plywood I-joist. Patent RF № 2490408. MPK E04G 23/02. Bjulleten' № 23 from 20.08.2013.
7. Kuznecov I.L., Gimranov L.R., Krajnov I.V. Development and research of the glue-laminated plywood I-joist // Izvestija KGASU, 2013, № 2 (24). – P. 108-112.
8. Kuznecov I.L., Krajnov I.V. A method of enhancing the glue-laminated plywood I-joist. Patent RF № 2540740. MPK E04C 3/09. Bjulleten' № 4 from 10.02.2015.