

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ ОДНОПРОЛЕТНЫХ БАЛОК, УСИЛЕННЫХ СТАЛЬНЫМИ ЛИСТАМИ

Вадим Борисович Гаврилов

Доцент ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск

Андрей Аркадьевич Варламов

Профессор ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск

Ксения Александровна Сивелькаева

Студент ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск

Евгений Александрович Шишлонов

Генеральный директор ООО «ТехноГарант», г. Магнитогорск

Олег Витальевич Сафронов

Ведущий эксперт отдела безопасности зданий и сооружений ООО «ТехноГарант», г. Магнитогорск

Евгений Николаевич Ткач

Эксперт отдела безопасности зданий и сооружений ООО «ТехноГарант», г. Магнитогорск

Максим Сергеевич Шумилин

Эксперт отдела безопасности зданий и сооружений ООО «ТехноГарант», г. Магнитогорск

Древесина как природный материал содержит в себе множество разнообразных дефектов, большинство из которых существенно снижают ее прочностные свойства. Одной из актуальных задач современной науки является поиск конструктивных решений по ограничению влияния пороков древесины на качество деревянных конструкций. Эти вопросы, как и прежде, актуальны при проектировании и изготовлении конструкций из цельной древесины или металлодеревянных конструкций.

Одним из способов увеличения прочности деревянных изгибаемых элементов (балок) является их усиление более прочными материалами, например сталью. Усиление заключается в сопряжении с древесиной стальных листов по всей длине изгибаемого элемента (балки). Это позволяет существенно сократить расход древесины, уменьшить монтажную массу, повысить качество и надежность деревянных конструкций, работающих в основном на изгиб и сжатие с изгибом. Такие конструкции по ряду технико-экономических показателей превосходят металлические и железобетонные: имеют малую монтажную массу, от-

носителем высокую прочность и жесткость при достаточной надежности и долговечности.

На основании выполненного обзора технической и нормативной документации было установлено, что эксперименты по усилению стенок деревянных балок тонкими стальными листами ранее не проводились либо проводились в ограниченном объеме без публикации полученных результатов. Здесь следует отметить ряд работ аналогичного направления: «Послойное армирование стеклотканью цельных деревянных балок», выполненное Горгола О.М. в 2008 г., и «Внешнее армирование несущих деревянных конструкций углеродной лентой», выполненное Уточкиной Е.С. и Крицином А.В. в 2013 г.

Проводимые в настоящее время в лаборатории института Архитектуры, строительства и искусств ФГБОУ ВПО «МГТУ» исследования также имеют цель поиска конструктивных решений, позволяющих увеличить несущую способность деревянных элементов и конструкций за счет усиления тонкостенными профилями или отдельными тонкими листами. Сами по себе тонкостенные стальные элементы не представляют особой ценности с позиции их использования в несущих конструкциях, так как из-за малой толщины они практически мгновенно теряют устойчивость, а в случае растяжения такие элементы очень сложно закрепить в узлах сопряжения.

Для проведения эксперимента были изготовлены серии составных металлодеревянных балок. Первая серия образцов (балки Б-1) – деревянные балки прямоугольного сечения из первого сорта древесины, размеры сечения: высота образца – 150 мм, ширина – 40 мм. Вторая серия образцов (балки Б-2) – деревянные балки из первого сорта древесины, обклеенные металлическими листами по боковым граням толщиной 0,8 мм. Металлические листы к балкам Б-2 приклеивались при помощи клеевой эпоксидной композиции.

Все образцы испытывались на изгиб как доски, установленные на ребро. Длина образцов составила 3000 мм. Испытания проводились на экспериментальной силовой установке. Она состоит из прессы и опорной зоны. Загружение осуществлялось 5-тонным гидравлическим прессом, нагрузка на балку прикладывалась в двух точках (рис. 1).

Для измерения величины деформаций в характерных зонах балки (растяжение и сжатие) использовались индикаторы часового типа ИЧ 10 МН (цена деления 0,01 мм). Для измерения прогиба балки использовался прогибомер Н.Н.Аистова (6-ПАО) с проволоочной (ниточной) связью. Ступенчатое нагружение образцов, обеспечивалось и контролировалось инструментальной шкалой, входящей в состав прессы.



Рис. 1. Расположения индикаторов часового типа ИЧ 10 МН и прогибомера на балке Б-1

Для исследования деформаций древесины балок Б-1 и деформаций стальных листов в балках Б-2 использовались тензометры Аистова ТА-2 с базой от 40 до 50 мм, точность измерения абсолютной деформации до 0,001 мм (рис. 2).

Общая схема размещения приборов для фиксации деформаций древесины, металлических пластин и замеров общего прогиба представлена на рис. 3. Приведенное расположение датчиков позволяет наиболее точно исследовать работу балки в условиях ступенчатого нагружения вплоть до разрушения.

Обобщенные результаты исследования балок Б-1 (далее: неусиленных) и балок Б-2 приведены на рис. 4 и 5. Для сравнения действительной работы балок был выполнен теоретический расчет с учетом требований СП 63.13330.2011, а именно учтены особенности расчета армированных клееных деревянных балок:

а) В основу методики расчета металлодеревянных конструкций положена первая стадия напряженно-деформированного состояния. Считается, что связь между металлом и древесиной непрерывна по всей длине конструкции и обеспечивает их совместную работу. Перераспределение усилий между металлом и древесиной, которое происходит в процессе эксплуатации вследствие изменения физико-механических свойств древесины, учитывается путем введения в расчетные формулы коэффициента приведения геометрических характеристик (момента инерции и момента сопротивления).

б) В расчетах используются приведенные к основному материалу (древесине) геометрические характеристики сечения.

Для адекватного сравнения теоретических кривых с фактическими, полученными экспериментально, в качестве предела прочности древесины были приняты нормативные значения сопротивлений древесины на сжатие, изгиб и растяжение.

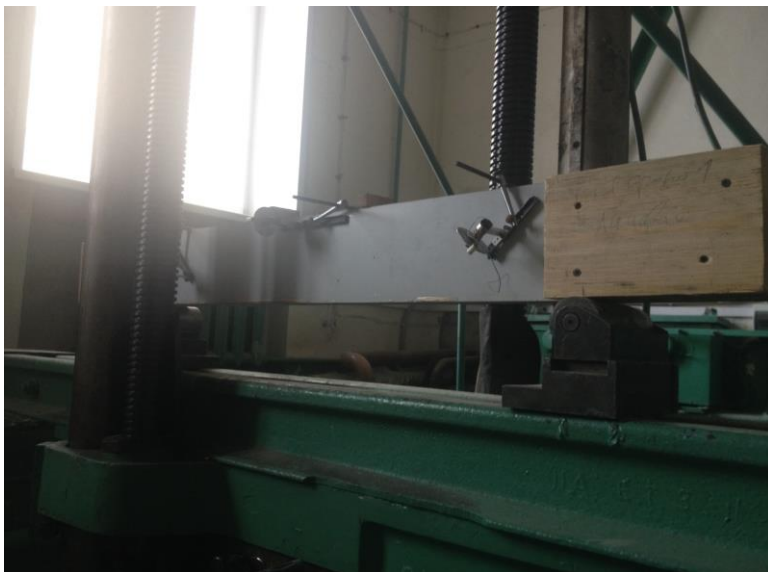


Рис. 2. Расположение тензометров Аистова ТА-2 на балке Б-2

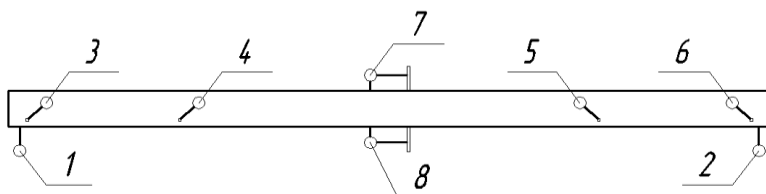


Рис. 3. Расположение измерительных приборов:
1, 2, 7 и 8 – индикаторы часового типа ИЧ 10 МН;
3-6 – тензометры Аистова ТА-2

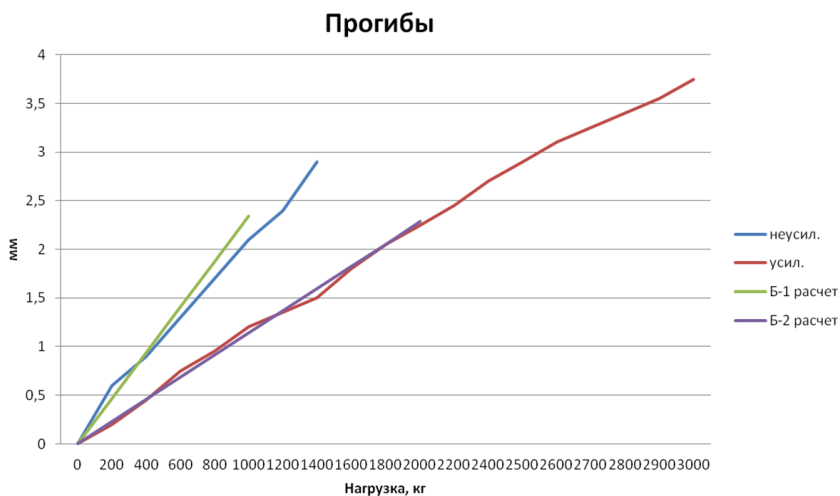


Рис. 4. Прогибы усиленных и неусиленных балок в сравнении с расчетными значениями

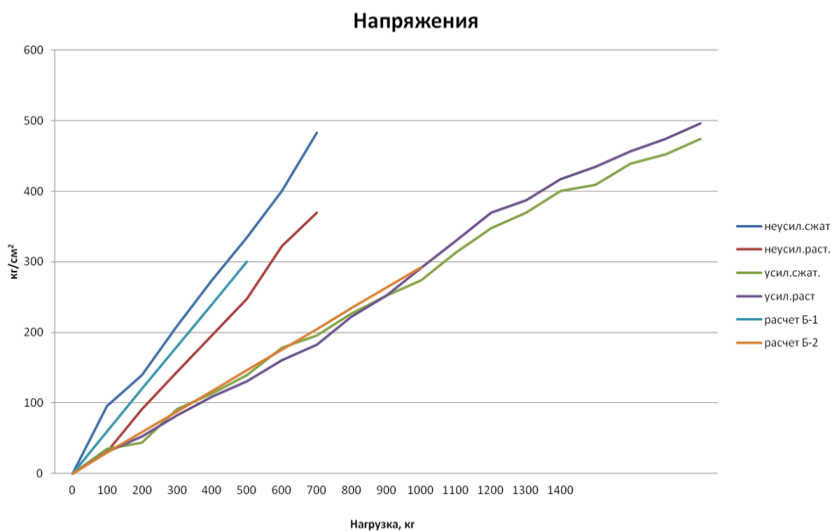


Рис. 5. Напряжения в древесине усиленных и неусиленных балок в сравнении с расчетными значениями

Анализ полученных экспериментальных данных показывает:

- 1) Если сравнивать образцы испытанных балок по напряжениям, возникающим в сжатой или растянутой зоне то можно сказать, что при одинаковой нагрузке в образце Б-1 возникают большие напряжения, что приводит к быстрому разрушению балки, когда в усиленной балке Б-2 напряжения гораздо меньше, что позволяет нагружать Б-2 в 2 раза больше, чем неусиленную балку Б-1.
- 2) Следует особо отметить, что результаты испытаний усиленной балки гораздо ближе к теоретической кривой. Объяснением этого фактора может служить «сглаживание» металлическими листами пороков древесины, т.е. анизотропность становится менее выраженной.
- 3) Несущая способность предложенных балок Б-2 с усилением стальными листами выше прочности неусиленных балок в 2-2,5 раза, при толщине листа 0,8 мм.
- 4) Деформативность усиленных балок Б-2, т.е. прогиб в центре пролёта ниже более чем в 2 раза по сравнению с неусиленной деревянной балкой, при одинаковых уровнях нагрузки.

Данные выводы были сделаны на основании наиболее удачных испытаний. При проведении аналогичных пробных экспериментов с использованием древесины 2-го и 3-го сортов, было установлено, что схемы разрушения древесины различны. Схема работы стального листа также имеет небольшое различие. В случае если в древесине разрушение начинается с верхней зоны, то, как правило, там же и происходит отслоение стального листа, т.е. разрушается клеевой шов, и происходит мгновенная потеря устойчивости листа. В случае разрушения древесины в растянутой зоне, в крайних волокнах стальных листов происходят пластические деформации.

Так как разрушение деревянных балок с усилением стальными листами происходит по разным схемам в зависимости от сорта древесины, намечен еще ряд аналогичных экспериментов.