

УДК 692.526

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ ЧЕРДАЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ**

*ЖУК В.В.*

Брестский государственный технический университет  
Брест, Беларусь

### **Введение**

Большую часть исторической застройки г.Бреста составляют каменные здания высотой до 3-х этажей с деревянными междуэтажными и чердачными перекрытиями, которые в настоящее время являются объектами модернизации и реконструкции. С целью увеличения общей площади реконструируемых зданий предусматриваются технические решения по устройству одно или двухуровневых мансард в существующих чердачных помещениях. В этом случае возникает необходимость усиления несущих конструкций чердачного перекрытия вследствие увеличения величины временной нагрузки с 0,7 кПа до 1,5-2,0 кПа [9].

Анализ проектной документации на реконструкцию ряда объектов показывает, что при удовлетворительном состоянии древесины повышение несущей способности балок чердачного перекрытия осуществляется, как правило, увеличением их ширины путем “при-

шивки” гвоздями парных досок к существующим балкам сбоку. Можно применять и другие способы усиления цельнодеревянных балок: путем превращения их в шпренгельные системы, вводя дополнительные стойки и металлические элементы [1], или путем постановки в растянутой зоне стержневой арматурной стали в выбранные пазы, заполненные полимерной мастикой [2]. В случае превышения сроков безаварийной эксплуатации деревянных перекрытий по деревянным балкам [10] принимается решение о полной замене перекрытий. Такие технические решения по увеличению несущей способности чердачного перекрытия ведут к росту стоимости и увеличению сроков ремонтно-восстановительных работ – необходимо выполнить демонтаж старого и устройство нового перекрытий. При этом, как правило, реконструкцию зданий проводят с временным отселением жильцов.

Многолетняя практика проектирования и ведения авторского надзора на объектах капитального ремонта старого жилищного фонда Москвы с деревянными перекрытиями [6] выявила удовлетворительное состояние деревянных элементов перекрытий и значительное превышение нормативных сроков безаварийной эксплуатации, что создает предпосылки для принятия решения об усилении балок чердачного перекрытия для восприятия проектных нагрузок.

Анализ литературных источников показывает, что при усилении несущих конструкций междуэтажных и чердачных перекрытий могут применяться и другие способы, позволяющие снизить стоимость ремонтно-восстановительных работ. Деревянные балки чердачного перекрытия можно усилить досками, прикрепленными к существующей балке сбоку выше наката или сверху болтами или гвоздями [4]. В этом случае чердачное перекрытие можно не разбирать и сохранить декоративное оформление потолка. Деревянные балки чердачного перекрытия могут быть усилены одним или даже двумя брусьями, уложенными сверху и соединенными между собой наклонно установленными металлическими стержнями (шпильками) в предварительно выполненные отверстия [5]. Заслуживает внимания способ усиления клееных балок с помощью наклонно вклеенных металлических стержней (арматуры) [3].

### Экспериментальные исследования

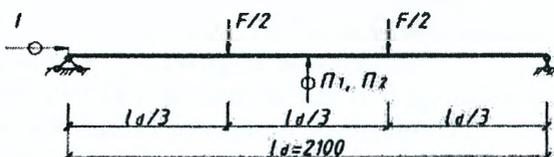
На кафедре строительных конструкций Брестского государственного технического университета проведены экспериментальные работы по определению напряженно-деформированного состояния составных балок, соединенных между собой податливыми (гвоздями, винтами) и жесткими (вклеенными стержнями) связями, установленными перпендикулярно волокнам древесины. При изготовлении балок использовались: проволочные гвозди диаметром 4 мм и длиной 100 мм, забиваемые в древесину; винты с шестигранной головкой диаметром 6 мм и длиной 100 мм, завинченные в предварительно просверленные отверстия диаметром 4,8 мм глубиной 60 мм; арматура класса S500 диаметром 5 мм и длиной 100 мм, заложенная в предварительно просверленные отверстия диаметром 10 мм. При вклеивании в древесину стальных стержней использовался клей – ЭПЦ-1.

С целью изучения влияния угла наклона винтов и вклеенных стержней к направлению волокон древесины на напряженно-деформированное состояние составных балок были изготовлены три балки с соединениями на винтах с шестигранной головкой диаметром 6 мм и длиной 120 мм, завинченных в предварительно просверленные отверстия диаметром 4,8 мм под углом 30°, 45° и 60° к направлению волокон древесины. Еще одна балка была изготовлена с использованием арматуры класса S500 диаметром 5 мм и длиной 120 мм, установленной под углом 60° к направлению волокон древесины. Число податливых и жестких связей и их расстановка определялись с учетом требований раздела 9 [11].

Для испытаний были изготовлены балки из древесины сосны 2-го сорта с влажностью  $9 \pm 1\%$ . Контрольный образец (Б1) имел размеры  $b \times h \times l = 50 \times 100 \times 2400$  мм. Балка (Б2) на гвоздях, балки (Б3-Б6) на винтах и балки (Б7, Б8) на вклеенных стержнях имели размеры  $b \times h \times l = 50 \times (2 \times 50) \times 2400$  мм. Испытания балок кратковременной нагрузкой проводили на специально оборудованном стенде. Две балки, одна из которых была контрольной, опирали на две опоры, не препятствующие перемещению их вдоль оси и обеспечивающие свободу угловых перемещений. Нагрузку прикладывали в третях пролета и передавали на конструкцию через распределенные траверсы (рис.1). В процессе испытаний проводили измерения про-

гибов балок в середине пролета с помощью прогибомеров 6ПАО с ценой деления 0,01 мм. На опорных участках балок Б2 – Б6 были установлены индикаторы часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм для измерения деформаций сдвига брусков относительно друг друга.

а)



б)

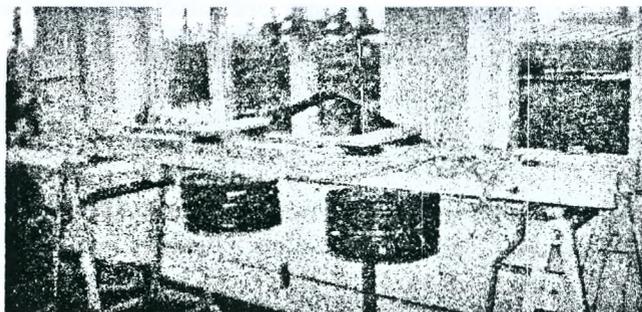


Рис. 1. Схема испытания балок (а) и общий вид испытательной установки (б)

Нагружение каждой балки осуществлялось ступенями  $\Delta F=0,2\text{кН}$  с постоянной скоростью и без разгрузки [7] и доводилось до максимальной нагрузки  $F=1\text{кН}$ , что соответствует упругой области работы древесины.

Оценку напряженного состояния балок производили тензометрическим способом. Отсчеты по тензорезисторам осуществлялись в автоматическом режиме при помощи специального тензометрического комплекса ТИССА. Схема расстановки тензорезисторов приведена на рис.2.

Величину нормальных напряжений по высоте поперечного сечения балок определяли по формуле:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E_0, \quad (1)$$

где:  $\varepsilon$  – относительные деформации;

$E_0$  – модуль упругости древесины вдоль волокон.

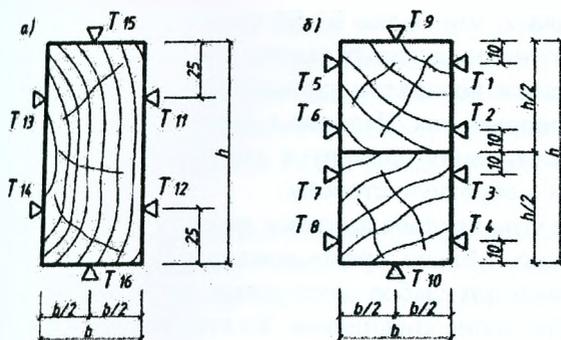


Рисунок 2 - Схема расстановки тензорезисторов:  
 а) балка цельного сечения Б1 (контрольный образец);  
 б) балки составного сечения Б2-Б8

Модуль упругости древесины определялся после испытания балки цельного сечения (Б1) по формуле:

$$E_0 = \frac{23 \cdot \Delta F \cdot l_d^3}{108 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta u_{cp}}, \quad (2)$$

где:  $\Delta F$  – приращение нагрузки, кН;

$l_d$  – расстояние между центрами опор, см;

$b$  – ширина образца, см;

$h$  – высота образца, см;

$\Delta u_{cp}$  – среднее арифметическое значение приращения прогиба в середине пролета, см.

После подстановки исходных данных в формулу (2) определили величину модуля упругости древесины –  $E_0 = 863 \text{ кН/см}^2$ .

### Анализ результатов

Распределение нормальных напряжений по высоте поперечного сечения балки цельного сечения (рис.3, а) показывает, что величина напряжений в крайних растянутых волокнах больше, чем в крайних сжатых волокнах, т.е. нарушается прямолинейность распределения, что согласуется с данными экспериментальных исследований [8].

Насколько обеспечена совместная работа отдельных элементов составных балок на гвоздях и винтах можно судить по эпюрам распределения нормальных напряжений, представленных на рис.3, б-е. Характер распределения нормальных напряжений по высоте сече-

ния показывает, что балки Б2-Б6 работали как составной изгибаемый элемент на податливых связях – в крайних волокнах в верхней части элементов возникали сжимающие, а в нижней части – растягивающие напряжения. Наличие в балках податливых связей сдвига в местах соединения элементов между собой приводит к скачку напряжений в обратную сторону.

Влияние угла наклона винтов к направлению волокон древесины незначительно. Можно предположить, что, во-первых, при нагружении происходит выбор монтажных зазоров под головками винтов, т.е. уплотнение соединения, во-вторых, происходит “проскальзывание” нарезной части винтов в древесине в зоне предварительно просверленных отверстий.

Отметим, что применение вклеенных стержней позволяет достаточно близко приблизить составное сечение балок Б7 и Б8 к монолитному сечению балки Б1 (рис. 3 ж, з).

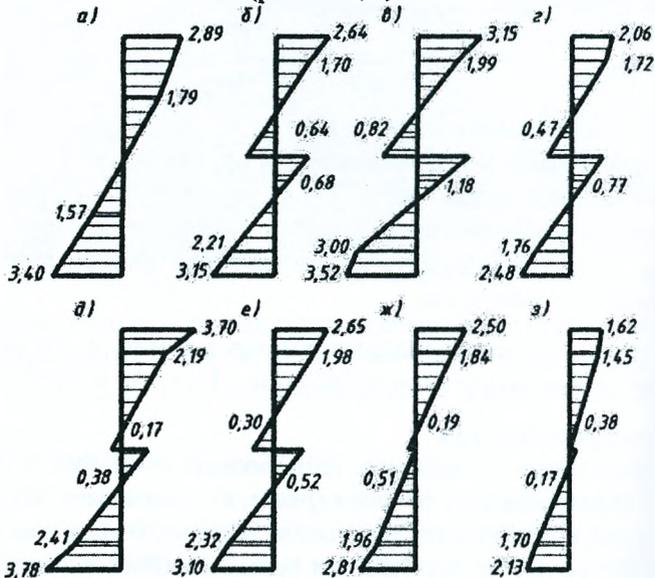


Рисунок 3 – Распределение нормальных напряжений (МПа) по высоте поперечного сечения при нагрузке  $F = 1$  кН:

а – балка цельного сечения Б1; б – балка составного сечения на гвоздях Б2; в – то же на винтах Б3 под углом  $90^\circ$ ; г – то же на винтах Б4 под углом  $60^\circ$ ; д – то же на винтах Б5 под углом  $45^\circ$ ; е – то же на винтах Б6 под углом  $30^\circ$ ; ж – то же на вклеенных стержнях Б7 под углом  $90^\circ$ ; з – то же на вклеенных стержнях Б8 под углом  $60^\circ$

Как видно из табл. 1, прогибы балки Б1 цельного сечения и балок Б7 и Б8 практически одинаковы. Прогибы балок составного сечения значительно больше – на 30% для балки Б2 и на 46% - 80% для балок Б3-Б6 – дополнительный прогиб появился в результате сдвигов, происходящих в швах составных балок между отдельными элементами.

Установка винтов к направлению волокон древесины в балках Б4 – Б6 позволяет уменьшить деформации сдвига брусков относительно друг друга почти в 2 раза по сравнению с балкой Б3.

Таблица 1

Деформации балок в середине пролета

Ступени нагрузки, кН	Прогиб, мм							
	Б1	Б2	Б3	Б4	Б5	Б6	Б7	Б8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,90	0,90	1,27	1,43	1,04	1,23	1,27	0,80
0,4	1,77	2,17	2,89	3,05	2,34	2,66	2,48	1,71
0,6	2,69	3,44	4,52	4,64	3,70	4,22	3,60	2,56
0,8	3,67	5,73	6,26	6,43	5,15	5,79	4,60	3,55
1,0	4,57	5,96	8,25	8,12	6,66	7,49	5,78	4,54

**Заключение**

Проведенные испытания показали, что наиболее эффективным способом усиления деревянных балок чердачного перекрытия является способ соединения составных элементов на клеенных металлических стержнях – балки Б7 и Б8 обладают достаточной прочностью и жесткостью в зоне действия максимального изгибающего момента, а характер распределения нормальных напряжений по высоте сечений практически такой же, как и для балки цельного сечения. Это позволяет на 25-30% снизить расход пиломатериалов по сравнению с составными балками с соединениями на гвоздях и винтах, и, следовательно, снизить стоимость ремонтно-восстановительных работ.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Деревянные конструкции и детали. Справочник строителя/В.М.Хрулев [и др]; под ред. В.М.Хрулева.- 2-е изд., доп. и перераб.- М.: Стройиздат, 1983.- 288 с.

2. Житушкин, В.Г. Усиление каменных и деревянных конструкций: Учебное пособие/В.Г.Житушкин.- М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005.- 56 с.

3. Зотова, И.М. Жесткость и прочность деревянных клееных балок с наклонно вклеенными стержнями/ И.М. Зотова// Исследования в области деревянных конструкций: сб. науч. тр./ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко; под ред. Л.М. Ковальчука. – М.: 1985. – С.74-82.

4. Курлаков, Д.В. Обследование и усиление деревянных перекрытий после огневого воздействия пожара в зданиях постройки конца XIX начала XX веков/ Д.В. Курлаков// Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: материалы XVIII науч.-метод. конф. ВИТУ, Санкт-Петербург, 13 марта 2014 г./ ВИ(ИТ) ВА МТО(ВИТУ); редкол.: Д.В. Курлаков [и др]. – СПб., 2014. – С.76-84.

5. Линьков, В.И. Исследование конструкций составной балки из цельной древесины/ В.И. Линьков// Разработка и совершенствование деревянных конструкций: сб. науч. тр./ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко; под ред. С.Б. Турковского. – М.: 1989. – С.53-59.

6. Нечаев, Н.В. Капитальный ремонт жилых зданий/Н.В.Нечаев.- М.: Стройиздат, 1990.- 207 с.

7. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций/ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1980. – 40 с.

8. Сморчков, А.А. Исследование работы составных стержней на дискретных связях / А.А. Сморчков, А.С. Шевелев // Промышленное и гражданское строительство.- 2009.- №1. – С.16-17.

9. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85.-Введ. 01.01.1987.- М.: Госстрой СССР, 1987.- 36 с.

10. Технический кодекс установившейся практики. ТКП 45-1.04-14-2005 (02250). Техническая эксплуатация жилых и общественных зданий и сооружений. Порядок проведения.- Введ. 01.07.2006.- Мн.: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2006.- 40 с.

11. Технический кодекс установившейся практики. ТКП 45-5.05-146-2009 (02250). Деревянные конструкции. Строительные

нормы проектирования. – Введ. 01.01.2010. – Мн.: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2009. – 63 с.