

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРМИРОВАННОЙ ЦЕЛЬНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Горгола О.М., Колинко Д.А., Кононенко В.Ю., Стоянов В.В.  
(Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

В практике проектирования балок нередко случается, что выбранный по сортаменту пиломатериалов элемент из цельной древесины при максимально возможном сечении не соответствует требованиям несущей способности. В этом случае балку из цельной древесины заменяют составной или армированной клеедощатой. Размеры сечения при армировании клеедощатых балок измеряются незначительно, но несущая способность возрастает в 2-3 раза (правда и стоимость конструкции возрастает более чем вдвое). Логичнее было бы ограничиться, усилив балки из цельной древесины, но здесь возникают определенные проблемы, связанные с утвердившимся ныне подходе к армированию древесины цельными стержнями.

Идея использования совместной работы древесины и металла для повышения несущей способности конструкций известны давно.

В работе [1] коротко и ёмко охарактеризованы основные шаги развития армированных деревянных конструкций. Началом можно считать двадцатые годы XX в., когда пытались повысить несущую способность цельной древесины путём впрессования в неё стальной проволоки. Далее перешли к соединению стальной арматуры с древесиной с помощью различных упруго-податливых связей – выштампованных зубьев, использования арматуры со специальными выступами, укладки в пазы квадратного сечения по длине балки и многое другое. Все эти приемы не нашли широкого применения, так как при значительном расходе металла, не обеспечивается необходимая изгибная жесткость. Только разработки Х Гранхольма (Швеция) положили начало конструктивному решению по обеспечению совместной работы древесины и арматурных стержней на базе клеевых соединений.

Из примеров исторической справки о динамике совершенствования армированных деревянных конструкций мы не находим примеров использования послойного армирования [1]. Такой прием армирования, когда понизу и поверху или только понизу деревянной балки цельного

сечения производится послойное армирование высокомодульными лентами, предложен и теоретически обоснован в [2].

Послойное армирование технологично и эффективно, а по несущей способности не уступает традиционному армированию отдельными стержнями. Более того, послойное армирование позволяет значительно расширить границы модификации древесины на границе армирования, открывает возможности повышения её несущей способности. Существенно, что армирование цельной древесины производится без ослабления её пазами для установки арматуры.

В лаборатории кафедры металлических, деревянных и пластмассовых конструкций ОГАСА ведутся исследования балок из цельной древесины армированных послойно лентами из различных высокомодульных материалов – металлических, алюминиевых и других.

В частности, проведены испытания семи балок из цельной древесины (сосна 1 сорта) пролётом 2000 мм. Все балки испытывались на воздействие сосредоточенной нагрузки  $P$ , приложенной посередине ее. Балки отличались друг от друга размером сечения и видом армирования. В каждом типе балок наряду с армированными, испытывались цельнодеревянные балки без армирования. Первый тип балок (армированных и неармированных) имел сечение 130x40 мм. Армированная балка была усилена двойным армированием металлической лентой с суммарной приведенной толщиной 0,4 мм. Второй тип балок представлял цельнодеревянные бруски сечением 46x46 мм, два из которых были армированы понизу алюминиевой лентой  $\delta = 1,2$  мм. Третий тип балок состоял из двух балок сечением 70x70 мм. Армирование одной из балок осуществлялось понизу металлической лентой с приведённой толщиной  $\delta = 1,1$  мм.

Методикой испытания балок, как это следует из приведённого выше перечня, предусматривались обязательные испытания по каждому типу неармированной цельнодеревянной балки, что усиливало подтверждение достоверности полученных предварительных результатов эксперимента.

В качестве измерительных приборов использовались прогибомеры для измерения вертикальных перемещений и тензорезисторы для измерения деформаций. Нагрузка прикладывалась ступенями по 0,2 кН.

Расчет всех балок послойного армирования базируется на использовании известного приема приведенных геометрических характеристик для сечений составленных из разномодульных материалов. Например, в [1] мы находим:

$$I_{np} = \beta \cdot I_0, \quad (1)$$

где  $\beta = 1 + 3n\mu$  – для сечений с двойным симметричным армированием;

$\beta = 1 + 4n\mu / (1 + n\mu)$  – для сечения с одиночной арматурой;

$n$  – отношение модулей упругости материала армирования и древесины

$\mu$  – коэффициент армирования

Приведенный момент сопротивления с двойным симметричным армированием –  $W_{np} = 2J_{np} / h$

$$W_{np} = 2J_{np} / h, \quad (2)$$

здесь принимается в запас прочности равенство полной высоты сечения  $h$  и расчётной высоты сжатой зоны.

Приведенный момент сопротивления для элементов сечения с одиночной арматурой растянутой и сжатой зон

$$W_{np}^p = J_{np} / h_p,$$

$$W_{np}^c = J_{np} / h_c, \quad (3)$$

где  $h_p = h/2(1+n\mu)$  и  $h_c = h(1+2n\mu)/2(1+n\mu)$ ;

Испытания первого типа балок сечением 130x40 мм и пролётом 2000 мм показал, что при минимальном коэффициенте армирования  $\mu=1\%$  имеет место хорошее совпадение экспериментальных результатов с расчётными величинами. Прогиб армированной балки от действия сосредоточенного груза 0,9 кН, приложенного в её середине составил 14 мм, что в 1,5 раза меньше чем прогиб неармированной деревянной балки такого же сечения. Прямо пропорциональная зависимость между нагрузкой и прогибами сохранялась соответственно для армированной и неармированной балок до величины нагрузки 2,0 кН и 1,38 кН. Разрушающая нагрузка для цельной древесины без армирования составила 5,6 кН. При этом наблюдалось хрупкое разрушение от разрыва волокон в нижней растянутой зоне. Армированная балка при той же нагрузке не разрушалась, а получила критический прогиб около 50 мм, который был вызван пластическим течением металла армирования и накопления им определённых необратимых деформаций перед разрушением.

Второй тип балок сечением 46x46 мм и длиной 160 мм армированных снизу алюминиевой лентой толщиной 1,2 мм показал существенное увеличение жесткости (рис. 1). так, если для деревянной балки прямо пропорциональная зависимость между нагрузкой и прогибами наблюдалась только до нагрузки  $P = 1,8$  кН, когда прогиб её в центре

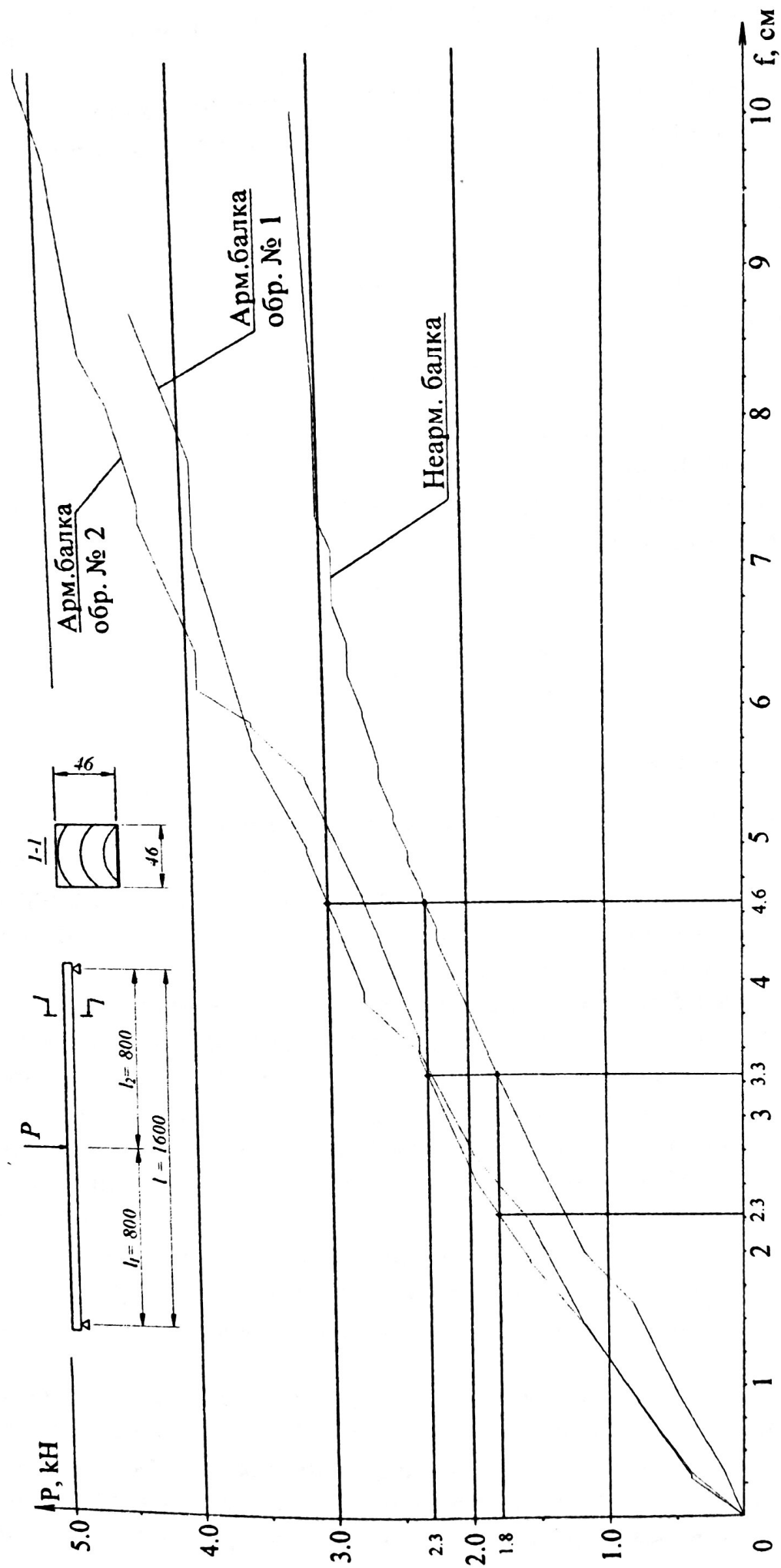


Рис. 1. Деформативность центра балки сечением 46x46 мм

составил 32 мм, то для армированной балки при той же нагрузке прогиб был почти вдвое меньше (рис. 1). При этом прямо пропорциональная зависимость между нагрузкой и прогибами сохранялась до нагрузки 3,0 кН, когда прогиб балки составил 46 мм. Дальнейшее загрузе- ние свидетельствует о развитии пластического течения алюминия находя- щегося в зоне наибольших растягивающих напряжений, что вызывает рост деформаций древесины на границе с алюминиевой составляющей и в итоге в середине балки наблюдался разрыв алюминиевой ленты и разрыв волокон древесины (рис. 2).

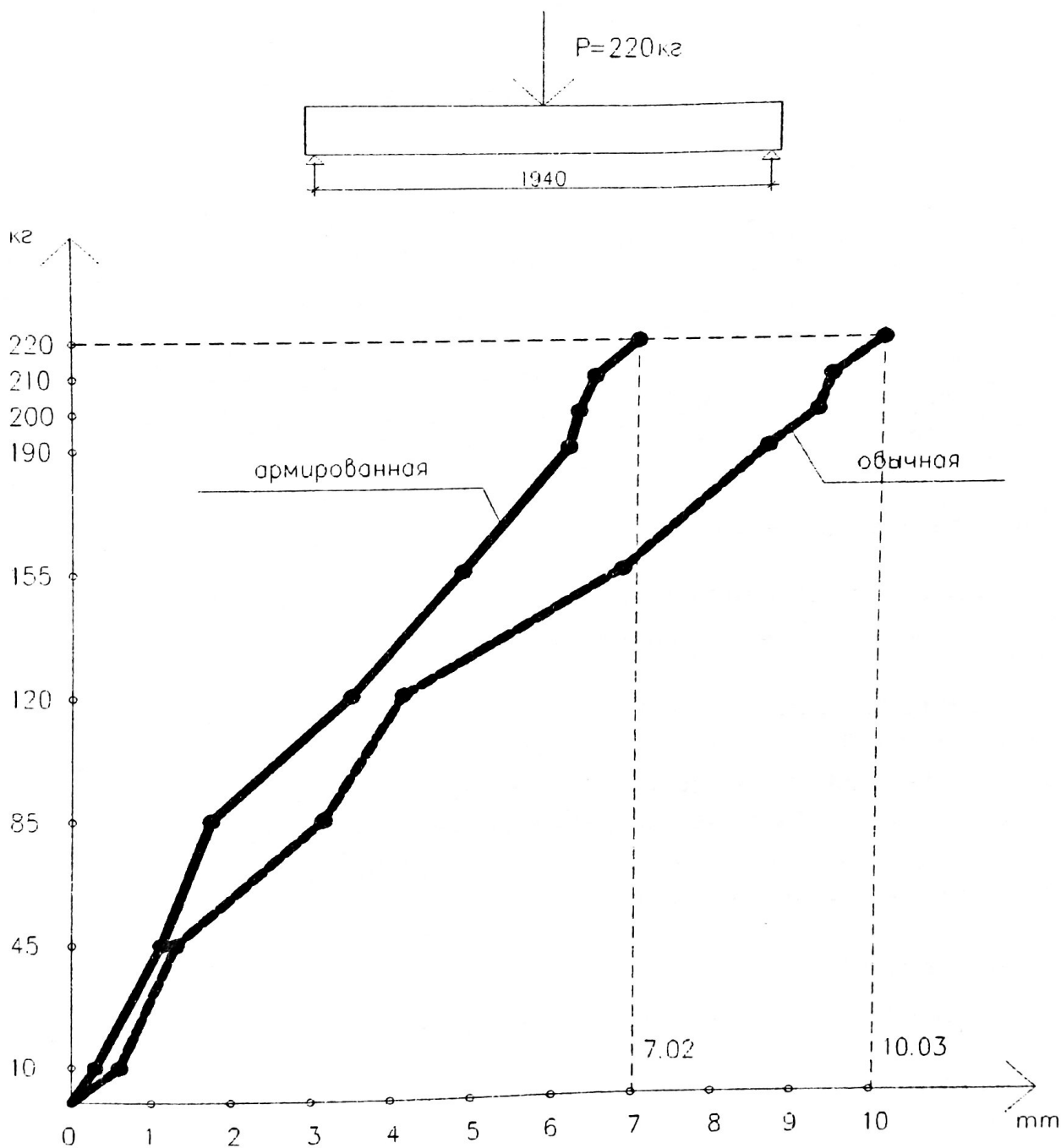
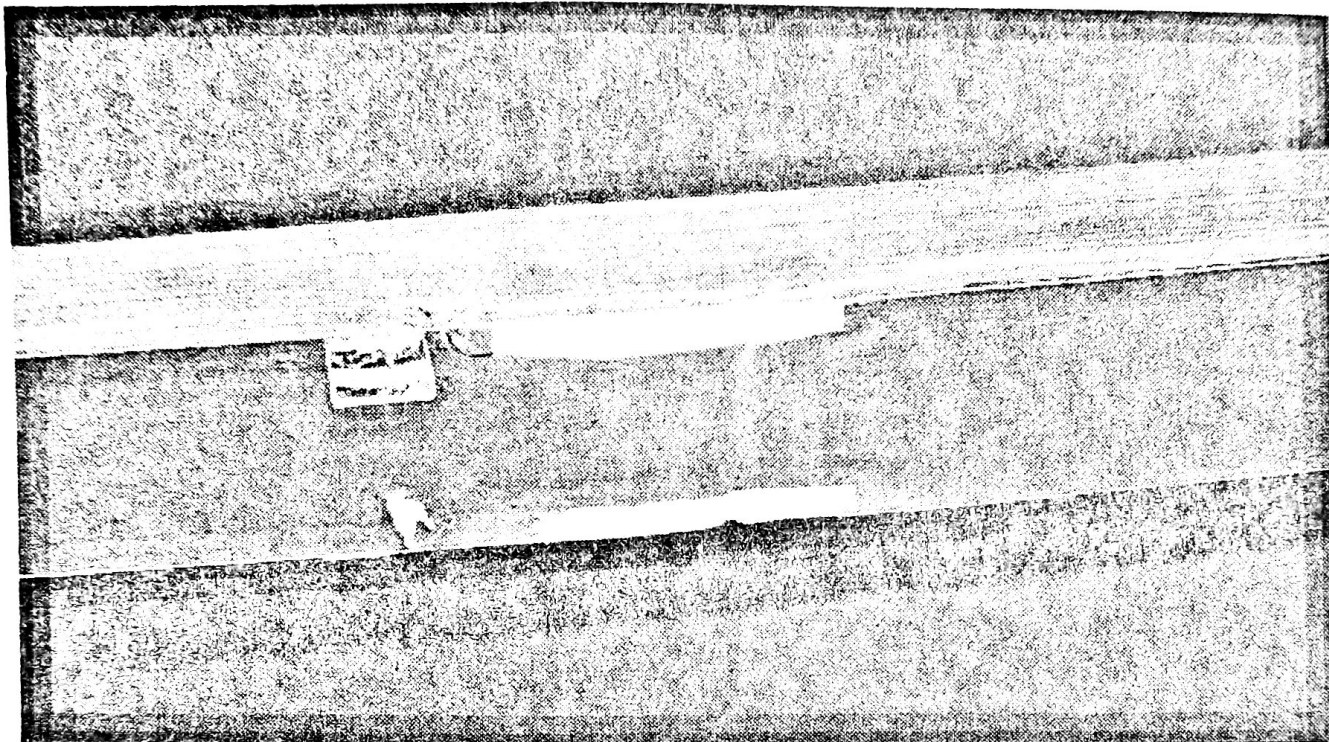


Рис. 2. Деформативность центра балки сечением 70x70 мм.

Третий тип балок сечением 70x70 мм и длиной 1940 мм армированных понизу металлической ленты с приведенной толщиной 1,1 мм ( $\mu = 1\%$ ) испытывался на действии кратковременной нагрузки до величины 2,2 кН (рис. 3). При этом прогиб армированной балки составил 7 мм, что существенно ниже прогиба цельнодеревянной такого же сечения – 10 мм. Деревянная балка в процессе дальнейшего испытания была доведена до разрушения 8,2 кН, а армированная балка при нагрузке 2,2 кН оставлена на длительные испытания.



**Рис. 3.** Общий вид места разрыва цельнодеревянной балки с послойным армированием алюминиевой лентой.

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что послойное армирование подтверждает теоретические предпосылки по возможности увеличения несущей способности цельных элементов древесины. Кроме того, технологические возможности послойного армирования открывают новые возможности для конструирования балок составного сечения.

### **Литература**

1. Щуко В.Ю., Рощина С.И. Армированные деревянные конструкции в строительстве В., ВТУ, 2002 С. 66.
2. Стоянов В.В. Совершенствование армированных деревянных конструкций. В сб. научных трудов ВТУ, В., 2003.