

С.И. Рощина¹, М.В. Лукин¹, Б.В. Лабудин², В.И. Мелехов²

¹Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Рощина Светлана Ивановна родилась в 1961 г., окончила в 1988 г. Владимирский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой строительных конструкций Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Имеет более 110 печатных работ в области испытаний и расчета армированных деревянных конструкций на длительную нагрузку и ползучесть.

E-mail: rsi3@mail.ru



Лукин Михаил Владимирович родился в 1984 г., в 2006 г. окончил Владимирский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Имеет более 30 работ в области испытаний и совершенствования методов расчета композитных конструкций на основе металла и древесины.

E-mail: lukin_mihail_22@mail.ru



Лабудин Борис Васильевич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры инженерных конструкций и архитектуры Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 140 печатных работ в области разработки, исследования и внедрения клееных деревянных конструкций.

E-mail: labudin@rambler.ru



Мелехов Владимир Иванович родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой древесиноведения и тепловой обработки древесины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, действительный член Академии проблем качества РФ и РАЕН, председатель диссертационного совета. Имеет более 300 научных работ в области технологии переработки, высококачественной сушки, пропитки древесины и использования малоценной древесины и отходов деревообработки. Тел.: (8182) 21-61-49



РАСЧЕТ КОМПОЗИТНЫХ ДЕРЕВОКЛЕЕННЫХ БАЛОК НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО МЕТОДА

Рассмотрен вопрос расчета прочности усиленных деревянных балок с внешним армированием, которое выполнено жесткой арматурой в виде швеллера, располагаемого с верхней и нижней сторон. Совместная работа швеллера и усиливаемой деревянной балки осуществлена за счет вклеенных в тело балки стержней.

Ключевые слова: композитные балки, деформативность, прочность, инженерный метод расчета, корректирующие коэффициенты.

Основными элементами деревоклееной композитной балки являются древесина, стальной прокат в виде швеллера и арматурные стержни. Швеллер устанавливается либо в верхней (сжатой), либо в нижней (растянутой) зоне балки, номер проката выбирается по ширине сечения балки (№12). Швеллер крепится к телу балки с помощью наклонно вклеенных арматурных стержней класса А-400 периодического профиля. Расположение их принимается по главным растягивающим или сжимающим напряжениям под углом 45° с шагом 300 мм по длине балки.

Деревянная балка с расположением швеллера усиления в верхней сжатой зоне и арматуры по главным сжимающим напряжениям графически изображена на рис. 1.

Существующие в настоящее время методы расчета конструкций позволяют с достаточной точностью оценивать их несущую способность и деформативность на любой стадии работы. Инженерный метод расчета армированных деревянных конструкций по приведенным геометрическим характеристикам является прикладным и позволяет с достаточной точностью оценивать их несущую способность и деформативность, опираясь на действующие нормы проектирования.

Однако этот метод расчета композитных конструкций и элементов, как правило, ведется лишь в предположении упругой работы материалов, что не соответствует действительной работе элементов за пределом упругости и не выявляет действительной несущей способности, деформативности и живучести древесины при запредельных нагрузках. Поэтому остро встает вопрос о нахождении так называемых корректирующих коэффициентов, вводимых в формулы расчета.

Цель нашей работы – определение несущей способности и деформативности композитных балок, подбор диаметра, угла наклона и шага расположения арматурных стержней. Расчет был выполнен по двум группам предельных состояний с использованием известных формул сопротивления материалов и введением в них коэффициентов k_w и $k_{ж}$, полученных экспериментально.



Рис. 1. Конструкция (а) и поперечный разрез (б) усиленной балки перекрытия: 1 – вклеенная арматура; 2 – швеллер усиления

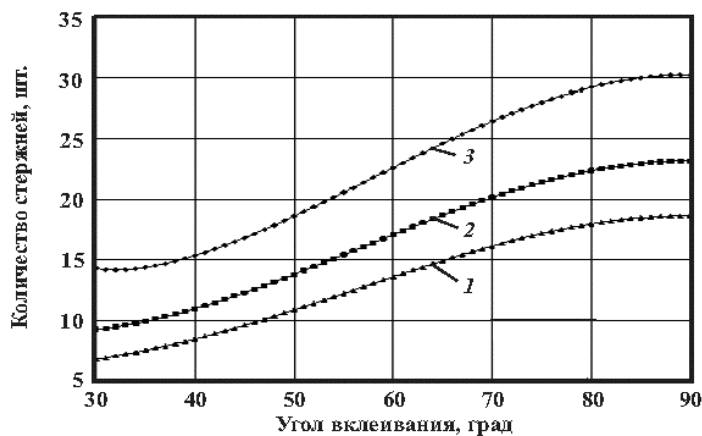
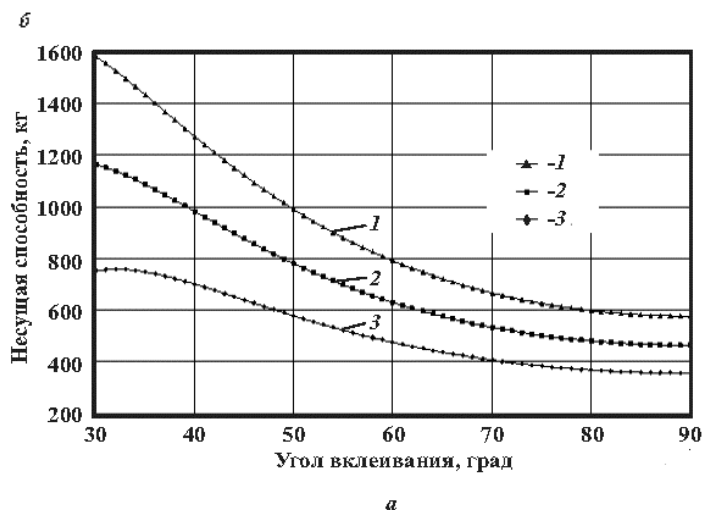


Рис. 2. Зависимость несущей способности стержня (а) и количества стержней с одной стороны балки (б) от угла вклеивания и диаметра d стержня: 1 – $d = 1,2$; 2 – $1,0$; 3 – $0,8$

Расчет по первой группе предельных состояний на действие максимального изгибающего момента выполнен для опасных сечений, которые находятся в середине пролета балки, на действие максимальной поперечной силы – для опасных сечений на опоре. Изгибающий момент и поперечная сила для балки на двух опорах при загрузке ее равномерно распределенной нагрузкой определены по известным формулам строительной механики с учетом граничных условий. Для второй группы предельных состояний определен максимальный прогиб и проведено его сравнение с предельным.

По результатам обработки результатов теоретических расчетов построены графики (рис. 2), из которых видно, что наиболее эффективным углом внедрения (вклеивания) наклонных стержней является угол в диапазоне 30...45°.

Последовательность расчета	Деревянные балки	Армированные деревянные балки
Геометрические характеристики сечения		
Площадь сечения	$F = bh$	$F_{mp} = bh(1 + \mu\eta)$
Статический момент инерции	$S = \frac{bh^2}{6}$	$S_{mp} = bh^2 \left(\frac{1}{2} + \mu\eta \left(1 - \frac{z_0 - d}{h} \right) \right)$
Момент инерции	$I = \frac{bh^3}{12}$	$I_{mp} = \frac{b}{3} (y_c^3 + h_c^3) + I_{mc} + bh\mu\eta(h_c + d - z_0)^2$
Момент сопротивления	$W^c = W^p = \frac{2I}{h}$	$W_{mp}^c = \frac{I_{mp}}{h_c}; \quad W_{mp}^p = \frac{I_{mp}}{y_c}$
Расчет по первой группе предельных состояний		
Нормальное напряжение в древесине растянутой и сжатой зон	$\sigma = \frac{M}{W} \leq R$	$\sigma_p = \frac{M}{W_{mp}^p k_w} \leq R_p; \quad \sigma_c = \frac{M}{W_{mp}^c} \leq R_c$
Нормальное напряжение в швеллере, где k_w – коэффициент, полученный экспериментально и равный 0,65	–	$\sigma_s = \frac{M}{W_{mp}^c k_w} n k_s \leq R_s$
Устойчивость плоской формы деформирования	$\sigma_u = \frac{M}{\varphi_M W} \leq R_u$	$\sigma_u = \frac{M}{\varphi_M W_{mp} k_w} \leq R_u$
Касательные напряжения в древесине относительно нейтральной оси	$\tau = \frac{QS}{Ib} \leq R_{ск}$	$\tau = \frac{QS_{mp}}{I_{mp} b} \leq R_{ск}$
Касательные напряжения в древесине относительно линии, проходящей в зоне сопряжения швеллера с древесиной	–	$\tau = \frac{QS_{отс.}}{I_{mp} b} k_t \leq R_{ск}$

Анализируя графики на рис. 2, а, можно сделать выводы, что с увеличением угла вклеивания несущая способность стержня уменьшается; при одном и том же угле вклеивания несущая способность выше у стержней с наибольшим диаметром. Из графиков на рис. 2, б следует: с увеличением угла вклеивания количество стержней увеличивается; чем меньше диаметр стержней, тем большее их количество необходимо установить в конструкции.

Алгоритм расчета композитных балок, а также сравнение его с расчетом обычной цельнодеревянной балки приведено в таблице на с. 93.

Таким образом, полученные экспериментальным путем коэффициенты $k_w = 0,65$ и $k_{ж} = 0,85$ имеют ясный физический смысл и позволяют повысить точность определения напряжений и перемещений в композитных конструкциях для инженерных расчетов. Результаты работы рекомендованы для внесения в нормы проектирования деревянных конструкций (СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карлсен Г.Г., Слищкоухов Ю.В. Конструкции из дерева и пластмасс. М.: Стройиздат, 1986. 543 с.
2. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80*.
3. СТО 36554501-002-2006. Деревянные клееные и цельнодеревянные конструкции. Методы проектирования и расчета. М.:ФГУП «НИЦ «Строительство».

Поступила 06.06.11

S.I. Roshchina¹, M.V. Lukin¹, B.V. Labudin², V.I. Melekhov²

¹ Vladimir State University

² Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Design of Composite Laminated Wooden Joists on the Engineering Method Basis

The paper is devoted to a strength calculation of composite laminated wooden joists reinforced at the upper and lower sides with channel iron sections. Combined action of an iron profile and wooden joist is provided by the pasted-in rods.

Key words: composite joist, deformability, strength, engineering calculation method, corrective coefficients.
