

УДК 624.011.2

**РАБОТА ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УСИЛЕНИЕМ  
ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КОМПОЗИТНЫМИ ТКАНЯМИ**

*А. Р. Волик, О. В. Дунникова*

*Гродненский государственный университет им. Я. Купалы (Беларусь)*

Традиционно для усиления деревянных конструкций используется металлическая арматура. В данной статье описывается возможность применения композитных тканей для усиления деревянных конструкций. Проведен анализ влияния композитной ткани на работу изгибаемых деревянных балок. Исследования деревянных балок с внешним

армированием из технической ткани показали, что данное армирование влияет на несущую способность и жесткость деревянных балок. При использовании ткани производства ОАО «Гродно Химволокно» в виде обоймы для балок, имеющих дефект в виде продольного растрескивания, экспериментально подтверждено влияние обоймы на увеличение несущей способности.

**Ключевые слова:** композитная ткань, усиление, деревянные балки, внешнее армирование, углеродное волокно, испытания, прочность, разрушение, обойма.

Metal fittings were traditionally used to enhance the wooden structures. This article describes the possible application of composite fibers to enhance the wooden structures. The analysis of the composite fabric influence on bendable wooden beams was made. The research of the wooden beams with an external reinforcement of industrial fabric showed that reinforcement influences on the carrying capacity and stiffness of the wooden beams. The increase of carrying capacity was experimentally confirmed in case of use of fabric manufactured by JSC "Grodno Khimvolokno" as a cage for beams which have longitudinal cracking defects.

**Key words:** composite fabric, strengthening, wooden beams, external reinforcement, carbon fiber, tests, strength, destruction, cage.

В современном строительстве при создании новых конструкций, при реконструкции существующих зданий и сооружений возникает вопрос о совершенствовании и повышении эффективности работы конструкций из древесины.

Наиболее распространенным способом повышения прочности изгибаемых деревянных конструкций является усиление поперечного сечения балок путем внешнего армирования растянутых зон композитными материалами. Чаще всего для этого используются стержневые элементы различного профиля, тканые волокна, сетки (ткани), стеклопластик и др., которые клеивают в наиболее напряженные зоны конструкций [1]. Это позволяет повысить качество и надежность деревянных конструкций, работающих в основном на изгиб и сжатие с изгибом.

Одним из наиболее перспективных способов усиления деревянных конструкций является внешнее армирование волокнами и композитной тканью.

К таким материалам относят: стекловолокно, углеволокно, арамидоволокно, базальтоволокно, а также ткани на их основе.

В наши дни усиление деревянных конструкций с использованием композитных тканей осуществляется путем:

- приклейки композитной ткани к поверхности (чаще растянутой) – внешнее армирование;
- приклейки композитной ткани между слоями древесины в швах клееных конструкций (внутреннее армирование);
- вклейки композитной ткани на монтажный клей в предварительно подготовленные пропилы;
- устройства обоймы из композитной ткани [2].

Отсутствие нормативной базы в Республике Беларусь по применению композитных материалов в строительных конструкциях сдерживает применение композитных материалов в строительных конструкциях и требует проведения экспериментальных исследований.

Эффективность усиления экспериментально подтверждается исследователями в нашей стране и за рубежом. Экспериментальные исследования показали [3], что армирование растянутой грани деревянных балок углеродным волокном увеличивает их несущую способность и жесткость: при площади армирования равной 0,15 % прочность увеличилась на 31,87 %; 0,21 % – на 35,67 %; 0,30 % – на 42,21 %; 0,42 % – на 44,27 %.

Для определения эффективности усиления деревянных балок композитными тканями на базе лаборатории ГрГУ им. Я. Купалы были проведены экспериментальные исследования работы изгибаемых деревянных балок, усиленных технической тканью производства компании ОАО «Гродно Химволокно».

С целью сравнения полученных опытных данных был испытан опытный образец балки без усиления растянутой зоны (серия Б0).


Для изучения влияния композитных материалов на прочность и жесткость изгибаемых деревянных конструкций были подготовлены и испытаны две балки, имеющие разный процент армирования: Б1-2 – балка с внешним армированием двумя слоями технической ткани; Б1-4 – балка с внешним армированием четырьмя слоями технической ткани [4].



Испытания проводились по балочной схеме до разрушения с приложением сосредоточенных усилий в третях пролета.

Разрушение эталонной балки Б0 произошло от разрыва растянутых волокон в центре пролета при нагрузке 40 кН, разрушение образца Б1-2 произошло при нагрузке 41,2 кН из-за хрупкого разрушения древесины (по дефекту древесины). Разрушение образца Б1-4 произошло при нагрузке в 71,6 кН из-за скалывания древесины на опоре (табл. 1).

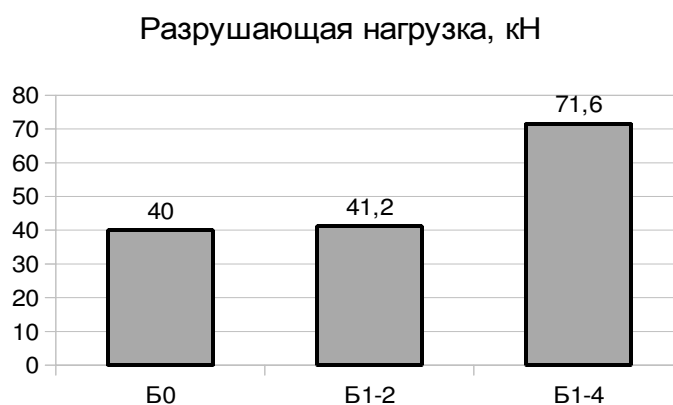
Таблица 1

Разрушение образцов деревянных балок

<i>Опытные образцы</i>	<i>Величина разрушающей нагрузки, кН</i>	<i>Фотография испытанных образцов</i>	<i>Вид разрушения</i>
Б0	40		Разрыв древесины в растянутой зоне балки

Б1-2	41,2		Разрушение образца по дефекту (сучку)
Б1-4	71,6		Раскалывание древесины на опоре

Анализ разрушения балок (рис. 1) выявил следующее: усиление образца Б1-2 двумя слоями технической ткани повышает прочность балки по сравнению с эталонной на 3 %; усиление балки Б1-4 четырьмя слоями технической ткани повышает прочность на 79 %. Важно отметить, что разрушения армирующего слоя не произошло, т. е. ткань не повредилась. Следовательно, армирующий слой влияет на несущую способность балок.



*Рис. 1. Сопоставление экспериментальных величин разрушающих нагрузок*

Использование композитных тканей для армирования деревянных балок не ограничено их применением на стадии проектирования. В силу своих особенностей, волокна древесины, как правило, подвержены быстрому увлажнению, влиянию микроорганизмов, усушке. Поэтому обеспечение долговечности деревянных конструкций требует выполнения ряда мероприятий по их усилению и ремонту в ходе эксплуатации [5].

Обследования несущих деревянных конструкций показывает, что в деревянных конструкциях частым дефектом являются усушечные продольные трещины (рис. 2), что приводит к снижению технических характеристик и к полному разрушению конструкции.



*Рис. 2. Дефект элементов стропильной системы*

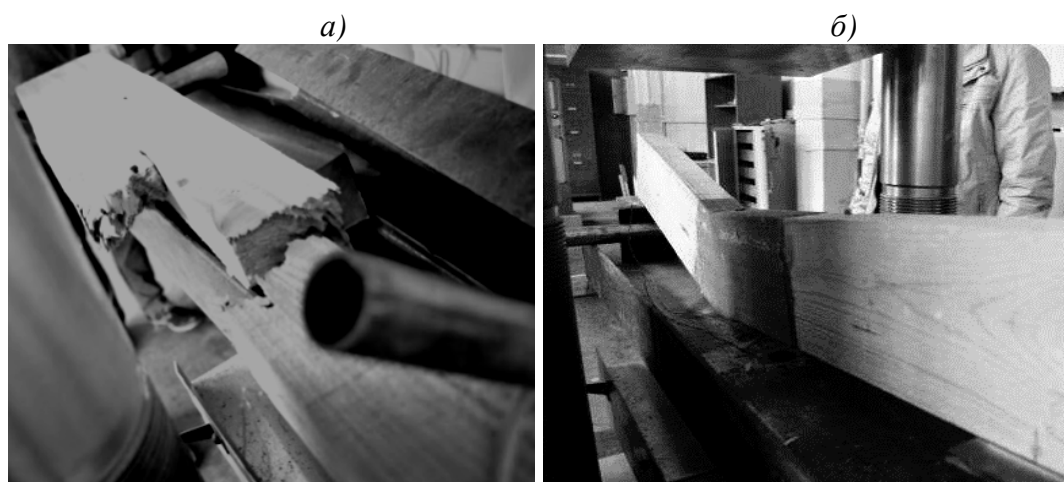
Возможным решением данной проблемы является внешнее армирование деревянных конструкций композитной тканью путем устройства обоймы. Этот способ является сравнительно простым, не требующим больших трудовых и экономических затрат, отпадает необходимость в замене поврежденной конструкции новой.

Для определения эффективности усиления деревянных балок, выполненного в виде обоймы из ткани производства компании ОАО «Гродно Химволокно», были проведены исследования работы изгибаемых деревянных балок. Сущность эксперимента заключалась в испытании на прочность и сравнении разрушающих нагрузок балки Б2-0 (балка-эталон с продольной трещиной) и образцов балок (рис. 3), имеющих продольные трещины в середине пролета и усиленные обоймой из двух (Б2-2) и четырех (Б2-4) слоев ткани.



*Рис. 3. Схема испытания деревянных балок*

Экспериментальные исследования показали, что при усилении балок с трещиной обоймой из технической ткани разрушения произошли по дефекту древесины (рис. 4) и влияют на несущую способность балок.



*Рис. 4. Характер разрушения образцов деревянных балок  
а) Б2-0 (хрупкое разрушение по трещине от разрыва волокон);  
б) Б2-2 (разрушение по дефекту древесины)*

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что усиление растянутой зоны деревянных балок композитной тканью, а также усиление деревянных конструкций обоймой на стадии эксплуатации оказывает влияние на несущую способность изгибаемых деревянных элементов.

#### **Список литературы**

1. Щуко В. Ю., Рощина С. И. Клееные армированные деревянные конструкции : учеб. пособие. – СПб. : ГИОРД, 2009. – 128 с.
2. Цветинский И. И. Влияние расположения армированных клеевых швов на напряженно-деформированное состояние изгибаемых клеодошчатых балок // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. – 2006. – № 3. – С. 51 – 52.
3. Yusof Ahmad, Ductility of Timber Beams Strengthened Using Fiber Reinforced Polymer : Journal of Civil Engineering and Architecture. – USA. – May 2013. – № 5 (Serial № 66). – V. 7. – PP. 535–544.
4. Волик А. Р., Сафонов Д. А. Усиление деревянных конструкций тканью производства компании ОАО «Гродно Химволокно» // Актуальные проблемы механики в современном строительстве : сб. науч. статей. – Пенза : Пензенский гос. ун-тет арх. и стр-ва, 2014. – С. 47–52.
5. Серов Е. Н., Санников Ю. Д., Серов А. Е. Проектирование деревянных конструкций. – М. : Изд-во АСВ, 2010. – 536 с.