

УДК 624.011.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ СДВИГОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Г.О. ЦИПАН*(Представлено: д-р техн. наук, проф. Д.Н. Лазовский, канд. техн. наук А.М. Хаткевич)*

В статье рассмотрены основные виды обеспечения совместной работы древесины и бетона в деревожелезобетонных конструкциях. В рамках исследования изготовлены и испытаны образцы используемых материалов, а также определены их основные физико-механические характеристики.

Введение. Актуально создание конструкций, которые будут отвечать современным критериям. К таким можно отнести деревожелезобетонные конструкции. Они намного эффективнее, чем полностью железобетонные, с точки зрения несущей способности на единицу собственного веса, также они обладают большей жесткостью в плоскости изгиба, что позволяет им сохранять свою форму под нагрузкой, следовательно, и форму всего здания. Ещё одно преимущество, деревожелезобетонные перекрытия обладают более высоким коэффициентом демпфирования, по сравнению с полностью деревянными или железобетонными перекрытиями. Это позволяет снизить эффект от динамических нагрузок и обеспечить хорошие звукоизоляционные характеристики [1].

Одним из ключевых вопросов при проектировании деревожелезобетонных конструкций является обеспечение совместной работы бетона и древесины. Существует множество способов соединения, которые можно классифицировать по степени жесткости на гибкие и жесткие соединения. Использование стержней, винтов и наклонных элементов относится к гибким соединениям, зачастую не обеспечивает необходимую степень совместной работы. Для достижения полной совместной работы требуется применение жестких соединений. Жесткими считаются пазовые соединения, которые создаются путем вырезания участков древесины на некоторую глубину по длине и последующего бетонирования.

Одним из решений пазового механического соединения является применение бетонных шпонок, которые формируются путём выверливания отверстий в деревянном элементе с последующим их бетонированием. Взаимодействие деревянной и бетонной частей происходит благодаря механическому зацеплению бетонной шпонки, а также силам трения и адгезии между бетоном и древесиной.

Для предварительной оценки влияния бетонной шпонки на жесткость и прочность соединения были изготовлены образцы деревобетона, имитирующие работу реальной конструкции. В процессе изготовления рассматривался вариант соединения бетона и древесины с помощью бетонных шпонок различных диаметров.

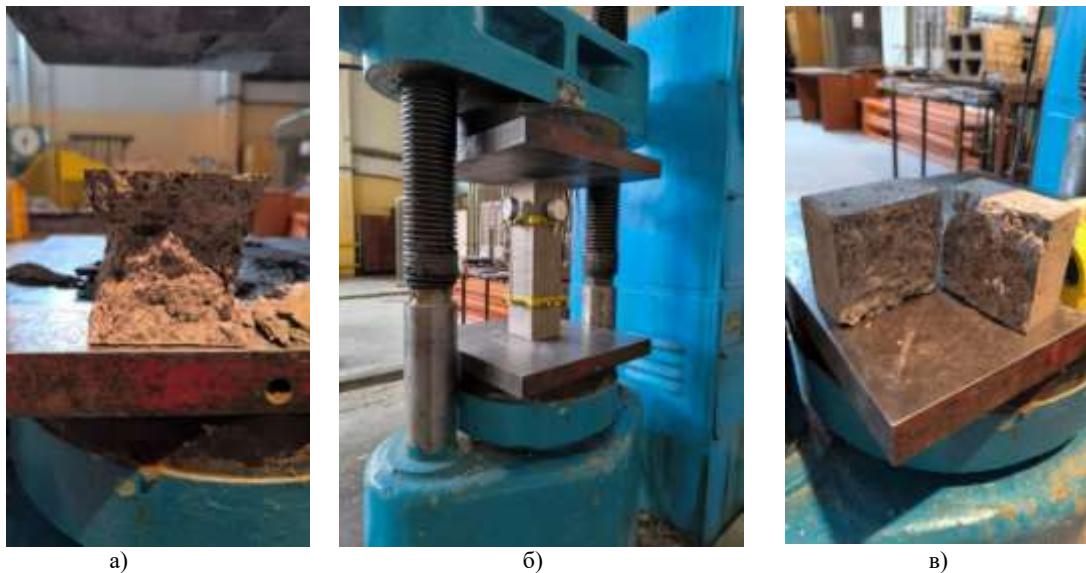
Основная часть. Для точного расчета и анализа образцов таких необходимо определить физико-механические свойства используемых материалов. Изготовление опытных образцов осуществлялось в испытательной лаборатории Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. Совместно с фрагментами деревобетона были сделаны призмы размером 100x100x400 мм и кубы размером 100x100x100 мм, которые твердели в одинаковых условиях. Для определения прочности деревянной части образца из древесины той же партии изготавливались призмы размером 100x100x600 мм, образцы "восьмерки" и т-образные образцы [2].

Определение физико-механических характеристик бетона проводилась следующим образом. После приготовления бетонной смеси она была залита в формы размером 100x100x100 мм и 100x100x400 мм и уплотнена механическим способом. Твердение бетона проходило в нормальных условиях при температуре окружающего воздуха $22\pm5^{\circ}\text{C}$, относительной влажности $67\pm10\%$ в течение 28 суток [3]. Испытания проходились в соответствии с ГОСТ 10180-2012 с использованием аттестованного оборудования и поверенных средств измерений (рис. 1). Результаты испытаний на сжатие представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты испытаний образцов кубов на сжатие

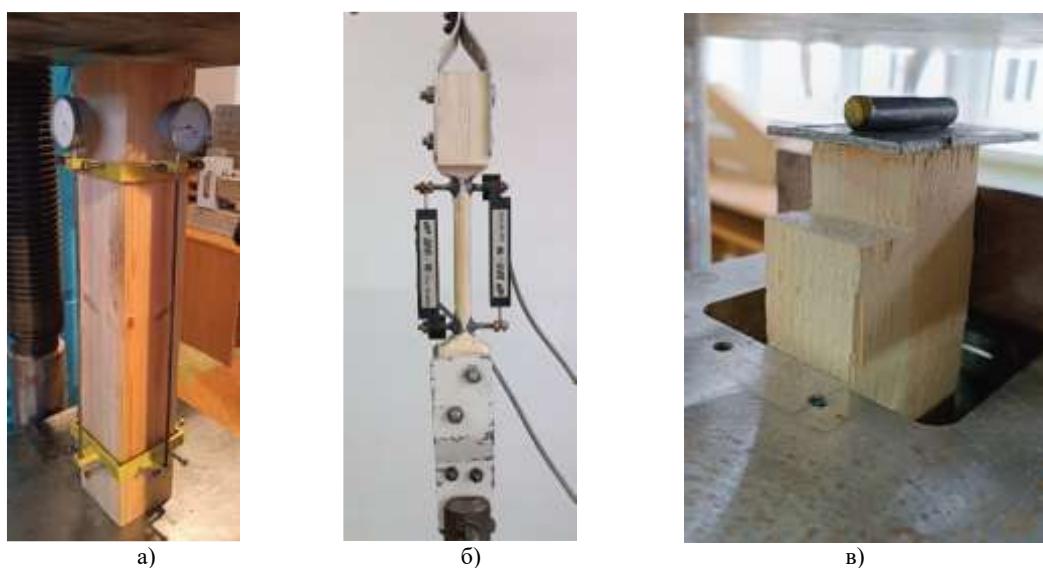
№ образца	Проектный класс (марка)	Предел прочности при сжатии образца, МПа	Среднее значение предела прочности при сжатии, МПа
1	2	3	4
№1	C40/50	60,0	65,0
№2		59,5	
№3		66,3	
№4		65,5	
№5		73,5	

В результате испытаний призм был определен средний модуль упругости бетона, который составил 39 ГПа, что свидетельствует о высоких жесткости и прочностных характеристиках исследуемого материала. Кроме того, в результате испытаний кубиков на скальвание было получено среднее значение прочности равное 6,8 МПа. Эти показатели являются важной характеристикой качества бетона и служат основой для дальнейшего проектирования деревобетонных конструкций.



а) кубика на сжатие; б) призмы, для определения модуля упругости; в) кубика на скальвание
Рисунок 1. – Общий вид бетонных образцов после испытаний

Для определения фактических физико-механических характеристик при сжатии, растяжении, сдвиге вдоль волокон в тангенциальном направлении древесины были отобраны образцы из той же партии древесины, что и опытные фрагменты деревобетона. Образцы представляли собой призмы размером 100 x 100 x 600 мм, для определения прочности при сжатии вдоль волокон, образцы-восьмерки, для определения прочности при растяжении вдоль волокон и т-образные образцы, для определения прочности при сдвиге вдоль волокон (рисунок 2). Торцевые поверхности образца были тщательно подготовлены таким образом, чтобы они были плоскими, параллельными друг другу и строго перпендикулярны к геометрической оси образца. Испытание всех опытных образцов проходило при температуре окружающего воздуха 20 °C, относительной влажности 66 %. Влажность древесины на момент проведения испытаний составляла в среднем 9,4% [4].



а) призмы, для определения модуля упругости; б) образца “восьмерки” при растяжении вдоль волокон;
 в) т-образного образца при сдвиге вдоль волокон
Рисунок 2. – Общий вид испытания опытных образцов из древесины

В результате испытаний были получены следующие характеристики древесины:

- средняя прочность на сжатие вдоль волокон составила 49,35 МПа;
- средний модуль упругости вдоль волокон составил 14,125 ГПа;
- средняя прочность на растяжение 83,53 МПа;
- средний модуль упругости поперек волокон составил 18,015 ГПа;
- средняя прочность при сдвиге 2,12 МПа.

Полученные в ходе эксперимента данные обеспечивают возможность дальнейшего подбора и расчета деревожелезобетонных конструкций. В дальнейшем также предполагается изготовление изгибаемых деревобетонных элементов, для чего будут исследованы различные комбинации диаметра и расположения шпонок.

Заключение. В результате проведенного исследования получены все необходимые исходные данные для последующего подбора и расчетов деревожелезобетонных конструкций. Также планируется изготовление изгибаемых деревобетонных элементов с учетом варьирования диаметров шпонок и расстояний между ними. Такой подход позволит определить наиболее эффективные параметры для обеспечения совместной работы между бетоном и древесиной, обеспечивающих требуемую механическую прочность и жесткость элементов при изгибе. Реализация данного направления расширит возможности применения деревожелезобетонных конструкций в строительстве, обеспечивая более рациональное использование материалов и ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сeccotti A. Composite concrete-timber structures // Prog. Struct. Engng Mater. 2002; 4:264–275. DOI: 10.1002/pse.126.
2. Гиль, А.И. Моделирование диаграмм деформирования древесины при одноосном кратковременном сжатии и растяжении / А. И. Гиль, Д. Н. Лазовский // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации [Электронный ресурс] : сб. материалов IX междунар. науч.-практ. конф., приуроченной к 120-летию со дня рождения К.А. Артемьева, Омск, 21 – 22 ноября 2024 г. / СиБАДИ; Редкол.: А. П. Жигадло (отв. редактор) [и др.]. – Омск : СиБАДИ, 2024. – С. 466-471 – ISBN 978-5-00113-253-0.
3. СТБ EN 12390-3-2012 Методы испытаний бетона. Часть 3. Определение прочности на сжатие испытуемых образцов : – Введ. 01.01.2013. – Минск : Госстандарт, 2013. – 10 с.
4. Лазовский, Д. Н.; Гиль, А. И.; Глухов, Д. О. Диаграммный подход при расчете деревянных конструкций по сп 5.05.01-2021. Вестник БрГТУ 2024, 66-72. DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2024-134-2-66-72>.