

2. Полученные по деформационному методу значения продавливающих сил в среднем на 50 % больше экспериментальных, что обусловлено тем, что в расчете учитывалось влияние только изгибающих моментов, а следовательно, нормальных напряжений, действующих в плоскости поперечного сечения плиты; в настоящее время принята концепция о том, что одним из факторов, влияющих на разрушение плит от среза при продавливании, является достижение в бетоне предельной величины главных растягивающих напряжений, что ведет к образованию наклонной трещины, по которой происходит разрушение.

#### **Список цитированных источников**

1. Молош, В. В. Сопротивление срезу при продавливании самонапряженных плоских железобетонных элементов без поперечного армирования: дис. к-та тех. наук: 05.23.01 / В. В. Молош. – Брест, 2000. – 225 л.

2. Ржаницын, А. Р. Строительная механика: учебное пособие для строительных специальностей вузов. – 2-изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1991. – 439 с. – с илл.

3. Железобетонные конструкции. Основы теории расчета и конструирования: учебное пособие для студентов строительной специальности / Под редакцией профессора Т. М. Петцольда и профессора В. В. Тура. – Брест: БГТУ, 2003. – 380 с. – с илл.

4. Проектирование железобетонных конструкций : ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250). Еврокод 2. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – Ч. 1-1: Общие правила и правила для зданий.

УДК 620.1:674.8

**Лазарук А. А.**

**Научные руководители: к. т. н., доцент Шалобыта Н. Н.,  
к. т. н., доцент Шалобыта Т. П.**

## **ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ И УГЛЕПЛАСТИКА**

**Введение.** В настоящее время перспективы развития деревообрабатывающей промышленности связывают с разработкой и широким применением древесных композиционных материалов (ДКМ). Они имеют комплекс свойств и особенностей, отличающихся от традиционного конструкционного материала деревообработки (массивной натуральной древесины) и в совокупности открывают широкие возможности для разработки новых материалов и технологических процессов [1]. Одним из направлений развития новых свойств в данных материалах является наклеивание высокопрочных углеродных ламелей на поверхность элементов, что может увеличить их жесткость и несущую способность. Такого рода усиление материалов может найти применение как при проектировании конструкций, так и создании новых конструктивных схем.

*Волокнисто-армированные полимеры (Fiber reinforced polymer - FRP)* представляют собой композит, состоящий из высокопрочных волокон и матрицы, предназначенный для связывания этих волокон при изготовлении структурных форм. Общие типы волокон включают арамид, углерод, стекло и высокопрочную сталь, а их матрицы – эпоксидные и сложные эфиры или неорганические матрицы для использования в огнестойких композитах. Системы FRP обладают значительными преимуществами по сравнению с классическими конструкционными материалами, такими как сталь, обладая малым весом, коррозионной стойкостью и т. д. К основным конструкционным преимуществам углеродных волокон относятся их исключительно высокие отношения сопротивления на растяжение к весу, а также высокие отношения модуля упругости к весу.

**Основная часть.** В настоящее время имеется множество систем несъемной опалубки выполненных из различных материалов. В большинстве случаев наиболее важным недостатком применения данных систем является ограниченный сортамент размеров плитных древесных композиционных материалов. Так, к примеру, в одной из мировых систем в которых используется несъемная опалубка из ЦСП VST BUILDING TECHNOLOGIES AG [2] технологии соединения отдельных листов ЦСП-опалубки как по длине, так и по ширине перекрытий выполняется с применением дополнительных металлических элементов (уголков) на механических связях [3], не предусматривающим передачу усилий между листами опалубки. В связи с вышеотмеченным при проектировании перекрытий совместную работу ЦСП и монолитного бетона рекомендуется не учитывать [3]. Однако, как показывают собственные экспериментальные исследования [4, 5, 6], одним из важных установленных эффектов явилась совместная работа двух материалов, поэтому целостность в работе непосредственно несъемной опалубки является одним из важных условий при проектировании данных перекрытий. Для качественной передачи усилий при работе листов несъемной опалубки из ЦСП предлагается решение с использованием в зоне их стыка ламелей из углеволокна.

Для изучения свойств под нагрузкой плитных композитных материалов на основе древесины, усиленных углепластиком, была проведена серия испытаний на статический изгиб следующих материалов:

- древесина;
- ориентированно-стружечная плита;
- фанера;
- ЦСП.

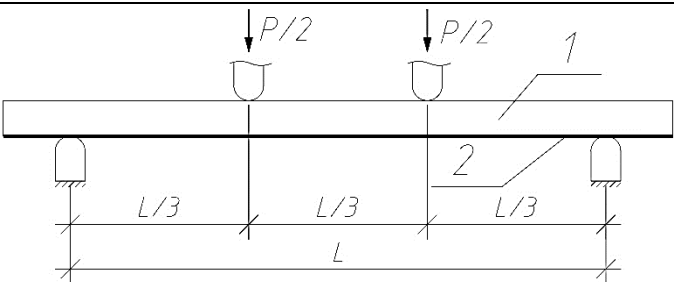
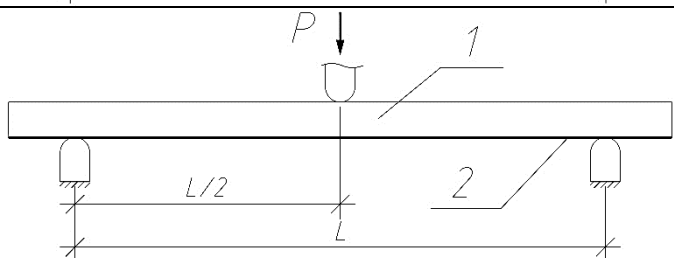
Испытания проводились в соответствии с действующими нормативными документами на соответствующие материалы [7, 8, 9, 10].

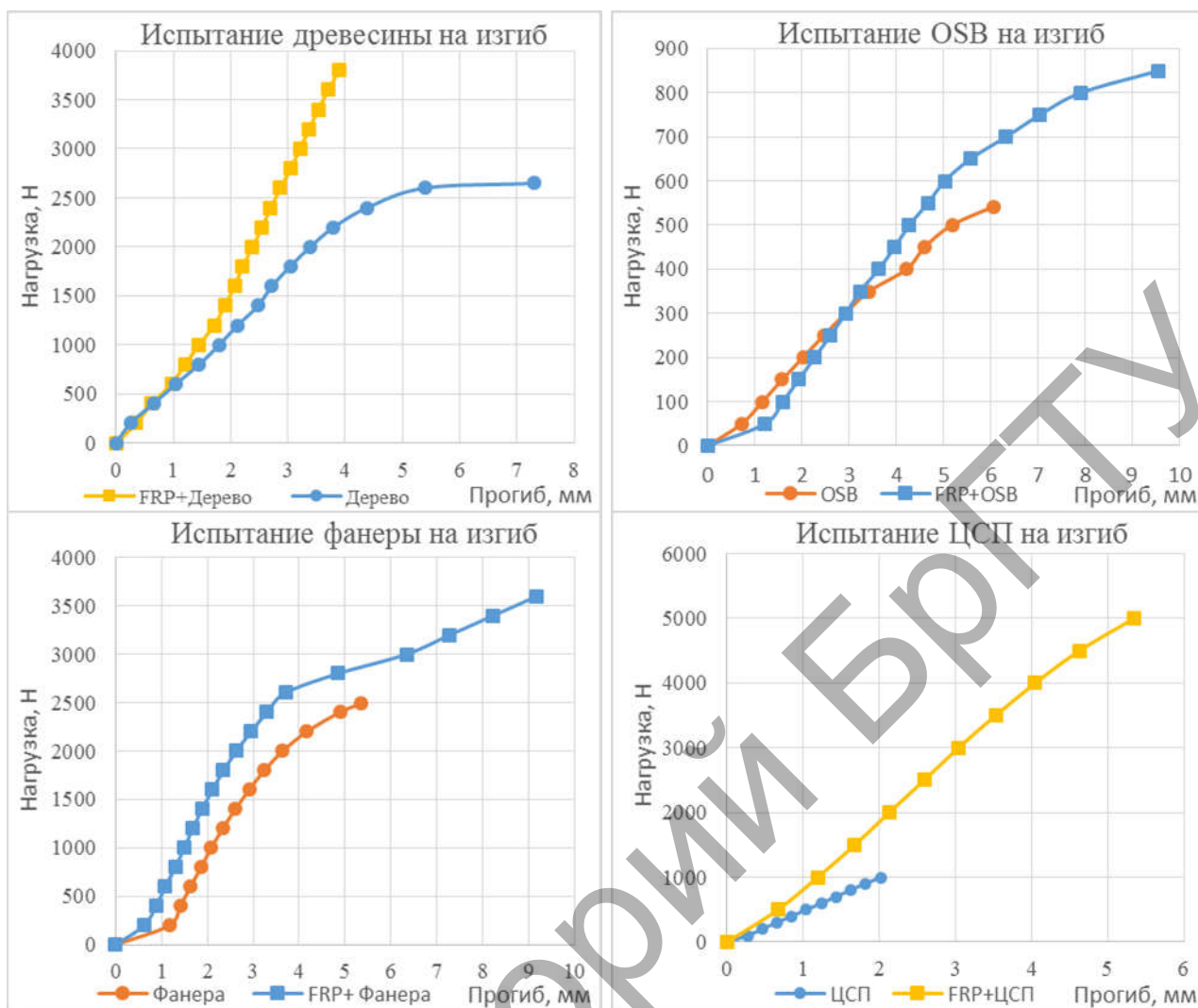
Размеры испытываемых образцов и соответствующие схемы испытаний представлены в таблице 1.

Результаты испытаний представлены на рисунке 1 в виде графиков, показывающих зависимость прогиба в середине пролета от соответствующей нагрузки, прикладываемой по соответствующей схеме таблицы 1.

На основании анализа полученных данных, можно сделать заключение, что при использовании в качестве усиления ламель из углеволокна, композиция с цементно-стружечной плитой наиболее эффективно воспринимает действующие усилия, при сравнении с характеристиками плиты без усиления.

**Таблица 1 – Размеры образцов и схемы испытаний композитных элементов (1 – соответствующий материал образца, 2 – углепластик)**

Материал	$l$ , мм	$b$ , мм	$h$ , мм	Схема испытания
Древесина	240	20	20	
OSB	240	50	12	
Фанера	100	50	10	
ЦСП	360	75	24	



**Рисунок 1 – Результаты испытаний плитных ДКМ, усиленных FRP**

**Заключение.** Цементно-стружечные плиты обладают рядом неоспоримых преимуществ при использовании в строительных конструкциях. С целью расширения области применения плит было предложено новое конструктивное решение для эффективного использования ЦСП в качестве несъемной опалубки в железобетонных конструкциях, а именно с внедрением в ЦСП усиления на основе углеволокна.

#### Список цитированных источников

1. Лазарук, А. А Композиционные материалы на основе древесины / А. А. Лазарук (научные руководители: Н. Н. Шалобыта, Т. П. Шалобыта) // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов: в 2 ч. – Брест : Из-во БрГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 204–208.
2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Брест, 2012. – Режим доступа: [www.vst-austria.at](http://www.vst-austria.at) – Дата доступа: 21.08.2012.
3. VST SYSTEM MANUAL. VST Verbundschalungstechnik GmbH Wildgansgasse 1b/2 A 2332 Hennersdorf – Vienna, 223 p.
4. Шалобыта, Н. Н. Экспериментальное исследование деформированного состояния плоского многопустотного железобетонно перекрытия с применением элементов системы VST / Н. Н. Шалобыта, Е. А. Деркач // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 1(85): Строительство и архитектура. – С. 97–102.
5. Шалобыта, Н. Н. Исследование прочностных и деформативных параметров контактных соединений монолитных конструкций с несъемной опалубкой из ЦСП /

Н. Н. Шалобыта, Т. П. Шалобыта, Е. А. Деркач, Ю. Н. Науменко // Вестник БрГТУ. – 2016. – № 1(97): Строительство и архитектура. – С. 81–86.

6. Шалобыта, Н. Н. Экспериментальное определение параметров контакта в монолитных конструкциях с включением в работу несъемной опалубки из цементно-стружечной плиты / Н. Н. Шалобыта, Т. П. Шалобыта, Е. А. Деркач, Ю. Н. Науменко // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. – 2016. – Т. 6. №1: Тэхніка. – С. 58–66.

7. Древесина. Методы определения модуля упругости при статическом изгибе : ГОСТ 16483.9–73. – Введ. 01.07.1974. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 6 с.

8. Плиты древесные с ориентированной стружкой. Технические условия : ГОСТ 32567-2013. – Введ. 01.07.2014. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 17 с.

9. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона листовных пород. Технические условия : ГОСТ 3916.1-96 – Взамен ГОСТ 3916.1-89, ГОСТ 10.55-71 ; введ. 01.01.1998. – Москва : Издательство стандартов, 1997, Стандартиформ, 2008. – 11 с.

10. Плиты цементно-стружечные. Технические условия : ГОСТ 26816-2016. – Введ. 01.04.2017. – Москва: Стандартиформ, 2016. – 15 с.

УДК 620.1:674.8

**Лазарук А. А.**

**Научные руководители: к. т. н., доцент Шалобыта Н. Н.,  
к. т. н., доцент Шалобыта Т. П.**

## **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НДС КОМПОЗИТНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ЦСП И УГЛЕПЛАСТИКА**

**Введение.** В настоящее время численное моделирование становится неотъемлемой частью при разработке, совершенствовании и исследовании строительных конструкций. Достигнутый на данный момент уровень развития вычислительной техники, как по быстродействию, так и по объему оперативной памяти, и одновременно с этим широкое внедрение многопроцессорных систем позволяют реализовывать более сложные нелинейные математические модели строительных конструкций из различных материалов. Решение подобных задач в нелинейной постановке позволит в конечном итоге реализовать идею сокращения экспериментальных исследований математическим моделированием на ЭВМ. Наряду с этим, в настоящее время изменились приоритеты исследования – главной задачей исследователя становится не получение любой ценой решения в виде аналитического выражения, а преобразование исходных уравнений (в том числе аналитическими методами) к виду, удобному для ЭВМ, и последующий машинный анализ, позволяющий получить максимум полезных свойств из моделируемой системы.

Вычислительный эксперимент во многом аналогичен натурному. Он также состоит из последовательного проведения этапов, таких как планирование экспериментов, создание экспериментальной установки, проведение испытаний, обработка экспериментальных данных, их интерпретация и т. д. Однако вычислительный эксперимент проводится не над реальным объектом, а над его математической моделью, и роль экспериментальной установки играет оснащенная специально разработанной программой ЭВМ.

Сравнивая численные и физические эксперименты, приходим к выводу, что физический значительно дороже. Численный эксперимент обладает типичной для теории степенью гибкости, которая состоит в способности оценить влияние