

**Руденко Б.Д., Прокопьева Д.П. Плотников С.М.**  
(СибГТУ, г. Красноярск, РФ) [bor.rudenko@yandex.ru](mailto:bor.rudenko@yandex.ru)

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА**

### **FORMATION STRENGTH OF CEMENT-FIBER COMPOSITES DEPENDING ON THE COMPOSITION**

Исследовано влияние древесного волокна на прочность при изгибе конгломерата из цемента.

Influence of wood fiber on durability is investigated at a conglomerate bend from cement.

Искусственный строительный конгломерат на основе древесных частиц получается путем совмещения и взаимодействия структурных элементов. Характеристики образующегося конгломерата будут зависеть от того, каким образом происходит адгезионное взаимодействие, какие возникают граничные или переходные слои между структурными элементами, какие происходят межфазные явления, и конечно, от характеристик самих структурных элементов. Также на процесс создания структурных связей определяющее влияние будут оказывать пространственное расположение элементов и технологические факторы изготовления.

Условием получения конгломерата оптимальной структуры [1] является организация необходимого взаимодействия между компонентами. Нужное взаимодействие будет происходить при выполнении (соблюдении) некоторого принципа.

Сформулируем принцип необходимости и достаточности условий создания оптимальной структуры конгломерата таким образом, чтобы полно характеризовать нужные условия для такого создания. «Создание среды получения конгломерата» будет являться таким принципом. Потому что для формирования структурных связей конгломерата требуется именно комплекс условий, подразумеваемый термином «среда». На рисунке 1 приведена общая схема описания для формирования среды получения конгломерата на основе древесного заполнителя.

<i>А – компонент</i>
<i>Б – вяжущее</i>
<i>В – жидкость затворения</i>
<i>Г – технологическая добавка</i>
<i>Д – эксплуатационная добавка</i>
<i>Е – условия формирования среды композита</i>

Рисунок 1 - Схема описания условий «создания среды получения конгломерата»

На рисунке представлены элементы А, Б, В, Г, Д, Е, которые являются составляющими формирования среды получения конгломерата. Количество компонентов может быть любым, однако конкретные представители компонентов выбираются при выполнении некоторых условий, т.е. требуется иметь их определенные характеристики, в зависимости от поставленных целей. Формирование среды сложный процесс, который можно выразить зависимостью:

Среда получения конгломерата = f (вяжущее, условия твердения, формирование связей между элементами, компонент(ы), состояние компонентов, взаимное расположение компонентов, соотношение компонентов, пространственная укладка компонентов, технологические условия изготовления композита).

Частные случаи получения конгломерата будут включать меньшее число составляющих элементов, однако оптимальность структуры [1] должна быть выполнена (наилучшее соотношение компонентов, при которых функциональные возможности композита максимизированы или минимизированы).

Целью данной работы является исследование закономерностей формирования прочности композиционного материала на основе заполнителя – древесного волокна, при минимальном количестве элементов среды его получения.

При использовании древесного волокна в цементно-древесном композите не требуется использование элементов «добавка», также будем использовать обычные условия формирования среды.

В качестве древесного заполнителя использовалось высушенное древесное волокно, полученное на ЗАО Новоенисейский ЛХК. В качестве вяжущего применялся портландцемент марки 400 бездобавочный (ПЦ 400 Д20) ГОСТ 10178–85

Образцы формовались размером 4×4×16 см, выдерживались в форме 28 суток, затем производилось определение прочности на изгиб, ГОСТ 310.4-81, плотности, ГОСТ 12730.1-78 и другие показатели механических свойств.

Так как поверхность заполнителя получила новые характеристики свойств, требуется исследовать, как это влияет на формирование свойств изучаемого композита при изменении количества компонентов: цемента, древесного волокна и воды.

Наиболее удобным инструментом для данного исследования является постановка эксперимента в системе диаграммы «состав-свойство», которые наглядно отображают взаимосвязь исследуемых факторов и характеристик композита.

Для выбора интервала варьирования компонентов, используем данные [2, 3, 4], и определим их границы в пределах, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Значение факторов

Наименование факторов	Обозначение фактора	Уровни варьирования факторов, % в смеси		
		Верхний +1	Средний 0	Нижний -1
1 Волокно	$X_1$	25	15	5
2 Цемент	$X_2$	60	45	30
3 Вода	$X_3$	65	50	35

Такой диапазон наилучшим образом характеризует исследуемую область существования факторов при формировании прочности образцов.

Для обработки экспериментальных данных по методике [5], использовались: пакет - STATGRAPHICS; Тип экспериментального плана - Mixture (смесь); план - Simplex-Centroid (Симплекс-центроидный план); тип модели для описания свойств смеси - Quadratic (квадратичная модель). Графическая иллюстрация полученных результатов представлена на рисунках 2, 3, 4, 5 где указаны максимальные граничные для рассматриваемого случая содержания компонентов.

По методике [5], используя программу STATGRAPHICS по изучению смесей (Mixture), получим взаимосвязь исследуемых факторов, где  $Y_1$  – прочность при изгибе, МПа.,  $Y_2$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>.

$$Y_1 = 8,18 \cdot X_1 + 55,11 \cdot X_2 - 0,81 \cdot X_3 - 109,96 \cdot X_1 \cdot X_2 - 9,06 \cdot X_1 \cdot X_3 - 7,56 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (1)$$

$$Y_2 = 501 \cdot X_1 + 1308 \cdot X_2 + 656 \cdot X_3 - 939 \cdot X_1 \cdot X_2 + 208 \cdot X_1 \cdot X_3 + 389 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (2)$$

Для детализации отображения влияния исследуемых компонентов на формирование прочности и получаемой плотности получаемого конгломерата, представим их в прямоугольной системе координат, рисунок 3,5. Так как преобразование производится путем рассечения плоскостью треугольной диаграммы, на графиках представлены координаты точки этой секущей плоскости, отображающей характерные изменения. В таблице 2 приведены значения содержания исследуемых компонентов для принятой смеси.

Таблица 2 – Содержание компонентов для принятой смеси

Наименование факторов	Содержание компонентов для принятой смеси					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1.0
1 Волокно	5	9	13	17	21	25
2 Цемент	30	36	42	48	54	60
3 Вода	35	41	47	53	59	65

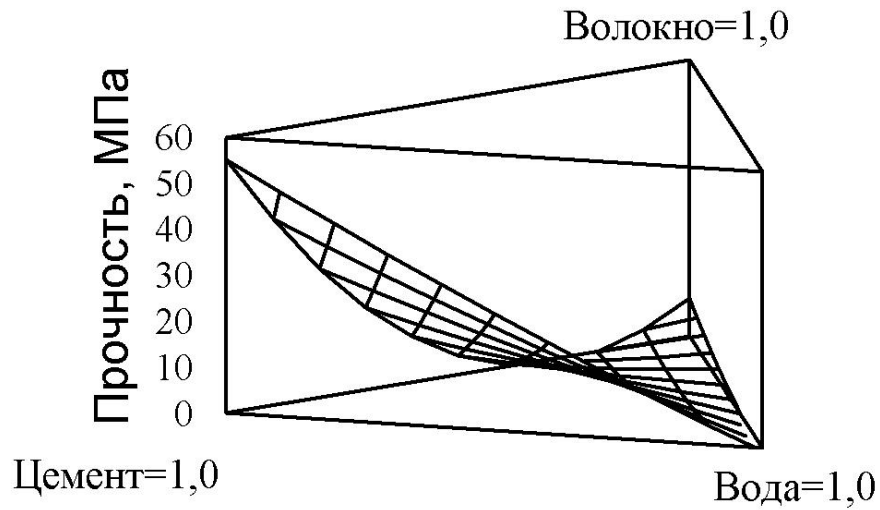


Рисунок 2 – Поверхность прочности для цементно-волокнистого композита

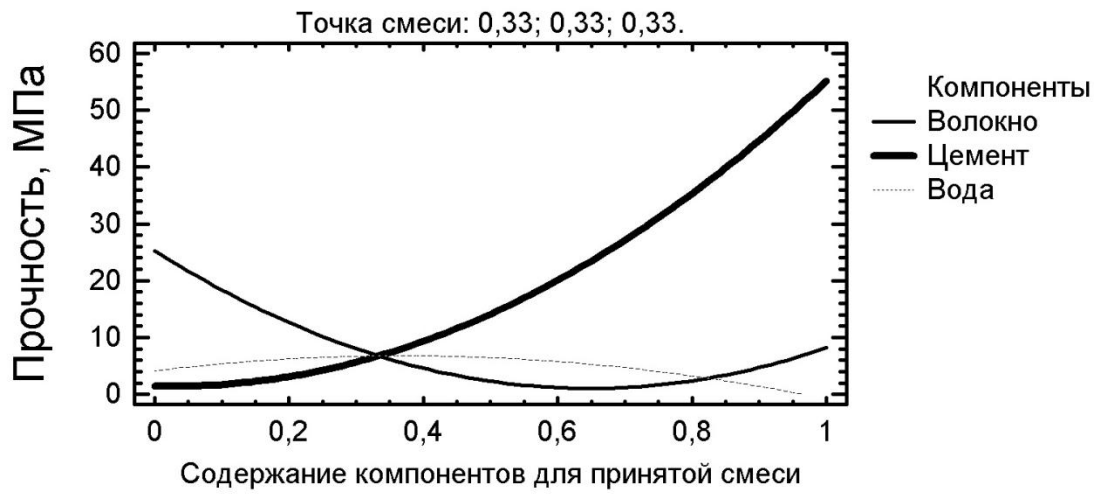


Рисунок 3 – Влияние компонентов на формирование прочности цементно-волокнистого композита

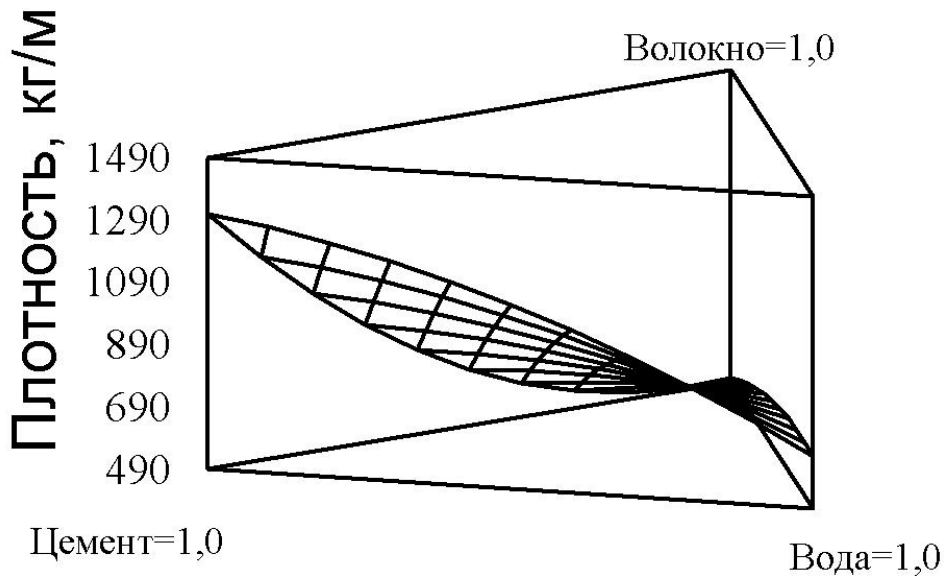


Рисунок 4 – Поверхность плотности для цементно-волоконного композита

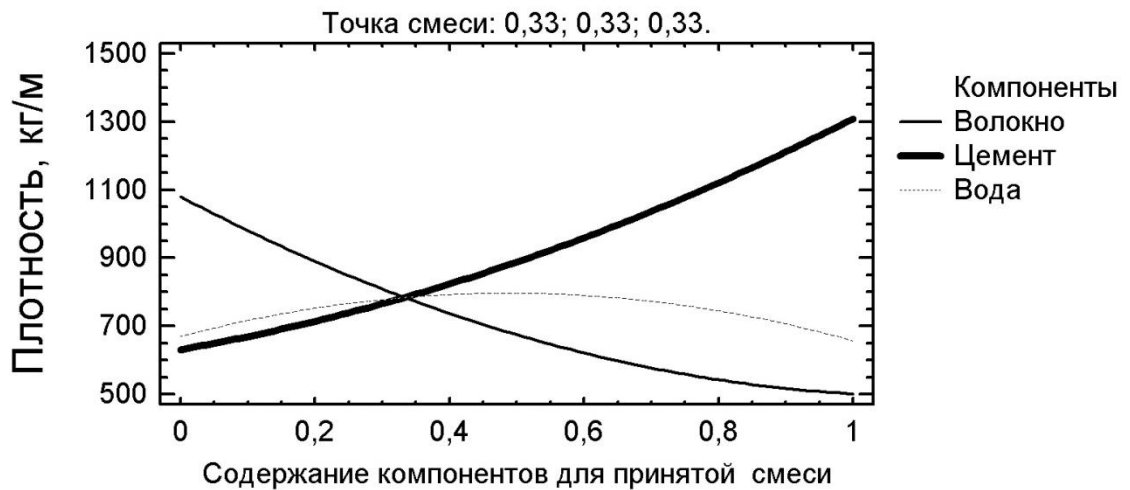


Рисунок 5 - Влияние компонентов на изменение плотности цементно-волоконного композита

Как видим, наблюдается устойчивая связь, с повышением содержания цемента, увеличивается прочность, плотность. Изменение изучаемых свойств, в зависимости от содержания древесного волокна и воды некоторым образом взаимосвязаны.

#### Заключение

1 Согласно ГОСТ 10178 – 85 предел прочности при изгибе цемента марки 400 должен соответствовать значению 5,4 МПа, в случае использования древесного волокна этот показатель увеличивается до 50 МПа. Для формирования прочности на изгиб рассматриваемого конгломерата, волокно является активным заполнителем, т.к. имеется существенное увеличение данного показателя по сравнению с цементом.

2 Наибольшая прочность соответствует содержанию компонентов, %, по массе: цемент – 60; волокно – 5; вода – 35. Что соответствует отношениям по массе компонентов: В/Ц = 0,58; В/Д = 7; Ц/Д = 12. В таблице 3 представлены сопоставимые значения

отношений компонентов для арболита класса В2,5, ЦСП и рассматриваемого цементно-волокнистого композита (ЦВК).

Таблица 3 – Соотношения компонентов для арболита, ЦСП и ЦВК

Материал	Соотношение компонентов		
	Ц/Д	В/Д	В/Ц
Арболит класса В 2,5	1,5	1,66	1,11
ЦСП	3	1,5	0,5
ЦВК	12	7	0,58

3 Наибольшее влияние на формирование прочности, при рассматриваемых условиях, оказывает содержание цемента, затем заполнитель – древесное волокно, затем вода. Эту взаимосвязь можно выразить числами: 55; 8; 1 для прочности и 1300; 500; 660 для плотности.

#### Библиографический список

1. Рыбьев, И. А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ / И. А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 1978. – 309 с.
2. Наназашвили, И. Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции / И.Х. Наназашвили. – М.: Стройиздат, 1990. – 415 с.
3. Влияние соотношения древесной стружки на свойства древесностружечных плит на цементном связующем / Yan Jian-min, Yu You-ming, Bao Bin-fu, Qian Jun, Ye Liang-ming, Ma Ling-fei // Zhejiang linye keji = J. Zhejiang Forest. Sci. and Technol. - 2005. - 25, № 5. - С. 13-16.
4. Руденко, Б. Д. Исследование процесса и разработка технологии цементно-стружечных плит из древесины лиственницы [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05: защищена 17.10.80/ Б. Д. Руденко. – Красноярск, 1980. – 143 с.
5. Дюк, В. Обработка данных на ПК в примерах [Текст] / В. Дюк. – СПб.: Питер, 1997. – 240 с.