

## К ВОПРОСУ О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПРОЧНОСТИ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ

М. И. Кондратьев

В настоящее время широкое распространение в строительстве получило применение гипсоволокнистых листов в качестве как отделочного, так и конструкционного материала [1,2]. Вместе с тем до настоящего времени в нормативных документах [3] отсутствуют какие-либо данные, касающиеся прочностных и упругих характеристик материала. Поэтому целью данных исследований являлось определение прочностных характеристик гипсоволокнистых листов (далее ГВЛ) толщиной 12,5 мм при кратковременном действии нагрузки.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Разработана методика по определению прочностных характеристик ГВЛ (изгиб из плоскости листа, растяжение в плоскости листа);
2. Экспериментально определены прочностные характеристики при изгибе, растяжении.

При разработке методики по определению прочностных характеристик ГВЛ были проанализированы существующие методики по определению аналогичных характеристик для плитных материалов в зависимости от вида напряженного состояния, режимов нагружения, используемого оборудования, средств измерения и приспособлений, позволяющих фиксировать измеряемые значения величин с заданной точностью. Разработанная методика включала в себя обоснование форм образцов, использование необходимого оборудования, изготовление образцов и их подготовку к испытаниям, а также некоторые требования [4].

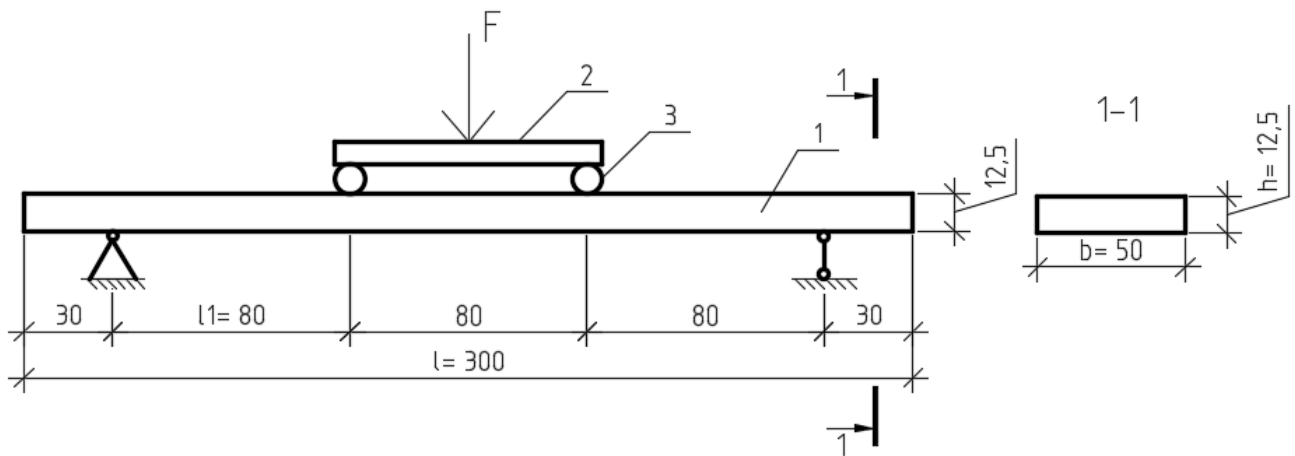
Для нагружения испытываемых образцов по определению прочностных характеристик ГВЛ использовалась испытательная машина Quasar 25, позволяющая контролировать режим нагружения и задавать скорость приложения нагрузки, а также фиксировать деформирование испытываемого образца в процессе нагружения.

Согласно разработанной методике для определения прочностных характеристик при изгибе из плоскости листа изготавливались образцы в форме прямоугольных призм  $L \times b \times h = 300 \times 50 \times 12,5$  мм. Испытания образцов ГВЛ при изгибе из плоскости проводятся по схеме, приведенной на рисунке 1. Всего было изготовлено и испытано 9 образцов, выпиленных вдоль листа и 5 образцов – поперек листа.

Каждый образец помещается в нагружающее устройство на две параллельные опоры диаметром 20 мм и длиной не менее ширины образца, расстояние между центрами опор 240 мм. Нагрузка прикладывается посередине траверсы 2 (рисунок 1).

Образцы загружались возрастающей нагрузкой до полного разрушения.

В процессе нагружения осуществлялась автоматическая запись нагрузки и соответствующих деформаций (прогибов) испытываемых образцов. Все показания записывались в файл испытательной машины. Испытания образцов проводились при температуре окружающего воздуха 200 С и относительной влажности 70%.



1 – испытываемый образец; 2 – траверса; 3 – валики

Рисунок 1 – Схема испытаний образцов ГВЛ при изгибе из плоскости листа

Значения прочности при изгибе ГВЛ из плоскости листа для каждого образца определялись по формуле

$$f_m = \frac{3F_{\max} l_1}{bh^2}, \quad (1)$$

где  $F_{\max}$  — величина нагрузки, при которой произошло разрушение образца, Н;  
 $l_1$  — расстояние от опоры до опоры распределительной балочки мм;  
 $b$  и  $h$  — ширина и высота поперечного сечения образца соответственно, мм.

Результаты испытаний при изгибе из плоскости ГВЛ приведены в таблицах 1 и 2.

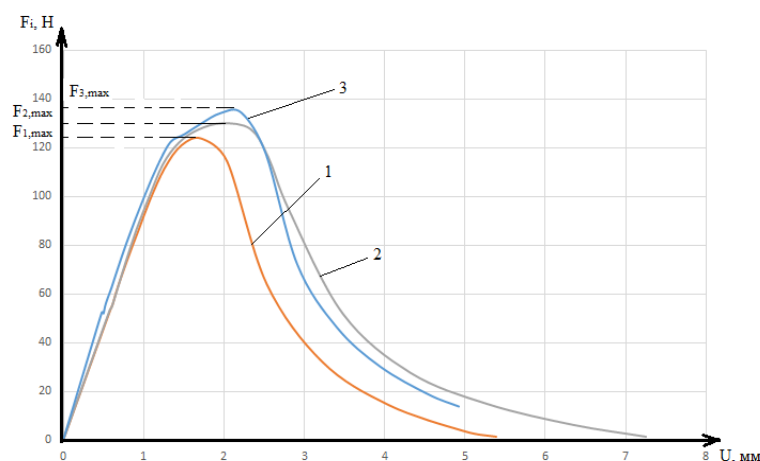
Таблица 1 – Результаты испытаний образцов ГВЛ, вырезанных вдоль листа при изгибе из его плоскости

№ образцов	Размеры поперечного сечения образца $b \times h$ , мм	Расстояние от опоры до точки приложения нагрузки $l_1$ , мм	Момент сопротивления $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ , мм <sup>3</sup>	Значение максимальной (разрушающей) нагрузки $F_{\max}$ , Н	Момент $M = \frac{F_{\max}}{2} \cdot l_1$ , Н*мм	Значение прочности $f_{m,0}$ , МПа	Среднее значение прочности $f_{m,mean}$ , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	56x12,5	80	1458	124,4	4976	3,41	3,56
2	56x12,5	80	1458	130,6	5224	3,58	
3	55x12,5	80	1432	134,4	5376	3,75	
4	55x12,5	80	1432	134,3	5372	3,75	3,56
5	55x12,5	80	1432	116,8	4672	3,26	
6	57x12,5	80	1484	116,2	4648	3,13	
7	54x12,5	80	1406	124,1	4964	3,53	
8	53x12,5	80	1380	130,3	5212	3,78	
9	53x12,5	80	1380	132,7	5308	3,85	

Таблица 2 – Результаты испытаний ГВЛ, вырезанные поперёк листа при изгибе из его плоскости

№ образцов	Размеры поперечного сечения образца $b \times h$ , мм	Расстояние от опоры до точки приложения нагрузки $l_1$ , мм	Момент сопротивления $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ , мм <sup>3</sup>	Значение максимальной (разрушающей) нагрузки $F_{\max}$ , Н	Момент $M = \frac{F_{\max}}{2}$ , Н*мм	Значение прочности $f_{m,90}$ , МПа	Среднее значение прочности $f_{m,mean}$ , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
1	55x12,5	80	1432	150,3	6012	4,20	4,17
2	55x12,5	80	1432	147,5	5900	4,12	
3	52x12,5	80	1354	139,2	5568	4,11	
4	53x12,5	80	1380	144,1	5764	4,18	
5	51x12,5	80	1328	140,8	5632	4,24	

По полученным данным были построены диаграммы деформирования образцов ГВЛ при изгибе из его плоскости. Некоторые диаграммы деформирования образцов приведены на рисунке 2, анализируя которые, можно отметить линейный (упругий) характер работы материала образцов при заданном режиме нагружения.



1 – для образца № 1; 2 – для образца № 2; 3 – для образца № 3

Рисунок 2 – Диаграмма деформирования образцов ГВЛ при изгибе из его плоскости

В процессе испытаний разрушение образцов имело хрупкий характер и происходило в результате разрыва ГВЛ в зоне действия максимального момента.

На основании испытаний было установлено, что образцы, вырезанные вдоль листа, при их изгибе из плоскости имеют меньшую прочность, чем образцы, вырезанные поперёк листа. Разрушение образцов происходило примерно по центру.

Для определения прочностных характеристик ГВЛ при растяжении в плоскости листа, в соответствии с разработанной методикой, было изготовлено и испытано 8 образцов, вырезанных вдоль листа, и 5 образцов – поперёк листа (рисунок 3).

Прочность при растяжении ГВЛ в плоскости листа определяется по формуле

$$f_t = \frac{F_{\max}}{bh}, \quad (2)$$

где  $F_{\max}$  — сила нагружения, действующая на образец в момент разрушения, Н;  $b$  и  $h$  — ширина и высота поперечного сечения образца, соответственно, мм.

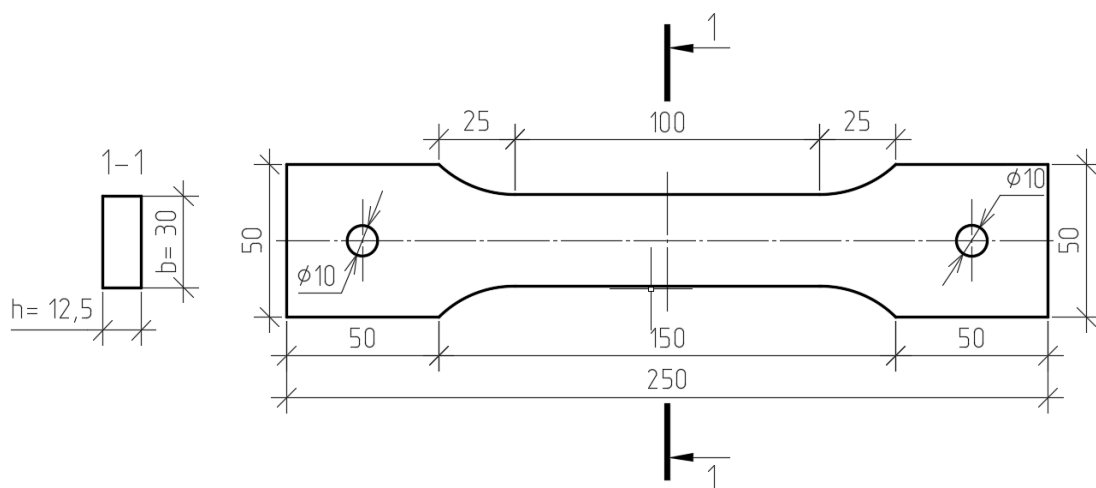


Рисунок 3 – Геометрические параметры образцов ГВЛ при испытании на действие растягивающего усилия

Результаты проведения испытаний при растяжении в плоскости ГВЛ приведены в таблицах 3 и 4.

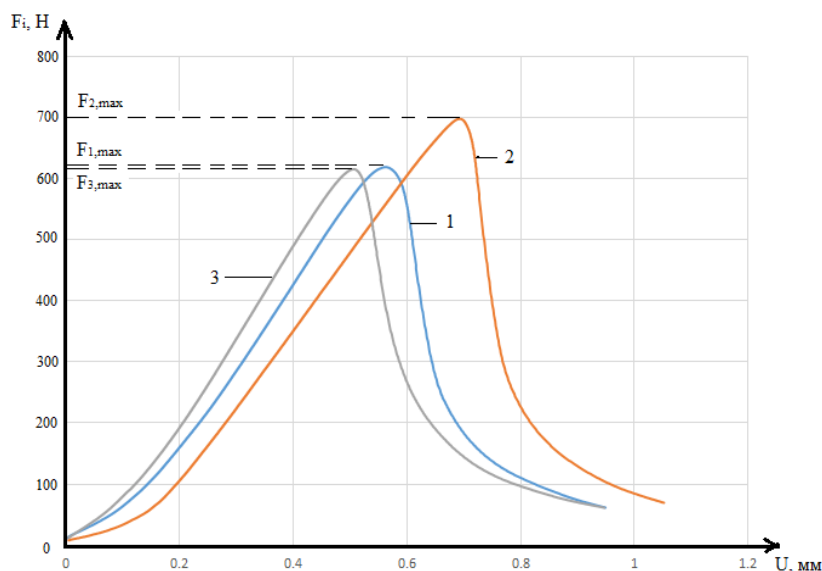
Таблица 3 – Результаты испытаний образцов ГВЛ, вырезанные вдоль листа при растяжении в его плоскости

Образец №	Значение максимальной (разрушающей) нагрузки $F_{max}$ , Н	Размеры поперечного сечения образца $b \times h$ , мм	Значение прочности при растяжении $f_{t,0}$ , МПа	Среднее значение прочности при растяжении $f_{t,i,mean}$ , МПа
1	2	3	4	5
1	870	35x12,5	1,99	1,68
2	665	35x12,5	1,52	
3	703	31x12,5	1,81	1,68
4	698	36,5x12,5	1,53	
5	817	35x12,5	1,87	
6	643	31x12,5	1,66	
7	619	31,5x12,5	1,57	
8	615	33x12,5	1,49	

Таблица 4 – Результаты испытаний образцов ГВЛ, вырезанные поперёк листа при растяжении в его плоскости

Образец №	Значение максимальной (разрушающей) нагрузки $F_{max}$ , Н	Размеры поперечного сечения образца $b \times h$ , мм	Значение прочности при растяжении $f_{t,90}$ , МПа	Среднее значение прочности при растяжении $f_{t,i,mean}$ , МПа
1	2	3	4	5
1	678	30x12,5	1,81	1,71
2	752	34x12,5	1,77	
3	696	36x12,5	1,55	
4	776	35x12,5	1,77	
5	750	36x12,5	1,67	

Диаграммы деформирования при растяжении в плоскости для некоторых образцов ГВЛ представлены на рисунке 3.



1 – для образца № 1; 2 – для образца № 2; 3 – для образца № 3  
 Рисунок 3 – Диаграммы деформирования образцов ГВЛ при растяжении в их плоскости

Характеристические значения прочности ГВЛ определялись в соответствии с требованиями [5].

Согласно [5] характеристическое значение прочности  $f_{m(t),k}$  определялось по формуле

$$f_{m(t),k} = \exp(\overline{f_{m(t)}} - k_s \cdot s_f) \quad (3)$$

$\overline{f_{m(t)}}$  – логарифм от среднего значения прочности ГВЛ, Мпа:

$$\overline{f_{m(t)}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln f_{m(t)} \quad (4)$$

$s_f$  – стандартное отклонение, Мпа.

$$s_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln f_{m(t)} - \overline{f_{m(t)}})^2} \quad (5)$$

Коэффициент  $k_s$  – коэффициент, учитывающий ограниченность выборки и определяемый по таблице 5 [5] в зависимости от количества испытанных образцов, промежуточные значения определялись путём интерполяции.

Таблица 5 – Значение коэффициента  $k_s$  [5]

Количество образцов	$k_s$
3	3,15
5	2,46
10	2,10
15	1,99
20	1,93
30	1,87

Характеристические значения прочности ГВЛ при изгибе из плоскости листа представлены в таблице 6 и 7.

Таблица 6 – Характеристические значения прочности образцов ГВЛ, вырезанных вдоль листа, при изгибе из его плоскости

№ образца	Значение прочности при изгибе $f_{m,0}$ , МПа	Коэффициент $k_s$	Логарифм среднего значения прочности $\bar{f}_m$ , МПа	Стандартное отклонение $S_f$ , МПа	Характеристическое значение прочности $f_{m,k}$ , МПа
1	2	3	4	5	6
1	3,41	2,172	1,268	0,072	3,041
2	3,58				
3	3,75				
4	3,75				
5	3,26				
6	3,13				
7	3,53				
8	3,78				
9	3,85				

Таблица 7 – Характеристические значения прочности образцов ГВЛ, вырезанных поперёк листа, при изгибе из его плоскости

№ образца	Значение прочности при изгибе $f_{m,0}$ , МПа	Коэффициент $k_s$	Логарифм среднего значения прочности $\bar{f}_m$ , МПа	Стандартное отклонение $S_f$ , МПа	Характеристическое значение прочности $f_{m,k}$ , МПа
1	2	3	4	5	6
1	4,20	2,46	1,428	0,013	4,038
2	4,12				
3	4,11				
4	4,18				
5	4,24				

Характеристические значения прочности ГВЛ при растяжении в плоскости листа представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Характеристические значения прочности образцов ГВЛ, вырезанных вдоль листа, при растяжении в его плоскости

№ образца	Значение прочности при растяжении $f_{t,0}$ , МПа	Коэффициент $k_s$	Логарифм среднего значения прочности $\bar{f}_t$ , МПа	Стандартное отклонение $S_f$ , МПа	Характеристическое значение прочности $f_{t,k}$ , МПа
1	1,99	2,244	0,514	0,109	1,31
2	1,52				
3	1,81				
4	1,53				
5	1,87				
6	1,66				
7	1,57				
8	1,49				

Таблица 9 – Характеристические значения прочности образцов ГВЛ, вырезанных поперёк листа, при растяжении в его плоскости

№ образца	Значение прочности при растяжении $f_{t,90}$ , МПа	Коэффициент $k_s$	Логарифм среднего значения прочности $\bar{f}_t$ , МПа	Стандартное отклонение $S_f$ , МПа	Характеристическое значение прочности $f_{t,k}$ , МПа
1	1,81	2,46	0,537	0,063	1,47
2	1,77				
3	1,55				
4	1,77				
5	1,67				

В результате проведенных исследований установлено:

- при изгибе образцов ГВЛ из плоскости листа на четырёхточечный изгиб материал образца работал линейно вплоть до его разрушения, прочностные характеристики вдоль листа  $f_{m,mean} = 3,56$  МПа,  $f_{m,k} = 3,041$  МПа, поперёк листа –  $f_{m,mean} = 4,17$  МПа,  $f_{m,k} = 4,038$  МПа;

- при растяжении образцов ГВЛ в плоскости листа материал образца работал линейно вплоть до его разрушения, прочностные характеристики вдоль листа  $f_{m,mean} = 3,56$  МПа,  $f_{t,k} = 1,31$  МПа, поперёк листа –  $f_{t,mean} = 1,71$  МПа и  $f_{t,k} = 1,47$  МПа;

- значения прочности ГВЛ зависят от ориентации прикладываемого усилия по отношению к продольной (главной) оси листа.

#### Список использованных источников

1. Листы гипсоволокнистые. Технические условия: ГОСТ Р 51829-2001. – 26 с.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masterim.guru/strojmaterialy/gipsovoloknistyj-list-karakteristiki/>
3. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1995-1-1-2009. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 98 с.
4. Плиты гипсовые, армированные волокном определение, требования и методы испытания. Часть 2. Гипсоволокнистые плиты: СТБ EN – 15283-2-2009. – 89 с.
5. Конструкции деревянные. Расчёт значений характеристик 5 – персентилля и критериев приемлемости образца: СТБ EN – 14358 – 2009. – 16 с.