

**Рисунок 3 – Изохроны доступности радиусом 250 и 500 м после изменений в организации движения автобусов и троллейбусов**

В ходе обследования центральной части города выяснилось, что не все расстояния соответствуют нормативной дальности подхода к остановочным пунктам ГПТ. Для решения этих проблем необходимо прибегнуть к изменению схемы движения автобусного и троллейбусного транспорта в городе, добавить новые остановочные пункты.

#### **Список цитированных источников**

1. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.03.227-2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011. – 46 с.
2. Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки: ТКП 45-3.01.116-2008. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 64 с.
3. Проектирование сетей городского пассажирского транспорта: ПЗ-01 к СНБ 3.03.02-97. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2002. – 63 с.
4. Ставничий, Ю.А. Транспортные системы городов. – М.: Стройиздат, 1990 – 224 с.
5. Бакутис, В.Э. Городские улицы, дороги и транспорт / В.Э. Бакутис, Е.В. Овечников. – М.: Высшая школа, 1971. – 258 с.
6. Леончик, В.П. Города Беларуси на пути к устойчивой мобильности: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://novopolotsk.by> – Дата доступа: 13.03.2020.

УДК 691.311:539.412

**Кондратьев М. И.**

**Научный руководитель: д.т.н. Найчук А. Я.**

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ**

**Введение.** В последнее время при строительстве зданий и сооружений все больше находят применение новые материалы и конструкции, позволяющие значительно сократить сроки строительства, свести до минимума «мок-

рые» процессы при выполнении отделочных работ помещений здания и конструкций, повысить качество строительства и надёжность зданий и сооружений. Одним из таких современных материалов являются гипсоволокнистые листы (ГВЛ), которые используются как в качестве отделочного, так и конструкционного строительного материала. ГВЛ представляет собой композитный материал, получаемый путем прессования смеси из строительного гипса и волокон распущенной целлюлозы (15-20%), получаемой преимущественно из макулатуры [1]. До настоящего времени в наших и зарубежных нормативных документах [1,2] отсутствуют какие-либо данные, касающиеся прочностных и упругих характеристик данного материала. Поэтому обеспечение достаточной несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкций с элементами из ГВЛ в течение заданного периода эксплуатации является актуальной задачей. Следует отметить, что основными показателями, определяющими изменение несущей способности элементов конструкций из гипсоволокнистых листов в процессе эксплуатации, являются начальная и длительная их прочность. Что же касается исследований в данной области, то, здесь практически отсутствуют такие данные. Имеются лишь отдельные примеры, где приводятся некоторые значения коэффициентов приведения, позволяющих учитывать изменение длительной прочности материалов на основе гипса, но не ГВЛ.

Как показывает практика эксплуатации конструкций с элементами ГВЛ, они не всегда удовлетворяют требованиям как эксплуатационной пригодности, так и несущей способности. Причинами отказов являются также нарушение условий эксплуатации и неучет изменения прочностных и упругих характеристик во времени от действия нагрузок при выполнении проверок надёжности элемента по несущей способности и эксплуатационной пригодности.

Целью данных исследований являлась разработка методики по определению длительной прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- выбор и обоснование форм и размеров образцов ГВЛ для определения прочности при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа от действия кратковременной нагрузки;
- разработка методики по определению длительной прочности ГВЛ при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа.

### **1. Методика определения прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа от действия кратковременной нагрузки**

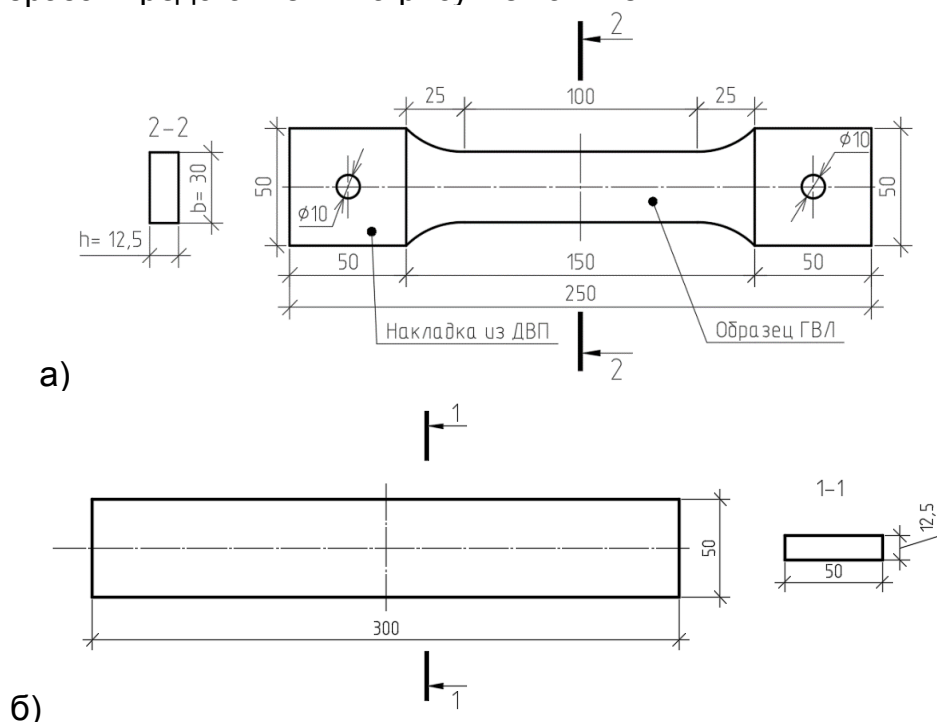
При разработке методики по определению прочности ГВЛ были проанализированы существующие методики по определению аналогичных характеристик для плитных материалов, вид напряженного состояния, структура и точность измеряемых величин. Данные вопросы являлись определяющими при выборе режимов нагружения, оборудования, средств измерения и приспособлений, позволяющих фиксировать измеряемые значения величин с заданной точностью. Разработанная методика включала в себя обоснование форм образцов, оборудования, изготовление образцов и их подготовку к испытаниям, а также некоторые требования [3].

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

При выборе формы образца выполнялись предварительные испытания различных по форме образцов (прямоугольной призмы и формы в виде «лопаток»).

В результате предварительных испытаний было установлено, что для определения прочности ГВЛ при растяжении должны быть использованы образцы в форме «лопаток». Для предотвращения разрушения в местах анкеровки было принято решение по их усилению с использованием накладок из ДВП размерами 50x50 мм наклеенные на боковые поверхности. Параметры испытываемых образцов и продолжительность испытаний должны удовлетворять следующим условиям: длина рабочей зоны  $l_{ef} = 100$  мм; ширина поперечного сечения  $b_{ef} = 30$  мм; отношение ширины рабочей зоны  $b_{ef}$  к ширине сечения  $b$  в зоне захватов образца – не менее 1.5; отношение длины рабочей зоны  $l_{ef}$  к общей длине  $l$  образца – не менее 4, радиус закругления в зоне изменения ширины образца  $r \geq 50$  мм; продолжительность испытаний не должна превышать 120 с. Геометрическая форма и размеры образца представлены на рисунке 1а.

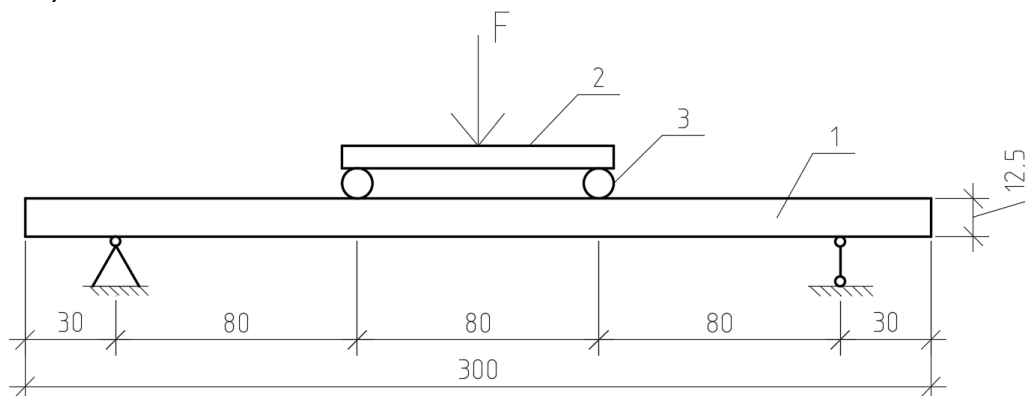
При предварительных испытаниях по определению прочности образцов ГВЛ при изгибе из плоскости листа были изготовлены образцы размерами 500x50 мм. Во время проведения испытаний было установлено, что образцы воспринимают незначительную нагрузку. В связи с очень малым значением разрушающей нагрузки для указанных выше размеров образцов были приняты размеры образцов 300x50 мм (рис. 1б). Образцы для испытаний изготавливаются из гипсоволокнистых листов и нагружаются возрастающей нагрузкой до их полного разрушения. При нагружении образцов измерится их деформация. Геометрическая форма и размеры образцов представлены на рисунке 1а и 1б.



**Рисунок 1 – Геометрические параметры образцов ГВЛ а) при испытании на действие растягивающего усилия б) при изгибе из плоскости листа**

Прочность образцов ГВЛ при изгибе из плоскости листа определяют по методу четырёхточечного изгиба. В качестве установки для создания четырёхточечного нагружения используется приспособление, изготовленное из стальной балочки квадратного сечения, на которой по краям располагаются шарниры (валики) таким образом, чтобы один из них служил подвижной опорой, второй – неподвижной. Радиус цилиндров –  $15 \pm 0,5$  мм.

Нагрузка на образец передается через приспособление на которое устанавливается образец меньшего пролета чем пролет испытываемого образца. Длина опор и ножа должна быть не менее ширины образца. На опорах установки должны быть нанесены риски для установки образцов по центру опор (рисунок 2).



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

**Рисунок 2 – Схема испытаний образцов ГВЛ при изгибе из плоскости листа**

Прочность при растяжении ГВЛ в плоскости листа определяют по формуле:

$$f_t = \frac{F_{\max}}{bh}, \quad (1)$$

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

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

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

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

## **2. Методика определения длительной прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости**

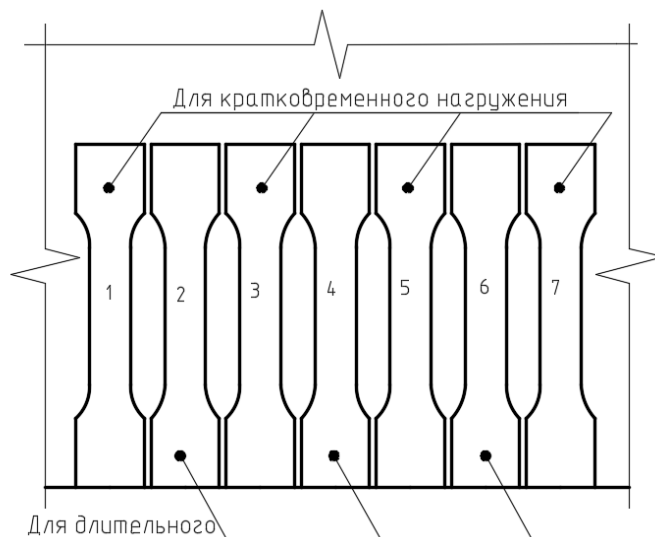
При разработке методики по определению длительной прочности ГВЛ были проанализированы существующие методики определения аналогичных характеристик для плитных материалов, вид напряженного состояния, структура и точность измеряемых величин.

Следует отметить, что в данных исследованиях рассматривается изменение длительной прочности и модуля упругости только при действии постоян-

ной нагрузки (напряжений). Вопрос сочетания нагрузок, т. е. комбинации нагрузок и их комбинации разной продолжительности, не рассматривается.

Формы и размеры образцов для испытания по определению длительной прочности ГВЛ принимаются аналогичными, как при определении прочности при кратковременном действии нагрузки.

Изготовленные для испытаний образцы должны храниться в помещении с относительной влажностью воздуха  $65\% \pm 5\%$  в течение суток. Учитывая значительный разброс значений прочности отдельных образцов, было принято решение выпиливать образцы по схеме (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Схема выпиливания образцов ГВЛ**

Из общего числа образцов, выпиливаемых из листа, 12 предназначались для длительных испытаний по определению длительной прочности  $f_{t,mean}(T)$ , и 3 образца использовались как контрольные для учета изменения деформаций при изменении температурно-влажностного режима окружающей среды в процессе проведения длительных испытаний. Данные результаты должны учитываться при вычислении исследуемых прочностных и упругих характеристик материала образцов.

Перед испытаниями для каждого образца определялись влажность, выполнялись измерения размеров, осуществляется их кондиционирование (выдержка в стандартных температурно-влажностных условиях). Все измерения проводятся после кондиционирования испытываемых образцов. Кондиционирование образцов проводилось при стандартной температуре окружающей среды ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) и относительной влажности ( $65 \pm 5\%$ ).

В процессе испытаний образцов осуществлялось измерение их деформаций по направлению прикладываемой нагрузки и фиксируется продолжительность (время) испытаний. Деформации образцов под нагрузкой измеряются механическим способом как с использованием индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм, так и электронного штангенциркуля между маркерами, установленными на границах рабочей зоны. Крепление маркеров к граням образцов осуществлялось с использованием эпоксидного клея.

**Выводы:** В качестве образцов для определения кратковременной и длительной прочности при растяжении в плоскости листа использовались образцы в форме «лопаток» и при изгибе из плоскости листа в форме прямоугольных призм размерами  $L \times b \times h = 300 \times 50 \times 12,5$  мм.

### **Список цитированных источников**

1. Листы гипсоволокнистые. Технические условия: ГОСТ Р 51829-2001. – 26 с.
2. 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.
3. Плиты гипсовые, армированные волокном определение, требования и методы испытания. Часть 2. Гипсоволокнистые плиты: СТБ EN – 15283-2-2009. – 89 с.

УДК 691.311:539.412

*Кондратьев М. И.*

*Научный руководитель: д.т.н. Найчук А. Я.*

## **НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ**

**Введение.** Определение характеристик ползучести и прочности является важной задачей, решение которой позволит учитывать происходящие процессы при расчете элементов конструкций, в которых используются гипсоволокнистые листы (ГВЛ). Кроме того, это позволит повысить надежность проектируемых конструкций и, как результат, сократить экономические потери на их восстановление. Для исследования вышеуказанных процессов и определения их характеристик должны быть проведены экспериментальные исследования образцов по определенным методикам. Любая разрабатываемая методика или принятая из существующих должна позволять с достаточной достоверностью определить необходимые характеристики, характеризующие происходящий процесс. Применительно к ГВЛ в качестве характеристики изменения длительной прочности мог бы быть принят в качестве корректирующей коэффициент  $k_{mod}$  к характеристическим значениям прочности, как это принято в [1]. Что же касается изменения упругих характеристик при длительном действии нагрузки, то в качестве корректирующего коэффициента к характеристическим значениям может быть использован коэффициент ползучести  $k_{def}$ . Значения коэффициентов  $k_{mod}$ ,  $k_{def}$  могут быть получены путём испытаний образцов ГВЛ при длительном действии нагрузки.

Поэтому целью данных исследований было экспериментальное определение длительной прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа, а также изменения упругих характеристик.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- провести испытания по определению кратковременной и длительной прочности ГВЛ при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости листа;
- выполнить обработку результатов, полученных при испытании образцов ГВЛ.

### **1. Результаты определения прочности гипсоволокнистых листов при растяжении в плоскости и изгибе из плоскости от действия кратковременной нагрузки**

Для нагружения испытываемых образцов по определению прочностных характеристик ГВЛ использовалась испытательная машина Quasar 25, позволяющая контролировать жёсткий режим нагружения и задавать скорость прило-