

# Влияние низких отрицательных температур на механические свойства LVL

Выполнил:

Студент Трунина Юлия Валерьевна

YUVTrunina@yandex.ru

Научный руководитель:

к.т.н., доцент КМДК

Коваль Павел Сергеевич

pkoval@lan.spbgasu.ru

Аннотация: Как свидетельствуют результаты различных исследований, прочностные и упругие свойства древесины и материалов на её основе обратно пропорционально зависят от температуры. Это позволяет использовать их в северных регионах. Однако погодные условия всегда не постоянны, что приводит к температурным колебаниям в окружающей среде и в материале. Для определения прочности и модуля упругости при постоянно изменяющейся температуре от -70 °С, -35 °С и 0 °С до 20 °С были испытаны образцы LVL на сжатие вдоль и поперек волокон. Результаты эксперимента показали увеличение прочности до 25% и модуля упругости до 80%. Деформации материала с понижением температуры замораживания в зависимости от угла приложения нагрузки изменялись по-разному. Вдоль волокон деформации росли, поперек – уменьшались.

Ключевые слова: прочность, деформации, модуль упругости, анизотропия, отрицательные температуры, LVL.

## Введение

Климатические условия местности, на которой располагается объект строительства, напрямую влияют на конструкции зданий и сооружений. При этом, такие воздействия имеют переменный и случайный характер, тяжело поддающиеся прогнозу. В случае северных регионов, где ветра могут достигать очень высоких скоростей и создавать риск долгосрочного старения и разрушения сооружений, а также способствовать накоплению снега в больших количествах и приводить к повышению нагрузок на здания, температурные колебания могут оказать значительное влияние на механические свойства материала и, соответственно, на безопасность возведённой конструкции.

Многие исследования подтверждают связь прочностных свойств древесины и температуры. Одними из первых, кто выявил увеличение её прочности при снижении температур, были Бойко М.Д., Елхин А.Н., Фоломин А.И., Панфилов В.С., Kollmann Fr., Thunell В. И Vorreiter L. При рассмотрении разных пород древесины, напряжённо-деформированного состояния и диапазонов температур авторами работ отмечались изменения прочностных и упругих характеристик материала.

В реальных условиях в конструкции возникает процесс переноса теплоты и влаги в силу погодной изменчивости. LVL, как материал на основе древесины, чувствителен к таким колебаниям, причём в разных направлениях ортотропии с разной степенью. Целью работы является установление зависимостей прочности и модуля упругости LVL при сжатии вдоль волокон и поперек в двух перпендикулярных направлениях от непостоянных низких отрицательных температур.

## Метод

На рисунке 1 представлены испытываемые на сжатие образцы размерами 65x65x65 мм. По результатам пробных испытаний по определению предела прочности LVL, проведенных ранее, был определен коэффициент вариации, который составил для сжатия вдоль волокон и поперек в плоскости листа шпона 7% и для сжатия поперек из плоскости листа шпона - 6%.

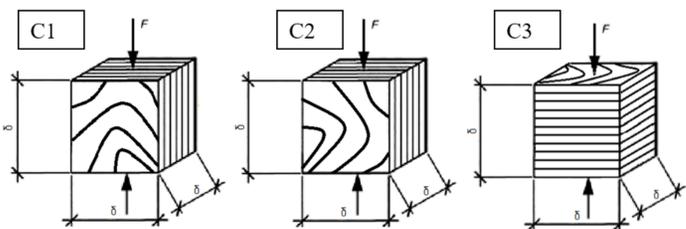


Рисунок 1—Размерная схема испытаний образца при сжатии в поперечном, тангенциальном и радиальном направлениях

Были выбраны три температуры замораживания: -70 °С, -35 °С, 0 °С. Изменение скорости нагружения было выполнено с целью увеличения и уменьшения времени испытания, чтобы влияние процесса оттаивания отображалось в большей степени. Принятые скорости нагружения – 0,2 мм/мин, 2 мм/мин и 20 мм/мин. Влажность, материал образцов, их толщина оставались без изменений. Всего испытано 252 шт.

Испытания LVL проходили в нормальных условиях, что способствовало оттаиванию образцов в ходе эксперимента, и, соответственно, изменению температуры образцов с течением времени. Математическое описание временного изменения температуры осложняется особенностью материала. LVL присуще анизотропия теплопроводных свойств, соответственно температура в образце будет изменяться с разной скоростью в зависимости от направления волокон и слоёв. Поэтому определение температурно-временной зависимости с целью её учёта выполнено экспериментальным методом.

## Результаты

Согласно результатам измерений образцов при оттаивании на воздухе и оттаивании в ходе испытаний разница температур была незначительной. Температурным воздействием машины и механической энергией, преобразовываемая в тепловую в процессе разрушения можно пренебречь. На рисунке 2 представлены результаты измерений температуры образцов до полного их оттаивания.

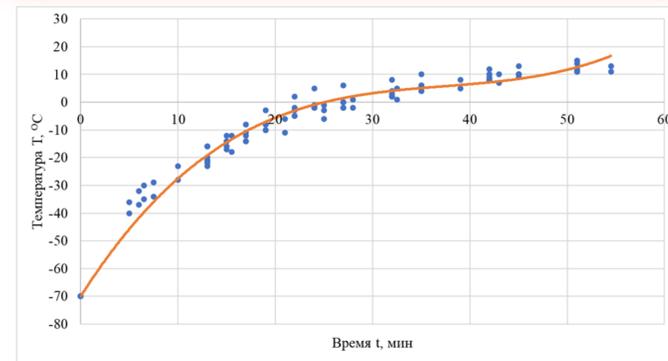


Рисунок 2—Зависимость температуры оттаивания образца от времени

На основании результатов измерений была принята модель оттаивания образцов. Допущения модели:

- 1) значения, полученные при измерении, были усреднены по всем точкам объема без учета возможных неоднородностей и различий в свойствах материала;
- 2) диссипация энергии отсутствует;
- 3) линейные размеры и объем образцов постоянны;

4) изменение упругих свойств при оттаивании не оказывает влияния на общий характер зависимости напряжений от деформаций.

Ограничением модели является временной интервал от 0 до 50 минут. Представленную зависимость с учётом перехода от градусов Цельсия к Кельвина можно выразить полиномиальной функцией третьей степени:

$$T(t) = at^3 - bt^2 + ct + d. \quad (1)$$

где a = 0,0014; b = 0,1486; c = 5,636; d = 203.

На рисунке 3 представлены фотографии образцов после испытаний.

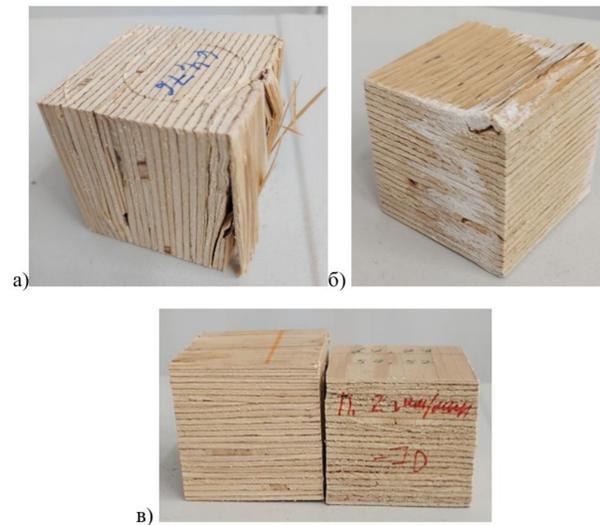


Рисунок 3—Образцы после разрушения при испытаниях со скоростью нагружения 20 мм/мин а) в продольном, б) в тангенциальном и в) в радиальном направлении (справа)

Результаты испытаний подтвердили влияние температуры на прочностные и упругие свойства материала. С понижением температуры заморозки образцов повышались прочность при сжатии, а также увеличивались значения модуля упругости.

## Обсуждение результатов

Изменения модуля упругости и прочности в зависимости от температуры и скорости нагружения отображены на рисунках 4 и 5 для испытаний на сжатие вдоль волокон. Изменение модуля упругости можно описать линейным уравнением. Экспериментальные данные прочности представлены в виде поверхности, которая обладает силуэтом седловой поверхности. Уравнение зависимости кратковременной прочности при сжатии, имеет вид:

$$R = K_1 T^2 + K_2 W^2 + K_3 TW + K_4 T + K_5 W + K_6 T, \quad (2)$$

где  $K_1 = 0,004$ ;  $K_2 = -1,193$ ;  $K_3 = -0,031$ ;  $K_4 = 0,254$ ;  $K_5 = 5,172$ ;  $K_6 = 38,413$ .

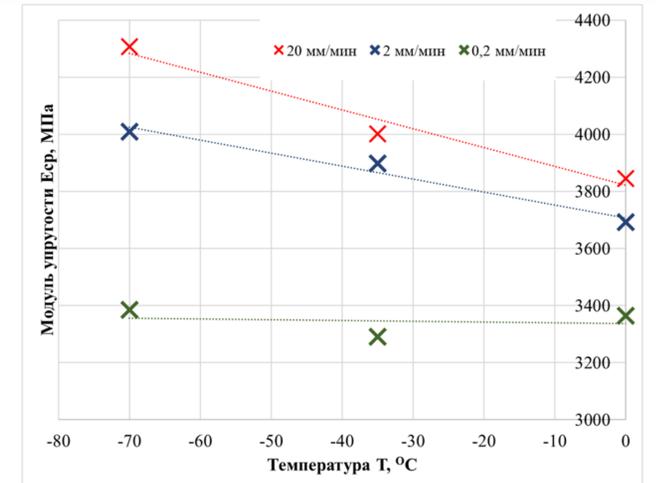


Рисунок 4—Зависимость модуля упругости от температуры при сжатии вдоль волокон

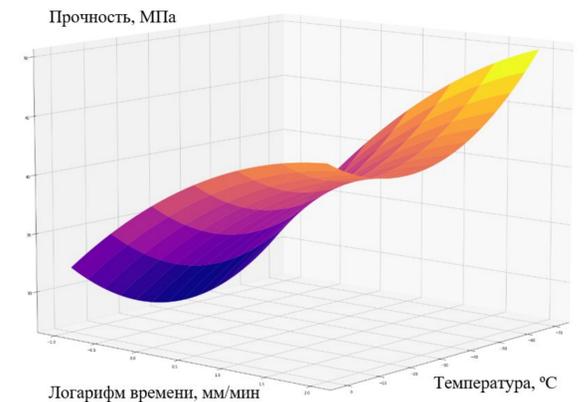


Рисунок 5—Зависимость кратковременной прочности от температуры и времени испытания при сжатии вдоль волокон

Уравнения имеют хорошую сходимость – коэффициент детерминации  $R^2$  не ниже 0,88.

## Выводы

1. Результаты проведенных испытаний подтверждают зависимость прочностных и упругих характеристик от температуры.
2. В случае нагружения вдоль волокон скоростью 2 мм/мин прочность при -70, -35 и 0° С равнялась 45,629; 36,315 и 41,383 МПа, соответственно. Деформации – 1,767; 2,132; 1,645 мм. Модуль упругости – 4010,2; 3897,4; 3692,3 МПа.