

## ОБ УПРУГО - ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ФАНЕРЫ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

Житушкин Валентин Григорьевич  
канд.техн.наук, доцент  
РФ, г. Краснодар

**Аннотация.** Рассматривается вопрос упругости и ползучести фанеры из древесины березы и осины. Делаются выводы, что регион произрастания дерева, из древесины которого изготовлена фанера, влияет на её модуль упругости и сдвига, а ползучесть зависит от направления ( напряжений), по отношению к волокнам наружных слоев материала.

**Ключевые слова:** модуль упругости, сдвига, характеристика ползучести, порода древесины, регион.

В практике строительства находит применение фанера лиственных пород однородная и комбинированная. При этом фанера клееная березовая относится к строительной [ 5, 6 ], а других пород древесины - общего назначения [ 1 ].

Упругие характеристики березовой фанеры приведены в [ 5, 6 ] как усредненные без учета региона произрастания растения, а данных для фанеры общего назначения автором не найдено.

Сокращающиеся запасы лесов требуют рационального использования древесины, в том числе и фанеры. Одним из путей этого является уточнение механических свойств фанеры строительной и общего назначения.

В настоящем излагаются результаты теоретических исследований по определению модуля упругости и сдвига фанеры из древесины лиственных пород : березы и осины, произраставших в разных регионах страны.

Модуль упругости фанеры определялся исходя из формулы (11.3) [ 4 ] :  
вдоль волокон наружных шпонов

$$E_{\phi} = ( 1 / 2n ) [ ( E + E^{\perp} ) n + ( E - E^{\perp} ) ] ; \quad ( 1 )$$

- поперек волокон наружных слоев

$$E_{\phi}^{\perp} = ( 1 / 2n ) [ ( E + E^{\perp} ) n - ( E - E^{\perp} ) ] , \quad ( 2 )$$

где  $n$  – число шпонов (слоев) фанеры;

$E, E^{\perp}$  - модуль упругости древесины шпона соответственно вдоль и поперек волокон, принимаемый в соответствии с [ 2 ] .

Модуль упругости под углом  $45^{\circ}$  к направлению волокон шпонов ( $E_{\phi 45}$ ) находился из формулы (11.4) [ 4 ] , которая после преобразований имеет вид

$$E_{\phi 45} = 4 E_{\phi} / ( 17 + E_{\phi} / E_{\phi}^{\perp} ) , \quad ( 3 )$$

где  $G_{\phi}$  – модуль сдвига фанеры вдоль волокон наружных слоев.

$$\text{При } G_{\phi} = E_{\phi} / 16 E_{\phi 45} = 4E_{\phi} / ( 17 + E_{\phi} / E_{\phi}^{\perp} ) \quad ( 3a )$$

Модуль сдвига под углом  $45^{\circ}$  к волокнам наружных слоев вычислялся по формуле (11.11) [ 4 ]

$$G_{\phi 45} = E_{\phi} E_{\phi}^{\perp} / ( E_{\phi} + E_{\phi}^{\perp} ) \quad ( 4 )$$

Модуль упругости при изгибе из плоскости листа определялся по формуле (11.21), имеющей в нашем случае следующий вид:

- вдоль волокон наружных слоев

$$E_{\phi n} = ( 1 / 2n^3 ) [ ( E + E^{\perp} ) n^3 + ( E - E^{\perp} ) ( 3n^2 - 2 ) ] ; \quad ( 5 )$$

- поперек волокон наружных слоев

$$E_{\phi n}^{\perp} = ( 1 / 2n^3 ) [ ( E + E^{\perp} ) n^3 - ( E - E^{\perp} ) ( 3n^2 - 2 ) ] , \quad ( 6 )$$

где  $n, E, E^{\perp}$  - в соответствии с формулами ( 1 ) и ( 2 ).

Модуль упругости при изгибе из плоскости листа под углом  $45^{\circ}$  к волокнам слоев находился исходя из положений формулы ( 3a ) с учетом напряженного состояния фанерного листа

$$E_{\phi n 45} = 4E_{\phi n} / ( 1 + E_{\phi n} / E_{\phi n}^{\perp} + E_{\phi n} / G_{\phi} ) \quad ( 7 )$$

Исследования выполнены для фанеры из древесины:

береза и осина Европейские ( $E = 1,24 \times 10^5$  кгс/см<sup>2</sup>;  $E^{\perp} = 5000$  кгс/см<sup>2</sup>) ;

береза Приморского и Хабаровского краев ( $E = 1,64 \times 10^5$  кгс/см<sup>2</sup>;  $E^{\perp} = 6500$  кгс/ см<sup>2</sup>) ;

осина Приморского и Хабаровского краев ( $E = 0,65 \times 10^5$  кгс/см<sup>2</sup>;  $E^{\perp} = 2500$  кгс/ см<sup>2</sup>) .

Рассматривалась фанера с числом слоев 5, 7, 9 и 11 клееная на водостойких клеях по качеству соответствующая первому сорту.

Полученные результаты с округлением до 1000 кгс/см<sup>2</sup> для E и 100 кгс/см<sup>2</sup> для G приведены в таблицах 1 (березовая фанера) и 2 (фанера осиновая).

Данные этих таблиц показывают, что механические свойства фанеры зависят не только от количества шпонов (слоев), породы древесины, из которой выполнены шпоны, но и от региона, где росло дерево. Например, численные значения упругих свойств фанеры из осины Европейской почти в два раза выше, чем из осины Приморского и Хабаровского краев (таблица 2).

Таблица 1.

### Модуль упругости и сдвига фанеры клееной березовой

Вид фанеры	Модуль упругости, сдвига, E, кгс/см <sup>2</sup>	G, кгс/см <sup>2</sup>
------------	--	------------------------

1 2 3

Из березы Европейской

а) пятислойная толщиной 5 – 7 мм

- вдоль волокон наружных шпонов 75 000 4 500

- поперек волокон наружных шпонов 50 000 3 000

- под углом 45° к волокнам 15 000 30 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 100 000

- поперек волокон наружных шпонов 30 000

- под углом 45° к волокнам 15 000

б) семислойная толщиной 8 мм и более

- вдоль волокон наружных шпонов 73 000 4 500

- поперек волокон наружных шпонов 55 000 3 500

- под углом 45° к волокнам 15 000 30 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 90 000

- поперек волокон наружных шпонов 38 000

- под углом 45° к волокнам 13 000

в) девятислойная

- вдоль волокон наружных слоев 71 000 4 400

- поперек волокон наружных слоев 58 000 3 600

- под углом 45° к волокнам 15 000 32 000

Таблица 1 ( продолжение )

1 2 3

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных слоев 87 000

- поперек волокон наружных шпонов 64 000

- по углом 45° к волокнам 19 000

г) одиннадцатислойная

- вдоль волокон наружных шпонов 70 000 4 300

- поперек волокон наружных шпонов 55 000 3 700

- под углом 45° к волокнам 15 000 32 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 80 000

- поперек волокон наружных шпонов 48 000

- под углом 45° к волокнам 15 000

Из березы Приморского и Хабаровского краев

а) пятислойная толщиной 5-7 мм

- вдоль волокон наружных шпонов 100 000 6 000

- поперек волокон наружных шпонов 70 000 4 000

- под углом 45° к волокнам 20 000 40 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 130 000
- поперек волокон наружных шпонов 40 000
- под углом 45° к волокнам 20 000

б) семислойная толщиной 8 мм и более

Таблица 1 (окончание)

- вдоль волокон наружных слоев 95 000 6 000
- поперек волокон наружных шпонов

56 000 3 500

1 2 3

- под углом 45° к волокнам 20 000 40 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 115 000
- поперек волокон наружных шпонов 50 000
- под углом 45° к волокнам 20 000

в) девятислойная

- вдоль волокон наружных шпонов 71 000 4 000
- поперек волокон наружных шпонов 58 000 3 500
- под углом 45° к волокнам 15 000

32 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 76 000
- поперек волокон наружных шпонов 52 000
- под углом 45° к волокнам 16 000

г) одиннадцатислойная

- вдоль волокон наружных шпонов 70 000 4 000
- поперек волокон наружных шпонов 60 000 3 500
- под углом 45° к волокнам 23 000 32 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 80 000
- поперек волокон наружных шпонов 48 000
- под углом 45° к волокнам 14 000

Таблица 2

### Модуль упругости и сдвига клееной осиновой фанеры общего назначения

Вид фанеры Модуль  
упругости, сдвига,  
E, кгс/см<sup>2</sup> G, кгс/см<sup>2</sup>

1 2 3

Из осины Центрального района Европейской части РФ

а) пятислойная толщиной 6,5 мм

- вдоль волокон наружных шпонов 75 000 4 500
- поперек волокон наружных шпонов 50 000 3 000
- под углом 45° к волокнам 15 000 30 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 100 000
- поперек волокон наружных шпонов 30 000
- под углом 45° к волокнам 15 000

б) девятислойная толщиной 12 мм

- вдоль волокон наружных шпонов 71 000 4 400
- поперек волокон наружных шпонов 58 000 3 500
- под углом 45° к волокнам 15 000 32 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 87 000
- поперек волокон наружных шпонов 64 000
- под углом 45° к волокнам 19 000

в) одиннадцатислойная толщиной 15 мм

- вдоль волокон наружных шпонов 70 000 4 300
- поперек волокон наружных шпонов 59 000 3 700

- под углом 45° к волокнам 15 000 32 000

При изгибе из плоскости листа:

1 2 3

Таблица 2 (окончание)

- вдоль волокон наружных шпонов 80 000

- поперек волокон наружных шпонов 43 000

- под углом 45° к волокнам 15 000

Из осины Приморского и Хабаровского краев

а) пятислойная толщиной 6,5 мм

- вдоль волокон наружных шпонов 40 000 2 500

- поперек волокон наружных шпонов 27 000 1 700

- под углом 45° к волокнам 6 000 16 000

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 52 000

- поперек волокон наружных шпонов 15 000

- под углом 45° к волокнам 4 000

б) девятислойная толщиной 12 мм

- вдоль волокон наружных шпонов 37 000 2 300

- поперек волокон наружных шпонов 30 000 1 800

- под углом 45° к волокнам 8 000 16 500

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 44 000

- поперек волокон наружных шпонов 23 000

- под углом 45° к волокнам 8 000

в) одиннадцатислойная толщиной 15 мм

- вдоль волокон наружных шпонов 36 000 2 000

- поперек волокон наружных шпонов 31 000 1 900

- под углом 45° к волокнам 8 000 16 500

При изгибе из плоскости листа:

- вдоль волокон наружных шпонов 42 000

- под углом 45° к волокнам 7 000

Характеристика ползучести фанеры ( отношение длительных деформаций к упругим ) , необходимая при расчете изгибаемых элементов по деформациям, выше, чем для цельной древесины, у которой он численно равен при действии усилий (напряжений) вдоль волокон –  $\varphi = 0,4 [ 3 ]$ .

У фанеры волокна соседних слоев (шпонов) взаимно перпендикулярны. Учитывая, что модуль упругости древесины шпонов поперек волокон в 25 раз меньше показателя вдоль волокон, можно сделать вывод, что противодействуют действующим напряжениям слои, волокна которых направлены вдоль действия сил. В этом случае характеристика ползучести фанеры определится по формуле:

- вдоль волокон наружных шпонов

$$\varphi_{\parallel} = \varphi n / n_{\parallel} = 0,4 ( n / n_{\parallel} ) ; \quad ( 8 )$$

- поперек волокон наружных шпонов

$$\varphi_{\perp} = 0,4 n / ( n - n_{\parallel} ) , \quad ( 9 )$$

где  $n$  – количество слоев фанеры;  $n_{\parallel}$  - волокна древесины которых параллельны волокнам наружных шпонов;  $\varphi_{\parallel}$  ,  $\varphi_{\perp}$  - характеристика ползучести соответственно вдоль и поперек волокон наружных слоев фанеры.

С увеличением числа слоев фанеры численные значения  $\varphi_{\parallel}$  увеличиваются, а  $\varphi_{\perp}$  - уменьшаются. Так при  $n = 5$   $\varphi_{\parallel} = 0,4 \times 5 / 3 = 0,67$  ;  $\varphi_{\perp} = 0,4 \times 5 / 2 = 1,0$  , а при  $n = 11$   $\varphi_{\parallel} = 0,4 \times 11 / 6 = 0,73$  ;  $\varphi_{\perp} = 0,4 \times 11 / 5 = 0,88$ .

С достаточной для практики проектирования точностью можно предложить :

$$\varphi_{\parallel} = 0,7 ; \varphi_{\perp} = 0,9.$$

Исходя из изложенного представляется возможным сделать следующие выводы.

Упруго-пластические свойства фанеры зависят от числа слоев (шпонов), породы древесины и региона произрастания дерева, из которого она выполнена.

Ползучесть фанеры поперек волокон наружных шпонов на 25 – 30 % больше, чем вдоль ( волокон ).

**Список литературы.**

1. ГОСТ 3916-96. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. Технические условия. Межгосударственный совет стандартизации, метрологии и сертификации. Минск.
2. Житушкин В.Г., Бондарева О.А. Расчетные характеристики древесины лиственных пород. Сборник материалов международной научно-практической конференции «Настоящее и будущее современных научных направлений». Кемерово, ЗапСибНЦ. 30. 03.2020. С.76 – 80.
3. Житушкин В.Г. Расчет прогибов деревянных и клефанерных элементов покрытий зданий. Сборник статей по материалам XXVII международной научно-практической конференции Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований. № 5 ( 21 ). Новосибирск, СибАК.2020 С. 44-54.
4. Лаборатория лесных продуктов США. Справочное руководство по древесине. Перевод с английского Горелика Я.П. и Михайловой Т.В. М.: Лесная промышленность.1978. С. 292, 302 – 308.
5. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции.
6. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80.