

УДК 624.00

## **ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ НАЛИЧИИ СУЧКОВ**

© *Л.А. Губенко<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.*

*М.Г. Хандов<sup>2</sup>, инж.*

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,

наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: gubenko-L@mail.ru

<sup>2</sup>ОАО Строительно-монтажный трест №1, ул. Тимме, 26, г. Архангельск, Россия, 163061; e-mail: egick@list.ru

Древесина относится к материалам с резко выраженными анизотропными свойствами. Эти свойства влияют на напряженно-деформированное свойство материала. Кроме того, реальная деревянная конструкция имеет пороки строения – сучки. Для теоретической оценки напряженного состояния элемента с сучком составлена расчетная модель. Рассмотрено поведение анизотропной пластины, имеющей две оси анизотропии: продольную и поперечную. Растяжение пластины происходило вдоль волокон равномерно распределенной нагрузкой. Для упрощения расчетов сучок был заменен на отверстие. Растягивающие напряжения определены по теории упругости анизотропного тела. Рассчитаны коэффициенты концентрации напряжений и коэффициенты понижения прочности. Для проверки расчетов проведено экспериментальное определение прочности на растяжение деревянных элементов с сучками – пластинок размером 400×50×5 мм. Для сравнения испытаны образцы из древесины без сучков таких же размеров и формы.

*Ключевые слова:* сучок, отверстие, напряженное состояние, прочность при растяжении, концентрация напряжений, анизотропия.

Характер работы реальной древесины, содержащей различные пороки, пока недостаточно изучен. Отсутствие необходимых данных о влиянии пороков на прочность древесины при растяжении, хрупкий характер разрушения часто ограничивают ее применение в качестве конструкционного материала. Таким образом, решение данного вопроса по-прежнему актуально для рационального использования древесины в строительных конструкциях. Основным сортообразующим пороком строения древесины является наличие сучков.

Цель данного исследования – определение коэффициентов понижения прочности при работе на растяжение древесины с сучками относительных размеров 1/3 и 1/4 от ширины сечения элементов, что соответствует 2-му сорту пиломатериалов по ГОСТ 8486–86 «Пиломатериалы хвойных пород».

Для достижения данной цели необходимо составить расчетную модель элемента с сучком и определить напряжения теоретически, сравнить результаты расчетов с экспериментальными

данными, полученными при испытании на растяжение опытных образцов, сделать выводы о целесообразности выбранной расчетной модели.

Влияние сучков на несущую способность деревянных элементов с трудом поддается учету. В основном оно обусловлено следующими факторами:

ослаблением, которое производит в древесине сучок, обладающий пониженным сопротивлением по сравнению с окружающей его древесиной; кроме того, сучок часто слабо связан с ней (частично сросшиеся, несросшиеся и выпадающие сучки);

отклонением волокон у сучка, образующим местный присучковый косослой.

Для теоретической оценки напряженного состояния элемента с сучком составляем расчетную модель. Рассмотрим анизотропную пластинку, имеющую две оси анизотропии: продольную ( $a$ ) и поперечную ( $t$ ). Растяжение трансверсально изотропной (транстропной) пластинки происходит равномерно распределенной нагрузкой  $P$  по оси  $X$  ( $a$ ) вдоль волокон. Ось  $Y$  ( $t$ ) совпадает с поперечной (тангенциальной) осью анизотропии. Сучок заменяем отверстием с относительными размерами, равными размерам сучка (рис.1).

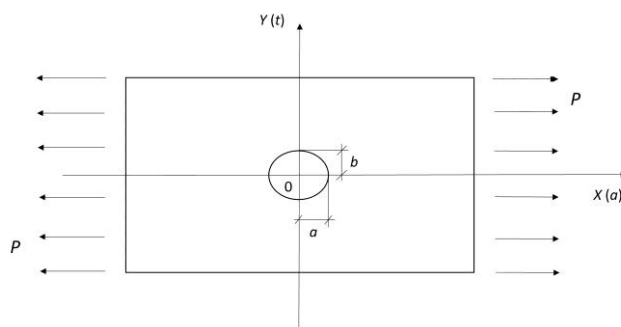


Рис. 1. Растяжение пластины с сучком

Воспользуемся формулами теории упругости анизотропного тела, выведенными Г.Н. Савиным [2] для определения напряжений в элементе, имеющем эллиптическое отверстие. Вычислим нормальные напряжения  $\sigma_x$  по сечению  $x = 0$ :

$$\sigma_x = p + \frac{pb}{\beta_1 - \beta_2} \left[ \frac{\beta_1^2}{a - \beta_1 b} \left( 1 - \frac{\beta_1 y}{\sqrt{a^2 + \beta_1^2 (y^2 - b^2)}} \right) - \frac{\beta_2^2}{a - \beta_2 b} \left( 1 - \frac{\beta_2 y}{\sqrt{a^2 + \beta_2^2 (y^2 - b^2)}} \right) \right], \quad (1) \quad \text{где } p -$$

равномерно распределенная нагрузка;

$a, b$  – полуоси эллипса, для круглого отверстия  $a = b$ ;

$\beta_1, \beta_2$  – корни характеристического уравнения, учитывающего упругие свойства материала; для древесины сосны  $\beta_1 = 4,0$ ;  $\beta_2 = 0,83$ ;

$y$  – ордината рассматриваемого сечения.

В результате преобразований формула (1) примет следующий вид:

$$\sigma_x = p + \frac{p}{\beta_1 - \beta_2} \left[ \frac{\beta_1^2}{1 - \beta_1} \left( 1 - \frac{k\beta_1}{\sqrt{1 + \beta_1^2(k^2 - 1)}} \right) - \frac{\beta_2^2}{1 - \beta_2} \left( 1 - \frac{k\beta_2}{\sqrt{1 + \beta_2^2(k^2 - 1)}} \right) \right], \quad (2)$$

где  $k = \frac{y}{b}$ ; обычно  $k = 1; 2; 3; 4$ ; максимальная ордината (при  $k = 4$ ) –  $y_{\max} = 4b$ .

Результаты вычислений приведены на рис. 2. Наибольшее напряжение  $\sigma_x = 5,80p$ , что значительно больше напряжения  $\sigma_x$  для изотропного материала, когда  $\beta_1 = \beta_2$ :  $\sigma_x = 3,00p$ .

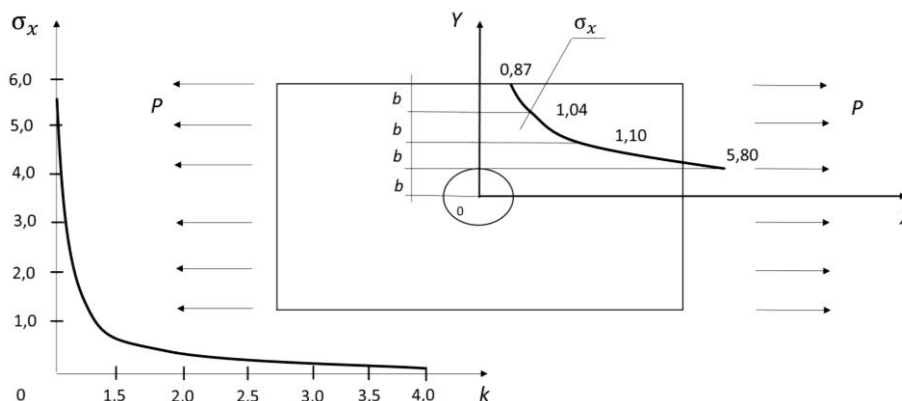


Рис. 2. График напряжений  $\sigma_x$  при воздействии единичной нагрузки  $P$

Как видно из рис. 2, по мере удаления от контура отверстия напряжение существенно уменьшается.

Например, при  $y = 3b$  имеем  $\sigma_x = 1,04p$ ; при  $y = 4b$  имеем  $\sigma_x = 0,87p$ .

Коэффициенты концентрации напряжений, а затем и коэффициенты понижения прочности  $K_{\Pi}$  вычислены для элемента с единичным сечением, нагруженным растягивающей единичной равномерно распределенной нагрузкой. Решение подобной задачи имеется также в работе С.Г. Лехницкого [1]. Наибольшее нормальное напряжение, распределенное по краю отверстия, получено на концах диаметра, перпендикулярного к направлению растягивающих усилий:  $\sigma_{\max} = 5,40p$ . Оно отличается от напряжения, определенного Г.Н. Савиным, незначительно.

Результаты вычислений наряду с данными, полученными другими способами, приведены в таблице.

#### Сравнение экспериментальных и расчетных коэффициентов понижения прочности при различных видах ослаблений

Ослабления	Способ определения	Коэффициент понижения прочности $K_{\Pi}$ при относительных размерах ослаблений (в долях от ширины образца)	
		1/3	1/4
Сучки: сросшиеся выпадающие	Эксперимент	0,36	0,50
	»	0,40	0,59

Отверстия	Расчет по формулам:		
	Г.Н. Савина	0,23	0,29
	С.Г. Лехницкого	0,24	0,28

Для проверки расчетов было проведено экспериментальное определение прочности на растяжение деревянных элементов с сучками. Испытаны образцы в виде пластинок длиной 400 мм, шириной 50 мм и толщиной 5 мм с пластевыми сросшимися и выпадающими сучками диаметром, равным 1/3 и

1/4 ширины образца. Для сравнения были испытаны образцы из древесины без сучков такой же формы и размеров. Результаты эксперимента были статистически обработаны, затем вычислены коэффициенты понижения прочности.

Коэффициенты понижения прочности вводили как множители к значениям предела прочности, полученным при испытании образцов древесины без пороков.

Из данных таблицы следует, что расчетным путем (по формулам Г.Н. Савина и С.Г. Лехницкого) получены почти одинаковые результаты, но они значительно отличаются от экспериментальных. Таким образом, предложенная расчетная модель не отражает работу реальной древесины, и заменять сучок, даже выпадающий, отверстием нецелесообразно.

В дальнейшем необходимо составить другую расчетную модель, более точно учитывающую особенности строения древесины при наличии сучков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лехницкий С.Г.* Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 416 с.
2. *Савин Г.Н.* Концентрация напряжений около отверстий. М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1951. 496 с.

Поступила 29.01.13

UDC 624.00

#### Definition of the [Strength Assessment](#) of the Extension of Wooden Elements

##### with Knots

*L.A. Gubenko<sup>1</sup>, Candidate of Engineering, Associate Professor*

*M.G. Khandov<sup>2</sup>, Engineer*

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia; e-mail: gubenko-L@mail.ru

<sup>2</sup>Building Mounting Company no.1, Timme, 26, Arkhangelsk, 163061, Russia;

e-mail: egick@list.ru

Wood belongs to the materials with the considerable anisotropic qualities. These qualities have influence to the strained-deformed characteristics of material. Besides, the real wood construction has such defects of structure as knots. To calculate the theoretical definition of the strained state of the element with a knot the design model is developed. The paper considers the anisotropic plate with two anisotropic axes: longitudinal and lateral. The extension of the plate is plankwise with the spreaded load. To make the calculations easier it's better to change a knot by a hole and calculate wood element with a hole. The tensile stress is calculated after the theory of elasticity of the anisotropic body. The stress concentration factors and the step-down ratio were calculated. To verify the

calculations the tensile strength was determined experimentally. The plates of 400×50×5 mm with and without knots were tested by tense.

*Keywords:* knot, hole, stress, tensile strength, stress concentration, anisotropy.

#### REFERENCES

1. Lehnitskii S.G. *Teorija uprugosti anizotropnogo tela* [Theory of Elasticity of the Anisotropic Body]. Moscow, 1977. 416 p.
2. Savin G.N. *Koncentracija naprjazhenij okolo otverstij* [Stress Concentration Near the Holes]. Moscow, 1951. 496 p.

Received on January 29, 2013

