

УДК 674.023

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-166-175

**ОБОСНОВАНИЕ ОВАЛЬНОСТИ ФОРМЫ СЕЧЕНИЙ  
СТВОЛОВ ДЕРЕВЬЕВ ПРИ ИХ РОСТЕ С НАКЛОНОМ***В.Н. Глухих, д-р техн. наук, проф.; ResearcherID: [AAV-9066-2020](https://orcid.org/0000-0002-9912-506X)**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9912-506X>**А.Г. Черных, д-р техн. наук, проф.; ResearcherID: [AAV-4843-2020](https://orcid.org/0000-0001-9805-1428)**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9805-1428>*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
2-я Красноармейская ул., д. 4, Санкт-Петербург, Россия, 190005;e-mail: [vnglukhikh@mail.ru](mailto:vnglukhikh@mail.ru), [ag1825831@mail.ru](mailto:ag1825831@mail.ru)

Известно, что по некоторым внешним признакам можно определить возраст дерева и условия его произрастания. К этим признакам относятся количество годичных слоев на поперечном срезе ствола дерева, правильность геометрической формы этих слоев. Сбег ствола свидетельствует о том, где выросло это дерево: в загущенном древостое или на открытой местности. Овальная форма сечений ствола свойственна деревьям с несимметричной кроной либо выросшим под наклоном к горизонту. На форму сечений стволов деревьев оказывает влияние мощное внешнее воздействие в виде господствующей ветровой нагрузки. В ответ на внешние воздействия в процессе роста дерева формируется его ствол, крона и соответствующая этому влиянию прочность при статическом изгибе и сжатии вдоль волокон древесины. Результатом взаимодействия этих факторов являются размеры, форма и местоположение ядровой и заболонной зон в стволах деревьев, от которых зависят прочность, плотность, расположение дефектов древесины, что отражается на качестве изделий из нее и процессе их эксплуатации. Единым критерием оценки влияния природных особенностей древесины на качество и прочность деревянных строительных конструкций авторами выбрано формирующееся в процессе роста деревьев начальное напряжение, величина которого может быть объективно оценена по размерам и форме ядровой и заболонной зон сечений стволов. Размеры и форма этих зон могут быть измерены путем сканирования. Схема распиловки бревен должна выбираться с использованием соответствующих компьютерных программ, которые позволяют получать высококачественные пиломатериалы конструкционного назначения. Цель исследования – обосновать связь формы и размеров овальных сечений стволов деревьев с развивающимися в процессе роста начальными напряжениями и прочностью древесины при растяжении, сжатии вдоль волокон и статическом изгибе.

*Для цитирования:* Глухих В.Н., Черных А.Г. Обоснование овальности формы сечений стволов деревьев при их росте с наклоном // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 5. С. 166–175. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-166-175

*Ключевые слова:* предел прочности древесины, статистический изгиб, изгибающий момент, деревянные конструкции, напряженно-деформированное состояние, начальное напряжение, смещение центра ядра.

*Введение*

Как уже отмечалось в известных работах отечественных [1, 2–5, 7–10] и зарубежных [17–19, 21] исследователей, формирование ствола дерева проис-

ходит в ответ на внешние влияния. Под действием веса ствола и кроны, атмосферных осадков и критической ветровой нагрузки формируется наиболее прочная несущая часть ствола [6, 11–13, 15, 20]. Известно, что при произрастании дерева в загущенном древостое сечения стволов близки к правильному кругу и ствол является прямым стержнем равного сопротивления, у которого заболонная часть сечения представляет собой кольцо, а ядровая очерчена окружностью. В таких случаях начальные напряжения распределены в объеме ствола по закону параболоида соответствующей степени и соотношение между пределами прочности при статистическом изгибе и сжатии вдоль волокон несложно описать математически. Это позволяет исследовать распределение начальных напряжений и деформаций изгиба пиломатериалов при раскросе пиловочника и решать ряд задач, имеющих практическое значение.

Однако остается немало вопросов, требующих ответа. Пиловочник на практике часто представляет собой искривленные бревна, в значительных пределах изменяется их сбеги, размеры ядровой и заболонной зон. Часто центр ядровой зоны смещен относительно геометрического центра сечений, и они имеют овальную форму. Остается неизвестным, как влияет формирующаяся в процессе роста дерева овальность его сечений на прочность древесины при статистическом изгибе и сжатии вдоль волокон, на продольную покоробленность пиломатериалов при раскросе пиловочника и сушке, в каких случаях в стволах деревьев начинается формирование кренивой древесины, как распределены начальные напряжения в стволах деревьев с естественной кривизной или произрастающих с наклоном к горизонту, каков механизм возврата наклоненного в процессе роста ствола дерева в вертикальное положение. Эти и другие вопросы имеют научный и практический интерес, а ответ на них кроется в объяснении формирования стволов деревьев с позиций основных принципов бионики как стержней равного сопротивления [9, 10].

Цель исследования – обосновать связь формы и размеров овальных сечений стволов деревьев с развивающимися в процессе роста начальными напряжениями и прочностью древесины при растяжении, сжатии вдоль волокон и статическом изгибе.

#### *Объекты и методы исследования*

В известной работе немецкого ученого Н. Kübler [17] суммарное напряжение не только значительно превышает начальное напряжение, но и отрицательно в одной из частей сечения ствола. Поэтому такое сечение имеет форму овала при наличии эксцентриситета ядровой зоны. Это подтверждает наше предположение о взаимосвязи расположения ядровой зоны с распределением начальных напряжений в сечениях стволов деревьев.

В соответствии с разработанной нами [2] методикой можно вычислить экстремальное напряжение в сжатой части сечения и найти соотношение пределов прочности древесины при статистическом изгибе и сжатии вдоль волокон.

Если дерево произрастает в загущенном древостое и защищено от критического ветрового напора кронами соседних деревьев, то его ствол формируется прямым и круглым с небольшим сбегом. Центр ядровой зоны чаще всего совпадает с геометрическим центром сечения ствола. В работе [5] приведена методика определения относительного размера ядровой зоны и закона распределения начальных напряжений по объему ствола.

В прямом стволе дерева начальные напряжения возникают от действия физико-химического фактора [2, 7, 14, 16] и будут распределены по закону параболоида соответствующей степени в зависимости от размеров ядровой зоны. Задача является осесимметричной (рис. 1).

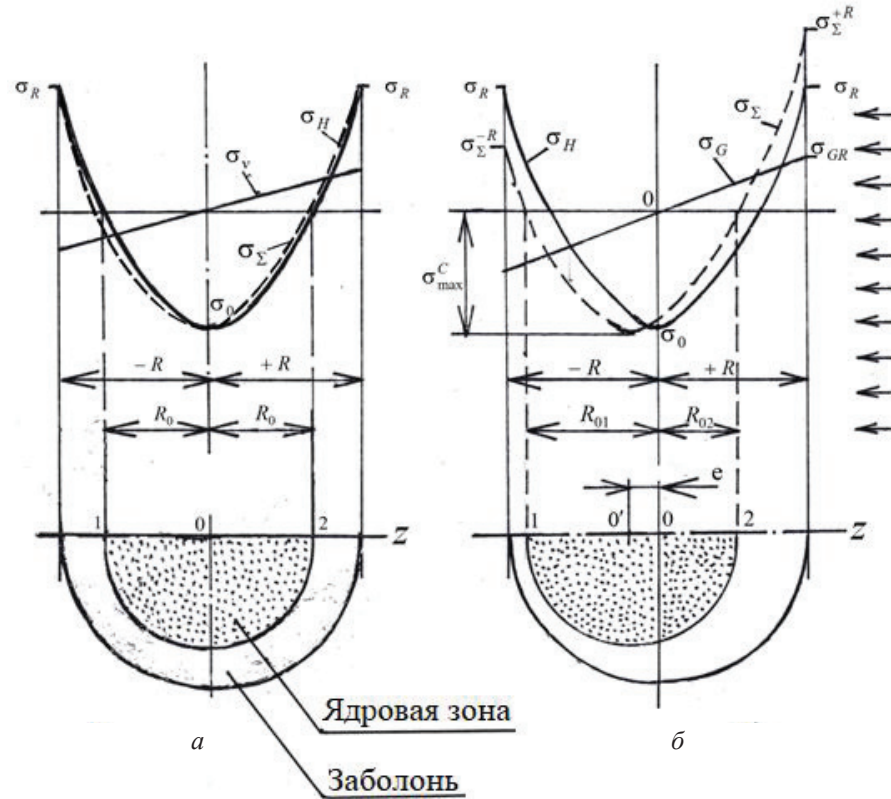


Рис. 1. Положение ядровой зоны в прямостоящем (а) и наклонно растущем (б) дереве:  $-R, +R$  – радиус сечения ствола дерева с подветренной и наветренной сторон;  $\sigma_R$  – напряжение на поверхности ствола;  $\sigma_H$  – начальное напряжение в волокнах дерева;  $R_0$  – радиус ядровой зоны;  $R_{01}$  и  $R_{02}$  – радиусы в крайних точках ядровой зоны в плоскости действия господствующей ветровой нагрузки;  $\sigma_G$  – напряжение изгиба;  $\sigma_{\max}^C$  – максимальное сжимающее напряжение в сечении ствола, вызванное ветровой нагрузкой и массой ствола дерева;  $\sigma_v$  – напряжение в сечении ствола при изгибе дерева от ветровой нагрузки;  $\sigma_\Sigma$  – суммарное напряжение от ветровой нагрузки;  $\sigma_\Sigma^{-R}, \sigma_\Sigma^{+R}$  – напряжение от ветровой нагрузки с подветренной и наветренной сторон;  $e$  – эксцентриситет

Fig. 1. The position of the core zone in the upright (а) and inclined (б) tree:  $-R, +R$  – radius of the tree trunk section from the leeward and windward sides;  $\sigma_R$  – trunk surface stress;  $\sigma_H$  – initial stress in wood fibers;  $R_0$  – radius of the core zone;  $R_{01}$  and  $R_{02}$  – radii at the extreme points of the core zone in the plane of the prevailing wind load;  $\sigma_G$  – bending stress;  $\sigma_{\max}^C$  – maximum compression in the trunk section caused by wind load and tree trunk weight;  $\sigma_v$  – stress in the trunk section under bending by wind load;  $\sigma_\Sigma$  – total stress from wind load;  $\sigma_\Sigma^{-R}, \sigma_\Sigma^{+R}$  – wind stress on the leeward side and the windward side;  $e$  – eccentricity

При распределении, например, по закону параболоида второй степени (рис. 1, а) функция начальных напряжений имеет следующий вид:

$$\sigma_H = k_2 r^2 - \sigma_0, \quad (1)$$

где  $\sigma_0$  – начальное напряжение в центре сечения ствола;  $k_2 = \frac{2\sigma_0}{R^2}$ , [2];  $r^2 = z^2 + y^2$ ;  $r, z, y$  – координаты по соответствующим осям.

В наклонно растущем дереве (рис. 1, б) к начальным напряжениям в осесимметричной задаче (1) добавится постоянная составляющая напряжения при изгибе ствола от его собственной массы с учетом массы кроны и атмосферных осадков:

$$\sigma_H = k_2 r^2 + \frac{\sigma_{GR}}{R} z - \sigma_0, \quad (2)$$

где  $\sigma_{GR}$  – максимальное напряжение изгиба в плоскости наклона ствола.

В обоих случаях суммарное напряжение  $\sigma_\Sigma$  на поверхности сжатой зоны остается растягивающим.

Размеры ядровой зоны в обоих примерах можно найти из уравнений (1) и (2):

в осесимметричной задаче

$$R_{01} = -0,707R; R_{02} = 0,707R [2],$$

где  $R$  – радиус сечения ствола дерева;

при наклоне дерева функцию суммарного напряжения приравняем к 0:

$$k_2 R_0^2 + \frac{\sigma_{GR}}{R} R_0 - \sigma_0 = 0, \quad (3)$$

где  $R_0$  – радиус ядровой зоны.

Отсюда получим:

$$R_{01} = \frac{R}{4} \left[ -\frac{\sigma_{GR}}{\sigma_0} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{GR}}{\sigma_0}\right)^2 + 8} \right]; \quad (4)$$

$$R_{02} = \frac{R}{4} \left[ -\frac{\sigma_{GR}}{\sigma_0} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{GR}}{\sigma_0}\right)^2 + 8} \right]. \quad (5)$$

В рассмотренных случаях в части сечения ствола с подветренной стороны (рис. 1) начальные напряжения с учетом напряжения изгиба от собственного веса не переходят нулевого значения и остаются растягивающими. Сечение ствола формируется близким к круглому.

Практически то же самое происходит в растущем наклонном дереве, если в плоскости его наклона действует господствующая ветровая нагрузка ( $\sigma_0$  – напряжение изгиба от ветровой нагрузки).

Если суммарное напряжение  $\sigma_\Sigma$  в зоне сжатия от действия ветровой нагрузки (рис. 2, а) переходит нулевую отметку и становится сжимающим, то начинает формироваться овальность сечения, за счет появления которой в периферийных точках сечения с подветренной стороны (рис. 2, б) напряжения сжатия уменьшаются до тех пор, пока суммарное напряжение вновь не станет растягивающим.

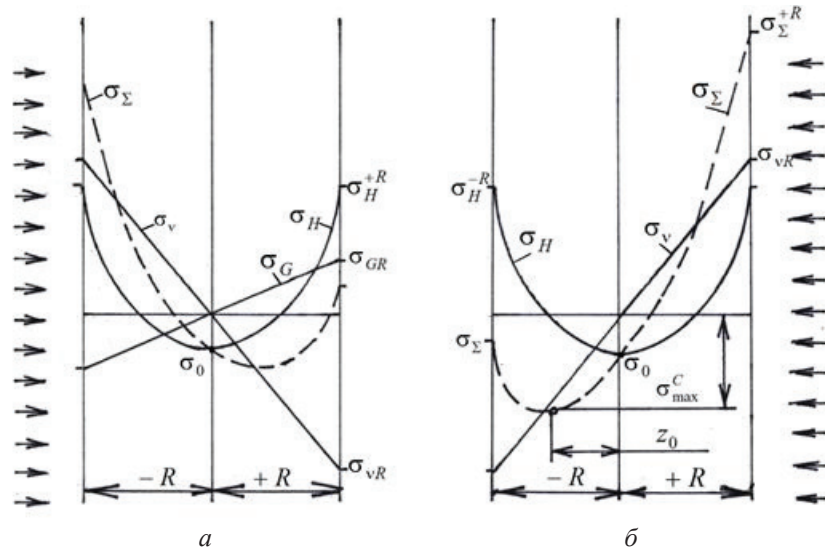


Рис. 2. Распределение начальных и суммарных напряжений в случаях одинакового (а) и неодинакового (б) направления господствующего ветра и наклона ствола дерева:  $z_0$  – координата точки с максимальным сжимающим напряжением;  $\sigma_{vR}$  – напряжение в поверхностном слое ствола дерева при изгибе ветровой нагрузкой

Fig. 2. Distribution of initial and total stresses in cases of the same (а) and different (б) direction of the prevailing wind and inclination of the tree trunk;  $z_0$  – coordinate of the point with the maximum compression;  $\sigma_{vR}$  – stress in the surface layer of the tree trunk under bending by wind load

### Результаты исследования и их обсуждение

В таблице приведены расчетные значения радиусов ядровой зоны в плоскости наклона ствола дерева при разных соотношениях  $\frac{\sigma_{GR}}{\sigma_0}$ , подтверждающие факт смещения центра ядровой зоны по отношению к геометрическому центру сечений ствола.

С увеличением наклона ствола ядровая зона смещается от геометрического центра сечения в сторону зоны сжатия. Для ветвей дерева, растущих перпендикулярно оси ствола, характерно отношение

$$\frac{\sigma_{GR}}{\sigma_0} = 1.$$

Если это отношение больше 1, тогда ветви будут иметь наклон вниз, содержание креновой древесины и овальную форму сечения.

Как видно из данных таблицы, с увеличением наклона ствола к горизонту предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон несколько возрастает по отношению к пределу прочности при статистическом изгибе. По разработанной нами методике [5] можно вычислить начальные напряжения в любой точке объема ствола при других законах их распределения, изгибающие моменты по кромке и пласти выпиливаемых из ствола пиломатериалов, а также их продольную покоробленность, появляющуюся при распиловке и последующей сушке.

**Радиусы ядровой зоны при различных соотношениях начальных напряжений  
и напряжений изгиба при наклоне дерева**

Параметр	Отношение напряжения изгиба к начальному напряжению $\frac{\sigma_{GR}}{\sigma_0}$							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
Радиус ядровой зоны: $R_{01}$ $R_{02}$	0,733R 0,6825R	-0,758R 0,659R	-0,786R 0,636R	-0,814R 0,614R	-0,873R 0,573R	-0,935R 0,535R	-0,967R 0,517R	-R R/2
Координата экстремальной точки $z_0$	-0,025R	-0,050R	-0,075R	-0,100R	-0,150R	-0,200R	-0,225R	-0,250R
Отношение пределов прочности при статическом изгибе и сжатии вдоль волокон	1,9975	1,9900	1,9770	1,9610	1,9139	1,8520	1,8160	1,7780

Возможен случай, когда суммарное напряжение в периферийной зоне сечения с подветренной стороны наклоненных и искривленных стволов становится постоянно сжимающим. Для сохранения жизнестойкости ствола происходит перераспределение поступления питательных веществ таким образом, чтобы периферийные (заболонная зона) части сечения испытывали растяжение в продольном направлении. В этих частях сечения увеличивается ширина годовичных слоев за счет изменения толщины стенок клеток, и сечение постепенно становится овальным, так как в плоскости под углом  $90^\circ$  к рассматриваемой плоскости такого усиления не происходит.

Таким образом, при некоторых соотношениях полуосей эллипса напряжения в т. 1 и т. 1' (рис. 3) должны быть равными друг другу, т. е. при прочих равных условиях будут равны друг другу и осевые моменты сопротивления круга и эллипса.

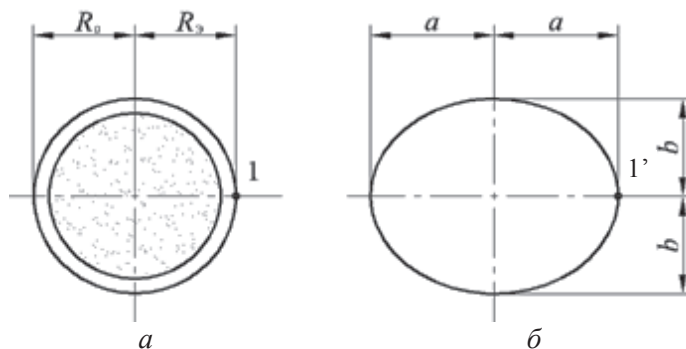


Рис. 3. Формы сечений ствола дерева при равновеликих суммарных напряжениях в точках 1 и 1' на контуре при кратковременных (а) и длительных (б) нагрузках (при раскачивании дерева от порывов ветра)

Fig. 3. Shapes of sections of a tree trunk with equal total stresses at points 1 and 1' on the contour under temporary (a) and constant (b) loads (when a tree sways under the gusts of wind)

Из этого следует, что

$$R_3^3 = a^2 b, \quad (6)$$

где  $R_3^3$  – радиус эквивалентного сечения;  $a, b$  – длины полуосей ствола.

Если рассматривается прямостоящий ствол дерева с симметричной кроной, то  $b = R_3$ ,  $a = \sqrt{\frac{R_3^3}{b}} = R_3$ , т. е. полуоси будут одинаковыми, а при отсутствии внешнего несимметричного воздействия сечение ствола будет правильным кругом.

Если известно соотношение полуосей эллипса, имеем:

$$R_3 = \sqrt[3]{a^2 b}. \quad (7)$$

По найденному радиусу круга можно установить вид функции начального напряжения и исследовать величины изгибающих моментов и прогибов пиломатериалов от действия начальных напряжений, возникших в стволе дерева в процессе его роста.

При этом, зная предел прочности при сжатии вдоль волокон  $\sigma_{BC}$ , можно численно решить задачу по определению эксцентриситета ядровой зоны и начальных напряжений в древесине либо обратную задачу.

Такая задача решена нами впервые и может быть реализована при разработке компьютерных технологий раскря пиловочника из любых пород древесины в целях получения высококачественных пиломатериалов для изготовления деревянных строительных конструкций. Отношение максимальных напряжений в двух задачах (с эллипсом и кругом) должно быть равно 1, т. е.  $\frac{4M_2}{\pi a^2 b} / \frac{4M_1}{\pi R^3} = 1$  или  $nR_3^3 = a^2 b$ , где  $n = M_2/M_1$  (где  $M_1$  и  $M_2$  – изгибающие моменты от ветровой нагрузки в точках 1 и 1' (рис. 3)).

Задавая различные отношения  $n$ , можно вычислить размеры полуосей эллипсовидного сечения  $a$  и  $b$  (рис. 4):

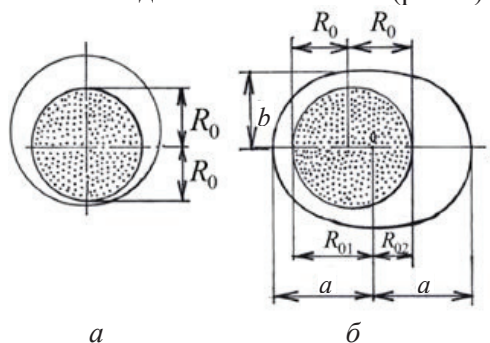


Рис. 4. Форма сечений ветвей дерева и его ствола:  $a$  – исходная;  $b$  – при наклоне с распределением начальных напряжений по параболоиду второй степени

Fig. 4. Shape of sections of the branches of a tree and its trunk:  $a$  – initial;  $b$  – when inclined with the distribution of the initial stresses over a paraboloid of the 2nd degree

$$n = 1; a = b = R_3;$$

$$n = 2; b = R_3; a = R\sqrt{2};$$

$$n = 1,5; b = R_3; a = \sqrt{1,5}R = 1,225R.$$

С другой стороны, при сканировании торцевого сечения бревна можно определить эксцентриситет ядровой зоны, соотношение напряжений в крайних наиболее напряженных точках сечения, закон изменения начальных напряжений и исследовать формоустойчивость и прочность выпиленных пиломатериалов при статистическом изгибе и сжатии вдоль волокон.

Появляющаяся при наклоне либо естественной кривизне ствола несимметричность суммарного напряжения способствует выпрямлению ствола и возврату его в вертикальное положение в процессе роста (см. рис. 1, 2). Этому постепенному процессу «помогает» появление овальности сечений ствола до тех пор, пока суммарное напряжение при раскачивании дерева от ветровой нагрузки не примет осесимметричную схему.

Если вокруг дерева, выросшего в густом древостое, убрать соседние деревья, то ствол такого дерева будет не готов к тому, чтобы сопротивляться изменившимся внешним воздействиям. Экстремальное напряжение сжатия несколько увеличится по отношению к напряжению растяжения (см. табл. 1). При очередном внешнем воздействии верхняя часть ствола с кроной приобретет необратимую деформацию изгиба за счет появления складок смятия в сжатой зоне, что проиллюстрировано в работе [1].

#### Выводы

1. Впервые предложена методика определения полуосей овального сечения ствола дерева при его росте с наклоном.

2. Результаты теоретических исследований не противоречат опытным наблюдениям, а лишь подтверждают предположение о том, что в стволе дерева в процессе роста развиваются начальные напряжения, являющиеся главной причиной образования овальности сечений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Белов С.В. Ветер – главный фактор, определяющий форму стволов деревьев и их устойчивость // Ботан. журн. СССР. 1934. Т. 13, № 3. С. 3–24. [Belov S.V. Wind is the Main Factor Determining the Shape of Tree Trunks and Their Stability. *Botanicheskii Zhurnal*, 1934, vol. 13, no. 3, pp. 3–24].

2. Глухих В.Н., Акоюн А.Л. Начальные напряжения в древесине: моногр. СПб.: СПбГАСУ, 2016. 118 с. [Glukhikh V.N., Akopyan A.L. *Initial Stresses in Timber*: Monograph. Saint Petersburg, SPbGASU Publ., 2016. 118 p.]

3. Глухих В.Н., Охлопкова А.Ю. Формирование кармашков в стволах деревьев лиственницы даурской // Изв. вузов. Лесн. журн. 2017. № 5. С. 35–52. [Glukhikh V.N., Okhlopkova A.Yu. Resin Pocket Formation in Tree Stems of Dahurian Larch. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2017, no. 5, pp. 35–52]. DOI: [10.17238/issn0536-1036.2017.5.35](https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2017.5.35), URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/212/Glukhikh2.pdf>

4. Глухих В.Н., Охлопкова А.Ю. Определение изгибающего момента и прогиба в сечениях пиломатериалов лиственницы даурской от действия начальных напряжений // Изв. вузов. Лесн. журн. 2018. № 1. С. 89–98. [Glukhikh V.N., Okhlopkova A.Yu. Determination of Bending Moment and Deflection in Lumber Cross-Sections of Dahurian Larch from the Action of Initial Stresses. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2018, no. 1, pp. 89–98]. DOI: [10.17238/issn0536-1036.2018.1.89](https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2018.1.89), URL: [http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/051/89\\_98.pdf](http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/051/89_98.pdf)

5. Глухих В.Н., Акоюн А.Л., Охлопкова А.Ю. Природные особенности древесины: моногр. СПб.: Политех, 2018. 392 с. [Glukhikh V.N., Akopyan A.L., Okhlopkova A.Yu. *Natural Features of Wood*: Monograph. Saint Petersburg, Polytech Publ., 2018. 392 p.]

6. Иванов Л.А. О влиянии ветра на рост дерева // Ботан. журн. СССР. 1934. Т. 13, № 3. С. 37–44. [Ivanov L.A. On the Effect of Wind on Tree Growth. *Botanicheskii Zhurnal*, 1934, vol. 13, no. 3, pp. 37–44].



7. Кузнецов А.И. Внутренние напряжения в древесине. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1950. 59 с. [Kuznetsov A.I. *Internal Stresses in Timber*. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1950. 59 p.].

8. Охлопкова А.Ю. Исследование покоробленности пиломатериалов лиственницы даурской от действия начальных напряжений и собственного веса // Системы. Методы. Технология. 2018. № 1. С. 17–21. [Okhlopkova A.Yu. Research of Dahurian Larch Sawmill Warping Caused by of Initial Stresses and its Own Weight. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. [Systems. Methods. Technologies.], 2018, no. 1, pp. 17–21]. DOI: [10.18324/2077-5415-2018-1-105-109](https://doi.org/10.18324/2077-5415-2018-1-105-109)

9. Раздорский В.Ф. Принципы строения скелета растений // Природа. 1934. № 9. С. 20–29. [Razdorskiy V.F. Principles of the Skeleton Structure of Plants. *Priroda*, 1934, no. 9, pp. 20–29].

10. Темнов В.Г. Бионический принцип регулирования параметров напряженно-деформированного состояния конструктивных систем при их проектировании и эксплуатации // Материалы 53-й науч. конф. СПб.: СПбГАСУ, 1996. С. 123–128. [Temnov V.G. The Boinic Principle of Regulating the Parameters of the Stress Strain Behavior of Structural Systems during Their Design and Operation. *Proceedings of the 53rd Scientific Conference*. Saint Petersburg, SPbGASU Publ., 1996, pp. 123–128].

11. Alméras T., Clair B. Critical Review on the Mechanisms of Maturation Stress Generation in Trees. *Journal of The Royal Society Interface*, 2016, vol. 13, iss. 122, art. 20160550. DOI: [10.1098/rsif.2016.0550](https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0550)

12. Banks C.H. Sawing and Stacking. Timber to Reduce Warp. *Timber Technologie*, 1966, no. 3, pp. 36–39.

13. Bonnesoeur V., Constant T., Moulia B., Fournier M. Forest Trees Filter Chronic Wind-Signals to Acclimate to High Winds. *New Phytologist*, 2016, vol. 210, iss. 3, pp. 850–860. DOI: [10.1111/nph.13836](https://doi.org/10.1111/nph.13836)

14. Cassens D.L., Serrano J.R. Growth Stress in Hardwood Timber. *Proceedings of the 14th Central Hardwoods Forest Conference, Wooster, OH, March 16–19, 2004*. Wooster, USDA, 2004, pp. 106–115.

15. Coutand C., Pot G., Badel E. Mechanosensing Is Involved in the Regulation of Autostress Levels in Tension Wood. *Trees*, 2014, vol. 28, pp. 687–697. DOI: [10.1007/s00468-014-0981-6](https://doi.org/10.1007/s00468-014-0981-6)

16. Fourcaud T., Blaise F., Lac P., Castéra P., de Reffye P. Numerical Modelling of Shape Regulation and Growth Stresses in Trees. *Trees*, 2003, vol. 17, pp. 31–39. DOI: [10.1007/s00468-002-0203-5](https://doi.org/10.1007/s00468-002-0203-5)

17. Kübler H. Studien über Wachstumsspannungen des Holzes—Erste Mitteilung: Die Ursache der Wachstumsspannungen und die Spannungen quer zur Faserrichtung. *Holz als Roh- und Werkstoff* [European Journal of Wood and Wood Products], 1959, vol. 17, pp. 1–9. DOI: [10.1007/BF02608827](https://doi.org/10.1007/BF02608827)

18. Nicholson J.E. A Rapid Method for Estimating Longitudinal Growth Stresses in Logs. *Wood Science and Technology*, 1971, vol. 5, iss. 1, pp. 40–48. DOI: [10.1007/BF00363119](https://doi.org/10.1007/BF00363119)

19. Okura S., Ozawa K., Takagaki N. On the Twisting Warp of Wood. Part IV. Twisting Warp of Boards in Relation to Fiber Directions. *Mokuzai Gakkaishi*, 1963, no. 9(4), pp. 121–124.

20. Roignant J., Badel É., Leblanc-Fournier N., Brunel-Michac N., Ruelle J., Moulia B., Decourteix M. Feeling Stretched or Compressed? The Multiple Mechanosensitive Responses of Wood Formation to Bending. *Annals of Botany*, 2018, vol. 121, iss. 6, pp. 1151–1161. DOI: [10.1093/aob/mcx211](https://doi.org/10.1093/aob/mcx211)

21. Stevens W.C., Mech E. Twist in Sitka Spruce. *Timber Trades Journal*, 1960, no. 2.

**REASONING OF TREE CROSS SECTIONS OVAL SHAPING WHILE GROWING WITH AN INCLINATION**

*V.N. Glukhikh, Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [AAV-9066-2020](https://orcid.org/0000-0002-9912-506X),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9912-506X>*

*A.G. Chernykh, Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [AAV-9066-2020](https://orcid.org/0000-0002-9912-506X),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9912-506X>*

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2-ya Krasnoarmeyskaya ul., 4, Saint Petersburg, 190005, Russian Federation;

e-mail: vnglukhikh@mail.ru, ag1825831@mail.ru

It is known that it is possible to determine the age of a tree and the conditions for its growth by some external features. These features include the number of annual layers on the tree trunk cross section, the correct geometric shape of these layers. The stem taper indicates where this tree grew: in an overstocked stand or in open areas. The oval shape of the cross sections of the trunk is common to the trees with irregular crown or grown inclined to the horizon. A powerful external action of a prevailing wind load influences on the cross sections shaping of tree trunks. Trunk, crown and corresponding cross-breaking strength and compression resistance along the wood fibers of a tree are formed in response to all external influences during its growth. The collaborative effect of these factors is the size, shape and location of the core and sapwood zones in the tree trunks, on which the strength, density, and location of wood defects are dependent, and which affect the quality of wood products in-service. The authors chose the initial stress formed during the tree growth as a uniform criterion for assessing the influence of the natural features of wood on the quality and strength of wooden building structures. The value of which can be fairly estimated by the size and shape of the core and sapwood zones of the tree trunks cross sections. The size and shape of these zones can be measured by scanning. The log sawing pattern should be selected using appropriate computer software that allow obtaining the high-quality sawn timber for the construction purposes. The research purpose is to develop a method for determining the size and shape of the core and sapwood zones of the tree trunk sections that have a natural curvature and grow vertically or with an inclination to the horizon; and what is more, to substantiate the connection between the shape and size of the tree trunk oval sections with the initial stresses developing during growth and the wood strength under tension, compression along the fibers and static bending.

**For citation:** Glukhikh V.N., Chernykh A.G. Reasoning of Tree Cross Sections Oval Shaping while Growing with an Inclination. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 5, pp. 166–175. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-166-175

**Keywords:** wood ultimate strength, statistical bending, bending moment, timber structures, stress strain behavior, primary stress, core shifting.

Поступила 11.09.19 / Received on September 11, 2019

---