

Мамедов Ширали Махаррам-оглы, канд. экон. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет),

Россия, г. Санкт-Петербург

Нижегородцев Денис Валерьевич, ассистент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия,

г. Санкт-Петербург

Домбровский Илья Геннадьевич, магистрант, Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия,

г. Санкт-Петербург

Донин Евгений Николаевич, магистрант, Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, г. Санкт-Петербург

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДРЕВЕСИНЫ

Аннотация: Описан процесс формирования ствола дерева в процессе его роста в природных условиях. Даны основные характеристики древесины, основанные на природных особенностях материала. Ствол дерева представлен, как природная строительная конструкция, что позволило проанализировать его строение с учетом принципов строительной механики. Представлена концепция формирования сечения для клеёных балок с учётом упрочнённой древесины. Предложен метод формирования составного сечения клеёной балки, с учётом повышенной прочности древесины согласно принципам бионики.

Ключевые слова: заболонь, анизотропия, строительные конструкции, древесина, брус, клееные деревянные конструкции, ламель.

Abstract: The process of tree trunk formation during its growth in natural conditions is described. The main characteristics of wood based on the natural features

of the material are given. The tree trunk is presented as a natural construction structure, which allowed us to analyze its structure taking into account the principles of construction mechanics. The concept of cross-section formation for glued beams with reinforced wood is presented. A method for forming a composite section of a glued beam, taking into account the increased strength of wood according to the principles of bionics, is proposed.

Keywords: sapwood, anisotropy, building structures, wood, timber, glued beam, lamella.

Формы растений тесно связаны с особенностями физиологии и экологии, внутренним строением и функционированием тканей растений. Из этого мы видим столь великий диапазон разновидности деревьев. Древесина является очень специфичным биологическим материалом. Она имеет волокнистую структуру - состоит в основном из сильно вытянутых клеток (волокон), которые большей частью ориентированы вдоль ствола. Такое строение создаёт основу для анизотропии древесины – различного проявления свойств древесины в различных направлениях или разрезах [1]. На рисунке 1 представлено строение дерева в различных зонах.

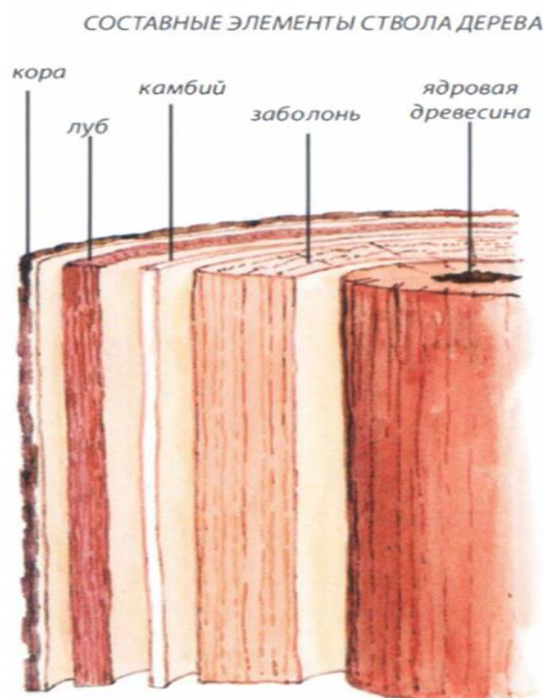


Рис. 1. Составные элементы ствола

Древесина – это масса трубчатых целлюлозных клеток, связанных вместе органическим веществом под названием лигнин. Клетки отличаются по размеру и форме, но в целом они длинные и тонкие и расположены вдоль главной оси ствола или веток дерева. Такая ориентация клеток формирует направление волокон и слоёв. Тем самым выражается главное свойство древесины – анизотропия – различие прочностных свойств в различных направлениях. Клетки обеспечивают дереву прочность, циркуляцию сока и запас питательных веществ [2].

При описании физико-механических свойств древесины необходимо учитывать начальные напряжения [3]. В процессе роста дерева делением образуются новые клетки, которые с ростом вытягивают дерево вверх. При этом образуется так называемая тяговая древесина. Тяговая древесина создает внутренние напряжения, то есть ствол дерева является предварительно нажатой балкой [4].

Процесс роста дерева, по существу, является процессом формирования равнопрочной балки. Если рассмотреть отдельное дерево как строительную конструкцию, то можно сделать вывод, что работа дерева при воздействии внешних нагрузок подчиняется всем законам строительной механики и сопротивлению материалов (рис.2).

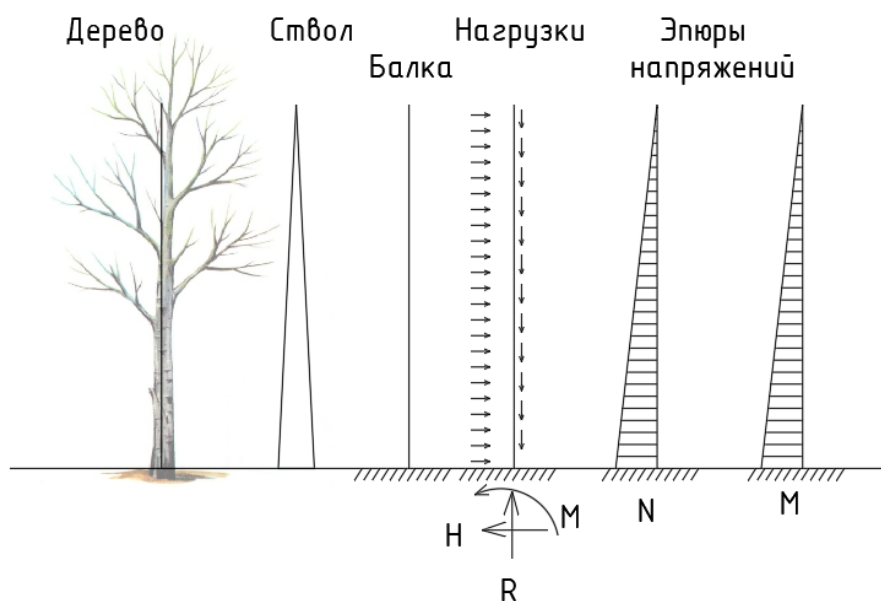


Рис. 2. Эпюры напряжений, возникающие в дереве при его росте

В рамках данного исследования дерево представляется как вертикальная балка, на которую действуют ветровая, снеговая нагрузки, а также собственный вес дерева. У корней дерева, где возникает наибольший изгибающий момент, данная конструкция имеет наибольшее поперечное сечение. С уменьшением момента уменьшается и сечение. То есть структура дерева формируется таким образом, чтобы несущая способность в каждой точке была достаточна для восприятия изгибающих моментов.

Ствол дерева геометрически представляет собой конус, что означает, что дерево готово принять нагрузку со всех сторон. Прочность древесины, с учетом законов строительной механики:

$$M/W \leq R_y/\gamma_n \quad (1)$$

где M – изгибающий момент;

W – момент сопротивления;

R_y – нормативное сопротивление древесины;

γ_n – коэффициент надёжности.

Поперечное сечение конуса на любой отметке является кругом. Момент сопротивления круга (рис. 3):

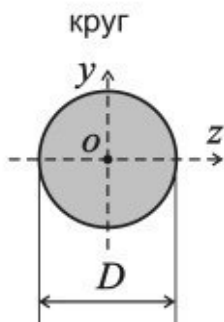


Рис. 3. Схема для определения момента сопротивления круглого сечения

$$W_z = W_y = \frac{\pi D^3}{32} \approx 0.1D^3 \quad (2)$$

Следовательно, прочность ствола дерева в идеализированных условиях одинакова в любом направлении, что вызвано условиями роста.

В данной работе предлагается изменить подход к первичной выборке дерева, и его оценки для дальнейшей обработки, чтобы эффективнее

использовать прочностные свойства материала при строительстве зданий и сооружений. На практике ствол дерева часто имеет не правильную форму конуса, а форму конуса, заваленного в сторону. Данное явление может быть вызвано различными причинами:

- 1) воздействие ветровых нагрузок по неравномерной розе ветров, т.е. главенствующее давление ветра в одном или нескольких направлениях;
- 2) неравномерное расположение веток в кроне дерева и, как результат, несимметричные нагрузки от собственного веса;
- 3) изменение направления роста ствола для получения большего количества солнечного света (в условиях «конкуренции» большого количества деревьев в густых лесах).

Такой ствол в разных направлениях имеет различную прочность. Распределение напряжений в поперечном сечении конуса также происходит неравномерно. В наиболее напряжённые участки ствола возрастает приток питательных веществ, в результате увеличивается толщина стенок клеток, за счет чего возрастает их сопротивление действию растягивающих и сжимающих напряжений соответственно.

Дерево обладает «памятью», то есть древесина после формирования и распила на пиломатериалы пытается изогнуться так, как оно изгибалось ранее в процессе роста. В связи с этим актуально при формировании ламелей, формирующих сечение клеёных балок, учитывать ориентацию каждой доски с учётом «памяти» дерева.

Предлагается располагать ламели таким образом, чтобы доски с увеличенным сопротивлением сжатию за счёт вышеуказанных факторов находились в сжатой зоне сечения, а доски с увеличенным сопротивлением растяжению находились в растянутой зоне во время эксплуатации конструкции. Это позволит повысить прочность конструкции за счет использования «скрытой» прочности дерева, и, как результат, увеличит допустимые нагрузки при проектировании деревянных конструкций.

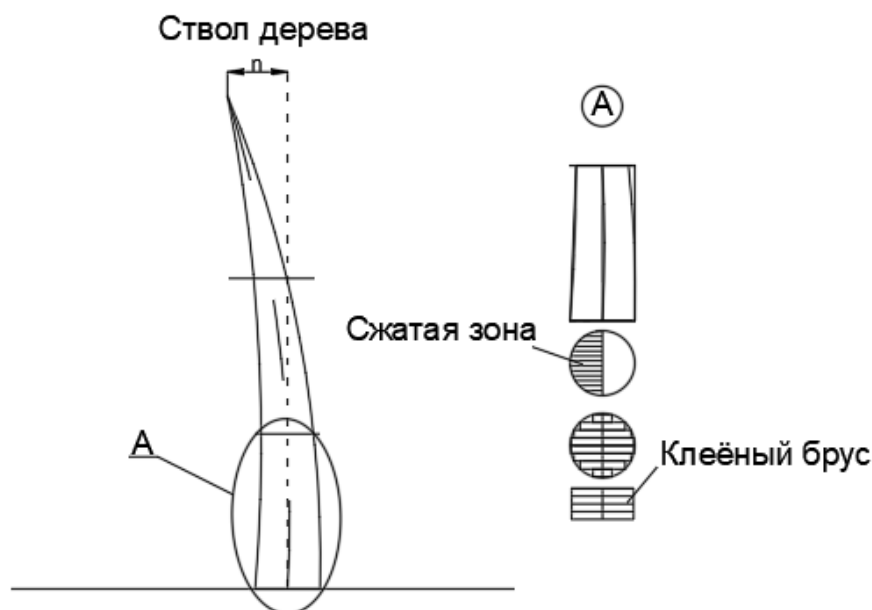


Рис. 4. Искривление ствола дерева и сжатая зона в стволе

Данное предложение имеет практическое применение в проектировании деревянных конструкций, т.к. на данный момент в технологии производства клеёных балок не учитываются изменение прочности дерева в различных участках ствола из-за воздействия внешних факторов [6].

Библиографический список:

1. Глухих В.Н., Черных А.Г. Анизотропия древесины. Технологический аспект: моногр. // Глухих В.Н., Черных А.Г.; СПбГАСУ. – СПб., 2013. - 240 с.
2. Михайличенко А.Л., Садовничий Ф.П. Древесиноведение и лесное товароведение // А. Л. Михайличенко, Ф. П. Садовничий. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1991. - 189 с. ISBN 5-06-002291-9.
3. Глухих В.Н. Начальные напряжения в естественно наклоненном стволе дерева // В сборнике: АРХИТЕКТУРА – СТРОИТЕЛЬСТВО – ТРАНСПОРТ. материалы 73-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. 2017. С. 44-49.

4. Леонтьев Л.Л. Строение древесины // М-во образования Рос. Федерации. С.-Петербург. гос. лесотехн. акад. - СПб.: СПбЛТА, 2002. - 82 с. ISBN 5-230-10583-6.

5. В.Н. Глухих А.Л. Акопян А.Н. Охлопкова. Природные особенности древесины // Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2018. - 391 с. ISBN 978-5-7422-6180-3.

6. Melekhov V., Byzov V., Chernykh A., Mamedov Sh. Strength properties of truss elements made of environmentally-friendly structural lumber // Architecture and Engineering. 2020. Т. 5. № 2. С. 25-31.