



ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ Й ДЕФОРМАТИВНОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК

В.В. Стоянов^а, О.І. Давиденко^б

^а *Одеська державна академія будівництва та архітектури,
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, Україна, 65029.*

^б *Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій
вул. Клименко, 5/2, м. Київ, Україна, 03680.*

E-mail: stoyanov@mail@bk.ru

Отримана 22 грудня 2008; прийнята 29 січня 2009.

Анотація. У статті розглянуті відомі підходи розрахунку дерев'яних балок при поперечному вигині. З огляду на особливості роботи деревини при різних напружених станах обґрунтовуються нові прийоми підвищення несучої здатності дерев'яних елементів, що згинаються. У зв'язку з цим деревина розглядається як природний полімер, що складається із системи трубчастих волокон. Звертаємо увагу на пластичний характер роботи деревини на стиск, де значну роль відіграє аморфна частина целюлозних волокон, які можуть бути модифіковані, що призведе до підвищення міцності й жорсткості при стиску.

Ключові слова: деревина, целюлоза, збільшення міцності й деформативності.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

В.В. Стоянов^а, А.И. Давиденко^б

^а *Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
ул. Дидрихсона, 4, г. Одесса, Украина, 65029.*

^б *Научно-исследовательский институт строительных конструкций
ул. Клименко, 5/2, г. Киев, Украина, 03680.*

E-mail: stoyanov@mail@bk.ru

Получена 22 декабря 2008; принята 29 января 2009.

Аннотация. В статье рассмотрены известные подходы расчета деревянных балок при поперечном изгибе. Учитывая особенности работы древесины при различных напряженных состояниях, обосновываются новые приемы повышения несущей способности деревянных изгибаемых элементов. В этой связи древесина рассматривается как природный полимер, состоящий из системы трубчатых волокон. Обращаем внимание на пластический характер работы древесины на сжатие, где определяющую роль играет аморфная часть целлюлозных волокон, которые могут быть модифицированы, что приведет к повышению прочности и жесткости при сжатии.

Ключевые слова: древесина, целлюлоза, увеличение прочности и деформативности.

INCREASING DURABILITY AND DEFORMABILITY OF WOODEN BEAMS

V.V. Stoyanov^a, A.I. Davidenko^b

^a Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
4, Didrihsona str., Odessa, Ukraine, 65029

^b State Scientific Research Institute of Building Constructions
5/2, Klimenko str., Kyiv, Ukraine, 03680.

E-mail: stoyanovmail@bk.ru

Received 22 Desember 2008; accepted 29 January 2009.

Abstract. The article is devoted to the known calculation approaches to wooden beams at the cross bending. Taking into account the work peculiarities of timber at different stress states, new methods are based to increase bearing capacity of wooden bent elements. Thereupon the wood is considered as natural polymer composed of tubular fiber system. The attention is paid to new plastic kind of work of the timber under pressing where the main role is determined by the amorphous part of the cellulose fibers which may be modified that leads to the enhancing of durability and rigidity while compression.

Key words: wood, cellulose, automated icing monitoring system, the increase of hardening and stiffening.

Традиционный расчет балок при поперечном изгибе обычно рассматривается на базе гипотезы плоских сечений. Появление при этом виде напряженного состояния, наряду с нормальными напряжениями касательных, вызывает некоторый перекося сечений, которым обычно пренебрегают. Влияние касательных напряжений в деревянных балках весьма заметно только в коротких цельнодеревянных элементах, когда длина их не более шести высот сечения. В дальнейшем анализе мы будем оперировать только нормальными напряжениями, полагая, что это ни в какой мере не указывает на малозначимость касательных напряжений в напряженно-деформированном состоянии конструкций.

Распределение краевых нормальных напряжений изгиба (σ_{\perp}) соответствует линейному характеру их распределения по высоте, но только в пределах невысоких значений σ_{\perp} , когда $\sigma_{\perp} = \sigma_p$ (рис.1).

Рассматривая приведенную диаграмму работы древесины на растяжение и сжатие (рис.2) мы обнаружим, что такой характер распределения нормальных напряжений может иметь место при относительной деформации $\varepsilon_{\min} = 0,001$, когда величина нормальных напряжений $\sigma_{\perp} = \sigma_p \approx 10$ МПа. Для сжатия при деформации $\varepsilon_c = 0,0015$ установлен условный предел

пропорциональности ($\varphi_c = 0,5$), за которым наблюдается резкий изгиб прямой приведенной оси абсцисс до наступления критических деформаций $\varepsilon_{\text{пр}}$. Для растянутых волокон в нижней зоне условный предел пропорциональности наступает при величине относительных деформаций $\varepsilon_p = 0,0035$.

Обратимся к динамике распределения нормальных напряжений и относительных деформаций по высоте сечения (рис.3).

При достижении условного предела пропорциональности при сжатии ($\varepsilon_c = 0,0015$) эпюра нормальных напряжений сжатия σ_c начинает приобретать криволинейный характер, а при $\varepsilon_p = 0,0035$ для условного предела пропорциональности при растяжении, эпюра напряжений сжатия имеет четко обозначенный криволинейный характер (рис.3) при одновременном смещении нейтральной оси в растянутую зону (рис.3б).

Констатируя динамику развития нормальных напряжений по высоте сечения в изгибаемом элементе, обратим внимание на то, что именно нарастание объема напряжений сжатия и смещения нейтральной оси приводит к перегрузке волокон растянутой зоны.

В связи с этим рассмотрим физику этого процесса, имея в виду специфику строения древесины. Известно, что древесина как природный

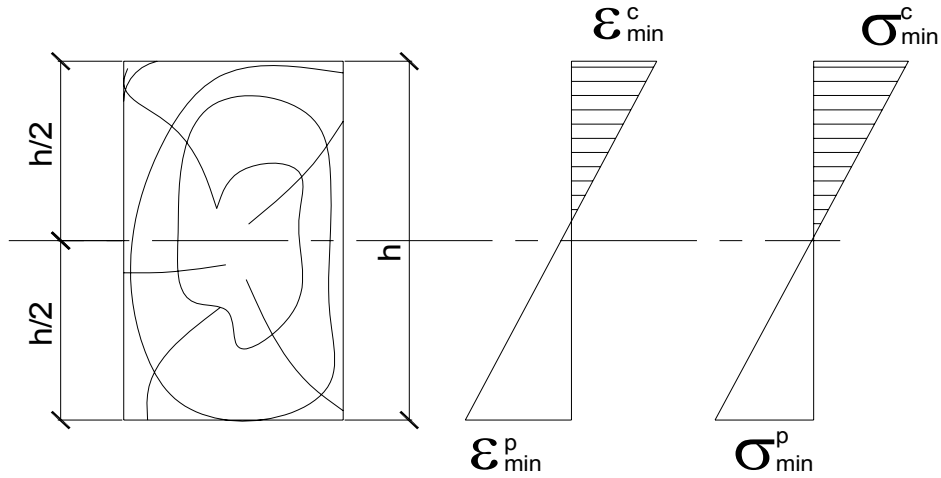


Рис. 1. Линейное распределение нормальных напряжений при небольшой величине нагружения.

полимер состоит из целлюлозы в виде системы трубчатых волокон.

Целлюлозные цепочки в стенках трубчатых волокон частично (около 40 %) группируются в виде кристаллических областей – мицелл, где цепи параллельно ориентированы и прочно удерживаются межмолекулярными силами.

Остальная часть так называемой аморфной целлюлозы (около 60%) состоит из неориентированных областей, где нет полной взаимонасыщаемости цепей и где довольно легко может происходить взаимодействие целлюлозы с другими веществами (Никитин Н.И. стр. 43-56 [1]). Очевидно, что в части пластического характера работы древесины на сжатие, определяющую роль играет аморфная часть целлюлозных волокон, когда потеря устойчивости одного волокна вызывает догружение рядом расположенных волокон и далее этот процесс увеличивает сжатую зону по высоте сечения. Резюмируя физику этого процесса, отметим – аморфная часть целлюлозы, обеспечивая пластический характер деформаций сжатия, вместе с тем является причиной уменьшения зоны деформаций растяжения, что приводит к перегрузке критических растянутых волокон и их разрыву.

Такова схема развития нормальных напряжений сжатия и растяжения в деревянной балке при поперечном изгибе.

Обратимся теперь к поставленной в работе задаче – учитывая специфику работы балки на изгиб и анизотропию древесины повысить ее несущую способность.

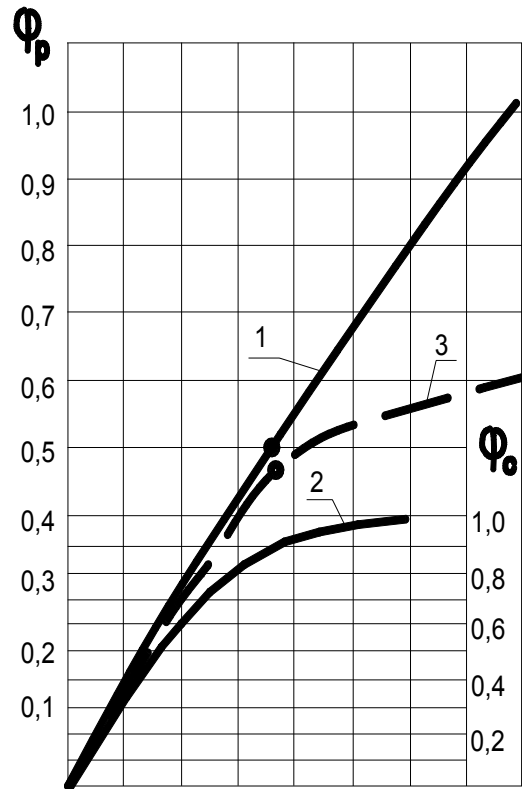


Рис. 2. Приведенная диаграмма работы сосны (1-при растяжении, 2-при сжатии, 3-при сжатии для модифицированной древесины сосны), φ - относительные напряжения (доля от предельной прочности).

Здесь можно отметить несколько направлений.

Одним из них является известный способ армирования древесины отдельными стержнями [2] или послойное армирование высокомодульными сетками [3]. Надо признать, что эти

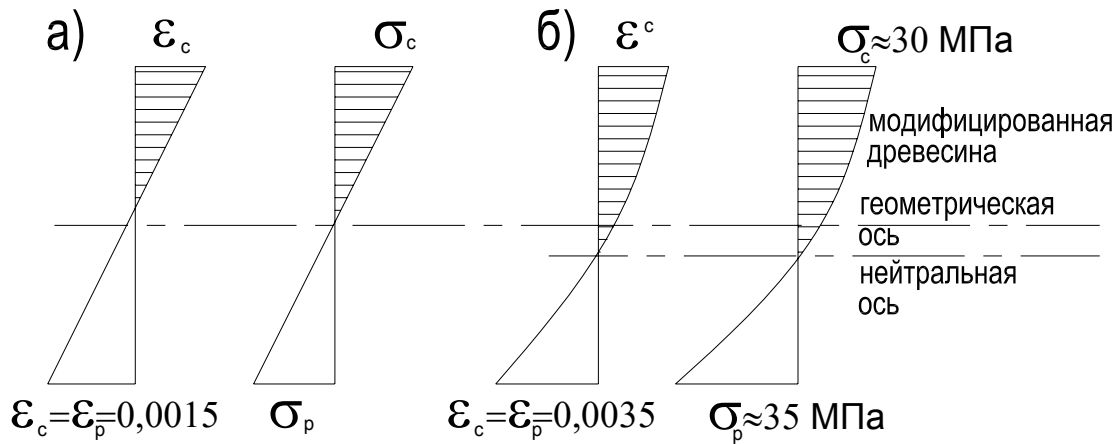


Рис.3. Динамика распределения нормальных напряжений в момент достижения условного предела пропорциональности при сжатии и растяжении.

способы очень эффективны, но и весьма затратны.

Другим, пока нереализованным способом, может стать усиление сжатой зоны древесины путем модификации аморфной части целлюлозы [4]. При этом модификатор – полимер, попав в стенку клетки, способствует вовлечению в механическую работу аморфной части целлюлозы, заполняя объем между пучками фибрилл (в аморфной части целлюлозы) и мицелл [1]. Это приводит к утолщению клетки и повышению ее прочности и жесткости.

Способов модификации древесины много, они отработаны и используются для повышения прочности и жесткости древесины [3]. Например, в работе [6] приводятся данные о величине предела прочности при сжатии модифицированной фенолоспиртами древесины сосны, которая составила 92 МПа. Эта величина весьма близка к пределу прочности на растяжение немодифицированной древесины сосны. В принципе, это означает, что их пределы условного предела пропорциональности почти совпадают (рис.2) и существенно изменяется динамика нарастания нормальных напряжений в балке с модифицированным сжатым слоем. Действительно, до величины относительной деформации $\varepsilon = 0,0035$ эпюра крайних напряжений сжатия и растяжения сохраняет линейный характер (рис.3) и лишь далее (при продолжении загрузки) картина нарастания деформаций напряжения будет соответствовать ранее описанному принципу.

Модификация сжатой зоны клеенощитых балок может осуществляться при регламентированной норме модификации отдельных досок. Здесь имеется в виду переход от глубокой модификации крайних элементов и постепенного перехода к немодифицированной части средних слоев.

В заключение отметим, что предлагаемый способ усиления базируется на хорошо известных способах и приемах конструирования и изготовления деревянных конструкций и может быть использован при производстве клееных сжато-изогнутых деревянных элементов на современных заводах клееных конструкций. Экономическая эффективность будет определяться оптимальным выбором модификации и способом модификации, а также рациональным выбором клееного пакета балочного элемента.

Достоинством клеенощитых балок со слоем определенной толщины из модифицированной древесины является повышенная способность волокон сопротивляться потере устойчивости при сжатии.

Литература:

1. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы М., Академия наук СССР, 1962 г. с. 700.
2. Щуко В.Ю., Рощина С.И. Армирование деревянных конструкций в строительстве В., ВТУ, 2002, с.66.
3. Патент № 18593 На деревянные балки, опубликованный в бюллетене №112 15.11.2001.

4. Стоянов В.В. Модифицированная древесина в зоне послыйного армирования деревянных конструкций В ст. Современные строительные конструкции из металла и древесины О., Внешрекламсервис, 2004 г.
5. Хрулев В.М. Модифицирование древесины в строительстве. – М., Стройиздат., 1983. – с. 80.
6. Хрулев В.М., Рыков Р.И. Обработка древесины полимерами Ц.У., 1984, с. 241
7. Стоянов В.В. Повышение несущей способности деревянных изгибаемых элементов В ст. “Современные строительные конструкции из металла и древесины” О., Внешрекламсервис, 2006 г.
8. M. H. Schneider and J. G. Phillips Elasticity of wood and wood polymer composites in tension compression and bending/ Wood Science and Technology, Springer Berlin / Heidelberg Volume 25, Number 5 / 1991. pp 361-364
9. Balaba, W. M. and Subramanian, R. V. (1986). The Kinetics of the *In Situ* Polymerization of Glycidyl Methacrylate in Wood Using Dynamic Mechanical Measurements. Polymer Engineering and Science. 26(8); 576-582.
10. Gearing, J. W. E. and Stone, M. R. (1984). The Dynamic Mechanical Method for the Characterization of Solid Composite Polymers. Polymer Composites 5(45): 312-318.
11. Sugiyama, M.; Obataya, E. and Norimoto, M. (1996). Temperature Dependence Of Dynamic Viscoelasticity for Chemically Treated Woods. Proceedings from the Third Pacific Rim BioBased Composites Symposium, December 25, 1996, Kyoto, Japan. 416-422.

Стоянов Володимир Васильович – д.т.н., професор, завідувач кафедру «Металеві, дерев'яні і пластмасові конструкції» будівельного факультету Одеської державної академії будівництва й архітектури. Академік Академії будівництва України. Голова Асоціації фахівців дерев'яних конструкцій Росії, України, Білорусії (АСДК РУБ). Наукові інтереси: реконструкція й посилення металевих складених конструкцій високомодульними матеріалами, збірні оболонні легкі покриття.

Давиденко Олександр Іванович – д.т.н., професор, завідувач відділом ДНДІБК. Член кореспондент Санкт-Петербурзької Академії екології. Наукові інтереси: реконструкція й посилення металевих складених конструкцій високомодульними матеріалами, збірні оболонні легкі покриття.

Стоянов Владимир Васильевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Металлические, деревянные и пластмассовые конструкции» строительного факультета Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Академик Академии строительства Украины. Председатель Ассоциации специалистов по деревянным конструкциям России, Украины, Белоруссии (АСДК РУБ). Научные интересы: реконструкция и усиление металлических составных конструкций высокомодульными материалами, сборные оболочечные легкие покрытия.

Давиденко Александр Иванович – д.т.н., профессор, заведующий отделом ГНИИСК. Член-корреспондент Санкт-Петербургской Академии экологии. Научные интересы: реконструкция и усиление металлических составных конструкций высокомодульными материалами, сборные оболочечные легкие покрытия.

Stoyanov Vladimir Vasil'evich – doctor of technical sciences, professor, the head of “Metal, wooden and plastic Structures” chair of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. The Academician of the Construction Academy of Ukraine. The Chairman of the Association of the Wooden Structures specialists of Russia, Ukraine, Byelorussia. Scientific interests: the reconstruction and reinforcing of metal composite constructions by the high-module materials, and assembled shell light coverings.

Davidenko Aleksandr Ivanovich – the doctor of technical sciences, professor, the head of State Scientific Research Institute of Building Constructions department. The associate of S. Petersburg Academy of Ecology. Scientific interests: the reconstruction, reinforcing of metal composite constructions by the high-modulus materials, and assembled shell light coverings.