

УДК 624.011.1

О некоторых направлениях совершенствования и развития деревянных конструкций

Анатолий Яковлевич НАЙЧУК, член редколлегии журнала «ПГС» с 2011 г., директор, e-mail: atnya@yandex.ru

Филиал РУП «Институт БелНИИС» – «Научно-технический центр», Республика Беларусь, 224023 Брест, ул. Московская, 267/2

***Аннотация.** Дан краткий анализ эффективности применения деревянных конструкций в отечественной и зарубежной практике строительства. Рассмотрены некоторые направления и задачи по дальнейшему развитию и совершенствованию деревянных конструкций.*

***Ключевые слова:** деревянные конструкции, воздействие, прочность, деформативность.*



Анатолий Яковлевич НАЙЧУК – доктор технических наук, академик Академии строительства Украины.

После окончания Брестского инженерно-строительного института по специальности «Промышленное и гражданское строительство» работал инженером, старшим инженером, старшим научным сотрудником, зав. лабораторией экспериментально-теоретических исследований ЦНИИПромзданий Госстроя СССР в Бресте. С 1992 по 2004 г. – директор Научно-технического центра Госстроя РБ, Министерства архитектуры и строительства РБ, с 2004 г. – директор филиала РУП «Институт БелНИИС» – «Научно-технический центр».

Кандидатскую диссертацию защитил в Киевском инженерно-строительном институте по теме «Опорные и коньковые узлы деревянных арок», докторскую – в ОАО «ЦНИИПромзданий» по теме «Прочность элементов деревянных конструкций в условиях сложного неоднородного напряженного состояния». Является научным руководителем и консультантом аспирантов.

Автор 110 научных публикаций, трех авторских свидетельств и патентов. Под его руководством и при непосредственном участии были разработаны СНБ 5.05.01-2000 «Деревянные конструкции», ТКП 45-5.05-146-2009 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования», ТКП 45-5.04-222-2010 «Панели металлические с утеплителем», ТКП EN 1995-1-1-2009 «Еврокод 5: Проектирование деревянных конструкций. Ч. 1-1. Общие правила для зданий. Правила проектирования», ТКП «Деревянные конструкции. Правила расчета», а также 18 стандартов РБ и два стандарта организации. А. Я. Найчук один из авторов СП 64.13330.2011 (Россия), ДСТУ «Конструкції з цільної і клеєної деревени. Норми проектування» (Украина), принимал участие в разработке пособия к СН РК EN 1995-1-1 «Проектирование деревянных конструкций. Ч. 1 и Ч. 2. Расчет и конструирование деревянных конструкций» и пособия к СН РК EN 1995-2 «Проектирование мостов. Часть. Деревянные мосты» (Республика Казахстан).

Высокие конструкционные качества, малый собственный вес и хорошая сборность позволяют применять древесину в несущих конструкциях (балки, рамы, арки, стропильные фермы и пространственные конструкции в виде куполов и сводов). В ограждающих конструкциях ее применение оправданно, если эффективно используются высокая удельная жесткость, малая теплопроводность поперек волокон, малые коэффициенты теплоусвоения и температурного линейного расширения. Известно, что область рационального применения этих конструкций должна определяться с учетом типа здания или сооружения, а также условий эксплуатации. Исходя из отечественного и зарубежного опы-

та успешной эксплуатации деревянные конструкции следует предусматривать в проектах сельскохозяйственных и складских построек, промышленных, общественных зданий и сооружений (склады, бассейны, стадионы, спортивные залы, крытые рынки, теннисные корты и выставочные павильоны), жилых малоэтажных домов, сборно-разборных зданий, пешеходных и автодорожных мостов.

Большим импульсом для развития и расширения области применения этих конструкций стало производство клееной древесины, что способствовало разработке конструкций нового типа: клееных, клефанерных, бруса и плит из многослойного клееного однонаправленного шпона LVL,

панелей из накрест слоистой клееной древесины CLT, а также плитных материалов ЦСП, OSB (рис. 1). Вместе с тем возник целый ряд научных задач, связанных с изучением свойств указанных материалов при действии как кратковременных, так и длительных нагрузок, оценкой влияния температурно-влажностных воздействий на прочностные и упругие характеристики материалов, выбором оптимальных форм конструкций и соединения их элементов, определением надежности и долговечности, разработкой методов расчета. В той или иной мере решения данных задач нашли отражение в нормативных документах разных стран по проектированию деревянных конструкций [1–3].

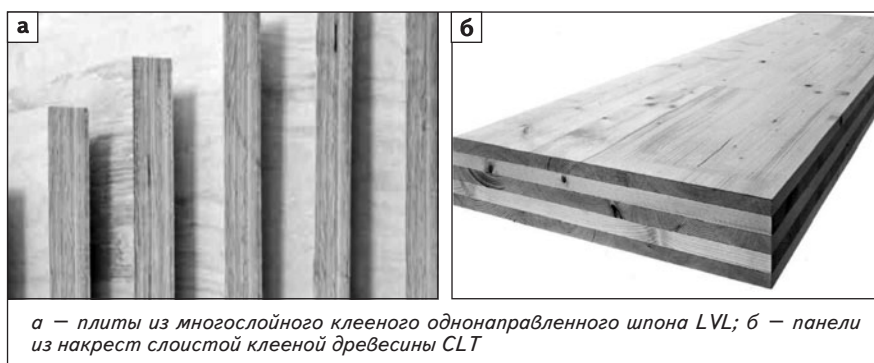


Рис. 1. Общий вид плитных материалов

В настоящее время в ряде стран СНГ (Беларусь, Казахстан, Украина) проектирование деревянных конструкций может осуществляться на основании требований как европейских (еврокодов), так и национальных норм, базирующихся в основном на положениях [1]. Необходимость внедрения европейских норм в практику строительства обусловлена стоящей перед отраслью задачей всемерного повышения качества возводимых зданий и сооружений, производимых материалов и конструкций, повышения их конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках при оптимизации расхода трудовых, материальных, энергетических и финансовых ресурсов. В России проектирование деревянных конструкций осуществляется на основании требований [3].

Уровень того или иного нормативного документа, как правило, отражает научные достижения в данной области. Что же касается норм [1] и аналогичных им национальных документов стран СНГ, то они не в полном объеме соответствуют как достигнутому уровню технологии изготовления деревянных конструкций, так и имеющимся научным достижениям. К основным причинам сложившейся ситуации в области разработки и актуализации норм по проектированию деревянных конструкций в странах СНГ можно отнести: разрыв научных связей между ведущими НИИ, вузами стран СНГ (в то время как в странах ЕС существует тесная интеграция между научно-исследовательскими организациями и изготовителями продукции); отсутствие координации усилий и недостаток финансирования при решении

актуальных проблем; естественное сокращение научных школ и как следствие целых научных направлений. Большинство этих причин было отражено в статье [4].

Вместе с тем за последние 20 лет в странах СНГ и за рубежом возросло строительство зданий и сооружений с использованием деревянных конструкций из цельной и клееной древесины, а также материалов на ее основе [5–7]. Следует отметить, что в странах СНГ деревянные конструкции в основном применяют в гражданских зданиях и сооружениях (рис. 2). За рубежом область их применения значительно расширена — пешеходные и автомобильные мосты [8, 9] (рис. 3), линии электропередачи и осветительные мачты.

Для расширения области применения деревянных конструкций целесообразно решить ряд научных и практических задач, к которым, по мнению автора, можно отнести:

- совершенствование методов расчета деревянных конструкций с учетом реальных условий эксплуатации, специфики свойств современных древесных материалов;
- разработку и совершенствование соединений элементов деревянных конструкций с внедрением зарубежного и отечественного опыта эксплуатации деревянных конструкций;
- определение закономерностей изменения податливости соединений элементов деревянных конструкций в зависимости от характера и длительности действия нагрузки, условий эксплуатации;
- применение в деревянных конструкциях таких материалов, как LVL и массивной накрест слоистой клееной древесины CLT;

- разработку и исследование комбинированных деревянных конструкций для строительства жилых и общественных зданий, мостов;
- совершенствование нормативных документов по проектированию, изготовлению, монтажу, эксплуатации и мониторингу деревянных конструкций для повышения их надежности, долговечности и внедрения инноваций в строительство.

Несмотря на положительный зарубежный и отечественный опыт применения деревянных конструкций, они не всегда удовлетворяют требованиям надежности и долговечности. Это подтверждают результаты обследований. Установлено, что появление дефектов и их развитие во времени взаимосвязаны с видом напряженно-деформированного состояния элементов и условиями эксплуатации. Поэтому задача совершенствования методов расчета деревянных конструкций с учетом реальных условий эксплуатации и специфики свойств современных древесных материалов актуальна и в настоящее время.

Так, в нормах [1] и в аналогичных им национальных документах стран СНГ проектирование деревянных конструкций осуществляется на основе ряда необоснованных упрощений, основное из которых — допущение об отсутствии взаимосвязи во времени сезонных температурно-влажностных и силовых воздействий.

В соответствии с требованиями указанных норм расчет деревянных конструкций выполняется с использованием метода частных коэффициентов условий работы, где совместное влияние температурно-влажностных и силовых воздействий рассматривается независимо от вида напряженного и гидротермического состояния элементов конструкций, сочетания применяемых материалов и степени их анизотропии.

Впервые такому комплексному решению данной проблемы посвящена работа [10], результаты которой были учтены в проекте новой редакции главы СНиП 2.03.08-90 (взамен СНиП II-25-80), но не нашли отражения в [3]. Дальнейшее решение данной проблемы получило развитие в работах [11, 12].

Особого внимания заслуживает



Рис. 2. Конструкции покрытия

работа [12]. Ее главным результатом стало выявление закономерностей изменения длительной прочности древесины и материалов на ее основе при совместном учете изменения температурно-влажностных и силовых воздействий, что соответствует реальным условиям и предполагаемому сроку эксплуатации конструкций. Поэтому, основываясь на выявленных закономерностях, принятие в [2] частного коэффициента k_{mod} свойств материалов и изделий, учитывающего изменение прочности материалов и изделий в зависимости от условий эксплуатации, длительности действия нагрузок, а также от их сочетаний, является обоснованным.

Вместе с тем, по мнению автора статьи, используемые в [12] модели для математического описания снижения прочности древесины при длительном нагружении, как функции от величины нагрузки и продолжительности ее действия, имеют определенные ограничения. В случаях, когда в древесине элементов конструкций действуют компоненты напряжений, вызывающих растяжение поперек волокон, или же ее комбинация с другими компонентами напряжений, нельзя использовать модели разрушения древесины, которые были приняты в [12]. Такое утверждение базируется на результатах исследований, приведенных в работе [13], где было установлено, что скорость снижения прочности древесины при длительном действии нагрузки зависит не только от уровня напряжений, но и от вида напряженного состояния.

Таким образом, приведенные в

[2] значения коэффициентов k_{mod} должны быть дифференцированы не только от длительности действия нагрузки, условий эксплуатации, но и от вида напряженного состояния. Для решения данной задачи, при соответствующем обосновании, могут быть использованы модели, которые приведены в работах [11–14].

Относительно разработки и совершенствования соединений элементов деревянных конструкций можно отметить следующее: в силу сложившейся практики, особенно при проектировании большепролетных деревянных конструкций из клееной древесины, в странах СНГ в основном используются клеенные стальные стержни [5]. В странах Западной Европы, США, Канаде, Японии и Австралии соединения элементов в аналогичных конструкциях выполняются с помощью шпилек-саморезов (нагелей) и скрытых в пазах деревянных элементов стальных пластин.

Каждый из приведенных типов соединений имеет как достоинства, так и недостатки. При проектировании соединений на клеенных стержнях приведенная в [3] методика расчета не в полной мере учитывает напряженно-деформированное состояние древесины элемента конструкции, находящейся как в зоне расположения стержней, так и в непосредственной близости к ней, а также изменения температурно-влажностных условий эксплуатации конструкции. Это особенно касается узлов, где соединение элементов конструкции выполнено с использованием наклонно клеенных стержней. Для решения данной задачи

должны быть разработаны (или обоснованно приняты из существующих) расчетные модели с использованием экспериментально проверенных критериальных зависимостей.

Расчет соединений с применением шпилек-саморезов выполняется в соответствии с требованиями [2].

В зарубежной практике строительства для соединений элементов деревянных конструкций небольших пролетов кроме нагелей,

болтов и гвоздей широко используются металлические шайбы шпоночного и нагельного типов, металлические зубчатые пластины (МЗП) и шурупы. Однако в странах СНГ чаще всего используют нагели, болты, глухары, гвозди и в редких случаях МЗП, несмотря на то, что металлические шайбы шпоночного типа применяли еще в 1930-е гг. Сложившаяся ситуация значительно сужает возможности применения конструкций из цельной древесины, поэтому необходимо внедрение зарубежных технологий по изготовлению таких соединений и разработка нормативной базы для их проектирования.

Для соединений элементов деревянных конструкций, выполненных на механических связях, а также клеенных стержнях, актуально определение закономерностей изменения их податливости в зависимости от продолжительности действия нагрузки и изменения температурно-влажностных воздействий [15–16]. Решение данной задачи даст возможность на стадии проектирования производить достоверную оценку деформативности конструкций с учетом перераспределения усилий в их элементах, что позволит повысить надежность зданий и сооружений.

В настоящее время в ряде стран СНГ успешно развивается направление по изготовлению многослойных клееных материалов из шпона типа LVL и клееной древесины из накрест расположенных слоев пиломатериалов типа CLT. Достаточно большой опыт использования таких материалов накоплен в США, Канаде, Австралии, странах Западной Европы.

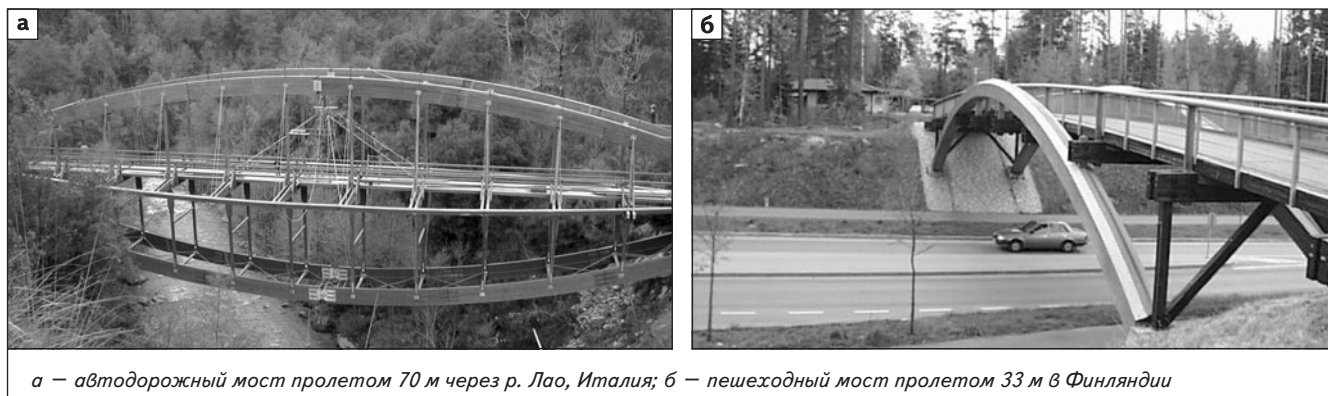


Рис. 3. Мосты из клееной древесины

Конструкции из LVL в виде балок, ферм, рам, плит и элементов пространственных конструкций (купол, оболочка, свод) применяют при строительстве жилых малоэтажных домов, большепролетных зданий и сооружений, мостов, а также при реконструкции зданий и сооружений.

В основном конструкции из CLT изготавливают в виде панелей, которые представляют собой слоистый массив из строганых пиломатериалов, склеенных между собой по пластинам с расположением слоев во взаимно перпендикулярных направлениях. Максимальные размеры панелей типа CLT: толщина — 320 мм, ширина — 2,95 м и длина — 16,5 м. Они находят применение при строительстве жилых домов в качестве наружных и внутренних стен, плит перекрытий и покрытий, а также при строительстве пешеходных и автомобильных мостов в качестве настила проезжей части пролетных строений.

В странах СНГ данные материалы используют мало. Среди основных причин можно назвать: недостаточную изученность свойств LVL и CLT; отсутствие, а в некоторых случаях недостаточную полноту нормативной базы, которая бы отражала специфические требования по изготовлению, проектированию, монтажу и эксплуатации конструкций из указанных материалов. В связи с этим необходимо провести целый комплекс научных исследований по определению физико-механических характеристик материалов, разработке оптимальных форм конструкций и соединений, а также нормативных документов по их изготовлению,

проектированию, строительству и эксплуатации.

В заключение следует отметить, что успешное решение приведенных здесь задач будет способствовать развитию деревянных конструкций и расширению области их применения в строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования.
2. Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, CEN, 2008.
3. СП 64.13330.2011 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции».
4. Серов Е. Н. Клееные деревянные конструкции. Состояние и проблемы развития // Деревянные конструкции – 2011: образование, практика, инновации в странах Баренцево-Евро-Арктического региона. Архангельск : ООО РАД, 2012. С. 143–154.
5. Турковский С. Б., Погорельцев А. А., Скворцова Т. К. Использование клееных деревянных конструкций в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 1999. № 9. С. 15–19.
6. Найчук А. Я. Деревянные клееные конструкции в спортивных зданиях и сооружениях Республики Беларусь // Збірник наукових праць українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського. Вип. 5. Київ, 2010. С. 32 – 40.
7. Shaun McCarthy. Reusable and adaptable wood structures. London : TRADA Technology & WFG, 2008. 45 p.
8. Giorgio Bignotti, Giuseppe Mancini. Lao River Bridge, Mormanno, Italy // IABSE Conference «Innovative Wooden Structures and Bridges» (Lahti, Finland, 2001). P. 83–88.
9. Heikki Rautakorpi. Wooden Arch Bridges in Finland // IABSE Conference «Innovative Wooden Structures and Bridges» (Lahti, Finland, 2001). P. 113–116.
10. Орлович Р. Б. Длительная прочность и деформативность конструкций из современных древесных материалов при основных эксплуатационных воздействиях : автореф. дис. д-ра техн. наук. Л., 1991. 50 с.
11. Sørensen JD, Hansen SO, Nielsen TA (2001). Calibration of partial safety factors and target reliability level in Danish structural codes // IABSE Conference on «Safety, Risk and Reliability – trends in Engineering» (Malta, 2001). P. 179–184.
12. Sørensen JD, Svensson S, Stang BD. Reliability-based calibration of load duration factors for timber structures. Structural Safety 27 (2005). P. 153–169.
13. Иванов Ю. М., Славик Ю. Ю. Длительная прочность древесины при растяжении поперек волокон // Изв. вузов. Сер. Стр-во и архитектура. 1986. № 10. С. 22–26.
14. Пятикрестовский К. П. Силовое сопротивление пространственных деревянных конструкций при кратковременных и длительных нагрузках : автореф. дис. д-ра техн. наук. М., 2011. 43 с.
15. Турковский С. Б., Погорельцев А. А. Создание деревянных конструкций системы ЦНИИСК на основе наклонно клеенных стержней // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 3. С. 6–8.
16. Турковский С. Б., Ломакин А. Д., Погорельцев А. А. Зависимость состояния клееных деревянных конструкций от влажности окружающего воздуха // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 3. С. 30–32.