КЛЕЕНЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ

GLUED WOODEN STRUCTURES: THE STATE AND PROBLEMS OF DEVELOPMENT

УДК 691

Казиханов Осман Арсаналиевич, Аспирант, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», Россия, г. Махачкала

Kazikhanov Osman Arsanalievich , e-mail: kazikhanov.osman@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассмотрены состояние, тенденции и проблемы развития деревянных конструкций (ДК) на современном этапе. Раскрывается приоритет отечественных научных достижений в практике проектирования и применения ДК и клееных ДК, обращено внимание на некоторые проблемы дальнейшего их развития.

Annotation: In this article the state, trends and problems of the development of wooden structures (DC) at the present stage are considered. The priority of domestic scientific achievements in the practice of designing and applying DC and glued DC is revealed, attention is drawn to some problems of their further development.

Ключевые слова: Клееные деревянные конструкции, НДС, КДК, Энергоёмкость, Гладкие кольцевый шпонки.

Keywords: Glued wooden structures, VAT, CDC, Energy consumption, Smooth ring dowels.

Особенности напряженно-деформированного состояния (НДС) большепролетных КДК и новые воззрения на оценку их прочности

Дерево является древнейшим конструкционным материалом, и эволюция отбора конструктивных решений выработала номенклатуру весьма надежных систем и конструкций из цельной древесины (ДК). Оценка их прочности по максимальным напряжениям была и остается вполне достаточной, если не чрезмерной.

Склеивание элементов клееных деревянных конструкций (КДК) водостойкими клеями неизмеримо обогатило инженерные и архитектурные возможности древесины. КДК могут перекрывать пролеты, недосягаемые для других материалов. Расстояния между опорами клеедощатых балок достигают 40 м и более, тонкостенных (клеефанерных) – до 55 м, гнутоклееных рам – до 70 м, арок – до 100 м, пространственных – до 250 мм и более. Пространственными системами из КДК перекрывают даже целые стадионы, в том числе олимпийские.

В большепролетных КДК появились несвойственные для ДК очертания, например с участками большой кривизны. Существенно изменились формы и размеры поперечных сечений, а также соотношения этих размеров. Увеличились нагрузки, особенно сосредоточенные силы, в том числе и опорные реакции. Вместе с тем, клееной древесине свойственна повышенная степень анизотропии. Прочность ее вдоль волокон возросла за счет вырезания крупных пороков из отдельных слоев, а относительная величина оставшихся в многослойном пакете существенно уменьшилась, что повысило однородность клееной древесины по сравнению с цельной. Поперек волокон, наоборот, характеристики уменьшились вследствие неизбежного наличия кососрезных волокон в каждом слое и склеивания ламелей по этим скосам, а в зоне сучков – практически по торцам перерезанных волокон.

С одной стороны, совокупность перечисленных и др. особенностей КДК заметно изменила их НДС, с другой – при возросших возможностях крупных элементов КДК вдоль волокон узлы их соединения отстают в развитии, оставаясь во многих случаях на уровне мелкоэлементных ДК. В результате в некоторых эксплуатируемых КДК начали возникать дефекты, чаще, в виде трещин: в приопорных зонах, в криволинейных участках, в окрестностях узлов сопряжения

и др. местах. Наблюдаемое макроразрушение обычно связывают с технологическими промахами, обвиняя клеи и режимы изготовления, с условиями эксплуатации и пр. Например, возникновение магистральных продольных трещин в КДК дало повод для введения сначала коэффициента 0,6 в расчетное сопротивление клееной древесины скалыванию, а затем и существенного уменьшения его в СНиП. Такое решение не вскрыло, а скорее завуалировало сущность явления, тем более, что дефекты и очаги первых признаков разрушения возникают часто вне зон действия максимальных напряжений.

Исследования показали, что приведенные суммарные напряжения под углом к волокнам, хотя и незначительные по величине, часто оказываются соизмеримыми с сопротивлением клееной древесины в соответствующих направлениях и становятся более опасными, чем максимальные. Следовательно, возникла необходимость дополнительной оценки прочности КДК по критериям, учитывающим все компоненты плоского, а иногда и объемного НДС, в частности под углом к волокнам.

Известны критерии, разработанные специально для древесины. К ним относятся критерии Е.К. Ашкенази, Г.А. Гениева, Б.А. Освенского и др. Но они сложны для практического использования и рассматривают напряжения по площадкам, перпендикулярным к осям анизотропии материалов. Наиболее близким к рабочему оказался критерий, основанный на первой классической теории разрушения [9]. Он позволяет оценивать прочность древесины под углом к волокнам, снимает многие дискуссионные вопросы и согласуется с результатами экспериментальных исследований КДК различных типов и марок.

Новые воззрения на оценку прочности КДК вырабатывались на основе анализа наших собственных многолетних экспериментально-теоретических исследований, включающих обширные наблюдения за поведеним под нагрузками эксплуатируемых конструкций, а также данных, полученных другими учеными. Еще в 1955 г. Ф.П. Белянкин сделал вывод о разрушении древесины в виде отрыва по главным площадкам даже при скалывании стандартных образцов [2]. Е.К. Ашкенази высказывала гипотезу о применимости

первой классической теории разрушения древесины с образованием складок под углом при осевом сжатии [1]. Подтверждают это и исследования Ю.М. Иванова [4].

При продольном растяжении здоровой древесины разрушение происходит также под углом к волокнам [5, 7, 9]. Убедительным примером является разрушение одноосно ратягиваемых образцов под углом к волокнам с семейством почти продольных защепистых трещин по площади, значительно превышающей поперечное сечение образца [7]. Участок кривой действующих напряжений под углом к волокнам быстрее других точек соприкасается с диаграммой прочного сопротивления древесины. При плоском НДС, характерном для большинства КДК, ситуация усугубляется. В зависимости от конкретных конструктивных решений могут возникать не только основные, но и дополнительные касательные и нормальные напряжения, а в некоторых случаях – наиболее опасные, растягивающие древесину поперек волокон. Целесообразность оценки КДК под углом к волокнам возникает в окрестностях приложения сосредоточенных сил, в том числе возросших опорных реакций, в зонах крутых подрезок, особенно у растянутых кромок, на криволинейных участках при изгибе, уменьшающем кривизну элемента, и др.

Состояние, тенденции и проблемы развития деревянных конструкций

О роли ДК в отечественной и мировой практике написано много в учебниках, сборниках научных трудов, научной и др. специальной литературе.

Рассуждать о временах, когда древесина была основным строительным материалом, нет необходимости, интереснее оценить сегодняшнее место ДК в ряду конструкций из других, появившихся позднее и ставших уже традиционными материалов. ДК в нашей стране то получали импульс к развитию, то попадали в опалу, т.е. развивались не по спирали, а волнообразно. И это не по причинам субъективных пожеланий специалистов, мягкости или жесткости чиновников, обвиняющих древесину во всех грехах, утверждающих с видом знатоков, что она гниет и горит, и считающих, что ею выгоднее торговать, чем строить.

Неуклонное расширение применения ДК во всем мире обусловлено, прежде всего, объективными причинами. Достоинств у природного полимера и конструкций из него много. Самое основное, что не скинешь с чаши весов, древесина – единственное сырье, самовозобновляемое на поверхности Земли под действием колоссальной энергии Солнца.

Энергоемкость получения сопоставимой единицы пилопродукции от 4 до 123 раз меньше, чем других традиционных материалов. Что касается гниения и горения древесины, то ведь и другие материалы горят, соединяясь с кислородом и встречая агрессивные среды, только не всегда открытым пламени. По данным Института строительства США, например, ежегодные потери от пожаров составляют 885 млн долларов, от коррозии металлов – 5,5 млрд долларов, т. е. в 6,2 раза больше. Причем в США из всей совокупности основных строительных материалов на долю древесины приходится около 60 %. Там производство современных КДК было в 10 раз больше, чем у нас до развала СССР, хотя выпуск и применение этих конструкций отечественными предприятиями находился на гребне волны.

Позитивный отечественный опыт производства и применения ДК обычно подразделяют на три периода. (Л.М. Ковальчук [5]). Первый начался с 1943 г., и «перестал существовать» в 1955 г., второй – с 1973 по 1988 гг., третий – с 1992 г. Конкретные даты – дело дискуссионное, четче они увидятся на расстоянии, но в целом всплески развития приходились на эти промежутки времени. На наш взгляд, первый период, конечно, начался значительно раньше. Нельзя не вспомнить 1929 г., когда впервые в мире были опубликованы технические условия и нормы проектирования ДК, свидетельствующие о безусловном приоритете отечественной науки в этой отрасли знаний [3] и переизданные в 1931, 1938 и 1940 гг., (последняя редакция не знает себе равных из всех последующих СНиП ни по объему (191 с.), ни по содержанию). Вспомним уникальный «Справочник проектировщика» (объем 955 с., 1936 г.), а ведь к его написанию надо было привлечь большой коллектив специалистов. Ничего подобного больше нигде и никогда не издавалось. В 1930-е гг. в стране возводилось множество зданий и сооружений с использованием ДК (дощато-

гвоздевых, на гладких кольцевых шпонках и др. соединениях в виде балок, рам, арок, ферм и даже пространственных конструкций). Все это отражало успехи нашей страны в теории и практике применения ДК, достигнутые в годы довоенных пятилеток. Недаром вспоминается крылатая фраза Серго Орджоникидзе о том, что «под легкими деревянными крышами рождалась наша тяжелая промышленность». В эти же годы были созданы кафедры ДК сначала в Москве, потом в Ленинграде. Уникальным является и двухтомный учебник по ДК (1942 и 1943 гг.) суммарным объемом около 100 печ. л. Все последующие учебники (1952, 1962, 1975, 1986 и 2004 гг. – последний переиздан в 2007 и 2010 гг.) с каждым выпуском становились все «худощавее», куда не вмещались не только новые научные достижения в этой отрасли знаний, но и старые усекались. За годы первого довоенно-послевоенного периода правительство высоко оценило труд специалистов отрасли. В 1952 г. целая группа «деревянщиков» была награждена Сталинской премией. Основатель кафедры в ЛИСИ В.Ф. Иванов дважды был награжден орденом Ленина, в частности, за спасение ДК зданий и сооружений во время и после войны. С изменением строительной политики, начиная с постановления правительства 1955 г. о всемерном поощрении внедрения сборных железобетонных конструкций и «волюнтаристского» снижения цен на них, древесина в стране стала опальным материалом, а вместе с ней и конструкции, и специалисты.

Второй период начался на фоне большого отставания страны с огромными лесными богатствами от производства и применения новых большепролетных КДК за рубежом. Начало биографии КДК можно отнести к получению первых патентов: на КДК – О. Гетцером, на синтетическую смолу – Л. Бакеландом в 1907 г. Кстати, фанеру изобрел наш отечественный авиаконструктор О. Костович еще в 1882 г. – за 15 лет до патента О. Гетцера. Склеивание в развитии ДК даже значимее сварки в развитии металлоконструкций, так как не связано с «вредными» технологическими напряжениями. Технологические потери прочности встречаются и в КДК при склеивании, например, участков большой кривизны, но они связаны не с клеем, а с гнутьем досок, и легко могут быть локализованы до пренебрежимо малых величин при использовании тонких досок

и, особенно, шпона. Причем лущение шпона – практически безотходный процесс. Для второго периода характерно тесное сотрудничество производства с наукой. Практически все заводы и цеха КДК, особенно вновь открывающиеся, курировали специалисты из НИИ, вузов и др. организаций отрасли. Был и большой спрос на КДК развивающегося сельского строительства в рамках решения Продовольственной программы страны. Благодаря творческим связям, например, в нашем регионе выпуск КДК сначала был налажен в системе Главзапстроя в Колпино (Трест № 41), затем в Лодейном Поле, а после 1980 г. – в цехе КДК на базе ДОЗ №1 (Ленинград). Причем, кроме заложенного изначально выпуска прямолинейных элементов на оборудовании, купленном за 1,3 млн золотых рублей, совместно с кафедрой была разработана технология тонкостенных клеефанерных (павильон лечебной физкультуры в пос. Репино) и гнутоклееных рам (каркасы теплиц для фирмы «Лето» в Янино, 44 здания птицефабрики «Гранит» в пос. Карабицино). Во второй период проектирование различных конструкций и систем из клееной древесины и водостойкой фанеры вели подразделения многих ведущих проектных институтов. В Ленинграде, например, действовал сектор ДК в одном из головных институтов (ПИ 1) под руководством Ю.П. Юдина, а затем – С.Ю. Табунова.

Обсуждаемый второй период может быть и продлился бы успешно, но грянула перестройка. На спад после второго периода [5] отводится всего 4 года – с 1988 г. по 1992 г. Но и в 1992 г. никто не ощутил подъема производства и применения ДК. Он, если и наступил, то намного позднее. В это время гибли заводы и цеха КДК сначала вследствие «голодного пайка» – кругляк бурным потоком пошел за рубеж, позднее – по причине сдачи на металлолом оборудования, приобретенного за золотые рубли.

О начале третьего периода можно, видимо, говорить, опираясь на фактический выпуск продукции: а в 1992 г. из 20 заводов и цехов КДК практически ни один не выпускал эти конструкции. Только позднее вступил в строй цех в г. Королеве, выпускавший элементы лишь до 18 м длиной, хотя его продукция получила широкое распространение. Производятся КДК в Смоленске, Нижнем Новгороде и еще кое-где. Взамен двух сгинувших цехов в 2007 г. открылся мощный цех

КДК на базе Ижорских заводов в Колпино. Выпуск различных конструкций и элементов из клееной древесины налажено и на некоторых других деревообрабатывающих предприятиях.

В настоящее время проектированием КДК в полную силу, к сожалению, занимается лишь отдел ДК ЦНИИСК (ОДК ЦНИИСК). Вместе с тем, этим должны заниматься проектные институты, а не единственный в стране головной НИИ по строительным конструкциям, который в первую очередь должен заботиться координации деятельности всей отрасли, выпуске указаний, инструкций, рекомендаций и руководств для проектировщиков, а главное – основного нормативного документа – строительных норм и правил по проектированию ДК! Действующие до 2011 г. СНиП 11-25–80 не обновлялись 30 лет! Они безнадежно устарели, в то время как учеными отрасли защищены десятки кандидатских и 15 докторских диссертаций, достигнуты существенные результаты, не менее значимые, чем за рубежом. Например, в петербургской научной школе дополнительно к принципу дробности, открытому Г.Г. Карлсеном еще в 30-е гг. XX в., сформулированы принципы рационального конструирования КДК: «следящей ориентации» («коаксиальности полевого и материального тензоров напряжений») в наиболее ответственных узлах конструкций, «равнопрочности элементов с узлами их сопряжения», а также принцип «струны». Первый заключается в согласовании полей действующих напряжений с полями сопротивлений сильно анизотропного материала, второй – в устранении дисбаланса прочности элементов КДК и их узлов. Третий реализуется при усилении и сплачивании элементов конструкций с помощью вклеенных или ввинченных стержней, значительно лучше работающих на растяжение, чем на изгиб. Например, в уникальных арках пролетом 63 м во Дворце спорта (г. Архангельск) по результатам испытаний одной конструкции в 1977 г., в которой растягивающие главные напряжения раньше других оказались запредельными, они были оценены и локализованы по предложенному нами способу. Обоснованы и предложены методы оценки прочности криволинейных участков КДК по формулам расчета кривых брусьев, а не по формуле Навье. Выявлена и обоснована особая опасность напряжений, растягивающих клееную

древесину поперек волокон в окрестностях сосредоточенных сил, в том числе опорных реакций. Раскрыта необходимость и разработана методика дополнительной критериальной оценки прочности КДК с учетом всех компонент НДС, а не только максимальных напряжений. Обоснована необходимость и предложен метод расчета зубчато-шипового клеевого соединения в местах возможного и обычно наблюдаемого разрушения. Предложено, защищено авторским свидетельством и апробировано на заводах формирование различных видов КДК из элементов, полученных путем раскроя простых заготовочных блоков. Эти и другие предложения по совершенствованию новой редакции норм были направлены в ОДК ЦНИИСК и опубликованы [8]. Однако выпущенный в свет СП [7] не содержит этих и многих других достижений отечественной науки, а наоборот, в нем допущены грубые промахи. Приведем два примера.

В качестве первого промаха отметим совершенно правильно невключенный в СП пресловутый рис. 6, в из старых СНиП 11-25–80 с рекомендациями по склеиванию крупных клееных блоков под большими углами. Однако взамен ничего не дано, хотя экспериментально и теоретически доказана возможность подобного стыкования вдоль волокон. Конечно, любое конкретное решение должно иметь обоснование, в том числе и расчетное.

Второй промах связан с использованием понижающего коэффициента на характеристики длительно работавшей древесины. Вместо умножения расчетное сопротивление делится на этот коэффициент, что приводит к нонсенсу: материал по каким-то сверхестественным причинам через 50…100 лет становится на 10 % прочнее. По исследованиям ЛИСИ, опубликованным еще в 1988 г., коэффициентов несколько: их величины зависят от вида НДС и сроков службы. В белорусских нормах проектирования ДК этих коэффициентов, отличных от единицы, шесть: от 0,9 до 0,5. И все они умножаются на соответствующие расчетные сопротивления и понижают их. В волнообразном развитии конструкций из древесины опасна не только жесткая опала чиновников всех рангов на спаде и нижней отметке, но и негативные явления на подъеме. Здесь в нашу когорту обычно вливались специалисты, иногда не состоявшиеся в других отраслях знаний.

Опасными являются также рождающиеся убеждения, что в КДК полностью устранены недостатки конструкций из цельной древесины. Отнюдь! Многие, но не все. Наоборот, возникли новые специфические «парадоксы» и недостатки. Еще в гнутоклееных рамах фирмы Гетцера на растянутых скошенных кромках «вдруг» появлялись защепистые трещины и отрывы. Оказалось, что даже при плавной подрезке клееных блоков для формирования сбежистости элементов в КДК могут возникать дополнительные касательные и нормальные напряжения, растягивающие древесину поперек волокон. По зарубежным публикациям, также «вдруг» уже 1976 г. появлялись трещины в гнутоклееных балках. Растягивающие древесину поперек волокон напряжения, хотя и малы по величине, но сопоставимы с соответствующими сопротивлениями клееной древесины, степень анизотропии которой существенно увеличилась по сравнению с цельной. Вдоль волокон сопротивления возросли за счет удаления крупных пороков и сращивания досок по длине, рассредоточения оставшихся мелких в клееном пакете, повышения однородности материала и др. Поперек волокон, наоборот, характеристики уменьшились вследствие склеивания слоев с неизбежными перерезанными волокнами на пласти. Это происходит всегда при распиловке сбежистых бревен и присучкового косослоя, а также при перерезании сучков, которые потом приклеиваются к смежным слоям преимущественно поперек волокон.

В современных КДК с подрезками и уступами еще при проектировании закладывается неизбежность возникновения трещин отрыва, требуется их усиление еще до приложения нагрузок. Ярким примером могут служить гнутоклееные рамы с уступом в ригеле (серия 1. 822 – 1 вып. 1 и 2). Возникающие чаще у основания уступа в ригеле трещины иногда доходят до опорного узла в стойке. Такая ситуация наблюдалась нами в зернохранилище пос. Выра, Ленинградской области, в одной из кошар под Абаканом и в деревообрабатывающем цехе Приозерского комбината. Иными словами, «улучшение» конструкции с технологической точки зрения перевело их из разряда самых надежных и большепролетных рам в ненадежные. Можно привести и другие подобные примеры (рамы РД, РДП, арки типа МДА, АМД).

Не менее тревожны тенденции современных подходов к направлениям развития производства и применения КДК. Здесь просматриваются три аспекта, связанные с проектированием, ассортиментом выпускаемой продукции и сотрудничеством науки с производством. Вместо солидных институтов появились проектные конторы с «ограниченной ответственностью», не обремененные указаниями и другой нормативной документацией, написанной «по последнему слову науки и техники». В результате в конструкции из мощных клееных блоков иногда закладываются узлы, разработанные более полувека тому назад для ДК, но не получившие применения и не пригодные для КДК.

Вновь вступившие в строй заводы нацелены на выпуск не конструкций как систем, требующих только укрупнительной сборки на строительной площадке, а неких унифицированных элементов [5]. Проблемы узлов сопряжения элементов при формировании КДК оказываются за пределами и обсуждений, и заводского изготовления. Разработка сложных инженерных узлов и сегодня остается первостепенной проблемой, и отправлять ее решение на строительную площадку – значит открывать путь дискредитации КДК. Эта проблема, на наш взгляд, должна стать главенствующей в научных поисках молодых коллег – аспирантов и соискателей. Сопряжения прямолинейных унифицированных элементов в системы КДК, особенно под углами, на наш взгляд, легко реализуемы, если кроме «погонажа» из ЛВЛ наладить изготовление гнутоклееных заготовок. Исходный материал – шпон толщиной 3,2 мм – позволяет легко это осуществить.

Связь науки с производством сегодня во многом уступает тому творческому сотрудничеству, которое действовало во второй период становления отрасли. И если объединение усилий технологов, конструкторов, производственников и ученых не наступит, гребень волны (всплеск) окажется коротким и совсем не потому, что на КДК спрос невысок. Конструкции, а за ними и материал, могут получить очередную дискредитацию. Например, на третьем съезде Ассоциации деревянного домостроения 27. 11. 2009 г. один из президентов ассоциации высказал сомнение по поводу стыкования «на ус» всех 22 слоев досок в середине пролета 12-метровой балки. После уточнения уклона заусовки был получен следующий ответ: «1 к 1», т. е. стык досок «на ус» в балке выполнен под 45о !

Пришлось разъяснить, что даже принятый нормами уклон уса 1 к 10 – только грубое приближение к природному. Длина клетки древесины примерно в 70 раз больше ее поперечных размеров. Следовательно, в природе уклон уса равен 1/35 в ту и другую стороны. Поэтому было предложено немедленно демонтировать балку и заказать новую, пусть и дороже, но грамотно изготовленную.

Кроме отмеченных выше проблем, есть и другие. Все они могут быть решены только общими усилиями.

Литература

1. Ашкенази Е.К. Опыт применения первой классической гипотезы к оценке прочности древесины при сложных напряженных состояниях // Техн. информ. По результатам НИР. 1954. № 15. С. 27–32.
2. Белянкин Ф.П. Прочность древесины при скалывании вдоль волокон. К.: АН УССР, 1955. 140 с.
3. Большаков В.В. Развитие деревянных конструкций в СССР : автореф. … д-ра техн. наук. М., 1960. 56 с.
4. Иванов Ю.М. К вопросу исследования складки разрушения древесины при сжатии вдоль волокон // Тр. Ин-та леса. М.: АН СССР, 1953. Т. 1Х. С. 115–120.
5. Ковальчук Л.М., Пьянов А.И. Необходимость перехода на создание клееных деревянных конструкций из унифицированных элементов // Деревообраб. пром-сть. 2008. № 6. С. 12–20.
6. Лабудин Б.В. Совершенствование клееных деревянных конструкций с пространственно-регулярной структурой: моногр. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 267 с.
7. Серов Е.Н. Особенности разрушения стандартных образцов и их связь с работой конструкций // Лесн. журн. 1994. № 1. С. 75–79. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. Серов Е.Н. Рекомендации к совершенствованию норм проектирования деревянных конструкций // Строительство. 2003. С. 9–16. (Изв. высш. учеб. заведений).

9. Серов Е.Н., Хапин А.В. Выбор критерия прочности для клееной древесины изгибаемых и сжатоизгибаемых элементов // Лесн. журн. 1984. № 1. С. 72–76. (Изв. высш. учеб. заведений).

Literature

1. Ashkenazi E. K. The experience of applying the first classical hypothesis to the assessment of the strength of wood under complex stress conditions. inform. According to the results of research. 1954. No. 15. pp. 27-32.
2. Belyankin F. P. The strength of wood when chipping along the fibers. K.: AN of the Ukrainian SSR, 1955. 140 p.
3. Bolshakov V. V. Development of wooden structures in the USSR: autoref. Doctor of Technical Sciences, Moscow, 1960. 56 p.
4. Ivanov Yu. M. On the issue of studying the crease of wood destruction during compression along the fibers // Tr. In-ta lesa. M.: AN SSSR, 1953. Vol. 1H. p. 115-120.
5. Kovalchuk L. M., Pyanov A. I. The necessity of transition to the creation of glued wooden structures from unified elements // Woodcutter. prom-st. 2008. No. 6. pp. 12-20.
6. Labudin B. V. Improvement of glued wooden structures with a spatial-regular structure: monogr. Arkhangelsk: AGTU Publishing House, 2007. 267 p.
7. Serov E. N. Features of destruction of standard samples and their connection with the work of structures / / Lesn. zhurnal. 1994. No. 1. pp. 75-79. (Izv.vysh. studies. institutions).
8. Serov E. N. Recommendations for improving the design standards of wooden structures // Construction. 2003. p. 9-16. (Izv.vysh. studies. institutions).
9. Serov E. N., Khapin A.V. The choice of the strength criterion for glued wood of bent and compressed elements / / Lesn. zhurnal 1984. no. 1. pp. 72-76. (Izv. higher. studies. institutions).