РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЦЕЛЬНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ

К.П. Пятикрестовский¹, В.И. Травуш^{2,3,4}, А.А. Погорельцев¹, А.А. Ключкин⁵

¹ Научно-исследовательский центр «Строительство», г. Москва, РОССИЯ

² Городской проектный институт жилых и общественных зданий, г. Москва, РОССИЯ

³ Российская академия архитектуры и строительных наук, г. Москва, РОССИЯ

⁴ Научно-исследовательский институт строительной физики

Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Москва, РОССИЯ

⁵ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
г. Москва, РОССИЯ

Аннотация: Предлагаются новые быстровозводимые легкие конструкции из цельной древесины с соединениями сплачивания и наращивания металлическими винтами для дерева. Изготовление и сборка основных элементов-брусев сечением 15х15 см может выполняться в постройных условиях на простейшем деревообделочном оборудовании. Использование местного материала-древесины имеет ряд преимуществ – экологических, экономических и эксплуатационных. Приводятся описание конструкций с процессе изготовления, примеры зданий со сводчатыми и шатровыми покрытиями, устройство соединений, подготовка экспериментальных образцов на новом оборудовании Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ). Излагается методика расчета с учетом пластических деформаций, обеспечивающего дополнительные экономические преимущества. Расчет выполняется методом интегральных оценок, разработанным В.М. Бондаренко для железобетонных конструкций и приспособленным к деревянным конструкциям К.П. Пятикрестовским. Для расчета настилов, работающих совместно с ребрами и находящимися в сложном напряженном состоянии, используются критерии прочности Г.А. Гениева. Предполагается строительство зданий различного назначения в районах освоения Крайнего Севера России.

Ключевые слова: деревянные составные конструкции, цельная древесина, соединения на винтах, исследование, расчет, пластические деформации, сложное напряженное состояние

DEVELOPMENT OF STRUCTURES FROM SOLID WOOD FOR OBJECTS OF INFRASTRUCTURE

**Konstantin P. Pyatikrestovsky¹, Vladimir I. Travush^{2,3,4},
Alexander A. Pogoreltsev¹, Alexander A. Klushkin⁵**

¹ JSC Research Center of Construction, Moscow, RUSSIA

² City Design Institute for Residential and Public Buildings, Moscow, RUSSIA

³ Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, RUSSIA

⁴ Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
Moscow, RUSSIA

⁵ National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, RUSSIA

Abstract: New prefabricated lightweight structures made of solid wood with connections for joining and building metal screws for wood are proposed. Manufacture and assembly of basic elements-bars with a cross-section of 15x15 cm can be carried out in line conditions on the simplest woodworking equipment. The use of local timber material has a number of advantages (ecological, economic and operational). The description of structures with manufacturing process, examples of buildings with vaulted and hipped roofing, connection arrangement, preparation of experimental samples with the use of new equipment of the National Research Moscow State University of Civil Engineering are given. The method of analysis with allowance for plastic deformations is under consideration. It provides additional economic advantages. The analysis is carried out by the method of integral estimates developed by Prof. V.M. Bondarenko for reinforced concrete structures and adapted to wooden structures by Prof. K.P. Pyatikrestovsky. Special strength criteria are used for the analysis of decks working to-

gether with the ribs (in a combined stressed state). It is planned to build buildings for various purposes in the areas of development of the Far North of Russia.

Keywords: wooden composite structures, solid wood, screw connections, research, analysis, plastic deformation, combined stress state

На кафедре металлических и деревянных конструкций Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) и в Центральном научно-исследовательском институте строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко Научно-исследовательского центра «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство») разработаны конструкции покрытий из цельной древесины для строительства в осваиваемых районах, особенно севера и лесозбыточных территорий Сибири. Конструкции в виде плоскостных систем, шатровых куполов и сводов отличаются экологической чистотой, легкостью, простотой сборки, повышенной надежностью, мобильностью, сборные элементы допускают быструю доставку вертолетом или легким наземным транспортом в условиях бездорожья, не требуют сложного оборудования и не загрязняют окружающую среду при изготовлении, монтаже и эксплуатации, достаточно дешевы. Отходы производства в виде опилок или небольших остатков досок легко перерабатываются не оставляя вредных веществ

Основными сборными элементами конструкции являются ребра в виде стержней ломаного очертания по длине. Эти стержни объединяются в каркас шатровой или сводчатой оболочки прямолинейными стержнями. Ячейки каркаса заполняются щитами, панелями или настилом. Опираение конструкции может выполняться непосредственно на фундаменты или на колонны и стены.

При высоте сечения элементов ребер 300, 450, 600 мм могут выполняться здания массового применения пролетом до 30 м. Конструкции больших пролетов проектируются специально.

При изготовлении цельные прямые брусья или доски сплавиваются для увеличения се-

чений болтами по наклонным сечениям. Наращивание брусьев по длине осуществляется накладками, соединяющими болты, ввинченные в древесину.

Конструкции, образуемые указанным способом, могут использоваться в качестве ангаров-укрытий для техники, цехов различного назначения, временного размещения людей. Могут создаваться объекты инфраструктуры поселков строителей и малых городов, торговые и зальные помещения, спортивные сооружения. Одновременно желательно массовое строительство деревянных домов соответствующей конструкции.

Конструкции зданий в силу обеспечения совместной работы всех элементов способны противостоять восприятию нормальных эксплуатационных нагрузок, а так же и нагрузок, вызванных чрезвычайными ситуациями типа ураганов, сверхнормативных снеговых и сейсмических нагрузок. Производится пропитка деревянных элементов при изготовлении обычными комплексными веществами для защиты от увлажнения, возгорания, биоповреждений.

Схематически некоторые проектные предложения показаны на рис. 1, 2.

Северные районы, подлежащие освоению, характеризуются помимо экстремальных зимних и летних температур, еще и повышенными снеговыми, ветровыми и ураганными нагрузками, большей частью кратковременными.

Проектирование конструкций в этих условиях общепринятыми правилами, предусмотренными нормами, приводит к перерасходу материалов, утяжеляет конструкции и увеличивает трудоемкость изготовления за счет увеличения сечений основных элементов каркаса. Изготовление конструкций большего сечения сопряжено с техническими трудностями устройства соединений.

Рисунок 1. Схема сводчатого покрытия.

Представляется целесообразным использовать резервы уменьшения сечений путем обеспечения совместной работы ограждающих элементов покрытий и стен с конструкциями каркаса. Даже очевидное увеличение несущей способности ребер путем включения в работу панелей или щитов покрытия и превращения прямоугольных сечений ребер в тавровые, показывает большие возможности экономии материалов.

Превращение(хотя бы неполное) плоскостных конструкций в пространственные при совместной работе ребер и панелей, обеспечение многократной статической неопределенности, существенно повышает надежность, живучесть и конструктивную безопасность сооружений.

Простейший способ достижения совместной работы несущей и ограждающей частей состоит в замоноличивании угловых зон панелей, блокируя сдвиг.

Рисунок 2. Схема шатрового покрытия.

Элементы настила, панели из досок или композиционных материалов, зачастую обладающих повышенной стойкостью к большим колебаниям температур, а также обладающих свойствами пластического деформирования, помещаются в ячейки между ребрами зажимаются в углах от сдвига различными быстротвердеющими массами. Эффективный утеплитель располагается поверх полученной конструкции. Обеспечива-

ется, в случае необходимости, его проветривание.

Конструкция успешно противостоит различным кратковременным и длительным статическим и динамическим нагрузкам в том числе несимметричным (односторонним) и даже запроектным (случайным).

На экспериментальном полигоне НИУ МГСУ и в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко испытаны

Рисунок 3. Схема экспериментального образца и расположение связей между брусками.

Рисунок 4. Установка образца в силовой раме.

образцы основных ребер с целью уточнения конструкций узлов и влияния отдельных факторов-трещин усушки, изменения влажности, способа приложения нагрузки, формы болтов и т.п. Экспериментальные образцы представляют собой элементы ребер покрытий в виде призматических сводов или шатровых конструкций. Пролет покрытий составляет от 12 до 30 м. при этом ребро конструкции собирается из 2,4,6 или 8 элементов, стыкуемых между собой по длине при помощи соединения закладных деталей, которые могут быть разъемными для образования сборно-разборных конструкций. Экспериментальные образцы образуются из двух прямолинейных стержней, соединяемых между собой под углом, соответствующим профилю здания. Угол составляет 15° (рис. 3). Соединение прямолинейных стержней и образуемых из них монтажных элементов производится под углом 15° , тангенс которого

равен 0,25 рад. Прямолинейные брусья монтажных элементов образуются сплачиванием двух или трех брусьев сечением 12x15 см (В эксперименте приняты $3 \times (15 \times 15 \text{ см})$, т.е. 15x45см.

Сплачивание и образование стыков монтажных элементов осуществляется ввинчиваемыми стержнями для древесины. Стержни и болты для древесины выпускаются и продаются в РФ.

Испытания образцов преследуют цель изучить напряженно-деформированное состояние соединения брусьев в узле перелома. Здесь с каждой стороны стыка как по верхней так и по нижней установлены по два наклонных стержня диаметром 16 мм, длиной 350 мм под углом 45° к оси брусьев.

По граням элемента установлены швеллеры № 16 длиной 1200 мм, (рис. 4, 5) которые привариваются в узле друг к другу, а к деревянным элементам швеллеры прикрепляются

Рисунок 5. Расположение тензометрических датчиков в узле перегиба.

двумя наклонными стержнями с головкой, привариваемой к швеллерам после завинчивания стержней в древесину. Стержни имеют нарезку (резьба для дерева) длиной 230 мм, а часть стержня, примыкающая к головке, не имеет резьбы. При этом максимальное усилие выдергивания стержня (при несущей способности на выдергивание 1,3 МПа) составляет 2990 кгс. Кроме этих стержней в зоне стыка располагаются шпильки сплавания по 2 шт. В шве стыка выполнено замоноличивание полимербетоном. Элементы соединения выполнены из материалов, наиболее доступных в условиях «кустарного» изготовления на полигоне НИУ МГСУ. Для разработки реальных проектов конструктивные решения будут усовершенствованы.

Нагрузки на образец прикладываются в виде четырех сосредоточенных сил. Условная максимальная суммарная нагрузка, допускаемая имеющимися приспособлениями, составляет 40 тонн. После предварительных этапов и уточнения методики испытаний максимальная нагрузка и этапы нагружения будут уточняться.

При испытаниях нужен контроль напряжений смятия древесины в местах приложения нагрузок к верхнему поясу.

Опоры экспериментальных образцов выполняются на горизонтальные площадки. Вер-

тикальные опорные реакции прикладываются к древесине под углом к волокнам. Горизонтальный распор воспринимается упорными пластинами и затяжками.

Предложены и многократно опробованы расчеты конструкций на указанные нагрузки исходя из принципов учета пластических свойств материалов (ползучести) и определения сопротивления конструкции действующим нагрузкам в любой момент времени. Поэтому мы будем пользоваться вместо термина несущая способность (т.е. предел прочности в конце эксплуатации) понятием «силовое сопротивление» по предложению академика РААСН В.М. Бондаренко [2, 3, 4]. Изложим кратко основные этапы расчета.

1. Метод интегральных оценок. Особенности применения.

При расчете нелинейно и неравновесно деформируемых статически неопределимых деревянных конструктивных систем может быть использован метод интегральных оценок нелинейных и неравновесных свойств деформирования древесины [4].

Диаграммы деформирования сжатых и сжато-изгибаемых элементов из древесины возможно аппроксимировать рядом уравнений, например, принять параболическую зависимость Ф.И. Герстнера

$$\sigma = E_0 \varepsilon - \frac{E_0^2}{4\sigma_{пп}} \varepsilon^2 \quad (1)$$

Уравнение механического состояния древесины длительное деформирование древесины в условиях, когда

$$\sigma < \sigma_{дл},$$

при ступенчатом изменении напряжений будет:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon(t_0)(1 + b(t - t_0)^{0,21}) + \sum_{i=1}^k \frac{\Delta \sigma_i}{E_0 - \frac{E_0^2}{4\sigma_{пп}}} (1 + b(t - t_i)^{0,21}), \quad (2)$$

где

$$\varepsilon_{i-1}^a = \varepsilon(t_0) + \sum_{i=1}^k \frac{\Delta \sigma_i}{E_0 - \frac{E_0^2}{4\sigma_{пп}}} (\varepsilon_{i-2}^a + \Delta \varepsilon_{i-1}^a) \quad (3)$$

E_{i-1}^a - суммарное значение мгновенных (кратковременных) приращений относительных деформаций.

2. Длительный модуль деформаций

Для составления выражения интегрального модуля деформаций на основании (2) используется длительный модуль деформаций

$$E_{дл}(t_0, t) = \left[\frac{\varepsilon(t_0)(1 + b(t - t_0)^{0,21})}{\sigma(t)} + \sum_{i=1}^k \frac{\Delta \varepsilon_i}{\sigma(t)} (1 + b(t - t_i)^{0,21}) \right]^{-1} \quad (4)$$

3. Интегральный модуль деформаций представляется в виде [2,4]

$$E_{ин}(x, t) = \Phi(\varepsilon_\phi^A, \varepsilon, a) E_{дл}^\phi(\varepsilon_\phi, t, t_0) \quad (5)$$

где

$$\Phi(\varepsilon_\phi^A, \varepsilon, a) = \frac{1}{1 - \frac{E_0}{4\sigma_{пп}} \varepsilon_\phi^A} \cdot \frac{1 + \left(\frac{\varepsilon}{a}\right)^3 - 100 \varepsilon_\phi^A \left(1 - \left(\frac{\varepsilon}{a}\right)^4\right)}{1 + \left(\frac{\varepsilon}{a}\right)^3 - 50 \varepsilon_\phi^A \left(1 - \left(\frac{\varepsilon}{a}\right)^4\right)} \quad (6)$$

В (5) функция $E_{дл}^\phi$ принимается в зависимости от режима изменения напряжений в фибровом сжатом волокне, а функция $\Phi(E_\phi^A, \varepsilon, a)$ отражает нелинейность деформирования сжато-изгибаемого элемента, уровень напряжений. Параметры a, ε – расстояния верхней и нижней граней от нейтральной оси.

4. Механические (физические) модели анизотропного материала для определения его длительной и динамической прочности.

На рис. 6 представлена механическая модель анизотропного материала, позволяющая дать аналитическое и количественное определение его длительной и динамической прочности с единой физической концепции в широком диапазоне времени действия внешней нагрузки – от многих дней и месяцев, до десятых и сотых долей секунды [5,6].

Рисунок 6. Механическая модель анизотропного материала.

Модель состоит из двух последовательно соединенных элементов: элемента 0 и элемента 1, каждый из которых представляет, вообще говоря, модель Кельвина-Фойгта – параллельно соединенные элементы А0 и Б0, А1 и Б1, характеризующиеся различными значениями их прочностных и деформационных параметров.

Элемент 0 предназначен для аналитического описания процесса развития кратковременных деформаций материала; элемент 1 – для описания развития его длительных деформаций, связанных с проявлением явления ползучести.

Эффективное время работы элемента Б1 соизмеримо с большими отрезками времени, соответствующими расчетам длительной прочности материала, учитывающими накопление суммарных обобщенных деформаций элементов 0 и 1 за заданное время t_δ .

5. Критерии длительной прочности анизотропного материала

При приложении к последовательно соединенным элементам 0 (A_0) и 1 (A_1 , B_1) обобщенного внешнего долговременного силового воздействия

$$v_i - (v_x, v_y, v_{xy})$$

деформации элементов 0 и 1 –

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{i0} + \varepsilon_{i1} \quad (\varepsilon_x = \varepsilon_{x0} + \varepsilon_{x1}, \varepsilon_y = \varepsilon_{y0} + \varepsilon_{y1}, \varepsilon_{xy} = \varepsilon_{x\psi} + \varepsilon_{xy}) \quad (7)$$

Независимые пределы прочности материала в главных осях анизотропии (при отрыве, при смятии и при сдвиге) определяются достижением значениями суммарных деформаций E_i соответствующих предельных значений – $\mathcal{E}_{i0}$ – ($\mathcal{E}_{x0}$, $\mathcal{E}_{y0}$, $\mathcal{E}_{xy0}$), равных предельным деформациям элемента А0 при кратковременном действии внешней нагрузки –

$$\mathcal{E}_{i0} = R_i / E_{i0} \quad (8)$$

Деформации элемента 1 – ε_{i1} определяются из следующих очевидных зависимостей

$$\sigma_i = \sigma_{iA1} + \sigma_{iB1}; \quad \sigma_{iA1} = E_{i1} \varepsilon_{i1}; \quad \sigma_{iB1} = K_{i1} \frac{d\varepsilon_{i1}}{dt}, \quad (9)$$

где E_{i1} – обобщенные модули упругости элемента A_1 , K_{i1} – модули вязкого сопротивления элемента B_1 .

Таким образом, в соответствии с (7)

$$\varepsilon_i = \frac{\sigma_i}{E_{i0}} \left[1 + \delta_i (1 - e^{-\omega_i t}) \right] = \frac{\sigma_i}{E_{i0}} \Psi_i(t), \quad (10)$$

$$\text{где} \quad \delta_i = E_{i0} / E_{i1}, \quad \omega_i = \frac{E_{i1}}{K_{i1}}.$$

На основании (8) и (10), пределы длительной прочности анизотропного материала в направлениях главных осей анизотропии

$$\bar{R}_i = \bar{R}_i(t_\delta) \quad \bar{R}_i = \sigma_i = \frac{E_{i0} \varepsilon_i}{\Psi_i(t_\delta)} = \frac{E_{i0} \mathcal{E}_{i0}}{\Psi_i(t_\delta)} = \frac{R_i}{\Psi_i(t_\delta)}; \quad (11)$$

$$\text{где} \quad \Psi_x(t_\delta) = 1 + \delta_x (1 - e^{-\omega_x t_\delta}) > 1; \quad (12)$$

а $t = t_\delta$ – заданное предельное время действия внешней долговременной нагрузки.

Окончательные выражения для критериев длительной прочности анизотропного материала в параметрической зависимости от t_δ выражаются так:

Для случая отрыва –

$$\left[\frac{R_{px}}{\Psi_{px}(t_\delta)} - \sigma_x \right] \left[\frac{R_{py}}{\Psi_{py}(t_\delta)} - \sigma_y \right] - \tau_{xy}^2 = 0, \quad (13)$$

для случая смятия –

$$\left[\frac{R_{cx}}{\Psi_{cx}(t_\delta)} + \sigma_x \right] \left[\frac{R_{cy}}{\Psi_{cy}(t_\delta)} + \sigma_y \right] - \tau_{xy}^2 = 0, \quad (14)$$

для случая сдвига –

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 - 4 \left[\frac{C_x}{\Psi_{xy}(t_d)} + \tau_{xy} \right] \left[\frac{C_y}{\Psi_{xy}(t_d)} - \tau_{xy} \right] = 0. \quad (15)$$

Численные значения и определяются на основании экспериментальных данных. Расчеты и обследования конструкций показывают перспективу повышения надежности сооружений и возможность экономии материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны предложения по конструкциям каркаса покрытий общественных, спортивных и производственных зданий, составляющих инфраструктуру населенных пунктов в районах освоения Российского севера.

Предлагаемые конструкции обладают необходимыми качествами для суровых условий изготовления, возведения и эксплуатации зданий: простота устройства, допускающая изготовление деталей на простейшем оборудовании, легкость, допускающая доставку на объекты в условиях бездорожья, надежность в эксплуатации за счет совместной работы со смежными элементами.

Проведены испытания опытных образцов в построечных условиях. Исследование влияния атмосферных условий на качество элементов. Испытаны опытные образцы нагрузками до разрушения. Установлена достаточная несущая способность при сосредоточенных нагрузках наиболее неблагоприятных для исследуемых образцов.

Уточняется новая методика расчета силового сопротивления покрытий с учетом особенностей исследуемых конструкций.

Продолжается обработка полученных результатов всесторонних испытаний и предполагается совместная работа с отделениями Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) и Российской академии наук (РАН) по использованию их фундаментальных разработок применительно к строительным технологиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высотные здания. Tall Buildings, 2015, №1 (журнал высотных технологий).
2. **Пятикрестовский К.П.** Расчет ребристых пространственных конструкций из древесины и фанеры на длительные нагрузки. // Строительная механика и расчет сооружений, №5, 2008, с. 42-48.
3. **Пятикрестовский К.П., Травуш В.И.** О программировании нелинейного метода расчета статически неопределимых деревянных конструкций и связи программных комплексов с совершенствованием норм проектирования. // АКАДЕМИА. Архитектура и строительство, №3, 2015 с. 115-119.
4. **Бондаренко В.М., Бондаренко С.В.** Инженерные методы нелинейной теории железобетона. – М.: Стройиздат, 1982 – 287 с.
5. **Гениев Г.А., Пятикрестовский К.П.** Вопросы длительной и динамической прочности анизотропных конструкционных материалов. – М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2000. – 38 с.
6. **Гениев Г.А., Курбатов А.С., Самедов Ф.А.** Вопросы прочности и пластичности анизотропных материалов. – М.: Интербук, 1993. – 187 с.

REFERENCES

1. Vysotnyye zdaniya. Tall Buildings, 2015, No. 1 (Zhurnal Vysotnykh Tekhnologiy).
2. **Pyatikrestovskiy K.P.** Raschet Rebristyykh Prostranstvennykh Konstruktsiy iz Drevesiny i Fanery na Dlitelnyye Nagruzki [Analysis of Ribbed Spatial Structures from Wood and Plywood for Permanently Acting Loads. // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy, 2008, No. 5, pp. 42-48.
3. **Pyatikrestovskiy K.P., Travush V.I.** O Programirovaniy Nelineynogo Metoda Rascheta Staticheskii Neopredelimeykh Derevyannykh Konstruktsiy i Svyazi Pro-

grammnykh Kompleksov s Sovershenstvovaniyem Norm Proyektirovaniya [About Programming of Nonlinear Method of Analysis of Statically Indeterminate Wooden Structures and Connection of Software Complexes with Improvement of Design Codes]. // AKADEMIA. Arkhitektura i Stroitel-stvo, 2015, No. 3, pp. 115-119.

4. **Bondarenko V.M., Bondarenko S.V.** Inzhenernyye Metody Nelineynoy Teorii Zhelezobetona [Engineering methods of the Nonlinear Theory of Reinforced Concrete]. Moscow, Stroyizdat, 1982, 287 pages.
5. **Geniyev G.A., Pyatikrestovskiy K.P.** Voprosy Dlitelnoy i Dinamicheskoy Prochnosti Anizotropnykh Konstruktsionnykh Materialov [Problems of Long-Term and Dynamic Strength of Anisotropic Construction Materials]. Moscow, TsNIISK im. V.A. Kucherenko, 2000, 38 pages.
6. **Geniyev G.A., Kurbatov A.S., Samedov F.A.** Voprosy Prochnosti i Plastichnosti Anizotropnykh Materialov [Problems of Strength and Plasticity of Anisotropic Materials]. Moscow, Interbuk, 1993, 187 pages.

Пятикрестовский Константин Пантелеевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство»; 109428, Россия, г. Москва, 2-я Институтская ул., д.6; тел. +7(495)602-00-70, +7(499)170-15-48; E-mail: stroymex@list.ru

Травуш Владимир Ильич, академик РААСН, доктор технических наук, профессор; вице-президент Российской академии архитектуры и строительных наук; заместитель генерального директора ЗАО «ГОРПРО-ЕКТ»; 105064, Россия, г. Москва, Нижний Сусальный переулок, д.5, стр. 5А; тел./факс: +7 (495) 775-75-65, +7(495) 909-39-39; e-mail: travush@mail.ru

Погорельцев Александр Алексеевич, кандидат технических наук, заведующий Лабораторией деревянных конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство»; 109428, Россия, г. Москва, 2-я Институтская ул., д.6; тел. +7(495)602-00-70, +7(499)170-15-48; e-mail: pogara@yandex.ru

Клюкин Александр Александрович, старший преподаватель кафедры металлических и деревянных конструкций, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет; 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, дом 26; тел. +7(495)287-49-14 добав. 3110.

Konstantin P. Pyatikrestovsky, Dr.Sc., Senior Researcher, Executive Researcher of the TsNIISK them. V.A. Kucherenko, JSC Research Center of Construction; 109428, Russia, Moscow, 2-nd Institutional Street., 6; phone: +7 (495) 602-00-70, +7 (499) 170-15-48; E-mail: stroymex@list.ru

Vladimir I. Travush, Full Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Professor, Dr.Sc., Vice-President of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences; Vice-Director of City Design Institute for Residential and Public Buildings; 105064, Russia, Moscow, Nizhny Susalny pereulok, 5, building 5A; tel./fax: +7 (495) 775-75-65, +7 (495) 909-39-39; e-mail: travush@mail.ru.

Alexander A. Pogoreltsev, Ph.D., Head of the Laboratory of Wooden Constructions TsNIISK them. V.A. Kucherenko, JSC Research Center of Construction; 109428, Russia, Moscow, 2-nd Institutional Street., 6; phone: +7 (495) 602-00-70, +7 (499) 170-15-48; E-mail: pogara@yandex.ru.

Alexander A. Klyukin, Senior Lecturer of the Department of Steel and Wooden Constructions, National Research Moscow State University of Civil Engineering; 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl highway, house 26; Tel. +7 (495) 287-49-14 add. 3110.