

АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗ БАМБУКА КАК ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АЛЬТЕРНАТИВНОГО МАТЕРИАЛА XXI ВЕКА

УДК 502:721-035.2"20"
ББК 85.11:38.39

Й.М. Соланилья Медина

Российский университет дружбы народов, РУДН, Москва, Россия

Аннотация

В статье рассматриваются практика применения бамбука в современной архитектуре и использование возобновляемого природного материала при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Дана краткая характеристика творчества современных архитекторов, использующих бамбук как основной строительный материал. В статье отмечается, что проектирование из бамбука, альтернативного экологического материала XXI века по сравнению с традиционными материалами, используемыми при проектировании и строительстве сооружений, дает свободу новым архитектурным и конструктивным решениям. Рассмотрено морфологическое строение бамбука и отмечены факторы, обеспечивающие их жесткость и гибкость как конструктивного элемента в строительстве.¹

Ключевые слова: бамбук, бамбук «ангустифолия», свойство материала, проектирование и архитектура, сейсмостойчивость, экологическая архитектура

ARCHITECTURAL DESIGN OF BAMBOO AS AN ECOLOGICAL ALTERNATIVE MATERIAL OF THE XXI CENTURY

Y.M. Solanilla Medina

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Abstract

The article discusses the practice of using bamboo in modern architecture, and the use of renewable natural material in the design and construction of buildings and structures. A brief description of the creativity of modern architects using bamboo as the main building material is given. The article notes that designing from bamboo, an alternative environmental material of the XXI century, in comparison with traditional materials used in the design and construction of facilities, gives freedom to new architectural and constructive solutions. The morphological structure of bamboo is considered and the factors ensuring their rigidity and flexibility as a constructive element in construction are noted.²

Keywords: bamboo, bamboo «angustifolia», material properties, design and architecture, international experience, seismic resistance, ecological architecture

¹ **Для цитирования:** Соланилья Медина Й.М. Архитектурное проектирование из бамбука как экологического альтернативного материала XXI века // Architecture and Modern Information Technologies. – 2018. – №1(42). – С. 201-211 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marhi.ru/AMIT/2018/1kvart18/15_solanilla_medina/index.php

² **For citation:** Solanilla Medina Y.M. Architectural Design of Bamboo as an Ecological Alternative Material of the XXI Century. Architecture and Modern Information Technologies, 2018, no. 1(42), pp. 201-211. Available at: http://marhi.ru/eng/AMIT/2018/1kvart18/15_solanilla_medina/index.php

В настоящее время в странах с жарким климатом активно внедряются конструктивные элементы из бамбука «ангустифолия». Бамбук произрастает в обоих полушариях во влажных тропиках и субтропиках, а также в некоторых местах умеренного пояса. В разных частях света бамбук используется в строительстве с древних времен. Культурное наследие по использованию бамбука в строительстве показало его конструктивную надежность и устойчивость в отношении неблагоприятных природно-климатических условий и землетрясений. На сегодняшний день этот материал не потерял своей актуальности благодаря множеству своих преимуществ.

Гуадуа «ангустифолия» обнаружил немецкий ботаник Карл Зигмунд Кунт в 1822 году. Название «Гуадуа» использовали коренные жители Колумбии и Эквадора. Характерной особенностью этого вида бамбука являются ярко выраженные белые полосы с обеих сторон стебля и шипы на молодых побегах бамбука.

Бамбук на протяжении веков был очень важным растением для многих народов мира. В процессе развития цивилизации, благодаря изобилию бамбука в жарких странах, человек научился строить свое жилище из земли и элементов стеблей растений. Технические характеристики давали свободу интересным архитектурным формам жилища. Благодаря простоте обработки бамбука, он стал использоваться для всех видов работ при строительстве. Бамбук может использоваться как основной несущий конструктивный элемент, поскольку способен выдерживать все действующее на него нагрузки (рис. 1), а также как второстепенный материал, являясь составной частью элементов конструкций, которые не подвергаются высоким нагрузкам, в качестве ограждающих и кровельных материалов (рис. 2).



а)



б)

Рис. 1. Зеленая школа из бамбука на острове Бали (Индонезия): а) интерьер; б) внешний вид



а)



б)

Рис. 2. Терминал Т4 международного аэропорта Мадрид-Барáхас имени Адольфо Суареса: а) перспективный вид; б) интерьер терминала

Для архитекторов-новаторов бамбук становится все более важным материалом благодаря своей эстетике, экологичности, легкости в обработке. Бамбук отлично поглощает углекислый газ, его природные ресурсы обладают огромным потенциалом, который еще не использован в полной мере. Благодаря известным архитекторам и конструкторам, таким как Элора Харди, Симон Велес, Йорг Штамм, Питер Целовски, Кэнго Кума, Ренцо Пьяно и Симон Осье Сампер (рис. 3а-г) бамбук подтвердил свои технические и эстетические преимущества перед другими строительными материалами. Положительные результаты исследований и их практическое внедрение в современной архитектуре показали экономическую выгоду и конструктивные преимущества этого материала.

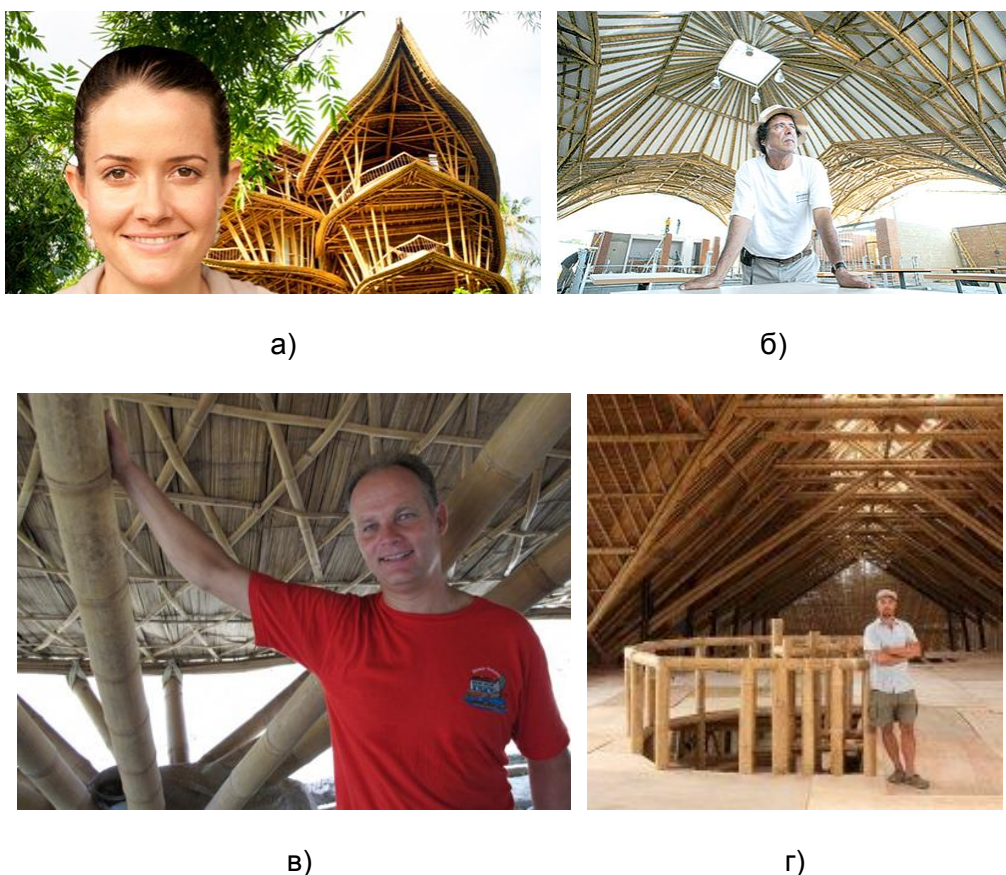


Рис. 3. Современные архитекторы, использующие бамбук как основной строительный материал: а) Элора Харди (США); б) Симон Велес (Колумбия); в) Йорг Штамм (Германия); г) Питер Целовски (США)

В распоряжении дизайнеров и архитекторов имеется множество разнообразных сортов бамбука, отличающихся внешним видом и фактурой. Все это делает бамбук излюбленным материалом для декоративных деталей интерьеров и фасадов, а также изготовления скульптур. Кроме использования в архитектуре и строительстве бамбук применяется в текстильной и пищевой промышленности, а также в качестве топлива. Многовековой опыт наших предков по использованию бамбука в разных частях света позволяет применять его разносторонние свойства до настоящего времени. Это культурное наследие через национальные традиции передается новым поколениям.

Бамбук долговечный, устойчивый и прочный материал с такими мощными конструктивными возможностями, что известный архитектор Симон Велес называет его «растительной сталью». При сжатии бамбука вида «гуадуа» допустимое расчетное

напряжение составляет 18 Н/мм^2 или $0,18 \text{ МПа}$ и при этом *модуль упругости*³ равен 18400 Н/мм^2 . Он также хорошо работает на растяжение с допустимым *расчетным напряжением*⁴ 418 Н/мм^2 или $4,18 \text{ МПа}$ и с упругостью равной 19000 Н/мм^2 . Способность выдерживать высокие напряжения при растяжении и сжатии делают его идеальным конструктивным материалом в сейсмоопасных районах. Если рассматривать этот материал с точки зрения глобального экологического кризиса, позиционируя его как один из традиционных строительных материалов, то за бамбуком, бесспорно, большое будущее.

Морфологическое строение бамбука «гуадуа» показывает, что каждая секция надземной части ствола содержит в себе узлы, междоузлия (камеры) и диафрагмы (перегородки), которые циклически сдвигаются относительно друг друга, что обеспечивает их жесткость и гибкость и позволяет использовать его в качестве конструктивного элемента в строительстве. Стебли бамбука полые в поперечном сечении и увеличиваются в длину циклически в зависимости от диаметра, при этом толщина стенки уменьшается, а свойства сопротивления возрастают. Корневая система бамбука представляет собой надежную защиту ствола от повреждений, имеет способность к сохранению влаги и фильтрованию.

Бамбук – самое быстрорастущее растение в мире, в зависимости от вида он в течение нескольких недель может достичь значительной высоты. Средняя высота стебля достигает от 8 до 15 м при диаметре 5–12 см и толщине стенок от 6 до 10 мм. Прирост длины в сутки составляет⁵, как правило, от 10 до 40 см. Чрезмерная скорость роста основывается на хранении и отдаче большого количества крахмала старыми стеблями. Фотосинтез ствола и листьев увеличивается с возрастом и через 6-8 лет приводит к процессу силикатизации ствола. Это – наилучший возраст растения для его использования как материала в строительстве. В течение первых трёх лет стебель одревесневает и становится пригодным для строительных изделий, а через 10 лет отдельные стебли отмирают. Хотя бамбук и деревенеет, он не образует древесины, так как у него нет сердцевины. Выращивание бамбука «гуадуа» в условиях Колумбии и других стран с тропическим и субтропическим климатом позволяет восстанавливать сухие почвы и возвращать влажность грунту. Кроме того, для этого вида растений существует протрясающее свойство – срезание зрелых стеблей бамбука для его дальнейшего использования в строительстве не приводит к гибели всего растения. Этот процесс регенерации очень ценен для естественного обновления стволов бамбука.

Стебель бамбука «гуадуа» в условиях Колумбии ежедневно образует примерно 500 см^3 субстанции для прироста своих стенок. Он растет подобно телескопу и только вертикально. Ствол бамбука состоит из вещества, материал которого удерживает волокна в стебле растения на равных расстояниях как по толщине стенок, так и по окружности. Вместе эти волокна проходят по оси и уплотняются в верхней части стебля и на концах листьев. Нити волокон очень плотные, благодаря этому ствол выдерживает высокие статические и динамические нагрузки в периметральных, наиболее уязвимых зонах. Эта структура похожа на стальную арматуру в бетонных конструкциях трубчатых форм. Данный принцип, который сочетает в себе армированные материалы, состоящие из высокопрочных волокон и полимерное заполнение, применяется в производстве современных композитных материалов. В узлах волокна проходят через камеры, всегда имеющие продольную конфигурацию, и в которой нет радиальных волокон. Цилиндрические стволы бамбука близки по конструктивной схеме к стальным трубам и по

³ Модуль Юнга (модуль упругости, модуль сдвига) $\rightarrow \text{Па} = \text{Н} \cdot \text{м} / \text{м}^2 \cdot \text{м}$, Нормальное напряжение, касательное напряжение Па (паскаль)

⁴ Расчетное напряжение - это физическая величина, численно равная силе, действующей на единицу площади поверхности перпендикулярно этой поверхности. $1 \text{ МПа} = 10.197162 \text{ кгс/см}^2$
Давление $\text{Па} = 1 / (\text{м}^2 \cdot \text{с}^2) = \text{Н/м}^2$

⁵ В Киото в 1956 г. был зарегистрирован мировой рекорд прироста длины ствола в сутки равный 121 см.

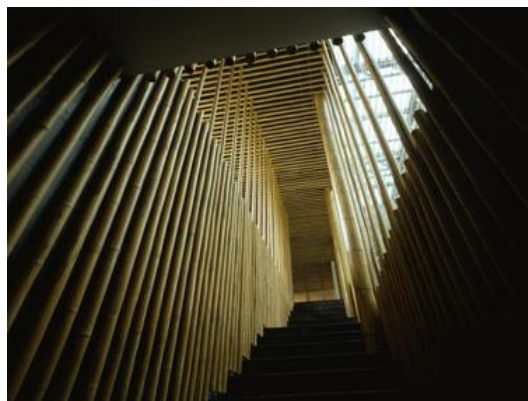
внешнему виду и по способу использования. Поэтому узловые соединения бамбуковых конструкций при проектировании часто решают выполнять по аналогии с проектами стальных трубчатых конструкций. Эти соединения можно выполнять: 1) со сплющиванием концов стержней; 2) с непосредственным примыканием; 3) на фасонках; 4) со вставками; 5) с использованием заглушек.

Внешний вид и высокая прочность делают продукцию из бамбука популярной в строительстве. Соответственно, непрерывно растет и рынок материалов из бамбука, тем не менее, по сравнению с рынком древесины, он по-прежнему остается продуктом, занимающим более скромную нишу на рынке строительных материалов. Бамбук – быстро возобновляемое сырье, одно из самых быстро растущих растений. Бамбук – это не дерево, а род многолетних злаковых растений, достигающих, в отличие от обычных злаков, очень больших размеров (до 35 м в высоту). Однако, на сегодня бамбуковые леса могут также попасть под угрозу истребления, если при высоком спросе они будут интенсивно вырубаться. Свойства бамбука существенно зависят от его ботанического вида (всего насчитывается до 130 видов этого растения), технологии обработки и методов хранения.

Листовой материал из бамбука можно использовать как настил для полов и как столярную плиту. Плиты из бамбука имеют повышенный спрос, например, для облицовки фасадов, как внутренние разделительные перегородки, ширмы или изгороди. Применение бамбука для облицовки фасадов и устройства внутренних перегородок можно продемонстрировать на примере реализованного проекта «Бамбуковый отель», возведенного в начале 2000-х годов архитектором Кенго Кума в Китае. Этот отель находится в муниципалитете недалеко от великой китайской стены. Интерьер стен – бамбуковые стержни, расположенные вертикально на некотором расстоянии друг от друга. Бамбук почти всегда используется в его первоначальном виде. В архитектуре Кенго Кума он умело превращен в связующий материал между природой и культурой.



а)



б)

Рис. 4. Бамбуковый отель: а) экстерьер, б) интерьер – лестница

Современный стиль оформления зданий из бамбука помогает избежать неокOLONиальный колорит. Природная структура бамбука, привычная этому материалу, отразилась в его стремлении ввысь, это качество и свойство бамбука наиболее часто используется в устройстве вертикальных несущих и ограждающих стержней (стоек, опор).

Однако, даже в Колумбии фактическое применение бамбука очень ограничено, так как у проектировщиков не хватает квалифицированных знаний для работы с этим материалом.

Так же для его хранения, транспортировки и монтажа требуются особые условия и знания технологии. Работа с бамбуком требует определённых дополнительных капитальных

вложений. Не смотря на это в Европе, Азии, Колумбии, США и других странах построены знаковые, достаточно крупные здания и сооружения из бамбука.

Техника соединений и конструктивное решение швов в зданиях и сооружениях из бамбука достаточно разнообразны. При строительстве объектов из бамбука необходимо учитывать его особенности как конструктивного материала. Соединения, устройство которых очень специализировано, представляет определенную сложность, так как речь идет о пустотелых трубчатых элементах. Трудности состоят в том, что стволы имеют всегда разные внутренние и наружные диаметры, а также они не идеально круглые. Необходимо также учитывать и предрасположенность сухих стеблей бамбука к образованию продольных трещин (о чем, например, прекрасно знают рыболовы, использовавшие широко распространенные в прошлые годы бамбуковые удилища). В традиционной архитектуре стволы бамбука связываются штекерными соединениями или канатами. Восточноазиатские плотники до сих пор выполняют связи канатами, даже если они сегодня изготавливаются из искусственных волокон. В Колумбии традиционно реализуются современные конструкции из местного бамбука вида «гуадуа», который имеет более высокие конструктивные характеристики по сравнению с другими видами бамбука.

Здания из бамбука («*bahareque*» или «*bajareque*» – исп.), – хижины-жилища – часто используются американскими индейцами, особенно в Колумбии и Венесуэле. «Бареке» – это конструкция малоэтажных зданий из несущих вертикальных стоек, соединенных стенами из переплетенных стеблей бамбука, обмазанных глиной. Эта техника использовалась с давних пор для строительства жилища у коренных народов Центральной Америки.

Следует отметить, что в настоящее время существует всего три издания ISO (международная организация по стандартизации), касающихся строительных норм и правил применения бамбука в строительстве:

- а) «ISO 22 156 Бамбук: расчет и конструкция»;
- б) «ISO 22157-1 Бамбук: определение физических и механических качеств» часть 1;
- в) «ISO/TR 22157-2: Бамбук определение физических и механических качеств» часть 2 «Руководство для проверки расчетов».

Отметим, что по конструкциям из дерева имеется более чем 300 нормативных документов и руководств по использованию. Всё это говорит об огромном отставании в выпуске руководств по использованию бамбука как конструктивного материала в строительстве, начиная от способов ведения лесного хозяйства по методам выращивания и заготовки стволов из бамбука до практического применения и методов перевозки, складирования и хранения заготовок из бамбука. Как мы видим, здесь предстоит многое сделать для утверждения позиций бамбука не только в Колумбии, но и в других странах. Также отсутствуют технические условия и характеристики отдельных видов бамбука по сортовым группам, отсутствуют характеристики поведения бамбука по изменениям прочности и устойчивости при пожаре на существующих строительных объектах.

Опыт использования бамбука как строительного материала за последние 20 лет подтвердил его огромный потенциал и раскрыл дальнейшие перспективы развития строительства из бамбука. Чтобы открыть доступ более широкого круга специалистов к бамбуку необходимы усилия в теоретическом изучении основ проектирования из бамбука, в обучении по разработке изделий и конструкций из бамбука, его сбыте и маркетинге. В настоящее время изготовление и транспортировки изделий и конструкций из бамбука относительно дорогое мероприятие для развивающихся стран. Необходимо искать дополнительные способы по снижению сметной стоимости сооружений из бамбука.

В настоящее время в результате исследований, проделанных в некоторых странах мира, многие виды бамбука и, в частности, «Гуадуа» (Колумбия), показали себя как очень надежный и экологичный материал для строительства. Из-за его высоких конструктивных качеств и экологичности он становится материалом XXI века, который мог бы заменить конструкции из стали, бетона и древесины. Многие архитекторы и дизайнеры рассматривают его огромный потенциал и находят новые оригинальные решения для его использования в архитектуре, строительстве и дизайне различных объектов. К настоящему времени в мире построено достаточно много различных зданий и сооружений из бамбука. Эти уникальные сооружения находятся в Европе (Германия, Франция), Северной и Южной Америке (Бразилия, Мексика, Колумбия) и Азии (Китай) (рис. 5).



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 5. Зарубежный опыт в области проектировании и строительства из бамбука: а) уникальный лиственный дом (Анграс-дос-Реис, Бразилия); б) бамбуковый павильон (Чэнду, Китай); в) кочевой музей (Мехико, Мексика); г) пассивный дом (Бессанкур, Франция); д) эко-дом (Киндио, Колумбия); е) парковка зоопарка (Лейпциг, Германия)

Использование бамбука подходит практически для всех элементов строительных деталей и конструкций. Однако, поскольку это натуральный материал биологического происхождения, могут возникнуть проблемы от намокания и пересыхания выполненных из него элементов. Если не принять соответствующие меры (обработку), то можно потерять все положительные эстетические и прочностные характеристики этого материала. Также как и деревянным конструкциям, деталям из бамбука желательно избегать прямого контакта с водой. По возможности они должны быть изолированы от контакта с влажным грунтом. Необходимо защищать конструкции и детали из бамбука от поступления влаги из воздуха, воздействия насекомых, микроорганизмов и грибковой плесени. Это особенно важно для стран с жарким влажным климатом. Кроме того, рекомендуется избегать воздействия прямых солнечных лучей, хотя последствия от них не так вредны, как от воздействия влаги. Для этого перед использованием в строительстве бамбук проходит специальную подготовку и обработку. Для получения высококачественных материалов из бамбука очень важно проводить их тестирование для проверки на соответствие техническим условиям, также необходимо правильно использовать современные строительные технологии для бамбука, и в этой области проведено уже немало исследований.

Архитекторам следует обратить внимание на архитектурные сооружения, строительные детали и конструкции из бамбука за их экологичность, быстровозводимость. Строения из бамбука показали свою надежность в местах с высокой сейсмической активностью, где проявляется преимущество этого материала из-за малого веса конструкций, создающего меньше инерционных сил. Однако основное преимущество бамбуковых конструкций заключается в том, что детали и конструктивные элементы выполняются из экологически чистого природного быстро возобновляемого материала. Экономика строительства является ещё одним важным фактором, так как стоимость такого типа сооружений значительно ниже по сравнению с конструкциями из большинства других строительных материалов.

Источники иллюстраций

Рис. 1а. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.designboom.com/weblog/images/images_2/danny/greenschool/greenschool05.jpg

Рис. 1б. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.greenschool.org/wp-content/uploads/2016/04/Head-Image-01-greenest.jpg>

Рис. 2а. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.tecnalia.com/en/technological-services/services-by-industry/singular-buildings-references.htm>

Рис. 2б. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.clarin.com/viajes/tendencias/aeropuertos-obras-arte_0_ByfeeJKe.html

Рис. 3а. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.globalpossibilities.org/creating-incredible-green-buildings-with-bamboo/>

Рис. 3б. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://conciencia-sustentable.abilia.mx/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez/>

Рис. 3в. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.panyaden.ac.th/blog/wp-content/uploads/2010/10/IMG_0112-1.jpg

Рис. 3г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://sydex.net/page340699>

Рис. 4а, б. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.archidiap.com/opera/great-bamboo-wall/>

Рис. 5а. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.homedezen.com/wp-content/uploads/2014/05/Leaf-House-in-Brazil-by-Mareines+-Patalano-Arquitetura-13.jpg>

Рис. 5б. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.archdaily.com/788728/the-bamboo-garden-atelier-rep>

Рис. 5в. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.archdaily.co/co/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez>

Рис. 5г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://eco-bud.com/wp-content/uploads/2014/04/Karawitz-Architecture.jpg>

Рис. 5д. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://quaduabambucolombia.com/tag/quadua-verde/#jp-carousel-5521>

Рис. 5е. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://his.ua/article/10-mirovyh-parkovok-dostoinyh-voshischeniya-2015-09-03>

Литература

1. Соланилья Медина Й.М. Традиционное жилье в Колумбии – конструкция зданий из бамбука // Сборник трудов II Межрегиональной научно-практической конференции учащихся и студентов. Профессионализм – основа успешной карьеры: 11 декабря 2015 года. – М.: ГБПОУ МЦО, 2015. – С. 318-321.
2. Соланилья Медина Й.М. Сооружения из бамбука как отражение традиционного жилья Колумбии в творчестве архитектора Симона Велеса // Сборник тезисов. Наука, образование и экспериментальное проектирование, международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов 4–8 апреля 2016 г. – Том 2 – М.: МАРХИ, 2016. – С. 46-47.
3. Соланилья Медина Й.М., Шувалов В.М., Соланилья О.Ю. Экологический природный материал в архитектуре Симона Велеса и Симона Осье Сампера // Architecture and Modern Information Technologies. – 2016 – №1(34) - С. 157-170 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.marhi.ru/AMIT/2016/4kvart16/PDF/AMIT_2016-4\(37\)_Solanilla-Shuvalov_PDF.pdf](http://www.marhi.ru/AMIT/2016/4kvart16/PDF/AMIT_2016-4(37)_Solanilla-Shuvalov_PDF.pdf)
4. Соланилья Медина Й.М., Соланилья О.Ю., Шувалов В.М. Внедрение конструктивных элементов из бамбука в архитектуру жилых и общественных зданий // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ: материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава молодых ученых и студентов. – М.: МАРХИ, 2017. – С. 248-250.
5. Шувалов В.М. Синергетические методы в развитии современной архитектуры придорожных объектов // Architecture and Modern Information Technologies. – 2017. – №4(41). – С. 257-271 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.marhi.ru/AMIT/2017/4kvart17/PDF/19_shuvalov.pdf
6. Edgar Giraldo Herrera, Aureliano Sabogal Ospina. La Guadua. Una alternativa sostenible: la guadua. Técnicas de cultivo y manejo // Corporación Autónoma Regional del Quindío. – Colombia, 2005. – 192 s.
7. Virginia Carmiol Umaña, Bambú Guadua: un recurso ecológico // Tecnología en Marcha. – Vol. 22. – 2009. – № 3. – S. 3–9.
8. Oscar Hidalgo López, Bamboo: The Gift of the Gods // Ediciones villegas editores, Bogotá. – Colombia, 2004. – 553 c.
9. Xiaoping Zhang, Fang Wang, Leon M. Keer. Influence of Surface Modification on the Microstructure and Thermo-Mechanical Properties of Bamboo Fibers // Materials 2015, 8, 6597–6608; doi:10.3390/ma8105327 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mdpi.com/1996-1944/8/10/5327>
10. Bhavna Sharma, Ana Gatóo, Michael H. Ramage. Effect of processing methods on the mechanical properties of engineered bamboo // Construction and Building Materials /

Volume 83, 15 May 2015, S. 95-101 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815001956?via%3Dihub>

11. Company IBUKU – A pioneering architectural and design firm building with bamboo in bali, led by Elora Hardy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ibuku.com/heart-of-school/>
12. David Valdez, Cultivo de Bambú [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apuama.org/wp-content/uploads/2016/10/02-David-Valdez-El-cultivo-del-bambú-1.pdf>
13. Revista ARQHYS «Arquitectura, construccion y decoracion». Proyectos: Casas de bambú [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.arqhys.com/proyectos-casas-de-bambu.html>
14. Plataformaarquitectura. Fotos de la semana: La belleza del Bambú/08:00 - 1 Octubre, 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/880556/fotos-de-la-semana-la-belleza-del-bambu>

References

1. Solanilla Medina Y.M. *Tradicionnoe zhil'ev Kolumbii – konstrukcija zdanij iz bambuka* [Traditional housing in Colombia – design of a buildings from a bamboo (Collection of works II of Interregional scientific and practical conference of pupils and students. Professionalism – the Foundation of a successful career)]. 11 December, Moscow, 2015, pp. 318-321.
2. Solanilla Medina Y.M. *Sooruzhenija iz bambuka kak otrazhenie tradicionnogo zhil'ja Kolumbii v tvorchestve arhitektora Simona Veleza* [Constructions of bamboo as a reflection of traditional housing in Colombia work of architect Simon Velez (MARCHI scientific conference abstracts)]. Moscow, 2016, pp. 46-47.
3. Solanilla Medina Y.M., Shuvalov V.M., Solanilla O.Y. Ecological natural materials in the architecture of Simon Velez and Simon Hosie Samper. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2016, no. 1(34). Available at: [http://www.marhi.ru/eng/AMIT/2016/4kvart16/PDF/AMIT_2016-4\(37\)_Solanilla-Shuvalov_PDF.pdf](http://www.marhi.ru/eng/AMIT/2016/4kvart16/PDF/AMIT_2016-4(37)_Solanilla-Shuvalov_PDF.pdf)
4. Solanilla Medina Y.M., Solanilla O.Y., Shuvalov V.M. *Vnedrenie konstruktivnyh jelementov iz bambuka v arhitekturu zhilyh i obshhestvennyh zdanij* [The introduction of structural elements of bamboo in the architecture of residential and public buildings. Science, Education and Experimental Design. Proceedings of the Moscow Architectural Institute: materials of the scientific-practical conference of the faculty of young scientists and students]. Moscow, MARHI, 2017, pp. 248-250.
5. Shuvalov V.M. Synergistic Methods in the Development of Modern Roadside Objects *Architecture and Modern Information Technologies*, 2017, no. 4(41), pp. 257-271. Available at: http://marhi.ru/eng/AMIT/2017/4kvart17/19_shuvalov/index.php
6. Edgar Giraldo Herrera, Aureliano Sabogal Ospina. *La Guadua. Una alternativa sostenible: la guadua. Técnicas de cultivo y manejo*. Corporación Autónoma Regional del Quindío, Colombia 2005, 192 p.
7. Virginia Carmiol Umaña, *Bambú Guadua: un recurso ecológico. Tecnología en Marcha*, Vol. 22, 2009, no. 3, pp. 3 – 9.
8. Oscar Hidalgo López, *Bamboo: The Gift of the Gods*. Ediciones villegas editores, Bogotá, Colombia 2004, 553 p.

9. Xiaoping Zhang, Fang Wang, Leon M. Keer. Influence of Surface Modification on the Microstructure and Thermo-Mechanical Properties of Bamboo Fibers. *Materials* 2015, 8, 6597–6608; doi:10.3390/ma8105327. Available at: <http://www.mdpi.com/1996-1944/8/10/5327>
10. Bhavna Sharma, Ana Gatóo, Michael H. Ramage. Effect of processing methods on the mechanical properties of engineered bamboo. *Construction and Building Materials*. Vol. 83, 15 May, 2015, pp. 95-101. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815001956?via%3Dihub>
11. Company IBUKU – A pioneering architectural and design firm building with bamboo in Bali, led by Elora Hardy. Available at: <http://ibuku.com/heart-of-school/>
12. David Valdez, Cultivo de Bambú. Available at: <http://apuama.org/wp-content/uploads/2016/10/02-David-Valdez-El-cultivo-del-bambú-1.pdf>
13. ARQHYS «Arquitectura, construccion y decoracion». Proyectos: Casas de bambú. Available at: <http://www.arqhys.com/proyectos-casas-de-bambu.html>
14. Plataformaarquitectura. Fotos de la semana: La belleza del Bambú/08:00 - 1 Octubre, 2017. Available at: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/880556/fotos-de-la-semana-la-belleza-del-bambu>

ОБ АВТОРЕ

Соланилья Медина Йор Майкол

Аспирант, департамент Архитектуры и строительства, Инженерная академия, Российский университет дружбы народов (РУДН), Москва, Россия
e-mail: solanilla1990@hotmail.es

ABOUT THE AUTHOR

Solanilla Medina Yor Maikol

Postgraduate Student, Department of Architecture and Construction, Engineering Academy, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), Moscow, Russia
e-mail: solanilla1990@hotmail.es