

И.К. ДМИТРИЕВ¹¹Государственный университет по землеустройству (ГУЗ), г. Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАДИЦИОННОЙ КРУЖАЛЬНОЙ АРКИ С ВАРИАНТОМ ЕЕ УСИЛЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается исследование традиционной кружальной арки, созданной еще в XVI веке французским архитектором Филибером Делорме, с вариантом ее усиления, делающей ее сопоставимой по восприятию нагрузок с кледедеревянной конструкцией.

В НИУ МГСУ были проведены экспериментальные исследования плоской арки из небольших деревянных брусков, нанизанных на стальной канат, с преднапряжением конструкции из зоны опор.

По их результатам было получено, что арка имеет низкую несущую способность и может работать только на сжатие. Однако, проводя ее усиление стальной лентой по верхней грани и переходя таким образом к шпренгельной конструкции, можно существенно увеличить ее несущую способность и приблизиться по этому показателю к кледедеревянной арке. При испытаниях было отмечено, что по характеру своей работы рассматриваемая арка близка к кружальной арке из деревянных косяков.

В ПК Лира-Сапр были проведены численные исследования работы традиционной и усиленной стальной лентой по своей верхней грани кружальных арок, а также кледедеревянной арки.

Были получены следующие результаты. При деформации прогиб усиленной арки уменьшался на 31%, а напряжения в ней снижались на 26% по сравнению с традиционной, и по своей несущей способности она становилась сопоставима с кледедеревянной.

На этой основе были сделаны выводы, что из усиленных кружальных арок можно создавать сооружения с присущими природным объектам нелинейными формами.

Ключевые слова: бионика, шпренгельная конструкция, усиленная кружальная арка, кледедеревянная арка, естественно-природные материалы.

I.K. DMITRIEV¹¹State University of land management, Moscow, Russia

REASURCH THE WORK OF THE TRADITIONAL CIRCULAR ARCH OF TIMBER JAMBS WITH AN OPTION OF ITS STRENGTHENING

Abstracts. The article discusses the research of the traditional circular arches of timber jambs, designed in the 16-th century by the French architect Philibert Delorme, with an option of its strengthening, which make this arch comparable to the glued timber one.

The experimental research of a flat arch, made of small wooden bricks strung on a steel rope and prestressed from the foundation zone, was carried out in the NRU MGSU.

According to the results, it was found, that the arch has a low carrying capacity and can work only on compression. However, by strengthening the arch by using a steel band along its upper face and thus moving to the truss structure, it is possible to increase significantly its carrying capacity and bring it closer to the glued timber arch. During tests, it was noted that by the character of its work this arch is close to the circular arch of timber jambs.

In the LIRA-CAD PC a computer simulation was carried out of the traditional and the strengthened by a steel band along its upper face circular arches of timber jambs, as well as the glued timber arch.

The following results were obtained. During the deformation process, the deflection of the strengthened circular arch decreased by 31%, and the stresses in it decreased by 26% compared to the traditional one, and according to the carrying capacity the arch has become comparable to the glued timber one.

On this basis the conclusions were obtained, that it is possible to create non-linear form constructions, inherent to the natural objects, using the strengthened circular arch.

Keywords: *bionics, truss structure, strengthened circular arch of timber jambs, glued timber arch, natural materials.*

Введение.

Основным в бионике как науке является исследование функциональных особенностей и структуры различных биологических объектов – от простых клеток до сложных живых организмов, с целью создания технических устройств, использующих свойства биологических объектов в технических решениях. Как было отмечено еще на 1-ой международной конференции по бионике 45 лет назад в Варне[1], эта наука не просто исследует живую природу, а прежде всего на основе природных закономерностей создает по образцу природы новые вещи и комбинации, какие в природе не существуют. А техническая или инженерная бионика, как часть общей бионики, изучает принципы построения и функционирования объектов живой природы, с целью их применения в решении прикладных инженерных задач.

Одним из наиболее известных ученых, внесших большой вклад в использовании бионики в архитектуре и строительстве в XX веке, был немецкий инженер и архитектор, проф. Штуттгартского университета Отто Фрай[2]. Занимаясь изучением различных биологических оболочек и сетей – паутиной, листьями растений, древесными лианами и другими природными объектами, он разработал конструкции легких мембранных покрытий, на основе которых им были созданы уникальные сооружения – крыша Олимпийского стадиона в Мюнхене, здание Tuwaiq Palace в Саудовской Аравии, институт ILEK в Штутгарте и другие (рисунки 1 и 2).



Рисунок 1 - Внешний вид института ILEK в Штутгарте

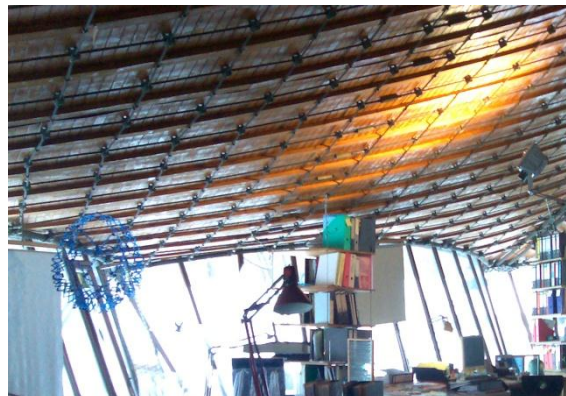


Рисунок 2 - Вид покрытия института ILEK изнутри

В начале для своих работ он применял стальную сеть – аналог паутины, которая накидывалась на стальную колонну, служащую ей опорой, с образованием висячей оболочки. Само покрытие могло быть темным или светопрозрачным, иметь систему оттяжек и контурного крепления. В институте ILEK, например, он использовал возможность сгиба деревянных досок небольшого сечения, для создания сплошного настила покрытия, прикрепленного к поддерживающей его стальной сети. А сверху конструкцию завершала гибкая черепица, приклеенная на мастику к нижележащему дощатому покрытию. В дальнейшем Отто Фрай и другие архитекторы, работающие в его группе, применяли уже ПВХ-тенты в качестве бионического аналога природной оболочки с поддерживающей их конструкцией в виде металлических ферм. Однако стоит отметить, что все эти сооружения были изготовлены из материалов, не встречающихся в живой природе и полученных искусственным путем. Таким образом, в этих решениях, природная бионическая форма сооружения создавалась в основном при помощи современных строительных материалов – металла и ПВХ. Использование же этих материалов вызывает трудности с их

дальнейшей не загрязняющей природу переработкой после окончания срока их эксплуатации.

Основоположник советской и российской школы архитектурной бионики Ю.С. Лебедев [1,3] применял в большом объеме материалы, являющиеся частью окружающей природы. А именно гибкую нить в виде деревянных соединенных друг с другом брусков, образующих цепную линию, прообразом которой являлась древесная лиана. Покрытие оболочки из таких нитей было выполнено им из листового стеклопластика, что ближе к природным материалам, чем поливинилхлорид. Как известно, древесина находится в циклическом природном круговороте материалов и практически полностью может разлагаться благодаря процессу гниения. Стеклопластик не находится в таком круговороте, но, благодаря процессу пиролиза, он также может быть переработан достаточно просто.

В наиболее известном сооружении Ю.С. Лебедева – здании рынка в г. Махачкале (рисунки 3 и 4), деревянные продольные цепи крепились к поперечным металлическим аркам, образуя оболочку покрытия. Однако оболочка изначально не провисала как лиана, а принимала нулевую или даже положительную Гауссову кривизну благодаря поперечным деревянным аркам, приподнимающим деревянные гирлянды в каждом узле соединения их элементов друг с другом. Эти поперечные арки представляли из себя мелкогабаритные деревянные бруски, нанизанные на стальной канат, и выполняли в основном функцию раскрепления и стабилизации продольных деревянных гирлянд. Сами по себе они не могли воспринять никакой нагрузки кроме сжатия из-за своего сходства с бусами, но поддерживали несущие продольные гирлянды в пространстве и вместе с ними создавали сетчатую оболочку покрытия. Всего таких оболочек было три и внешне сооружение напоминало три небольших холма, поддерживаемых стальными арками [4].



*Рисунок 3 - Рынок в г. Махачкале
в процессе строительства*



*Рисунок 4 – Рынок в г. Махачкале
после 20 лет эксплуатации*

Благодаря расположению здания на юге в Дагестане в I-ом снеговом районе, где практически не встречаются серьезные снеговые нагрузки, поперечные арки из мелкогабаритных деревянных брусков были сделаны безмоментными, работающими только на сжатие под действием нагрузки от легкого стеклопластикового покрытия. Изначально заданный строительный подъем этих арок с течением времени уменьшился и их циркулярная форма перешла в параболическую, характерную для безмоментных арок. А форма самой оболочки покрытия приняла отрицательную Гауссову кривизну.

Результаты исследований и их анализ.

Предположение о невозможности стального каната с нанизанными на него и плотно сжатыми деревянными брусками воспринимать какую-либо нагрузку кроме центрального сжатия, была подтверждена и в ходе лабораторных испытаний, проведенных в НИУ МГСУ. Там был создан экспериментальный модуль из 2 пересекающихся в коньке стержневых арок, каждая по модели плоской двухшарнирной арки, которая представляла из

себя мелкогабаритные деревянные бруски, нанизанные на два стальных каната (рисунки 5 и 6). Размеры прямоугольного модуля были 571х312 см, при его высоте в коньке 2,68 м. Деревянные элементы гирлянды имели размеры 8х8х20 см, а два стальных каната проходящие через них принимались по 6 мм каждый. Для предотвращения закручивания деревянных брусков друг относительно друга, а также ликвидации шарниров в арке «из плоскости», между деревянными брусками размещались межэлементные проставки в виде деревянных шпонок. Благодаря натяжению канатов из зоны опор, все элементы модуля плотно соединялись друг с другом [5,6].



Рисунок 5 - Плоская арочная гирлянда с межэлементными проставками на этапе монтажа



Рисунок 6 - Сборка экспериментального арочного модуля

Нагружение проводилось в двух местах – одной сосредоточенной силой в коньковом узле, а также двумя сосредоточенными силами в смежных гирляндах, в четверти пролета модуля [7]. Напряжения, возникающие в элементах, не определялись, а определялись деформации в местах действия силы прогибомером с проволоочной связью конструкции Н.Н. Максимова.

Как было установлено в ходе экспериментов, деформация гирлянд была высокая и превышала максимальную нормативную величину в 1/120 пролета. Более того, после достаточно незначительной нагрузки, деформация начинала сильно возрастать практически без дополнительного нагружения. То есть возникало явление падения сопротивления конструкции внешнему воздействию при существенном росте деформации [5].

Из проведенных экспериментов был сделан вывод о том, что в конструкцию модуля необходимо ввести дополнительный элемент, который поможет трансформировать многошарнирную арку в арочную ферму, способную воспринимать большие нагрузки при изгибе, а также способный воспринимать достаточно большие растягивающие усилия. Для этой цели по всей верхней грани модуля была натянута стальная перфорированная лента, прикрепленная к каждому деревянному бруску арок. Как показали дальнейшие испытания, сопротивление модуля внешнему загрузению существенно повысилось, а сами гирлянды по своей несущей способности стали приближаться уже к клеелесовым аркам. Проведенное исследование со стальными лентами носило предварительный характер, ввиду трудности его осуществления на экспериментальном модуле. Его результаты были далее подтверждены уже в ходе нового испытания, в котором исследовалась плоская арочная гирлянда, усиленная стальной перфолентой по всей своей верхней грани (рисунок 7) [8,9].

В ходе экспериментов было установлено, что после окончания притирки торцов деревянных элементов друг к другу и завершения их т.н «рыхлой деформации», график «усилие-деформация» для исследуемой арки приобретал линейный вид, а прогиб конструкции приближался к величине $(1/200) \cdot l_{\text{прол}}$ (рисунок 8). Это вполне отвечает нормативам [10] при пролетах ферм до 6м с точки зрения эстетико-психологических требований. Натяжение арочной гирлянды из зоны опор с образованием плотно сжатой

конструкции собственно и приводит к плотному примыканию торцов деревянных брусков друг к другу, их уплотнению и уменьшению так называемой «рыхлой деформации». Таким образом, усиление арочной гирлянды с переходом ее в шпренгельную арочную ферму, позволяет получить реально работающую конструкцию, способную воспринимать различные нагрузки.



Рисунок 7 - Плоская арочная гирлянда усиленная двумя стальными перфолентами по верхней грани. Приложение нагрузки в зоне конька.

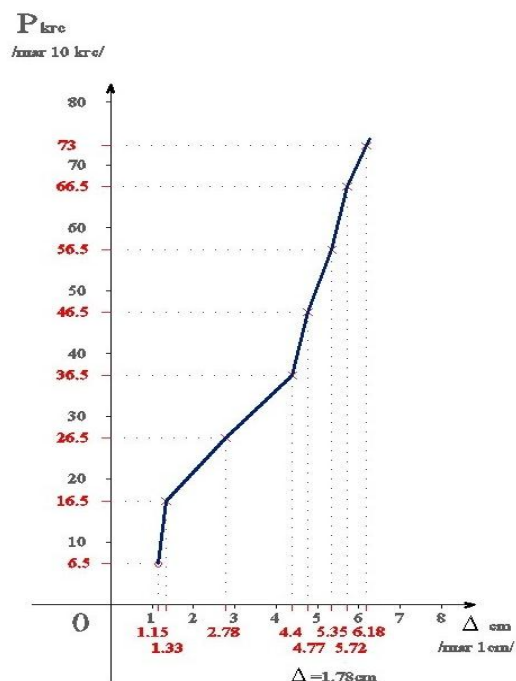


Рисунок 8 - График «усилие-деформация» при нагружении плоской усиленной арочной гирлянды в зоне конька. На участке от 36.5 кгс до 73 кгс. Макс. деф. ~ 1.78 см, ~ 1/186 l_{np}.

Возвращаясь к бионической оболочке, построенной в Махачкале, можно сказать, что усиление поперечных арочных гирлянд стальной лентой позволило бы придать пространственным оболочкам сооружения постоянную положительную или нулевую Гауссову кривизну, без дальнейшего перехода их в отрицательное значение. И, следовательно, не потребовало бы последовавшего через какое-то время после их возведения ремонта стеклопластикового покрытия из-за расхождения листов.

Проводя исследования со стержне-вантовыми арочными гирляндами, нами было обращено внимание на то, что исторически уже известна многошарнирная арка из деревянных элементов. Правда эти элементы не нанизаны на стальной канат, а соединяются друг с другом при помощи болтов или гвоздей, образуя две ветви одной арки. При этом одна ветвь сдвинута относительно другой на половину длины элемента. Это так называемая кружальная арка Филибера Делорма (рисунок 9), названная по имени своего создателя и известная еще с XVI века [11,12]. Ее конструкция за этот долгий период времени мало изменилась, и она часто используется в сезонных или постоянных сооружениях с небольшим пролетом. В наши дни ее обычно применяют при устройстве кирпичных или монолитных ж/б сводов в качестве ребер опалубки из листовой фанеры, создавая конструкцию построечного изготовления. Деревянные элементы из которых собрана кружальная арка называются косяками и имеют рекомендуемое отношения соей длинны к высоте сечения, равное 11-13, для предотвращения раскалывания их торцевой зоны от большой поперечной силы. Тщательная отторцовка косяков приводит к возможности восприятия сжатия обеими ветвями кружальной арки. В тоже самое время она очень плохо воспринимает изгибающий

момент, неустойчива как в плоскости, так и из плоскости, и редко используется при асимметричной нагрузке[13].

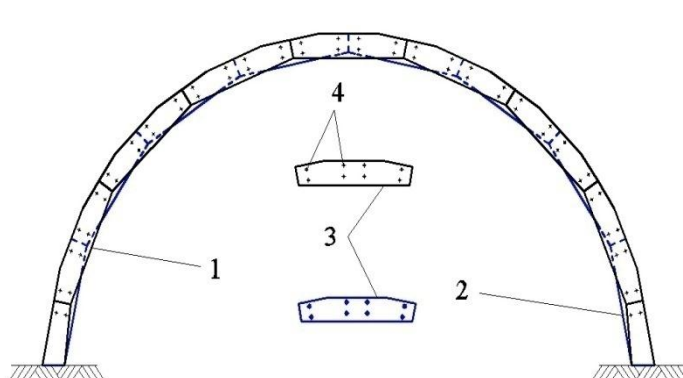


Рисунок 9 - Спряmlенная сверху двухветвевая кружалъная арка из косяков:

1– ближние косяки, 2- дальние косяки, 3- форма косяков,
4 – отверстия для соединения косяков

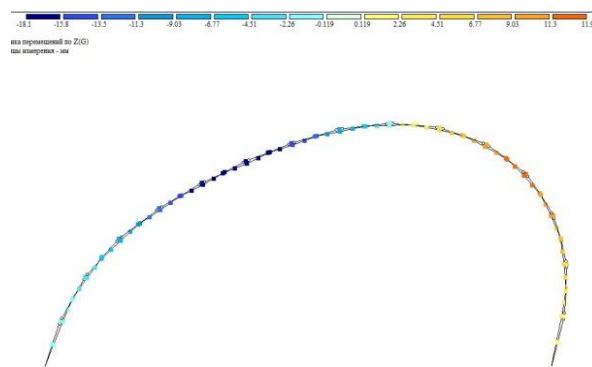


Рисунок 10 - Деформация неусиленной кружалъной арки при наихудшем нагружении

Усиление такой конструкции стальной лентой по ее верхней грани, также как и в случае стержне-вантовой арки, приводит к образованию шпренгельной арочной фермы. При этом деревянные косяки становятся поясом такой фермы со стойками нулевого размера, а роль шпренгеля начинает выполнять оцинкованная лента-штрипс или перфолента, натянутая по всей ее верхней части. В результате несущая способность кружалъной арки возрастает, она становится устойчивой в своей плоскости и приближается к клеедеревянным аркам по своим характеристикам. Но в отличие от последней, ее стоимость на порядок меньше, а сборка проще из-за небольшого размера косяков, соединяемых болтами, и в целом похожа на сборку элементов детского конструктора. В усиленной кружалъной арке сечение и длина косяков не регламентируется, а полученная арка может быть как циркульной, так и параболической или стрельчатой формы. Устойчивость конструкции «из плоскости» регулируется межарочными распорками и покрытием. Вопрос начальной «рыхлой деформации», решаемой в стержне-вантовой арке сильным натяжением ее деревянных брусков, в усиленной кружалъной арке решается путем создания строительного подъема конструкции ($f_{стр.}$), что сейчас обычно и делают при изготовлении металлодеревянных ферм. В ходе их эксплуатации, $f_{стр.}$ уменьшается и через некоторое время конструкция приходит в свое проектное положение.

В ПК Ли́ра-Сапр[14] было проведено компьютерное моделирование по сравнению несущей способности простой и усиленной кружалъных, а также клеедеревянной арок. Эта работа была проведена в рамках создания нового бионического сооружения в форме рыбы, являющегося продолжением исследований в области архитектурно-строительной бионики, начатых еще в СССР Лебедевым Ю.С. Все арки моделировались циркульными, имели пролет 10 м и воспринимали постоянную нагрузку от покрытия, а также кратковременную снеговую нагрузку в зоне III снегового района. Эта нагрузка бралась не в соответствии с нормативами [10], а по упрощенной схеме в виде прямолинейной проекционной нагрузки с коэффициентом $\mu=1$ и треугольной асимметричной нагрузки с коэффициентом $\mu=2$. Усиление каждой из ветвей кружалъной арки проводилось двумя упаковочными оцинкованными лентами сечением 20 x 0,7 мм, согнутыми вдвое и прикрепленными к каждому косяку двух ветвей арок по его верхней грани. Эти ленты в ПК Ли́ра-Сапр [14] моделировалось геометрически-нелинейным конечным элементом (КЭ) «тонкая нить» с прямоугольным сечением, воспринимающим только растягивающие усилия. Косяки каждой из ветвей принимались из трапецевидных досок сечением 200x50 мм, а клеедеревянная арка

имела постоянное сечение 200x100 мм, при этом шаг всех арок составлял 0,8 м. Ветви кружальных арок соединялись друг с другом двумя болтами с каждой стороны стыка косяков, имели диаметр 12 мм и шагом расстановки, определяемым нормами [15].

В процессе линейного и нелинейного расчета 3-х конструкций в ПК Ли́ра-Са́пр были определены точки наибольших деформаций и зоны максимальных напряжений в арках. Результаты расчета показаны на рисунках 10-12.

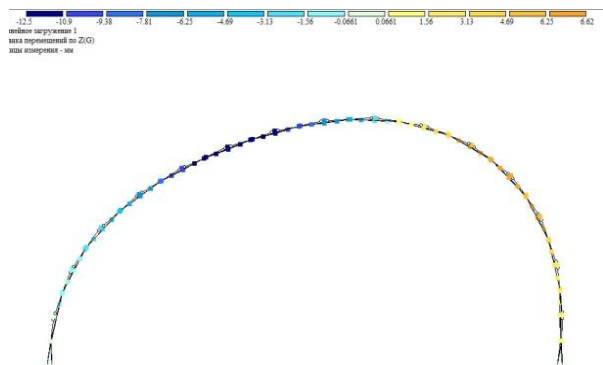


Рисунок 11 - Деформация усиленной кружальной арки при наихудшем нагружении

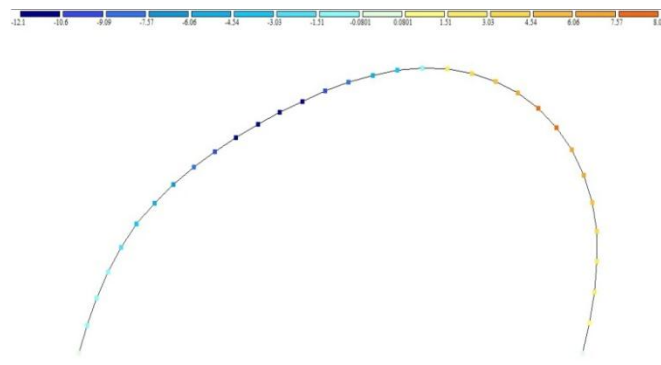


Рисунок 12 - Деформация клеедеревянной арки при наихудшем нагружении

Численные значения расчета неусиленной, усиленной и клеедеревянной арок на наиболее опасное нагружение, состоящее из ассиметричной треугольной снеговой, постоянной от покрытия и собственного веса, нагрузки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета трех типов арок в ПК Ли́ра-Са́пр

Название	Наибольшие деформации от ассиметричной нормативной нагрузки $f_{max.}$, см	Наибольшие напряжения от ассиметричной расчетной нагрузки /Литера/ $\sigma_{max.}$, кгс/см ²	Наиб. растягивающая сила в усиливающей ленте, N, кгс	Наибольшие напряжения в болтах, соединяющих ветви арки /Литера/, $\sigma_{max.}$, кгс/см ²
Кружальная арка	1.81	89	—	1628
Усиленная кружальная арка	1.25	66	1560	1353
Клеедеревянная арка	1.21	47	—	—

Выводы

Как видно из результатов расчета, наибольшая деформация неусиленной кружальной арки от нормативной ассиметричной нагрузки составляет 1,81 см $(1/276) \cdot l_{\text{прол}}$ от половины пролета арки, равного 500 см. Это меньше величины $(1/200) \cdot l_{\text{прол}}$, определяемой в качестве допустимой деформации конструкции в соответствии с [10]. В реальном бионическом сооружении шаг таких арок даже может быть увеличен до 1м. Но деформация клеедеревянной арки при тех же условиях составляет всего 1,21 см $(1/413) \cdot l_{\text{прол}}$, что существенно меньше кружальной. Усиление кружальной арки приводит к тому, что ее деформация становится уже близкой к клеедеревянной арке и приближается к величине $(1/400) \cdot l_{\text{прол}}$. Жёсткость арки возрастает на 31% и в соответствии со II предельным состоянием она становится сопоставима с клеедеревянной. По напряжениям (I предельное состояние), несущая способность арки возрастает на 26%. В бионической конструкции,

созданной на основе усиленных кружальных арок, их шаг может превышать 1м при выполнении достаточно жестких нормативов, соответствующих клеендеревянным аркам. Кружальные арки становятся более устойчивыми в своей плоскости и могут воспринимать большую нагрузку при простейшей болтовой сборке из небольших деревянных элементов.

Широко используемая в настоящее время клееная древесина требует специальных производств для своего изготовления и транспортных средств для ее доставки к месту строительства. В тоже время мелкогабаритные элементы кружальных конструкций, часто являющиеся вообще отходами деревообрабатывающих производств, не требуют ни специальных цехов, ни техники большой грузоподъемности для своего создания. Пройдя простейшую сушку, используя ручной деревообрабатывающий инструмент, цельнодеревянные элементы собираются в кружальные несущие конструкции по принципу детского конструктора – просто и быстро. И так же просто доставляются к любому месту строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев Ю.С. и др. Архитектурная бионика. М.: Стройиздат, 1990. 269 с.
2. Winfried Nerdinger., Frei Otto. Complete works. Lightweight construction. Natural design. [ФрейОтто. Все работы. Легкие конструкции. Естественный дизайн], Birkhauser, Architekturmuseum, TUMunich, May 2005, 396 p.
3. Лебедев Ю.С., Темнов В.Г. Пространственные конструктивные системы бионического типа: опыт применения в строительстве. Л.: ЛДНТП, 1980. 26 с.
4. Дмитриев И.К. Исследование работы стержне-вантовой гирлянды //Промышленное и гражданское строительство. 2010. №11. С. 53 – 55.
5. Дмитриев И.К. Экспериментальное исследование арочной гирлянды //Промышленное и гражданское строительство. 2014. №10. С. 58 – 61.
6. Дмитриев И.К., Петухова К.Г. К вопросу возведения экспериментального большепролетного стержне-вантового купола //Промышленное и гражданское строительство. 2012. №12. С. 18 – 19.
7. Дмитриев И.К. Результаты исследования несущей способности стержне-вантовой гирлянды и формы оболочек на ее основе //Промышленное и гражданское строительство. 2013. №9. С. 4 – 6.
8. Дмитриев И.К. Исследование деформации стержне-вантовой арки //Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. №5. С. 72 – 77.
9. Дмитриев И.К. Определение разрушающих усилий в стержне-вантовой арке //Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. Том 15. №3. С. 243 – 248.
10. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М., 2016.
11. Website: TheCatholicEncyclopedia – BiographyofPhilibertDeL'Orme, [Католическая энциклопедия – Биография Филибера Делорма], Jun 23, 2009.
12. Арленинов Д.К., Буслаев Ю.Н., Игнатьев В.П., Романов П.Г., Чахов Д.К. Конструкции из дерева и пластмасс. Под ред. д.т.н., проф. каф. КДИП Арленинова Д.К. М.: Издательства АСВ, 2002.
13. Иванов В.Ф. Конструкции из дерева и пластмасс. Л.- М., Издательство литературы по строительству, 1966.
14. Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Программный комплекс Лири-Сапр 2015. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С.М.: Электронное издание, 2015. 460 с.
15. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. М., 2017.

REFERENCES

1. Lebedev YU.S. idr. Arkhitekturnaya bionika. M.: Stroyizdat, 1990. 269 s.
2. Winfried Nerdinger., Frei Otto. Complete works. Lightweight construction. Natural design. [Frey Otto. Vse raboty. Legkie konstruksii. Estestvennyy dizayn], Birkhauser, Architekturmuseum, TU Munchen, May 24 005, 396 p
3. Lebedev YU.S., Temnov V.G. Prostranstvennye konstruktivnye sistemy bionicheskogo tipa: opyt primeneniya v stroitel'stve. L.: LDNTP, 1980. 26 s.
4. Dmitriev I.K. Issledovanie raboty sterzhne-vantovoy girlyandy // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2010. №11. S. 53 - 55.

5. Dmitriev I.K. Eksperimental'noe issledovanie arochnoy girlyandy // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2014. №10. S. 58 - 61.
6. Dmitriev I.K., Petukhova K.G. K voprosu vozvedeniya eksperimental'nogo bol'sheproletnogo sterzhnevantovogo kupola // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2012. №12. S. 18 - 19.
7. Dmitriev I.K. Rezul'taty issledovaniya nesushchey sposobnosti sterzhnevantovoy girlyandy i formyobolochek na ee osnove // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2013. №9. S. 4 - 6.
8. Dmitriev I.K. Issledovanie deformatsii sterzhnevantovoyarki // Stroitel'naya mekhanika i inzhenernykh konstruksiy i sooruzheniy. 2015. №5. S. 72 - 77.
9. Dmitriev I.K. Opredelenie razrushayushchih usiliy v sterzhnevantovoy arke // Stroitel'naya mekhanika i inzhenernykh konstruksiy i sooruzheniy. 2019. Tom 15. №3. S. 243 - 248.
10. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.01.07-85*. M., 2016.
11. Web site: The Catholic Encyclopedia – Biography of Philibert De L'Orme, Jun 23, 2009
12. Arlenin D.K., Buslaev YU.N., Ignat'ev V.P., Romanov P.G., Chakhov D.K. Konstruktsii iz dereva i plastmass. Pod red. d.t.n., prof. kaf. KdiP Arleninova D.K.. M.: Izdatel'stvo ASV, 2002.
13. Ivanov V.F. Konstruktsii iz dereva i plastmass. L.- M., Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1966.
14. Vodop'yanov R.YU., Titok V.P., Artamonova A.E. Programmnyy kompleks Lira-Sapr 2015. Rukovodstvo pol'zovatelya. Obuchayushchie primery. Pod redaktsiey akademika RAASN Gorodetskogo A.S. M.: Elektronnoe izdanie, 2015. 460 s.
15. SP 64.13330.2017. Derevyannye konstruktsii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-25-80. M., 2017.

Информация об авторах:

Дмитриев Игорь Кимович

Государственный университет по землеустройству (ГУЗ), г. Москва, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры строительства.

E-mail: igkd@yandex.ru

Information about authors:

Dmitriev Igor K.

State University of land management, Moscow, Russia,
candidate of technical Sciences associate Professor of the Department of construction.

E-mail: igkd@yandex.ru