

# АРХИТЕКТУРНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ДИГИТАЛЬНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПАВИЛЬОНОВ

**В.В. Карпенко**

*Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия*

## Аннотация

В статье раскрыты особенности дигитального формообразования параметрических и фрактальных структур. Рассмотрены особенности проектирования и творческий подход архитекторов, работающих в данном направлении, а так же зарубежный опыт, актуальные проблемы и тенденции в области проектирования дигитальных деревянных павильонов.

**Ключевые слова:** дигитальная архитектура, алгоритмы формообразования деревянных павильонов

# THE ARCHITECTURAL CONCEPT OF THE DIGITAL WOODEN PAVILIONS

**V. Karpenko**

*State University of Land Use Planning, Moscow, Russia*

## Abstract

In the article the basic laws of the digital shaping wooden pavilions in existing and designed wooden pavilions, containing the principles of formation of parametric and fractal structures. Identifies the features of the design and creativity of architects, working in the area of digital design with the use of wooden structures. The international practices, current issues and trends in the digital design wooden pavilions.

**Keywords:** digital architecture, algorithms for shaping wooden pavilions

С развитием технологий деревообработки появилась возможность создавать из дерева конструкции любых конфигураций и размеров. Антипиреновые пропитки значительно снизили уровень горючести деревянных конструкций. Повышается конкурентоспособность дерева среди прочих строительных материалов. В свою очередь, развитие цифровых технологий позволяет воссоздать и исследовать трехмерную модель проектируемого объекта из дерева, структурно разобрать ее на конструктивные элементы, анализировать узлы, создавать спецификации и детализовку для последующего изготовления, сборки и контроля производства. Под влиянием вышеупомянутых факторов, наблюдается тенденция к использованию дерева, как технологичного и перспективного материала, для проектирования и строительства.

Формирование понятия «дигитальная архитектура» (англ. Digital – цифровой) произошло в начале 90-х годов XX века в процессе поисков новых образов на волне достижений науки и компьютерных технологий. Здание трактуется не только как криволинейная форма, но и как биологический природный организм, свойства и основные черты которого отражены посредством математических алгоритмов, являя собой симбиоз виртуального и реального [1].

В качестве предвестника развития цифровой архитектуры в XX веке послужили работы таких известных архитекторов, как Фуллер Р., Фрей О., Аалто А., Райт Ф. и других. Руководствуясь их исследованиями и открытиями в области новой пластики форм деревянных зданий и сооружений (био-сферические формы, раковины-сетки, мембранные, сетчатые и гипарные деревянные конструкции и т.д.) современные архитекторы и проектировщики смогли в значительной степени продвинуться в поиске форм и получили возможность создавать более сложные конструктивные модели.

Среди цифровых способов формообразования можно выделить три основных крупных и самых распространенных: параметрический, фрактальный и метод тесселяции, в большой степени, влияющие на формообразование объекта.

Безусловно, существует масса других методов: химерные системы, L-системы, методы роевого интеллекта и др. Первопроходцами в работе с параметрическим методом формообразования были Заха Хадид и Патрик Шумахер. Можно привести выдержку из манифеста 2008 года, закрепляющую понятие параметризма: «Параметризм – новый глобальный стиль для архитектуры и городского дизайна. Стиль родился от цифровых методов анимации. Его последние разработки основаны на передовых параметрических дизайнерских системах и скриптовых методах. Этот стиль был разработан за последние 15 лет и теперь требует гегемонии в авангардистской архитектуре» [5].

Параметрическое направление особенно активно используется в последнее десятилетие как в градостроительстве, ландшафтном дизайне, архитектуре, дизайне интерьера, так и в промышленном дизайне. Использование не только первоначально заложенных параметров предметов, но наложение на объект сложных деформаций (вплоть до волновых колебаний музыки и света) позволяет создавать сложные пространственные модели. Можно провести аналогию и с законами природы, где все изменяется, диффузирует, делится, тем самым, рождая новое. Среди известных параметрических программ для обработки и анализа можно назвать Rhinoceros, ANSYS, продукты семейства AutoCad, Emergent Technologies and Design (разработана Архитектурной Ассоциацией в Лондоне) и др.

Такие крупные архитектурные бюро, как Zaha Hadid, MVRDV, Big, в каждом из своих проектов используют параметрическое программирование. Из наших отечественных ученых исследователей в данной области можно выделить архитектора, дизайнера, одного из основателей образовательного и исследовательского проекта параметрической архитектуры «Точка ветвления» Эдуарда Хаймана. Среди международных высших учебных архитектурных заведений, занимающихся разработкой алгоритмов и цифровыми экспериментами представлены такие, как AA (Architectural Association), SCI-Arc (The Southern California Institute of Architecture), University of Applied Arts Vienna, RMIT University и др.

Согласно классификации испанского исследователя-архитектора Антонио Д. Лара, представленной им на конференции в 2014 году в Барселоне, можно выделить 3 основных типа формирования структуры цифровых деревянных павильонов: поколения форм, основанных на традиционных структурных типах, поколения форм, полученных через визуально-пластические процедуры и формы, полученные благодаря использованию цифровых процессов [6].

Ярким примером цифровой архитектуры в области параметрических деревянных павильонов может служить «Павильон сплавленного леса» (англ. Driftwood pavilion), спроектированный студентами архитектурной школы (Architectural Association) «Unit 2» для фестиваля «AA Summer Pavilions» на Бедфорд-Сквер в Лондоне в 2009 году (Рис. 1(а-в)). Руководителем группы студентов был Чарльз Уокер.

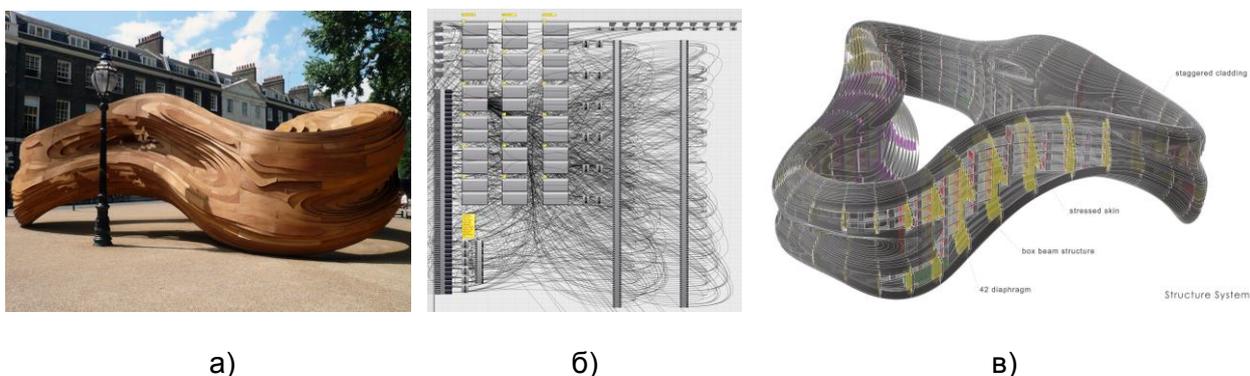


Рис.1(а-в). «Павильон сплавного леса» команды «Unit 2»: а) фотография; б) схема направления параллельных векторов; в) структурная схема

Первоначально авторы вдохновились образами иорданского города Петры. После чего была сгенерирована программная последовательность в виде параллельно движущихся векторов. Данный алгоритм послужил основанием для создания динамической параметрической формы павильона, напоминающего движущийся по реке лес. Окончательно спроектированный и смонтированный павильон состоял из 28 слоев клееной 4-х миллиметровой фанеры, которая скрывает внутренний несущий каркас.

Этой же группой студентов архитектурной школы AA (Architectural Association) также был спроектирован фрактальный павильон «Свистящий павильон» (англ. Swoosh Pavilion) для лондонского фестиваля архитектуры «AA Summer Pavilions» в 2007 году, который является ярким примером параметрического дигитального проектирования в деревянных конструкциях.

Из более ранних работ 2005 года «Unit 2» архитектурной школы (Architectural Association) хотелось бы отметить павильон, структура которого изначально обусловлена математической зависимостью – «Фрактальный павильон» (англ. Fractal pavilion). Один из самых ранних, практически без какого-либо декорирования, он представляет собой структуру, основанную на принципе золотого сечения, рекурсивном повторении гребней и спиралевидных лучей, направленных (как и в бионике) от вершины к самым маленьким веткам с геометрической прогрессией (Рис. 2).



Рис. 2. «Фрактальный павильон» команды «Unit 2»

Построение триадной кривой Коха начинается с отрезка единичной длины – это 0-е поколение кривой Коха. Отрезок делится на три равные части, и средняя часть заменяется равносторонним треугольником, сторона которого равна одной трети

исходного отрезка нулевого поколения. В результате такой замены получается следующее поколение кривой Коха – образующий элемент. И так, для получения каждого последующего поколения, все звенья предыдущего необходимо заменить уменьшенным образующим элементом.

Если рассматривать фрактальную зависимость в конструкции павильона, то поколение 0 будет являться основным, расположенным параллельно линии горизонта и образующим навес с переходом в опоры павильона.

Нельзя сказать, что архитекторами был взят исключительно чистый фрактал и скопирован в качестве исходной структуры. Многие ветви и их взаимосвязи были укорочены в процессе проектирования. Так, например, упразднено поколение 9. Обработка фрактального поколения с 4 по 8 производилась дисковыми пилами. Элементы крепились между собой металлическими связывающими пластинами. Все чертежи студентов были выполнены в программе AutoCad и в последующем нарезаны из слоистой древесины металлорежущим программным станком. Общее количество деталей и компонентов сложного павильона составило около 2 тысяч элементов и 60 семейственных связей и было заспецифицировано программно. Далее при монтаже конструкции требовалась лишь незначительная доработка, а именно, обработка дерева защитными пропитками и узлов сопряжения антикоррозионными составами, что в значительной степени уменьшило время изготовления, облегчило доставку и последующую сборку павильона.

С развитием технологий компьютерного моделирования увеличиваются возможности создания сложных форм. Поиск форм моделей аналитическим методом постепенно вытесняет моделирование с помощью начертательной геометрии. Проект дома «Фаб Лаб» (англ. Fab Lab House), спроектированный Институтом Передовой Архитектуры Каталонии (IAAC) в 2010 году яркое тому подтверждение (Рис. 3). Правительство и министерство энергетики Испании разработали совместный проект исследования в области строительства энергоэффективных домов.



Рис. 3. Проект дома Фаб Лаб

Дом являет собой сочетание новых технологий персонализированного изготовления – САМ и САПР, экологических методов проектирования и энергосберегающих технологий. В качестве примера экологических преимуществ можно привести способность дома вырабатывать электрическую энергию в 3 раза больше необходимой нормы при помощи размещенных на поверхности дома элементов солнечных батарей. За счет полной автоматизации производства сборка дома может быть осуществлена за 15 дней. Площадь

дома, предназначенного для проживания семьи из 4-х человек, составляет 75 кв.м. «Здания должны быть как деревья, которые являются самодостаточными и должны следовать естественным принципам...» говорит Висент Гулларт, директор IAAC [10]. Характерные черты параметрической дигитальной архитектуры, воплощенной в дереве, можно увидеть в работах студии Ramboll. В 2012 году для выставки деревянного зодчества в Ковентри, в Великобритании был спроектирован павильон Трада (англ. Trada Pavilion). При разработке конструкции использовался новый алгоритм вычисления, позволяющий получить близкую к морской раковине структуру с полигонально-упрощенными панелями облицовки (Рис. 4). Панели из фанеры толщиной 15 мм вырезаны фрезерным станком и крепятся между собой стальными поворотными петлями. Создание параметрической модели позволило просчитать нагрузки и уже на ранних этапах оптимизировать расположение петель и минимизировать расход материала на производство, что снизило вес конструкции, выдерживающей как собственный вес, так и внешнюю нагрузку.

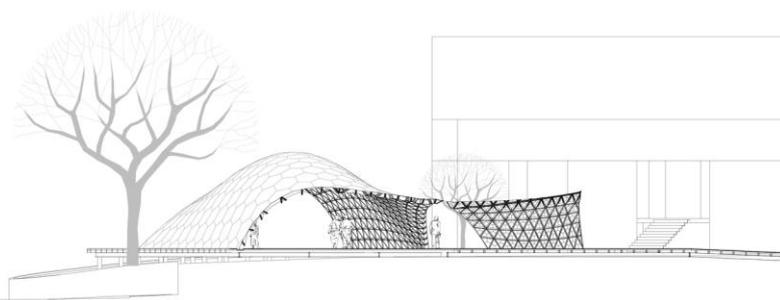


Рис. 4. Павильон «Трада»

По проекту архитекторов студии City Form Lab в 2013 году было завершено строительство павильона библиотеки, предназначенной для студентов университета Сингапурского университета технологий и дизайна (SUTD). Павильон смонтирован позади существующего здания библиотеки, его конфигурация определена положением трёх существующих деревьев (Рис. 5(а,б)). Днём павильон служит местом сбора студентов, а ночью или вечером лекторием.



а)



б)

Рис. 5(а,б). Павильон библиотеки университета SUTD от студии City Form Lab в Сингапуре: а) фотография павильона; б) продольный разрез

Павильон оборудован временными рабочими местами и системами хранения. При вычислении рассчитывалась форма двойной кривизны. Использование параметрического программирования, позволило архитекторам в короткие сроки создать сложную структуру без вертикальных опор. Помимо этого обтекаемая форма получается из практически прямых составных фанерных панелей и плит листовой стали. В общей сложности было задействовано 3000 фанерных и 600 стальных форм, на которых с внутренней стороны была выгравирована нумерация для их последующей сборки.

Пример симбиоза цифровой архитектуры и природных форм можно отследить в павильоне «Фрактальный лес» («Монализа»), который был спроектирован студией «WoodLab» для миланской выставки в Италии в 2012 году (Рис. 6(а,б)). Концепция павильона родилась у авторов благодаря анализу структуры дерева тополь и осмыслению его жизненного цикла. Аналогичный циклу развития тополя, принцип деления фрактала лежит в основе структуры «Фрактального леса».

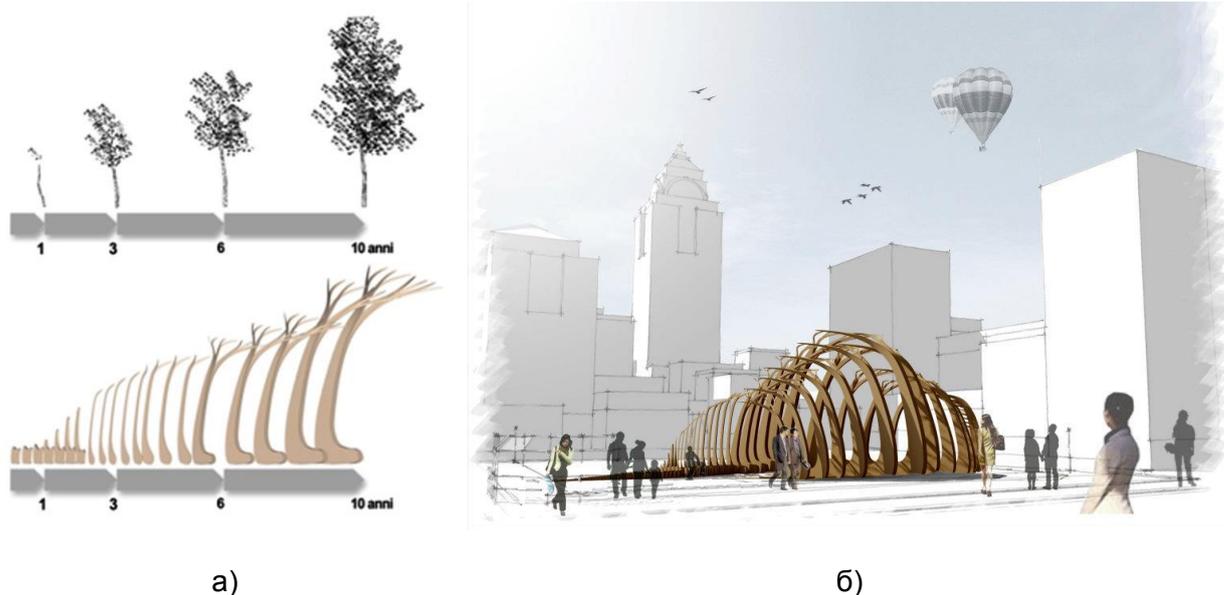


Рис. 6(а,б). «Фрактальный лес» («Монализа»): а) анализ роста фрактальной структуры; б) эскиз павильона

Первые эскизы «Фрактального леса» были выполнены в ручной подаче, затем в программе SketchUp. В структуре павильона в виде семян тополя представлены сидячие места, с которых и начинается "рост" павильона. Затем формы начинают плавно увеличиваться, символизируя рост тополей, создающих тень, где посетитель может укрыться и чувствовать себя в безопасности.

Одновременно с этим, текучесть форм скамеек и вертикальных стоек близка к природной пластичности. Алгоритм роста фракталов был задействован для того, чтобы воссоздать ветви тополя. Несущая опора раздваивалась до третьего поколения. В ходе параметрического моделирования неоднократно воспроизводились характерные изгибы дерева и его внутреннее напряжение с помощью программы ANSYS и Rhinoceros.

Чтобы учесть физические особенности клееной фанеры, перед тем как изготовить полномасштабный павильон были созданы: типовой узел и два макета в меньшем масштабе (1:20), на основе которых проводились структурные тестирования и корректировки недочетов в конструкции.

Опыт создания павильона «Фрактальный лес» позволяет изучить параметрические и цифровые навыки проектирования объектов из возобновляемых материалов.

Одним из самых крупномасштабных и наглядных примеров цифрового проектирования последних лет может послужить выставочный комплекс, спроектированный на миланской выставке в Италии в 2015 году. Доминирующим материалом стало дерево, что подчеркивает вновь просыпающийся интерес к деревянному домостроению. В основе главной темы деревянной выставочной архитектуры стоят устойчивость, национальные традиции, а в качестве инструмента – современные технологии. Дерево было выбрано как наиболее экологически чистый материал. Свои проекты представили многие государства, такие как Франция, Испания, Китай, Япония, Бельгия, Вьетнам, Латвия.

Приведу несколько самых ярких примеров цифровой выставочной архитектуры.

Проект деревянного павильона, представленный Францией, является усовершенствованной и более сложной параметрической моделью деревянного павильона Nila, который был разработан финскими студентами-архитекторами в 2014 году (Рис. 7). Параметрическая структура павильона сочетает символы характерные для особенностей данного региона Франции: разнообразие геологического строения ландшафта и топологию рельефа, а также акцент на развитии сельского хозяйства.



Рис. 7. Проект павильона Франции на выставке в Милане, Италия, 2015 год

Структура рельефа просматривается в нижней подсеченной части кубического фасада. Интерьер павильона зонирован криволинейными элементами, что формирует его образ, близкий к своду пещеры с пейзажным ячеистым потолком. Посетители, пришедшие на выставку, попадают в подобие холмистого пейзажа, перевернутого верх дном. Создается ощущение, что зерновые культуры, представленные на выставке, хранятся и выставляются в амбаре или пещере. По первоначальному замыслу проектировщиков выставочный павильон должен был олицетворять французский крытый рынок с торговыми стендами. Здание запроектировано и построено из естественного природного материала – дерева. Бельэтажную часть павильона занимают офисы и конференц-залы. На верхнем уровне размещается ресторан, использующий в своей кухне травы, овощи и фрукты, выращенные на территории выставочного пространства.

Фасадные вертикальные ламели, изготовлены из лиственницы, внутренние же части – из ели. Само дерево местное и поставляется от завода-изготовителя, расположенного в окрестностях Милана. Сооружение опирается на четыре массивные опоры, что должно символизировать стабильность. Структура павильона сборно-разборная и будет использоваться повторно. Павильон оборудован тремя лестницами и лифтами.

В 2015 году с целью проектирования китайского павильона «Земля надежды» для миланской выставки в Италии объединили свои усилия архитектор Иикэн Лу

университета Тсингуя и студия «Link-Arc» (Рис. 8). Основной идеей проекта стало соблюдение баланса между природой и городской средой. Главный акцент сделан на формирование яркого образа плавающей кровли-облака – «области надежды». Изменчивый и рельефный профиль кровли символизирует холмы, которые по замыслу архитекторов должны плавно растворяться в городском окружающем пейзаже. Плавающая крыша павильона представляет собой деревянную структуру, выполненную с привлечением современных строительных технологий. Сложный профиль крыши удалось получить с помощью ряда стропил нестандартной кривизны, продольных балок и наружных бамбуковых экранов, которые крепятся к стропилам.



Рис.8. Макет павильона Китая «Земля надежды» на выставке в Милане, Италия, 2015 год

Формы кровли выполнены в стиле традиционной китайской архитектуры. Сложную форму деревянного павильона удалось получить на основе анализа нескольких поперечных профилей ландшафта и их последующей параметрической обработки. Традиционное китайское терракотовое покрытие крыши символизирует большие бамбуковые заросли, которые визуально уменьшают вес и создают уникальный силуэт Павильона. Нижняя часть здания подчеркнута полем с пшеницей – как ссылка на аграрное прошлое Китая. В 2016 году павильон Китая «Земля надежды» стал победителем в международном конкурсе Wood Works в номинации «Инновации в деревянном строительстве».

Одним из самых больших, как по участку, так и по площади застройки является павильон Японии (Рис. 9). Площадь участка составляет 4170 кв.м. Четкая структура фасада павильона олицетворяет упорядоченные взгляды о сложившейся системе ценностей, стабильной экономике и мировоззрении в целом.



Рис. 9. Павильон Японии на выставке в Милане, Италия, 2015 год

По мнению японцев для выращивания полезных продуктов питания необходимо не так много: бережное отношение к морям, лесам и полям, их постоянное обогащение и уход за ними, что впоследствии вернется качественными и полезными овощами, фруктами и морепродуктами. Япония участвовала в Экспо-2015 в Милане с целью предложить свою культуру питания как пример здорового, устойчивого и экологичного питания. Миланская выставка рассматривалась в качестве реабилитации после землетрясения 2011 года с целью возвращения объемов туризма и налаживания деловых взаимоотношений.

Деревянные перекрестья выполнены из дерева без металлических соединителей и крепежей, что должно символизировать экологичность и сохранение лесов. Кроме того, ряд инсталляций должны были стимулировать пять чувств, позволяя посетителям в полной мере понять, что Япония – страна культуры питания. В одном из разделов выставки внутри павильона под названием «Живой театр» в стеклянные поверхности столов вмонтированы интерактивные элементы управления изображениями на стенах и потолке.

«Японские ценности, такие как *itadakimasu* (выражение благодарности перед началом приема пищи), *gochisousama* (выражение благодарности в конце трапезы), *mottainai* (не будь расточительным) и *osusowake* (желание делиться) спасут мир», — гласит манифест идеологов японского павильона.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Параметрические и фрактальные алгоритмы, набирающие силу со второй половины XX века, позволяют создавать новые формы, анализировать и корректировать их в процессе проектирования рассматриваемых в статье деревянных павильонов. Прецедент их использования мы можем наблюдать в самых крупных архитектурных компаниях, таких как Zaha Hadid, MVRDV, Big.

Среди зарубежных высших учебных архитектурных заведений, занимающихся исследованием конструкций, полученных на основе цифровых процессов, представлены такие наиболее крупные, как AA (Architectural Association), SCI-Arc (The Southern California Institute of Architecture), University of Applied Arts Vienna, RMIT University и др.

У дигитального проектирования деревянных павильонов есть большой потенциал, который только развивается, исследуется и набирает обороты. Формы павильонов видоизменяются и совершенствуются. Попытки сделать гармоничным взаимодействие

природы и города, регулировать процесс урбанизации породило новые вычислительные алгоритмы, основа которых взята из природных стихий, образов и явлений. По аналогии с природными процессами, цифровые алгоритмы способны по-особому работать с формой, видоизменяя и деформируя ее, чтобы получить новое знание, новые сложные системы в архитектуре.

Использование дерева в качестве строительного материала позволяет минимизировать расходы, связанные с производством, доставкой и использованием отходов и вторично переработать павильон после завершения его эксплуатации. В значительной степени уменьшается время, затраченное на монтаж конструкции.

### **В статье использованы рисунки:**

- Рис. 1. «Павильон сплавного леса» команды «Unit 2»: а) фотография; б) схема направления параллельных векторов; в) структурная схема. Источник: <http://designandmake.aaschool.ac.uk/aa-summer-pavilions/>
- Рис. 2. «Фрактальный павильон» команды «Unit 2». Источник: <http://designandmake.aaschool.ac.uk/aa-summer-pavilions/>
- Рис. 3. Проект дома Фаб Лаб. Источник: <https://www.fab10.org/en/awards>
- Рис. 4. Павильон «Трада». Источник: <http://www.ramboll.com/projects/ruk/trada%20pavilion>
- Рис. 5. Павильон библиотеки университета SUTD от студии City Form Lab в Сингапуре: а) фотография павильона; б) продольный разрез. Источник: <http://cityform.mit.edu/projects/sutd-gridshell>
- Рис. 6. «Фрактальный лес» («Монализа»): а) анализ роста фрактальной структуры; б) эскиз павильона. Источник: <https://iasefmdrian.wordpress.com/>
- Рис. 7. Проект павильона Франции на выставке в Милане, Италия, 2015. Источник: <http://www.expo2015.org/en/news/all-news/the-first-foundation-stone-of-the-french-pavilion-is-laid>
- Рис. 8. Макет павильона Китая «Земля надежды» на выставке в Милане, Италия, 2015. Источник: <http://www.archilovers.com/projects/143169/china-pavilion-at-expo-milano-2015.html>
- Рис. 9. Павильон Японии на выставке в Милане, Италия, 2015. Источник: [http://www.domusweb.it/en/news/2015/01/14/expo\\_2015\\_japan\\_pavilion.html](http://www.domusweb.it/en/news/2015/01/14/expo_2015_japan_pavilion.html)

### **Литература**

1. Ильвицкая, С.В. Архитектурная концепция деревянных павильонов / С.В. Ильвицкая, В.В. Карпенко // Архитектура и время. – 2015. – №2. – с. 2.
2. Ильвицкая, С.В. Роль архитектора в культурной инновации // Материалы научно-практической конференции «Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ». – М. : Мархи, – 2015. – с. 5.
3. Ильвицкая, С.В. Инновационные технологии в контексте творческого обучения архитекторов / С.В. Ильвицкая, С.К. Саркисов, Л.В. Петрова, Е.А. Булгакова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2015. – № 4. – с. 6.
4. Ильвицкая, С.В. Патент на изобретение 2460863 от 10.09.2012 г. на изобретение «Мобильный солнечный дом» / С.В. Ильвицкая, И.Г. Токарев, С.А. Лашин. – 2012. – с. 1.

5. Шумахер, П. Параметризм – Новый Глобальный Стиль для Архитектуры и Городского дизайна // ADArchitecturalDesign – DigitalCities. – 2009. – № 79. – N4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism\\_Russian%20text.html](http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism_Russian%20text.html)
6. Лара, А.Д. Инновации в Деревянных Архитектурных Структурах и Дигитальном проектировании: Картография. Доклад / А.Д. Лара, А. Роиг, Д. Перес де Лама. – Барселона, 2014. – с. 34.
7. Дженкс, Ч. Новая парадигма в архитектуре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pda.cih.ru/772.html>
8. Дженкс, Ч. Нелинейная архитектура. Новая наука – новая архитектура? // Architectural Design. – №9/10. – с. 97.
9. Ивамото, Л. Цифровая фальсификация: архитектурные и материальные методы. – Princeton Architectural Press, 2009. – с. 144.
10. Гулларт, В. Дом Фаб Лаб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iaac.net/research-projects/solar-house/fab-lab-house/>

## References

1. Ilivitskaya S.V., Karpenko V.V. *Arhitekturnaya koncepciya digitalnih derevyanih pavilionov* [Architecture concept wood pavilions. Journal "Architecture and time"]. 2015, no. 2, P. 2.
2. Ilivitskaya S.V. *Rol arhitekтора v kulturnoi inovacii* [Role of architect in cultural innovation. Materials of scientific-practical conference "Science, education and experimental design at the Moscow architectural Institute"]. Moscow, 2015, P. 5.
3. Ilivitskaya S.V., Sarkisov S.A., Petrov L.V., Bulgakova E.A. *Inovacionnie tehnologii v kontekste tvorcheskogo obucheniya arhitektorov* [Innovative technologies in the context of creative learning architects. Land management, cadastre and monitoring of lands]. 2015, no. 4, P. 6.
4. Ilivitskaya S.V., Tokarev I.G., Lashin S.A. *Patent na izobretenie 2460863 ot 10.09.2012 na izobretenie «Mobilniy solnechniy dom»* [Patent for the invention 2460863 from 10.09.2012 for the invention of "Mobile solar house"]. 2012, P. 1.
5. Schumacher P. *Parametrism – Novii globalniy stil dlya arhitekturi i gorodskogo dizaina // ADArhitekturnii Dizain* [A New Global Style for Architecture and Urban design]. Available at: [http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism\\_Russian%20text.html](http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism_Russian%20text.html)
6. Lara A.D., Roig A., Perez de Lama, D. *Innovacii v derevyanih arhitekturnih strukturah i digitalnom proektirovanii: kartografiya. -Doklad* [Innovations in Wooden Architectural Structures and Digital design: Cartography. Report]. Barcelona, 2014, P. 34.
7. Jenks H. *Novaya paradigm v arhitekture* [The New paradigm in architecture]. Available at: <http://pda.cih.ru/772.html>
8. Jenks H. *Nelineynaya arhitektura. Novaya nauka – novaya arhitektura* [Non-linear architecture. New science – new architecture? Architectural Design]. No. 9/10, P. 97.
9. Iwamoto L. *Cifrovaya falsifikaciya: arhitekturnie i materialnie metodi* [Digital tampering: architectural and material techniques. Princeton Architectural Press]. 2009, P. 144.

10. Guallart V. *Dom Fab Lab* [The Fab Lab Project]. Available at:  
<http://iaac.net/research-projects/solar-house/fab-lab-house/>

#### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ**

**Карпенко Владимир Викторович**

Аспирант кафедры «Архитектура зданий и сооружений», Государственный университет по Землеустройству, Москва, Россия  
e-mail: [3drender@bk.ru](mailto:3drender@bk.ru)

#### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Karpenko Vladimir**

Postgraduate Student of the Department "Architecture of Buildings and Structures", State University of Land Use Planning, Moscow, Russia  
e-mail: [3drender@bk.ru](mailto:3drender@bk.ru)