

аналогам, однако вполне может использоваться в строительстве небольших мостов на местных дорогах II-V категорий. В настоящее время деревянные мосты в ближнем зарубежье на подобном уровне всё ещё экзотика и интересные решения в этой области могли бы серьёзно укрепить позиции Беларуси в деревянном мостостроении среди стран Европы и СНГ, а также сделать это достопримечательностью нашего государства, не дожидаясь, пока это станет всеобщим трендом.

#### **Список использованных источников**

1. Архивности [Электронный ресурс] / Интернет-журнал об архитектуре и дизайне – @arhinovosti.ru, 2005-2008 – Режим доступа: <http://www.arhinovosti.ru/>. – Дата доступа: 10.10.2017 г.
2. EN 1995-2 (2004) (English): Eurocode 5: Design of timber structures – Part 2: Bridges [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
3. ArchDaily [Электронный ресурс] / The world most visited architecture website – ArchDaily, 2008-2017 – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/>. – Дата доступа: 11.10.2017 г.

УДК 69.04

### **ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОНИКЕ И ЕЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

*Н.Р. Соболевский, О.В. Костюкович*

*Белорусский национальный технический университет*

***Аннотация.** В данной статье описывается взаимосвязь природы и создание человеком конструктивных решений, способных улучшить архитектуру и строительство, где за основу берется совершенно новая наука – Бионика – практическое применение природных возможностей и приспособлений, созданных в течение эволюции. Рассматривается и совершенно новый вид моделирования – параметризация, способный вывести строительство на новый уровень. Интегрируя Бионику в параметризацию можно достичь феноменальных успехов.*

Проецирование – свойство архитектуры, означающее отражение в дизайне здания текущего периода развития культуры. Сегодня отрасль строительства не стоит на месте, она постоянно в движении, извиваясь как организм, подстраиваясь под наше представление о красивом, деформируя его и превращая в свой образ.

Один из архитекторов пошел на компромисс с природой, чтобы продемонстрировать свое представление о красивом в архитектуре конструкции. Искусственная среда обитания человека: здания, улицы, и др. постройки стремятся повлиять на психику человека своими формами. Прямоугольные конструкции отрицательно влияют на эмоциональное спокойствие, в отличии от плавных линий. Знаменитый архитектор Заха

Хаидид, женщина, подарившая миру новый взгляд на архитектурные проекты и конструктивные решения, создавая гениальные образы и выражая формами свое представление «искусственной природы», заставляла восхищаться очертаниями [3]. Она видела суть природной красоты, что являлось истоком ее вдохновения, используя и продвигая своими работами метод параметризации и бионики.

Заха Хаидид чувствовала, насколько тяжелой выглядит строго прямоугольная геометрия традиционной архитектуры и стремилась воссоздать изящные линии (рис. 1 и 2), существующие в окружающей нас биосфере, рассматривая каждый проект индивидуально в зависимости от местоположения и ландшафта [5]. С появлением параметризации она смогла воссоздать эти плавные формы, изображая их математическими уравнениями в пространстве и создавая возможность их расчета с точки зрения напряжений, растяжений и других возможных нагрузок на конструкцию. Создав новый стиль в архитектуре – параметризм.

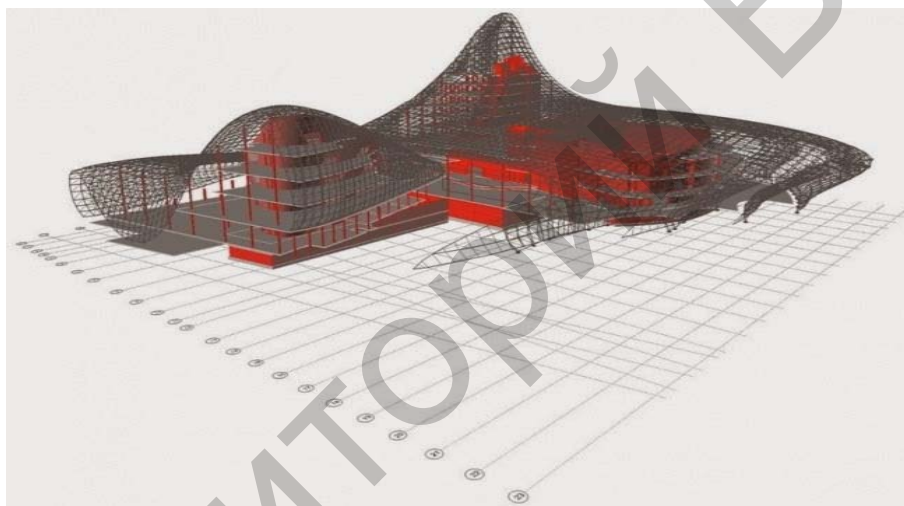


Рисунок 1 – Объемная модель проекта Захи Хаидид

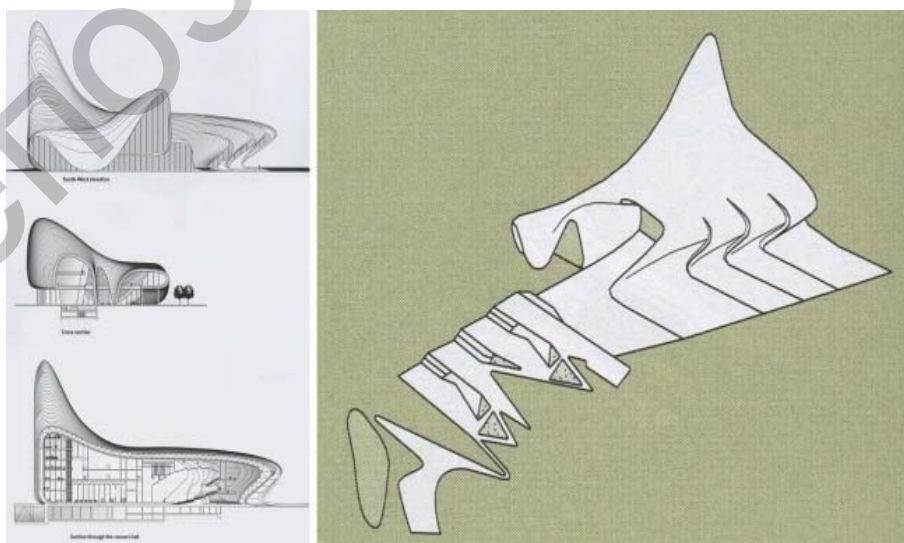


Рисунок 2 – Фасады здания и развёртка проекта Захи Хаидид

Благодаря параметрическому моделированию появилась возможность делать технически и экономически выполнимыми сложные криволинейные поверхности, изображая их в математическом виде, пользуясь набором задаваемых параметров. Изменяя количество параметров, их соотношение, происходят изменения конфигурации модели, и в этом случае конструктор выступает архитектором и инженером в одно время. Тем самым найдено оптимальное решение проблемы дизайна и исследования нагрузок на систему конструкции [1]. При параметрическом моделировании учитывается как фактор финансовой поддержки проекта, так и нахождение наименьшего расхода материалов, срока строительства, времени подготовки и другие обстоятельства, связанные со временем жизни проекта.

У человека существует возможность воспользоваться природной изменчивостью, с целью улучшения качества используемых шаблонов для проектирования. В погоне за новым мы не замечаем главного и не обращаем внимания на то, что живем мире, созданным куда более опытным инженером, чем любой человек – живой природой, имеющей немислимые проекты и многовековой опыт.

В природе не существует идеально твердых тел, не существует абсолютной жесткости в материалах, она отдает предпочтение упруго деформируемым телам. Сопротивление нагрузке допущено в формах природных конструкций, но оно не разрушает их, а «пропускает сквозь себя».

Если брать за основу организм человека, как конструкцию, то твердый скелет составляет лишь малый процент от общего объема тела, а остальное же отдано упругим материалам: мышцы, сосуды, кожа [4].

Углубляясь в строение человека, можно найти конструкцию связи, подобную ДНК, узлы соединения, которого имеют своеобразную модель закручивания [2]. Если взять за основу это строение и воссоздать «хромосому» из проволоки и небольшого металлического стержня (рис. 3), получим основу для соединения нескольких узловых конструкций в полигоны и изготовление сетчатой основы. Данная система может получить широкое практическое применения в создании гибких форм.



Рисунок 3 – Воссоздание «хромосомы» из проволоки и небольшого металлического стержня

Если же рассматривать частные примеры в природе, то можно выделить одну из самых интересных конструкций, созданных «естественным инженером» – пчелиные соты. Пчелы являются прекрасными конструкторами, они каким-то удивительным образом имеют естественное представление о том, что ячейка сот должна иметь форму правильного шестиугольника и о том, что затраты материала на круг, квадрат, треугольник, и шестиугольник одинаковы, однако именно форма шестиугольника имеет наибольшую внутреннюю площадь. Имея фиксированную высоту, они получают максимально большие пространства для хранения при минимальных затратах материала и замечательную прочность сборной конструкции.

Нахождение оптимальной площади можно заметить в несложных математических вычислениях:

$$S_3 = S_4 = S_6 = S,$$

$$S_3 = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}, a = 2 \sqrt{\frac{S}{\sqrt{3}}}; P_3 = 6 \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{3}};$$

$$S_4 = a^2, a = \sqrt{S}; P_4 = 4 \sqrt{S};$$

$$S_6 = \frac{3a^2 \sqrt{3}}{2}, a = \sqrt{\frac{2S}{3\sqrt{3}}}; P_6 = 6 \sqrt{\frac{2S}{3\sqrt{3}}};$$

$$P_3 : P_4 : P_6 = \frac{6}{\sqrt{3}} : 4 : 6 \sqrt{\frac{2}{3\sqrt{3}}} = 4,6 : 4 : 3,7.$$

Моделирование, к примеру, конструкции из «сот» параметрическим способом облегчает дальнейшее использование данной архитектурной формы в качестве опорной конструкции, предварительно заполнив пространство, железобетоном поместив металлическую арматуру в «сотах» вдоль предполагаемой нагрузки.

Основная проблематика этого способа, это недостаточная осведомленность большей части конструкторских компаний в данном направлении проектирования. В следствии специалистам в этой области моделирования не удастся реализовать себя [6].

В Беларуси, в данный период развития, особенно актуальны новые виды моделирования, основанные на использовании программирования. Наша страна уделяет достаточно большое внимание развитию информационных технологий и показывает достойный и конкурентно способный уровень знания в области связанной с компилированием кодов. В параметризации есть необходимость сложного периода обучения. На данный момент, к сожалению, весьма малая доля отведена на подготовительные курсы, специальные учебные предметы и учебные часы, интегрированные в учебные предметы, которые обучают компилированию в моделировании.

В итоге, за счет моделирования параметрами на первом этапе проектирования увеличивается срок производства подготовительных работ,

но происходит уменьшение стоимости проекта и увеличение срока службы. Благодаря параметризации стало возможным применение готовых решений, созданных уже задолго до появления человека нашей природой. Бионика имеет обширное практическое применение в проектировании различных конструкций. В ходе распространения индустриализации, наблюдается переход от исходно-природного мышления к искусственному. Люди пытаются почувствовать себя творцами нового мира, не обращая внимания на то, что самые оптимальные решения проблем конструирования уже существуют вокруг нас.

#### **Список использованных источников**

1. Ермеева А.А., Поморов С.Б. Параметризм в архитектуре. Поиски и решения.
2. Шевнин Ю.А. Бионический конструктор Элюпюль.
3. Лебедев Ю.С., Рабинович В.И. Архитектурная бионика.
4. Крайзмер Л.П., Сочивко В.П. Бионика.
5. Параметрическая архитектура будущего Захи Хадид [Электронный ресурс] – Минск, 2015. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/company/mailru/blog/285434/>.
6. Взгляд на параметризацию сбоку [Электронный ресурс] – Мн., 2017. – Режим доступа: <http://sapr.ru/article/6646/>.

УДК 699.8

### **ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКЕ**

*А.В. Татаринович*

*Белорусский национальный технический университет*

Гидроизоляция — это материал, который предназначен для защиты любых сооружений, особенно подземных (тоннели, станции метрополитана и т.д.). Гидроизоляционные материалы могут нагнетать за обделку в виде раствора, зачеканивать швы и заполнять отверстия в сборных конструкциях, наносить на поверхности обделочного слоя гидроизоляцию, теплоизоляцию: оклеечную или обмазочную; возможна обработка торкрет-бетоном.

Нагнетание растворов за обделку подземных сооружений проводят для:

1. заполнения пустот внешней поверхности обделки и выработки. Это обеспечивает совместную работу сооружения и породы, равномерное рассредоточение давления грунта, предупреждение просадки сооружения (наземного и подземного) и уменьшение деформации в обделке;
2. обеспечения повышенной водонепроницаемости в обделке тоннелей, а также уменьшение ее коррозии.

Процесс нагнетания имеет две стадии: первичная и контрольная. В первичном нагнетании применяются цементно-песчаные растворы (1:2-1:3), в контрольном нагнетании только раствор из цемента. Выбор типа и марки