

ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ФОРМ XX ВЕКА

Гурьянов Ю.Г., доцент, кандидат технических наук,
Камышная М.С., студентка, **Гурьянов Э.Ю.**, инженер,
Гурьянова Г.Я., доцент, кандидат исторических наук

Кировоградский институт регионального управления и экономики

Аннотация. На основе проведённого анализа тектонических систем установлено, что возможности их в XX веке существенно расширились количественно и качественно.

Ключевые слова: тектонические системы, архитектурные конструкции.

Анотація. Камышна М. С., Гур'янов Е.Ю., Гур'янов Ю.Г., Гур'янова Г.Я.
Особливості тектонічних форм XX століття. На основі проведеного аналізу тектонічних систем встановлено, що можливості їх в XX столітті істотно розширилися кількісно і якісно.

Ключові слова: тектонічні системи, архітектурні конструкції.

Annotation. Kamyshnaya M.S., Gurjanov E.Yu., Gurjanov Yu. G., Gurjanova G. Ja. **Characteristic Features of Tectonic Forms of the XX-th Century.** Undertaken analysis of tectonic system proves that in the XX-th Century their possibilities have considerably grown in quantity and in quality.

Keywords: tectonic systems, architectural constructions.

Постановка проблемы, анализ последних исследований. Архитектура — искусство проектировать и строить сооружения в соответствии с назначением, современными техническими возможностями и эстетическими воззрениями общества [3].

Задача архитектуры — организация пространственной среды для жизни и деятельности человека, осуществляющаяся посредством строительных конструкций.

Конструкция (лат. *constructio* — построение), функциональный тип структуры. «Механизм», в котором все элементы связаны для выполнения определённой утилитарной функции.

Взаимосвязь конструкции и архитектурно-художественного образа — важнейшее условие развития архитектуры. В лучших архитектурных сооружениях должны сочетаться современные для данного периода времени функциональные и идейно-художественные требования. Древнеримский инженер и теоретик архитектуры Витрувий сформулировал триаду, которой до сих пор руководствуются все архитекторы: «прочность, польза и красота». Все архитектурные сооружения имеют три группы характерных качеств: функциональные (удобство, польза), конструктивные (прочность, разумная экономичность), эстетические (красота, художественный образ, выражающий идейное содержание).

Слово «архитектор» происходит от древнегреческого «архитектон», что означает главный строитель. В этом слове очень точно определилось содержание той деятельности, которой занимался архитектор с древнейших времён и до наших дней.

Статья выполнена в соответствии с планом НИР Кировоградского института регионального управления и экономики

Результаты исследований. Архитектура относится к одному из древнейших видов человеческой деятельности. Строительное искусство, начавшееся с возведения простейших укрытий и примитивных идолов, постепенно приобрело опыт, удовлетворяющий различным потребностям развивающегося общества и, в свою очередь, оказывало эстетическое влияние на культуру этого общества.

Целесообразное соединение материалов в конструкции, обладающей заданными качествами, называется агрегатом. Агрегаты, в которых вопрос перекрытия пространства решается способом, радикально отличным от других, составляют основу архитектурно-конструктивных систем, называемых **тектоническими системами** [8].

В своей принципиальной основе тектонические системы сложились еще на заре технической цивилизации; в дальнейшем они только модифицировались и совершенствовались. В их состав входят:

- стеновая, в т.ч. из грунтового массива;
- стоечно-балочная;

- распорная (с модификациями шатра, арки, свода, купола) и др.

Тектоника — художественное осмысление действия механических сил в конструктивной форме [6].

Тектоника распорной системы основана на статической работе арки [4]. Сущность этой работы заключается в уравнивании усилий, влияющих на арку, включая её собственный вес, силами противодействия опоры.

Арка — это изогнутая балка с неподвижными опорами на концах. В арке материал работает преимущественно на сжатие. Так как камень, основной строительный материал, хорошо работает именно на сжимающие усилия, то арки и своды (которые можно рассматривать как множество арок, поставленных вплотную друг к другу) стали уже в III тыс. до н. э. одним из основных видов покрытий помещений (например, своды Месопотамии). Арки и своды, выложенные из клинчатых камней, передающих друг другу сжимающие усилия, своими нижними частями (пятями) передают на опоры наклонно направленные усилия. Горизонтальную составляющую этого усилия называют *распором* (рис. 1). Чем положе арка, тем больше распор. При большой величине распора фундаменты смещают с вертикальной оси опоры во внешнюю сторону, а иногда делают подошву фундамента наклонной, перпендикулярной к направлению опорной реакции.

Тектонизация — более общее формообразующее влияние техники на архитектуру, характерное для современного этапа технического прогресса. Подразумевается влияние уровня развития науки и техники в целом, индустриализации строительства, методов расчётов конструкций, техники производства строительных работ и т. д. Например, ритм стандартных элементов в архитектурной форме может быть производным в основном от технологии индустриального производства, а не от законов механики. Принципы движения элементов архитектурных сооружений, а отсюда и новый характер их формы, связаны прежде всего с законами динамики (а не статики) и с геометрией элементов формы; прозрачность структуры здания достигается остеклением, не выполняющим конструктивной роли.

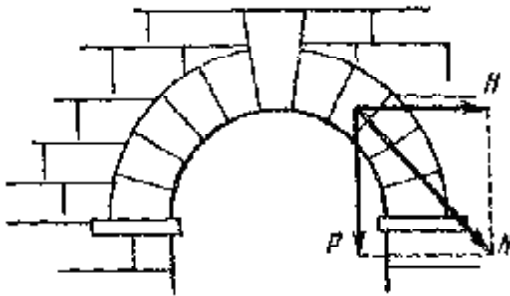


Рис. 1. Работа каменной арки:

P — вес кладки; N — нормальная сила; H — распор

Технический прогресс, строительные материалы, новые конструкции объективно заключают в себе эстетические свойства, такие, например, как лёгкость, прозрачность, большепролётность, динамичность (в физическом понимании), строгая геометричность, пластичность (обусловленная возможностями новых строительных материалов) и некоторые другие, которые эстетически осваиваются архитекторами в архитектурной форме.

Современной архитектуре свойственна тенденция к лёгкости форм. Тяжесть физическая и зрительно воспринимаемая — анахронизм, хотя для решения отдельных художественных задач может быть использовано свойство массивности архитектурной формы.

Прочности и устойчивости не обязательно должна сопутствовать тяжесть. Для большепролётных сооружений, к которым предъявляются особенно строгие требования в отношении прочности и устойчивости, тяжесть материала вообще противопоказана: чем больше пролёт, тем тоньше (и легче) должна быть оболочка покрытия и легче любое покрытие другой конструкции.

Из всех изготавливаемых в настоящее время несущих конструкций металлические являются самыми лёгкими. За показатель лёгкости принимают отношение плотности материала к его прочности. Наименьшее значение этот показатель имеет для алюминиевых сплавов. Приняв его за единицу, запишем сравнительные данные для других материалов: сталь - 1,5 ... 3,4, дерево - 4,9, бетон среднего класса прочности - 16,8.

Но недостаток металлов — они окисляются в окружающей среде и теряют прочность в процессе эксплуатации.

Экономическая эффективность сечений тесно связана с их тонкостенностью. Предельно возможная тонкостенность прокатных балок определяется не только требованиями местной устойчивости стенок, но и возможностями.

Однако только физического облегчения веса материала для впечатления лёгкости формы недостаточно, — необходимо композиционное выражение этого свойства сооружения.

В традиционной архитектуре зодчий стремился придать тяжёлому куполу зрительное качество лёгкости: с внутренней стороны — кессонами (иногда нарисованными), голубой покраской, имитирующей небо; с наружной — меридиональными раскреповками, проёмами и другими способами.

В современной архитектуре средствами композиции нужно выявить и подчеркнуть действительную лёгкость формы. Эти средства различны: показ толщины свода у светового фонаря, лёгкая сетка конструктивных рёбер, тонкое сечение по линии наружного обреза свода и др.

П. Л. Нерви в волнистом своде-покрытии Главного зала Туринской выставки, пролёт которого равен 98 м, оставил непрозрачными лишь рёбра, а пространство между ними заполнил лёгким остеклением.

Лёгкость архитектурной формы достигается ажурностью её конструктивного решения, применением решётчатых, сетчатых, перекрёстно-ребристых и стержневантовых конструкций.

В современной архитектуре имеются отдельные тенденции — «оторвать» здания от земли, иллюзорно освободить массы от действия сил гравитации — притяжения к земле.

Грандиозное большепролетное покрытие, визуально отделённое полосой прозрачного ограждения от фундамента, кажется парящим над землей. Здания касаются земли в двух-трех, а иногда и в одной точке. Дома подвешены на невидимых глазом тонких тросах-вантах. Конусообразная конструкция поставлена на землю вершиной.

С развитием металлургической промышленности растет объём и номенклатура металлических изделий в строительстве. Из стального проката возводят каркасы промышленных и гражданских зданий, мосты, изготавливают арматуру для железобетона и др. различные металлические изделия. Широкому использованию металлов в строительстве способствует ряд их ценных технических свойств: высокая прочность, пластичность, повышенная теплопроводность, электропроводность и свариваемость.

Например, одноэтажные производственные здания. Такие здания могут быть однопролетными и многопролетными, в том числе с пролётами разной высоты, со встроенными рабочими площадками и многоэтажными вставками. Размеры в плане их весьма разнообразны: от нескольких десятков метров до 1 км и более.

Большие пролёты (50 ... 150 м и более) имеют спортивные сооружения, крытые рынки, выставочные павильоны и некоторые производственные здания (ангары, авиасборочные цехи и др.). Для перекрытия таких пролётов, как правило, используют стальные конструкции. Системы и конструктивные формы большепролётных покрытий очень разнообразны. Здесь возможны

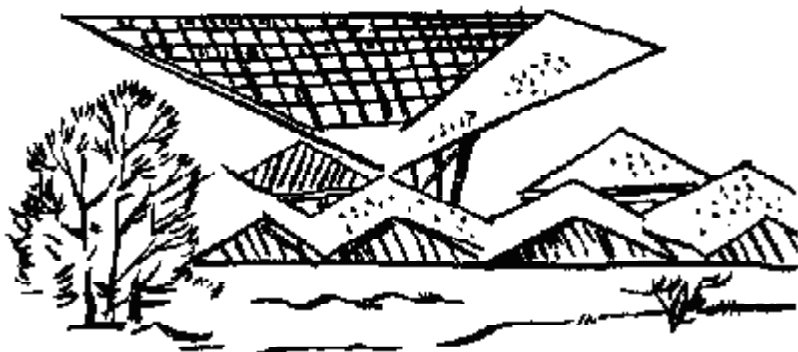


Рис. 2. Выражение лёгкости конструкции в тектонике архитектурной формы
Конусообразная форма, поставленная вершиной вниз (рис. Г. Борисовского)

балочные, рамные, арочные, купольные, висячие и комбинированные системы, причём как плоские, так и пространственные. Основной нагрузкой в большепролётных зданиях является собственный вес, для снижения которого рационально применять облегчённые ограждающие конструкции, стали повышенной и высокой прочности, различные способы регулирования усилий, в том числе предварительное напряжение.

В балочных системах часто применяют сталежелезобетонные балки, объединяя стальные главные балки пролётногo строения с железобетонной плитой проезжей части для совместной работы на изгиб.

Основными достоинствами стальных конструкций по сравнению с конструкциями из других материалов являются надёжность, лёгкость, непроницаемость, индустриальность, а также простота технического перевооружения, ремонта и реконструкции.

Надёжность стальных конструкций обеспечивается близким соответствием характеристик стали нашим представлениям об идеальном упругом или упругопластическом изотропном материале, для которого строго сформулированы и обоснованы основные положения сопротивления материалов, теории упругости и строительной механики. Сталь имеет однородную мелкозернистую структуру с одинаковыми свойствами по всем направлениям, напряжения связаны с деформациями линейной зависимостью в большом диапазоне, а при некотором значении напряжений может быть реализована идеальная пластичность в виде площадки текучести. Всё это соответствует гипотезам и допущениям, взятым за основу при разработке теоретических предпосылок расчёта, поэтому расчёт, построенный на таких предпосылках, в полной мере соответствует действительной работе стальных конструкций.

Физические свойства материала определяют его конструктивные возможности. Ещё в древности строители установили определённые числовые отношения для элементов стоечно-балочной конструкции. Эти технически оправданные соотношения длины, ширины и высоты стойки или балки в античном мире нашли своё отражение в системе пропорций, в которых воплотились технические и эстетические требования к конструкции.

Высота каменных балок — архитравов — в римских постройках дорического ордера составляла всего $1/3$ или $1/4$ пролёта, а в деревянных конструкциях она равнялась $1/20$ — $1/25$ пролёта.

Форма сечения каменных балок, учитывая работу балки на изгиб, выполнялась прямоугольной с высотой в полтора — два раза больше ширины. Поэтому архитрав делали из двух-трех блоков, а не одного широкого монолита, ибо большой удельный вес камня обуславливает при увеличении пролёта разрушение каменной балки под действием собственной тяжести. Непосредственной причиной разрушения является то, что при прогибе балки в её верхней части происходит сжатие, а в нижней — растяжение.

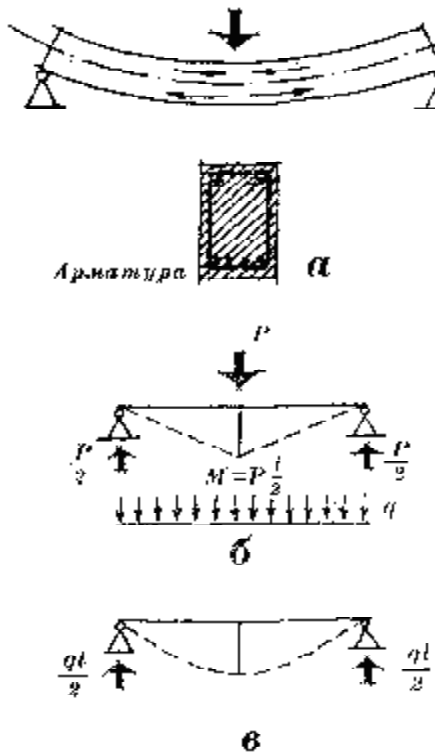


Рис. 3:
 а. Сжимающие усилия в верхней части железобетонной балки воспринимаются бетоном, а растягивающие в нижней части — арматурой;
 б, в. Величина изгибающего момента в свободно лежащей на опорах балке при сосредоточенном грузе $M = Pl/2$; при равномерно распределенном $M = ql^2/8$

Стоечно-балочные конструкции применяются и в современном строительстве. Однако характер работы этих конструкций в связи с использованием новых материалов и средств строительной техники изменился, что вызвало изменение и архитектурной формы.

Применение новых строительных материалов позволяет улучшить работу конструкции. Укладка стальных стержней - арматуры в нижней части

железобетонной балки облегчает восприятие конструкцией растягивающих усилий, так как металл хорошо работает на растяжение. Сжимающие усилия в верхней части балки погашаются самим бетоном, хорошо сопротивляющимся силам сжатия (Рис. 3, а). Кроме того, и железобетон, и металл дают возможность осуществить жёсткое соединение элементов и таким образом включить в работу всю конструкцию [7].

Графическое изображение силы изгибающего момента, возникающего в свободно опертой балке, нагруженной посередине сосредоточенным грузом, показано на Рис. 3, б. Максимальный изгибающий момент, равный произведению силы P на плечо $l/2$, находится в средней части балки. По мере уменьшения плеча балки будет пропорционально уменьшаться и момент. На опорах изгибающий момент равняется нулю. Опоры испытывают в данном случае только сжимающие усилия, равные половине сосредоточенного груза. Если загрузить балку, свободно лежащую на опорах, равномерно распределенным грузом, то график, показывающий величину изгибающего момента — эпюра моментов, приобретёт характер кривой второго порядка (Рис. 3, в), так как в этом случае по длине балки l меняется как величина плеча, так и величина силы. Некоторые свободно лежащие балки для лучшего

восприятия изгибающего момента и согласно функциональным соображениям делают шире посередине.

В XX веке продолжила бурно развиваться техника. Интересные инженерные предложения практически реализовал итальянец П. Нерви. Нерви (Nervi) Пьер Луиджи (р. 21.6.1891, Сондрио, Ломбардия), итальянский инженер и архитектор. Создатель армоцементных конструкций.

В 1929-1932 при строительстве стадиона во Флоренции Нерви выявляет структуру сооружения (поддерживающие трибуны железобетонные столбы, винтовые лестницы, устои нависающего консольного козырька) и добивается выразительности пространственной композиции.

Ему принадлежат железобетонные конструкции минимальных сечений типа складчатых сводов и куполов (толщина в несколько сантиметров при пролётах около 100 метров). Именно эта система была применена П. Нерви в Малом дворце спорта в Риме, построенном к XVII Олимпийским играм 1960 года. Купол этого здания экономичен, по-своему красив и отвечает назначению сооружения.

В 1935-40, возводя ангары для самолётов (в Орвието, Орбетелло и др.), разрабатывает новую конструктивную систему сборных большепролётных сводов из ромбовидных железобетонных звеньев. В 1946 обращается к изучению возможностей армоцемента. В 1948-49 Нерви впервые перекрывает тонкостенным сводом из армоцементных элементов главный зал выставочного павильона в Турине. Ритмически повторяющиеся волнистые детали свода и несущие его оригинальные наклонные опоры зрительно выявляют скрытую работу сил и образуют строгую и изысканную композицию. Последующее архитектурное творчество Нерви связано с совершенствованием армоцементных “скорлуп”, поисками разнообразных архитектурных форм и конструкций. В лучших постройках Нерви 1950-60-х гг. смелость и оригинальность конструктивных решений, основанных на точном инженерном расчёте, ясность и функциональная целесообразность пространственной организации сочетаются с пластической выразительностью структурных деталей из необработанного армоцемента и железобетона (Малый дворец спорта в Риме с пологим куполом на наклонно поставленных, раздвоенных в верхней части упругих опорах).

К группе конструкций больших пролётов относятся *рамы*. Конструктивный смысл рамы заключается в возможности разгрузки и уменьшения её горизонтального элемента-ригеля за счёт узлов, соединяющих ригель со стойками. Рамы изготавливаются из металла, железобетона, реже из дерева. Они позволяют перекрывать большие пролеты (от 6 до 20 и более метров) без промежуточных опор.

Рамы применяют при строительстве мостов, гражданских и промышленных зданий самого разнообразного назначения. Наиболее часто они используются в конструкциях трибун стадионов (Рис. 4).

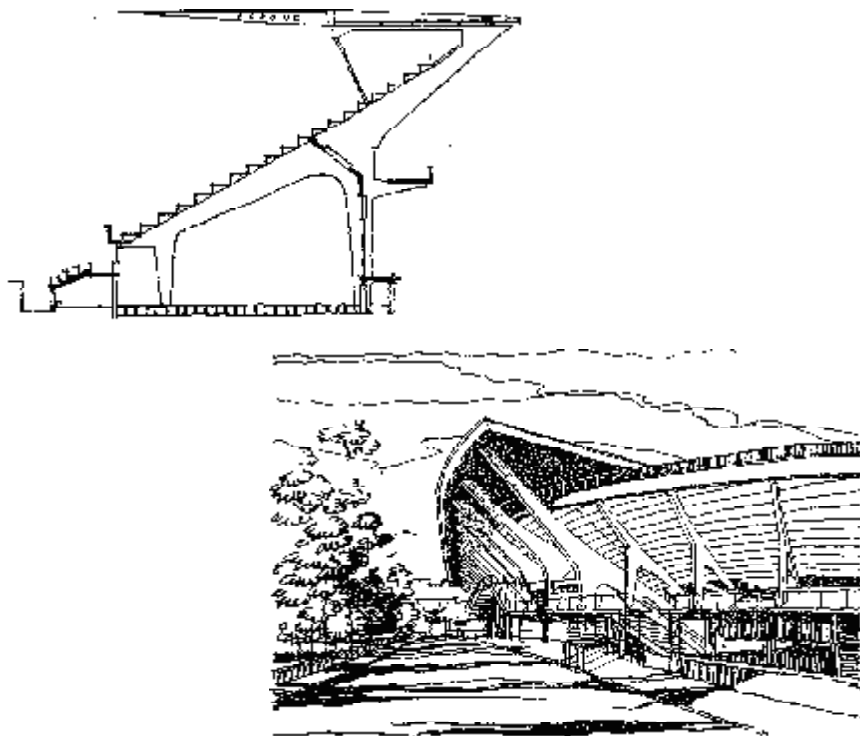


Рис. 4. Стадион Фламинио в Риме (арх. П. Л. Нерви).

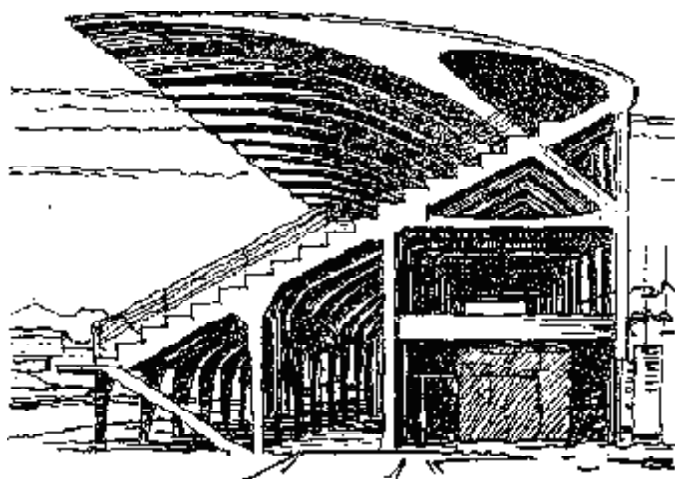


Рис. 5. Стадион во Флоренции (арх. П. Л. Нерви).

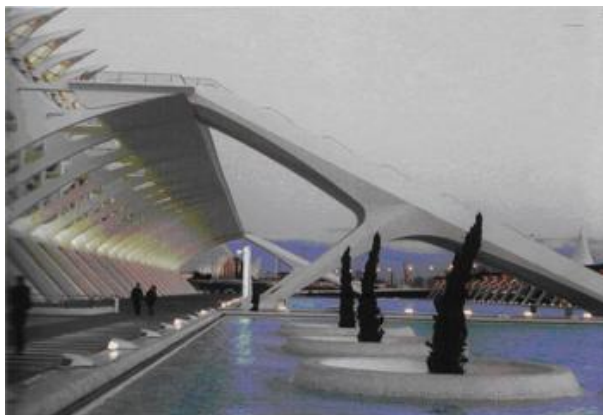


Рис. 6.

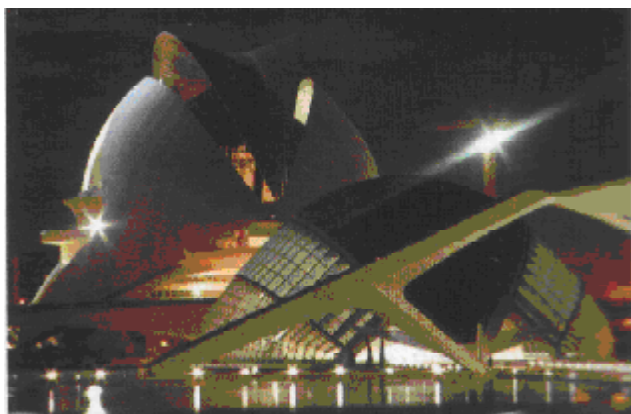


Рис. 7. Олимпийский крытый велотрек в Крылатском. Москва. 1980г. Арх. А. Ечеистов, В. Гостев, А. Талалаевский, Н. Воронина, А. Оспепников и др. Интерьер.

Монолитная сложная железобетонная рама с консолями — основной конструктивный элемент всего сооружения. Консоли рам несут внешнюю галерею. Между собой рамы связаны железобетонными балками и трибунами. Такой рисунок рамы позволил хорошо использовать пространство под трибунами, в котором размещаются четыре спортивные зала и плавательный бассейн. Высота рамы 4,5 и 10,6 м, вынос консолей — 14,5 и 12,15 м.

Конструкция трибун — сложные железобетонные рамы с консольным козырьком, вынос которого равен 22 м.

Архитектор, инженер, скульптор и археолог в одном лице — Сантьяго Калатрава, родившийся в Испании в 1951 г [1].

Калатрава прежде всего Мастер, для которого не существует географических или творческих границ. Он смело воплощает в своих разбросанных по всему миру постройках формы, заимствованные им из живой природы, выражая их в ультрасовременных материалах и конструкциях. Его здания и мосты напоминают то скелеты окаменевших доисторических животных, то овегетеленные наскальные рисунки этрусков? то прихотливо изогнутые стебли растений. При этом практичность и над'жность всех его произведений не отходят на второй план, а только умело скрываются за завораживающей игрой линий и форм, составляя нерушимый базис каждой постройки.

Грандиозный комплекс «Города науки и искусств» строится с 1996 года по проекту Сантьяго Калатравы в бывшем русле реки Турия (рис.6). Туда входят детские и спортивные площадки, Музей науки, Дворец музыки с музыкальными фонтанами, планетарий с кинотеатром и лазерным шоу, океанариум, галерея с садом и строящийся Дворец искусств. Все здания построены из белого бетона. Самый большой в Европе океанографический парк 110000 кв. метров, в том числе подводным городом площадью 80000 кв.метров, 44 млн. литров воды. Целостная экосистема. 10000 экспонатов. Открыт в 2002 году. Входная галерея — зелёная зона — состоит из 55 закрепленных и 54 подвешенных арок. Площадь 7000 кв. метров, длина 320 метров, ширина 60 метров.

Подобные конструкции использованы в Москве (Рис. 7).

На основе проведённого анализа можно сделать **выводы**:

1. Проведённый анализ тектонических систем показал, что в сравнении с классическими материалами прошлых веков, современные материалы, используемые в архитектурных конструкциях значительно прочнее, легче и таким образом экономичнее.

2. Современные материалы благодаря лёгкости, прочности, пластичности дают дизайнерам больше возможностей в композиции и формообразовании при создании эстетических архитектурных конструкций.

Дальнейшие исследования будут проведены по проблеме изучения архитектурных конструкций.

Литература:

1. Архитектура и престиж, № 2, 2004.
2. Бартенев И.А., Батажкова В.Н. Очерки истории архитектурных стилей. Учебное пособие. М.: Изобразительное искусство.- 1983.
3. Бирюкова Н.В. История архитектуры: Учеб. пособие, - М.: ИАФРА.- 2005.- 367 с.
4. Благовещенский А.А. Архитектурные конструкции.
5. Казбек – Казиев З.А. Архитектурные конструкции М.: Высшая школа, 1989.
6. Композиция в современной архитектуре. М., Стройиздат. – 1973.
7. Тиц А.А. Основы архитектурной композиции и проектирования. Под общ. ред. доктора искусствоведения, проф. А.А Тица. Киев, Высшая школа. - 1976.
8. Ткачев В.А. Архитектурный дизайн: функциональные и художественные основы проектирования. Учебное пособие. М.: Архитектура – С.- 2006.– 350 с.

Надійшла до редакції 7.04.2008