

## АРХИТЕКТОНИКА ДЛЯ АРХИТЕКТОРОВ

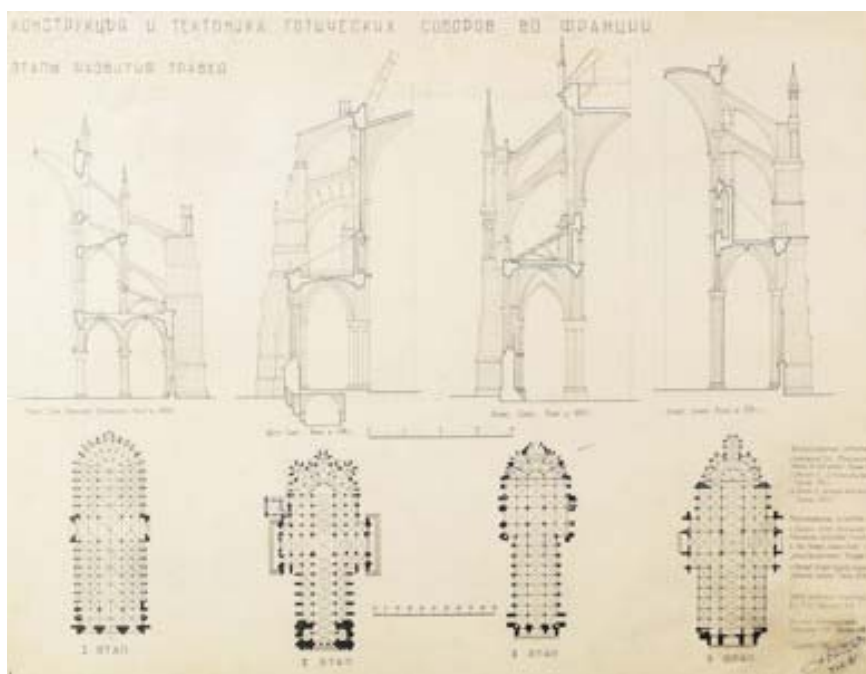
**А.В. Радзюкевич**

*Новосибирская государственная архитектурно-художественная академия,  
Новосибирск, Россия*

**С.Д. Пальчунов**

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет,  
Новосибирск, Россия*

Несмотря на то, что понятия «тектоника» и «архитектоника» изначально имеют архитектурно-строительное лингвистическое происхождение, почему-то получилось так, что их охотно стали использовать в самых различных сферах человеческой деятельности, начиная с всемирной геополитики и кончая техникой зубопротезирования. В самой же архитектурно-строительной сфере знания эти понятия применяются сегодня весьма редко, несмотря на то, что слово архитектоника прямо переводится с древнегреческого языка именно как архитектура [1]. Как это ни странно, но впервые тектоническая тематика была связана с архитектурой только в середине XIX века в книге идейного «отца» конструктивизма, немецкого археолога Карла Беттихера «Тектоника эллинов» [2]. К сегодняшнему дню в архитектуроведческих исследованиях [3],[4],[5] и учебниках для архитектурно-дизайнерских школ [6],[7],[8] сформировалось общепринятое представление о тектонике как о специфическом средстве композиционного мастерства архитектора. Однако, если ознакомление студентов с такими базовыми композиционными понятиями как, например, динамика-статика, массивность-легкость и т.д. и т.п. осуществляется сегодня через выполнение учебных упражнений, то знакомство с понятием «тектоника» происходит только на уровне абстрактных рассуждений. Некоторые особенности тектоники зданий изучаются в МАРХИ по методике Ю.Н. Герасимова [9], но знакомство происходит только на основе графических сопоставлений тектонических систем различных памятников архитектуры (Рис. 1(a,b)).



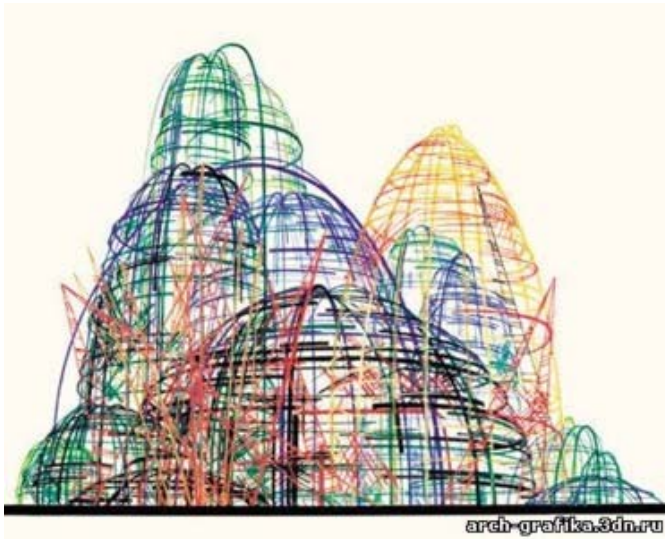
a)



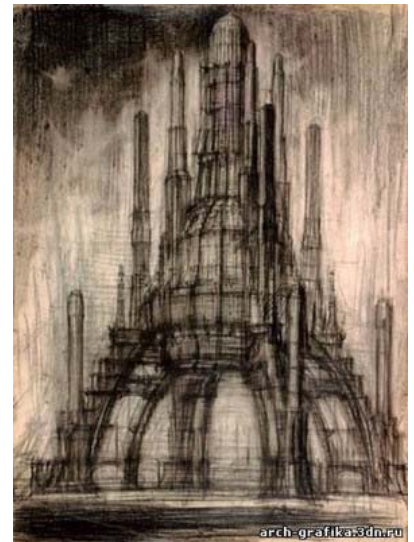
b)

Рис. 1(a,b). Учебная работа по сравнительному графическому анализу конструкции готических храмов, выполняемая студентами МАРХИ по методике Ю.Н. Герасимова

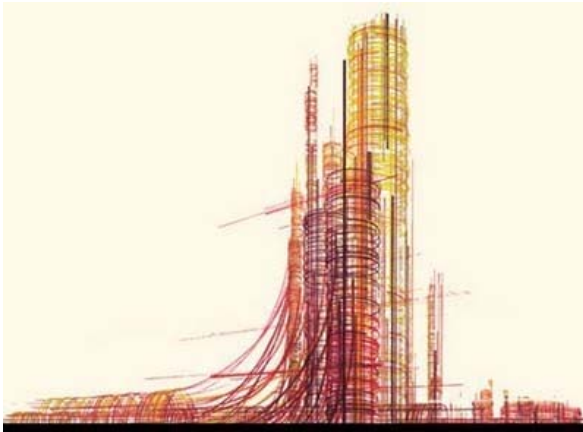
Нигде никаких учебных упражнений с тектоникой, как средством архитектурного формообразования, насколько мы информированы, не выполняется. Более того, в недавно вышедшем объемном учебном пособии по композиции для начального архитектурного образования, авторы которого, как они утверждают, основываются на теоретическом наследии ВХУТЕМАСа, понятия «тектоника» вообще нет [10]. Учебные упражнения выполняются только на уровне макетирования из бумаги и картона, что приводит к тому, что у учащихся формируется композиционное мышление через выполнение невесомых декоративно-бутафорских бумажных моделей. По мнению одного из ведущих идеологов в сфере отечественного архитектурно-дизайнерского образования Д.Л. Мелодинского, от композиционных упражнений «на тектонику» пришлось отказаться, так как «уменьшенные композиционные модели, отвлеченные от материалов и конструкций и представленные только геометрической формой не вскрывают логику взаимодействия силовых напряжений и не дают возможности проникнуться тектоническими ощущениями» [11]. Поэтому базовые учебные пособия для студентов архитектурно-дизайнерских специальностей ограничиваются только геометрическими и культурологическими аспектами изучения тектоники [11],[12],[13]. И это несмотря на то, что тектоника, по мнению выдающегося отечественного теоретика архитектуры А.И. Некрасова, является основным архитектурным понятием [14]. Очевидно, что такое вопиющее противоречие связано с особой спецификой тектоники. В обобщенном виде, основываясь на определении этого термина различными исследователями, понятие тектоники можно попытаться совокупно сформулировать как «некий художественный образ, сообщающий нам об особенностях работы конструкций данного здания или сооружения». И именно в сочетании решения художественно-образных задач с инженерно-конструкторскими расчетами заключается особая трудность изучения тектоники. Поскольку такого сочетания достичь очень трудно, то это и является, на наш взгляд, главной причиной почти полного отсутствия тектонических мотивов в современном архитектурном образовании и практике. То, что сегодня доминирует на улицах наших городов, можно вслед за А.И. Некрасовым [14] и Б. Николаевым [15] обозначить как бутафория. Полагаем, что неослабевающее внимание к творчеству Якова Чернихова связано именно с тем, что найденные им образы имеют убедительную тектоническую выразительность (Рис. 2(a-e)).



a)



b)



c)



d)

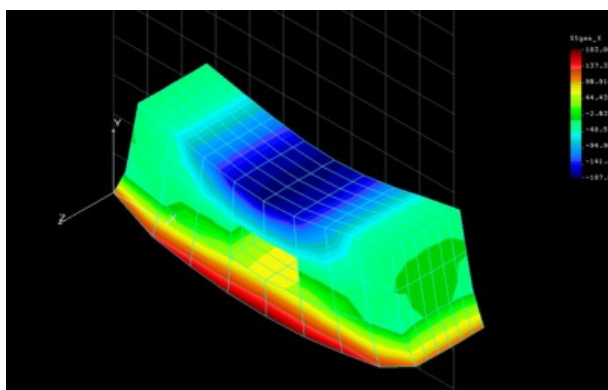


e)

Рис. 2(а-е). Архитектурные фантазии Якова Чернихова

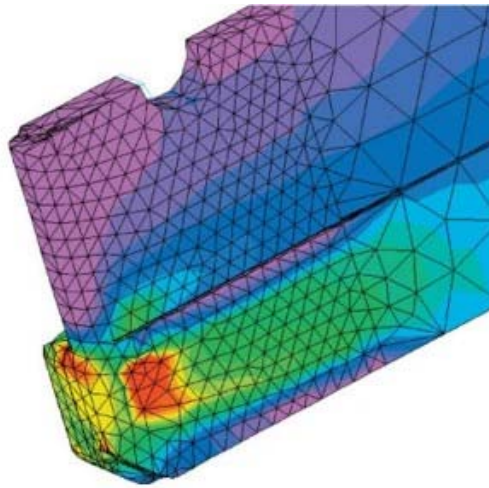
Напрашивается предположение, что микроскопический объем и формальность изучения тектоники в архитектурных школах является основным фактором, удерживающим качество современных архитектурных решений на низком уровне. Главным образом, это связано с тем, что студенты, а впоследствии и архитекторы, не умеют работать с художественным образом конструкций, так как изучение их свойств происходит на крайне упрощенном и шаблонном уровне. Даже в древней и средневековой архитектуре тому, что принято сегодня называть тектоникой, уделялось гораздо больше внимания. Несмотря на то, что в трудах Витрувия, Альберти и Палладио эти вопросы рассматривались на примитивном эмпирическом уровне, архитекторам ранних исторических периодов удавалось получать высокохудожественные результаты в практической работе. Характерен пример с Андреа Палладио, который, не имея никакого архитектурного образования, пришел в профессию из простых каменщиков и впоследствии, став уже знатным архитектором, собственноручно изготавливал некоторые профили и элементы для своих построек, т.е. постигал тонкости тектонического мастерства не через макеты, а через реальную пластическую работу с реальным материалом [16].

В настоящее время изучение работы конструкций перешло из сферы эмпирических наблюдений в сферу целого ряда серьезных научных дисциплин – сопротивления материалов, статики, теоретической механики и т.д. Однако абстрактные научные модели и теоретические расчеты оказались для архитекторов настолько сложными, что о какой-либо связи конструкций с художественным образом пока остается только мечтать. Почти во всех исследованиях по тектонике подчеркивается, что поскольку тектоника образно выражает работу скрытых в материале и конструкции сил, архитектор должен очень хорошо разбираться в особенностях работы этих сил. Однако, для того, чтобы архитектору достичь более-менее приличного уровня в конструировании, ему фактически необходимо получить еще одно образование – конструкторское, что на сегодняшний день представляется практически невероятным. Кроме того, хорошее знание работы конструкций еще не является гарантией того, что архитектор сумеет найти выразительные тектонические образы. Поэтому, актуальной следует признать задачу по существенной корректировке учебных программ архитектурно-дизайнерских школ. При этом, сегодня развитие конструкторского образования архитектора может быть достигнуто не за счет количественного увеличения академических часов, а за счет повышения качества содержания специальных конструкторских дисциплин, в первую очередь, посредством повышения наглядности изучаемого материала. Отличную основу для решения этой задачи могут дать появившиеся в последнее время новые программные продукты по расчету конструкций. Мы предполагаем, что адаптация этих продуктов к специфическим особенностям архитектурно-художественного проектирования позволит студентам-архитекторам более качественно осваивать конструкторские дисциплины. Такие новейшие продукты как COSMOS/M, SolidWorks, SCADoffis и др., позволяют современному проектировщику наглядно изучить, как работает и деформируется конструкция в тех или иных условиях (Рис. 3(а-е)).

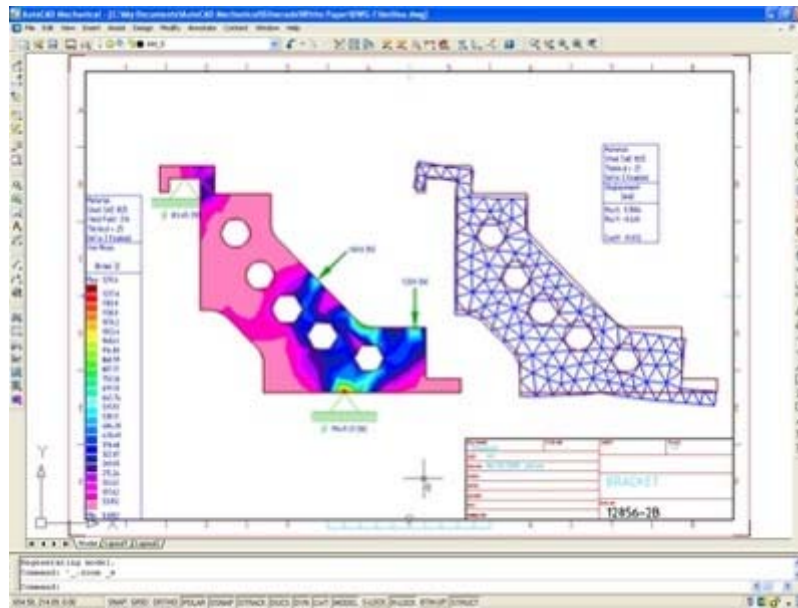


а)

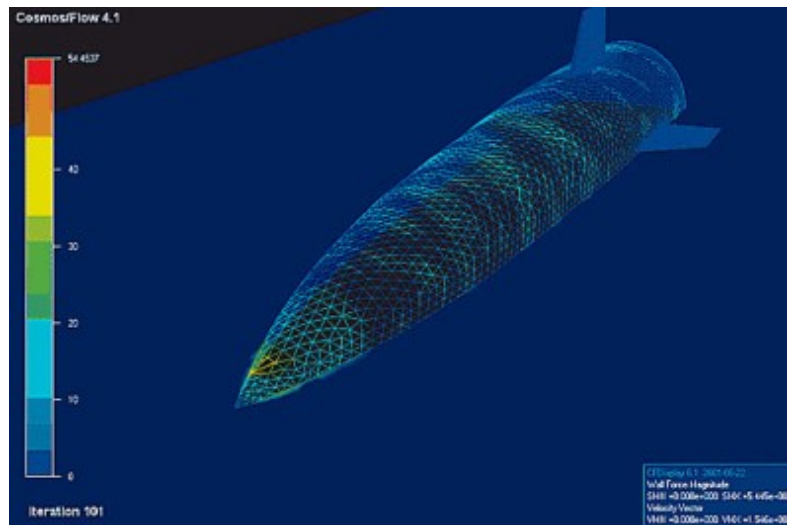
5



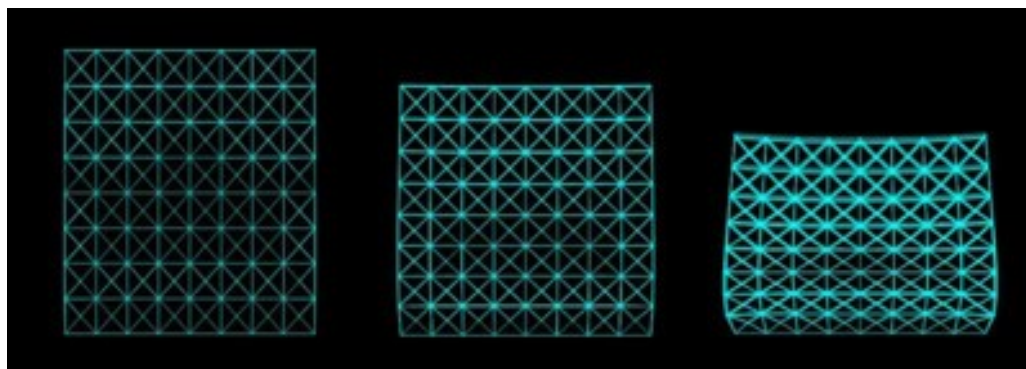
b)



c)



d)



е)

Рис. 3(а-е). Примеры наглядного представления работы конструкций

Наглядность результатов и автоматизация расчетов могут помочь проектировщику перейти от погружения в многостраничные абстрактные расчеты к виртуальной художественно-пластической «лепке» и «тектонизации» проектируемой формы и, при этом, находить оптимальное конструктивное решение. На фоне стремительного развития уровня программного обеспечения эта задача кажется перспективной и реально выполнимой. Можно предположить, что через какое-то время функции инженера-конструктора станут доступными обычным пользователям-проектировщикам, имеющим архитектурно-дизайнерское образование. В качестве аналогии можно привести пример с массовым освоением такой функции, как управление автомобилем, что раньше было доступно только специалистам.

По нашему мнению, начало данному исследовательскому направлению по формированию цельного архитектурно-конструкторского проектного мышления было положено еще в 1905 году инженером Б. Николаевым [15]. Проведенные им обширные теоретические исследования и лабораторные испытания по изучению деформации различных материалов под нагрузкой позволили ему сделать вывод, что сохранившиеся, так называемые, каноны в архитектуре зачастую имеют невыгодную, с точки зрения работы конструкций, форму - «Подобно тому, как глупый переписчик в погоне за красотой букв искажает самый смысл священной книги, последующие поколения, не будучи в силах создать что-либо подобное по духу, по силе логики старым греческим и византийским образцам, создали ту мишурную, бутафорскую архитектуру, которою пробавлялось человечество до самого последнего времени». Б. Николаев утверждает, что «...пора бросить мертвую идею, что форма может иметь канон: форма должна быть так же бесконечно разнообразна, как бесконечно разнообразны создающие ее условия, и единственный «стиль», которого должен добиваться художник в своих произведениях, это — стиль природы». В итоге исследователь делает смелый и далеко идущий вывод: «Если художники-архитекторы не настолько чутки, чтобы уловить разницу во внутреннем достоинстве красоты, если для них всякая красота безразлична, то по счастью есть деятель сильнее бессознательного «творчества», и этот деятель заставит бросить устаревшие каноны красоты развалин. Этот деятель — выгода. Если при одинаковом эффекте формы одна форма будет стоить в 4 раза дешевле другой, то, в конце концов, выгоднейшая выйдет победительницей, хотя бы ее не поддерживали академии всего мира» [15].

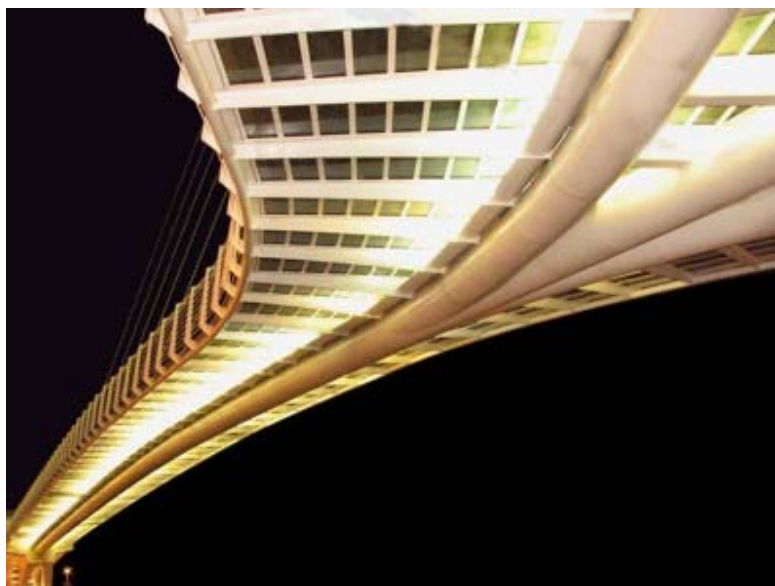
Отход от формальных канонов и поиск оптимальных конструктивных решений стал возможен в нашей стране только через много десятков лет после опубликования этой новаторской работы Б. Николаева.

Созданная в 1970-м году в ЦНИИТИА лаборатория архитектурной бионики под руководством архитектора Ю.С. Лебедева, проделала в этом направлении феноменально емкую теоретическую и практическую работу, как по обобщению мирового опыта, так и по

созданию собственных оригинальных наработок [17], [18]. Творческий коллектив лаборатории, состоящий из архитекторов, конструкторов, биологов, математиков и специалистов других направлений, успешно решал междисциплинарные задачи архитектурного формообразования на основе выявленных в живой природе законов и принципов формообразования. Исключительно важным представляется тот факт, что уже в то время ставились и решались задачи по автоматизированному поиску оптимальных конструктивных решений. Сотрудником лаборатории конструктором В.Г. Темновым уже в 70-е годы, когда еще не было никаких персональных компьютеров, на основе метода конечных элементов успешно решались сложнейшие конструкторские задачи.

Особая ценность результатов работы лаборатории Ю.С. Лебедева заключается еще и в том, что помимо изучения конструктивных основ формообразования, подробно были рассмотрены также тектонические аспекты бионической архитектуры. По мнению Ю.С. Лебедева, тектоника является особым средством гармонизации архитектурной формы - «Если на выходе к конструкции прибавилось «Нечто», прибавилась вторая реальность, то конструкция стала одухотворенной. Произошла опозитизация конструкции. И появилась архитектура как искусство»[17].

Научный задел, сформированный лабораторией Ю.С. Лебедева, оказался настолько содержательным, что даже сегодня, двадцать лет спустя после прекращения деятельности лаборатории, полученные результаты кажутся некими сигналами из далекого будущего. Только сегодня появляются некоторые возможности для того, чтобы хоть как-то продолжить работу в этом направлении. Тем более, что в отличие от развитых стран мира, где бионические исследования [19],[20] и практические внедрения (Рис. 4(а-е)) никогда не прекращались, в нашей стране архитектура, основанная на бионических и тектонических принципах, так и не получила развития.



а)



b)



c)



d)





е)

Рис. 4(а-е). Примеры современных архитектурных решений, основанных на бионическом подходе

Для того чтобы попытаться войти в эту сложнейшую и многоплановую тему, предварительно рассмотрим вопрос о невозможности обучения студентов «тектонированию» на уменьшенных макетах. Дело в том, что изменение масштаба является очень существенным фактором, влияющим на работу конструкции, что было отмечено еще Витрувием [21]. В своем трактате он приводит рассказ о родосском архитекторе Диогнете, на примере которого он показывает, что «...вещи таковы, что на модели он кажутся правдоподобными, но, будучи увеличены, разваливаются» (кн.Х,16,5). Любопытно, что Леон Баттиста Альберти не обратил никакого внимания на эту мысль Витрувия и проблему масштабности фактически не заметил [22]. Впервые подробно, на научном уровне эта проблема была рассмотрена знаменитым итальянским ученым Галилео Галилеем только в 17 веке [23].

Рассмотрим особенность действия масштабного фактора на исключительно простом и наглядном примере. Произведем расчет предельно допустимого пролета балки, сделанной из гипса и имеющей квадратное поперечное сечение размером метр на метр. По расчетам получаем, что пролет такой самонесущей балки будет равен 15,2 метрам. Если сделать больше, то она просто-напросто разрушится под действием собственного веса, равного 35 тоннам. Теперь уменьшим эту балку в масштабе  $\frac{1}{2}$ . Высота и ширина ее станут равны 50 сантиметрам, а длина – 7,6 метрам. Расчеты показывают, что данные параметры не являются предельно допустимыми. Более того, на эту, уменьшенную копию балки можно даже сверху положить груз равный 2,3 тоннам или 52% от собственного веса балки (4,37 тонны). Уменьшим нашу балку еще в два раза. В этом случае, по расчету балка сможет выдержать груз, равный уже 73% от веса балки (Рис. 5).

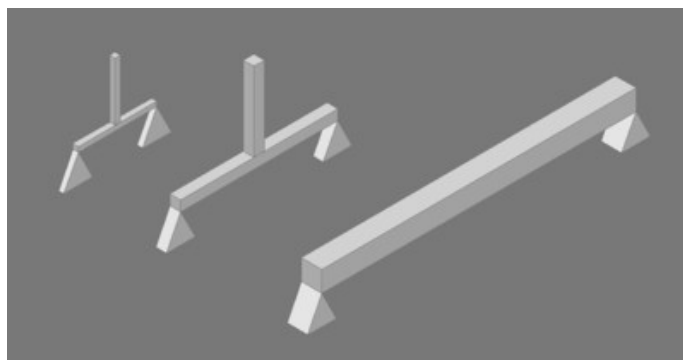


Рис. 5. Особенности работы балки в зависимости от ее масштабных характеристик

Следовательно, получаем простейшую закономерность, известную по эмпирическим наблюдениям еще в античные времена: чем меньше абсолютные размеры конструкции, тем большую относительную нагрузку она может выдержать. С точки зрения изучения архитектурной тектоники приходим к утверждению, что абсолютные размеры конструкции являются фактором формообразования, очень существенно влияющим на композиционный замысел. Для предельной наглядности данного утверждения можно вспомнить хрестоматийное сопоставление пропорций слона и комара – если увеличить комара до размеров слона, то он не взлетит.

Следующим фактором, влияющим на особенности формообразования архитектурных объектов, на наш взгляд, следует считать фактор хронической деформации формы. В работе Б. Николаева [14] действие этого фактора было рассмотрено достаточно подробно еще сто лет назад. Однако сегодня, благодаря новейшим научным достижениям, влияние этого фактора на процесс формообразования можно рассмотреть в наглядном виде, понятном школьнику младших классов. Для начала сформируем первоначальную обобщенную типологическую классификацию конструкций, опираясь на классическую работу М.И. Ерхова [24]. По нашему мнению, она должна иметь следующие группы объектов:

1. Самонесущее сплошное тело;
2. Несущее нагрузку сплошное тело;
3. Самонесущая оболочка;
4. Несущая нагрузку оболочка;
5. Сетчатые конструкции.

В качестве примера рассмотрим особенности работы несущей конструкции сплошного тела, простейшим примером которой является колонна, т.е. сплошное тело, вертикальные размеры которого преобладают над горизонтальными. Зададим исходные установки:

1. Колонна, имея некоторый собственный вес, нагружается сверху некоторой равномерно распределенной нагрузкой;
2. Боковые и прочие нагрузки считаются несущественными;
3. Колонна имеет четыре варианта закрепления:
  - а) без защемлений (Рис. 6а);
  - б) защемление сверху (Рис. 6б);
  - в) защемление снизу (Рис. 6с);
  - г) защемление снизу и сверху (Рис. 6д).

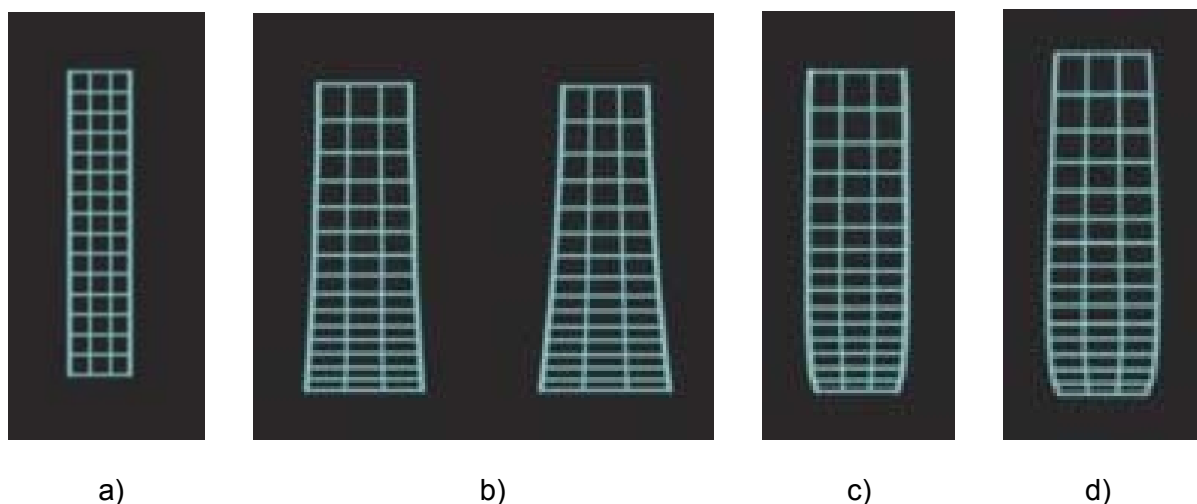


Рис.6(a-d). Изменение морфологических особенностей тела колонны в зависимости от условий работы конструкции

Как видно из рисунка, во всех вариантах закрепления получаем различные картины деформирования колонны. Любопытно, что характер энтазиса во всех четырех случаях оказался отличным от классического энтазиса колонн античности и эпохи Возрождения, что говорит о справедливости выводов Б. Николаева. Вопрос о том, что в античных колоннах слишком много лишнего неработающего материала, уже рассматривался в работе [25].

С точки зрения изучения характера форм важно отметить, что оптимально работающая колонна должна иметь не выпуклый энтазис, а наоборот – вогнутый [25]. Полученные результаты предварительно можно обозначить как некую новую сферу знаний с условным названием – конструктивная морфология (термин введен в научный оборот выдающимся отечественным ученым А.А. Любичевым [26]).

С этой конструктивно-морфологической точки зрения в нашей дальнейшей работе будут подробно рассмотрены все обозначенные выше типы конструкций, а сейчас затронем еще одну тему.

Детальное изучение особенностей работы конструкций дает возможность сделать следующий, исключительно важный, шаг в сфере архитектурного формообразования — производить обучение поиску форм конструкций, являющихся оптимальными по тем или иным заданным критериям.

Не вдаваясь пока в детали данного направления, проиллюстрируем данный подход на предельно простой конструкции кронштейна (Рис. 7), представленной в известной монографии И.Б. Михайловского [27].

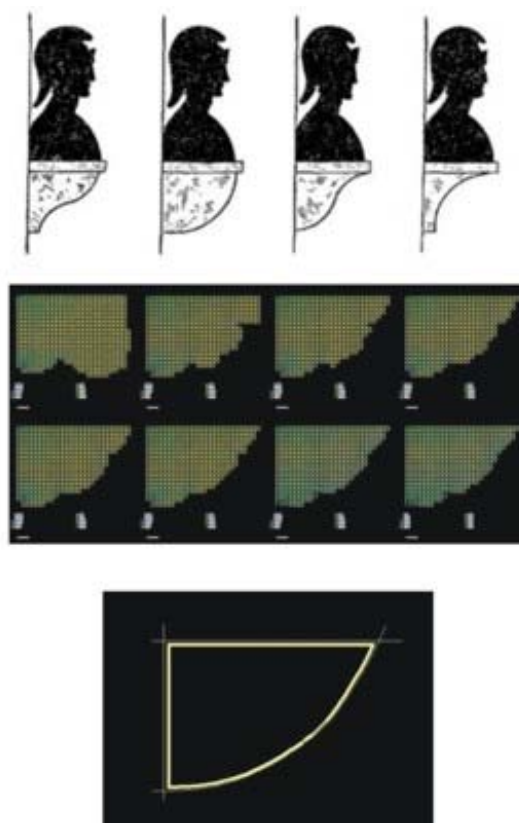
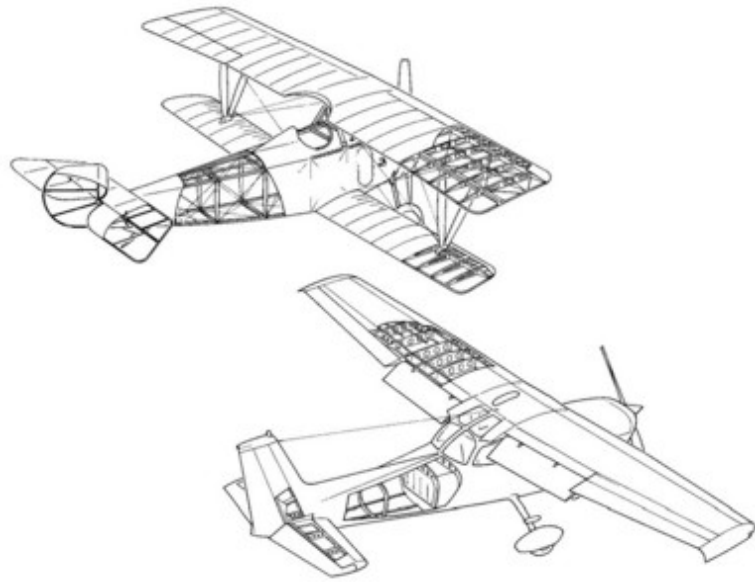


Рис.7 Выбор оптимально работающей формы кронштейна

Из приведенных им четырех вариантов кронштейнов попытаемся определить, какой же из них является оптимальным. Условимся, что оптимальность задается простейшим критерием минимизации используемого материала, работающего равномерно напряженно во всех участках. В ходе осуществления процедуры топологической оптимизации получаем, что вариант № 2 является наиболее близким к оптимуму. Образно говоря – топологическая оптимизация позволяет подобно скульптору отсечь в конструкции все лишнее. Разумеется, выбор наиболее понравившегося кронштейна можно произвести и без инженерных расчетов – просто «на глазок», в расчете на интуицию. И вот здесь мы прикасаемся к теме обоснования красоты конструкций. На наш взгляд, воспринимаемая человеком конструкция «рассчитывается» в его «подсознательном компьютере» на предмет ее оптимальности и жизнеспособности. Если подсознание признает ее оптимальной, то она оценивается как красивая. Известно, что знаменитый авиаконструктор А.С. Яковлев утверждал: «не знаю почему, но некрасивый самолет не полетит» (Рис. 8(a-d)).



a)



b)



c)



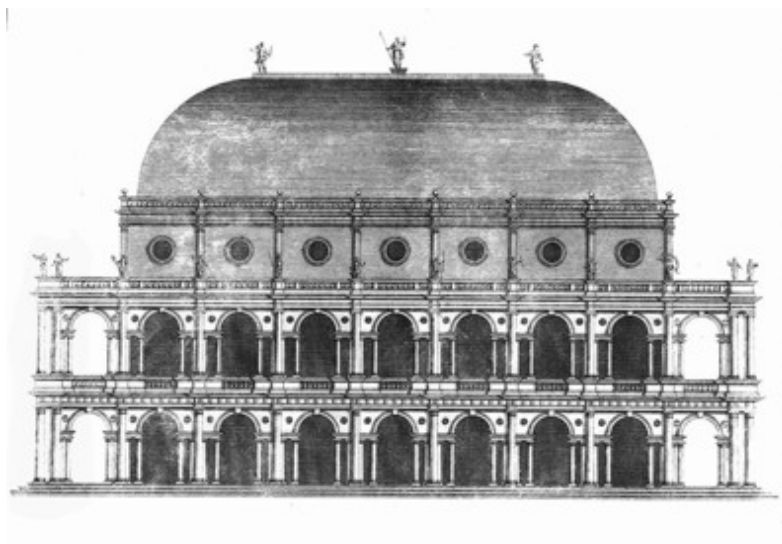
d)

Рис. 8(a-d). Красота форм летательных аппаратов

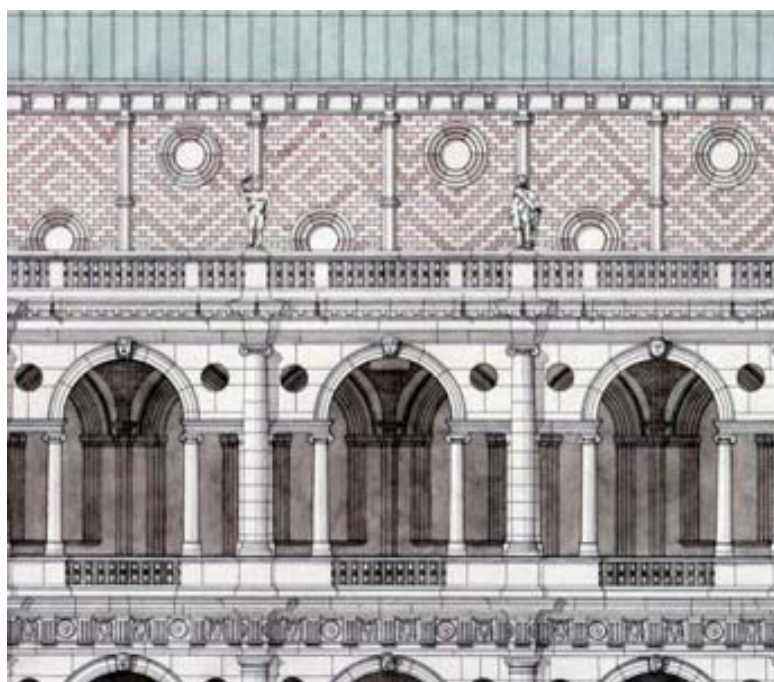
Дополняя конструктивную тематику, хотелось бы обозначить еще одно направление дальнейших исследований. Нам показалось любопытным, как выдающийся отечественный теоретик архитектуры В.Ф. Маркузон описывает свои впечатления от восприятия форм Базилики Палладио (Рис. 9(a-c)): «Масса кладки стены сведена к минимуму: в ненагруженных участках стены даже вырезаны круглые отверстия. Материал представляется полностью напряженным. Кажется, стукни по камню – и он зазвенит» [28].



a)



b)



с)

Рис. 9(а-с). Формы Базилики Андреа Палладио

Эта цитата представляется нам исключительно важной, так как она указывает на отдаленную аналогию между строительной конструкцией и неким звучащим музыкальным инструментом. Мы предполагаем, что научное обоснование для связи этих весьма далеких объектов может лежать в теории резонанса. Полагаем, что эта тема может стать предметом отдельного большого исследования.

Следует признать, что если исходить из оптимально сконструированной формы, а не из аппарата зрительного восприятия, законов функционирования которого пока никто не знает, теряется смысл поиска идеальных канонических пропорций в архитектуре. Напрашивается вывод о том, что пропорция в архитектуре является производной величиной от действия внешних сил, особенностей материала и структуры формы, которые могут быть бесконечно разнообразными.

Завершая эту поисковую работу, отметим, что в теории и истории архитектуры созвучное научное обоснование для конструктивно-морфологического подхода можно найти в трудах выдающегося австрийского искусствоведа Ганса Зедльмайра. В своих исследованиях он противопоставляет «стилистическому анализу» школы Вельфлина, принцип «структурного анализа». По мнению Н.И. Брунова такой подход «позволяет искусствоведам более полно анализировать конкретные архитектурные произведения, чем это было возможно при помощи стилистического анализа» [29]. Подобный подход прослеживается и в исследовании А.И. Некрасова, который пришел к мысли, что изучение генетики тектонических образов на протяжении всех времен и у всех народов может привести к переписыванию заново истории искусств [14]. Для осуществления этой огромной работы, выполнявшейся в сибирской ссылке, А.И. Некрасову удалось сделать очень много. Но самое важное, что, на наш взгляд, он успел сделать, это сформулировать приоритетную задачу архитектурного образования - «...воспитать воображение для восприятия образа действующих сил, перетекающих друг в друга...».

Сегодня, 60 лет спустя, эта задача кажется особо актуальной и, что очень важно, реально достижимой.

### Литература:

1. Греческо-русский словарь. Под ред. Вайсмана. СПб. 1899.
2. Botticher. Die Tectonik der Hellenen. Einleitung und Dorika. Potsdam. 1844.
3. Маркузон В.Ф. Архитектурный стиль и законы тектоники. "Архитектура СССР", 1941, № 2 с.43-46.
4. Очерки теории архитектурной композиции. М.1960.
5. Иконников А.И., Степанов Г. Основы архитектурной композиции. М.1971.
6. Объемно-пространственная композиция. Учебник для ВУЗов. Под ред. А.В. Степанова. –М., 1993.
7. Бархин Б.Г. Методика архитектурного проектирования. М. 1993.
8. УМК по дисциплине «Принципы инженерного творчества». Проф., д.т.н. Ханхасаев Г.Ф. Улан-Удэ. 2007.
9. Герасимов Ю.Н. Методика архитектурного анализа. М., 1977.  
<http://marhiv.ru/metod.htm>
10. Стасюк Н.Г., Киселева Т.Ю., Орлова И.Г. Основы архитектурной композиции. М., 2004.
11. Мелодинский Д.Л. Школа архитектурно-дизайнерского формообразования. М., 2004.
12. Шубенков М.В. Структурные закономерности архитектурного формообразования. М., 2006.
13. Азизян И.А. Теория композиции как поэтика архитектуры. М., 2002.
14. Некрасов А.И. Теория архитектуры. М., 1994.
15. Николаев Б. Физические начала архитектурных форм. Опыт исследования хронических деформаций зданий. СПб., 1905.



16. Григорян Ю. Каменщик. Проект Россия, №50, 2009.
17. Архитектурная бионика. Под ред. Ю.С.Лебедева. М., 1990.
18. Бюттнер О., Хампе Э. Сооружение - несущая конструкция – несущая структура. М., 1983.
19. Macdonald A. J. Structure and Architecture. Edinburg, 1994.
20. Charleson A.W. Structure as Architecture. Oxford, 2005.
21. Витрувий. Десять книг об архитектуре. М., 1936.
22. Зубов В.И. Архитектурная теория Альберти. СПб., 2001.
23. Галилей Г. Беседы и математические доказательства... М. Л., 1934.
24. Ерхов М. И. Теория идеально пластических тел и конструкций. М., 1978.
25. Радзюкевич А.В., Щербатых С.В., Рябов С.С. Опыт использования современных методов расчета конструкций на материале форм памятников архитектуры. <http://a3d.ru/architecture/stat/195>
26. Любищев А.А. Проблемы формы систематики эволюции организмов. М., 1982.
27. Михайловский И.Б. Архитектурные формы античности. М., 1949.
28. Маркузон В.Ф. Некоторые аспекты творчества Палладио. В сб. «Андреа Палладио и мировая художественная культура». М., 1999.
29. Зедльмайр Г. Первая архитектурная система средневековья. В сб. История архитектуры в избранных отрывках. М., 1935.