

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

МАНСУРОВ ЯШНАР

АРХИТЕКТУРНАЯ БИОНИКА
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Область образования – 5340000 – «Архитектура и строительство»

Учебное направление – 5340100 – «Архитектура»

ТАШКЕНТ – 2016

УДК 72: (007:574)

Автор: Мансуров Яшнар. АРХИТЕКТУРНАЯ БИОНИКА: Учебное пособие.— Ташкент: - ТАСИ, 2016.

Учебное пособие составлено на базе научно-теоретических исследований основ бионики в архитектуре. Кратко излагаются основная характеристика и исторический обзор архитектуры с точки зрения бионики. Рассмотрены методы, принципы и практика исследований формообразования зданий и сооружений в понятии гармонии архитектурного пространства и живой природы.

Цель обучения — выработать у студентов основы по гармоничному решению архитектуры с природой.

Учебное пособие предназначено для студентов бакалавриата по направлению -5340000- “Архитектура и строительство”, -5340100- “Архитектура”. Этим методическим пособием, также могут пользоваться специалисты данной отрасли и слушатели курсов повышения квалификации и переподготовки кадров.

Этим методическим пособием, также могут пользоваться специалисты данной отрасли и слушатели курсов повышения квалификации и переподготовки кадров.

Рецензенты:

Иногамов Б.И. к.а.н., доцент кафедры «Архитектурное проектирование».

Мухамеджанов К.Х. к.а.н., профессор, ГА ООО UNIQUE ARH PROJECT.

Учебное пособие предназначено для студентов, и приказом Министерства высшего и среднего специального образования под № 32от 2 февраля 2015 года разрешено к печати (№ грифа32-125).

©ТАСИ-2016

ВВЕДЕНИЕ

Предмет «Архитектурная бионика» направлена на изучение сложных специфических задач, связанных с обобщением достижений в области использования законов и интересных многогранных процессов живой природы в гармонии с мировой архитектурной практикой.

Рассмотрены исторические предпосылки методы и основные принципы исследований этой новой науки. Рассмотрены возможности, заложенные в живой природе, которые можно использовать в решении проблем формообразования, технического обеспечения, красоты и гармонии архитектурных форм с окружающей средой. Большое внимание уделяется синтезу архитектуры и живого природного окружения, открывающему путь к сохранению природы и организации оптимальной гармоничной среды существования человека.

В теоретических материалах по предмету «Архитектурная бионика» особое внимание уделяется гармонии формообразования в архитектуре и в природе. Освещён богатый исторический и современный мировой опыт в различных сферах научных исследований, в том числе и современная проектно-строительная практика зодчества.

В данном учебном пособии основное внимание уделено изучению: гармоничного формирования формы и функции архитектуры с природой; новейших достижений науки и техники в освоении законов природы; более углублённому изучению взаимовлияния и процессов в живой природе при гармоничном включении современной архитектуры в окружающее природное пространство.

Учебное пособие предусмотрено для студентов, архитекторов, дизайнеров, инженеров смежных специальностей, а также для интересующихся вопросами современной мировой архитектуры.

ГЛАВА I. АРХИТЕКТУРА И ПРИРОДА - НЕПРЕРЫВНЫЙ ПРОЦЕСС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

1.1. АРХИТЕКТУРНАЯ БИОНИКА – НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В НАУКЕ И ПРАКТИКЕ

Название «бионика» восходит к греческому *bios*, означающему жизнь. Соединённое со словом электроника оно дало наименование новому направлению в науке. Оно послужило основой названия направления в науке, занимающегося изучением возможности использования в технике определённых биологических систем и процессов. Название науки «бионика» предложено американским учёным Джеком Стилом и принято на Первом симпозиуме по бионике, проходившем в городе Дайтоне (США) в 1960 г., который официально закрепил рождение новой науки. Кратко — это отрасль науки, усилия которой направлены на исследование биологических систем и процессов, происходящих в живой природе, и на творческое использование их в технике.

Важным моментом, сыгравшим свою роль в обращении архитекторов и конструкторов к живой природе, явилось внедрение в практику пространственных конструктивных систем, выгодных в экономическом отношении, но сложных в смысле их математического расчёта. Пробразами этих систем во многих случаях были структурные формы природы. Такие формы начали успешно применяться в различных типологических областях архитектуры, в строительстве большепролетных и высотных сооружений, создании быстро трансформирующихся конструкций, стандартизации элементов зданий и сооружений и т.д.

Использование конструктивных систем природы проложило дорогу другим направлениям архитектурной бионики. В первую очередь это касается природных средств "изоляции", которые могут быть применены в организации благоприятного микроклимата для человека в зданиях, а также в городах.

Бионика тесно связана с биологией, физикой, химией, кибернетикой, генетикой и инженерными науками: электроникой, связью и др.

К началу 1980 г., благодаря многолетним усилиям коллектива специалистов лаборатории ЦНИЭЛАБ, просуществовавшей до начала 1990 гг., архитектурная бионика окончательно сложилась как новое направление в архитектуре. В это время выходит итоговая монография большого международного коллектива авторов и сотрудников этой лаборатории под общей редакцией Ю. С. Лебедева «Архитектурная бионика» (1990 г.) [1].

Период с середины XX в. по начало XXI в. в архитектуре ознаменовался повышением интереса к сложным криволинейным формам, возрождением, уже на новом уровне, понятия «органическая архитектура», своими корнями уходящего в конец XIX – начало XX века, к творчеству Л. Салливана и Ф. Л. Райта. Они считали, что архитектурная форма, как и в живой природе, должна быть функциональной и развиваться как бы «изнутри наружу».

Среди других наук бионику специалисты относят к наукам высшего — третьего класса, синтезирующим целый ряд других наук, в данном случае исследования естественных наук (биологии, химии, физики, биохимии, биофизики), математический анализ и инженерный подход к решению задач. Бионика, таким образом, представляет собой науку, соединяющую научно-исследовательскую часть с одновременным исполнением практического замысла, не только выводящую законы, но и одновременно выражающую их в конкретной материальной форме. Бионика — наука в полном смысле созидательная, способствующая активному преобразованию природы и созданию новой, искусственной среды по подобию живой природы, но лишь в аспекте человеческих задач. Если, например, в естествознании морфология исследует формы живой природы, анатомия — внутреннее строение органов, биохимия — химические процессы, протекающие в живых организмах и т.д.,

то бионика занимается исследованием всех факторов, касающихся живых организмов, вместе взятых (с различной степенью детализации).

Бионика в итоге направлена на создание готовых вещей — физических моделей природных прототипов. В этом её созидательность.

Архитектурную и техническую бионику объединяет общность предмета исследования — использования тех или иных средств и принципов организации живой природы в материальном производстве, к сфере которого примыкает архитектура. У них много сходства, в том числе и в методах использования биосистем.

Однако архитектурная бионика в силу специфики её цели имеет и свою бионическую сферу, т.е. свои объекты живой природы, и решает свойственные только ей проблемы. Поэтому мы можем рассматривать её в какой-то мере как самостоятельное явление, сложившееся на базе исторической и современной практики архитектуры и находящее своё приложение в архитектурной науке. Её предмет — исследование законов функционирования и формообразования объектов живой природы (биологических объектов) с целью применения их для совершенствования архитектурных решений, формирования комплексных архитектурных и градостроительных систем, гармонизации взаимосвязи архитектуры и природной среды.

Необходимо различать теорию и практику архитектурной бионики, так как вторая по самым различным причинам не всегда соответствует тем идеальным критериям, которые разрабатываются в теоретическом аспекте.

Есть сходство не только использование техники живой природы в человеческой деятельности, но и переустройство природы по человеческим потребностям и образцам. Мы сейчас встречаем в жизни такие термины, относящиеся к технике и другим средствам производства и явлениям, в том числе и к архитектуре, как «живая машина», «живой материал», «живой дом», «город — живой организм».

Одновременно технические термины замечаем и в биологии: «механические ткани растений», «механизм устьиц», «фабрика хлорофилла».

За последние 20—40 лет мир стал свидетелем появления в архитектуре необычных форм, напоминающих формы живой природы. Можно встретить покрытия зданий, сходные с причудливыми поверхностями раковин моллюсков (илл. рис. 2.5.) купола, интерпретирующие контуры скорлупы птичьего яйца, прозрачные решётки — структуры, уводящие к сложным переплетениям ветвей лесной чащи или скелетных островов радиолярий.

В этих заимствованиях форм из живой природы сказалось не только желание найти новые средства выразительности, но и решить ряд насущных вопросов архитектуры, относящихся к областям экономики, техники, функции. Не случайно, поэтому обращение архитекторов; инженеров, технологов к живой природе превратилось в широкое концептуальное движение в современной архитектуре. В разных странах оно получило различное название. В начале 1960-х годов ему было дано, как уже говорилось, название «архитектурная бионика» по аналогии с существующей тогда технической бионикой.

Мир живой природы развивался и совершенствовался в течение многих миллиардов лет, выработав в себе целый ряд средств, которым аналогичны наши технические средства: радиолокационные приборы, летающие аппараты, оптические инструменты, навигационные приспособления.

Инженеры воспользовались готовыми решениями природы и с успехом применяют их на практике в самых различных областях техники (илл.рис. 1.2.). Так, учёные обратили внимание на то, что медуза за несколько дней до шторма в океане начинает постепенно опускаться на дно. Стали выяснять причины. Оказалось, что у неё есть особое устройство, которое предупреждает о подобных изменениях в водной стихии. Учёные сконструировали по его подобию прибор «ухо медузы», заблаговременно информирующий моряков о приближении бури.

Или сложное явление в авиации — флаттер — ритмичное, не поддающееся регулированию колебание крыльев самолёта, часто приводящее к их разрушению, особенно при повышенных скоростях. В процессе бионических исследований живой природы обнаружилось, что стрекоза давно «решила» этот технический вопрос: в её крыльях имеются специальные подвески, предотвращающие флаттер.

То, что изучение «техники» природы может принести практическую пользу, уже не вызывает сомнений. Но интересна другая, познавательная сторона вопроса. Каким образом, кажущаяся на первый взгляд далёкой от техники, живая природа стала для неё источником ценного накопления научного материала?

Философия диалектического материализма доказывает, что в мире все взаимообусловлено, нет вещей и явлений, которые бы не были связаны непосредственно или опосредованно между собой, нет непроходимых барьеров между живой и неживой природой, что существуют законы, объединяющие весь мир в единое целое и порождающие объективную возможность использования процессов и связей элементов живой природы в искусственно создаваемых технических системах. Человек и мир живой природы биологически едины.

В «Диалектике природы» Ф. Энгельс пишет: *«...на каждом шагу факты напоминают нам о том, что мы отнюдь не властвуем над природой так, как завоеватель властвует над чужим народом, не властвуем над ней так, как кто-либо находящийся вне природы, — что мы, наоборот, нашей плотью, кровью и мозгом принадлежим ей и находимся внутри ее, что все наше господство над ней состоит в том, что мы, в отличие от всех других существ, умеем познавать е` законы и правильно их применять»* [1].

Не так уж неправ был великий французский математик (в философии — дуалист) Р. Декарт, живший 300 лет назад, когда он сравнивал человека с машиной. Лишь общий уровень знаний того времени и механический подход к решению вопроса взаимодействия в человеке идеального («духа») и материального («тела») делает его гипотезу исторически ограниченной. Необходимо также учесть, что мы сравниваем человека с современной машиной, не зная, какими станут машины будущего.

Интересующие бионику закономерности в живой природе, в отличие от чисто биологических или биохимических процессов, можно назвать техническими. Бионика занимается, например, «механизмами», средствами, которые помогают живому организму видеть, слышать, чувствовать, преодолевать силы сопротивления, тяжести и т.д.

Несомненно, что процесс использования этих средств — процесс творческий, приспособляющий известные закономерности живой природы к потребностям техники.

Рождение современной бионики было подготовлено развитием биологии, химии, физики, механики, математической логики, кибернетики и т.д. Особое место здесь занимает математическая логика — одно из средств, позволяющих связывать в количественных и качественных отношениях явления живой природы с явлениями в технике и в архитектуре.

Живая природа перестаёт быть загадочным феноменом. Одно из основных обобщений современной биологии состоит в том, что все явления жизни подчиняются законам физики и химии и могут быть объяснены с помощью этих законов на самых различных уровнях: молекулярном, при образовании кристаллов, формировании механических (конструктивных) тканей и опорных скелетов, общей системы форм и экологических связей. Живая природа и архитектура развиваются в одних и тех же биофизических условиях земной и космической сферы и подчиняются законам гравитации, инерции, термодинамики.

Их формы обуславливаются сходным действием температурно-влажностных факторов, режимом инсоляции, цикличностью метеорологических явлений и т.д. Строительная деятельность живых организмов так же, как и в архитектуре, связана с созданием строительных материалов и определённым порядком (технологией) производства работ.

Архитектура, ставшая в процессе своего развития большим общественным явлением, нацелена вместе с тем на удовлетворение не только общественных, но и биологических потребностей человека. И здесь через изучение биологической организации человека архитектура получает особые импульсы формообразования, значение которых повышается в условиях научно-технической революции, роста требований к экономии общественной энергии и интенсификации человеческого труда.

Опыт мировой архитектуры последних десятилетий подтверждается, что архитектурная бионика способна решать самые разнообразные вопросы архитектуры, как в их отдельной интерпретации, так и в комплексе (илл.рис. 1.1.). Сюда относятся: уточнение общетеоретических вопросов архитектуры, касающихся принципиальных сторон её развития; совершенствование теории систем; дальнейшие направления дифференциации функциональной структуры архитектурных форм и архитектурного пространства; углубление композиционных приёмов — тектоники, пропорций, равновесности, симметрии, ритмов, света, цвета и т.д.; решение проблемы создания благоприятного микроклимата в зданиях и в других архитектурных образованиях; рационализация существующих конструкций и внедрение новых конструктивных форм; развитие индустриализации производства на основе унификации, стандартизации и сборности архитектурно-конструктивных элементов; создание строительных материалов с новыми эффективными комплексными конструктивными и теплоизолирующими свойствами; дальнейшая разработка технологии производства конструкций и

организации производства возведения зданий; совершенствование методики экспериментального конструирования на физических моделях и др.

Выводы

Интересующие бионику закономерности в живой природе, в отличие от чисто биологических или биохимических процессов, можно назвать техническими.

Бионика занимается, например, «механизмами», средствами, которые помогают живому организму видеть, слышать, чувствовать, преодолевать силы сопротивления, тяжести и т.д.

Несомненно, что процесс использования этих средств — процесс творческий, приспособляющий известные закономерности живой природы к потребностям техники.

Рождение современной бионики было подготовлено развитием биологии, химии, физики, механики, математической логики, кибернетики и т.д. Особое место здесь занимает математическая логика — одно из средств, позволяющих связывать в количественных и качественных отношениях явления живой природы с явлениями в технике и в архитектуре. Математическая логика, родоначальником которой считается Аристотель, представляет собой математическое символизирование форм человеческого мышления — суждений, умозаключений, силлогизмов.

Опыт мировой архитектуры последних десятилетий подтверждается, что архитектурная бионика способна решать самые разнообразные вопросы архитектуры, как в их отдельной интерпретации, так и в комплексе

Сюда относятся: уточнение общетеоретических вопросов архитектуры, касающихся принципиальных сторон её развития. Таким образом, результаты исследований, проводимых в области архитектурной бионики, оказываются полезными при решении проблем социального и эстетического совершенствования архитектуры в самых её различных типологических

отраслях: в жилых комплексах, в общественных и промышленных зданиях и сооружениях, в градостроительстве.

Конечно, все это не означает, что она в состоянии решить все эти вопросы до конца. Нет, она не подменяет и не исключает существующие методы и лишь готова помочь их дальнейшему прогрессу. Вместе с тем в отдельных областях она может оказать революционизирующее воздействие.

Архитектурная бионика, следовательно, приобретает большое значение в дальнейшем развитии не только практики, но и архитектурной науки.

Идеи Л. Салливена были развиты его учеником Фрэнком Ллойдом Райтом. Основу концепции Райта составляла идея непрерывности архитектурного пространства, противопоставленная подчёркнутому выделению его отдельных частей в классицистической архитектуре. Здание, вписанное в природу, его внешний облик, вытекающий из внутреннего содержания, отказ от традиционных законов формы — вот характерные признаки свойственного ему архитектурного языка, который можно определить понятием «органической архитектуры». Эта идея впервые реализована им в так называемых «домах прерий» (дом Роби в Чикаго, 1909, и др.).

Под воздействием её идей сложились региональные архитектурные школы в скандинавских странах (например, творчество Алвара Аалто).

1.2. ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ БИОНИКИ

Интересно проследить, как складывались исторические предпосылки формирования теории и практики архитектурной бионики, подтверждающие её правомерность, неизбежность развития и одновременно проливающие свет на становление тех её направлений, которые получили развитие в наше время.

На всем протяжении истории человек в своей архитектурно-строительной деятельности сознательно или интуитивно обращался к живой природе, которая помогала ему решать самые различные проблемы.

Ещё крупнейший греческий философ материалист Демокрит (около 460—370 гг. до н.э.) писал: «От животных мы путём подражания научились важнейшим делам (а именно, ученики) паука (подражая ему) в ткацком и портняжных ремёслах, мы ученики ласточки в построении жилищ ...».

Конечно, не с подражания начал человек. Вероятнее всего, можно говорить об органически присущих ему формах трудовой строительной деятельности. Человек, как известно, постепенно развивался от древнейших приматов млекопитающих к состоянию «гомо сапиенс». Но, по-видимому, постепенное удаление человека во времени от своих животных предков, самостоятельное развитие человеческой ветви, формирование деятельности по принципу «я сам» сгладили органическую непосредственность животного происхождения и перевели её на уровень более или менее осмысленного подражания живой природе, строительной деятельности живых организмов.

Этот процесс использования законов формообразования живой природы, менял свой характер и границы в зависимости от объективных и субъективных факторов.

Можно выделить три хронологических этапа, предшествующих современному и соответствующих изменениям по существу этого процесса. Именно Грину ввёл и развил, согласно специфике архитектуры, принцип «форма следует функции». Если функция определяет форму в природе, то, как этот принцип может действовать в искусстве? Здание должно соответствовать своему назначению, своей функции. Банк должен иметь «физиономию» банка, магазин — «физиономию» магазина, т.е. внешнее выражение внутренних функций. Типологию зданий он считал одним из определяющих факторов совершенной формы. Биологические знания,

аналогии с природой помогли ему обосновать свои предложения в сфере решения проблем проектирования.

Фундаментальный закон адаптации организмов к среде, теория эволюции, взаимосвязь формы и функции легли в основу системы принципов Грино для создания теории органической формы в архитектуре. Вот каким образом он кратко резюмирует, какой быть архитектуре:

- «...точное расположение пространств и форм, приспособленных к функциям и окружению;
- акцентирование выразительности свойств пропорционально их степени важности в функции;
- цвет и орнамент нужно выбирать, располагать и варьировать согласно строгим органическим законам, имея определённые в каждом отдельном случае основания для каждого решения;
- полное и немедленное изгнание всякой фальши».

В созданном человеком предметном мире идеальным творением, в котором воплотились вышеизложенные принципы, Грино считал корабль: «Он обладает организацией, подобной только организации животного... Это инженерная академия создала это чудо конструкции... Если бы мы могли перенести в нашу гражданскую архитектуру ответственность, которая лежит на кораблестроителях, тогда у нас были бы здания такие же превосходные, как Парфенон».

Грино настаивал на заимствовании архитекторами достижений, полученных инженерами и строителями промышленных сооружений, в которых функция тесно связана с формой: «Если такая анатомическая связь и пропорция были достигнуты в кораблях, машинах и таких сооружениях, как мосты, то почему мы боимся их использовать непосредственно во всех конструкциях?». Широко анализируя аналогию природного мира, техники и архитектуры, Грино постоянно подчёркивал, что моделирование должно

происходить только на основании постигнутых принципов, а не заимствования форм.

Источниками теории органической формы Грино были биология, и некоторые эстетические теории его времени. Интересна не только теория Грино, почти на столетие опередившая своё время, поражает удивительное сходство его мышления и формулировок с высказываниями великих архитекторов «современного движения». Есть ли какая-то непосредственная связь между ними? Источники умалчивают об этом. Казалось, что между ним и Салливенем лежит временная пропасть, и все же яркое развитие его идей Салливенем и внедрение их в архитектурную практику говорит о преемственности. Предполагают, что Франк Фарнисс, в фирме которого начал свою проектную деятельность Салливен, мог знать об идеях Грино от своего отца, дружившего с Эмерсоном — другом Грино.

Салливен фактически создаёт концепцию органической архитектуры. Он разъясняет понятие «органичность» архитектурных объектов, разницу между «органическим» мышлением и логическим, говорит о факторах, способных создать «органическую архитектуру». Его концепция закономерно складывалась в борьбе против эклектики, и образ «органической архитектуры» вырос на основе наблюдений над природой и изучения биологических исследований, среди которых были «Контроль наследственности» Рефильда, «Аспекты Земли» Шалера, «Природа» и «Метаморфоз растений» Гёте, «Происхождение видов» Дарвина и др.

Особый смысл для Салливена имела дарвиновская теория эволюции: «... у Дарвина я нашёл много пищи, теория эволюции кажется потрясающей». Видя абсурдность соединения в небоскрёбах новой структуры и современных материалов со средневековыми шпицами и классическими колоннами, карнизами, он создаёт новые стандарты архитектурных форм, выражающие цель, структуру, материал, время и место сооружений. Теория эволюции как бы подтверждала отказ от отживших форм, принадлежавших

ранним культурам, и отбор среди предлагаемых форм самых обоснованных, свойственных условиям нового времени. Она давала Саллиvenu основание говорить о непригодности эклектики, этого косного мышления, остановившегося в своём развитии на тысячелетие.

Он считал, что архитектура ещё может стать живым искусством, если она будет следовать объективным законам, действующим в природе. «Конечной и всеобъемлющей формулой решения проблемы» является биологический закон — «форма следует функции. Принцип Салливена подразумевает:

Во-первых, то, что форма не является следствием субъективного своеволия художника. Пластическая выразительность, экспрессивность внешнего облика объекта — результат его назначения, его функции: «Все функции в природе являются основной движущей силой и свидетельством всемогущественной жизни. Применение этой идеи к архитектурному искусству заключается в том, что функция здания должна предопределять и организовывать свою форму».

Во-вторых, этот принцип означал, что форма должна выражать структурную природу здания: функция частей или элементов находит своё отражение во внешнем облике. В трёхчастном характере своих высотных зданий он проводит аналогию с сосной — её мощными корнями, прямым стройным стволом и зелёной кроной на вершине.

В-третьих, правдивость в использовании материала. Если здание имеет стальной каркас, это необходимо выразить, а не делать его похожим на массивное сооружение из камня и кирпича.

В-четвертых, архитектура должна развиваться изнутри и выражать окружение, из которого она произрастает.

В-пятых, архитектура должна соответствовать духу времени и интерпретировать национальные особенности: «...форма римской

архитектуры выражает ... функцию — жизнь Рима; форма американской архитектуры будет выражать ... американскую жизнь».

В апофеозном использовании органического орнамента Салливен следует тезису Рёскина об архитектуре, заменяющей в городе природу. Некоторые его здания покрыты орнаментом сверху донизу (илл.рис.1.1.). Орнамент он рассматривал как один из утончённых аспектов архитектурной экспрессии, как второй творческий импульс после самой формы здания. Органичность орнамента он видел не только в использовании цветов, листьев, плодов, но в единстве с телом здания, выражением материала и ритма: орнамент должен принадлежать структуре точно так же, как определённые листья могут соответствовать только определённому дереву.

Исторический подход к изучению живой природы с архитектурными целями изменялся в соответствии с потребностями и переменами в стилевых направлениях архитектуры. Как выглядит метод архитектурной бионики сегодня?

Метод архитектурной бионики — это своеобразный «механизм», который помогает, с одной стороны, сделать эффективными научные результаты архитектурно - бионических исследований, что способствует их быстрее реализации в архитектурной практике, с другой, формирует основу для преодоления встречающихся различных извращений, дискредитирующих архитектурно - бионические идеи.

Что же мы подразумеваем под методом? Об этом нужно заранее сказать в связи с наличием различных его трактовок.

Известно, что метод, взятый на вооружение для достижения той или иной поставленной цели, — это порядок действия, отражающий (но не копирующий) суть исследуемых процессов, их содержание. Содержание контролирует также границы метода.

Метод — это система с обратными связями: содержание явления механизм метода. Отсюда, чем глубже познаются явление, тем совершеннее становится метод: метод динамичен и не может быть догматизирован.

А вот что говорил по поводу взаимосвязи содержания и метода великий немецкий поэт, философ, натуралист Гёте: «Метод без содержания ведёт к пустому умничанию. Содержание без метода— мечтательство».

Метод в отличие от объективного явления, например, живой природы, — всегда абстракция. Следовательно, не научной была бы трактовка объективных законов развития живой природы, как «метода развития». Такое понимание возможно лишь в смысле абстрагированного человеческим мышлением действий законов развития живой природы.

Метод архитектурной бионики, как, впрочем, и сама бионика, историчен. Вначале люди познавали внешние (общие) признаки явления, отсюда на заре формирования человечества появляется в архитектуре, как уже говорилось, подражание формам живой природы и строительной деятельности животных.

В египетской архитектуре отмечалось активное применение законов образования форм живой природы (цветы и стебли растений папируса, лотоса в капителях и колоннах), например, с изобразительными целями. Позже зодчие Египта, а затем и античной, Древней Греции стали осваивать природные формы, имея ввиду не только изобразительные, но и конструктивные задачи. Иначе говоря, они стали глубже проникать в процессы живой природы.

Взять, например, историю изучения скорлупы куриного или вообще птичьего яйца. К ней обращались ещё в старине. Известный зодчий раннего Возрождения Брунеллески, создавая купол Флорентийского собора, освоил законы геометрии скорлупы яйца. Дно временно через геометрию он перебрал мостик к его конструкции, к тектонике, т. е. освоил красоту механической работы конструкции (илл.рис . 2.4.).

В настоящее время бионики, изучая форму птичьего яйца, переходят к более глубокому анализу. Они проникают в происхождение «технологии» производства и пытаются решить вопросы — откуда такая форма, с чем она связана? А производство яйца есть как бы миниатюрная фабрика, на конвейерной линии которой создаются в единстве форма, конструкция и функции живого организма. Принципы производства яйца пытаются изучить инженеры, чтобы затем внедрить их в технологию производства строительных конструкций.

Изучается структура скорлупы яйца. Оказывается, она состоит из семи слоёв. Каждый слой имеет своё функциональное назначение. В результате — скорлупа яйца предохраняет живой, развивающийся организм от различных неблагоприятных атмосферных воздействий. В то же время она позволяет зародышу потреблять необходимую норму влаги, ассоциированной из атмосферы, дышать, осуществлять обмен веществ и т. д. Скорлупа не пропускает снаружи воду, но в обратном направлении способна отдавать излишки влаги — она дышит. Здесь — полупроводниковый принцип. Вот так в комплексе изучается эта форма. Не только её геометрия, красота, но и технология, конструкция и другие принципы её формообразования. На базе этих знаний совершенствуется и метод исследования птичьего яйца и других природных структур.

В наше время есть тенденция привлечь в архитектуру для решения её творческих проблем методы точных наук, например математики и кибернетики. В принципе это не противопоказано, так как трудно резко отделить одно явление в мире от другого. Но здесь не может быть подмены этими методами собственно творческого метода в архитектуре, а отдельные попытки такого рода. Каждый сформировавшийся метод, касается ли это науки или художественного творчества, имеет тенденцию не к выходу в другие области знания и деятельности, а к «эгоцентризму», к совершенствованию самого себя.

Однако существуют методы, ближе или дальше отстоящие один от другого. В этом отношении метод архитектурной бионики весьма близок к методу архитектурного творчества, поскольку они связаны между собой весьма родственными процессами формообразования. Кроме того, здесь помогает и синтетичность архитектурной бионики, имеющей дело с комплексными, с гармонизированными системами живой природы, в которой неразрывно слились физические свойства структур с функцией жизнедеятельности и с красотой её форм. Оценка последней связана с исторически закономерным процессом эстетического освоения человеком форм живой природы и использование законов красоты живой природы в различных областях творческой деятельности человека.

ХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ:

Первый этап – древний. Стихийное использование конструктивных и функционально-пространственных средств живой природы и результатов «строительной» деятельности животных, птиц и насекомых в создании убежищ-гнезд, шалашей, дольменов или «общественных сооружений», каковыми могли быть менгиры, кромлехи и т.д.

Второй этап – от начала формирования архитектуры как искусства и примерно до середины XIX в. Несмотря на большую протяжённость этого периода по времени, все его возможные промежуточные ступени объединены одной основой – принципом подражания природе.

Третий этап – конец XIX в. – начало XX в., нашедшие своё выражение в архитектуре стиля «модерн». На этом этапе природные принципы одновременно, хотя и в разной степени, проявились в функционально-структурных, конструктивных и декоративных решениях.

ГЛАВА II. МЕТОД И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

(актуальность, цель и задачи)

Архитектурная бионика — новое явление в архитектурной науке и практике. Сейчас, может быть, рано говорить о всех её возможностях, однако имеющийся практический опыт в этом направлении у нас и за рубежом открывает широкие горизонты решения различных интересных архитектурных проблем с помощью патентов живой природы. Здесь:

- возможности поиска новых, функционально оправданных архитектурных форм, отличающихся красотой и гармонией;
- создание новых рациональных конструкций с одновременным использованием удивительных свойств строительного материала живой природы;
- открытие путей реализации единства конструирования и создания архитектурных средств с использованием энергии солнца, ветра, космических лучей;
- активное участие в создании условий сохранения живой природы и формировании гармоничного её единства с архитектурой.

2.1. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ МОДЕЛИ В АРХИТЕКТУРНОЙ БИОНИКЕ

(форма-функция)

Слово «модель» произошло от латинского слова «*modulus*», что означает: мера, образ, способ и т.п. (В. А. Штофф) Его первоначальное значение было связано со строительным искусством.

Обычно понятие модели употреблялось для обозначения образца, прообраза или вещи, сходной с другой вещью. Сейчас модель употребляется в качестве научного понятия в математических, технических, естественных и социальных науках, в искусстве, архитектуре, бионике, кибернетике и т.п. (рис. 2.3., схема 1).

1 — гипотетические модели: модели - аналоги (модели памяти), модели идеализации (общие представления), формально - структурные модели, рисунки .

2 — функциональные отношения: логико - математические структурные модели взаимосвязи функции, формы, экономики; технические и др.

3— схемы, графы, чертежи, графики.

4 — формально - геометрические подобные модели, аффинные преобразования, плотные упаковки, макеты, муляжи, слепки с форм природы;

5 — физически подобные (конструкция, материал, организация пространства), функционально - подобные (механические изменения пространства, обмен энергии — влаго - газообмен, авто- регуляция биохимического режима, инсоляции), живые модели, комплексные синтетические модели.

6 — исследование и изображение отдельных связей, геометрия и конструкции (закономерности тектоники), формы и размерности (пропорции), функция и формы (симметрия, асимметрия, ритмы) и др.

Процесс моделирования связан со спецификой научного мышления, не отрицающего объективных законов существования мира. В живой природе имеет место самомоделирование живых видов, являющееся в большей мере выражением законов живой природы, но оно не абсолютно, учитывая все прогрессирующее вмешательство человека в жизнь живой природы.

Объективно процесс моделирования возникает и используется в трёх направлениях мыслительной и практической деятельности человека.

Первое направление использования моделирования — выражение одной теории через другую, которая обладает структурным подобием (***изоморфностью***) по отношению к первой, что, например, характерно для абстрактно - математических методов моделирования.

Теория архитектурно-бионического моделирования также изоморфна по отношению к общей теории моделирования, поскольку она интерпретирует структурную схему общей теории моделирования и пользуется её основными понятиями.

Весь процесс архитектурно - биологического синтеза (гармоничного соединения законов формирования архитектуры и живой природы), осмысливаемой теоретически, также есть *процесс изоморфного моделирования — сопоставления и нахождения «точек соприкосновения» между биологической и архитектурно-бионической теориями, отражающими объективные процессы, происходящие в живой природе и в архитектуре.* Изоморфна теория архитектурной бионики и по отношению к общей теории бионики: первая моделирует общие законы второй.

Второе направление использования моделирования — отражение в мысленной или физической форме объективной реальности. В этом значении модели применяются в архитектурной бионике, например на стадии воспроизведения биологических объектов, что является лишь первым этапом архитектурно-бионического моделирования и называется **биологическим моделированием.**

Ещё в древности развитие науки и философии сопровождалось созданием наглядных картин, образов действительности, воспроизводящих явления в космосе или микромире (модель Птолемея, показывающая вращение «мира» вокруг неподвижной Земли; представления Демокрита, Эпикура об атомах, их круглой или крючкообразной форме и т. д.). Такие модели отличаются от математической формализации явлений тем, что они стремятся раскрыть действительность в её же готовых формах, хотя такие модели не лишены абстрактной формализации и не свободны от субъективности мышления.

Третье направление использования моделирования предполагает изображение одной области явления с помощью другой, более изученной, привычной, легче понимаемой. Например, физики XVIII в. пытались изобразить оптические и электрические явления посредством механических, или сравнивали электрический ток с течением жидкости по трубам, строение атома со строением солнечной системы и т. п. Такое направление моделирования сливается с понятием о физической аналогии. Поэтому подобные модели часто называют моделями - аналогами (или аналоговыми моделями), независимо от того, воображаемые они или реальные.

Указанные направления моделирования и их смысловые значения можно представить в виде двух групп моделей: моделей научного представления M1, обозначающих конкретный образ изучаемого объекта или объектов (атом, молекула, хромосома), в которых отображаются реальные или предполагаемые свойства, строение и другие их особенности, и аналоговых моделей M2.

Этих двух групп моделей для решения научных и практических задач бионики явно недостаточной. Задача бионики синтезировать два явления — живую природу и технику, а архитектурной бионики — живую природу и архитектуру. Поэтому появляется необходимость включения в обиход третьей группы — синтетических моделей (СМ).

Если рассматривать применение указанных трёх групп моделей (M1, M2 и СМ) в архитектурной бионике на фоне проводимых научных исследований (которые нельзя отождествлять с процессом моделирования), то получится следующая картина.

Обращение к живой природе происходит на основе знаний архитектурной проблематики и сводится к изучению общих закономерностей развития живой природы, её форм и технических средств с целью отбора полезных явлений для архитектуры. Сам процесс отбора неизбежно сопровождается умозрительными, а в необходимых случаях и другими

видами предварительного моделирования (математического и т. д.) — этап «бионического» моделирования.

Выявленные закономерности или отобранные средства и формы живой природы подвергаются дополнительному, более точному анализу и моделированию, например форм живой природы с целью проведения экспериментов. Здесь же могут быть использованы модели научного представления (M1), а также аналоговые модели в том смысле, как их понимают в общей теории моделирования (M2).

Переход к архитектурно-бионическому моделированию осуществляется на этапе решения собственно архитектурных задач — вначале в принципиальном виде (например, моделирование какого - либо типа форм, потенциально способных участвовать в решении архитектурных задач), а затем на предпроектной стадии, в типологической форме (например, покрытие для бассейна, высотное здание). Этот этап моделирования можно назвать **синтетическим** (СМ).

Итоговые, синтетические архитектурно-бионические модели должны учитывать все предъявляемые к архитектуре утилитарные и духовные требования, не исключая традиций и влияния многих внешних по отношению к архитектуре факторов (другие виды искусства, мода и т. д.).

Отсюда в бионике (в отличие, например, от кибернетики) возможно не только принципиальное, но и конкретное сходство архитектурно-бионических моделей с аналоговыми формами живой природы. Добавим, что синтетические модели не отрицают, а наоборот, подразумевают участие в архитектурно-бионическом процессе других видов моделей (например, математических). Материалы по архитектурно-бионическому моделированию служат основанием для составления рекомендаций по разным аспектам архитектурной бионики для дальнейшего их использования в проектной работе и создании натуральных объектов.

В науке справедливо вводится ограничение понятия модели, так как модель часто, по мнению учёных, незаконно отождествляется с гипотезой, абстракцией, формализованными системами, идеализацией, любым математическим описанием, теорией, особенно, когда последняя находится в первоначальном, гипотетическом состоянии. Простая замена одного термина другим, в данном случае указанных понятий термином «модель», не порождает новых гносеологических проблем и не превращается в более эффективное средство их исследования или решения.

В итоге под архитектурно-бионической моделью подразумевается такая мысленно представляемая или вещественно (материально) реализованная система, которая в конкретно-образной форме отражает и синтезирует законы и принципы формообразования живой природы и архитектуры с целью выполнения архитектурных задач, а также получения новой информации о законах и принципах формообразования в живой природе и в архитектуре.

2.2. ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ АРХИТЕКТУРНО-БИОНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

(характеристика типа объектов)

Модель должна включать, прежде всего, материалистический принцип отражения (отображения) и пониматься как средство отражения (отображения) или воспроизведения той или иной части действительности.

Следовательно, модели могут изменять свои свойства в зависимости, *во-первых*, от того, как происходит, каким способом ведётся процесс отражения действительности, какими средствами строятся модели (формальный аспект) и, *во-вторых*, от характера той действительности, тех объектов и областей объективного мира, которые воспроизводятся в моделях (содержательный аспект).

В зависимости от способа построения моделей, от средств, какими производится моделирование объектов, модели могут быть разделены на два вида:

- 1) вещественные — материальные;
- 2) идеальные — воображаемые, умоглядные.

К первому виду относятся модели, объективно существующие, воплощённые в металле, дереве, стекле, армоцементе, пластмассах и других материалах.

В науке в определённых случаях к ним относят также и живые модели, отобранные человеком и позволяющие в упрощённой форме имитировать изучаемые особенно сложные процессы. Живая модель может проходить испытания, например, на конструктивную прочность или на температурно-влажностные изменения и т. п. наименование второго вида модели говорит само за себя.

Среди вещественных моделей можно также выделить определённые разновидности. Примем в качестве основного (отправного) критерия этой классификации способность моделей к действию. Здесь можно зафиксировать три разновидности.

Первая разновидность - изобразительные модели — имеет способность отображать, создавать образ объекта, что характеризуется в итоге геометрическим подобием. Примером здесь могут служить хорошо известные архитекторам макеты домов, генеральных планов городов и т. д. Важное место в этой группе, как показал опыт, занимают слепки с форм живой природы, позволяющие изучать их геометрические и физические параметры в лабораторных условиях. Эти модели дают возможность осваивать эстетические свойства форм, абстрагированных от функций, — очертания, характер, строгость или мягкость линий и т. д. Изобразительные модели нужны и полезны, однако далеко недостаточны в архитектурно-бионическом моделировании, поскольку они весьма ограничивают

представление о существе происходящих процессов в моделируемых объектах. В современной архитектурной практике сама по себе ценная, но односторонняя изобразительная интерпретация форм живой природы нашла широкое отражение в таких направлениях, как "произвольная архитектура", «архитектура – скульптура».

Вторая разновидность — действующие (функционирующие) модели, предназначенные для проверки моделируемых параметров объектов, например, испытание конструкций на механические свойства, проверка организуемого пространства на теплотехнические свойства. Сюда же входят и комплексные синтетические модели. Это основная группа, последний этап перед внедрением результатов исследуемых явлений и моделей в архитектурную практику.

Основу моделирования в описываемой разновидности составляет физическое подобие модели и объекта, предполагающее одинаковость или сходство их физической природы и тождественность законов движения. Отношение таких материальных моделей к отображаемым объектам живой природы сопровождается обычно изменением пространственной или временной шкалы. Например, модели конструкции выполняются со значительным увеличением размеров (маленькое крыло жука и его метровая модель), не говоря уже о натуре — архитектурных объектах. Или изменение временной шкалы: трансформация конструкций может происходить в более ускоренном темпе, чем, например, в моделируемом процессе раскрытия бутона цветка флоксы.

Третья разновидность — смешанные модели. Они предназначены главным образом для моделирования связей, изучаемых в изобразительных и действующих моделях, — законов геометрии и принципов конструирования (объективные основы тектоники); формы и размерностей функционирующего - элемента (пропорции); функции и формы (симметрия — асимметрия, ритмы) и др.

Вещественные или материальные модели неразрывно связаны с идеальными или воображаемыми моделями, так как мысленное представление о моделях предшествует их овеществлению. Особенностью таких моделей является необязательная, а часто и невозможная реализация в вещественных.

Имеются также разновидности и идеальных (воображаемых) моделей. Например, рассматривая модели с точки зрения способа их построения — формы, их можно разделить на три подгруппы:

- первая — образные модели;
- вторая — знаковые;
- третья — смешанные, образно - знаковые модели (3).

Не останавливаясь подробно на рассмотрении известного в научном мире их содержания, обратим внимание лишь на преимущественное значение в архитектурной бионике образных моделей, что соответствует и преобладанию образного мышления в архитектурном творчестве.

Классификация архитектурно-бионических моделей	
1	2
Вещественная (материальная)	1. Изобразительные модели – имеет способности отображать, создавать образ объекта, что характеризуется в итоге геометрическими подобиями
	2. Действующие (функционирующие) модели – предназначенные для проверки моделируемых параметров объектов.
	3. Смешанные модели – моделирование связей, изучаемых в изобразительных и действующих моделях (функция-форма)
Идеальная (воображаемая, умозрительная)	1. Образная модель
	2. Знаковая модель
	3. Смешанная (образно-знаковая) модель

В архитектурной бионике, так же как и в других отраслях научных знаний, существует возможность значительно расширить число видов моделей за счёт учёта разнообразия объектов исследования (растительный

мир, животные организмы, конструкции и строительный материал живой природы), уровня их проработки (полные, частичные), динамики (изменяющиеся во времени) и статики и т. д.

2.3. МОДЕЛИ КАК СРЕДСТВО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнивая вещественные и идеальные модели, необходимо отметить их следующее важное гносеологическое различие. Несмотря на то что вещественные модели создаются для определённых целей человека, они существуют объективно по законам, относительно независимым от человека.

Идеальные модели, воспроизводя те же явления, что и вещественные, существуют лишь в сознании познающего субъекта и «функционируют» только благодаря его мысленным операциям. В этом смысле они весьма «гибкие» и поддаются быстрым трансформациям.

В то же время вещественные модели уже относятся к определённой среде практической деятельности и от них значительно ближе к реализации архитектурно-бионических идей в архитектурной практике. Оперирование же мысленными идеями — это область теоретической (умственной) деятельности, складывающейся как из логического мышления, так и из процессов творческого воображения. Однако такое разделение не означает наличия резких границ между вещественной и мысленной моделью, между практикой и теорией моделирования, тем более, когда дело касается научного экспериментально - вещественного моделирования (есть и другой род вещественных моделей — образцы, стандартные экземпляры, выпускаемые на практике, экспериментальное строительство, к которым мы обратимся ниже).

Эксперимент рассматривается наряду с производством и общественно-преобразующей деятельностью как одна из основных форм практики. Эксперимент выражает активное отношение человека к действительности.

Архитектурно-бионический эксперимент в виде вещественных моделей также представляет собой наиболее активную форму связи теории с практикой, архитектуры с живой природой. И здесь очень важно не превращать архитектурно-бионический эксперимент в наблюдение, в простую пробу и испытание. Такого рода "эксперименты" можно наблюдать у животных — лошади, нащупывающие ногами рискованный спуск, кошки, испытывающие лапой степень теплоты молока, и т. д.

Сущность эксперимента в архитектурной бионике включает не только активность, действенность познания, но и предметную деятельность. И если в естественных науках — это активное, предметное воздействие на природу, то в архитектурной бионике предметность заключается в созидании конкретных моделей, в которых заложена преобразующая идея архитектурной действительности, и в этом же заключено активное отношение экспериментатора к внешнему миру.

В науке установлены следующие **позиции, определяющие понятие эксперимента.**

1. Активное отношение человека к внешнему миру. Под этим нужно понимать, с нашей точки зрения, два момента.

Первый — выполнение в процессе эксперимента **общественной задачи**, а не слепое подчинение или подражание законам внешнего мира, при использовании в ней закономерностей формообразования живой природы.

Второй момент — **преобразование внешнего мира** (живой природы), присутствующее в архитектурной бионике **в случае организации архитектурно-природной среды**. Виды и средства воздействия архитектуры на окружающую её живую природу в комплексе с другими компонентами природной среды — самые различные, и о них будет идти речь в соответствующих разделах книги.

2. Практическое реальное выделение изучаемых связей и умение их очистить от других, случайных, ненужных связей, не

имеющих значения для архитектуры элементов, что также аналогично процессу абстрагирования в теоретическом мышлении.

Экспериментальными средствами исследования являются приборы, инструменты, аппараты, экспериментальные установки и другие орудия и вещества, при помощи которых экспериментатор воздействует на предмет исследования. Из всего разнообразия средств можно выделить следующие, в определённом смысле условные, основные виды:

а) приготовляющие устройства (источники света или электрического тока, генераторы элементарных частиц или волн и т. п.);

б) изолирующие устройства (вакуумные насосы и приборы, защитные экраны и т. п.);

в) устройства, непосредственно осуществляющие воздействие на объект (механические нагрузки, тепловые воздействия, преломляющие среды, призмы для света, дифракционные решётки, магнитные поля, аэродинамические трубы и т. д.);

г) средства усиления и преобразования (микроскопы, ускорители роста, красители и т.п.);

д) регистрирующие и измеряющие устройства (шкалы, гальванометры, счётчики, самозаписывающие устройства, тензодатчики, приборы, регистрирующие нагрузки и деформации и т. п.).

В процессе исследования очень важно не нарушить экспериментальными средствами «естественный» ход изучаемого явления. И не случайно, поэтому обращаются или к изучению реального носителя свойств, или к предварительным искусственным моделям. Например, для изучения мягких, быстро теряющих свою форму элементов растительного мира применяются снимаемые с них особым образом слепки (биологические модели). Таким образом, модели могут выступать и как объект, и как средство экспериментального исследования.

С одной стороны, средства труда дополняют биологическую ограниченность органов чувств человека, а с другой стороны, они являются проводником биологической моторности человека, влияющей определённым образом на результаты эксперимента.

Это одна из глубинных сторон действия законов архитектурной бионики на архитектурное творчество.

К числу средств, расширяющих сферу опытного исследования и опосредующих естественное познание, относятся вещественные модели, использование которых представляет собой особую форму эксперимент.

Не каждый эксперимент предполагает использование действующих моделей. Эксперимент нельзя также путать с моделированием в том смысле, как мы его понимаем (о чем говорилось выше). Моделирование — это отношение аналогий, тогда как эксперимент как отношение между явлениями, которые изучаются в данном единичном эксперименте и другими явлениями этой же области, есть отношение тождества, а не аналогий. Связано это с тем, что эксперимент проводится в самом явлении, а явление выступает как сама действительность. Эксперимент не может нарушать явление, более того, он должен вестись в рамках самого явления. Например, изучая механические принципы работы консоли — листа дерева, мы должны стремиться, не нарушать естественный ход действия природных сил. Поэтому эксперимент с помощью моделей — особая форма эксперимента.

Отличительной особенностью структуры модельного эксперимента является его объективная сторона, характер средств исследования и их отношение к объекту исследования. Если в обычном эксперименте средства экспериментального исследования, так или иначе, непосредственно взаимодействуют с объектом исследования, в модельном эксперименте взаимодействия нет, как эксперимент проводится не на самом объекте, а в его «образе». Эксперимент как бы вынесен за пределы исследуемого объекта.

Моделирование, — пишет академик Л. И. Седов, — «это есть изучения интересующего нас явления в натуре изучением личного явления на модели меньшего или большего масштаба...».

Рассмотрим в этой связи возможную структуру архитектурно - бионического моделирования на примере моделирования получивших достаточно широкое распространение конструктивных форм живой природы. Собственно моделированию предшествует использование аналитических и экспериментальных методов исследования природы: изучение структуры выбранного объекта его геометрических закономерностей, свойств материала, выделение по возможности конструктивной Формы из состава функций, не имеющих отношения к секции архитектуры, выявление связи конструктивной формы с системой пространственной организации формы. На этом этапе с целью исследования свойств конструктивной формы (например, геометрии) с мягко - быстро утрачивающих свои очертания природных делаются слепки. В зависимости от сложности оставленной задачи процесс аналитических и экспериментальных исследований, предшествующий моделированию, может быть длительным. В состав эксперимента в рассматриваемом примере входит проверка той или иной гипотезы по принципам работы конструкций или материала в живой природе непосредственно на биологических объектах. Это целая область экспериментов исследований в архитектурной бионике, требует - специальной методики и специального математико-технического обеспечения. Результатом эксперимента будет выход на теорию напряжённого состояния и методики расчёта конструкций. В зависимости, проводились ли предшествующие моделированию экспериментальные исследования (испытания) формы природы (биологического объекта) на конструктивные свойства или нет, строится процесс моделирования, предполагающий в итоге два возможных результата.

Первый результат — создание относительно крупно - масштабной гипотетической действующей конструкции модели (1-го рода) без предварительного эксперимента с испытанием биологического объекта на конструктивные свойства. В связи с трудностями натурального эксперимента именно этот путь получил в настоящее время наибольшее распространение в архитектуре. Подразумевается использование принципов построения конструктивной формы — идеи конструктивистской формы и возможной «игры» в конструкции. Фактически это путь открытия изобретательства новых конструкций форм и систем, её исключаящий и совершенствования отдельных их элементов.

О значении идеи конструктивной формы говорит эпизод, рассказанный писателем Смайлом. В его книге «Самостоятельность»: «Инженер-мостовик Броун корпел у себя на веранде над проектом моста через реку. Бумага перед ним была чиста, работа не клеилась, мост отлучался. Отчаявшись, Броун оставил чертёжную доску и пошёл освежиться в сад. Был конец лета. Цепкие, серебряные на солнце нити путались в кустах, плыли по ветру и Броун снимал их с губ и ресниц, бабье лето, и много паутины появилось в саду. Броун под кустом, но сейчас же вскочил, моргая глазами. Он увидел в небе подсказку. Он увидел в небе чертёж, ясно вычерченный серебряными нитями по голубому. Броун невольно прочёл его так, как читают чертежи: маленький мост сиял в ветвях, удивительно лёгкий, простой и смелый. То был мост, а не просто паутина в ветвях. Ветер раскачивал ветви, но паутина не рвалась. И чем пристальнее вглядывался Броун в эту паутину, тем все больше удлинялись и утолщались упругие нити, тяжелея у него на глазах. И уже не хрупкие ветви растягивали паутину, словно пряжу в распяленных руках, — серые скалы держали железный мост, ржавые цепи колыхались над ущельем.

Теперь Броун знал, с чего ему начинать, к чему стремиться. Он опять засел за чертежи и расчёты и вскоре сделал изобретение. Он стал строить висячие мосты, без дорогих и сложных устоев, подпирающих мост снизу.

Второй результат — получение единства конструктивной формы и конструктивных материалов, соответствующих исследуемому биологическому объекту, а также теоретических выводов о напряжённом состоянии и возможной системе расчёта конструкции. Этот результат приобретает вид относительно крупномасштабной действующей конструктивной модели города, в которой проводится при помощи соответствующих технических средств корректировка механической работы и её тектонических свойств. В архитектурно-конструктивном моделировании неизбежно возникает необходимость изучения и эстетических свойств конструктивной формы (ритмика, пропорции, симметрия и т. д.). Таким образом, в процессе моделирования продолжается субъективная деятельность экспериментатора. Вместе с тем к ней присоединяются объективные моменты — сама модель (фактически, экспериментальная установка) и технические средства её испытания и анализа.

С одной стороны, модель — не самоцель, а средство изучения объекта, который она представляет (в нашем случае конструктивная форма природы представляет конструктивную форму архитектурного сооружения, сама же она сооружением служить не может). По отношению к этому целевому объекту модель — лишь средство экспериментального исследования.

С другой стороны, модель в данном эксперименте является предметом изучения в соответствии с поставленными задачами.

Таким образом, необходимо отметить двоякую роль модели и как объекта изучения, и как средства экспериментирования и познания действительности. Отсюда: использование модели изменяет структуру натурального эксперимента. Модель непосредственно в самом эксперименте не участвует. Поэтому эксперимент стоит как бы в стороне от моделирования. Но и натуральный эксперимент, и научный анализ участвуют в подготовке к моделированию.

Модель в архитектурно-бионическом эксперименте служит средством не только решения поставленной цели, но и изучения (исследования) натурального объекта, а также замещения этого объекта в том случае, когда натуральный по каким-либо причинам трудно исследовать.

Расширяя структуру архитектурно-конструктивного моделирования, можно указать на возможность моделирования условий, в которых натуральный объект изучается, что даёт более полную картину «поведения» биологического объекта и лучше раскрывает картину его конструктивной работы. В таких случаях может возникнуть комбинированный модельно-натурный эксперимент.

В архитектурно-бионическом моделировании очень важно, чтобы бионическая и архитектурно-бионическая модели стали максимальным источником информации о действительном, натурном объекте (естественно, в рамках поставленной задачи), отвечали бы максимальной объективности (в отличие от эксперимента, где больше теоретичности), иначе модели теряют своё познавательное практическое значение. В архитектурной же бионической практике имеются тенденции что-то «зацепить» в живой природе и затем на этом строить дальнейшие, часто широкие выводы, выдавая за источник их формирования живую природу. В этом случае субъективность подавляет ход истинного процесса, а результаты сводятся или к поверхностному заимствованию биологических процессов, или просто к стилизации (в плохом смысле) этих процессов.

Хотя идеальный эксперимент расширяет возможности экспериментального исследования объектов, в нём одновременно таится слабость по сравнению с натурным экспериментом. Включение теории в качестве звена, связывающего модель и объект, может стать источником ошибок, что снижает доказательную силу модельного эксперимента (но ни в коем случае не подрывает его значения).

Несомненно, параллельное ведение натурального эксперимента и моделирования даёт более полноценный результат в архитектурно-бионической, интегрированной модели.

Поскольку предмет архитектурной бионики двойствен (природа + архитектура), то и моделируются фактически два объекта — природы и архитектуры. Поэтому результаты модельного эксперимента экстраполируются и на природной, и на архитектурной объектах. Экстраполяция на природу даёт, с одной стороны, развитие познания живой природы в архитектурно-бионическом аспекте, с другой стороны, данные для биологов, служащие основой для контактов с ними архитекторов. Теоретические обоснования экстраполяции — необходимая составная часть описания сущности всякого модельного эксперимента.

В связи с поставленной в исследовании проблемой моделирования возникает целый ряд и других вопросов, которые мы лишь вкратце осветим.

Прежде всего, вопрос об отношении, с одной стороны, физической модели к биологическому объекту моделирования, с другой стороны, физической модели к объекту назначения — архитектуре.

Теоретической основой физического моделирования должна быть **теория подобия**. В данном случае, который связан с конструированием архитектурных форм, подразумевается теория подобия, относящаяся к механическому движению. В формулировку теоремы подобия включаются ограничительные условия о качественной однородности подобных систем: «Чтобы физические процессы были подобны друг другу, необходимо и достаточно, чтобы они были качественно одинаковыми, а их одноименные определяющие критерии подобия имели одинаковую величину».

Фактическим основоположником такой теории подобия считают Галилея. Его основная идея заключается в утверждении единства геометрических отношений и физических свойств механических систем, что очень ценно для архитектурно - конструктивного моделирования и

проведения в жизнь принципа «сопротивляемости по форме», установленного итальянским инженером П. Л. Нерви.

Однако теория подобия, ограничивающая сходство моделей с натурой лишь их физическими свойствами, в частности механическим движением, не даёт полной картины отражения действительности и часто приводит к грубым ошибкам. В архитектурно-бионическом моделировании большое значение имеют не только физические свойства, но и единство физических и пространственно-геометрических свойств, обусловленных как механическим движением, так и более сложными, биологическими процессами, не говоря уже о психологических моментах восприятия формы и её эстетических свойств. Например, мы привыкли к небольшим размерам листа дерева или лепестка цветка, и вдруг в архитектуре они принимают грандиозные размеры покрытий пролётами сотни. Совершенно очевидно, что нельзя строить на основании простого копирования форм и структуры древесного листа. То же относится и к моделям, которые также значительно отличаются своими размерами от природных форм. Поэтому практика моделирования природных объектов во всех случаях выходит за пределы сравнительно ограниченного круга механических явлений и принимает форму более абстрактной теории подобия — изоморфизма, основанной на применении математических способов моделирования.

Понятие изоморфизма и более общее понятие гомоморфизма можно рассматривать как уточнённые, формализованные виды аналогий, предполагающие отношение сходства, но не тождества. Как уже говорилось, для аналогий как отношений сходства характерны различие сопоставляемых элементов и одинаковость (тождество) отношений, т. е. законов связи между элементами двух систем. Изоморфизм и представляет собой взаимно однозначное (двухстороннее) соответствие таких систем, хотя понятие изоморфизма относительно и является строгим только для выделенных анализом элементов и связей.

Гомоморфизм же обозначает случаи меньшего сходства по сравнению с изоморфизмом. Если отношение фотографического отпечатка и негатива — это хорошая иллюстрация изоморфизма, то отношения между географической картой и местностью являют собой пример гомоморфизма. Однако и изоморфизм, и гомоморфизм основываются на родственных связях вещей. Основой изоморфизма является тождество математической формы законов разных областей природы — механических, электрических, термодинамических, тепловых и т. д., т. е. источником аналогий являются основные принципы существования материи, наличие в природе и в обществе закономерностей, отражающих общий характер некоторых форм движения (в широком смысле этого слова). Однако использование математических выражений, касающихся формализации моделей живого в архитектуре, ограничивается сферой объективных закономерностей самой архитектуры.

Вместе с тем нельзя забывать, что в основе эстетических отношений лежат объективные законы жизни, и поэтому использование математических методов в переходе от масштаба натуральных объектов к масштабу физических моделей, а затем архитектурных объектов; весьма эффективно во всех отношениях и в архитектурной бионике.

С использованием математических методов возможно моделирование существенных, функциональных процессов живой природы и архитектуры. Общей основой здесь могут быть энергетические процессы. Например, решение проблемы наикратчайших связей между отдельными элементами функционирующей системы архитектуры, а отсюда и экономия человеческой энергии (принцип наименьшего действия), коммуникаций; экономия теплотеря, а отсюда решение вопроса компактности формы и её соотношения с дифференциацией; вопросы затрат энергии общества на строительство зданий; экономия территории застройки и высотность зданий и т. д.

Принцип аналогий (изоморфизма) позволяет использовать разные виды моделей, в которых моделируемое явление может воспроизводиться различными материальными средствами, не подобными друг другу. Так, механическую систему можно моделировать через электрическую, если за основу брать упругость, накопление энергии (массу), рассеивание энергии (демпирование), что даёт возможность при их взаимодействии получать тождественные показатели на измерительных приборах. В архитектурно - бионическом моделировании, например, природную конструкцию можно моделировать из привычных нам материалов, абстрагируясь от природных, или всю систему архитектуры на большом отрезке истории представить в виде термодинамической системы.

Ещё более общим, чем математический, является метод моделирования, применяемый в кибернетике. Рамки его применения значительно расширяются. Он проникает в области, которые до этого многие философы и естествоиспытатели, опасавшиеся возрождения механицизма, считали запретными для моделирования, т.е. в области биологических и социологических систем и процессов. Кибернетический метод моделирования проявляется и в том, что он даёт возможность абстрагироваться не только от конкретных форм вещей и явлений, но и от ряда конкретных и специфических отношений между элементами, т. е. от частных закономерностей. Кибернетика фиксирует своё внимание на общих законах функционирования управляющих и самоорганизующихся систем независимо от того, являются ли они социальными процессами, техническими устройствами (машинами), созданными человеком, или живыми организмами.

Использование кибернетических способов моделирования очень полезно для архитектурной бионики по двум причинам. Во - первых, этот способ даёт возможность абстрагироваться от структур и вести моделирование только лишь на уровне функционирования.

Вместе с тем он позволяет глубже познать взаимодействие функции и структуры. Во - вторых, кибернетический метод моделирования универсален и потому применим в различных отраслях архитектурной бионики. Однако в универсальности таится и опасность ухода от специфики моделируемого объекта, что, как известно из предыдущего материала, восполняется методами моделирования, основанными на принципах аналогий и гомологии, проводимых в моделировании не только на уровне результатов «на выходе» сравниваемых функционирующих систем и их функций или в поведенческом срезе, но и на уровне структур, материалов или элементов, из которых состоят структуры 1. Надо сказать, что последние уровни именно и характерны для вещественных (физических) моделей в архитектурной бионике.

Несмотря на отсутствие однозначной зависимости функции от структур и жёсткой связи между ними, все же известная взаимосвязь между ними имеется. Диалектическая точка зрения на взаимосвязь функции и структуры в архитектурно - бионическом моделировании может способствовать его результативности. По мнению учёных, модель можно считать удачной, по крайней мере, при двух условиях. Во - первых, когда она демонстрирует поведение, подобное поведению моделируемого объекта. Во - вторых, когда на основе изучения поведения (функции) и структуры этой модели можно обнаружить новые, не известные до сих пор особенности или свойства оригинала, не содержащиеся в нём в явном виде. В архитектурной бионике на этапе бионического экспериментального моделирования возможно также воспроизведение функционального, поведенческой процесса живой природы (технология производств; материалов, моделирование роста и развития природных структур — алгоритма взаимодействия этапов роста и др.). В этом случае используются технические средства, а задачу, которых не входит воспроизведение в модели всех конструктивных деталей оригинала.

Причём, имеется стремление к совершенствованию структуры (на пример, конструкции), к приданию ей гибкости, надёжности, экономичности и т. д. на основе изучения оригинала.

Возможна и другая линия — моделирование структуры (конструкции) оригинала, выполняющей те или иные функции, например трансформации. В этом случае система движения элементов в пространстве, удовлетворяющая определённым функциям организма, тесно связана с его структурой и формой отдельных его элементов (спиралевидное раскрытие элементов цветка флоксы, радиальное — лепестков календулы и пр.). Сюда же входит наличие каналов обратной связи, по которым циркулируют вода или газы, регулирующие давление в узлах, а, следовательно, и движение элементов формы организма. Поэтому изучение структуры может стать основанием для расширения функциональных возможностей моделируемого объекта (трансформируемая кровля, координация движения элементов конструкции зданий в сейсмических условиях, амортизация вибрации звуковых стрессов и т. п.).

Обе линии моделирования основываются на имеющей место, хотя и диалектически противоречивой, взаимосвязи функций и структуры. В итоге такое взаимодействие даёт возможность экстраполировать и формообразование живого оригинала, т. е. выявить на модели с различной степенью достоверности возможные варианты поведения живого организма. Естественно, при этом необходимо стремиться к максимальной достоверности, иначе теряется смысл всего архитектурно - бионического моделирования и приобретает приоритет субъективный фактор, остро ставящий вопрос о целесообразности архитектурно - бионических исследований. Все это не исключает вероятности и пользы получения отрицательных выводов.

Диалектическая точка зрения на взаимосвязь функций и структуры открывает как в экспериментальном, так и в результативном моделировании возможность прогнозирования моделируемых процессов.

ПОЗИЦИИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПОНЯТИЕ ЭКСПЕРИМЕНТ

1. *Активное отношение человека к внешнему миру:*

- общественные задачи;
- преобразование внешнего мира в случае организации архитектурно-природной среды.

2. *Практическое реальное выделение изучаемых связей и умение их очистить от других, случайных, ненужных связей, не имеющих значение для архитектуры элементов, что тж. аналогично процессу абстрагирования в теоретическом мышлении.*

3. *Возможность неограниченного воздействия изучаемого процесса в определённых условиях.*

4. *Планомерное изменение, варьирование и комбинация условий вплоть до создания таких процессов их воплощения, которые в тождественном виде не существуют в природе.*

5. *Организованность эксперимента и сведение к минимуму элементов случайностей.*

Архитектурно-бионический эксперимент есть особый вид научного познания, заключающийся в синтезировании посредством специальных материалов, инструментов и приборов объективных закономерностей живой природы и архитектуры с учётом субъективного фактора и имеющий своей целью решение ряда проблем архитектуры.

Экспериментальные средства исследования: приборы, инструменты, аппараты, экспериментальные установки и др. орудия и вещества.

Основные виды:

- а) приготовляющие устройства (источники света, электрического тока, частиц, волн...);
- б) изолирующие устройства;
- в) устройства, непосредственно осуществляющие воздействие на объект (нагрузки, воздействия..);
- г) средства усиления и преобразования;
- д) регистрирующие, измеряющие устройства.

Естественные явления: ветер, дождь, снег, гравитация, магнетизм, солнечная энергия.

Объект экспериментирования может выступить в различных видах и состояниях:

- а) как явление живой природы, в котором ожидается проявление того или иного эффекта, согласно какой либо гипотезы;
- б) как объект живой природы, подвергаемый анализу, измерению, или носитель его свойств заменитель;
- в) как модель-слепок с формой живой природы является искусственным носителем свойств живой природы;
- г) как созданная на основе изучения природы модель в любом его виде;
- д) как архитектурный объект для выявления проблемы, которая может быть решена с помощью методов архитектурной бионики.

Возможные результаты экспериментальных исследований:

1 результат – создание относительно крупномасштабной гипотетической действующей конструкции модели без предварительного эксперимента с использованием биообъекта на конструктивные свойства.

2 результат – получение единства конструктивной формы и конструктивных материалов, соответствующий исследуемому биообъекту, а также теоретических выводов о напряжённом состоянии и возможной системы расчёта конструкций.

В архитектурно-конструктивном моделировании неизбежно возникает необходимость изучения и **эстетических свойств конструктивной формы** (ритм, пропорции, симметрии.).

2.4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Архитектурные оболочки имеют критерии, являющиеся определяющими, например, прочность по форме, сопротивляемость аэродинамическим, снеговым на грузкам, минимум строительного материала и максимум использования объёма.

Принципы формообразования биоконструкций особенно целесообразно использовать в задачах оптимального проектирования. При выборе биомодели необходимо учесть её соответствие перечисленным критериям, а также влияние на оптимальный проект вариации параметров.

Одна из совершенных природных форм — скорлупа птичьего яйца. Она относится к оптимальным структурам: её основное преимущество — минимальный расход материала, обеспечивающий требуемую прочность. Структуры, подчиняющиеся закону минимума, имеют аналогии в живой природе. Благодаря современным методам конструктивного и математического расчёта можно совершенствовать структуры с помощью постоянных испытаний моделей.

Математической моделью некоторых оболочек - скорлуп являются многофокусные поверхности, отличающиеся широким диапазоном изменения кривизны и асимметричностью формы, что соответствует бионическим моделям, с одной стороны, и функциональным требованиям к архитектурным оболочкам — с другой. Образующими этих поверхностей являются многофокусные кривые (илл.рис. 2.6., 3.8., 3.9.).

В зарубежной литературе даётся описание использования многофокусных кривых для решения задач оптимизации.

В исследованиях аналитическое выражение кривых и поверхностей позволило определить основные параметры и геометрические характеристики с использованием ЭВМ, что открыло перспективы для отбора оптимальных форм. Математическая модель даёт возможность применять ЭВМ в ряде аналитических исследований бионических моделей и создавать их чертежи в соответствии с поставленной задачей.

Для более эффективного исследования биоформ, выявления основных критериев, определяющих их пригодность для строительной практики, и составления рекомендаций по проектированию целесообразно проведение испытания физических моделей на разные нагрузки.

Изготовление физических моделей — самостоятельная и довольно сложная задача: от точности их изготовления зависит и точность результатов испытания. При дальнейшем увеличении формы необходимо определение коэффициента подобия, так как криволинейные бионические формы увеличиваются не по линейным законам.

Возможность использования ЭВМ для расчёта геометрических параметров позволила создать программы для станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и изготовить физические модели биоформ. Изготовление физических моделей для нужд архитектурной практики впервые было осуществлено в 1972 г.

Использование ЧПУ открывает широкие перспективы для получения большого количества различных вариантов моделей сложной кривизны, значительно сокращает время изготовления и повышает точность соответствия заданному образцу.

Проектирование архитектурных оболочек связано с изготовлением множества чертежей и проведением расчётов. С целью ускорения процесса проектирования целесообразно применение ЭВМ для расчёта параметров и изготовления чертежей на графопостроителе.

В этой связи осуществлена подготовка задачи и проведена определённая работа по созданию пакета и прикладных программ (ППП) комплексной автоматизации расчёта основных геометрических параметров, изготовления чертежей и физических моделей оболочек-скорлуп.

При использовании биоформ в архитектурном проектировании довольно часто берётся не вся оболочка, а её часть, поэтому очень важно знать параметры сечений и иметь их чертежи.

Уравнение математической модели меридионального сечения птичьего яйца $y^2 = 3/4x(2-x)[1-\beta^2/(x+1)^2]$ дало на графопостроителе семейство кривых с диапазоном изменения коэффициента кривизны $\{0 \leq \beta \leq 1\}$, где β — коэффициент кривизны; x, y — текущие координаты; x — изменяется в пределах $0 \leq x \leq 2$.

С помощью сечения оболочки яйца плоскостями, параллельным и оси x : $y = \sqrt{3/4x(2-x)[1-\beta^2/(x+1)^2-h^2]}$, получен ряд кривых сечений, изменяющих параметры и кривизну с изменением величины h , где h — высота сечения над осью x .

Параметры этих сечений необходимы для определения опорного контура оболочки и изготовления его чертежей. В дальнейшем при расчёте статики сооружения они позволяют рассчитать усилия.

Аэродинамические испытания оболочек - скорлуп проведены в Киевском институте инженеров гражданской авиации на физических моделях, изготовленных из оргстекла на станках с ЧПУ. Продувка моделей проводилась в аэродинамической трубе. При испытании ставилась задача нахождения особенностей обтекания подобных тел при различных углах обтекания и наличия влияния экрана (земли). Испытывались яйцевидные и эллиптические модели.

Основой эксперимента было нахождение коэффициента сопротивления по формуле $C_x = 2F/\rho V_0^2 S_x$, где F — сила; V_0 — скорость набегающего потока; ρ — плотность воздуха (у земли); S_x — площадь Миделя.

Продувка делалась без экрана и при наличии экрана, учитывающего влияние земли. Диапазон чисел Рейнольдса при проведении испытаний находился в пределах $(2,01 — 2,6) \times 10^5$.

В результате испытания установлено, что модель яйцевидной, асимметричной формы имеет меньшее лобовое сопротивление, чем симметричная, эллиптическая. При сравнении результатов продувки с данными СНиП для сферической оболочки зданий и сооружений получено значительное улучшение аэродинамических характеристик бионических моделей. Аэродинамические исследования моделей оболочек стали к настоящему времени необходимой составной частью комплекса экспериментальных работ, выполняемых при проектировании с целью обеспечения надёжного прогнозирования их качеств.

Натурные испытания оболочек бионических форм проводились лабораторией пневмоконструкций.

Результаты натурных испытаний имеют хорошую корреляцию с макетными испытаниями, что ещё раз подтверждает возможность использования физических моделей для определения аэродинамических коэффициентов. Математическая модель оболочек-скорлуп позволяет решать вопросы оптимизации и сокращает сроки проектирования.

Проведённые исследования бионических форм дали возможность использовать их в ряде проектных решений оболочек общественных зданий и сооружений.

ГЛАВА III. ГАРМОНИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ И В ПРИРОДЕ

3.1. ЕДИНСТВО ФУНКЦИИ И ФОРМЫ - ОБЪЕКТИВНАЯ ОСНОВА ГАРМОНИИ

Понятие гармонии сложилось в античное время как характеристика определённого, упорядоченного состояния мироздания, окружающей человека живой природы.

Гармонизация и средства гармонизации считается:

1. *Развитие функционирования.*
2. *Основа формирования – взаимопроникновение средств гармонии = ритм, пропорция, тектоника.*

Смена времён года, дня и ночи, определённые периоды цветения растений, цикличность роста и развития живых организмов, их умирание и возрождение привели к таким понятиям, как ритмы, симметрия — асимметрия, пропорции, тектоника и др., ставшие в процессе развития искусств, архитектуры основными средствами гармонизации форм как выражения единства объективно-субъективных законов художественного творчества. В сфере интересов архитектурной бионики находится и этот аспект изучения живой природы с архитектурными целями.

Объективной основой гармонии в живой природе и архитектуре является **взаимодействие функции и формы**. Проблема функции и формы в утилитарном плане в архитектуре заключается в том, чтобы найти такое соответствие формы (технических средств формообразования), которое бы наиболее полно обеспечивало функционирование архитектурного объекта, т.е. удовлетворение определённых социальных потребностей человека.

Здесь могут быть различные качественные уровни обеспечения функционирования.

В диапазоне качества функционирования архитектурного объекта возможны различные варианты взаимодействия функции и формы, возникающие в связи с адаптацией архитектуры к разнообразным условиям формирования её объектов.

В известные архитектурно-исторические эпохи на проблему соотношения функции и формы складывались свои взгляды, выразившиеся в концепциях "функционализма" и "формализма".

Мы не задаёмся целью решить все научные вопросы, касающиеся взаимосвязи функции и формы в архитектуре, однако изучение аналогичных отношений в живой природе, думается, поможет пополнить наши познания об этой сложной системе.

Живая природа открывает нам законы гармонии взаимосвязи функции и формы. Их конкретные образы могут и не совпадать с архитектурными, хотя есть прецеденты и обратного (например, постройки человека и животных). Вместе с тем известно, что любой принцип или закон может - проявляться в разнообразных конкретных видах, что даёт основание пользоваться законами, общими для архитектуры и живой природы.

Проблема гармоничного взаимодействия функции и формы приводит нас к широко сейчас изучаемому понятию системности и целостности [1, 2].

Обратимся к существу понятия функции и формы и к их трактованию в архитектуре и живой природе.

Как известно, в жизни не может быть функции без формы, а формы без функции. Однако существуют и относительно самостоятельные закономерности развития и функции, и формы, на стыке которых возникают противоречия, заставляющие искать пути их разрешения и на уровне творческого процесса архитектора, и на уровне строительной технологии.

В философии и архитектуре рассматривается взаимосвязь "содержания" и "формы". Мы затронем этот вопрос лишь в той мере, в какой это необходимо, чтобы перейти к понятию функции, родственной, но не тождественной содержанию.

Так, понятие функции приближает нас к пониманию объективных законов движения, развития, функционирования, без чего невозможно говорить о целостности и гармонии, в то время как понятие содержания более

статично и необязательно включает в себя формулировку развития, движения и цели. Функция же подразумевает также и цель — целесообразность действия.

Исследование взаимосвязи функции и формы — это в итоге рассмотрение деятельности и физического результата. Однако в этой связи понятие формы может быть представлено в трёх видах: собственно форма, структура и пространство. Такое подразделение понятия формы важно и с точки зрения строительной технологии, поскольку характеризует различные уровни использования её средств.

Форма, структура, пространство являются однопорядковыми категориями, выражающими (в совокупности со временем) способ существования материи, включающей также зависимость геометрических характеристик материальной формы, структуры и пространства от физических свойств материи. Однако между ними есть и различия. Если понятие пространства как бы поглощает понятие формы и структуры в отношении придания ему смысла — способа существования материи, то форма, индивидуализируя понятие пространства, трактуется как внешний вид содержания, очертание предмета, а структура — как внутренняя форма. В архитектуре (как в живой природе) эти понятия конкретизируются и связываются с материальным воплощением их в жизнь. И здесь разделение понятия формы, структуры, пространства начинает приобретать не только понятийный, но и реальный смысл, который даёт возможность применить в определённых пределах различные трактовки формы, структуры, пространства. Вместе с тем в жизни все это сливается в одно нераздельное целое. Рассматривая материальные выражения функционирования, мы оперируем взаимосвязью функции с формой, которая представляет здесь и структуру, и пространство. Вместе с тем, по мере надобности, осуществляется переход от функции непосредственно к структуре и пространству. Понятие формы в архитектуре остаётся все же обобщающим символом выражения

законченности того или иного процесса, или его этапа, средством приведения множества (элементов архитектуры) к целому. В этом контексте структура выступает как процесс на пути становления формы, а пространство — как множество связанных между собой форм. Форма оказывается как бы средним звеном между структурой и пространством. Однако весь процесс синтеза отдельных элементов архитектуры принято называть в теории архитектуры **формообразованием** (материальная форма — структура — пространство).

Чтобы прийти к реальному процессу гармонизации, интересно проследить различие в эффекте результативности функции и формы.

Функция изменяется по иерархическому закону, от части к целому, к постепенному формированию присущего им (архитектуре, живой природе и т.д.) основного назначения, поведения и т.д.

Поэтому функция, по словам философа и биолога М.И. Сетрова, может быть охарактеризована как "отношение части к целому, при котором само существование или какой-либо вид проявления части обеспечивает существование или какую-либо определённую форму проявления целого" [1], и, добавим, без целого элементарные функции не могут проявляться как функции объёма. Если говорится о функции жилой комнаты, то имеется в виду и функция квартиры. Функция последней понимается лишь в связи с жилым домом, дом — с микрорайоном, последний - с жилым районом, а жилой район — с городом. Без функции жилой ячейки не может существовать никакой другой выше её стоящей по иерархической лестнице функционирующей системы (так же, как без функции живой клетки теперь уж, на современном уровне эволюции, нельзя говорить о функции организма. Одноклеточные же организмы тоже не существуют самостоятельно, а входят в популяции и т.д.). Функция архитектуры как общественного явления наиболее ярко проявляется на уровне жилого района, города, расселения.

Форма (**формообразование**) же, наоборот, если её абстрагировать от функции, в своём развитии подчиняется закону сложения (вычитания), поскольку формообразование может существовать по частям, может делиться, дробиться и каждая часть осуществлять свою функцию независимо от другой: рост здания в процессе строительства, рост организма, образование пород земли.

Закономерности образования формообразование и функции необходимо также рассматривать и в динамике их исторического развития.

Так, для формообразования в этом аспекте, характерно включение в себя предыдущих достижений — здесь происходит сложение и накопление опыта, часто, но не обязательно приводящее к усложнению форм. Это отчётливо проявляется сейчас во все усложняющейся системе градостроительного пространства, хотя отдельные составляющие их элементы — здания, сооружения — могут быть и простыми, несмотря на усложнённость их конструктивной структуры.

Развитие функции, наоборот, основывается на принципе исключения: новое (если это действительно новое) не может в итоге сожительствовать со старым, т.е. происходит замена старого новым. Например, полностью отжила функция царских дворцов, старых дворянских усадеб, доходных домов, дворянских и купеческих собраний и т.д. Однако многие функции продолжают развиваться и совершенствоваться: функции старого жилого дома и функция современного многосекционного жилого дома, функция вокзала и др. Появились архитектурные объекты, функция которых порождена прогрессивными социальными процессами в мире и научно-технической революцией: аэровокзалы, метрополитен, спорткомплексы и др.

Рождение новых и отмирание старых функций в архитектуре — сложный многоплановый процесс. Новая функция формируется первоначально в виде свойства, которое может превратиться в новую функцию, а может и не получить дальнейшего развития и остаться на уровне свойства, служащего функции (главного свойства) здания или другого объекта.

Этот момент имеет практическое значение в архитектуре. Часто какое-либо возникшее свойство начинает относиться к глубинным явлениям в архитектуре, и архитекторы стремятся выделить их в своих проектах, придать им в планировке и внешнем облике зданий и комплексов ведущее значение, тем самым замораживая развитие свойств, потенциально готовых превратиться в функцию зданий.

Сейчас трудно говорить о том, что в современной нам архитектуре (какое свойство) ошибочно принимается за главную функцию и преувеличенно акцентируется в композиции здания. Для этого необходимы специальные социологические исследования в архитектуре. Кстати говоря, сейчас не занимаются серьёзно проблемой функциональной динамики в развитии архитектуры, её социологическим программированием. Поэтому трудно ожидать, например, от технологической базы, что она может эту динамику обеспечивать.

В итоге архитекторам, если бы они захотели, пришлось бы создавать социально-функциональную динамику из того, что имеется в их распоряжении (в смысле материала и конструктивных элементов). А в этом случае трудно ожидать благоприятных результатов. В основном сейчас пытаются строить формальную динамику, в результате чего возникает нагромождение форм, среди которых трудно разобраться, где главная функция, где второстепенная, а где лишь зарождающееся новое функциональное свойство.

Другая крайность — вообще "бессловесность" зданий, когда за их упрощённой геометрической формой нельзя распознать их функциональную структуру. Почему-то это очень характерно для современных административных зданий, к тому же заполняющих центры больших городов и особенно значительно влияющих на силуэт и композицию города.

Близкое по своей инертности к этому положению, прочно зафиксированному технологией индустриального производства, занимают здания массового назначения — школы, детские сады, ясли. Их невыразительность, заложенная в их функциональной структуре, не способствует не только удобству использования и комфорту, но и эстетическому воспитанию детей.

Таким образом, отсутствие теории, направленной на исследование соотношений нового и старого, перспективного и отмирающего в нашей жизни, не могло не оказать отрицательного влияния на такой важный фактор, определяющий реализацию архитектурных решений, как технология индустриального производства, на возможность его целенаправленного развития (в итоге, куда это производство направить, в том направлении оно, если это технически выполнимо, и будет развиваться). Абстрактные претензии к строительному производству — обеспечить возможность разнообразия форм в архитектуре — просто бессмысленны и во многом безрезультатны, свидетелями чего мы и являемся. Напомним, что живая природа даёт нам логическую формулу взаимодействия старого и нового, отмирающего и прогрессирующего в развитии видов, динамика которого одновременно запечатлевается в материальных структурах живой природы.

Каждое новое свойство потенциально является функцией. Но актуально свойство приобретает функциональный характер лишь в том случае, если оно начинает служить сохранению данной системы и выполнению её основной функции, т.е. если оно прогрессивно. Заметим, что эти процессы — возникновение новых свойств и актуализация функций — могут идти одновременно.

Чем больше свойств элементов системы проявляется как их функция, тем более организована система и тем лучше она функционирует.

В то же время нельзя тормозить и прятать новые свойства, которые могут превратиться в функции объектов архитектуры, в функции новых типов зданий, но для этого необходим постоянный учёт социальных тенденций развития общества и одновременное планирование новых материально-технических средств, позволяющих свободно развиваться новым свойствам. Например, в архитектурной науке пока ещё не уделяется достаточного внимания созданию трансформируемых систем архитектуры, отвечающих динамике жизненных процессов, что дало бы возможность быстрого приспособления архитектурных форм к появлению новых

свойств и ряд экономических преимуществ в градостроительстве (оперативная замена морально изжившего себя старого новым).

Однако функциональных условий целостности и организованности архитектурной формы недостаточно (иначе мы придёт к известной концепции в архитектуре — к функционализму). По-видимому, они возможны при наличии единства функции и формообразований.

Понятно, что законы функциональной целостности и организованности не могут действовать вне одновременного образования формообразований. Каждой функции, каждому типу архитектурного "объекта на практике соответствует своя структура, своя форма существования. Функции и формообразование должны быть в принципе неразрывны. Каждому новому функциональному свойству, рождающемуся в архитектуре (актуализация функций), должна соответствовать своё формообразование. Однако в архитектурной практике этого чаще всего не бывает, что вполне естественно, так как перед архитектурой возникают, не только функционально-утилитарные, но и идейно-художественные задачи.

Материальная форма (структура, пространство), о чем доказательно говорит история, — консервативнее функции. Причина этого заключается не только в меньшей динамике её развития, сколько в предназначении формообразования — закреплении традиций, сохранении черт, присущих данному виду, типу, образу зданий, служивших определённым классам. Форма раскрывает идеологию классов в архитектуре, их жизнь и обычаи, политическую роль, положение в общественной иерархии и экономической структуре общества. Например, начиная с середины XIX в., в связи с бурным развитием рыночной экономики родились новые социальные процессы и появились новые функции архитектуры (банки, торговые дома, промышленные предприятия, крытые рынки, вокзалы и т.д.), однако эти новые функции продолжали выступать в старом обличий различных стилей архитектуры — готики, классицизма, народного зодчества и т.д. Формы карет, повозок, бричек переносились на форму автомобиля; громкоговорители делались в виде рупоров; паровозы интерпретировали паровой котёл, напоминали самовары.

Потому так устойчивы и живучи архитектурные стили, что они представляют собой закрепление в формообразовании определённой, единой системы композиционных приёмов (связанных, естественно, с общественными условиями развития архитектуры).

Свойство функции "жить" в различных материальных формах и структурах (так называемая "мультифункциональность") приводит к тому, что одни и те же формообразования могут быть использованы с различным назначением.

Очень показательны, что в живой природе в период анабиоза растений (зимнего сна) структура последних не меняется, а жизнь растения, его внутренние биохимические процессы, хотя и в замедленном темпе, продолжают. Эти факты говорят о возможности универсализации в функциональном отношении формообразования. И чем выше организованность формообразования, чем сложнее её структура, тем она более мультифункциональна.

В связи с этим хотелось бы обратить внимание на тенденцию универсальности в современной архитектуре (отождествляемой с совершенством). Эта тенденция незаконно называется универсальностью, поскольку она осуществляется, с точки зрения дифференциации формообразования (а дифференциация — путь к большей функциональной приспособляемости, на что указывал Ч. Дарвин), в достаточно упрощённых формах.

Этот так называемый принцип универсальности даёт возможность использовать здания для разных функций, их набор невелик, но требует особых приспособлений для преобразования внутреннего пространства. Кроме того, возникает сложность в отношении поиска художественного образа таких зданий в связи с многозначностью их функций. Подобная универсальность снижает уровень обеспечения отдельных функций. Интересно, что в живой природе сходной универсальностью обладают низшие организмы (например, микроорганизмы), "универсализм" которых не выходит за пределы примитивных, хотя часто и активных возможностей. По-видимому, правильнее было бы подобное явление назвать в архитектуре не универсальностью, а как в биологии — лабильностью

(функциональная подвижность, приспособляемость) и отличать её от приспособляемости формообразования к обеспечению актуализирующих функций, обусловленных социальным и научно-техническим прогрессом. В архитектуре простая обитаемая ячейка в виде кубика может быть лабильна в смысле её перестановки и получения различных конфигураций зданий. Однако такая лабильность не ведёт к совершенствованию функционального качества архитектуры. Поэтому так называемой универсальности противостоит тенденция специализации — наиболее устойчивой формы выражения образа зданий, закрепления и совершенствования их типов, что, однако, требует больших усилий, экономических затрат и времени на их формирование.

С точки зрения единства функции и формообразования, их проработанности, специализированные здания более целостны и организованны, а, следовательно, и более совершенны. Вместе с тем они обладают меньшей гибкостью в своей исторической изменчивости, или, точнее, они более живучи, устойчивы — резистентны во времени, так как им свойственна высокая степень сосредоточения функций на сохранение свойств системы как целого и высокий уровень организованности системы. Именно в специализированных системах максимально проявляется статичность во времени формообразования и закрепление стилей. Поэтому высокоразвитые специализированные формы (структуры), отличаясь большой согласованностью с функцией, и, как правило, будучи представлены лучшими произведениями архитектуры, одновременно являются и тормозом для развития новых композиционных систем и приёмов планировки. Здесь в архитектуре находит своё отражение общий закон живой природы, закон функционирования сложных информационных систем — прогресс оборачивается регрессом.

Об этом писал Ф.Энгельс: "... каждый прогресс в органическом развитии является вместе с тем и регрессом, ибо он закрепляет одностороннее развитие и исключает возможность развития во многих других направлениях".

В то же время именно специализированные формообразования (как это ни кажется противоречивым) благодаря дифференцированности — сложности своей структуры — могут достаточно гибко исторически приспособливаться (но лишь приспособливаться) к изменяющимся функциям.

Говоря о специализации, необходимо сделать один важный практический вывод для развития нашей архитектуры и строительной технологии — целесообразно всегда иметь запасные выходы из возможного тупика чрезмерного совершенствования специализированных типов зданий. Наряду со специализированными типами зданий нужно создавать и "универсальные" (лабильные), более приспособленные к текущей жизни здания.

Устойчивость формообразование и подвижность функций — это, в принципе, взаимодополняющая диалектическая пара, противоречивость которых превращается в генератор энергии их развития. Одновременно это единство выражает организованность системы в качественном и количественном отношениях.

Подводя итоги сказанному о функциях и формообразовании, необходимо учитывать:

- возможность включения новых функций в существующую структуру зданий и их закрепление в последующих объектах этого типа или вида зданий, т.е. процесс функционального совершенствования одного типа зданий;
- рождение новых функций, а с ними и новых типов зданий (следует иметь их запасные варианты с одновременным обеспечением технологии их производства);
- совершенствование формообразования, способных обеспечить сложные функциональные процессы, и создание условий для формирования их гибкости и быстрой приспособляемости в функциональном отношении;
- формирование большепролетных пространственных формообразований, обеспечивающих ряд родственных функций — лабильность зданий.

Необходимо прогнозировать степень усовершенствования формообразований зданий (иначе можно прийти к тупиковым состояниям). Исторически может сложиться дело так, что отпадёт необходимость в тех типах зданий, структура которых постоянно совершенствуется, но возникнет потребность в строительстве новых видов зданий. Перестраивать же в условиях индустриальной технологии, хорошо технически проработанные формы зданий сложно, а часто невозможно. Учитывая динамичность жизненных процессов в наше время, важно дифференцированно подходить к созданию технических средств, обеспечивающих получение устойчивых во времени формообразования, передающих потомству представления о жизни и культуре наших дней. Одновременно желательно научиться оперировать мобильными средствами, позволяющими относительно быстро приспосабливаться к жизни и создавать почву для замены морально устаревающих зданий.

Несмотря на попытки найти пути единства функции и формообразования, мы их уже таким соединением через "и" разделяем. По-видимому, если мы хотим говорить о системности и организованности, необходимо рассматривать формообразование в целом с точки зрения оптимальности удовлетворения ею своего назначения на каждом историческом этапе развития архитектуры.

Формообразование, переходящее из живой природы в архитектуру.

Каждое живое существо на планете является совершенной работающей системой, приспособленной к окружающей среде. Жизнеспособность таких систем – результат эволюции многих миллионов лет. Раскрывая секреты устройства живых организмов, можно получить новые возможности в архитектуре сооружений.

Формообразование в живой природе характеризуется пластичностью и комбинаторностью, разнообразием как правильных геометрических форм и фигур – окружностей, овалов, ромбов, кубов, треугольников, квадратов, различного рода многоугольников, так и бесконечным множеством чрезвычайно сложных и удивительно красивых, лёгких, прочных и экономичных конструкций, созданных в результате комбинирования этих элементов.

Подобные структуры отражают сложность и многоэтапность эволюции развития живых организмов.

Основными позициями для изучения природы в ракурсе архитектурной бионики являются биотектоника и биоматериаловедение.

Объектом изучения в биоматериаловедении являются различные удивительные свойства природных структур и их "производных" — тканей животных организмов, стеблей и листьев растений, нитей паутины, усиков тыков, крыльев бабочки и т.п.

С биотектоникой все сложнее. В этой области знания исследователей интересуют не столько свойства природных материалов, сколько сами принципы существования живых организмов. Главные проблемы биотектоники заключаются в создании новых конструкций на основе принципов и способов действия биоконструкций в живой природе, в осуществлении адаптации и роста гибких тектонических систем на основе адаптации и роста живых организмов.

В архитектурно-строительной бионике большое внимание уделяется новым строительным технологиям. Так в области разработок эффективных и безотходных строительных технологий перспективным направлением является создание слоистых конструкций. Идея заимствована у глубоководных моллюсков. Их прочные ракушки состоят из чередующихся жёстких и мягких пластинок. Когда жёсткая пластинка трескается, то деформация поглощается мягким слоем и трещина не идёт дальше.

3.2. ТЕКТОНИКА АРХИТЕКТУРНЫХ И ПРИРОДНЫХ ФОРМ

Реализованная архитектурная форма состоит из трёх элементов: функционирующего пространства, конструкций и строительных материалов.

Функционирование — это цель (в архитектуре мы понимаем его шире, чем утилитарную цель). Все материальные средства живой природы направлены на достижение одной цели — функционирования. В результате возникают специфические свойства формы.

Однако они не являются простым механическим результатом функционирования. Существуют определённые и относительно независимые законы формообразования, связанные не только с внутренними, но и с внешними, энергетическими законами биосферы и космоса, корректирующими функционирование, предусмотренное генетическим кодом организма.

Определённая функция может осуществляться только в определённой форме, отсюда, из этих ограничений, возникают законы формообразования. Каждой форме свойственны определённые действия (шар имеет способность катиться, плоским формам свойственно скольжение, форма птицы создана для полёта, змеи — для ползания). Форма, по принципу Рои (биолог конца XIX в.), хороша, если она действует. Ту же самую мысль ранее выразил Гёте, говоря, что если форма соответствует образу действия живых организмов, то она со всей силой действует на этот образ жизни.

Следовательно, формы в живой природе возникают не случайно, они закономерны и поддаются анализу и изучению. Однако эти законы различны по своему характеру, их обнаружению и восприятию (и здесь можно провести параллель с классификацией форм проф. И.В. Ламцова) [1].

Одни свойства более явные, видимые, и мы их можем определить количественно. Сюда относятся, например, **геометрический вид форм**, положение форм в пространстве, их размеренность и т.д.

Другие мы скорее постигаем чувством, поэтому можем дать им лишь **качественные характеристики**: статичность, динамичность, лёгкость, тектоничность. Третьи свойства ещё более далеки от определённости и представляются в еле уловимых **образах**: строгость, лиричность, национальный настрой и т.д.

К четвертым И.В. Ламцов относит **свойства** самого **общего характера** — единство, целостность, соразмерность, гармоничность и т.д.

В данном вопросе мы обратим внимание лишь на те свойства форм, которые связаны с механическим действием сил, с тектоникой форм. **Тектоника связана с действием на форму механических сил эстетическим освоением этого процесса.** Тектоника — это свойство всех природных и архитектурных форм, так как все они испытывают на себе действие гравитации "полезных", а также аэродинамических (а в некоторых случаях и гидродинамических) нагрузок. Поэтому действие принципа (или свойства) тектоники можно рассматривать и как процесс тектонизации форм.

Изучение тектонизации особенно важно в условиях научно-технического прогресса, когда в архитектуре имеет место применение самых разнообразных конструкций, к тому же производимых индустриальными способами. К исследованию принципов тектоники в живой природе необходимо отнести как к процессу, нашедшему своё, наиболее явное практическое приложение.

Архитектор А.К. Буров говорил, что архитекторы — старейшие тектонисты. Тектоника есть пластически опосредованная — с целью определённого эмоционального воздействия на человека — конструкция.

Живая природа не ставит перед собой цель "определённого эмоционального воздействия на человека" конструкциями, но она — прекрасный "тектонист". Форма живой природы соответствует законам механики и в этом отношении является образцом для конструирования и разработки конструктивных форм в архитектуре.

Тогда возникает вопрос: является ли тектоника чисто художественным средством выразительности и творческим оружием архитектора-художника или это объективная закономерность?

Тектоника — понятие, выработанное человеком. Нет сомнения, что она имеет природное происхождение. Об этом говорят и египетская архитектура, и произведения греческой архитектурной классики, и многие последующие

архитектурные стили, в которых "архитекторы-тектонисты" учились у живой природы.

Однако может остаться неясным, каково же различие между тектоникой форм живой природы и тем, что под тектоникой как художественной формой подразумевают архитекторы?

Интересно мнение по этому вопросу архитектора Г. Б. Борисовского, который утверждает, что то, что происходит в архитектуре с конструкцией (и строительными материалами), можно рассматривать в качестве "чёрного ящика" [2]. Известны только вход и выход. Здесь имеют место два случая. Конструкция на входе и выходе остаётся неизменной, и архитектура не возникает. Если на выходе к конструкции прибавилось "Нечто", прибавилась вторая реальность, то конструкция стала одухотворённой. Произошла опозитизация конструкции. И появилась архитектура как искусство.

Думается, для того чтобы понять, что такое **тектоника архитектурных форм**, необходимо ясно представлять цель архитектуры как искусства, а в конкретном случае — композиционную идею архитектурного объекта, которой должны подчиниться **все средства гармонизации**. В этом процессе и могут возникать различные отклонения от законов природы (механики) и непонятное Нечто. Оно представляется непонятным отклонением по отношению к тектонике конструкции, но оно может быть понятным и совершенно оправданным по отношению к композиционной (и художественной) идее произведения, воплощающей важную общественную цель. Следовательно, отклонение Нечто превращается в весьма содержательный элемент **архитектурной композиции**.

Сказанное заставляет ещё раз обратиться к той мысли, что каждое явление, чтобы понять его всесторонне, необходимо рассматривать на разных уровнях и в различных взаимосвязях. На уровне инженерного конструирования (чистой конструкции) тектоника выступает как единство конструктивной формы и законов механики.

На уровне живой природы, несмотря на то, что её формы — не произведение архитектора-художника, тектоника выглядит значительно сложнее, так как "конструкции" включаются в систему живого организма, выполняющего сложные функции. В процессе функционирования организма происходит наложение одна на другую (и их взаимодействие) различных подсистем, в результате чего возникает живая форма. То же самое (в смысле наложения систем) происходит и в архитектуре. Недаром Ч.Дарвин охарактеризовал процесс формирования живых организмов (включая и естественный отбор) как глубоко творческий. Об этом говорит и советский учёный генетик Н.Дубинин. Конечно, это особое творчество.

Не случайно было предложено назвать процесс эстетического освоения конструкций в архитектуре процессом тектонизации, подразумевающей не изолированное эстетическое освоение конструкций, а их гармонизацию в системе всех элементов архитектурной формы [1, 5, 6, 7].

В этом процессе возникает взаимодействие: композиционная идея-функция воздействуют на конструкции и их тектоническую обусловленность, конструкции же участвуют в рождении художественных свойств архитектурной формы. Происходит взаимная корреляция, приводящая к отступлениям от ортодоксальных законов преобразования отдельных элементов формы, вместе с тем создающая её целостность (не зная ортодоксальных законов, опасно их нарушать).

Но нельзя также отрицать и того факта, что целесообразная форма порождает сама по себе, пусть на первоначальном уровне, чувство гармонии не только в живой природе, но и во всем окружающем нас мире природы (образование горных массивов, скал, геологических слоёв, подчинённое законам космической механики).

Поэтому о тектонике необходимо говорить как об объективно-субъективной категории, и это лишний раз подтверждает мир природы. И,

конечно, не прав тот, кто переводит понятие тектоники в архитектуре в чисто эстетическую категорию, оторванную от её объективной основы.

3.3. СИММЕТРИЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АСИММЕТРИЧНЫХ СТРУКТУР

(проблема равновесности систем)

Симмétrия (др.-греч. *συμμετρία* «соразмерность», от *μετρέω* — «меряю»), в широком смысле — соответствие, неизменность (инвариантность), проявляемые при каких-либо изменениях, преобразованиях (например: положения, энергии, информации, другого). Так, например, сферическая симметрия тела означает, что вид тела не изменится, если его вращать в пространстве на произвольные углы (сохраняя одну точку на месте). Двусторонняя симметрия означает, что правая и левая сторона относительно какой-либо плоскости выглядят одинаково.

Отсутствие или нарушение симметрии называется асимметрией^[1] или аритмией.^[2]

В математике — симметричные свойства описываются с помощью теории групп.

Симметрии могут быть точными или приближёнными.

В искусстве архитектуры симметрия рассматривается как средство гармонизации её форм, являясь одним из "механизмов" приведения к единству функционально-утилитарного и духовного содержания архитектуры.

В искусстве архитектуры симметрия рассматривается как средство гармонизации её форм, являясь одним из "механизмов" приведения к единству функционально утилитарного и духовного содержания архитектуры.

Разностороннее исследование явления симметрии на основе объективных законов развития живой природы поможет уточнить место и значение её в формообразовании архитектуры.

Прежде чем перейти к анализу действия закона симметрии в живой природе и проявления его в архитектуре, рассмотрим, как трактуется понятие симметрии в современной науке.

Симметрия тела определяется (хотя это и не единственно возможное определение) *совокупностью поворотов и отражений, которые не изменяют его "внешности", иначе говоря, совмещают его с самим собой* [1, 7]. Можно добавить, что отражения следует рассматривать не только в процессе поворота, но и линейного перемещения — трансляции тела в любых направлениях пространства (переносная и мозаичная симметрия).

Известный советский кристаллограф Н.Н. Шефтель кратко и образно охарактеризовал симметрию как "равное размещение равных частей ..." [1].

Заметим, что симметрию можно рассматривать в аспекте геометрии формы и в связи с оценкой симметрии явлений, событий (это особенно характерно при анализе биологических функций, литературных и музыкальных произведений и т.д.).

Необходимое условие симметрии геометрического тела — наличие у него так называемых элементов симметрии — осей, плоскостей и центров симметрии (рис. 3.9, 3.12). Каждый элемент порождает соответствующие преобразования симметрии или, как их ещё называют, операции симметрии: **центр** — инверсия¹ относительно центра (i), **плоскость** — отражение в ней (σ), ось n -го порядка — один или несколько поворотов относительно главной оси² на угол $2\pi/n$ (C_n), **зеркально-поворотная ось n -го порядка** — поворот на угол $2\pi/n$ и последующее отражение в плоскости, перпендикулярной оси поворота (S_n).

Поскольку зеркально-поворотная операция представляет собой комбинацию поворота и отражения, её записывают условно как "умножение" операций³:

¹ **Инверсия** (от лат. *inversio* — перестановка), в общем виде — изменение, нарушение привычного (нормативного) порядка элементов, их перестановка.

² Если тело обладает несколькими осями симметрии, то главной осью называется та из них, у которой наибольшее n .

³ Эта запись означает лишь порядок действия: сначала нужно выполнить ту операцию, которая находится в "произведении" справа, а затем — вторую.

$$S_n = C_n \bar{b}_n = \bar{b}_n C_n$$

Зеркально-поворотная ось второго порядка эквивалентна наличию у тела центра симметрии, который расположен в точке пересечения оси и плоскости (\bar{b}_n):

$$S_2 = C_2 \bar{b}_n$$

Как правило, объект преобразования симметрии обладает не одним, а многими элементами симметрии (касается это и архитектуры). Связь между ними можно установить, используя одно из важнейших понятий современной математики — понятия групп. Использование понятия (или теории) групп при преобразованиях симметрии в архитектуре создаёт условие совершенно нового и более глубокого подхода к анализу принципов симметрического построения архитектурных объектов и гармонизации, новых в процессе проектирования. Об этом вопросе необходимо сказать несколько слов, опираясь на данные, полученные другими отраслями науки, в том числе и биологией, в процессе исследования форм живой природы.

Группа — это множество элементов, между которыми установлены бинарные отношения, т.е. любым двум элементам группы соответствует третий элемент той же группы. Например, двум целым числам 4 и 5 может соответствовать число 9, их сумма.

Групповые операции связаны с комбинированием элементов, правила которого называются групповым произведением (опять-таки, здесь подразумевается не обычное "произведение" в смысле умножения, а лишь порядок комбинаций).

В теории групп существуют четыре правила таких комбинаций:

1) **правило соответствия:** $a \times b = c$ (элементы a и b соответствуют c , как, например, двум целым числам 4 и 5 может соответствовать число 9, их сумма);

2) **правило ассоциативности:** $(a \times b) \times c = a \times (b \times c)$, означающее, что, если мы возьмём элемент, являющийся "произведением" a на b , и "умножим" его на c , то получим точно такой же элемент, как если бы мы "умножили элемент a на "произведение" b на c ;

3) в группе должен существовать, по крайней мере, один элемент, называемый *единичным элементом группы* (E). В этом случае для любого элемента множества должно быть справедливо: $a \times E = E \times a = a$;

4) наличие *обратного элемента* a^{-1} , для которого выполняется соотношение: $a \times a^{-1} = a^{-1} \times a = E$.

При анализе архитектурных произведений необходима определённая адаптация этих правил. Так, правило соответствия может быть осуществлено через количественные величины (например, площади, объёмы). Однако они могут сопоставляться и по форме. Если же взять правило ассоциативности, то оно ведёт к тождественным перегруппировкам. Для симметричных операций в архитектуре важен единичный элемент, который формируется в качестве линейного или пространственного модуля, выраженного в количественной и качественной форме (например, конструкция панели, шестигранный элемент сотовой структуры и т.д.). Что же касается понятия обратного элемента, то оно в архитектуре может превратиться в левую или правую симметрию.

Во всех случаях, если мы хотим обнаружить наличие совокупности элементов симметрии в архитектуре, образующих группы, следует проверить:

- а) какой из элементов играет роль единичного элемента;
- б) существует ли для каждого элемента симметрии ему обратный;
- в) выполняются ли правила ассоциативности и соответствия.

Групповой метод имеет значение в осуществлении методологии или порядка какого-либо действия. Например, невозможно получить гармоничное решение объекта архитектуры, если не найти (не выбрать) единичный (смысловой, формальный и т.д.) элемент, иначе возникнет комбинация "множество" на "множество", что приведёт к бесконечному количеству возможных результатов, т.е. к неопределённости. Невозможна также законченность решения без обратных элементов (иначе будет нарушено равновесие) и без возможности ассоциативных группировок, что будет означать суммирование чужеродных элементов.

В итоге, как мы видим, законы симметрии, и групповые методы операций симметрии ведут к решению проблемы гармонии форм. К этому необходимо добавить возможность соблюдения иерархии и выявления минимального состояния симметрии при построении форм, поскольку комбинации операций симметрии могут быть очень усложнёнными. Минимальное состояние симметрии характеризуется наличием лишь оси симметрии первого порядка, а это означает, что тело не изменяет своего вида при повороте на 360° вокруг любой проходящей через него оси (например, сфера).

Для анализа архитектурных форм очень важно нахождение статического центра или точечной группы симметрии. В этом случае, какие бы мы операции симметрии не совершали с данным объектом или телом, по крайней мере, одна точка должна остаться неподвижной.

Как известно, некоторые органические соединения в виде углеводов (глюкоза, фруктоза и др.), а также виноградная и рацемическая кислоты, которые являются продуктами живой природы, становятся при растворении оптически активными, хотя в растворах сахара и виноградной кислоты нет кристаллической решётки, которая вращала бы плоскость поляризации света. С ювелирной точностью, огромной осторожностью и большим терпением Л. Пастер при помощи тончайших инструментов, манипулируя под микроскопом, отделил друг от друга асимметричные кристаллы рацемической кислоты. Приготовленные из них растворы оказались различного оптического спектра действия.

Интересно, что оба вида кристаллов давали винную кислоту формально одного химического состава, но различного вращения в плоскости поляризации света (левая и правая плоскости) и разного биологического и фармакологического воздействия, например, на человеческий организм: одно воздействие было аналогично натуральной виноградной кислоте, другое — синтетической.

Так было открыто, что рацемическая кислота состоит из двух оптически взаимно противоположных виноградных кислот, кристаллы которых асимметричны (при симметричности кислоты в целом).

Исходя из исследований и эксперимента, Л. Пастер высказал твёрдое убеждение в том, что только **в живых организмах можно обнаружить асимметричные вещества, состоящие из асимметричных молекул одного типа.** Это была, по его мнению, единственная чётко установленная демаркационная линия, которую можно с уверенностью провести между химией живой материи и химией неживого.

Несколько позже истинную природу асимметрии выявили независимо друг от друга Жозеф ле Бель и Якоб Гендик Вант Гофф. Ими было высказано мнение, что атомы углерода имеют четыре электрона на внешней оболочке, хотя углерод может вмещать восемь электронов. Поэтому при заполнении внешней оболочки углерода четырьмя другими атомами создаётся тетраэдральная асимметричная структура, несовместимая со своим зеркальным изображением.

Таким образом, молекулы органических соединений могут содержать асимметричные атомы, сами оставаясь внешне в целом симметричными, либо же молекулы могут не содержать асимметричных атомов, но быть в целом асимметричны по своей структуре. Поэтому каждое соединение, состоящее из асимметричных молекул, может существовать в двух противоположных ориентациях. Если эти контралатеральные ориентации равноценны, как это имеет место в рацемической кислоте, то молекулы после соединения создают так называемую **мезоформу** (среднюю форму).

Тут же следует указать, что биохимическая характеристика сущности асимметричных стереоизомеров может быть оценена и вкусовыми, и обонятельными ощущениями человека (то же самое и в случае рацемической кислоты). Как известно, эти характеристики существенно различаются по спектру действия на организм.

Более того, чувствительные к химическим раздражителям нервные окончания, именуемые в физиологии хеморецепторами, сами состоят из асимметричных веществ. Эти рецепторы по-разному реагируют на левые и правые соединения. При введении асимметричных соединений в организм человека и животных возникает соответствующий дифференцированный спектр действия, заключающийся в избирательном влиянии на асимметричные структуры организма. Интересно, что при введении в организм того или иного стереоизомера усваивается только один из его типов, в то время как его противоположная, или зеркальная, аналогия удаляется как ненужное вещество. Кроме того, известны случаи усвоения обоих асимметричных изомеров, но далеко не с одинаковой интенсивностью.

Современная фармакология располагает наглядными примерами различного действия двух стереоизомеров. Например, никотин, полученный из табака, является левой формой никотина. Противоположная ему правая форма называется дектраникотином. Он получен синтетически и гораздо менее токсичен (менее активен), чем его левая форма.

Преимущественное число асимметричных соединений углерода, которые исчисляются миллионами, в живом организме человека и животного существуют в одном из своих зеркальных вариантов. Если же в редких случаях обнаруживается наличие обоих зеркально противоположных асимметричных модификаций, то, как правило, они должны быть в каких-либо соединениях.

Проблема влияния зеркальных аналогий различных биологически активных на организм человека и животных в силу громадного количества этих асимметричных соединений ещё мало изучена. Однако твёрдо установлено, что зеркальные аналогии асимметричных структур имеет различный спектр действия на организм человека и животных, а также на растения. Поэтому можно заключить, что органические соединения, являющиеся продуктом живого организма, а также

витамины, ферменты, гормоны, медиаторы нервных волокон и другие вещества биологического происхождения асимметричны.

Проблема симметрии требует исследования не только на молекулярном, но и на клеточном уровне. В каждой живой клетке животного, человека или растения помещается строго определённое число хромосом, каждая из которых содержит минимум одну пару спиралей дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Как было относительно недавно установлено, спирали ДНК асимметричны (отсюда их активность) и имеют правую ориентацию. В зависимости от порядка расположения вдоль каждой спирали ДНК четырёх нуклеотидов образуется генетический код, который информирует клетку о её поведении и управляет интенсивностью её жизнедеятельности. Эти нуклеотиды, входящие в состав спиралей ДНК и определяющие программированное развитие клеток, объясняют механизм наследственности. Как известно, в 1962 г. Джеймс Дьюн Уот-сон (США), Франсис Гарри Комингтон Крик и Морис Хью Фредерик Уилкинс (Англия) получили Нобелевскую премию за открытие структуры ДНК. Этим открытием были установлены механизмы наследственности, определена асимметричная ориентация ДНК.

Таким образом, растения, птицы, животные, рыбы и человек, включающие асимметричные углеродистые соединения, содержат биологически активные вещества, которые также асимметричны.

Из сказанного можно сделать вывод, что зеркальная симметрия — символ устойчивости — лишь временное, хотя и неизбежное состояние живой природы. Зеркальная симметрия — это частный случай равновесия. Она выражает закрепление определённого этапа роста и развития живых организмов, является результатом процесса накопления энергии. Асимметрия же — расходование энергии живым организмом как результата его активности, динамизма.

Симметрия и асимметрия взаимно дополняются. Без того и другого состояния не может быть, с одной стороны, роста и развития живых организмов, с

другой — формирования видов, закрепления наследственности, совершенствования форм.

Характерным примером единства симметрии и асимметрии в живой природе является митоз (деление) клетки, когда внешняя зеркально-симметричная форма деления сопровождается асимметричными процессами компоновки хромосом, цитоплазмы и т.п. внутри дочерних клеток. Даже при поверхностном изучении гелио- и фототропизма растений и обследовании внешнего их вида можно в них определить элементы асимметрии, например направление роста (рис. 3.9, 3.12.), структурные особенности северной части растения в сравнении со стороной, ориентированной к солнцу, не говоря уже о горизонтальном срезе ствола, ветвей и корней — весьма асимметричных. При специальном изучении этого вопроса можно обнаружить множество элементов асимметрии, обусловленных функциональными процессами, происходящими в растительном мире.

Специального упоминания требует морфологическая макроскопическая асимметрия растений винтообразной формы. Как известно, винтовую форму нельзя совместить с её зеркальным отображением. Винтовая форма может существовать только в двух чётко различающихся вариантах: правый винт, соответствующий движению часовой стрелки, и левый винт, являющийся зеркальным отражением правого. То же самое можно сказать и о спиральных кривых.

Феномен асимметрии наблюдается не только в растительном, но и в животном мире. Пример спиральной асимметрии — раковины моллюсков как правой, так и левой ориентации. Как известно, одни и те же моллюски всегда закручивают свои раковины в каком-либо одном направлении — либо вправо, либо влево. Особого рассмотрения требует асимметричная деятельность парных, внешне симметрично расположенных органов. Примерами такой асимметрии могут служить руки человека. Они далеко не равноценны: одна правой, а другая левой ориентации. Хотя анатомически существенной разницы в конечностях нет, однако неравномерная работоспособность, количественная и качественная их характеристики подтверждают бесспорность доминанты одной из сторон.

Имеются данные о доминирующей роли правого глаза, слухового анализатора, кровяного давления и т.п. при правой ориентации деятельности верхних конечностей. В связи с наличием односторонней доминирующей ориентации в билатерально симметричных образованиях у людей необходим пересмотр существующих стандартных форм в создаваемых человеком объектах архитектуры, объектах внешней среды, предметного мира с целью осуществления соответствующих изменений для удобства людей с преимущественно правой ориентацией (например, в дизайне, в технологическом управлении производства и т.д.). Приведённая выше информация достаточно убедительно иллюстрирует асимметричную природу живого мира. Эта закономерность асимметричности обусловлена морфофункциональными особенностями живых структур и предопределена филоонтогенетическим развитием. Иными словами, асимметричность оправдана самой жизнью в буквальном смысле этого слова. Интересно отметить, что если идти изнутри наружу, от структуры к форме, от каждой молекулы и клетки организма к макроструктуре, к внешнему виду организма, то наблюдается постепенное приближение форм к внешне симметричному строению (рис. 3.12.). Хотя, как уже говорилось, абсолютно симметричного состояния даже внешних живых форм не наблюдается, и вряд ли мы столкнёмся где-либо и когда-либо с абсолютно симметричной формой и в архитектуре. Но здесь самое время остановиться на уточнении понятия симметрия в архитектуре.

В вышеприведённом материале разговор шёл о так называемой зеркальной симметрии и её возможных нарушениях, т.е. асимметрии. Вместе с тем современная наука указывает на десяток и более видов симметрии, причём сюда включаются, кроме уже упомянутой зеркальной симметрии, круговая, переносная, мозаичная, спиральная и другие виды, а также их всевозможные комбинации. Возникает вопрос, относятся ли эти перечисленные виды симметрии действительно к симметрии или это какие-либо её производные, а возможно, и совершенно другие категории, отражающие другие состояния и законы жизни?

Возьмём, например, мозаичную симметрию. Это изоморфные структуры типа пчелиных сот, сеток из квадратных и других решёток (клеточная структура живого организма, радиолярии типа населярий, упаковки из мыльных пузырей и т.д.), развивающихся равномерно во всех направлениях пространства. Такие образования не имеют своих антиподов, не меняют знака поляризации, что способствовало бы их качественному преобразованию, как это происходит в рацемической кислоте или при делении живой клетки (если не переключить их в состояние зеркального отражения, но в таком случае мы возвращаемся к зеркальной симметрии). То же самое можно сказать и в отношении других указанных видов симметрии. Скорее мы отнесли бы их к ритмам, выражающим определённый порядок действия и развития организмов, представляющий собой следы поэтапного роста организмов, самостроительство их на основе повторяющихся структурных элементов.

В архитектуре так же, как и в живой природе, наблюдается взаимодействие симметрии и асимметрии, не приводящее к дисгармонии архитектурных форм и к потере ими визуально равновесного состояния — в функциональном, техническом, экологическом и художественно-эстетическом смыслах. Наоборот, нарушения зеркальной симметрии при равновесном состоянии системы означают часто более реалистичное и эффективное решение архитектурных вопросов в указанных выше направлениях.

Известный архитектор М.Я. Гинзбург в книге "Стиль и эпоха" пишет об асимметрии в её равновесном состоянии: *"... мы видим в работах современных архитекторов (т.е. архитекторов 20-х годов — Ю.Лебедев.) появление совершенно нового плана, большей частью асимметричного, так как редко функции частей здания бывают абсолютно одинаковыми, — предпочтительно открытого и свободного в своей конфигурации, потому что тогда не только лучше омываются все части сооружения воздухом и светом, но и чётче читается его функциональная членённость, легче угадывается развёртывающаяся в них динамическая жизнь"* [1].

Современные нам здания — симметричная сферическая скорлупа-оболочка скрывает за собой сложную "хаотичную" планировку. Но и внешние её формы редко бывают абсолютно симметричны.

Как говорилось выше, симметрия относится к области понятия равновесия. Весы имеют всегда две чаши, подвешенные к оси симметрии. Порядок включает такие категории, как ритмы, пропорции и т.п. Например, порядок следования элементов в ленточном орнаменте или порядок членения формы, определённый системой пропорций. Порядок — это расстановка, распределение, расчленение. В этом смысле ни симметрия, ни тектоника, ни масштабность не относятся непосредственно к категории порядка, а представляют собой самостоятельные качественные категории гармонии или средств гармонизации. Гармония уже включает в себя равновесность, порядок, соразмерность, тектонику, колористику и т.д. В архитектуре и живой природе наблюдаются несколько видов симметрии форм, имеющих ось равновесия (рис. 3.9., 3.11.):

-зеркально-тождественная симметрия, когда по обе стороны оси равновесия расположены на равных расстояниях тождественные формы, одинаково ориентированные во всех направлениях пространства, т.е. правильные фигуры — квадрат, правильный треугольник, правильный шестиугольник, куб, тетраэдр, октаэдр и т.д. Особенность этого вида симметрии заключается в том, что фигуры (или формы), расположенные слева и справа от оси равновесия, могут совмещаться не только поворотом на 180° , как в случае с зеркальной симметрией, но и простым смещением по направлению одна к другой, как при совмещении фигур, воспринимаемых нашим левым и правым глазом.

Примеры зеркально-тождественной равновесной симметрии в живой природе вряд ли можно найти даже с формальной точки зрения, не говоря уже о функциональной, разве что в схематичных изображениях форм. Её можно обнаружить в сфере кристаллов, а также приближённо в архитектуре (рис. 3.12.):

-зеркальная симметрия, когда по обе стороны равновесной оси располагаются одинаковые, но неправильные по форме фигуры (их элементы

поразному ориентированы в пространстве), имеющие левую и правую ориентацию к равновесной оси. Их совмещение может происходить лишь поворотом одной фигуры по отношению к другой на 180° (рис. 3.9.);

-зеркальная асимметрия (равновесная), которая бывает двух типов: одноосевая и многоосевая.

Нарушение зеркальной симметрии в архитектуре наблюдается очень часто. Можно даже утверждать, что большинство зеркально-симметричных композиций имеет те или иные нарушения симметрии.

В живой природе многоосевых систем (т.е. с отсутствием чётко выраженной хотя бы одной равновесной оси) немного. Они обнаруживаются в растительном мире (например, процессы ветвления, о которых будет сказано ниже) и значительно шире наблюдаются на микроуровне.

В заключение можно сделать один общий вывод, что в мире — органическом, неорганическом, архитектурном — фактически отсутствует полная зеркально-тождественная симметрия, что свидетельствует о несимметричности жизни. В то же время весьма широко распространены зеркально-симметричные системы с левой и правой ориентациями и уравновешенные зеркально-асимметричные системы. В последних действует закон компенсации нарушения симметрии за счёт, например, очертаний визуально воспринимаемых элементов формы, массы материала, цвета и т.д.

Какой практический смысл имеет приведённое ограничение понятия и её смысловое уточнение для архитектуры? Ограничение понятия позволяет сосредоточить внимание на равновесии по отношению к выбранным осям или плоскостям симметрии и решать левую и правую сторону симметрии, что, в целом, упрощает композиционную задачу. Вместе с тем композиция может и не ограничиваться, как мы видели, одной плоскостью. В этом случае для сложных сочетаний можно пользоваться модульными симметричными элементами (модулями) и на их основе создавать уравновешенные асимметричные композиции, что соответствует индустриальной технологии и

приводит к возникновению определённых ритмов (называемых по другой классификации переносными, мозаичными и круговыми симметриями).

Сформированные на основе зеркально-симметричных элементов — модулей асимметричные композиции вдохнут в последние жизнь и приблизят их к живым образам природы, в которой симметрия согласуется с асимметрией.

Смысловое же уточнение и углубление понятия зеркальной симметрии позволяет раскрыть идею возможного многообразия её приёмов, открывающегося как в исторической и современной практике архитектуры, так и в живой природе.

3.4. СПИРАЛЬ И ВИНТОВЫЕ КРИВЫЕ

Обратим внимание ещё на одну закономерность формообразования, — спираль, часто встречающуюся в природе, а также в человеческой деятельности. Спиральная конфигурация является фундаментальной морфологической характеристикой систем природы на различных структурных уровнях их организации. Спиральные формы прослеживаются и на уровне биомолекул, и на уровне галактик, не говоря уже о подавляющем многообразии спиральных форм среди растительных и животных организмов. Присущи они также и архитектуре. Но прежде, чем перейти к их описанию, приведём краткие сведения о разновидностях и геометрических свойствах спиралей.

Геометрическая спираль (изгиб, извив — *лат.*) представляет собой совмещённую с плоскостью кривую, которая описывается точкой, движущейся с постоянной скоростью или с ускорением (замедлением) вдоль

луча, вращающегося около неподвижной точки (полюса) с постоянной угловой скоростью⁴.

В зависимости от начальных условий и закона изменения расстояния от полюса до движущейся точки различают множество спиральных кривых (рис. 3.10.): спираль Архимеда, гиперболическая и логарифмическая спирали, эвольвента (развёртка — *лат.*) окружности⁵, клотоида (кручение, прядение — *греч.*) и др. Некоторое графическое сходство со спиралью обнаруживают кривые четвёртого порядка, такие, как улитка Паскаля (конхоида окружности) и кардиоида.

В физическом отношении спираль — это взаимодействие двух сил: центробежной и притяжения к земле.

Для аппроксимации контуров исследуемых объектов природы, их проекций или каких-либо определённым образом выделенных кривых, характеризующих геометрические свойства этих объектов, наиболее часто используются **спираль Архимеда и логарифмическая спираль**. Согласно мнению большинства специалистов-морфологов, природными конфигурациями чаще всего и наилучшим образом соответствует логарифмическая спираль⁶, что не исключает других спиральных конфигураций. Математики античных времён при исследовании и построении кривых использовали в основном кинематический метод. Так, Никомед (II в. до н.э.) путём сложения поступательных и вращательных движений построил конхоиду.

⁴ Строго говоря, винтообразные кривые не относятся к спиральям. Вместе с тем винтообразные кривые можно считать частным случаем спирали (или наоборот). Характеризуя архитектурные и природные формы, мы будем, как принято, пользоваться термином "спираль".

⁵ Эвольвента окружности находится в близком родстве со спиралью Архимеда.

⁶ При определённых значениях параметра логарифмическая спираль графически мало отличима от спирали Архимеда, возникающие в конкретных эмпирических ситуациях споры относительно предпочтения той или иной спирали отражают, очевидно, методический подход исследователей к изучаемому явлению или объекту. Если исследователь предпочитает простоту вычислительных операций, то при описании конфигураций, близких к окружности, он выберет уравнение спирали Архимеда; если же он желает познать процесс формообразования, рассмотреть изменение формы объекта в его динамике, развитии, то в аналогичной ситуации следует предпочесть логарифмическую спираль.

Аналогичный метод был использован и Архимедом при построении спирали, носящей его имя. Эта спираль была открыта его другом Кононом из Самоса (III в. до н.э.).

Спиралью Архимеда является линия, описываемая точкой, которая движется с постоянной скоростью вдоль прямой, равномерно вращающейся около неподвижной точки. Наглядным примером, иллюстрирующим механику образования этой спирали, является эластичный длинный цилиндр (шланг), намотанный на барабан или катушку. Если пересечь витки спирали Архимеда прямой, проходящей через её полюс, то последовательные точки пересечений будут отстоять одна от другой на одинаковых расстояниях, равных диаметру шланга. В то же время численные значения расстояний от полюса до точки пересечения прямой с дугами спирали будут образовывать арифметическую прогрессию.

В отличие от спирали Архимеда логарифмическая спираль является траекторией точки, которая движется вдоль равномерно вращающейся прямой, удаляясь от полюса или приближаясь к нему со скоростью, пропорциональной пройденному расстоянию. В логарифмической спирали углу поворота пропорционально не само расстояние от полюса до точки кривой (как это имеет место в спирали Архимеда), а логарифм этого расстояния. Эта спираль пересекает все прямые, проходящие через полюс, под одним и тем же углом. Поэтому она иногда называется "равноугольной спиралью".

Декарт (1596—1650) был первым, кто исследовал свойства им же открытой в 1638 г. логарифмической спирали (полярное уравнение спирали). Независимо от него Торичелли (1608—1647) нашёл методы вычисления её площади, а также спрямления дуги спирали (1640 г.). Торичелли называл эту спираль "геометрической спиралью". В конце XVII в. многие свойства "изумительной спирали" (*spira mirabilis*) были открыты Якобом Бернулли. Свойство инвариантности, а также другие геометрические свойства этой спирали произвели на учёного столь сильное впечатление, что в завещании он распорядился

высечь на своём надгробии графическое изображение спирали и слова: "Изменённая, я воскресаю той же" (Eadem mutata re-surgo) (рис 3.10.). Название "логарифмическая спираль" (угол между полярными радиусами пропорционален логарифму их отношения) дано Вариньоном в 1704 г. Логарифмическая спираль была предметом многочисленных исследований, которые продолжаются и в наше время.

Помимо основных свойств логарифмической спирали, приведённых на рис. 3.10., отметим, в частности, её картографическое свойство. Если на поверхности сферы провести линию, пересекающую меридианы под постоянным углом, то её проекция из полюса сферы на экваториальную плоскость будет изображаться логарифмической спиралью; проекцией меридианов в этом случае будут лучи, направленные по полярным радиусам спирали, пересекающим её под тем же углом, под которым сферическая линия, называемая **локсодромой** (кособежной от греч. "локсос" — косою и "дромос" — бег), пересекает меридианы. Корабль при неизменном курсе под углом к меридианам движется по локсодроме.

Нам ещё часто придётся обращаться к логарифмической спирали. Забегая несколько вперёд, отметим лишь, что свойство инвариантности её стало отправной точкой идеи построения экспоненциальных решёток и использования последних для разработки конструктивных схем трансформируемых оболочек и других конструкций сооружений.

Выше уже отмечалось, что спираль является своего рода морфологическим стандартом структур различных систем природы. Одним из примеров, иллюстрирующих спиральную (винтовую) конфигурацию на молекулярном уровне, является упомянутая выше молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты — ДНК (рис. 3.10.). Спиральный тип деления клетки характерен для многих живых организмов. Обычно во всех эмбриональных структурах на начальных стадиях деления клетки

располагаются радиально; на последующих стадиях во многих случаях этот тип деления сменяется спиральным.

Спиральные формы живой природы изучались многими исследователями. В частности, Гёте рассматривал спирали, присутствующие в конфигурациях растений и животных как **символ жизни**.

Наиболее представительно спиральные (винтовые) формы проявляются у цветков растений (рис 3.10.), раковин моллюсков (рис. 2.4, 2.5.) и др.

Волосы у многих людей завиваются в виде одной из ветвей клотоиды, известной так же как "спираль Корню". Подобным образом ростки папоротника часто принимают вид ветви клотоиды из-за неравномерного роста клеток в вершине стебля растения. Каждая ветвь клотоиды напоминает пружину часов, закручивающее усилие которой на ось остаётся неизменным, как бы туго эта пружина ни была заведена.

Спиральные формы широко развиты и в неживой природе. Несколько неожиданно смотрятся спиральные трещины, образовавшиеся в результате механического удара на холсте старинной картины.

Спираль с точки зрения, например, физической — сжатая пружина; это — **концентрация энергии**. Распрямление пружины означает вместе с тем отдачу заряда энергии. Дискбол, например, закручивает своё тело вначале в спираль, а затем распрямляется, отдавая энергию спирали в толчок, направляющий полет снаряда — диска.

Чувство значимости спирали в жизни человека, по-видимому, издавна понимали люди. Они изображали её в своих украшениях, орнаментах. Явно равнодушны к спирали были древние греки, включавшие её в капители ионических колонн. Библейская Вавилонская башня (рис. 1.2.) строилась на основе особой квадратной пространственной спирали (проектируемой в плоскую), посредством которой люди намеревались добраться до убежища бога на небесах.

В практике традиционной архитектуры спираль возникает не часто, но оставляет значительный след или фиксирует определённые этапы развития архитектуры. Известна, например, спиралевидная мечеть в Самарре (Ирак, IX в.). Архитектор итальянского барокко Франческо Борромини (1599 — 1676) впервые сделал спиралевидный купол церкви Сант Иво делла Сапиенца в Риме (1642 — 1667). Динамизм, устремлённость вверх, подчёркнутая различными пластическими средствами, закрепляется спиралью вместо обычной чаши купола. Как пишет известный швейцарский теоретик архитектуры Зигфрид Гидион: "Световой фонарь, венчающий церковь, со своими сдвоенными колоннами, резко изломанными очертаниями карниза и фантастической спиралью вместо обычной чаши купола — все это кажется органически выросшим явлением природы" [1].

В конце XIX в. английский градостроитель Теодор Фрич спроектировал город, развивающийся по спирали. По идее Т. Фрича, спираль даёт возможность свободно развиваться городу, одновременно сохраняя компактность и торможение темпов удаления периферии от центра города, что имело большое значение в условиях быстрого разрастания индустриальных городов. Аналогичный проект города Ауервилль был реализован в 1970-е г. в Индии.

В наше время мы также сталкиваемся с фактами проектирования и создания архитектурных объектов, построенных по принципу спирали, например, музей Гуггенхайма (1944—1960) в Нью-Йорке, созданный Ф.Л. Райтом (рис. 3.10.). Сооружение задумано как огромная железобетонная расширяющаяся кверху спираль, на которой размещена картинная галерея длиной 1200 м. Наружная стена галереи служит для размещения экспозиции. По другую сторону галереи — барьер, вдоль которого тянется непрерывная скамья. По верху наружной стены идёт ленточное остекление длиной 1200 м. Галерея освещается также со стороны внутреннего двора-колодца, перекрытого стеклянным куполом, дающим рассеянный свет.

К главной спирали примыкает расположенный в отдельной шахте второй спиралевидный пандус меньшего диаметра (следовательно, более крутой). Он служит для быстрого сообщения между этажами. Здесь же проходит лифт. Посетители поднимаются лифтом вверх, а отсюда уже начинают осмотр галереи, спускаясь по пандусу.

С точки зрения пластической организации архитектурного пространства очень ёмкое определение смысла спирали дал З. Гидион: спираль — это "... стремление найти выражение для динамического взаимопроникновения внутреннего и внешнего пространства"[1, 2].

В чем же в итоге смысл использования природной формы спирали (её принципа, закономерности) в архитектуре? Почему эта форма привлекает зодчих, и какие возможные её перспективы применения в архитектуре?

Прежде всего, спираль позволяет протяжённую форму сделать компактной, т.е. решить проблему максимального использования архитектурного пространства. Ярким примером такой компактности в живой природе служит ископаемый образец раковины Пахидикуса. Её диаметр равен 0,4 м, но если её развернуть в "ленту", то её длина составит 10 м. Подобная форма спирали, используемая в архитектуре, может обеспечить большую экономию территории застройки, что очень важно для современных городов.

В функциональном отношении спиральная форма часто очень удобна и необходима, например, при строительстве гаражей, определённых видов промышленного производства, пандусов, спусков и т.д.

В определённых случаях спираль может способствовать упрочнению конструкции. В этом отношении перспективно предложение архит. М. Николетти и инж. С. Мусмечи (Италия), спроектировавших жилой дом "Геликоид" в виде трёх вертикально закрученных спиралевидных или винтообразных пластин, сомкнутых наверху. Такая форма позволяет также более равномерно распределить в здании инсоляцию (рис. 2.5., 3.10.).

В спирали, как уже говорилось, заложена идея роста и развития. Не целесообразно ли использовать эту идею в архитектурных проектах, учитывая перспективу развития объекта архитектуры или комплекса?

Нельзя забывать и об интересных динамических свойствах спирали, придающих архитектуре определённую живописность и красоту и служащих средством связи архитектуры и окружающей природы.

В главе о конструкциях будет также рассказано об использовании принципа спирали (винта) для получения тонкостенных скорлуп-оболочек — турбосом.

3.5. ПРОЦЕССЫ ВЕТВЛЕНИЯ

Другой фундаментальной морфологической характеристикой природных систем является ветвление. Ветвящиеся формы встречаются также и у спиралевидных форм, на всех структурных уровнях, начиная с молекул и кончая космогоническими системами, такими, как спиральные галактики.

Достаточно полного и чёткого определения ветвления, удовлетворяющего различные области знания пока ещё нет. Некоторые существенные черты этого явления были выражены ещё в 70-х годах прошлого столетия учёным Ю. Саксом: "Разветвлением образуются системы одноименных членов". В этой формулировке заключены два важных момента:

- во-первых, ветвление рассматривается как процесс;
- во-вторых, ветвление есть итог этого процесса.

В результате такого процесса возникает разветвлённая система, состоящая из "членов", т.е. элементов, обладающих однородными свойствами и взаимообусловленными связями. Таким образом, ветвление — это пространственно-временной процесс [5, 7].

Процесс, приводящий к ветвлению, — *стохастический процесс*, несущий в себе черты и закономерного, и случайного. Изучение морфологии

таких процессов, исследование их параметрических характеристик представляет значительный интерес для архитектуры.

Думается, что данная проблема может быть решена на основе использования методов архитектурной бионики. Её решение может сыграть важную роль в оптимизации транспортных коммуникаций города с перспективой его развития на многие годы. Кроме того, аналоги процессов ветвления, наблюдающихся в живой природе, могут быть использованы при разработке несущих конструкций, оболочек-скорлуп, трансформируемых конструкций и др.

Активный интерес к изучению явления ветвления начал проявляться лишь в 40-х годах. К концу 40-х и началу 50-х годов относится возникновение теории ветвления в математике, хотя отдельные вопросы рассматривались в последней четверти XIX в. учёными Гальтоном и Ватсоном в плане решения задачи о вырождении фамилий (поэтому ветвящийся процесс с дискретным временем называется иногда процессом Гальтона-Ватсона). Заметим, что биологические процессы размножения в популяциях выходят за рамки моделей ветвящихся процессов (появление новых частиц обусловливается взаимодействием нескольких существующих в данный момент частиц)[7].

Рассмотрим несколько природных объектов, в которых ветвление выражено наиболее ярко.

Как уже отмечалось, ветвящиеся формы весьма характерны для молекулярных структур, в частности периодический структурный элемент молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) можно отнести к ветвящейся форме (рис. 3.11.). Чрезвычайно широко представлен ветвящимися формами мир кристаллов. На рис. 3.8. показан одиночный кристалл, из вершин которого отходят ветви — цепочки идентичных по форме, но меньших по размерам аналогичных кристаллов. Весьма интересны формы ветвления у так называемых нитевидных кристаллов кремния (рис. 3.9.), которые выращиваются в условиях глубокого вакуума при использовании золота в качестве примеси-растворителя.

Очевидно, многие наблюдали дендритовые формы кристаллов, такие, например, как дендриты окиси марганца (рис. 3.10.). Ледяные узоры на оконных стёклах также отображают процессы ветвления, происходящие на кристаллическом уровне, и морфологически очень похожи на те же дендриты кристаллов марганца. Нервные клетки мозга образуют на первый взгляд запутанную переплетающуюся картину волокон (рис. 3.11.). Однако по мере роста все более явно проявляется упорядоченная структура, очень напоминающая транспортную сеть города. При большом увеличении нервные волокна (рис. 3.10, 3.11.) выглядят, как экзотические водоросли. В живой природе ветвление хорошо выражено у морских организмов. Листья растений, как правило, представляют богатый набор хорошо наблюдаемых конструктивно выраженных форм ветвлений, проявляющихся в нерватуре и в жилках (рис. 1.2.). Ветвление геологических систем, процессы трещинообразования, горообразования — все это типичные явления в природе. Взрывные процессы в звёздных системах также приводят к ветвящимся формам туманностей; нередко можно наблюдать спиральные галактики, которые также ветвятся (рис. 3.1.).

Рассмотрение конкретных объектов показывает, что формы ветвления также весьма разнообразны. В то же время можно предполагать, что ветвление как процесс и образующиеся в его результате формы должны обнаруживать черты сходства у разных объектов и на разных уровнях морфологической организации.

В морфологическом аспекте процессы ветвления наиболее полно на сегодняшний день изучены ботаникой. Разнообразие ветвящихся и разветвлённых структур в растительном мире весьма велико.

Ветвление — одна из принципиально важных особенностей большинства растительных организмов. Благодаря ветвлению растение увеличивает поверхность соприкосновения с окружающей средой.

Разные формы ветвления дают возможность растениям:

1) перемещать поглощающую поверхность тела в соответствии с интенсивностью света и с градиентом концентрации тех или иных веществ;

2) поглощать из данного объёма среды максимальное количество необходимых веществ. В большинстве случаев именно посредством ветвления строится вегетативное тело растений, его жизненная форма. Не будет преувеличением сказать, что общая картина растительного мира приобретает характерные черты благодаря ветвлению растений. Ветвление у растений в большинстве случаев сосредоточено в локальных очагах. У многоклеточных организмов (а их среди ветвящихся растений большинство) образование новых метамеров (*метамер* — расчленение тела (*греч.*)) связано с очагами деления клеток. Наиболее примитивным следует, видимо, считать диффузный рост, при котором клеточные деления не локализованы пространственно, делиться может каждая клетка растения самостоятельно. Развитие метамерных систем приводит к возникновению структуры, которая является пространственной и может быть обозначена как "морфологическая модель метамерной системы". Модель такой системы отражает классификацию типов ветвления (рис. 3.11.), которую можно использовать и при анализе архитектурных систем [1, 6, 7].

Наиболее широко распространены морфологические модели "сучок" и "вилка". "Сучок" возникает в результате бокового заложения производного метамера. Системы такого типа имеют главную ось, что обеспечивает хорошую механическую опору, и способность достаточно длительно расти в определённом направлении. "Вилка" может возникать тремя разными способами, два из которых связаны с боковым заложением ветвей.

В пространственных системах разветвление типа "вилка" (Y) позволяет равномерно заполнить объем при развитии относительно большой поверхности соприкосновения с внешней средой и с сохранением растущих верхушек приблизительно на одинаковом расстоянии от основания системы.

В ряде случаев модель "вилка" возникает на наиболее мелких конечных ветвях системы, а боковое ветвление с преобладающей главной осью наблюдается в более мощных частях тела растения. Создаётся впечатление, что многие растения формируют системы типа "сучок" с преобладанием главной оси, пока размеры и мощность ветвей не уменьшаются до какого-то минимального предела, после чего система один или несколько раз разветвляется дихотомически (вильчато), и на этом ветвление прекращается.

"Розетка" — мало распространённая модель, встречающаяся у водорослей, лишайников и др. В модели "мутовка" все ветви занимают более или менее одинаковое положение по отношению к производящему метамеру и друг к другу, поэтому возможности для возникновения различий между боковыми метамерами в пределах одного узла минимальны. В случае модели "пучок" несколько метамеров развивается из производящего метамера так, что их основания сильно сближены, а угловое расстояние между производными метамерами невелико; таким образом, производные метамеры располагаются на производящем в виде пучка, обращённого в одну сторону. Эта модель встречается не часто. Она создаёт возможность для дифференциации метамеров по форме и функции. Формы ветвления широко распространены и в животном мире. Скелет животных, по существу, представляет собой ветвящуюся конструктивную систему. Особое значение начинают приобретать принципы ветвления в градостроительстве в связи с необходимостью проектирования движущихся потоков: пешеходов, автотранспорта, метро, троллейбусов и т.д. Можно проследить и историческую тенденцию ветвления в развитии старых городов.

В решении проблем движения потоков в городе из закономерностей ветвления природных объектов можно заимствовать:

- виды и формы ветвления, включая пространственное ветвление;
- оптимальную плотность ветвления с точки зрения распределения и затрат энергии;

- оптимальную интенсивность ветвления в направлении от центров к периферии;
- оптимальную единичную и суммарную скорость движения потоков в зависимости от узлов ветвления.

Ветвящиеся процессы в некоторых системах тесно переплетаются со спиральными. Например, раковины моллюсков часто скульптурированы спиральными выступами, которые ветвятся (рис. 3.10., 3.11.).

3.6. ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ

История золотого сечения.

Принято считать, что понятие о золотом делении ввёл в научный обиход Пифагор, древнегреческий философ и математик (VI в. до н.э.). Есть предположение, что Пифагор своё знание золотого деления позаимствовал у египтян и вавилонян. И действительно, пропорции пирамиды Хеопса, храмов, барельефов, предметов быта и украшений из гробницы Тутанхамона свидетельствуют, что египетские мастера пользовались соотношениями золотого деления при их создании. Французский архитектор Ле Корбюзье нашел, что в рельефе из храма фараона Сети I в Абидосе и в рельефе, изображающем фараона Рамзеса, пропорции фигур соответствуют величинам золотого деления. Зодчий Хесира, изображённый на рельефе деревянной доски из гробницы его имени, держит в руках измерительные инструменты, в которых зафиксированы пропорции золотого деления. Греки были искусными геометрами. Даже арифметике обучали своих детей при помощи геометрических фигур. Квадрат Пифагора и диагональ этого квадрата были основанием для построения динамических прямоугольников. Платон (427...347 гг. до н.э.) также знал о золотом делении. Его диалог “Тимей” посвящён математическим и эстетическим воззрениям школы Пифагора и, в частности, вопросам золотого деления. В фасаде древнегреческого храма Парфенона присутствуют золотые пропорции.

При его раскопках обнаружены циркули, которыми пользовались архитекторы и скульпторы античного мира. В Помпейском циркуле (музей в Неаполе) также заложены пропорции золотого деления. В дошедшей до нас античной литературе золотое деление впервые упоминается в “Началах” Евклида. Во 2-й книге “Начал” даётся геометрическое построение золотого деления. После Евклида исследованием золотого деления занимались Гипсикл (II в. до н.э.), Папп (III в. н.э.) и др. В средневековой Европе с золотым делением познакомились по арабским переводам “Начал” Евклида. Переводчик Дж. Кампано из Наварры (III в.) сделал к переводу комментарии. Секреты золотого деления ревностно оберегались, хранились в строгой тайне. Они были известны только посвящённым.

В эпоху Возрождения усиливается интерес к золотому делению среди учёных и художников в связи с его применением, как в геометрии, так и в искусстве, особенно в архитектуре Леонардо да Винчи, художник и учёный, видел, что у итальянских художников эмпирический опыт большой, а знаний мало. Он задумал и начал писать книгу по геометрии, но в это время появилась книга монаха Луки Пачоли, и Леонардо оставил свою затею. По мнению современников и историков науки, Лука Пачоли был настоящим светилом, величайшим математиком Италии в период между Фибоначчи и Галилеем. Лука Пачоли был учеником художника Пьеро делла Франчески, написавшего две книги, одна из которых называлась “О перспективе в живописи”. Его считают творцом начертательной геометрии.

Лука Пачоли прекрасно понимал значение науки для искусства. В 1496 г по приглашению герцога Моро он приезжает в Милан, где читает лекции по математике. В Милане при дворе Моро в то время работал и Леонардо да Винчи. В 1509 г. в Венеции была издана книга Луки Пачоли “Божественная пропорция” с блестяще выполненными иллюстрациями, ввиду чего полагают, что их сделал Леонардо да Винчи. Книга была восторженным гимном золотой пропорции.

Среди многих достоинств золотой пропорции монах Лука Пачоли не преминул назвать и ее “божественную суть” как выражение божественного триединства бог сын, бог отец и бог дух святой (подразумевалось, что малый отрезок есть олицетворение бога сына, больший отрезок – бога отца, а весь отрезок – бога духа святого).

Леонардо да Винчи также много внимания уделял изучению золотого деления. Он производил сечения стереометрического тела, образованного правильными пятиугольниками, и каждый раз получал прямоугольники с отношениями сторон в золотом делении. Поэтому он дал этому делению название золотое сечение. Так оно и держится до сих пор как самое популярное.

В то же время на севере Европы, в Германии, над теми же проблемами трудился Альбрехт Дюрер. Он делает наброски введения к первому варианту трактата о пропорциях. Дюрер пишет. “Необходимо, чтобы тот, кто что-либо умеет, обучил этому других, которые в этом нуждаются. Это я и вознамерился сделать”.

Судя по одному из писем Дюрера, он встречался с Лукой Пачоли во время пребывания в Италии. Альбрехт Дюрер подробно разрабатывает теорию пропорций человеческого тела. Важное место в своей системе соотношений Дюрер отводил золотому сечению. Рост человека делится в золотых пропорциях линией пояса, а также линией, проведённой через кончики средних пальцев опущенных рук, нижняя часть лица – ртом и т.д. Известен пропорциональный циркуль Дюрера.

Великий астроном XVI в. Иоганн Кеплер назвал золотое сечение одним из сокровищ геометрии. Он первый обращает внимание на значение золотой пропорции для ботаники (рост растений и их строение).

Кеплер называл золотую пропорцию продолжающей саму себя “Устроена она так, – писал он, – что два младших члена этой нескончаемой пропорции в сумме дают третий член, а любые два последних члена, если их

сложить, дают следующий член, причём та же пропорция сохраняется до бесконечности”.

Построение ряда отрезков золотой пропорции можно производить как в сторону увеличения (возрастающий ряд), так и в сторону уменьшения (нисходящий ряд).

Если на прямой произвольной длины, отложить отрезок m , рядом откладываем отрезок M .

В последующие века правило золотой пропорции превратилось в академический канон и, когда со временем в искусстве началась борьба с академической рутинной, в пылу борьбы “вместе с водой выплеснули и ребёнка”. Вновь “открыто” золотое сечение было в середине XIX в. В 1855 г. немецкий исследователь золотого сечения профессор Цейзинг опубликовал свой труд “Эстетические исследования”. С Цейзингом произошло именно то, что и должно было неминуемо произойти с исследователем, который рассматривает явление как таковое, без связи с другими явлениями. Он абсолютизировал пропорцию золотого сечения, объявив её универсальной для всех явлений природы и искусства. У Цейзинга были многочисленные последователи, но были и противники, которые объявили его учение о пропорциях “математической эстетикой”.

Справедливость своей теории Цейзинг проверял на греческих статуях. Наиболее подробно он разработал пропорции Аполлона Бельведерского. Подверглись исследованию греческие вазы, архитектурные сооружения различных эпох, растения, животные, птичьи яйца, музыкальные тона, стихотворные размеры. Цейзинг дал определение золотому сечению, показал, как оно выражается в отрезках прямых и в цифрах. Когда цифры, выражающие длины отрезков, были получены, Цейзинг увидел, что они составляют ряд Фибоначчи, который можно продолжать до бесконечности в одну и в другую сторону. Следующая его книга имела название “Золотое деление как основной морфологический закон в природе и искусстве”.

В конце XIX – начале XX вв. появилось немало чисто формалистических теории о применении золотого сечения в произведениях искусства и архитектуры. С развитием дизайна и технической эстетики действие закона золотого сечения распространилось на конструирование машин, мебели и т.д.

Принципы формообразования в природе.

Все, что приобретало какую-то форму, образовывалось, росло, стремилось занять место в пространстве и сохранить себя. Это стремление находит осуществление в основном в двух вариантах – рост вверх или расстилание по поверхности земли и закручивание по спирали. Раковина закручена по спирали. Если её развернуть, то получается длина, немного уступающая длине змеи. Небольшая десятисантиметровая раковина имеет спираль длиной 35 см. Спирали очень распространены в природе. Представление о золотом сечении будет неполным, если не сказать о спирали.

Форма спирально завитой раковины привлекла внимание Архимеда. Он изучал её и вывел уравнение спирали. Спираль, вычерченная по этому уравнению, называется его именем. Увеличение её шага всегда равномерно. В настоящее время спираль Архимеда широко применяется в технике.

Ещё Гёте подчёркивал тенденцию природы к спиральности. Винтообразное и спиралевидное расположение листьев на ветках деревьев подметили давно. Спираль увидели в расположении семян подсолнечника, в шишках сосны, ананасах, кактусах и т.д. Совместная работа ботаников и математиков пролила свет на эти удивительные явления природы. Выяснилось, что в расположении листьев на ветке (филотаксис), семян подсолнечника, шишек сосны проявляет себя ряд Фибоначчи, а стало быть, проявляет себя закон золотого сечения. Паук плетёт паутину спиралеобразно. Спиралью закручивается ураган.

Испуганное стадо северных оленей разбегается по спирали. Молекула ДНК закручена двойной спиралью. Гете называл спираль “кривой жизни”.

Среди придорожных трав растёт ничем не примечательное растение – цикорий. Приглядимся к нему внимательно. От основного стебля образовался отросток. Тут же расположился первый листок. Отросток делает сильный выброс в пространство, останавливается, выпускает листок, но уже короче первого, снова делает выброс в пространство, но уже меньшей силы, выпускает листок ещё меньшего размера и снова выброс. Если первый выброс принять за 100 единиц, то второй равен 62 единицам, третий – 38, четвёртый – 24 и т.д. Длина лепестков тоже подчинена золотой пропорции. В росте, завоевании пространства растение сохраняло определённые пропорции. Импульсы его роста постепенно уменьшались в пропорции золотого сечения. В ящерице с первого взгляда улавливаются приятные для нашего глаза пропорции – длина её хвоста так относится к длине остального тела, как 62 к 38. И в растительном, и в животном мире настойчиво пробивается формообразующая тенденция природы – симметрия относительно направления роста и движения. Здесь золотое сечение проявляется в пропорциях частей перпендикулярно к направлению роста. Природа осуществила деление на симметричные части и золотые пропорции. В частях проявляется повторение строения целого. Великий Гёте, поэт, естествоиспытатель и художник (он рисовал и писал акварелью), мечтал о создании единого учения о форме, образовании и преобразовании органических тел. Это он ввёл в научный обиход термин морфология. Пьер Кюри в начале XX столетия сформулировал ряд глубоких идей симметрии. Он утверждал, что нельзя рассматривать симметрию какого-либо тела, не учитывая симметрию окружающей среды. Закономерности “золотой” симметрии проявляются в энергетических переходах элементарных частиц, в строении некоторых химических соединений, в планетарных и космических системах, в генных структурах живых организмов.

Эти закономерности, как указано выше, есть в строении отдельных органов человека и тела в целом, а также проявляются в биоритмах и функционировании головного мозга и зрительного восприятия.

Общие сведения о исследованиях золотого сечения.

Интуитивное представление о существовании гармонии, эстетики, стандартизации и технологии в архитектуре тесно связаны с поиском рациональных в функциональном и морфологическом отношениях количественных мер свойственно каждому человеку со времён зарождения цивилизации. В колоссальном многообразии форм живой природы обнаруживаются и чёткие ритмы и аритмия, симметрия и асимметрия, непрерывность и дискретность, статика и динамика, которые проявляются в "произведениях" природы как два, по крайней мере, руководящих морфологических принципа — спирализации и ветвления. Эти принципы порождают ритмы и пропорции природных образований, явлений, организмов и т.д., которые издавна служат источником подражания и научного анализа.

Исторический опыт развития искусства и естествознания показывает, что как в собственно народном творчестве, так и в лучших произведениях архитектуры и в исследованных объектах живой природы наблюдаются логически законченные, построенные на определённых законах соразмерности. Одной из наиболее интересных и, пожалуй, важнейших соразмерностей, зрительно хорошо воспринимаемых, является пропорция золотого сечения.

Золотое сечение – это такое пропорциональное деление отрезка на неравные части, при котором весь отрезок так относится к большей части, как сама большая часть относится к меньшей; или другими словами, меньший отрезок так относится к большему, как больший ко всему:

$$a : b = b : c \text{ или } c : b = b : a.$$

В количественном отношении пропорция золотого сечения выражается иррациональным числом 1,618 033 989 ... , или, округлённо с точностью до третьего знака, числом 1,618. Общепринятым обозначением её является Φ ^{7*} — первая буква имени Фидия, выдающегося скульптора Древней Греции, по видимому, применявшего золотое сечение в своих произведениях ($\Phi = 1,618\dots$).

Несмотря на отсутствие сведений, есть основания полагать, что пропорция золотого сечения была известна с незапамятных времён, задолго до того, как появился сам термин "золотое сечение". Согласно [27], некоторые археологи, основываясь на изучении находок палеолитических стоянок человека, предполагают, что золотое сечение практически использовалось 20—25 тыс. лет назад. О правомерности таких предположений свидетельствуют, в частности, результаты геометрического анализа (Ю.С. Лебедев, В.Ф. Жданов) наскальных гравюр (рис. 3.12.) безымянных художников каменного и бронзового веков [1, 2, 6].

Геометрические особенности пропорции золотого сечения, удивительные математические свойства числовых множеств, функционально связанных с числом 1,618, не раз восхищали древних геометров, художников, скульпторов. Как уже говорилось выше (см. главу о моделировании), наглядной геометрической интерпретацией пропорции золотого сечения является деление отрезка прямой на две неравные части так, чтобы большая часть была средним пропорциональным между отрезком и его меньшей частью (рис. 3.12.).

Если обозначить большую часть отрезка через a (рис. 71), меньшую через b (целое будет $a+b$), то имеем:

$$(a+b)/a = a/b$$

⁷ * Обозначение золотого сечения через Φ было предложено английскими математиками М. Барром и Шолингом в математических приложениях к книге Т. Кука "Кривые линии в жизни" (Cook T. The Curves of Life. London, 1914).

$$\text{или } 1 + (b/a) = a/b. \quad (1)$$

Обозначив отношение a/b через Φ , получим уравнение

$$1 + (1/\Phi) = \Phi \quad (2)$$

или $\Phi^2 - \Phi - 1 = 0$; положительный корень этого уравнения даёт искомое отношение:

$$\Phi = (1 + \sqrt{5}) / 2 \approx 1,618..$$

Если более или менее придерживаться событий, связанных с проблемой золотого сечения, в их хронологическом порядке, то нельзя обойти молчанием сочинение "Liber abacci" ("Книга об абаке" (*Абак* — счётная доска.)), написанное в 1202 г. знаменитым итальянским математиком Леонардо из Пизы (около 1170-1250), который известен больше по своему прозвищу Фибоначчи (т.е. сын доброй природы). Эта книга представляет собой объёмный труд, содержащий почти все арифметические и алгебраические сведения того времени. Она сыграла заметную роль в развитии математики в Западной Европе в течение последующих столетий; именно благодаря этой книге европейцы познакомились с индусскими ("арабскими") цифрами. Одна из задач в дошедшем до нас втором варианте книги привела к открытию математического ряда чисел со свойствами золотого сечения. В честь автора этой задачи ряд этих чисел был назван рядом Фибоначчи.

В итоге из этих чисел можно составить ряд: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, ...

Одно из интересных свойств этого ряда заключается в том, что каждый член ряда равен сумме двух предыдущих. В 1496—1499 гг. итальянский математик Лука Пачиоли под влиянием взглядов своего друга Леонардо да Винчи посвятил пропорции золотого сечения восторженную книгу "О божественной пропорции"⁸, вышедшую в 1509 г.

⁸ I Paciolo Fra Luca. De divina proportione. Venezia, 1509.

Леонардо да Винчи выполнил и гравюры для книги Пачиоли и ввёл самый термин "золотое сечение" — "Sectio aurea".

Гениальный немецкий художник эпохи Возрождения Альбрехт Дюрер с 1500 г. работал над воплощением гармонического образа человека, построенного на изучении классических образцов. В то же время Дюрер приступил к научному изучению человеческого тела, стремясь найти идеальные пропорции и на их основе построить совершенную фигуру. В период 1500—1504 гг. он выполнил ряд рисунков обнажённой человеческой фигуры. Осенью 1506 г. А. Дюрер отправился из Венеции в Болонью, где жил Пачиоли, чтобы быть посвящённым в законы "тайной перспективы" [19]. Итог этой работы он подвёл в своих известных трёх изданиях — "Книга о пропорциях", над которыми работал более десяти лет, начиная с 1515 г. К научным поисковым такого рода рисункам Дюрера близка гравюра на меди "Адам и Ева" (1504 г.) [1].

"Для того чтобы целое, разделённое на две неравные части, казалось прекрасным с точки зрения формы, между меньшей и большей частями должно быть то же отношение, что и между большей частью и целым" [1].

Он называет это законом пропорций и утверждает, что этот закон проявляется в пропорциях человеческого тела и в теле тех животных, формы которых отличаются изяществом; он также видит этот закон и в некоторых эллинских храмах (в частности, в Парфеноне) , в ботанике и в музыке.

Наконец, в ботанике он (Цейзинг — Ю.Л.) открыл "закон углов", согласно которому угловые расхождения ветвей соответствуют делению человеческого тела через точку пупка по принципу Φ , это значит, что средняя величина углового отклонения $A=137^{\circ}30'28''$, из чего следует:

$A/(360^{\circ} - A) = (360^{\circ} - A) / 360^{\circ}$. Если принять $360^{\circ} - A=B$, то это равноценно $A/B = B/(A+B)$.

Изучая проблему классификации листьев, Черч открыл вышеуказанное практическое объяснение (математически подтверждённое профессором Визнером в 1875 г.) и дал выражению $A=360^\circ/\Phi^2=137^\circ30'$ наименование «идеального угла».

Одной из важнейших операций в познании явлений или объектов природы для античных учёных была операция нахождения середины, центра (центра симметрии, центра тяжести, равновесия и др.) человеческого тела. Естественным центром человеческого тела, по Витрувию, является пупок: ***"Ибо, если положить человека навзничь с распростёртыми руками и ногами и приставить ножку циркуля к его пупку, то при описании окружности линия её коснётся пальцев обеих рук и ног. Точно так же, как из тела может быть получено очертание окружности, из него можно образовать и фигуру квадрата. Ибо если измерить расстояние от подошвы ног до темени и приложить ту же меру к распростёртым рукам, то получится одинаковая ширина и длина, так же как на правильных квадратных площадках"***.

Многие исследователи считают, в частности, что выше приведённый отрывок из трактата Витрувия послужил основой для широко известного схематического рисунка пропорций человеческого тела, выполненного Леонардо да Винчи и воспроизведённого в переизданиях Витрувия, вышедших в 1511 и 1521 гг. Леонардо да Винчи в одной из своих записных книжек, интерпретируя Витрувия, отмечает: ***"Если вы раздвинете ноги так широко, что ваш рост уменьшится на 1/14, и разведёте в сторону поднятые руки так, что средние пальцы окажутся на уровне макушки, то, да будет вам известно, центр распростёртых конечностей окажется в пупке, а пространство, ограниченное ногами, будет равносторонним треугольником"***⁹ [1].

⁹ ¹ Геометрический анализ рисунка Леонардо да Винчи, выполненный в лаборатории архитектурной бионики ЦНИИТИА (Ю.С. Лебедев, В.Ф. Жданов), показал, что в пределах инструментальной погрешности соотношение по высоте между частями фигуры человека относительно её центра (пупка) есть золотое сечение; кроме того, относительные размеры других частей фигуры удовлетворительно согласуются с современными антропометрическими данными, которые будут приведены далее в тексте.

В современных методических пособиях по рисованию часто приводится ставший классическим рисунок А. Дюрера, изображающий объёмно-конструктивное строение головы человека. То, что А. Дюрер в этом рисунке использует античный алгоритм построения головы и её частей, не вызывает сомнения. То же самое относится и к анатомическим рисункам Леонардо да Винчи, рисункам Гольбейна и других художников эпохи Возрождения.

Модуль Ле Корбюзье. Архитекторы, использующие в своей деятельности бионические принципы и методы исследования, моделирования будут правы, если назовут творчество выдающегося французского архитектора Ле Корбюзье одной из предтеч архитектурной бионики.

Он выразил своё мировоззрение, ставшее лейтмотивом всей его жизни, в следующих словах: *"Цветок, растение, дерево, гора тянутся вверх, живя в своей среде. Их облик привлекает к себе внимание своим подлинным величием и выразительностью. Мы останавливаемся, ощутив взаимосвязь явлений в природе, с волнением наблюдаем гармонию, которой охвачено столь большое пространство... Архитектура, скульптура, живопись целиком связана с пространством, с необходимостью организовать пространство каждая своими средствами. Самое существенное здесь то, что ключом к эстетической эмоции служит восприятие пространства"* [1].

Проведённые в лаборатории архитектурной бионики ЦНИИТИА предварительные исследования, а также работы многих наших современников-учёных показали, что золотое сечение является механизмом, но механизмом гармонического роста и развития живых организмов и в итоге характеризует их энергетический баланс. Оно обнаруживается на макро- и микроуровнях живой природы, в самых различных геометрических соотношениях: линейных, плоскостных, объёмных и их взаимосвязях между собой (например, динамика соотношения объёмов и поверхностей раковин мидии на определённых этапах их роста).

Об этой идее А.К. Буров писал, что пропорции, над которыми он работал, основаны на последних исследованиях математиков, астрономов и физиков, которые нашли, что Вселенная, земной шар, организмы, растения, кристаллы — все подчинено элементарным математическим законам. Причём пропорции золотого сечения тождественны для снежинки и растения [1].

В живой природе мы обнаруживаем очень "мягкие" нюансные соразмерности. Их выявление важно для дальнейшего совершенствования средств гармонизации в архитектуре. Но наряду с нюансными производными золотого сечения в живой природе существуют и весьма резкие его соотношения, свидетельствующие не только о малых изменениях, но и о динамичных рывках в процессе роста организмов и их приспособляемости к условиям жизненной среды. Известно, что циклы роста живых существ неравномерны в течение их жизни. Кроме того, существуют метеорологические факторы, ускоряющие или замедляющие рост. По-видимому, и в архитектуре, в том числе и в индустриальном строительстве, необходимо сочетать динамику резких увеличений и малых изменений форм, используя золотое сечение (наряду с другими средствами гармонизации), которым, если уж его применять, должна быть пронизана вся структура здания. Однако методику применения золотого сечения следует разрабатывать заново, а его значение, как уже было сказано, не стоит преувеличивать, но и не надо преуменьшать.

Интерес к пропорции в архитектуре в наше время был насколько утрачен. Произошло это:

- во-первых, в связи с индустриализацией строительства, основанной на первых этапах главным образом на внедрении сборных, стандартных элементов, размеры которых определялись в первую очередь утилитарно-функциональными требованиями и экономикой;

- во-вторых, в связи с внедрением в архитектуру сложных пространственных конструкций, пропорционирование форм которых весьма затруднилось.

Современные методы математики, например, топологии, статистики, внедрение в науку электронно-вычислительных машин и т.д. позволяют исследовать законы соразмерностей сложных форм, вникая в их сущность. При этом нужно учитывать, что зрительный аппарат человека, а в определённой степени и его психология формировались в течение многих тысячелетий на объектах живой природы.

В этом отношении, несомненно, прав А.К. Буров, когда говорит, что пропорции — это далеко не все то, что "нужно, пропорции — это очень небольшая часть от всей задачи архитектуры. Овладеть пропорцией и не овладеть архитектурой, это все равно, что ничего не уметь делать. Но А.К. Буров и не преуменьшал значение пропорций в архитектуре; он писал, что одним из основных условий гармонического решения архитектуры здания является соблюдение такого пропорционального построения, при котором все соотношения здания находились бы в единой пропорциональной зависимости.

Человек различает окружающие его предметы по форме. Форма, в основе построения, которой лежат сочетание симметрии и золотого сечения, способствует наилучшему зрительному восприятию и появлению ощущения красоты и гармонии. Целое всегда состоит из частей, части разной величины находятся в определённом отношении друг к другу и к целому. Принцип золотого сечения – высшее проявление структурного и функционального совершенства целого и его частей в искусстве, науке, технике и природе.

Золотое сечение в живописи.

Ещё в эпоху Возрождения художники открыли, что любая картина имеет определённые точки, невольно приковывающие наше внимание, так называемые зрительные центры. При этом абсолютно неважно, какой формат имеет картина - горизонтальный или вертикальный. Таких точек всего четыре, и расположены они на расстоянии $3/8$ и $5/8$ от соответствующих краёв плоскости.

Данное открытие у художников того времени получило название "золотое сечение" картины. Поэтому, для того чтобы привлечь внимание к главному элементу изображения, необходимо совместить этот элемент с одним из зрительных центров.

Золотое сечение в скульптуре.

Скульптурные сооружения, памятники воздвигаются, чтобы увековечить знаменательные события, сохранить в памяти потомков имена прославленных людей, их подвиги и деяния. Известно, что ещё в древности основу скульптуры составляла теория пропорций. Отношения частей человеческого тела связывались с формулой золотого сечения. Пропорции "золотого сечения" создают впечатление гармонии красоты, поэтому скульпторы использовали их в своих произведениях. Скульпторы утверждают, что талия делит совершенное человеческое тело в отношении "золотого сечения". Так, например, знаменитая статуя Аполлона Бельведерского состоит из частей, делящихся по золотым отношениям. Великий древнегреческий скульптор Фидий часто использовал "золотое сечение" в своих произведениях. Самыми знаменитыми из них были статуя Зевса Олимпийского (которая считалась одним из чудес света) и Афины Парфенос.

Золотое сечение в архитектуре.

В книгах о "золотом сечении" можно найти замечание о том, что в архитектуре, как и в живописи, все зависит от положения наблюдателя, и что, если некоторые пропорции в здании с одной стороны кажутся образующими "золотое сечение", то с других точек зрения они будут выглядеть иначе. "Золотое сечение" даёт наиболее спокойное соотношение размеров тех или иных длин. Одним из красивейших произведений древнегреческой архитектуры является Парфенон (V в. до н. э.). Парфенон имеет 8 колонн по коротким сторонам и 17 по длинным. Выступы сделаны целиком из квадратов пентилейского мрамора.

Благородство материала, из которого построен храм, позволило ограничить применение обычной в греческой архитектуре раскраски, она только подчеркивает детали и образует цветной фон (синий и красный) для скульптуры. Отношение высоты здания к его длине равно 0,618. Если произвести деление Парфенона по “золотому сечению”, то получим те или иные выступы фасада.

3.7. БИОУРБАНИЗМ АРХИТЕКТУРА БУДУЩЕГО

Непрерывный рост населения Земли, особенно в городах, стремительное развитие производственных сил и невиданный размах научно-технической революции в век бурного социального прогресса превращают развитие городов в одну из актуальнейших проблем современности.

Сегодня общество тоже использует наследие, оставленное ему минувшими эпохами. Оно переустраивает его или включает в свои новые градостроительные решения. Таким образом, если мы строим новые центры, комплексы, здания и сооружения, то создаём не только сегодняшние, но и будущие города и условия жизнедеятельности. Этот шаг в будущее сопровождается усилиями по устранению недостатков наших городов и созданию более комфортных условий для жизни людей.

Несмотря на то, что достаточно активно идёт освоение околоземного пространства и галактики, человек до сих пор так и не построил свой «идеальный» город или среду, который отвечал бы всем нуждам общества. Он всегда существовал и существует только в мечтах, только как город будущего и оптимальными условиями жизни и деятельности.

Ответ на эти вопросы пытались найти и продолжают искать многие коллективы архитекторов, градостроителей, дизайнеров и инженеров. Каждый из них создавал своё решение с надеждой, что приблизился к городу будущего, которые предлагаются наряду с наземными, подземные подводные, надводные, надземные и даже в космосе.

Отправиться в путешествие в день завтрашний, помечтать об отдалённой перспективе всегда интересно. Ознакомимся с некоторыми устремлёнными в будущее примерами формирования комплексов, зданий, сооружений и их внутреннего пространства.

Архитектура невесомости. Космос – это не только абсолютно новая среда обитания, это новая техника и новые методы работы с этой техникой. Всё новое. Поэтому и эргономика должна быть тоже совершенно новая, - космическая. И главное отличие её диктуется, конечно, невесомостью. Вследствие изменения механизма пространственного анализа, - пишут доктора медицинских наук Н.Рудный и И.Пестов, - перестройки координации движений в невесомости и особенно биомеханики человека в безопорном положении, становятся необходимыми новые инженерно-психологические решения в оборудовании рабочих мест, оснащении их средствами фиксации и перемещения. Меняются также требования к оборудованию и коммуникациям, рабочему инструментарию, организации внутреннего пространства интерьера.

Эргонометрическим удобствам космонавты во многом обязаны своим коллегам. По мере усложнения программ космических полётов на орбитальных станциях, контакт космонавтов и конструкторов становится всё более тесным. «Оптимальное размещение экипажа, оборудования, средств управления и индикации в пределах рабочих зон достигается анализом звеньев, - пишет кандидат технических наук В.Симаев. – в основе метода лежит принцип «Человек и аппаратура», работающие вместе». Суть метода заключается в графическом нанесении на контурно-габаритный чертёж рабочих зон всех визуально-моторных связей космонавта с оборудованием и в последующем анализе, как напряжённости зон, так и их пересечений».

Невесомость способна экономить жизненное пространство. Например, вакуумная ёмкость, предназначенная для лучшей адаптации организма в

условиях полёта, расположена на «стене», и влезть в неё можно удобнее всего двигаясь по «стене». В земных условиях её надо было бы монтировать на полу, потому что если бы даже кто-нибудь посадил меня и я влез бы на неё по стене, она сорвалась бы вниз под тяжестью моего тела..., в невесомости человек заселяет не квадратуру, а объём. Он требует от архитектора организации пространства, а не площади, причём такой организации пространства, при которой, сидя на потолке, как на нынешних орбитальных станциях, он не подозревал бы о том, что сидит на потолке. Параллелепипед комнаты в невесомости естественно и логично перерождается в шар – идеальное пространство равных возможностей. В тоже время, когда спросили одного из первых космонавтов Германа Титова, как ему спалось в космосе, и в каком положении он спал. Он ответил – а я и не знаю. – Может быть стоя, а может быть, лёжа. Кто знает? Ведь разницы нет – невесомость...

Итак, мы вступаем в пору признания невесомости как одного из решающих факторов космического проектирования. Если в начальном этапе освоения космоса весьма осторожно использовали те преимущества, которые предоставляет человеку невесомость, - и в этом есть своя логика – то теперь уже можно угадать в будущем такую организацию пространства, которая может вообще не иметь земных аналогов. Это архитектура невесомости.

Человечество должно решительно перестраивать технологию промышленного производства. Наш идеал – чистое производство. Но даже в том случае, если мы разработаем совершенную технологию, найдём новые источники энергии, в частности используем ядерную или иную энергию, заменим один вид материалов, другими прекратим загрязнение атмосферы, научимся наиболее целесообразно расходовать ресурсы Земли, нам грозит ещё опасность – возможный перегрев атмосферы. Повышение температуры на один-два градуса может привести, вероятно, к таянию мировых льдов. А это чревато многими нежелательными последствиями.

Уже сегодня в космосе испытано многие сотни различных исследовательских и производственных процессов и полёты в космос не обходятся без того, чтобы в его программу не были бы включены подобные работы. Это понятно: условия космического производства и, прежде всего, невесомость, сулят производственникам необыкновенные выгоды. Отсутствие тяжести позволяет, в частности, выращивать кристаллы с высокой степенью чистоты, которые нужны для дальнейшего прогресса электронной техники. Более однородные свойства приобретают при плавлении в невесомости эвтектические сплавы. Установлено, что отсутствие силы тяжести влияет на процессы отверждения некоторых насыщенных растворов. Да вот простой пример: на Земле надо приложить необыкновенные усилия, чтобы отлить из металла идеальный шар, в то время как в невесомости он получается сам собой.

Возможно, только космическая индустрия позволит нам получить новые виды биологических структур, поскольку только в невесомости существуют идеальные условия для разделения биологических материалов на уровне клеток. Все эти примеры довольно фрагментарны и случайны потому что, мы ещё сами не знаем всех возможностей космической индустрии и можем лишь домысливать все те преимущества, которые она сулит. Совершенно ясно и то, что истощение земных недр рано или поздно поставит нас перед необходимостью эксплуатировать минеральные и рудные кладовые космоса. Таким образом, нужды энергетические и индустриальные, по мнению многих специалистов, должны будут поставить вопрос о строительстве вне пределов Земли.

«Облегчённый мир» для нас, землян, есть только переходная среда из мира тяжести в мир невесомости. Переход этот принципиальный, качественный. Астроархитектура - это архитектура беспредельных возможностей формообразования, соответственно с новыми конструкциями и материалами.

В связи с выше отмеченным один из создателей современной архитектуры, крупнейший теоретик и замечательный практик Вальтер Гропиус, с горечью написал однажды: «Нам всегда недоставало науки, но сегодня она выталкивает нас из состояния равновесия... и в своём стремительном продвижении затмевает другие компоненты, необходимые для гармонизации человеческой жизни... Вы конечно, не назовёте этот век веком искусства, не правда ли? Это век науки»¹⁰.

Один из выдающихся архитекторов XX века – японец Кензо Танге считает: «Архитекторы и дизайнеры – единственные посредники между техникой и человеком и потому чрезвычайно важно, чтобы с развитием науки они проявляли творческую активность».

Если мы уже вспомнили великих архитекторов, то надо сказать, что почти все они, сами того не ведая, думали об астроархитектуре. Человек вышел в космос, но это пока не изменило его самого, а значит, мысли корифеев, рождённые на Земле и для Земли, справедливы и для космоса.

Оскар Нимейер, не думая о космосе, написал о космосе: «...развитие техники и современного общества влечёт за собой появление самых разнообразных и неожиданных решений, которые невозможно подчинить строгому порядку».

Финн Альвар Аальто говорил, что архитектура по-прежнему остаётся большим, сложным, синтетическим явлением, объединяющим тысячи различных человеческих функций. Её цель приводить мир в гармонию с человеческой жизнью». Разве это не о будущих «эфирных поселениях»?

Француз Ле Корбюзье вряд ли читал об эфирных поселениях Циолковского, когда родилась его крылатая фраза: «дом – это машина для жилья». Что представляет по нашим нынешним представлениям архитектура «эфирных поселений», - вы более или менее теперь знаете.

¹⁰ Я.К.Голованов Архитектура невесомости.

Мы понимаем, сколько усилий, сколько изобретательности потребуется от архитекторов эта увлекательная работа вне Земли.

Летающие сады заправятся газом от морской биофермы, в лабораториях зреют технологии, способные открыть новую страничку в энергетике. Скажем, немало пользы ей сулит биоинженерия. Но что надо сделать, чтобы подобные инновации действительно заметили и начали внедрять? Нужно создать что-то безумно лихое, хотя бы на бумаге.

Проекты французского бельгийца Венсана Каллебо (Vincent Callebaut) отличаются плавные фантастические формы, основанные на природных аналогах, и неизменная экологическая направленность – обилие зелёных насаждений внутри. Трава и деревья, кустарники и цветы, зерновые и водоросли — все они должны помочь людям сделать мир немного чище.

Таковы бионический сад-корабль *Physalia*, титаническая ферма-небоскрёб *Dragonfly*, плавающий город *Lilypad* и очистительная башня *Anti-Smog*. Новая работа выполнена в том же ключе.

Безопасность плавания колоссального дирижабля с водородом над крупными и не очень городами остаётся едва не самым спорным моментом задумки, но бельгиец без тени сомнения помещает своё творение то в Шанхай, то в прибрежную зону Южно-Китайского моря и в его живописные заливы (иллюстрация Vincent Callebaut).

Цена на нефть бьёт рекорды, и во вполне обозримом будущем, по прогнозу некоторых специалистов, планета может столкнуться с заметным падением добычи энергоносителей при росте потребностей в них. А значит, давно пора подумать об альтернативе, рассуждает Каллебо.

Очевидно, далеко не он один размышляет о мире без "чёрного золота", но именно Венсан со своим чутьём художника сумел облечь фантазии о чистой планете в эффектную форму по имени "Гидрогеназа" (*Hydrogenase*). Название заимствовано у фермента, играющего важную роль в

биохимических цепочках реакций, идущих в фотосинтезирующих организмах.

Hydrogenase — это причудливый сплав воздухоплавания с садоводством. Наверняка вдохновлялся Венсан давно носящимися в воздухе идеями прекрасной башни-сада или же утилитарной башни-фермы. Но то строения стационарные, а сад под облаками — это ещё необычнее.

Полужёсткий дирижабль Hydrogenase в воображении архитектора насчитывает в высоту 480 метров, а в диаметре (по "экватору") – 180 м. Заключает он в себе объём в 250 тысяч кубометров. А весит эта штукавина порядка 200 тонн (иллюстрация Vincent Callebaut).

Торопиться такому саду особенно незачем, потому дирижабль этот — не горизонтальная сигара, а вертикальный поплавок. Впрочем, Венсан и тут говорит о проработке аэродинамики.

И неслучайно, видимо, общими обводами и делением на дольки "Гидрогеназа" очень напоминает неспешный, но захватывающий дух масштабом летающий отель Aircruise. В последние 10 лет в разных странах мира идут эксперименты с биотехнологическим получением водорода: некоторые виды водорослей в определённых условиях начинают бурно вырабатывать H_2 , причём выход его в расчёте на гектар посадок может быть в сто раз большим, чем при культивировании с аналогичной (биотопливной) целью рапса или подсолнечника. Бельгиец понимает, что даже целый флот таких колоссальных дирижаблей не сможет заметно повлиять на баланс мировых выбросов парниковых газов, но полагает, что Hydrogenase послужит примером, своего рода живым символом грядущих перемен в транспорте и энергетике (иллюстрация Vincent Callebaut).

О некоторых примерах экспериментов и даже практических установок по синтезу водорода (и других видов топлива) при помощи водорослей много говорится в последние годы. К этому добавился первый опыт по прямому получению от водорослей электричества.

По мотивам такого рода исследований архитекторы уже придумывали экологические города, обеспечивающие сами себя "зелёной" энергией, но Венсан посчитал, что аналогично могут снабжать себя подъёмным газом (и топливом по совместительству) большие дирижабли. Только в данном случае заправочными станциями для них будут посадочные площадки, совмещающие в себе и плавающие в море причалы, и водородные биофермы.

Как плавающая пристань с водорослями, так и сам дирижабль внешне выполнен по мотивам цветов (иллюстрация Vincent Callebaut).

Причал для дирижаблей должен быть оборудован 32 гидротурбинами, утилизирующими энергию морских течений. Сооружения должны вставать на якорь близ городов. Биореакторы на базе водорослей и воздушные вокзалы не должны конкурировать за площадь ни собственно с городами, ни с сельскохозяйственными угодьями, ни с лесами.

"Док-станции" "Гидрогеназы" будут поставлять дирижаблям и окрестным населённым пунктам водород, заодно помогая поглощать CO_2 и перерабатывать органические отходы.

Похожую "зелёную" составляющую Каллебо внедрил и в само летающее судно. В нём автор проекта предусмотрел многочисленные жилые помещения (на 67 этажах), офисы, лаборатории и зоны развлечений, а также миниатюрные сады-фермы (восемь отдельных участков).

Электричество аппарату должны поставлять гибкие фотоэлектрические батареи и топливные элементы (видимо, тоже биотехнологические), перерабатывающие органические отходы. Зелёные сады на палубах судна заодно должны сыграть роль очистителей воды.

Ради снижения веса конструкции всё, что только можно, должно быть выполнено из углеволоконных материалов. Архитектор пишет, что дальняя транспортировка грузов и людей при помощи водородного дирижабля будет обходиться намного дешевле, чем самолётами. Но вот цена постройки такой системы явно окажется немалой (иллюстрация Vincent Callebaut).

По замыслу архитектора, часть подъёмной силы данного аппарата должен обеспечивать гелий, а часть — водород. Последний на борту может сжиматься компрессорами и закачиваться в компактные ёмкости, если плавучесть судна следует снизить для быстрого спуска. И газ может быть выпущен обратно в многосекционные эластичные подъёмные баллоны, если колосс снова понадобится сделать легче воздуха.

Летать "фермент" должен на высоте порядка двух километров. 20 поворачиваемых воздушных винтов, по идее, обеспечат сооружению как вертикальную тягу для ускоренного взлёта, так и горизонтальную (на марше со скоростью до 175 км/ч).

Дальность полёта "Гидрогеназы" — до 10 тысяч километров. Кто захочет отправиться на такое расстояние со скоростью поезда — ещё не известно. Но тут у архитектора есть "запасной план". Ведь монстр бесконечно далёк от титула "просто транспорта".

Каллебо втиснул в проект массу передовых технологий. Так, вдохновлённая лотосом наноструктурированная поверхность этого дирижабля должна отталкивать грязь, лёд и снег. И здесь архитектор также не отрывается от земли, а просто следует за новейшими экспериментами (иллюстрация Vincent Callebaut).

Закономерно, что, рекламируя свою мечту, архитектор рассуждает о "новом поколении гибридных дирижаблей" и упоминает рост авиаперевозок, идущий на фоне всё той же жегрядущей проблемы нехватки топлива и роста вредных выбросов в атмосферу. Но понятно же, что аппараты легче воздуха в силу медлительности не могут заменить самолёты в массовых перевозках людей. Потому главные профессии (и функциональное назначение) у "Гидрогеназы" иные: мобильная платформа для гуманитарных миссий, аварийно-спасательных работ, туризма, мониторинга океана или научных исследований. "Этот обитаемый летательный аппарат открывает чистую и этическую мобильность в целях удовлетворения потребностей населения в

местах бедствия и природных катастроф, и всё это без взлётно-посадочной полосы!" – пишет автор проекта. Таким образом, дирижабль Каллебо может быть переоборудован под разные амплуа: от летающего госпиталя до уже не раз всплывавшей идеи воздушного отеля.

Как и другие фантазии Венсана, дирижабль "на водорослях" лишь внешне кажется полным витанием автора в облаках, но отталкивается он от вполне реальных достижений материаловедения и биоинженерии. А значит, есть шанс, что нечто похожее однажды действительно отправится в рейс.

Плавающие города – инновационный Ноев Ковчег «Кувшинка». Человечество, вернее, его самые передовые умы, уже сегодня готовятся жить в будущем, каким бы оно не случилось. Бельгийский архитектор Винсан Кальбо, например, придерживается гипотезы о том, что уже в обозримом будущем мировой океан поднимется настолько, что полностью поглотит сушу. Причём произойдёт это, отнюдь, не из-за таяния арктических льдов. Землю покроют совсем другие растаявшие льды – это ледяные панцири Антарктиды и Гренландии. Учёные подсчитали, что повышение температуры окружающей среды всего на один градус приведёт к поднятию уровня мирового океана на целый метр в год. Бельгиец, наряду с достаточно большим количеством деятелей науки, считает, что человечеству придётся приспособливаться к жизни на воде уже к концу текущего столетия. Специально для этой цели он разработал проект плавучего города на 50 000 жителей. За основу архитектор взял удивительное природное явление – плавающие на воде листья и цветы водяных лилий. Вернее, одного вида - тропической кувшинки Виктории Регии. Растение, являющееся прототипом плавучего города, Кальбо увековечил в названии проекта, окрестив его LILYPAD (кувшинка, в переводе на русский). Впрочем, это поэтическое название подпирает официальное, не такое возвышенное: «Плавающий экополис для климатических беженцев».

Примеры строительства таких городов в истории уже описаны. И не где-нибудь, а в Библии. Ноев ковчег был предназначен ровно для тех же целей и задач.

Смелый проект является образцом автономного экологического острова, сполна использующего все доступные виды энергии: солнечную, ветровую, энергию океанских приливов, даже переработанные отходы человеческой жизнедеятельности и т.п. «Кувшинка» отвечает главному принципу замкнутой экосистемы: производит энергии больше, чем сама потребляет. По форме плавучий небоскрёб сконструирован в виде трехлепесткового цветка. Лепестки возвышаются над центральной частью, где сформирована внутренняя, как у атоллов, лагуна с пресной водой. Этот достаточно объёмный водоём одновременно служит для придания всей конструкции устойчивости из-за низкого расположения центра тяжести (весь внушительных размеров бассейн расположен ниже уровня окружающей воды). Заполняться внутреннее озеро плавучего города будет дождевой водой, бережно собираемой и очищаемой через специальные сборники.

Следует отметить, что LILYPAD далеко не первый эко-проект бельгийского архитектора. Им же был разработан специальный корабль-сад для очистки мировых пресноводных рек в виде кита. Уже там были заложены системы, используемые теперь в городе-кувшинке. Движимой энергией солнца и течений, этот корабль пропускает сквозь себя воду загрязнённой реки и эффективно её очищает. Садовая гидропонная система судна является надёжным биологическим фильтром. Химическая же фильтрация происходит за счёт взаимодействующего с ультрафиолетом солнца диоксида титана.

Тот же принцип использован и на «Кувшинке», внешние слои которой выполнены как раз из диоксида титана. Сама обшивка – двухслойная. Внутренний слой сделан из полиэстра. Вообще, LILYPAD – замкнутая экосистема, способная безостановочно курсировать по водам мирового океана, вне зависимости от того, что влечёт ее – тёплый Гольфстрим или холодный

Лабрадор. Плавающий дом полностью приспособлен для полного замкнутого возобновляющегося цикла обитающей здесь флоры и фауны. Любителям Жуль Верна может показаться, что «Кувшинка» есть ничто иное, как цветок посаженного в морское дно «Наутилуса», проросший спустя два столетия.

Жизнь острова-города концентрируется вокруг центральной лагуны. Уже упомянутые приподнятые обитаемые «лепестки» по периметру предполагают расположение офисов, магазинов и зоны развлечений. Низменности между лепестками представляют собой причалы для швартовки судов. Вся надводная часть сооружения покрыта зелёной земной растительностью и изрезана тщательно продуманной сетью дорог, дорожек и тропинок. Так что человек сможет здесь достаточно комфортно пройти все циклы своего существования: от рождения и детства до пенсии и смерти. Причём, после прекращения физического существования тело станет частью общей экосистемы, т.е. своеобразно обессмертится на пользу грядущим поколениям.

Не стоит думать, что предлагаемый проект – удел весьма удалённого будущего. Плавающий самодостаточный город уже сейчас пригодился бы, например, учёным – для изучения поведения людей, помещённых в специфические условия обитания. Пока что для таких исследований существует только один объект – международная космическая станция, пропускная способность которой не даёт возможности сделать какие-либо исчерпывающие статистические выводы.

Кроме этого, своеобразный круизный лайнер «Кувшинка» с пожизненной «путёвкой» мог бы привлечь определённую категорию туристов, так же как и приманили в своё время инвесторов искусственные острова близ Дубая. Кстати, тот же Дубай, да и другие Эмираты, равно как и Голландия, испытывают нешуточные трудности из-за наступления моря. Эти страны тратят миллиарды денежных средств на отвоевание у воды крохотных кусочков суши.

Прирастить территорию необычным плавучим островом вполне могут захотеть не только эти государства, но и многие другие прибрежные территории, находящиеся в зоне риска затопления.

Несмотря на то, что проект Винсана Кальбо смотрится фантастическим, утопическим он не выглядит ни в коем случае, если прикладное применение уже сейчас, не дожидаясь всемирного потопа, существует. Даже если человечество найдёт способ справиться с последствиями глобального потепления, его ждёт новая проблема – перенаселение суши. Выполнение основного инстинкта человеку, особенно проживающему в полудиких районах Азии и Африки, не способны запретить никакие принимаемые решения. Прибавить к этому все увеличивающуюся продолжительность жизни, и картина предстанет не совсем радостная. Чтобы не жить в буквальном смысле на голове у себе подобных, необходимо искать новые места обитания. И ждёт нас либо дорога в космос на поиски другой Земли, либо - в воду, на постоянное местожительство. Тем более что комфортабельный дом для переселенцев уже придуман. Можем ещё раз познакомиться.

Использование подземного пространства в жилищно-гражданском строительстве имеет многовековую историю и связано с необходимостью размещения ниже поверхности земли многочисленных складских, оборонительных, подсобно-вспомогательных помещений, объектов культурно-бытового и коммунального назначения и жилых помещений.

Предложение об устройстве отдельных улиц для пешеходов и экипажей на разных уровнях впервые было высказано в конце 15 - начале 16 вв. Леонардо да Винчи. Широкомасштабное подземное строительство началось во 2-й половине 19 в. в связи с появлением и развитием рельсового транспорта и созданием инженерного оборудования, техники и технологии проведения соответствующих горных выработок для подземных железных дорог и внеуличных городских железных дорог (метрополитенов).

Развитие автомобильного транспорта, начиная с 20-30-х гг. 20 в. и постоянно возрастающая сложность организации движения на улицах исторически сложившихся городов вызвали необходимость строительства городских автодорожных тоннелей, способствующих повышению скорости, пропускной способности и безопасности городского движения. С 40-х гг. начато широкое строительство подземных гаражей и стоянок для транспорта, с 60-х гг. - тоннелей для пешеходов (напр., переход на пл. Оперы в Вене, оборудованный несколькими группами эскалаторов и включающий 17 небольших магазинов, кафе). Увеличение потока пассажирского и грузового транспорта потребовало значительных изменений всей традиционной планировочной структуры города, характера его застройки и перехода к формированию общегородских подземных систем, включающих различные типы подземных сооружений. В первой половине 20 в. оригинальные предложения по активному использованию подземного пространства и многоуровневой организации движения в городах были выдвинуты во Франции (Ле Корбюзье, Э. Энар), Италии (А. Сент-Элиа), США (Л. Гильберзаймер, В. Гропиус), Великобритании и др. странах. Со второй половины 20 в. разрабатываются радикальные, а порой и фантастические предложения. Например, выдвигается идея создания подземного многоярусного города, в котором на поверхности земли почти нет зданий (проект амер. архитектора М. Абрамовича для Питсбурга). Существуют предложения по устройству скоростных подземных автомобильных дорог, огромных автостоянок (на сотни тысяч мест) и других подземных сооружений под руслом р. Сена в Париже (архитектор П. Меймон), в которых должны быть размещены подземные пешеходные улицы, магазины, рестораны, выставочные залы, аудитории Парижского университета, залы заседаний Дворца юстиции. Английский архитектор А. Мэтью предложил построить в Лондоне шесть протяжённых транспортных тоннелей диаметром

по 18 м, в каждом из которых должно осуществляться движение автомобильного и монорельсового транспорта в четырёх уровнях.

Эти тоннели, пересекающие весь город, должны быть связаны с десятками подземных многоярусных гаражей-стоянок (общей вместимостью до 250 тыс. машино-мест), в которых автомобили будут перемещаться с помощью лифтов-автоматов без выезда в местах стоянок на поверхность.

Главная цель подземной урбанистики (**Подземная урбанистика¹¹**) - обеспечение оптимальных условий труда, быта, отдыха и передвижения городского населения, увеличение площади открытых озеленённых пространств на поверхности, сохранение ценной городской застройки, формирование здоровой, удобной и эстетически привлекательной городской среды. Планомерное использование подземного пространства ведётся во взаимосвязи с поверхностной планировкой и застройкой, с различными видами и типами имеющихся подземных сооружений и учётом последующих этапов развития города. Это требует разработки специальных разделов в генеральных планах городов и в проектах детальной планировки и застройки - под землю чтобы сберечь землю.

Степень использования подземного пространства, техника и технология ведения работ зависят от величины города, характера и содержания исторически сложившейся и перспективной застройки, концентрации дневного населения в различных частях города, расчётного уровня автомобилизации, природно-климатических, инженерно-геологических и др. условий. В соответствии с этим в генеральном плане

¹¹ **Подземная урбанистика (П.у.)** подземный урбанизм, подземная урбанизация (*a.* underground urbanistics; *n.* unterirdische Urbanistik; *ф.* urbanisme souterrain; *и.* urbanistica subterranea), - область архитектуры и градостроительства, связанная с комплексным использованием подземного пространства городов и др. населённых пунктов, отвечающим требованиям градостроительного ансамбля, социальной гигиены, а также технико-экономической целесообразности. Г. Е. Голубев.

Горная энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия. Под редакцией Е. А. Козловского. 1984—1991.

города и проекте детальной планировки выделяют зоны с различной степенью и очередностью использования подземного пространства.

Современное подземное городское хозяйство включает инженерно-транспортные подземные сооружения, предприятия торговли и обществ. питания, зрелищные, административные и спортивные здания и сооружения, объекты коммунально-бытового обслуживания и складского хозяйства, промышленные объекты и инженерное оборудование. К инженерно-транспортным сооружениям относятся пешеходные, автодорожные и железнодорожные тоннели, тоннели и станции метрополитена и скоростного трамвая, автостоянки и гаражи, отдельные помещения и устройства вокзалов. Предприятия торговли и общественного питания включают торговые залы и вспомогательные помещения кафе-буфетов, столовых, закусочных и ресторанов, торговые киоски, магазины, отд. секции универсальных магазинов, торговых центров и рынков; зрелищные, административные и спортивные здания и сооружения - кинотеатры, выставочные и танцевальные залы, отдельные помещения театров и цирков, залы заседаний и конференц-залы, книгохранилища, архивы, запасники музеев, стрелковые тиры, бильярдные, плавательные бассейны; объекты коммунально-бытового обслуживания и складского хозяйства - приёмные пункты, ателье и фабрики бытового обслуживания, парикмахерские, бани и душевые, механические прачечные, продуктовые и промтоварные склады, овощехранилища, холодильники, ломбарды, резервуары для жидкостей и газов, склады горюче-смазочных и др. материалов. К объектам промышленного назначения и энергетики, размещаемым под землёй, относятся отдельные лаборатории, цехи и производства (особенно те, в которых необходима тщательная защита от пыли, шума, вибрации, перемены температур и др. внешних воздействий), тепло- и гидроэлектростанции, промышленные склады и хранилища; инженерное оборудование - трубопроводы (водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения), водостоки и ливнеотоки, кабели

различного назначения, общие коллекторы подземных сетей, трансформаторные подстанции, вентиляционные камеры, бойлерные и котельные, газораспределительные станции, очистные и водозаборные сооружения. Освоение подземного пространства наиболее актуально в центральных, отличающихся плотной застройкой и наиболее посещаемых районах, а также в отдельных специализированных центрах и в так называемых Общественно-транспортных комплексах массового посещения (рис. 1, рис. 2)

При этом перспективно создание сооружений, помещений и устройств, эксплуатация которых связана с кратковременным пребыванием людей, поскольку согласно санитарно-гигиеническим и психико-физиологическим требованиям продолжительность пребывания людей в подземных условиях не должна превышать 3-4 ч. По сравнению с наземными объектами подземные сооружения могут располагаться под существующими или проектируемыми зданиями, коммуникациями и даже под руслами рек. На пространственную организацию подземных сооружений почти не оказывает влияния рельеф, что позволяет обеспечивать самые удобные условия передвижения людей и транспорта. К инженерному обеспечению подземных сооружений предъявляются более высокие требования, чем в наземных объектах. Подземные сооружения должны быть обеспечены постоянным и надёжным искусственным освещением, доходчивой зрительной и звуковой информацией, непрерывной приточно-вытяжной вентиляцией. Например, в подземных переходах зального типа должен осуществляться четырёхкратный воздухообмен зимой и шестикратный летом, обеспечивающий необходимую чистоту подаваемого воздуха, влажность, температуру и подпор, чтобы отработанные газы, находящиеся в наружном воздухе, не проникали в подземные сооружения. Одной из главных задач, возникающих при проектировании городской подземной среды для людей, является необходимость преодоления средствами архитектуры ощущения

"подземности" путём создания больших, цельных и как бы "перетекающих" пространств, в которых переход из одного помещения (или уровня) в другой осуществляется с минимумом затрат времени и сил пешеходов. При этом необходимо во внутреннем пространстве не только обеспечить надёжность и прочность используемых конструкций, но и вместе с тем создавать впечатление визуальной их лёгкости и эстетической привлекательности. С этой целью используется многообразие композиционных приёмов с контрастным или нюансным сочетанием внутренних объёмов, различных по размерам и форме помещений или пространств с лестницами, пандусами и коридорами, чередующимися с открытыми световыми дворами и видовыми террасами, элементами озеленения и малыми архитектурными формами. Важным средством формирования интерьера подземных сооружений является искусственное освещение, которое зрительно преобразует пространство, создаёт настроение и снимает неприятные ощущения от пребывания под землёй. Художественно-эстетическая привлекательность достигается также выбором определённых цветовых сочетаний, пластики и фактуры поверхностей интерьера (стен, полов, потолков и др.).

На архитектурно-пространственное решение подземных пространств, отдельных помещений сооружений и узлов городского архитектурного ансамбля, наряду с традиционными для них функционально-техническими факторами, значительное влияние оказывают природные условия и характер исторически сложившейся городской среды, наличие ранее уложенных коммуникаций, фундаментов имеющихся зданий, которые должны составлять с новыми подземными сооружаемыми объектами единую взаимосвязанную систему. Они определяют возможность и масштабы строительства, конструктивные решения и организацию ведения работ. Для учёта природных факторов проводят детальные инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания, выявляющие участки с различными

условиями (сейсмически опасные участки, характеристика грунтов и уровень грунтовых вод) и стоимостями материальных и финансовых затрат. Для инженерно-геологического обоснования подземного градостроительства составляют специализированные инженерно-геологические карты с районированием территории и инженерно-геологические профили. Сооружение подземных объектов на небольшой глубине ведётся главным образом открытым способом строительства. Объекты глубокого заложения строятся закрытым способом. При возведении подземных объектов проводят водопонижение, закрепление грунтов, гидроизоляцию объектов, применяют конструкции, рассчитанные на горное давление. Выбор зон наиболее активного строительства подземных сооружений определяется градостроительно-функциональными требованиями, технической и экономической целесообразностью использования тех или иных участков и зон города, а также ожидаемым социально-экономическим эффектом от строительства и эксплуатации объектов. Эффективность использования подземного пространства и окупаемость капитальных вложений в подземное строительство (по сравнению с наземным) достигается за счёт экономии и рационального использования городской территории, сокращения эксплуатационных расходов и экономии топливно-энергетических ресурсов (на отопление или охлаждение воздуха, особенно для складов и холодильников), уменьшения протяжённости инженерных коммуникаций, а также уменьшения затрат общественно полезного времени и улучшения качества обслуживания населения в сфере транспортных (создание более удобных многоуровневых пересадочных узлов, рис. 3, рис. 4), культурно-бытовых и др. видов услуг.

Приближение предприятий торговли и общественного питания, зрелищных и коммунально-бытовых объектов к участкам концентрации населения увеличивает их посещаемость, повышает их покупательную способность и рентабельность эксплуатации.

Накопленный мировой опыт проектирования, строительства и эксплуатации разнообразных городских подземных зданий и сооружений транспортного, культурно-бытового и др. назначения доказывает целесообразность, экологически обоснованность и социальную эффективность в градостроительстве. Наиболее существенными и социально значимыми в освоении подземных пространств крупных городов является строительство транспортных сооружений. Например: метрополитены, сооружённые в Ленинграде, Киеве, Баку, Тбилиси, Ереване, Ташкенте, Харькове, Минске, Горьком, Новосибирске и др., который благодаря своим высоким техническим и эксплуатационным качествам, красоте, колориту и выразительности архитектуры, отвечающие высоким художественно-эстетическим требованиям. Индивидуализация облика отдельных станций и сооружений и преодолением ощущения "подземности" за счёт использования специальных архитектурных приёмов и средств и органическая связь с наземными сооружениями способствовали созданию наиболее привлекательных зон городов. Во многих городах функционируют отдельные подземные и полуподземные кинотеатры и кафе (в комплексе высотных зданий на пл. Восстания и Котельнической набережной в Москве, "Старый Тоомас" в Таллине, "Гамбринус" в Одессе), небольшие подземные и полуподземные магазины (в Ленинграде и др. городах), залы ресторанов (в Доме архитектора, Доме журналиста, Доме кино, Доме дружбы с народами зарубежных стран в Москве, "Гянджлик" в Баку, "Дарьял" в Тбилиси и др.). Крупные комплексы новых подземных сооружений, в которые входят тоннели для грузового автомобильного транспорта, разгрузочные устройства и склады, многочисленные кухни и заготовочные, устройства для водоснабжения, отопления, вентиляции или кондиционирования воздуха, пылеудаления, построены в Москве на Калининском проспекте (Новом Арбате). Всё большее распространение получает строительство выставочных залов, кинотеатров, ресторанов, столовых, кафе и др.

Перечень подземных и полуподземных сооружений весьма обширен и включает театральные, концертные и выставочные залы (театр "Латерна магика" и зал "Альгамбра" в Праге, консерватория и Центр искусств и ремёсел в Париже, Музей современного искусства в Нью-Йорке), торговые залы универсальных магазинов и рынков (Галери-Лафайет в Париже, Булл-Ринг в Бирмингеме), торгово-пешеходные комплексы и улицы-пассажи (Хельсинки, Вена, Осака), железно-дорожные вокзалы (Варшава, Брюссель; Копенгаген, Неаполь, Сидней, Монреаль), автобусные вокзалы (Чикаго, Нью-Йорк, Лос-Анджелес) и аэровокзалы (Орли в Париже, Фьюмичино в Риме, Националь в Брюсселе, им. Даллеса в Вашингтоне), метрополитены, действующие в более чем 70 городах мира (1985), и др.

Одной из новых специфических областей в освоении подземного пространства является раскрытие памятников истории и культуры, погребённых под многовековыми напластованиями. Например, при строительстве первых подземных переходов в Софии в состав одного из них включили памятник архитектуры болгарского Возрождения - церковь св. Петки Семерджийской, крепостные стены и башни древней Сердики, античную утварь и колесницу, найденную при раскопках в переходе у Сердикийских ворот. В Пловдиве раскрыта значительная часть жилого квартала и часть античного ипподрома. Включение таких памятников в структуру новых подземных сооружений предпринимается также в Венгрии, Румынии, Франции, Италии, Германии и др. странах.

В этой связи с выше изложенным научно-практических предложениях и проектах чтобы в разрабатывались бы проблемы «архитектура экстремальных условий» - изолированные сооружения пустынных областей, подземных комплексов, инопланетные поселения.

Будущее человечества за последние полвека превратилось из гениальных гипотез в футурологическую очевидность, в область реального приложения сегодняшних знаний.

Расселение человека под- или надземном пространстве, в океане или космосе – неизбежный процесс ближайшего будущего. Может оказаться, что прекрасная наша Земля всего лишь место кратковременной передышки на пути между мировым океаном, где мы родились, и звёздным океаном, куда мы ныне устремили свои дерзания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА - ГЛОССАРИЙ

Бионика - (от греч. bios – жизнь, соединённое со словом электроника) — это отрасль науки, усилия которой направлены на исследование биологических систем и процессов, происходящих в живой природе, и на творческое использование их в технике

Изоморфизм - представляет собой взаимно однозначное (двухстороннее) соответствие таких систем, хотя понятие изоморфизма относительно и является строгим только для выделенных анализом элементов и связей.

Гомоморфизм - обозначает случаи меньшего сходства по сравнению с изоморфизмом. Если отношение фотографического отпечатка и негатива — это хорошая иллюстрация изоморфизма, то отношения между географической картой и местностью являют собой пример гомоморфизма. Однако и изоморфизм, и гомоморфизм основываются на родственных связях вещей.

Мегалополис — гигантское урбанистическое образование, слияние нескольких крупных городов, все чаще подменяется термином «мегаполис».

Меридиональная ориентация — расположение здания подлинной оси С—Ю для достижения равномерности освещения солнцем помещений, выходящих окнами на В и З.

Социально-психологический комфорт выражается в показателях покоя, уверенности, стабильности психологического состояния человека. Характеристики среды влияют на эти показатели. При этом существенны следующие факторы: размеры и форма пространства, степень его изолированности (открытости), совмещение в пространстве разных функциональных процессов, наличие социального контроля.

Социология — наука об обществе, исследующая многообразные аспекты его организации, жизнедеятельности и развития. Социология исследует тенденции и закономерности общественного развития на разных уровнях обобщения. Общая теория общественного развития составляет базу и обобщает специальные разделы социологии, к числу которых относится и **социология архитектуры**.

Типология — наука об основных принципах формирования архитектуры различных типов зданий и сооружений. Она раскрывает комплексные, соподчинённые друг другу требования и параметры, создаёт классификацию и номенклатуру типов зданий и сооружений. На формирование архитектуры всех общественных зданий и сооружений оказывают воздействие универсальные факторы: социальные, экономические, идеологические, экологические, градостроительные, функциональные, композиционные, объёмно-планировочные, конструктивные, архитектурно-художественные.

Широтная ориентация — расположение здания (жилого секционного дома) продольной осью в направлении В—З; в планировке здания должно учитываться

отсутствие прямого солнечного света в помещениях северной ориентации.

Унификация — научно обоснованное сокращение количества параметров зданий и их элементов путём устранения функционально неоправданных различий между ними [13, с. 20]. Унификация позволяет применять однотипные изделия в зданиях различного назначения: фундаментные блоки, плиты перекрытия, сборные перемычки, а также оконные и дверные блоки, подоконные доски и т.д.

Эргономика (от греч. *ergon* — работа и *nomos* — закон) — научная дисциплина, комплексно изучающая функциональные возможности человека в трудовых и бытовых процессах, выявляющая закономерности создания оптимальных условий высокоэффективной жизнедеятельности и, в

первую очередь, высокопроизводительного труда. Эргономический подход к решению задачи оптимизации жизнедеятельности человека определяется комплексом факторов. Главные из них, обусловленные индивидуальными особенностями человека, следующие:

Социально-психологические факторы предполагают соответствие оборудованию и организации рабочих мест характеру и степени индивидуального и группового взаимодействия, а также отношений и содержанием в совместной деятельности по управлению объектом.

Антропометрические факторы (антропо... — *греч.* anthropos — человек + метрия — *греч.* — metreo) обуславливают соответствие структуры, формы, размеров оборудования, оснащения и их элементов структуре, форме, размерам и массе человеческого тела, соответствие характера форм изделий анатомической пластике человеческого тела.

Психологические факторы определяют соответствие оборудования, технологических процессов и среды возможностям и особенностям восприятия, памяти, мышления, психомоторики закреплённых и вновь формируемых навыков работающего человека.

Психофизиологические факторы обуславливают соответствие оборудования зрительным, слуховым и другим возможностям человека, условиям визуального комфорта и ориентирования в предметной среде.

Физиологические факторы призваны обеспечить соответствие оборудования физиологическим свойствам человека, его силовым, скоростным, биомеханическим и энергетическим возможностям.

Гигиенические факторы определяют требования по освещённости, газовому составу воздушной среды, влажности, температуре, давлению, запылённости, вентилируемости, токсичности, напряжённости электромагнитных полей, различным видам излучений в т.ч. радиации, шуму (звуку), ультразвуку, вибрациям, гравитационной перегрузке и ускорению.

Гигиена (греч. hygieinos — приносящий здоровье) — раздел профилактической медицины, изучающий влияние внешней среды на здоровье и работоспособность человека; практическая область применения гигиены — санитария {лат. sanitas — здоровье), разработка санитарных норм и требований.

Подземная урбанистика - область архитектуры и градостроительства, связанная с комплексным использованием подземного пространства городов и др. населённых пунктов, отвечающим требованиям градостроительного ансамбля, социальной гигиены, а также технико-экономической целесообразности.

Барокко – стилевое направление в искусстве конца XVI – середины XVIII в., для которого характерны криволинейные очертания в плане, декоративная пышность форм, парадные интерьеры с многоцветной скульптурой, резьбой, позолотой.

Классицизм – стиль в искусстве XVIII – нач. XIX в., использовавший принципы классического античного искусства. Основное отличие - чёткость планов, строгость симметрично-осевых композиций и форм, сдержанность декоративного убранства.

Модерн – стилевое направление конца XIX – нач. XX в., использование новых технико-конструктивных средств и свободной планировки для создания необычных, подчеркнуто индивидуальных зданий, все элементы которых подчинены единому орнаментальному ритму и образно-символическому замыслу.

Эклектизм (эклектика) – сочетание разнородных стилевых элементов в архитектурных сооружениях. В основе эклектики лежит принцип выбора архитектурных стилей, которые считаются наиболее приемлемыми для решения поставленных зодчими художественных и утилитарных задач.

Архитектура интерьера - наука, рекомендующая способы жизни в состоянии гармонии и баланса с нашим персональным окружением.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Архитектурная бионика /. Лебедев Ю. С. , Рабинович В. И., Положай Е. Д., и др./ Под ред. Ю.С.Лебедева. - Москва, 1990.
2. G‘o‘yibov B.I. “Bionika”: Учебн. Пособие – Ташкент, 2012.

Дополнительная литература:

3. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений: Учеб. пособие - М, Архитектура-С, 2007.
4. Бархин Б. Г. Методика архитектурного проектирования: Учебное пособие. - Москва, 1996.
5. Дженкс Ч. Язык архитектуры постмодернизма. - М.: Стройиздат, 1985.
6. Зоколей С. Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой. – Москва, 1984.
7. Иконников А.В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. В 2-х т. Т. 2. -М.: Прогресс-традиция, 2002.
8. Мастера архитектуры об архитектуре. Зарубежная архитектура. Конец XIX - XX век / Сост. и ред. А.В. Иконников. - М.: Искусство, 1972.
9. Рябушин А.В., Шукурова А.Н. Творческие противоречия в новейшей архитектуре Запада. - М.: Стройиздат, 1986.
10. Современные пространственные конструкции /Под. ред. Ю.А.Дыховичного, Э.З.Жуковского. – Москва, 1991.
11. Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология / А.Н. Тетиор. – М.: Академия, 2008.
12. Venturi R. Complexity & Contradiction in Architecture. - New-York: MoMa, 1979.
13. Robert A.M. Stern. Classicismo Moderno. - Milano: Di Baio Editore S.p.A., 1990.

Информационно-технические средства:

14. Сайт Internet “ www.google.ru”.
15. [www. Architime.ru/frchitects/a|_antonio gaudi.htm](http://www.Architime.ru/frchitects/a|_antonio%20gaudi.htm)
16. [www. Architect. Photo.tut/ua](http://www.Architect.Photo.tut/ua)
17. [www. Kolize jinfo.ru/ Photo/92-2-0-0-2](http://www.Kolizejinfo.ru/Photo/92-2-0-0-2)
18. [www. Photosigt.ru/ protos/category/82/](http://www.Photosigt.ru/protos/category/82/)
19. Nice-Places.com.
20. [www. bionika.ru](http://www.bionika.ru)
21. <http://www.ac-holding.ru> архитектурная мастерская
22. <http://www.archimaster.ru>
23. <http://videoconverter.hamstersoft.com>

Нормативные документы:

24. КМК 2.01.03-96 СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ
25. КМК 2.05.04-97 МЕТРОПОЛИТЕНА
26. КМК 2.08.02-96. ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
27. КМК 2.08.04-04 АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ
28. КМК 2.09.03-02 СООРУЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
29. ШНК 2.01.02-04 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
30. ШНК 2.07.01-03 ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
31. ШНК 2.07.04-06 ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ
32. ШНК 2.08.01-05 ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ
33. ШНК 2.08.03-09 САНАТОРИИ

ТЕСТЫ

по дисциплине «АРХИТЕКТУРНАЯ БИОНИКА»

Вопросы	Ответы
1	2
1. Что означает термин «бионика», и в каких значениях данное понятие используется в современной архитектуре?	a) - архитектурный стиль b) - направление в искусстве c) - направление в науке и практике d) - стиль в дизайне
2. Какое место по классу занимает бионика среди других наук?	a) - первый класс b) - второй класс c) - третий класс d) - высший класс
3. Что такое понятие «биологический объект»?	a) – объект с элементами природы b) - живой организм c) - объекты живой природы d) - объекты сооружённые на природе
4. Сходство между человеком и живой природой	a) - биологически едины b) - природа создатель человека c) - человек творец природы d) - человек часть природы
5. Что означает выражение «Самые обычные логические формы»?	a) - логические фигуры b) - математические символы c) - отношение вещей d) - уравнения
6. Что за явление «флаттер» в авиации?	a) - колебание крыльев самолёта b) - не регулируемый процесс c) - регулируемый процесс d) - сложное явление корпуса самолёта
7. Название науки «бионика» предложена кем?	a) - А. Гауди г. Барселона (Испания) в 1958г. b) - Джеком Стилом г. Дайтоне (США) в 1960 г. c) - Л. Салливеном г. Чикаго (США) в 1959г. d) - Лу Корбюзье г. Париж (Франция) в 1957г. e) - П. Л. Нерви в г. Рим (Италия) в 1956г.
8. В чем суть архитектурно-бионических исследований?	a) - заменяет существующие методы b) - имеет воздействие c) - оказываются полезными при решении проблем d) - эстетическое влияние
9. Исторические предпосылки и мышление Демокрита в развитии архитектурной бионики	a) - интуитивное обращение к природе b) - подражание животным, птицам c) - сознательная деятельность d) - теоретические выводы о мышлении e) - философские трактаты

10. Человек и предмет в идеальном мире принципы Грино	<ul style="list-style-type: none"> a) - идеальное творение – кораблестроение b) - самоход на луне c) - творение подобное организации животного d) - человек-амфибия в природе
11. Что означает концепция Л. Салливена?	<ul style="list-style-type: none"> a) - органичная архитектура b) - продукт логичного мышления c) - продукт органичного мышления d) - биологические исследования
12.Какая теория Дарвина имело особый смысл для Л.Салливена?	<ul style="list-style-type: none"> a) - возникновение животного мира b) - подобие строения животных c) - революция d) - эволюция
13. Что означает метод в архитектурной бионике?	<ul style="list-style-type: none"> a) - механизм получения научных результатов b) - порядок действия, отражающий суть исследуемых процессов, их содержание c) - приём получения результатов d) - принцип исследований
14. Что означает слово «модель» в архитектурной бионике?	<ul style="list-style-type: none"> a) - вещь сходная с другой вещью b) - научное понятие c) - образец d) - похожий макет
15. Какие виды модели вы знаете?	<ul style="list-style-type: none"> a) - вещественные, идеальные b) - зеркальные, симметричные c) - подобные, антиподы d) - принципы отражения или отображения действительности
16. Что означает слова «Произвольная архитектура»?	<ul style="list-style-type: none"> a) - абсолютизированные модели b) - изобразительная интерпретация форм живой природы c) - метод моделирования d) - поверхностный анализ живой природы
17. Какие разновидности «модели» вы знаете?	<ul style="list-style-type: none"> a) - животные, растительные, насекомые b) - механические, автоматические модели c) - образные, знаковые, - образно-знаковые d) - смешанные модели
18.Архитектурно-бионический эксперимент что такое?	<ul style="list-style-type: none"> a) - исследование живых организмов b) - практическое обоснование c) - форма связи теории с практикой d) - характеристика свойств архитектурно-бионических моделей
19. В чем заключается сущность бионического эксперимента?	<ul style="list-style-type: none"> a) - активность, действенность познания, и предметную деятельность b) - в созидании конкретных моделей, в которых заложена преобразующая идея архитектурной действительности c) - выявить характер деятельности d) - определение механизма процесса

20. Определение «моделирование» по словам академика Л.И. Седова	<ul style="list-style-type: none"> a) - получение нужных результатов на моделях b) - создание макета исследования c) - создание подобных условий исследуемого объекта d) - изучения интересующего нас явления в натуре изучением личного явления на модели меньшего или большего масштаба
21. Важные стороны «моделирования» в архитектурной бионике	<ul style="list-style-type: none"> a) - источник информации о действительном, натурном объекте b) - максимальная объективность c) - получение нужных результатов d) - изучены отрицательные стороны модели
22. Кто автор принципа «сопротивляемости по форме»?	<ul style="list-style-type: none"> a) - Адольф Лоос b) - Ле Корбюзье c) - П. Л. Нерви d) - Эйфель
23. Понятие «изоморфизма» в архитектурной бионике	<ul style="list-style-type: none"> a) - классификация моделей b) - однозначное (двухстороннее) соответствие систем c) - подобные, соответствующие принципы d) - симметричные методы
24. Отношение кибернетических способов моделирования в архитектурной бионике	<ul style="list-style-type: none"> a) - даёт возможность абстрагироваться от структур и вести моделирование только лишь на уровне функционирования и позволяет глубже познать взаимодействие функции и структуры. b) - даёт наиболее многофакторную характеристику c) - универсален и применим в различных отраслях d) - характерен в основном в бионике
25. Что такое АБМ?	<ul style="list-style-type: none"> a) - абстрактная бионическая модель b) - архитектурно - бионическое моделирование c) - архитектурно-бионический макет d) - архитектурно-бионический метод
26. Элемент «Виктории регии» в архитектурной бионике	<ul style="list-style-type: none"> a) - ветвящиеся конструктивные формы живой природы b) - лист многолетнего водного растения Южной Америки c) - составная часть эксперимента d) - элемент метода эксперимента
27. Совершенная природная форма в архитектурной бионике	<ul style="list-style-type: none"> a) - лист клёна b) - скорлупа птичьего яйца c) - ствол бамбука и камыша d) - форма грецкого ореха и его зерна
28. Впервые где проводились	<ul style="list-style-type: none"> a) - в Киевском институте инженеров гражданской авиации

испытания оболочки	<ul style="list-style-type: none"> b) - в Московском авиационном институте c) - на космодроме Байканур d) - на подводной лодке Т-34 на Чёрном море
29. Стандарт в современной архитектуре	<ul style="list-style-type: none"> a) - нормативный документ b) - проблема архитектуры c) - решение массовости d) - элемент эксперимента
30. Типовое проектирование и стандарт	<ul style="list-style-type: none"> a) - метод экономии средств b) - модель массового строительства c) - на основе типового проекта d) - средство экспериментального исследования
31. Кто является родоначальником принципа индустриализации и типизации жилищного строительства?	<ul style="list-style-type: none"> a) - 1920-х гг. группа архит. М. Гинзбурга b) - 1924г. конструкторская группа при Инжстройконторе г. Ленинград c) - 1926-30гг. строительное управление Жилстрой г. Москва d) - 1928-32гг. проектный институт Мосжилпроект
32. Что такое стандарт, по словам Н.А. Милютина?	<ul style="list-style-type: none"> a) - ГОСТ для проектировщиков и строителей b) - нормативный документ c) - основное условие для обеспечения массовости строительства d) - прост, разнообразен, лишь части, а не самого здания
33. Из каких элементов состоит архитектурная форма?	<ul style="list-style-type: none"> a) - материалов, оборудования, конструкций b) - оболочка функционируемого пространства c) - технологического оборудования, материалов, коммуникаций, конструкций d) - функционирующего пространства, конструкций и строительных материалов
34. Что такое тектоника?	<ul style="list-style-type: none"> a) - визуальное восприятие объекта b) - психофизиологическое и эмоциональное восприятие формы c) - связана с действием на форму механических сил эстетическим освоением этого процесса d) - эстетическое восприятие формы
35. Какие формы моделирования неживой природы существует?	<ul style="list-style-type: none"> a) - видимые формы в неживой природе: галактика, формы волн, глетчеры, капли жидкостей b) - волнообразные, дугообразные c) - геометрические: спирали, ветвления d) - ковровый, пирамидальный, челночный
36. Каким конструктивным бионическим формам относятся линейные и подвижные формы?	<ul style="list-style-type: none"> a) - миандровые b) - реки, излуцины рек c) - ствол тростника d) - лист папоротника
37. Что означает термин «Строительный мастер»?	<ul style="list-style-type: none"> a) - адаптируются к своим убежищам и не покидают их

	<ul style="list-style-type: none"> b) - дикие пчёлы c) – птица, вьющая свои гнёзда d) - строит как крот
38. Что означает форма в архитектурной бионике?	<ul style="list-style-type: none"> a) - внешняя оболочка живого организма b) - силуэт живого существа c) - сохранение рода d) - сформировавшееся живое существо
39. Что такое Bic Big?	<ul style="list-style-type: none"> a) - Bic Big величины подобия и массовости b) - Bic Big сравнение величины и массы c) - Big представляет собой сравнение массы объекта (в g) и максимальной несущей способности определённой нагрузке d) - Мера, организовать и сравнивать материальные объекты из различных сфер природы и техники Bic Big
40. Трансляция силы и масса	<ul style="list-style-type: none"> a) - наикратчайшее расстояние от точки приложения силы до той точки поверхности или тела, где объект ограничивает дальнейшее действие силы b) - передвижение силы с определённой массой c) - скорость движения массы с определённой массой
41. Старейшие сооружения созданные человеком	<ul style="list-style-type: none"> a) - дольмены b) - палатки, шатры c) - шалаши d) - юрты
42. Форма и конструкция в неживой природе	<ul style="list-style-type: none"> a) - наименьшие поверхности между замыкающим их контуром b) - преднапряжённые конструкции c) - тентовые покрытия d) - из тканей, фольги или сеток
43. Что такое «Бандштанд»?	<ul style="list-style-type: none"> a) - скорлупообразные покрытия b) - тип опор c) - упругая структура d) – шатры
44. Великие достижения в области решетчатых сводов	<ul style="list-style-type: none"> a) - гибкий решетчатый свод b) - надувные своды c) - свод формирующийся пневмонасосами d) - сжатые структуры в любом масштабе
45. Что такое «биоматериаловедение»?	<ul style="list-style-type: none"> a) - биоматериалы на органических соединениях b) - изучение свойств биоматериалов и их органических производных c) - предмет по биологическим материалам
46. Что такое «биотектоника»?	<ul style="list-style-type: none"> a) - пропорции объекта из форм живой природы b) - создание форм на основе живой природы c) - создание новых конструкций на основе принципов и способов действия биоконструкций в живой природе d) - эстетическое формирование зданий пол аналогии живой природы

47. В чем заключается поиски в архитектурной бионике?	<ul style="list-style-type: none"> a) - заимствования форм из живой природы b) - направление в экологической архитектуре c) - формирование нового стиля в архитектуре d) - широкое концептуальное движение в современной архитектуре
48. Чем занимается «Бионическая архитектура»?	<ul style="list-style-type: none"> a) - бионическое освоение формы и функции зданий и сооружений b) - исследование в архитектуре динамичных композиций c) - поиски и эксперименты для создания новых типов моно- и полипространственных объектов
49. На что направлена Архитектурно-бионическая экология	<ul style="list-style-type: none"> a) - ориентирована на широкий круг проблем, связанных с установлением экологического равновесия архитектуры и природы на основе единства принципов жизни и развития живой природ b) - создание внутренних экологических пространств ни основе изучения живых организмов и природы c) - создание экологически чистых пространственных решений
50. Архитектурный трансплантизм	<ul style="list-style-type: none"> a) - новый градостроительный метод системы формирования городов на основе моделирования в архитектурной бионике b) - новый подход к «ценностной квалификации архитектуры», который позволит более свободно, полно и творчески использовать адаптации, существования и изменения живой природы c) - принцип формирования и технологического решения путём трансплонтации «органической» архитектуры в современном градостроительстве

Примечание: жирным шрифтом выделены правильные ответы

ИЛЛЮСТРАЦИЯ

Мастера архитектуры внёсшие вклад в формирование теории архитектурной бионики *Луис Генри Салливан (1856-1924)*



Учился в Массачусетском технологическом институте и в Школе изящных искусств в Париже. в 1880 начал архитектурную деятельность в Чикаго
Салливан стал первооткрывателем в области современной архитектуры, одним из первых строителей небоскребов. Архитектор изучал проблемы акустики и каркасной конструкции, но больше всего его интересовала работа с абстрактными формами.

Фрэнсис Ллойд Райт (1867-1959)



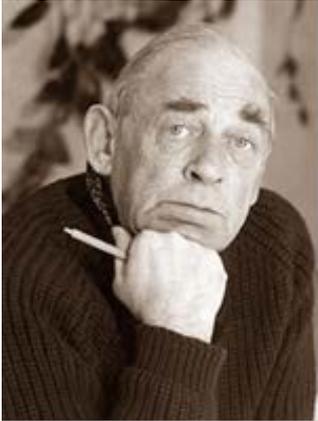
Крупнейший архитектор в истории США. Оказал огромное влияние на развитие современной архитектуры. Основоположник принципа органичной архитектуры - целостной, являющейся неотъемлемой частью среды, окружающей человека. Им была выдвинута идея непрерывности архитектурного пространства, противопоставляемая подчёркнутому выделению частей в архитектуре классической. Основанный на этой идее приём "свободного плана" вошёл в число средств, используемых всеми течениями современного зодчества.

Антонио Гауди (1852-1926)



Антонио Гауди-и-Корнет - выдающийся испанский архитектор. Большинство его произведений возведено в Барселоне. Гауди создал свой собственный неповторимый стиль, близкий модерну, при этом в его творчестве присутствуют элементы многих различных стилей. В причудливых по формам постройках Гауди смело изогнутые объёмы и конструктивные новшества (параболические арки, наклонные опоры, облегчённые своды) создают эффект фантастических, как бы вылепленных от руки, криволинейных форм. Творчество Гауди можно разделить на два периода - ранние постройки и постройки в стиле национального модерна (после 1900).

Алвар Аалто (1898-1976)



Выдающийся финский архитектор. Представитель функционализма, близкого органической архитектуре. Его постройки, общественные, промышленные сооружения, жилые дома, церкви и выставочные павильоны, есть во многих странах: Финляндии, Швеции, США и других странах. Его ранние постройки отличались строгими геометрическими формами. В поздних работах сочетаются национальные традиции, принципы функционализма и органической архитектуры, умело вписанной в окружающую природу.

Заха Хадид (1950 Багдад, Ирак)



С 1972 по 1977 год училась в Архитектурной ассоциации в Лондоне. Начав карьеру в бюро ОМА своего учителя, видного голландского архитектора и теоретика деконструктивизма Рема Колхаса, в 1980 Заха Хадид основывает собственную архитектурную фирму Zaha Hadid Architects. Заха Хадид - единственная женщина-архитектор, ставшая лауреатом премии Притцкера (2004 год).

Архитектор всегда пыталась разрушить общепринятые каноны и «растянуть» рамки привычного пространства, придав ему мощный двигательный импульс. С этой же целью – усиления внутреннего движения и деформации – Заха Хадид, полностью отменяя общепринятую геометрию, использует искажённую перспективу, выявляющую острые углы и кривые линии.

Она является архитектором, который последовательно отодвигает границы понятий об архитектуре и городском проектировании. Её работы экспериментирует с новыми пространственными понятиями, усиливающими существующие городские пейзажи. С упорством провидца, эстетичного и любопытно-жадного, который охватывает все области проекта, от объектов городского масштаба до предметов интерьера и мебели, она двигается через препятствия к полноценным и завершённым проектам общемирового масштаба.

Фирменный конёк Хадид - крайности в формообразовании. Её объекты наполнены кривыми линиями и диссонансными углами, она всегда использует искажённый вид перспективы для создания дополнительного чувства динамики и деформации.

1.2. ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ.

Название «бионика» восходит к греческому *bios*, означающему жизнь. Соединённое со словом электроника оно дало наименование новому направлению в науке. Кратко — это отрасль науки, усилия которой направлены на исследование биологических систем и процессов, происходящих в живой природе, и на творческое использование их в технике.

Название науки «бионика» предложено американским учёным Джеком Стилом и принято на Первом симпозиуме по бионике, проходившем в г. Дайтоне (США) в 1960 г.



Рис. 1



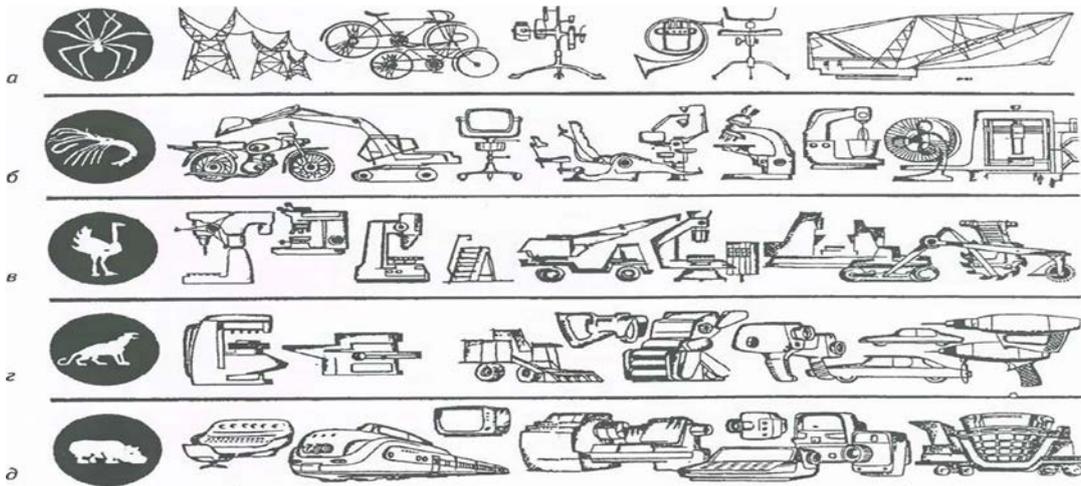


Рис.2.3. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ МОДЕЛИ В АРХИТЕКТУРНОЙ БИОНИКЕ.

Под архитектурно-бионической моделью подразумевается такая мысленно представляемая или вещественно (материально) реализованная система, которая в конкретно-образной форме отражает и синтезирует законы и принципы формообразования живой природы и архитектуры с целью выполнения архитектурных задач, а также получения новой информации о законах и принципах формообразования в живой природе и в архитектуре.

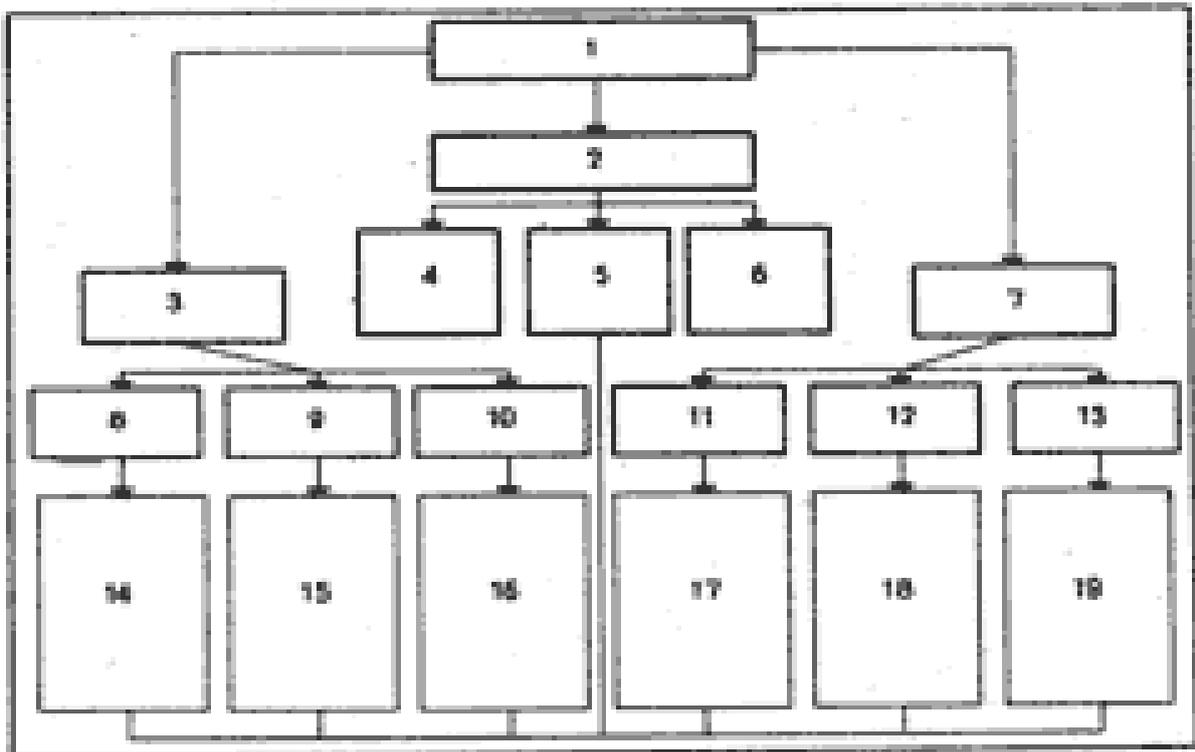


Схема 1. Структура моделирования:

1 — модели; 2 — проектные (предвещественные); 3 — идеальные (мысленные); 4 — эскизные; 5 — проектные задания; 6 — технический проект, рабочие чертежи; 7 — вещественные (материальные); 8 — образные (конические); 9 — знаковые (символические); 10 — смешанные (образно - знаковые); 11 — изобразительные; 12 — действующие, функционирующие; 13 — смешанные; 14 — гипотетические модели: модели - аналоги

(модели памяти), модели идеализации (общие представления), формально - структурные модели, рисунки; 15 — функциональные отношения: логико - математические структурные модели взаимосвязи функции, формы, экономики; технические и др.; 16 — схемы, графы, чертежи, графики; 17 — формально - геометрические подобные модели, аффинные преобразования, плотные упаковки, макеты, муляжи, слепки с форм природы; 18 — физически подобные (конструкция, материал, организация пространства), функционально - подобные (механические изменения пространства, обмен энергии - влаго - газообмен, авторегуляция биохимического режима, инсоляции), живые модели, комплексные синтетические модели; 19 — исследование и изображение отдельных связей, геометрия и конструкции (закономерности тектоники), формы и размерности (пропорции), функция и формы (симметрия, асимметрия, ритмы) и др.

Рис.2.4. ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ АРХИТЕКТУРНО-БИОНИЧЕСКИХ МОДЕЛУЙ.

Образы природы в архитектуре

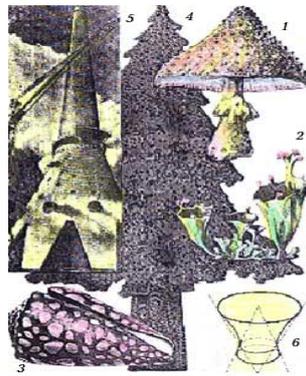


Рис. 7. Конусообразные конструкции: 1 – гриб зонтик острошешуйчатый; 2 – лишайник кладония красноплодная; 3 – раковина моллюска конуса; 4 – ель; 5 – Останкинская телебашня (основание); 6 – схема взаимодействия конусов разных типов.



Рис. 8. Трансформации: 1– цикорий; 2 – броненосец трехполосный; 3 – кислица; 4 – броненосец, свернувшийся в шар; 5 – соцветие подсолнечника; 6 – макет стадиона в Киеве с поднятой крышей; 7 – схема покрытия стадиона (крыша опущена).



Рис. 9. Биомеханические модели: 1 – паук-крестовик; 2 – комнатная муха; 3 – ящерица ушастая кругло-головка; 4 – императорский пингвин; 5 – снего-ходная машина «Пингвин»; 6 – схема передвижения морского ежа, использующего присоски.

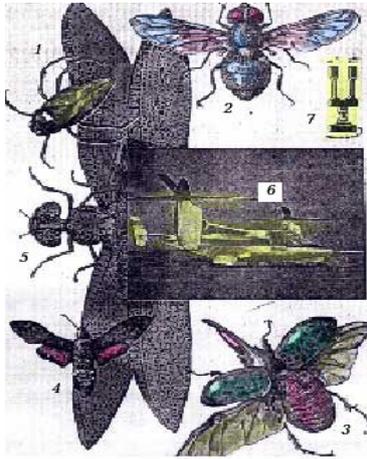


Рис. 10. Полет насекомых: 1 – клоп-гладыш; 2 – муха из семейства сирфид (имелеандка прозрачная); 3 – жук голиаф; 4 – бабочка языкан; 5 – стрекоза дозорщик; 6 – самолет вертикального взлета и посадки; 7 – схема действия прибора гиротрона

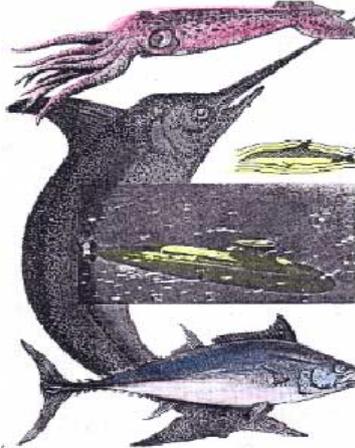


Рис. 11. Гидродинамические системы: 1 – кальмар; 2 – тунец; 3 – меч-рыба; 4 – современная подводная лодка; 5 – схема движения дельфина в воде

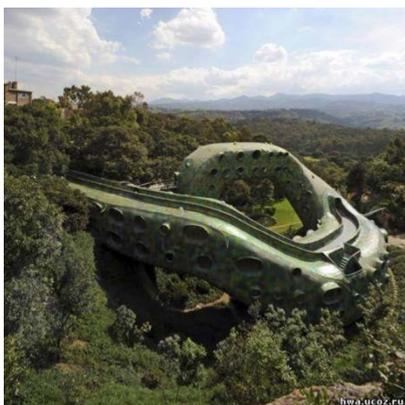
**В ЖИВОЙ ПРИРОДЕ
ФОРМА И ФУНКЦИЯ
ТЕСНО ВЗАИМОСВЯЗАНЫ**

Рис. 2.5. МОДЕЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТ. Био дом Наутилус. Арх. Хавьер Сеносьян



В городе Наукальпан-де-Хуарес. (2006 г). Архитектором дома в форме раковины моллюска стал Хавьер Сеносьян. Источником его вдохновения была природа, в которой он нашёл необходимую форму и воплотил в уникальный архитектурной форме. Это сооружение является раковины как снаружи, так и изнутри, только в увеличенном размере. В доме в основном обтекаемые формы. Комнаты вытекают одна из другой по спирали, мебель плавно вырастает из стен, а зелень является органичной частью интерьера. Дом выполнен из пластичного армированного бетона, который может приобрести практически любую форму, обладая при этом высокой прочностью. Эти качества позволили выполнить все основные элементы: стены, потолки, мебель из армированного бетона толщиной от пяти сантиметров. Окна сделаны в форме овальных световых люков, обеспечивающих каждую комнату естественным освещением. Витражи, использованные в остеклении, создают волшебную атмосферу, которая перемещает гостей дома в морские глубины к её обитателям

Дом-змея. Арх. Хавьер Сеносьян

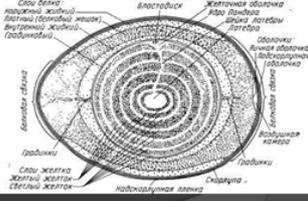


В 2007 году под его же руководством в Мехико был закончен дом «Змея» — здание в виде длинной трубы, плавно огибающей неровности ландшафта. Свои профессиональные взгляды Сеносьян изложил в книге «Биоархитектура». Он считает, что нужно строить небольшие соразмерные человеку дома в местах с красивой природой, используя при этом природные материалы местного происхождения. Сегодня современное воплощение органической архитектуры можно наблюдать в Нидерландах — здание правления NMB Bank, Австралии — здание Сиднейской оперы. В Монреале — здание Всемирного выставочного комплекса, Японии — небоскреб SONY и музей плодов в Яманаси.

Рис.2.6 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. Оболочки – скорлупы.

Строение скорлупы птичьего яйца

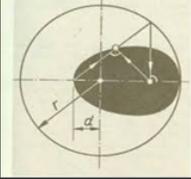
- Изучается структура скорлупы яйца. Оказывается, что она состоит из семи слоев. Каждый слой имеет свое функциональное назначение. В результате — скорлупа яйца предохраняет живой, развивающийся организм от различных неблагоприятных атмосферных воздействий



- В то же время она позволяет зародышу потреблять необходимую норму влаги, ассоциированной из атмосферы, дышать, осуществлять обмен веществ и т.д. Скорлупа не пропускает снаружи воду, но в обратном направлении способна отдавать излишки влаги — она дышит. Здесь — полупроводниковый принцип.
- Вот так в комплексе изучается эта форма. Не только ее геометрия, красота, но и технология, конструкция и другие принципы ее формообразования. На базе этих знаний совершенствуется и метод исследования птичьего яйца и других природных структур.

Современное изучение

- В настоящее время бионики, изучая форму птичьего яйца, переходят к более глубокому анализу. Они проникают в происхождение "технологии" производства и пытаются решить вопросы — откуда такая форма, с чем она связана? А производство яйца есть как бы миниатюрная фабрика, на конвейерной линии которой создаются в единстве форма, конструкция и функции живого организма. Принципы производства яйца пытаются изучить инженеры, чтобы затем внедрить их в технологию производства строительных конструкций.



Небоскреб Мэри Экс
г. Лондон
арх. Норман Фостер
2001-2004 гг.

Круглая в плане башня расширяется в середине и потом сужается кверху. Эта форма вырастает из специфики требований места. Здание не выглядит таким громоздким, как выглядел бы обычный прямоугольный небоскреб аналогичной площади; из-за того, что здание тонкое, оно отбрасывает меньше тени, форма повышает прозрачность здания и увеличивает проникновение солнечного света в нижние этажи. В средней части башни максимальные офисные площади; то, что она сужается кверху, увеличивает количество солнечного света в этой зоне.




Аэродинамическая форма заставляет ветер естественно обогнуть здание, что минимизирует завихрения воздуха и образование облаков. Воздух не устремляется вниз, как это происходит с обычными прямоугольными небоскребами, что охраняет комфорт пешеходов. Испытания в аэродинамической трубе доказали, что строительство существенно улучшит воздух в окружающем районе. Кроме того, естественное движение воздуха вокруг здания создает постоянную разницу давлений у разных фасадов, что позволяет вентилировать здание естественным путем.




Вывод

- Форма скорлупы, как одна из совершеннейших природных форм, широко используется в современной архитектуре. Но из-за ее сложности, необходимо глубокое изучение и внедрение компьютерных технологий в процесс проектирования и строительства.



Рис. 3.7. ТЕКТОНИКА. Сетчатые оболочки. Бионический конструктор Эльпюл

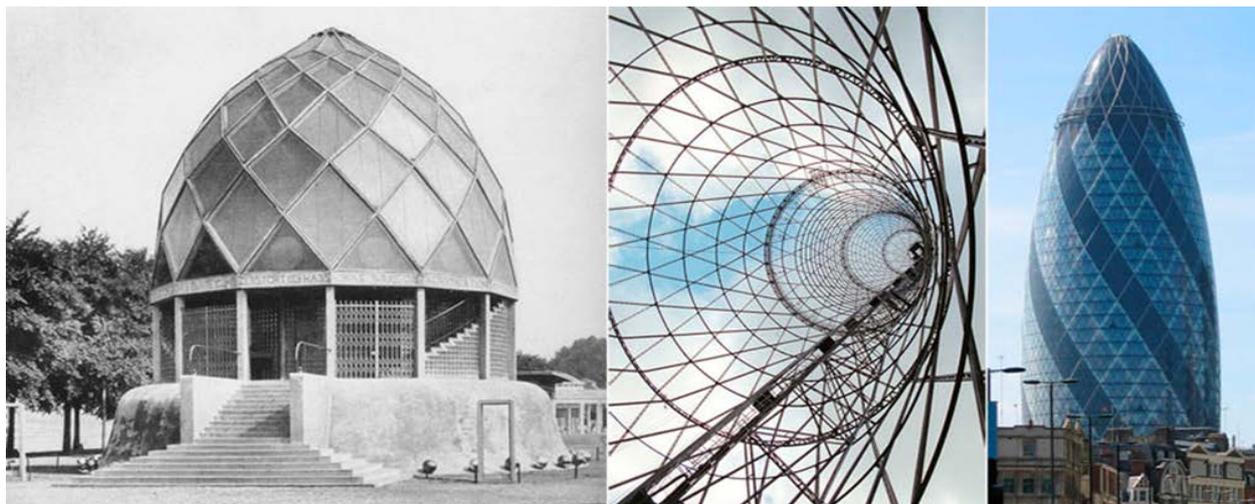


Рисунок 1. Элементы бионики в архитектуре XX века. Слева: Стеклянный навильон Таута, в Кёльне. В центре: Шуховская башня на Шаболовке в Москве, Справа: знаменитый лондонский «Огурец».

Каркас сетчатой оболочки

Сетчатый каркас оболочки при такой шарнирной сборке может складываться как по длине, так и по ширине. Кинематическая оболочка способна к обратимой деформации и может быть как несущей конструкцией нового здания, так и служить новой «одеждой» для старых зданий. Чтобы придать каркасу стабильную форму, используются складные кольца на поясах. Таким образом ячейки сети каркаса приобретают геометрически неизменяемую на время эксплуатации треугольную форму.

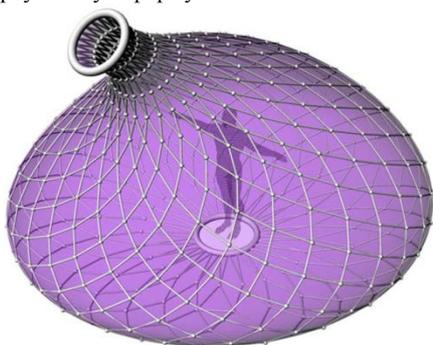


Рисунок 2. Эльпюль форма оболочки кокона человека.

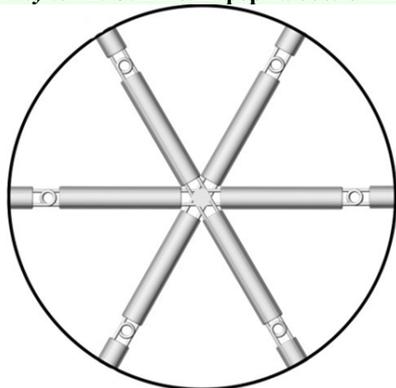
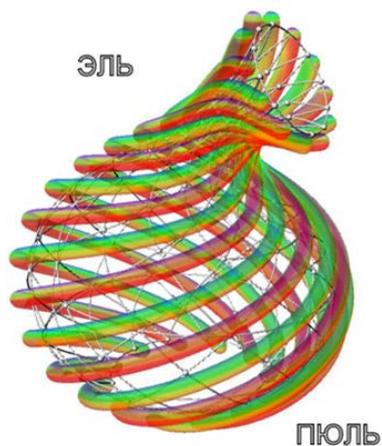


Рисунок 3. Узел крепления элементов сетчатой оболочки с трубчатыми элементами. Изготавливаются элементы конструктора «Эльпюль» на автоматах, напоминающих работу рибосом. Автор и патентообладатель Ю.В. Шевнин.



В условиях тяготения и на границе двух сред капля деформируется и сочетает в себе участки с разной кривизной. Для краткости, автором предложено такую форму называть **эльпюль**, где «эль» обозначает поверхность вращения с гиперболической кривизной, через которую происходит обмен веществ, а «пюль» — поверхность с положительной кривизной, способную запасать вещество и энергию (рис. 3).

Рисунок 8. Форма эльпюль, сочетающая гиперболическую, нулевую и эллиптическую кривизну поверхности.

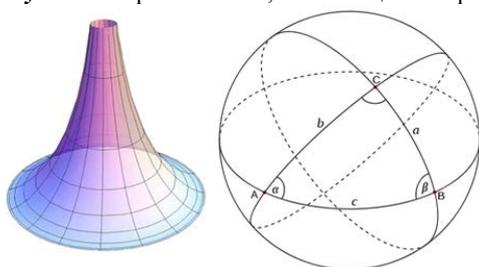
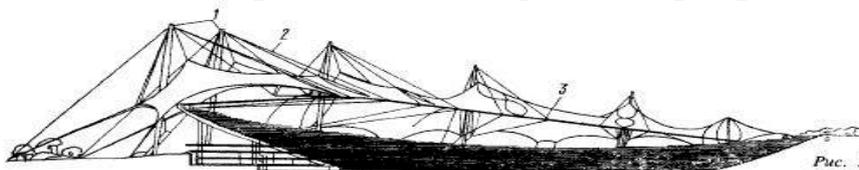


Рисунок 4. Поверхности отрицательной и положительной кривизны. Слева: псевдосфера — поверхность вращения с постоянной отрицательной кривизной — реализует локальную модель геометрии Лобачевского. Справа: сфера или эллипсоид имеют положительную кривизну и реализуют *сферическую геометрию*, близкую к геометрии Римана.

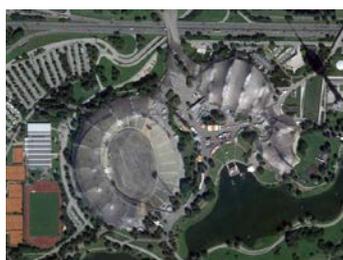
Рис. 3.8. ТЕКТОНИКА. Палатки, Мембраны, Сетки.



Палатки, Мембраны, Сетки. Архитектор Фрай Отто



*Рис. 3.16. Козырек вантовой конструкции центральной спортивной арены Олимпийского стадиона в г. Мюнхене, Германия:
1 — металлические мачты; 2 — несущие тросы; 3 — стабилизирующий трос*



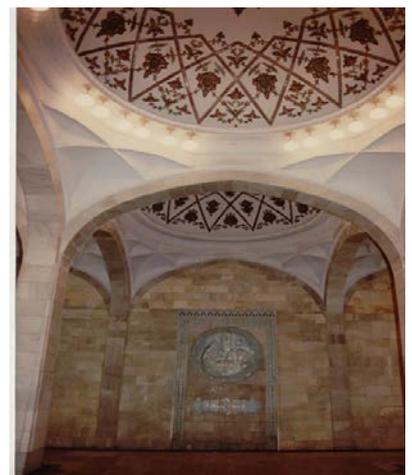
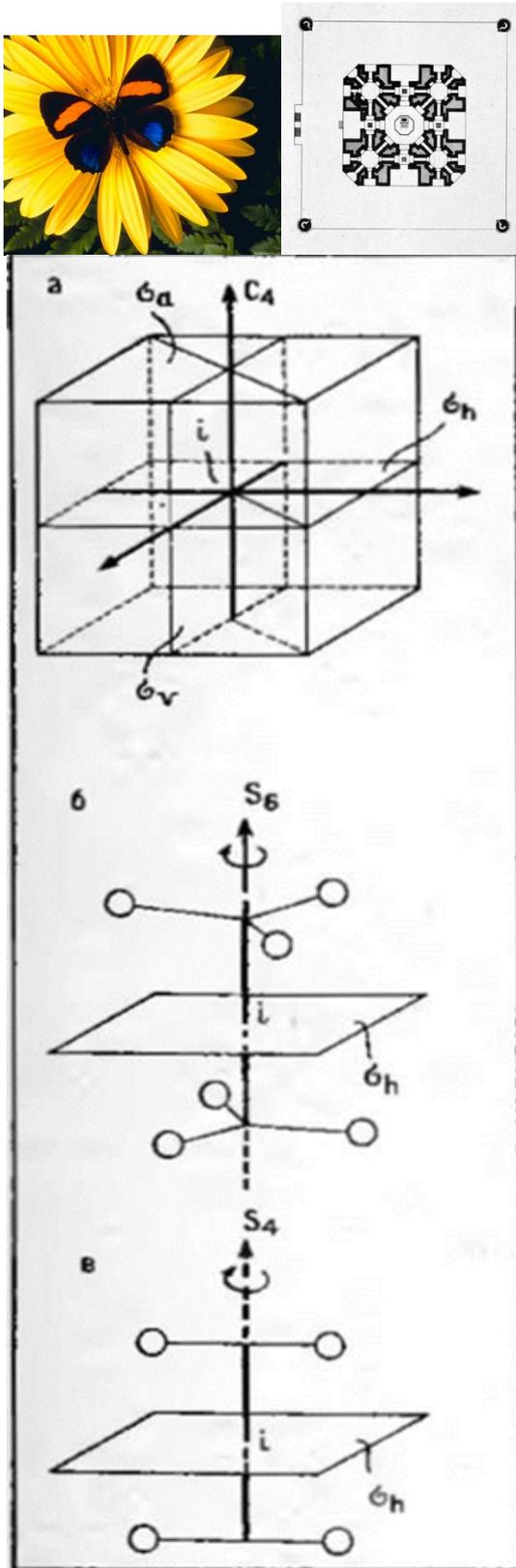
Фрай Отто родился в 1925 году в Зигмаре (ныне — Хемниц), в Саксонии. В 1931 - 1943 учился в школе Шадов в Целендорфе (Берлин) на каменщика. Закончил в 1950 с дипломом архитектора Технический университет Берлина. В 1954 году он защитил докторскую диссертацию на тему "Подвесные тентовые перекрытия".

В 1952 Отто открыл собственное архитектурное бюро в Целендорфе, а в 1957 основал Центр разработки облегченных конструкций, который перенес в 1964 в Штутгарт под названием "Институт облегченных конструкций" (работает при местном университете).

Фрай Отто получил всемирное признание именно как создатель тентовых и мембранных конструкций, которые он применял в таких постройках, как Павильон ФРГ на Всемирной выставке в Монреале в 1967, спортивные сооружения на Олимпийских играх в Мюнхене в 1972 году, японский павильон на Всемирной выставке-2000 в Ганновере (совместно с Шигеру Баном) и т. д.

Среди присужденных ему наград - две премии АгА Хана (1980 и 1998), Золотая медаль RIBA в 2005 году, японская премия Praemium Imperiale в номинации "архитектура" в 2006 году.

Рис.3.9. СИММЕТРИЯ.



ДНК

Рис. 3.10. СПИРАЛЬ И ВИНТОВЫЕ КРИВЫЕ.

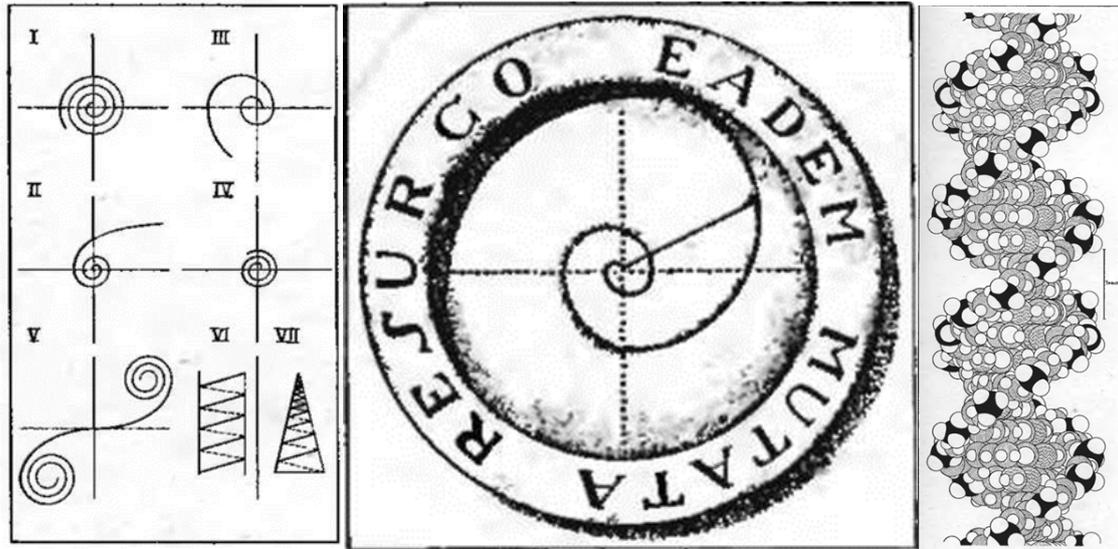


Рис. 1. Графическое изображение спиральных кривых (рис. Ю.С. Лебедева)
 I – спираль Архимеда; II – гиперболическая спираль; III – логарифмическая спираль; IV – параболическая спираль; V – спираль Кор-ню; VI – винтовая линия; VII – конусообразный винт
Рис. 2. Спиральная конфигурация молекулы ДНК (деоксирибонуклеиновой кислоты). Модель

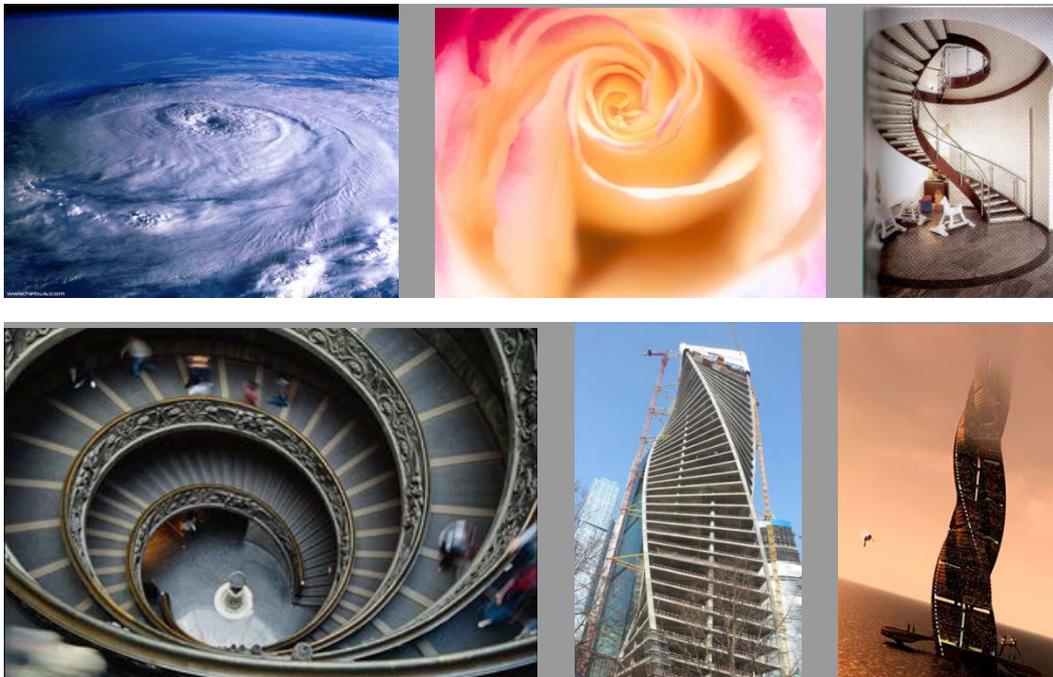
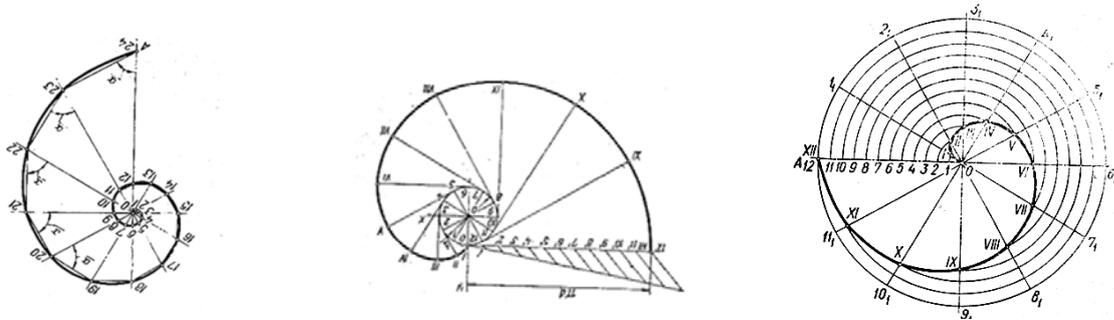


Рис.3.10. СПИРАЛЬ И ВИНТОВЫЕ КРИВЫЕ. Музей современного искусства Гуггенхайма в Нью-Йорке

Фрэнк Ллойд Райт (1867-1959) Крупнейший архитектор в истории США. Оказал огромное влияние на развитие современной архитектуры. Основоположник принципа органичной архитектуры - целостной, являющейся неотъемлемой частью среды, окружающей человека. Им была выдвинута идея непрерывности архитектурного пространства, противопоставляемая подчеркнутому выделению частей в архитектуре классической. Основанный на этой идее прием "свободного плана" вошел в число средств, используемых всеми течениями современного зодчества.

Биография (по материалам сайта www.100velikh.com, en.wikipedia.org, greatbuildings.com)



Рис. 3.11. ПРОЦЕСС ВЕТВЛЕНИЯ.

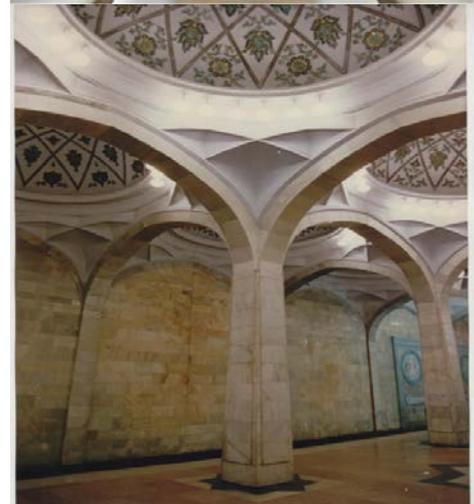
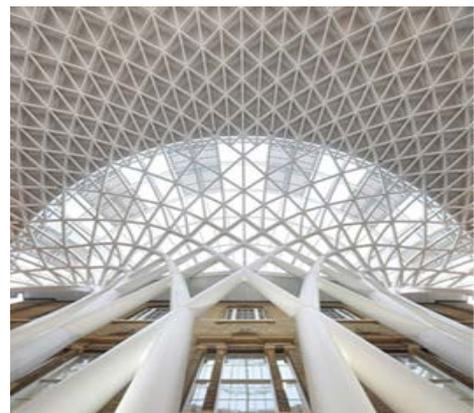
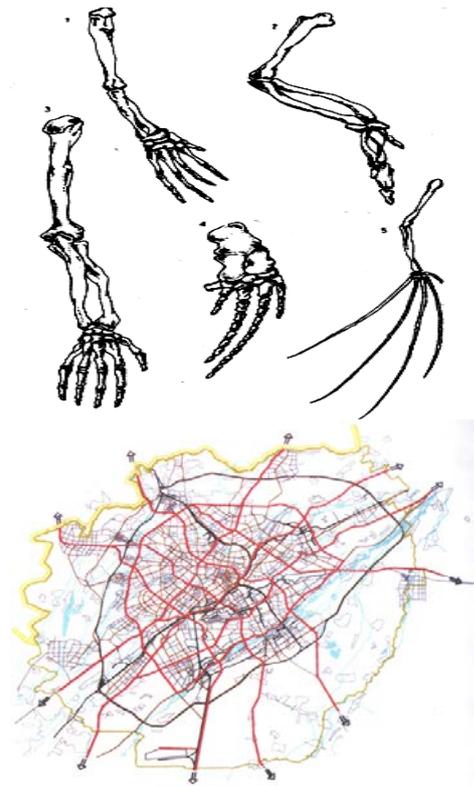
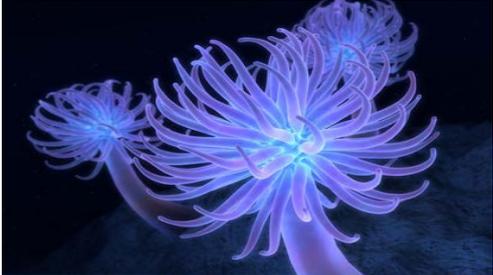
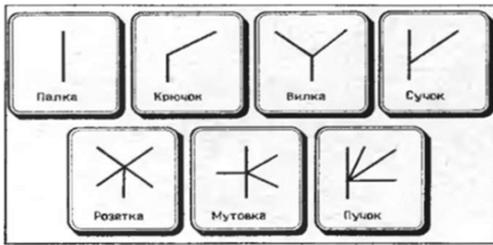
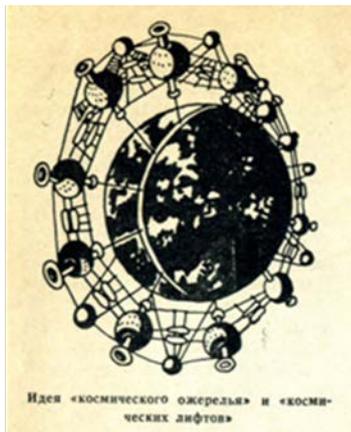
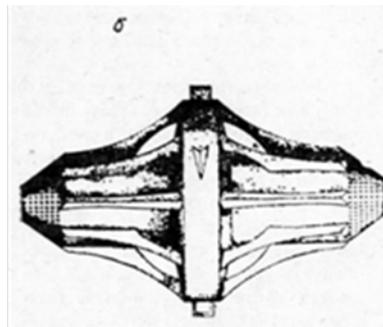
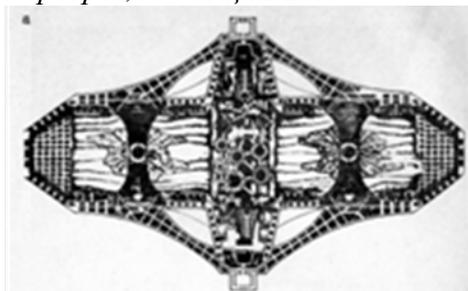


Рис.3.13. ЕДИНСТВО ФОРМЫ И ФУНКЦИИ.
Биоурбанизм. архитектуры будущего



Космический город Астерома. Арх. П.Солери.

а- разрез, б- общий вид



Проекты французского бельгийца Венсана Каллебо (Vincent Callebaut)

Бельгиец понимает, что даже целый флот таких колоссальных дирижаблей не сможет заметно повлиять на баланс мировых выбросов парниковых газов, но полагает, что Hydrogenase послужит примером, своего рода живым символом грядущих перемен в транспорте и энергетике (*иллюстрация Vincent Callebaut*).

Будущее человечества за последние полвека превратилось из гениальных гипотез в футурологическую очевидность, в область реального приложения сегодняшних знаний. Расселение человека под- или надземном пространстве, в океане или космосе – неизбежный процесс ближайшего будущего. Может оказаться, что прекрасная наша Земля всего лишь место кратковременной передышки на пути между мировым океаном, где мы родились, и звёздным океаном, куда мы ныне устремили свои дерзания.

Рис. 3.13. ЕДИНСТВО ФОРМЫ И ФУНКЦИИ.

**Плавающий экополис. Арх. Венсана Каллебо
(*Vincent Callebaut*)**



За основу архитектор взял удивительное природное явление – плавающие на воде листья и цветы водяных лилий. Вернее, одного вида - тропической кувшинки Виктории Регии. Растение, являющиеся прототипом плавучего города, Кальбо увековечил в названии проекта, окрестив его LILYPAD (кувшинка, в переводе на русский). Впрочем, это поэтическое название подпират официальное, не такое возвышенное: «Плавающий экополис для климатических беженцев». Примеры строительства таких городов в истории уже описаны. И не где-нибудь, а в Библии. Ноев ковчег был предназначен ровно для тех же целей и задач.

**«WETROPOLIS» –проект архитектурной студии
S+PBA, 2005 г. Банкок.**

Архитекторы – Ponlawat Buasri и Songsuda Adhibai

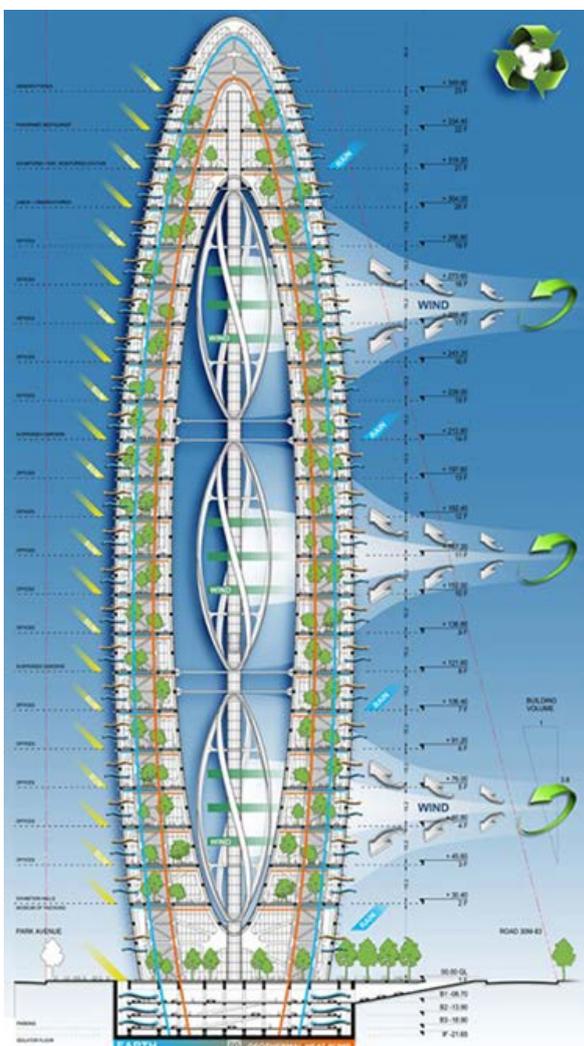


Меняющийся климат нашей планеты порождает проблемы, которым трудно, а часто просто невозможно противостоять привычными методами. Землетрясения, ураганы, тайфуны и другие стихийные бедствия заставляют искать комплексные подходы к созданию безопасной для человека среды обитания. Особенно остро стоит эта проблема в тех странах, которые раскинулись на побережьях морей и океанов.

Рис. 3.13. ЕДИНСТВО ФУНКЦИИ И ФОРМЫ. БИОНИЧЕСКАЯ АРКА. Винсент Каллебо. (Vincent Callebaut)

В сердце Центрального Тайваня – городе Тайчжун – появится инновационное экологичное здание 21-го века, модель которого разработала бельгийская компания архитектора-новатора Винсента Каллебо (Vincent Callebaut Architecture). Аэроное пролётное сооружение – бионическая арка (Biopic Arch) – является частью нового генерального плана развития города «Taichung Gateway – Active Gateway City» (что-то вроде «Тайчжун – ворота в будущее»). Планируется, что «зеленый» небоскреб станет городским оазисом с жилыми площадями, офисами, культурными объектами и экологичными зонами рекреации.

Зелёная башня более чем соответствует 9-ти главным принципам «зеленого» строительства. Она станет вертикальным продолжением окружающего собственное местоположение парка «Тайчунские Ворота» (Taichung Gateway Park), посредством наличия в конструкции вертикальных зеленых платформ, «небесных садов» и «живых» фасадов. Здание подчеркнёт основную тенденцию архитектуры будущего: взаимодействие между человеком, высокими технологиями и природой.



АНТИ СМОГ. Винсент Каллебо. (Vincent Callebaut)

Проект молодого архитектора Винсента Каллебо под названием Анти Смог в Париже. Он предполагает размещение публичных галерей, комнат отдыха и просто пространств для различных собраний над каналами и железнодорожной веткой, которая уже не используется. Прототип использует «зеленые» технологии и технику, но этот проект - нечто большее, чем просто пример экологического дизайна.

Внешне напоминающая энергосберегающую светлую луковицу и космический корабль, органично разработанная схема Анти Смога состоит из двух составляющих, а именно башни и коконоподобной структуры, которая выглядит так, как будто она пристыковалась к железнодорожному мосту, натянутому над каналом.



**Рис. 3.13. ЕДИНСТВО ФУНКЦИИ И ФОРМЫ.
ПОДЗЕМНАЯ АРХИТЕКТУРА. БИОУРБАНИЗМ.**

Освоение подземного пространства наиболее актуально в центральных, отличающихся плотной застройкой и наиболее посещаемых районах, а также в отдельных специализированных центрах и в так называемых Общественно-транспортных комплексах массового посещения (рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.)

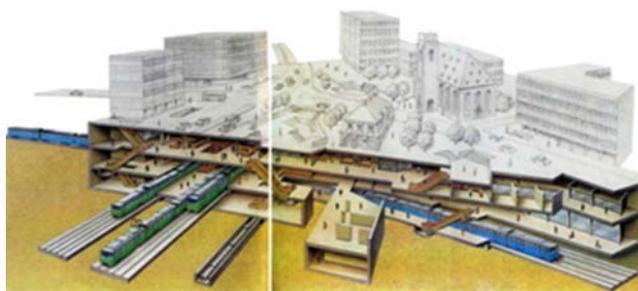


Рис. 1. Комплекс подземных сооружений на пл. Хауптвахе, Франкфурт-на-Майне, ФРГ.

Рис. 2. Комплекс подземных сооружений на Карлсплац, Мюнхен, ФРГ.

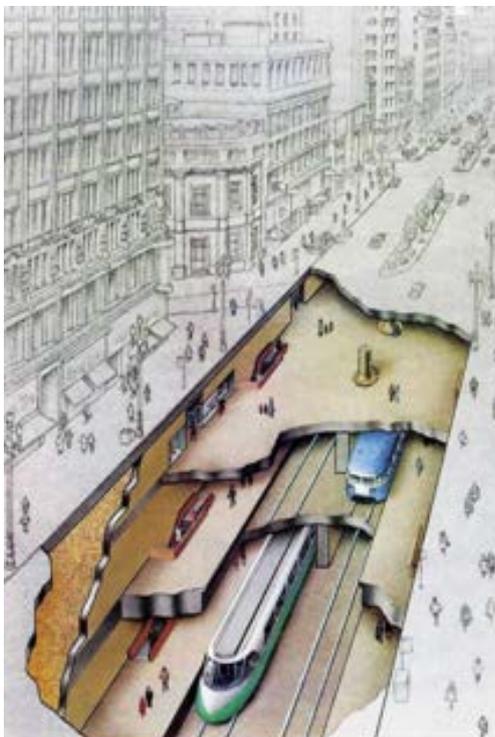


Рис. 3. Пересадочный узел обычного и экспресс-метрополитена, Сан-Франциско, США.



Рис. 4. Пересечение линии метрополитена (С.-Ю. и В.-З.) в центре Будапешта, ВНР.



Рис. 5, 6, 7. Подземные станции метрополитена, Ташкент, Узбекистан.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА I. Архитектура и природа — непрерывный процесс взаимодействия.....	4
1.1 Архитектурная бионика – новое направление в науке и практике...	4
1.2. Исторические предпосылки развития архитектурной бионики.....	12
ГЛАВА II. Метод и основные принципы моделирования.....	21
2.1. Общее понятие модели в архитектурной бионике.....	21
2.2. Характеристика свойств архитектурно-бионических моделей.....	26
2.3. Модели как средство экспериментального исследования.....	30
2.4. Математическое моделирование.....	46
ГЛАВА III. Гармония формообразования в архитектуре и в природе.....	50
3.1. Единство функции и формы - объективная основа гармонии.....	50
3.2. Тектоника архитектурных и природных форм.....	62
3.3. Симметричная деятельность асимметричных структур.....	67
3.4. Спираль и винтовые кривые.....	80
3.5. Процессы ветвления.....	87
3.6. Золотое сечение.....	92
3.7. Биоурбанизм – архитектура будущего.....	107
Ключевые слова- глоссарий.....	129
Литература.....	133
Тесты.....	135
Иллюстрации.....	141



МАНСУРОВ ЯШНАР

Кандидат архитектурных наук, доцент

В 1972 году окончил Архитектурный факультет Ташкентского Политехнического института по специальности архитектура.

1972 - 2010 гг. в проектно-институте Ташметропроект: архитектор, руководитель группы архитекторов, главный специалист раздела архитектуры, начальник отдела архитектуры, главный инженер проекта, главный инженер института. В 2010 году защитил кандидатскую диссертацию на тему “Архитектурно-пространственная организация сооружений метрополитена”.

С 1975 года ведёт научно-педагогическую деятельность на Архитектурном факультете ТАСИ. По результатам исследований имеются более 100 публикаций. Автор и соавтор более 40 проектов и построенных объектов: станции Ташкентского метрополитена (Алишера Навоий, Бодомзор, Мирзо Улугбека, Алмазар, Тинчлик, Хамида Алимжана и др.), транспортные развязки, объекты Малой кольцевой автомобильной дороги г. Ташкента, а также ряд общественных и жилых зданий и сооружений.

Лауреат премий Совета Министров СССР.