

Содержание

От автора	6
Введение	7
1. Что предшествовало появлению BIM	9
1.1. Некоторые вехи в истории развития технологий «докомпьютерного» (безкомпьютерного) проектирования	14
1.1.1. Восприятие проектируемых объектов через их плоские проекции	14
1.1.2. Построение объемных изображений на плоскости. Перспектива	21
1.1.3. Применение макетов в проектировании	30
1.1.4. Архитектурная эндоскопия	35
1.1.5. Совершенствование инструментов и методов черчения.....	36
1.1.6. Графическое представление проекта	37
1.2. Системы автоматизации проектирования.....	46
1.2.1. САПР на персональных компьютерах	47
1.2.2. Специализация CAD-систем	52
1.2.3. Близкое завершение эры CAD	56
1.2.4. Направление дальнейшего развития САПР	60
2. Информационное моделирование зданий	65
2.1. Основное определение информационного моделирования зданий	68
2.1.1. Взаимоотношение старого и нового подходов в проектировании	68
2.1.2. Краткая история терминологии	70
2.1.3. Что понимается под BIM	72
2.1.4. Средство для научных исследований и экспериментов.....	78
2.1.5. Практическая польза от информационной модели здания	80
2.1.6. BIM и обмен информацией	88
2.1.7. Формы получения информации из модели	91
2.1.8. Основные заблуждения о BIM и их опровержение.....	96
2.2. Кто больше всех заинтересован в информационной модели здания	102
2.2.1. Новое строительство	103
2.2.2. Реконструкция, ремонт и эксплуатация зданий.....	110

2.2.3. Безопасность зданий и их поведение в чрезвычайных ситуациях.....	118
2.2.4. Экологические и градостроительные задачи	125
2.3. Параметрическое моделирование – основа BIM	131
2.3.1. Машиностроительный подход.....	131
2.3.2. В основании BIM лежит кит	134
2.3.3. Объектно-ориентированная технология	140
2.3.4. Параметры, определяющие геометрию здания	143
2.3.5. Параметры, не влияющие на геометрию объекта.....	148
2.3.6. Формы и способы работы с моделью.....	151
3. Некоторые примеры использования BIM в мировой практике.....	155
3.1. Концертный зал имени Уолта Диснея в Лос-Анджелесе.....	158
3.2. Небоскреб One Island East в Гонконге	175
3.3. Стадион «Птичье гнездо» в Пекине.....	192
3.4. Олимпийский водный стадион в Пекине.....	203
3.5. Здание Федерального суда в городе Джексон, штат Миссисипи.....	215
3.6. Новое здание Мариинского театра в Санкт-Петербурге.....	225
3.7. Реконструкция Оперного театра в Сиднее	239
4. Основные вопросы, связанные с внедрением технологии BIM	251
4.1. Факторы, влияющие на внедрение BIM	254
4.1.1. Масштабы внедрения BIM в Старом и Новом Свете.....	254
4.1.2. Объективная потребность в BIM для проектно-строительного процесса	259
4.1.3. Внутренние экономические факторы	260
4.1.4. Человеческий фактор	263
4.1.5. Внешние экономические условия	268
4.1.6. Стандартизация BIM	270
4.1.7. Факты, заставляющие задуматься	273
4.1.8. Итоговые выводы.....	274
4.2. Консерватизм и здравый смысл.....	277
4.2.1. Экономический прагматизм	277
4.2.2. Бытовой скептицизм.....	281

4.2.3. Обмен опытом в условиях конкуренции	283
4.2.4. Профессиональные навыки и сила привычки	288
4.3. BIM и экологически рациональное проектирование	291
4.3.1. Экологически рациональное проектирование.....	291
4.3.2. BIM и «зеленое» проектирование	297
4.4. Кто создает BIM	304
4.4.1. Новые требования к специалистам	304
4.4.2. Как готовить новых специалистов	307
5. Программы, реализующие технологию BIM	313
5.1. Комплекс BIM-программ компании Autodesk	315
5.2. Программа Digital Project компании GT	331
5.3. Пакет ArchiCAD компании Graphisoft	337
5.4. Комплекс программ фирмы Bentley Systems	341
5.5. Программы компании Nemetschek.....	346
5.6. Комплекс проектирования строительных конструкций Tekla Structures	350
6. Словарь терминов	355
6.1. Наиболее употребляемые аббревиатуры и сокращения	357
6.2. Основные понятия и термины	372
Список литературы	390

От автора

Идея написать учебник по информационному моделированию зданий для широкого круга специалистов, начинающих знакомиться с этой технологией, возникла у меня примерно год назад. Главной причиной, побудившей к этому шагу, стало практически полное отсутствие литературы о BIM на русском языке, да и англоязычные издания на эту тему, по ряду причин малодоступные нашему читателю, можно пересчитать по пальцам.

Дискуссии, развернувшиеся на конференции COFES-iscad в сентябре 2010 года в Москве, в которых мне довелось участвовать, также убедительно показали, что отсутствие информации по основам BIM существенно тормозит внедрение этой технологии в нашей стране, и эта проблема требует безотлагательного решения.

В основу представляемой книги лег курс лекций, читаемых автором для студентов специальности «Проектирование зданий» НГАСУ (Сибстрин).

В процессе подготовки книги часть материала была опубликована на сайте www.isicad.ru и в ряде других изданий. Практически все эти публикации вызвали бурные дискуссии, местами переходящие в очень бурные, что позволило мне существенно расширить и дополнить предполагавшуюся для книги информацию.

Пользуясь случаем, хочу выразить руководству компании ЛЕДАС и всем участникам этих обсуждений искреннюю благодарность.

Хочу также поблагодарить всех, кто помогал мне в различной форме в работе над этой книгой. Не перечисляю этих людей персонально только по одной причине – это бы стало еще одной главой книги, правда, с весьма симпатичными иллюстрациями.

Особой благодарности достойны все студенты, которые учились у меня в разные годы и чьи помещенные здесь работы явно украсили это издание. Также хочется пожелать им успехов в жизни, а настоящая книга пусть станет еще одним документальным подтверждением полученных ими умений и навыков.

Успешное освоение нами технологии BIM было бы невозможно без помощи со стороны компании Autodesk и ее замечательного коллектива, бесплатно предоставившего для учебных целей практически все имеющееся у них программное обеспечение, за что от себя и всех студентов также выражаю им искреннюю благодарность.

Владимир Талапов
Новосибирск
февраль, 2011

Введение

Сегодня уже никого не удивишь стремительным прогрессом в развитии науки и техники, с фантастической скоростью меняющим наши представления об окружающем мире и наши возможности в этом мире. Особенно это связано с бурным развитием компьютерных технологий.

В значительной мере это относится и к архитектурно-строительному проектированию, хотя здесь многовековые традиции, пожалуй, особенно сильны.

И все же сравнительно недавнее появление технологии информационного моделирования зданий (ВІМ) позволяет говорить о грядущих принципиальных изменениях в проектно-строительной отрасли.

Задача настоящей книги – доходчиво рассказать читателю о том, что это за технология, как она возникла, где и кем применяется, каких уже достигла успехов, как ее осваивать и что для этого надо.

Проще говоря, ввести читателя в новый для него мир информационного моделирования зданий и помочь ориентироваться в этом мире.

Конечно, полного ответа на все обозначенные вопросы дать невозможно, поскольку ВІМ находится в постоянном развитии и каждый год поднимается на новую ступеньку вверх.

Главное – заложить в сознании читателя фундамент, опираясь на который, он сможет дальше самостоятельно двигаться в направлении освоения информационного моделирования зданий.

Настоящая книга рассчитана на широкий круг читателей, от студентов и даже школьников до опытных проектировщиков и строителей, а также других специалистов, деятельность которых в той или иной степени связана со зданиями, в том числе управленцев, риэлтеров и собственников объектов недвижимости.

В наши дни информационное моделирование зданий – это новый вид деятельности практически для всех.

Кроме того, технология ВІМ – это гораздо шире и больше, чем просто проектирование. Это фактически создание дубликата здания в виртуальном мире и работа с ним, позволяющая прогнозировать свойства и характеристики реального здания и более эффективно управлять ими.

Эта книга, написанная в научно-популярном стиле, не требует от читателя специальных знаний, однако она будет интересна и тем, кто этими знаниями обладает.

При этом совершенно не имеет значения, какой ВІМ-программой уже пользуется читатель или решает выбрать ее для освоения методов конкретного информационного моделирования, – содержащийся в книге материал носит общий, полезный для всех характер.

А последняя глава должна еще и помочь сориентироваться в большом количестве уже существующих BIM-приложений.

Значительная часть содержащейся в книге информации дана в виде иллюстраций, внимательное изучение которых призвано не только пополнить знания читателя, но и вселить в него уверенность в возможности быстрого освоения новой технологии (рис. 1).

Этой цели служит и приведенный в конце книги словарь терминов.

Несмотря на уже достигнутые успехи, сейчас в нашей стране, да и в мире в целом, информационное моделирование зданий находится лишь на начальной стадии своего развития.

Но от того, насколько быстро и эффективно BIM будет внедряться в реальную практику, существенно зависит наше будущее, в том числе и самое ближайшее.

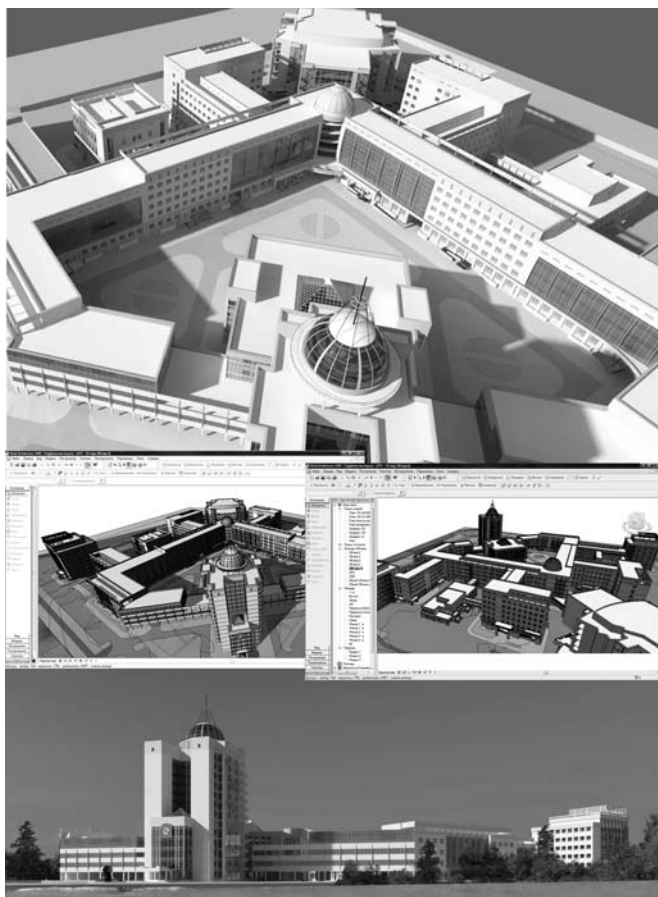


Рис. 1. Денис Абраменков, Иван Глушков, Юлия Курнаева, Екатерина Малиновкина, Леонид Скрыбин, Сергей Чураков. Модель нового комплекса зданий НГУ. Первая работа, выполненная студентами НГАСУ (Сибстрин) в Revit Architecture, 2008.

Что предшествовало появлению BIM

1.1. Некоторые вехи в истории развития технологий «докомпьютерного» (безкомпьютерного) проектирования	14
1.2. Системы автоматизации проектирования	46

История архитектурно-строительного проектирования – это история развития человеческой мысли, которая не только занималась непосредственно самими сооружениями, но и совершенствовала механизмы их создания.

Эта история весьма поучительна, она полна не только разных идей, достижений, открытий и изобретений, но и человеческих судеб, полностью связанных с зодчеством во всех его проявлениях.

Когда мы говорим об истории, то обычно воспринимаем и оцениваем исторические личности уже по итогам их жизненного пути.

Например, сложились устойчивые стереотипы, что Леонардо да Винчи всегда был человеком энциклопедических знаний, а Альбрехт Дюрер – великим художником и мыслителем.

При этом мы часто забываем, что все они проходили определенный путь в своем развитии, у кого-то учились и затем кого-то учили сами. А высказываемые ими идеи были результатом достижения этими людьми определенных ступеней собственного развития.

Поэтому, чтобы нами лучше воспринималось значение тех или иных идей, проектов, изобретений или произведений, в том числе и для их создателей, в книге по возможности приводится и возраст авторов.

К тому же это дает возможность читателю сопоставлять достижения великих людей со своей собственной жизнью.

А эти сопоставления – не просто дань любопытству.

Ведь история проектирования – это одновременно и наша современность, поскольку большинство созданных человечеством методов этой деятельности используются и в сегодняшней проектной практике.

Так что возникает интересный прецедент – мы имеем возможность и вправе сравнивать работы прошлых лет (и даже веков) с современными проектами. И надо отметить, что не всегда современные проекты в таком сравнении выходят победителями.

Что касается информационного моделирования зданий, то оно как логическое развитие существующих методов проектирования также имеет свои глубокие исторические корни.

Подход в проектировании, обозначаемый сейчас как информационное моделирование зданий, вызревал давно, но недостаточная техническая и технологическая развитость, отсутствие нужного инструментария не давали ему четко сформироваться. И только появление современных информационных технологий позволило наконец BIM «вылупиться на свет» и быстрыми темпами завоевать лидирующее положение в отрасли.

Приведем пример. При строительстве Эйфелевой башни весь проект выполнялся вручную. И рекордным срокам возведения сооружения (два года) способствовали чертежи чрезвычайно высокого качества с указанием точных размеров для более 12 000 металлических деталей, при сборке которых использовали 2,5 миллиона заклёпок (рис. 1-1).

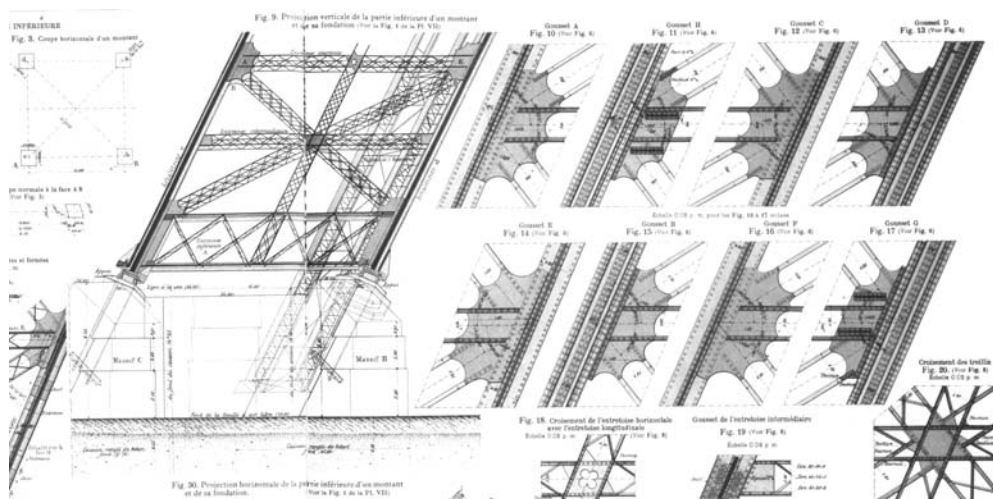


Рис. 1-1. Фрагмент одного из чертежей Эйфелевой башни (ориентировочно 1886 год)

Согласно первоначальному замыслу, Эйфелева башня должна была служить входной аркой парижской Всемирной выставки 1889 года, и через 20 лет эксплуатации ее должны были демонтировать.

На конкурс было предложено четыре проекта. Лучшим оказалось предложение Густава Эйфеля, в котором помимо всего прочего заявлялась новая технология возведения подобных сооружений.

Особенность этой технологии заключалась в том, что башня предполагалась сборной, все отверстия для заклепок в конструкциях сверлились «на земле», затем детали (весом не более 3 тонн) поднимались к нужному месту и уже там присоединялись к основному каркасу (рис. 1-2).

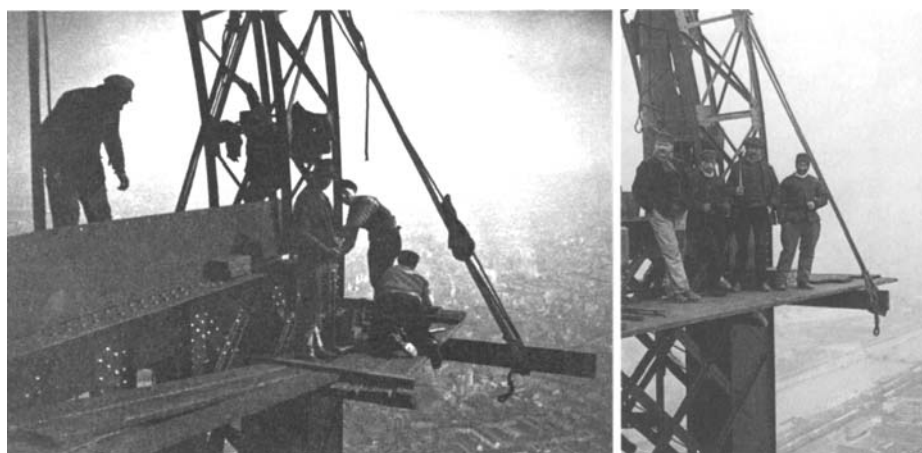


Рис. 1-2. Рабочие моменты монтажа самой верхней части конструкций Эйфелевой башни. Эти рабочие объективнее всех оценивают, насколько точно проведена работа «на земле». 1889 год

Благодаря такому подходу при общем весе только металлоконструкций в 7500 тонн (вес всего сооружения – 10 000 тонн) с задачей возведения башни успешно справилось 300 рабочих.

Сейчас совершенно очевидно, что для решения такой задачи идеально подошла бы информационная модель всей Эйфелевой башни, созданная в одной из современных BIM-программ для проектирования металлоконструкций и передающая затем данные на изготовление конструкций на станки с ЧПУ (даже если не рассматривать возможность оптимизации конструкции).

У Густава Эйфеля и его коллег подобных средств проектирования не было (человечество еще не достигло нужного уровня развития), зато имелись умные головы, профессиональный опыт и впечатляющий энтузиазм (рис. 1-3).

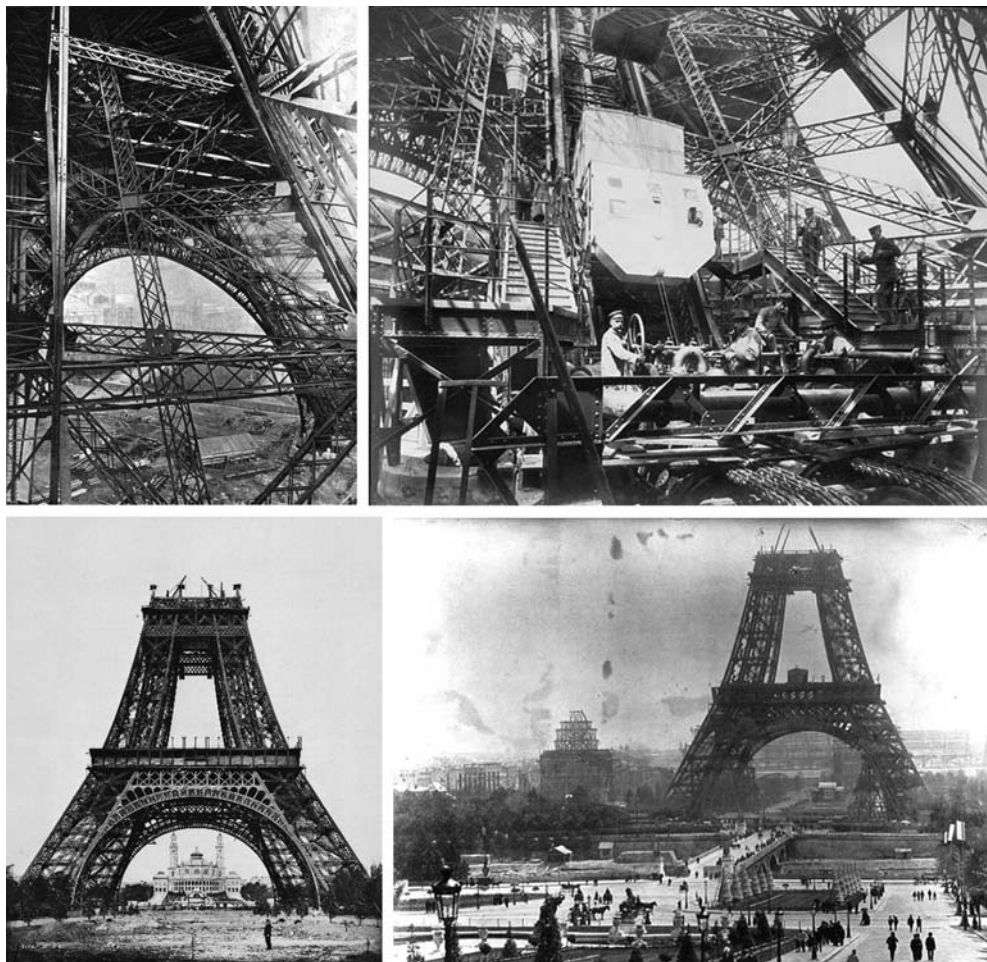


Рис. 1-3. Различные эпизоды строительства Эйфелевой башни, 1888 год

В результате фактически все то, что является сегодня принципиальными характеристиками технологии BIM и определяет ее силу и эффективность, создатели Эйфелевой башни виртуозно реализовали вручную.

И это привело к появлению в конце XIX века еще одного шедевра мировой архитектуры (рис. 1-4).



Рис. 1-4. Фотография открытия Эйфелевой башни в 1889 году. Слева – Густав Эйфель (тогда ему было 57 лет)

А спустя более чем 100 лет появилась технология информационного моделирования зданий, о которой Густав Эйфель мог только мечтать (рис. 1-5).



Рис. 1-5. Остроумная реконструкция возведения Эйфелевой башни в современных условиях

1.1. Некоторые вехи в истории развития технологий «докомпьютерного» (безкомпьютерного) проектирования

Сколько существует человечество, оно все время что-нибудь строит. А сколько существует строительство, столько существует и проектирование.

Методика и формы реализации архитектурно-строительного проектирования всегда менялись в угоду времени и зависели от уровня развития человечества в ту или иную эпоху.

Они же характеризовали и уровень этого развития, поскольку всегда учитывали и использовали самые современные на тот момент знания, изобретения и научно-технические достижения.

Другими словами, состояние проектно-строительной отрасли всегда характеризует и отражает степень развития всего общества.

В процессе развития проектирования десятилетиями, а то и веками вырабатывались, совершенствовались и доводились до высочайшего исполнительского уровня многочисленные методы и технологии его реализации.

Многие из них, хотя и существуют уже несколько сотен лет, всё еще не стали «музейными экспонатами» – они успешно адаптировались к нынешним условиям и активно используются в современной проектной практике, конкурируя с новыми, уже компьютерными технологиями либо становясь их идейной основой.

Так что история развития технологий архитектурно-строительного проектирования – это одновременно и экскурс по широкому спектру использующихся сегодня методов и инструментов проектирования.

Думается, такого больше нет ни в одной отрасли современной индустрии.

1.1.1. Восприятие проектируемых объектов через их плоские проекции

Реализуемый в наше время подход к проектированию любых возводимых человеком сооружений возник в римской архитектурной школе XVI века и с тех пор принципиальных изменений не претерпел.

В Италии это была эпоха Возрождения. По шкале истории России это время примерно соответствует периоду правления Ивана Грозного.

Принципиальная суть этого возникшего 500 лет назад, но «современного» метода сотворения новых зданий заключается в том, что информация о проектируемом объекте накапливается, обрабатывается, представляется, используется и хранится в виде его плоских проекций: планов, фасадов, разрезов, перспективных видов и других графических изображений, а также в форме описательной (текстовой или табличной) части (рис. 1-1-1).

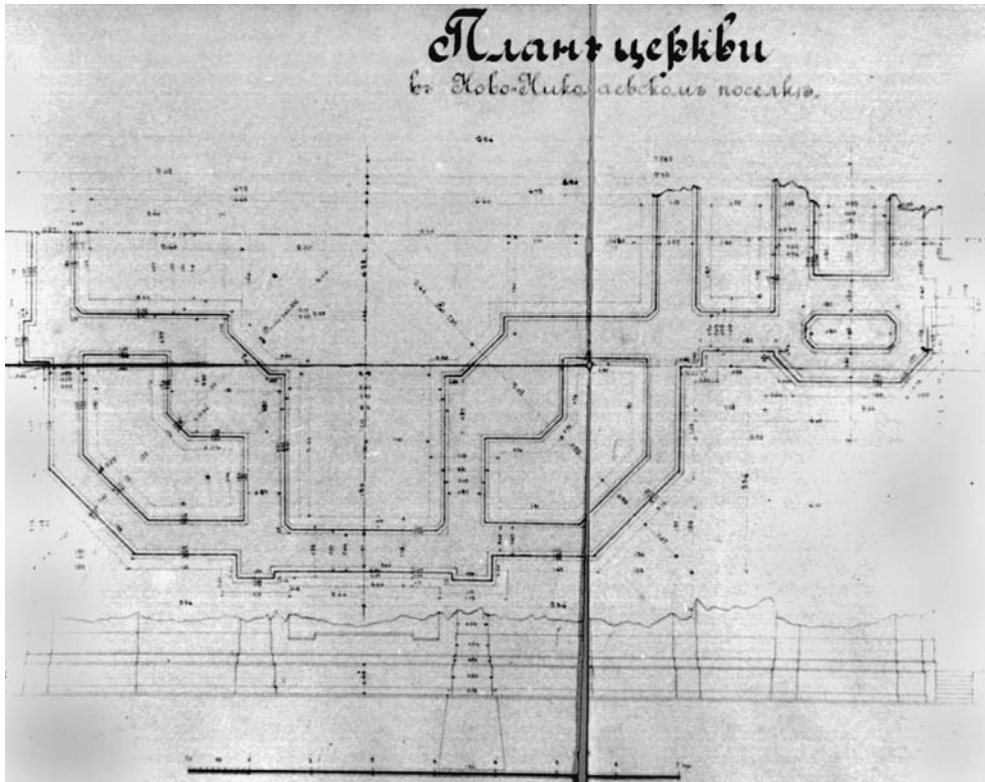


Рис. 1-1-1. Константин Лыгин. Проект Собора Александра Невского в Новониколаевске (ныне Новосибирске). План здания. Конец XIX века

Другими словами, все проектируемые здания, сооружения и объемные конструкции воспринимаются, исследуются, анализируются, разрабатываются и передаются строителям для возведения через их плоские проекции, количество, содержание и способы оформления которых определены (правильнее сказать, выстраданы) многовековой общечеловеческой практикой (рис. 1-1-2).

Конечно, внешний вид здания определялся только замыслом архитектора. И все же такой подход к проектированию (восприятие объема через плоские проекции), налагавший определенные ограничения на деятельность человека, закономерно влиял и на его результаты, в большей или меньшей степени определяя характер форм будущих сооружений.

Во-первых, восприятие объема через плоскость неминуемо накладывало «технологический» отпечаток на сам проектируемый объект. А именно здания в основном были ограничены фасадными плоскостями, а в плане имели систему прямоугольников с параллельными сторонами. Какие-либо закругления выполнялись или по дуге окружности, или по линии овала с четкой осью симметрии.

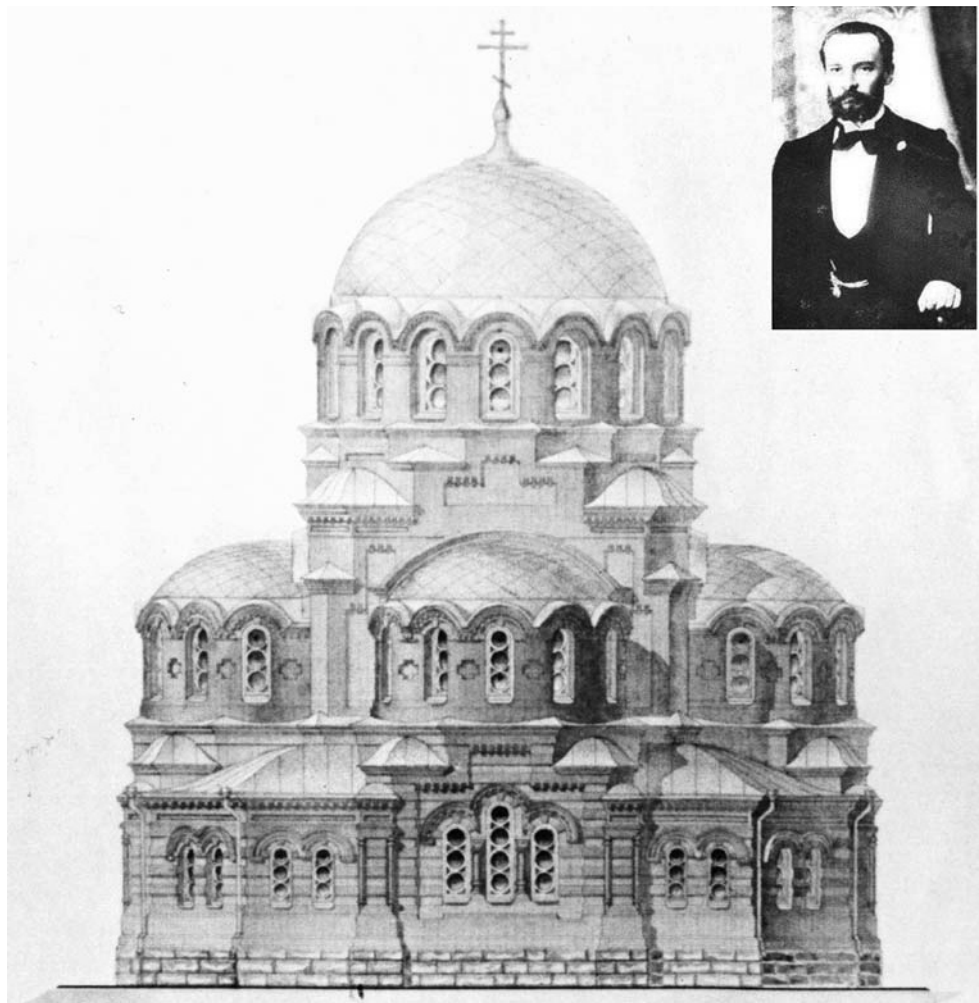


Рис. 1-1-2. Константин Лыгин. Проект Собора Александра Невского в Новониколаевске (ныне Новосибирске). Фасад. Конец XIX века. В период работы над проектом собора архитектору было примерно 45 лет. Из коллекции И. Поповского

Иными словами, проектировалось все то, что хорошо ложилось на плоскость с помощью циркуля и линейки, то есть все то, что было технологично при таком подходе к проектированию.

Все отступления от этих правил были либо новаторскими и революционными, либо просто результатами ошибок и недоразумений, но в любом случае их было относительно немного.

Например, в Нью-Йорке с 1902 года стоит 22-этажный «дом-утюг», больше напоминающий не здание, а корпус корабля, из-за вынужденно очень острого угла между примыкающими стенами. Этот угол определился характером пересечения в этом месте Бродвея и Пятой авеню. Но это

острый угол в плане, а фасады здания имеют классическую прямоугольную форму.

В свое время это 82-метровое здание (тогда – одно из самых высоких сооружений Нью-Йорка) своими нетрадиционными формами наделало много шума и привлекло всеобщее внимание, став одной из главных достопримечательностей города. Да и в наши дни нью-йоркский «дом-утюг» продолжает оставаться известным на весь мир, хотя справедливости ради надо сказать, что новаторство Дениела Бёрнема было не в том, что у него получился «утюг», а в том, что он впервые в мире применил при создании небоскребов металлокаркас.

Но людей до сих пор в этом здании привлекает прежде всего форма (рис. 1-1-3).

Итак, сто лет назад треугольный только в плане «дом-утюг» был новаторством, смелым вызовом традиционной архитектуре и предметом широкого обсуждения. Сейчас во многих городах мира насчитываются уже сотни «домов-утюгов», которые так сильно уже никого не удивляют, и их число неуклонно растет.

А в Новосибирске даже есть здание (ныне – Дом национальной культуры им. Г. Заволокина), спроектированное и построенное в 1930-х годах, у которого оси плана расположены под углом, лишь немного меньшим 90



Рис. 1-1-3. Дэниел Бёрнем (на тот момент ему было 55 лет). Флэтайрон-билдинг («дом-утюг»). Нью-Йорк, 1902

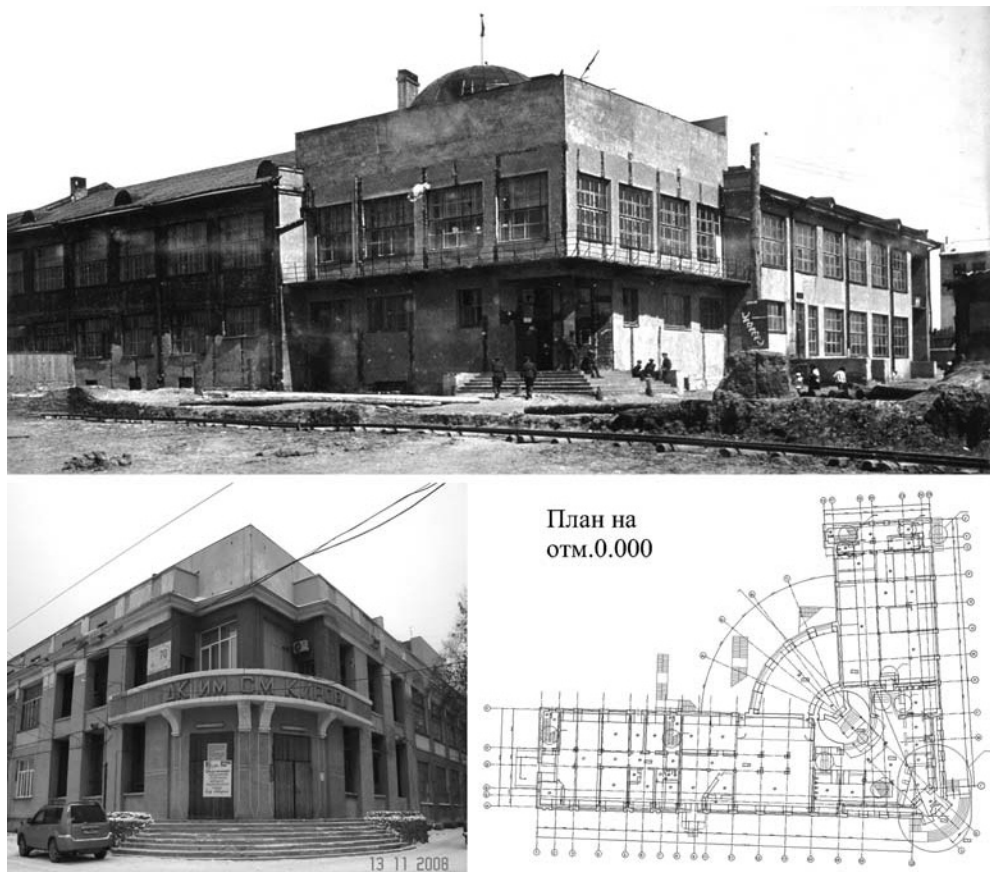


Рис. 1-1-4. ДНК им. Г. Заволокина («дом-бумеранг»). Новосибирск, 1933.
Из коллекции И. Поповского

градусов (примерно 86), так что его логичнее назвать «домом-бумерангом» (рис. 1-1-4).

Исследователи до сих пор не могут понять, что бы это значило, – ведь согласно стилю здания (конструктивизм), его почти типовому предназначению (первоначально здание проектировалось и строилось как фабрика-кухня) и строительной практике тех лет логичнее был бы все-таки иметь между осями прямой угол. Никаких внешних факторов в виде пересекающихся под острым углом улиц рядом со зданием на тот момент не было. Да и 86 градусов от 90 принципиально не отличаются.

И хотя здание строилось дольше обычного (видимо, трудно было строить под углом 86 градусов), на «распространенное» в то время вредительство в условиях обострения классовой борьбы это тоже не похоже. Так что загадка «дома-бумеранга» (даже не установлена фамилия автора проекта) уже много десятилетий продолжает будоражить умы историков и архитекторов.

Конечно, среди существующих зданий есть и другие, даже более «изогнутые» исключения, но все они еще больше подтверждают общее правило господства прямолинейных форм, поскольку все остальное, окружающее эти постройки, – также прямоугольное и геометрически правильное, в том числе и фасады самих этих «зданий-треугольников».

Во-вторых, технология восприятия трехмерного объекта по схеме «объем через плоскость» требовала, да и сейчас требует, от проектировщиков и строителей (часто главными действующими лицами здесь были одни и те же люди) умения правильно понимать, что же там изображено, то есть обладать так называемой «высокой культурой работы с чертежами».

Такая культура, вырабатывавшаяся у специалиста годами не только учебы, но и практической работы, включала в себя:

- а) способность по плоским изображениям правильно увидеть замысел архитектора или инженера как целиком, так и в отдельных деталях (даже появился термин – «умение читать чертежи»); умение «по трем проекциям» мысленно строить трехмерную модель будущего здания и «пропускать» через эту модель все остальные чертежи, первым делом проверяя их на соответствие этой самой «воображаемой» модели;
- б) необходимость предельно точно и безошибочно выполнять проектную документацию как с инженерной, так и с чертежной точек зрения, что требовало: строго соблюдения при вычерчивании размеров постройки, масштаба чертежа, толщин и типов линий, условных обозначений, видов штриховок, размера и стиля шрифта, расположения и правильного заполнения таблиц и штампов, а также многих других условностей и особенностей инженерного черчения.

Отметим, что такие «строгости» в оформлении чертежной документации, порой граничащие с профессиональным фанатизмом, были совершенно необходимы и оправданы, поскольку обеспечивали единый стандарт, служивший определенной гарантией «правильного» прочтения чертежей специалистами.

Общепризнанным «высшим пилотажем» в области чертежной графики, характеризовавшим мастерство проектировщика, наряду с построением перспектив было выполнение разрезов зданий со всеми возникающими при этом (надо сказать, неестественными, поскольку здание в жизни никто не резал) слоями срезов и тенями.

И это чисто «виртуальное» изображение делалось не для того, чтобы поразить воображение заказчика, хотя именно это в первую очередь и происходило, настолько фантастическими казались виды разрезов.

Их главной задачей было донести до остальных специалистов информацию о внутреннем обустройстве здания, особенно в тех его частях и эле-

ментах, которые при внешнем осмотре не видны или вообще не доступны.

Такие работы неизменно вызывают восхищение наших современников, в первую очередь мастерством создания «воображаемой» модели и проецированием этой модели на выбранную плоскость.

Причем, если внимательно приглядеться, это все-таки не были «формальные» разрезы модели, которые сейчас бы выполнил компьютер (а он порежет все, что попадет под «лезвие» секущей плоскости), это были «разумно правильная геометрия плюс здравый смысл», поскольку решалась задача визуальной передачи информации об объекте (рис. 1-1-5).

В-третьих, при такой системе проектирования вся информация об объекте собиралась (считывалась) с бумажных носителей (чертежей), сводилась воедино, анализировалась, превращалась в трехмерную модель будущего здания и комплексно обрабатывалась в едином центре – в голове автора проекта.

В сложных случаях к ней добавлялись головы небольшого коллектива помощников, которые работали самостоятельно, но под общим авторским руководством.

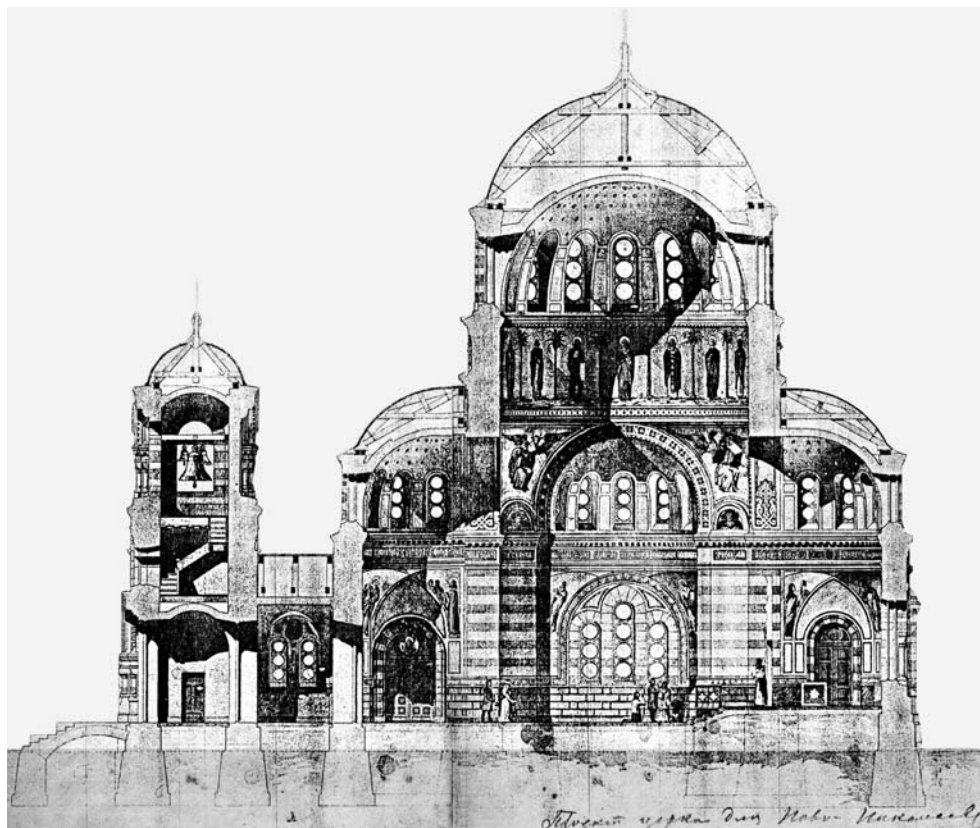


Рис. 1-1-5. Константин Лыгин. Проект Собора Александра Невского в Новониколаевске (ныне Новосибирске). Разрез. Конец XIX века. Из коллекции И. Поповского

Другими словами, автор проекта сам все проектировал, все знал, все предусматривал, все предвидел и за все отвечал.

Понятно, что в такой ситуации очень сложный проект был одному человеку просто не по силам (ведь помощники только помогают, выполняя черновую работу, а не делают проект вместо тебя), либо становился «делом всей жизни», и на другие серьезные работы у автора просто не оставалось времени и возможностей.

Таким образом, даже если пока отбросить высокую вероятность проектных ошибок, традиционный подход к проектированию объективно и постоянно толкал проектировщиков на своеобразное «мелкотемье» – каждый обычно брался только за то, что мог сделать сам в одиночку (рис. 1-1-6).

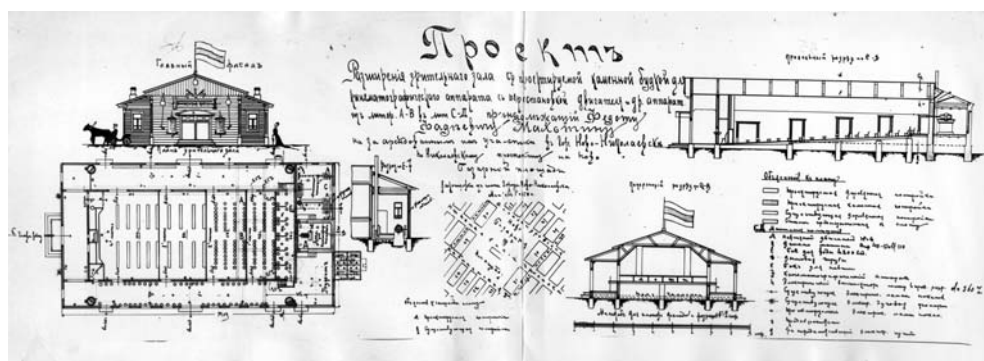


Рис. 1-1-6. «Проект расширения зрительного зала с каменной будкой для кинематографического аппарата» в Новониколаевске (ныне Новосибирске). Ввиду небольшого объема работы вся информация о будущей пристройке к зданию собрана на одном листе. Первые годы XX века. Из коллекции И. Поповского

1.1.2. Построение объемных изображений на плоскости. Перспектива

Трехмерное восприятие проектируемого объекта по его плоским проекциям – дело очень сложное, особенно когда надо донести свое видение задуманного здания до других людей, то есть снова поместить «воображаемую» модель на плоскость, причем не на одну, а несколько, предвосхищая хотя бы основные виды будущего сооружения.

Автор этих строк отлично помнит, как в начале 1990-х он пытался объяснить студентам-архитекторам, как выглядит тело, получающееся в результате пересечения двух цилиндров под определенным углом. Отчаявшись от безуспешных попыток изобразить это тело на бумаге, он включил компьютер, сел за AutoCAD, построил пересечение цилиндров и покрутил его со всех сторон перед ошеломленными учениками (в тот день эти студенты увидели AutoCAD впервые в жизни). Хорошо, когда есть AutoCAD.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru