

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

М.А. Берсенева, И.И. Богомолов

АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРЕ СРЕДНЕВЕКОВОЙ ЕВРОПЫ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению 07.03.01 «Архитектура»

Пенза 2014

УДК 72.033(4):72.012(075.8)

ББК 85.113(4)я73

Б48

Рецензенты: кандидат архитектуры, главный архитектор проекта ЗАО «Гражданпроект» г. Пенза З.З. Зиятдинов;
кандидат архитектуры, доцент кафедры «Градостроительство» Б.А. Чурляев (ПГУАС)

Берсенева М.А.

Б48 Архитектурно-конструктивное формообразование в архитектуре средневековой Европы: учеб. пособие/ М.А. Берсенева, И.И. Богомолов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 88 с.

Рассматривается архитектурно-конструктивное устройство исторических объектов, которое позволяет студенту не только понять и осознать саму историческую логику архитектурного формообразования, но и видеть ее при учебном анализе конкретных сооружений исторического ряда. Представлены схемы формообразования от простейших, популярных среди зодчих средневековья, до основных архитектурно-конструктивных систем формообразования, характерные для значимых периодов архитектурно-строительной деятельности зодчих средневековья. Показаны особенности архитектурно-конструктивного формообразования романского, готического и крестово-купольного храмов. На примерах шатрового и крещатого сводов разобраны архитектурно-конструктивные находки русских зодчих.

Подготовлено на кафедре «Основы архитектурного проектирования» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению 07.03.01 «Архитектура».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014

© Берсенева М.А., Богомолов И.И., 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение истории архитектуры народов европейских стран, являющейся важнейшей составляющей человеческой культуры, становится существенной компонентой профессионального обучения, если иметь в виду профессию архитектора. Если же говорить о формировании профессионального сознания будущего архитектора вообще, то роль архитектурно-исторических курсов в этом деле переоценить невозможно.

Однако изучение истории архитектуры студентами архитектурной специальности требует специфического предметного отношения к ней, преодолевающего традиционный искусствоведческий подход. Тогда архитектурно-композиционное «устройство» изучаемых объектов архитектуры становится доминирующим учебным предметом. А различные проявления логики их архитектурно-конструктивного формообразования из фактов исторических естественно должны трансформироваться в структурные составляющие актуального профессионального сознания. Поэтому архитектурно-конструктивное устройство исторических объектов требует особо тщательного рассмотрения, которое позволяет студенту не только понять и осознать саму историческую логику архитектурного формообразования, но и видеть (т.е. понимать) ее при учебном анализе конкретных сооружений исторического ряда.

Предлагаемое учебное пособие не является альтернативой существующих учебников и учебных пособий по изучению истории. Оно составлено и ориентировано таким образом, чтобы выявить эту самую логику формообразования в качестве ключевого звена исторического изучения.

Структура пособия выстроена таким образом, что сначала происходит знакомство с простейшими схемами формообразования, популярными среди зодчих средневековья. Затем последовательно рассматриваются основные архитектурно-конструктивные системы формообразования, характерные для значимых периодов архитектурно-строительной деятельности зодчих средневековья.

В частности, показаны особенности архитектурно-конструктивного формообразования романского, готического и крестово-купольного храмов.

В заключительной части на примерах шатрового и крещатого сводов разобраны архитектурно-конструктивные находки русских зодчих.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционное обучение истории архитектуры организовано в соответствии с общей методологией изучения исторических наук, и в этом смысле оно достаточно универсально и может охватить широкий круг обучаемых различного профессионального профиля.

Однако в профессиональном обучении студентов архитектурной специальности предметное содержание курса истории архитектуры серьезно отличается от всех других, адресованных не архитекторам. Отличие это обусловлено прежде всего тем, что для изучения архитектуры профессионально, материал истории архитектуры должен содержать вполне профессиональную информацию, актуальную и сегодня. А это значит, что методику изучения истории архитектуры архитекторами необходимо усовершенствовать, придав ей больше конкретики в смысле постижения логики архитектурно-конструктивного формообразования, характерного для того или иного временного отрезка истории.

История же архитектурно-строительной деятельности зодчих средневековой Европы весьма богата профессиональными находками и открытиями, которые нашли свое яркое воплощение в специфических архитектурных формах конкретных сооружений. Увидеть и оценить такого рода профессиональные достижения коллег, живших в далеком прошлом, сегодня не только интересное, но и познавательное занятие.

Воспринимать же профессиональное содержание в тех традиционных изображениях, которые характерны для учебного курса истории архитектуры, означает понимать их, ибо человек видит только то, что знает.

Подготовка студентов заключается в освоении логики архитектурно-конструктивного образования, которую будущий архитектор постигает в полном объеме, проходя обучение инженерно-конструкторскому формообразованию. Такое обычно происходит на старших курсах архитектурного факультета. А история архитектуры изучается студентами гораздо раньше.

Отсюда цель предлагаемого пособия состоит в том, чтобы на простейших, понятных каждому, графических моделях дать возможность понять хотя бы основы той логики архитектурного формообразования, которой пользовались зодчие средневековья.

Критерием успешности освоения исторических архитектурно-конструктивных премудростей в учебном процессе может служить внятное понимание того, **что** студент видит в иллюстрациях из истории архитектуры. А это означает, способность или, наоборот, неспособность студента «читать» изображения архитектурных проекций памятников архитектуры, т.е. создавать тем самым в своем сознании объемные образы-представления исторической реальности, данной в плоской проекционной графике иллюстраций.

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОКРЫТИЯ

Главной особенностью всех архитектурно-конструктивных систем, применяемых в европейском средневековье, являлось использование в качестве основной несущей конструкции перекрытий и покрытий, **арки** и восходящей к ней **свода**.

Происхождение арки и свода

Арка как один из самых распространенных в архитектуре и архитектурном конструировании формообразующих элементов появилась в глубокой древности. Она была изобретена там, где строительство велось из камня. Как известно, любое сооружение, рассчитанное на людей, должно иметь крышу над головой. При строительстве из камня такая задача может вырасти в проблему.

Камень, используемый для этих целей, не мог быть крупным, например, соизмеримым своими размерами с бревном. Если и удавалось вырубать камень подобных размеров, то он оказывался такого громадного веса, что работать с ним было либо невозможно, либо весьма затруднительно. Такие камни обычно использовали в уникальных ситуациях при строительстве мегалитических сооружений.

В массовом строительстве камень, который шел в дело, должен уместаться в одной руке строителя и быть оптимальным по своему весу.

Так возникало объективное противоречие между физической величиной камня, используемого в строительстве, и теми пространствами над головой, которое надо было с помощью этих камней перекрыть.

Изобретение арки, а затем и свода, явились как раз тем удачным решением, благодаря которому успешно разрешалось названное противоречие.

Рассмотрим элементарную ситуацию, когда в каменной (кирпичной) стене необходимо сделать проем (для окна или двери).

С позиций обычного здравого смысла она выглядит так. Проем создается кладкой боковых откосов, а сверху его приходится перекрывать **перемычкой**, выше которой кладка стены продолжается (рис. 1).

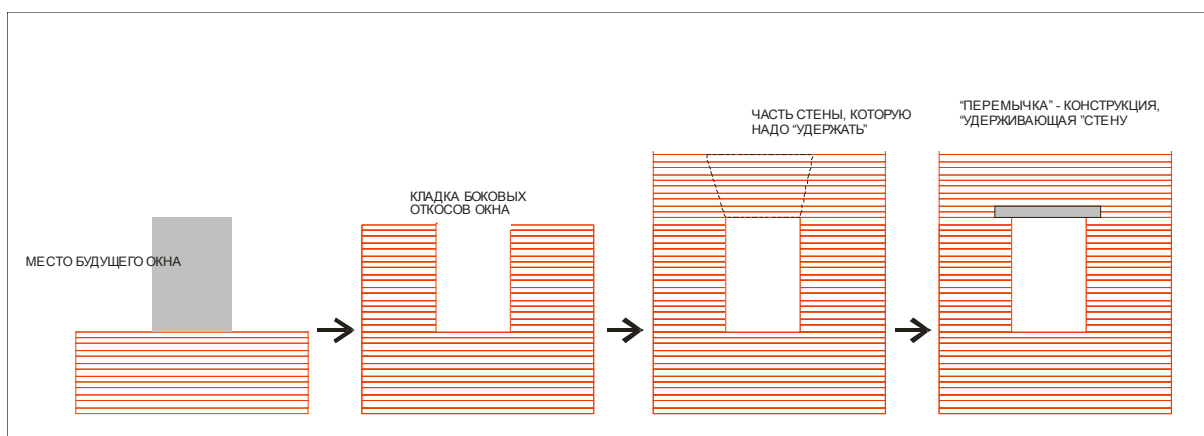


Рис. 1. Создание проекта в каменной (кирпичной) стене

Но так поступают сегодня, поскольку существуют железобетонные и металлические конструкции, которые появились в арсенале строителей чуть более столетия назад. Раньше же такие вещи приходилось делать из того же материала, из которого возводились сами стены. Именно тогда и была изобретена **арочная перемычка**, с которой фактически началось время разнообразных арочных конструкций. И сегодня в архитектурно-строительной практике арочные конструкции имеют широкое применение. Поэтому архитектору необходимо знать и понимать логику их формообразования (рис. 2).

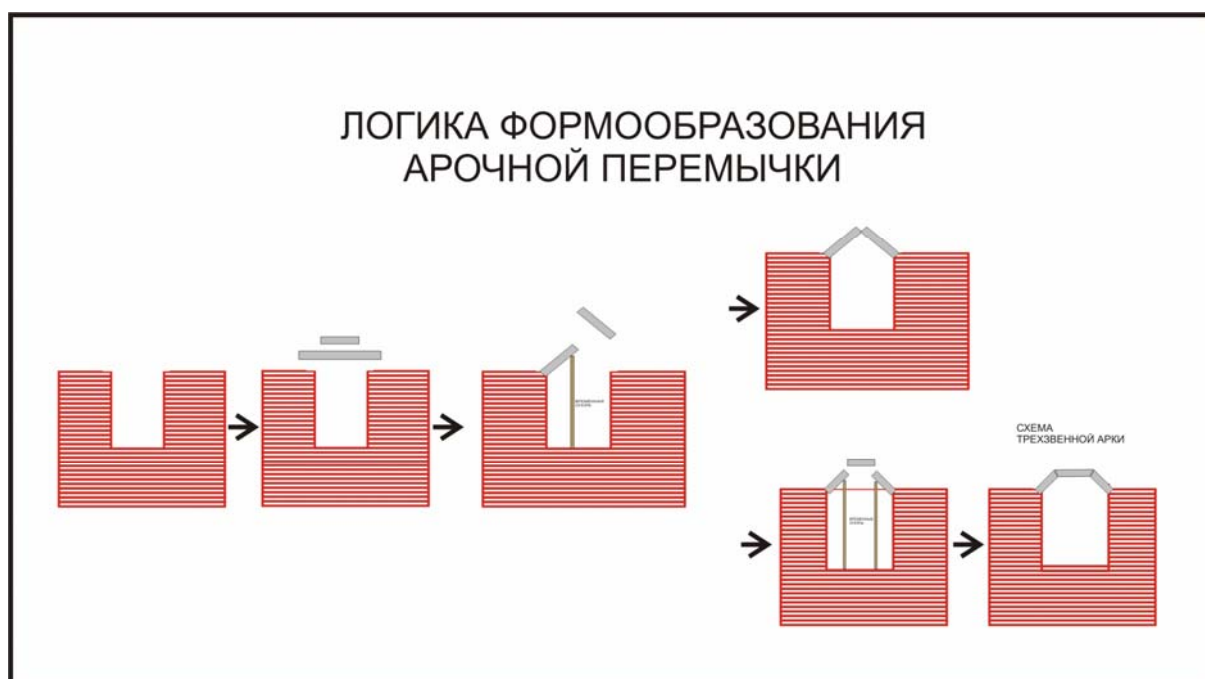


Рис. 2. Логика формообразования арочной перемычки

Вообразим, что нам предстоит перекрыть некий проем в стене. Здесь могут иметь место два случая:

- 1) конструктивный элемент имеет длину больше, чем проем;
- 2) конструктивный элемент имеет длину меньше ширины проема.

Первый случай мы затрагивали чуть раньше, когда говорили о балочных перемычках. Нас же сейчас интересует второй случай, когда длина элемента, который мы можем использовать для создания конструкции перемычки элементы, заведомо меньше ширины пролета.

Здесь, в свою очередь, тоже возможны два случая:

- 1) когда два каменных элемента можно поставить «домиком»;
- 2) когда два каменных элемента в сумме меньше ширины пролета и приходится подключать третий.

Очевидно, в этих ситуациях следует прибегнуть к временным опорам, на которые мы опираем элементы перемычки во время монтажа, поскольку как единое целое они начинают работать только при его завершении, когда элементы перемычки обопрутся, наконец, друг на друга и на стены.

Наиболее интересной для нас оказывается ситуация с использованием трех элементов перемычки. Здесь образуется комбинация, которую называют «трехзвенной аркой». Это, конечно же, еще не арка в ее привычном виде, но с точки зрения конструктивного существа – настоящая арка.

Настоящая, т.е. «**клинчатая арка**» образуется из множества клиновидных элементов (камней), расположенных по дуге, чаще всего по дуге окружности (рис. 3).

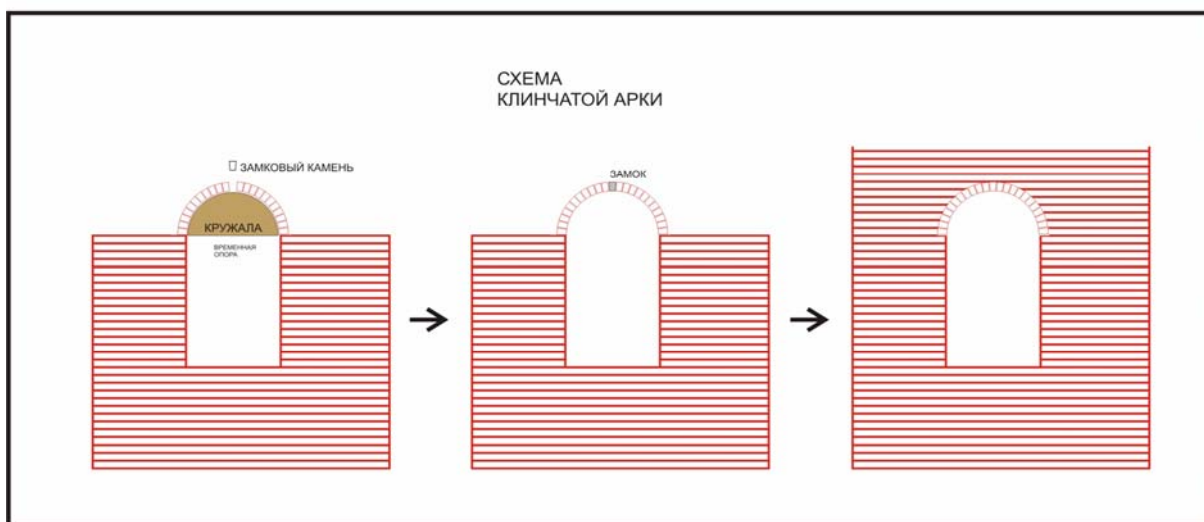


Рис. 3. Схема клинчатой арки

Число камней, образующих арку, должно быть обязательно нечетным: две полу дуги – правая и левая опираются на простенки,

образующие проем, а замыкает арку, придавая ей целостность и прочность, самый верхний камень, один на обе половинки дуги, – замковый (или просто – «замок»).

Естественно, подобная конструкция на время возведения нуждается во временных опорах. Такую опору образуют так называемые «кружала». Они придают будущей арке нужную форму и держат на себе арочные клиновидные камни до тех пор, пока они, укладываемые навстречу друг другу справа и слева, не сомкнутся сверху, упершись на свои простенки, «запертые» на замок.

После этого кружала убираются, и кладка стены может продолжаться вверх, опираясь при этом и на готовую арку.

Освоение и осмысление арочных конструкций позволило сделать следующий шаг в сторону изобретения каменных покрытий пространств, ограниченных по периметру стенами. Так человечество пришло к идее простого цилиндрического свода, который, по существу, является множеством арок, «слепленных» боковыми поверхностями друг с другом. Такой формы свод явился «родоначальником» группы других, весьма разнообразных по конфигурации и конструкции сводов, широко применявшихся в архитектуре разных стран и эпох и используемых в архитектурно-строительной практике до сих пор.

Как выглядит такой свод понятно из рис. 4.

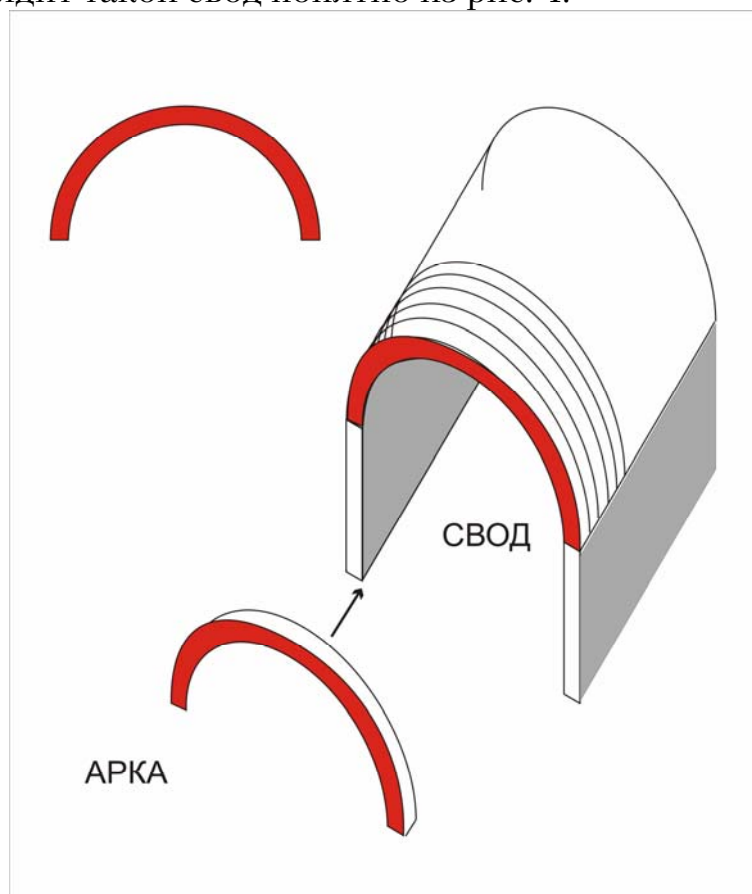


Рис. 4. Простой цилиндрический свод

После практического освоения цилиндрического свода человечество затем придумало множество других типов сводов.

Для примера назовем несколько разновидностей наиболее распространенных в архитектуре средневековья и Нового времени сводов: «сомкнутый», «крестовый», «купольный», «крещатый» своды.

Крестовый свод

В своей архитектурно-строительной практике человечеству случилось попадать в ситуации, когда приходилось стыковать под прямым углом удлиненные пространства, каждое из которых перекрыто цилиндрическим сводом. Новую конструктивную и технологическую задачу здесь представлял как раз «стык», а точнее, пересечение двух цилиндрических сводов. В этом месте два пересекающихся свода, оставаясь изначально цилиндрическими, обретают новую форму. Такого рода стык оказывается новым архитектурно-конструктивным образованием. Оно получило название **«крестовый свод»** (рис. 5).

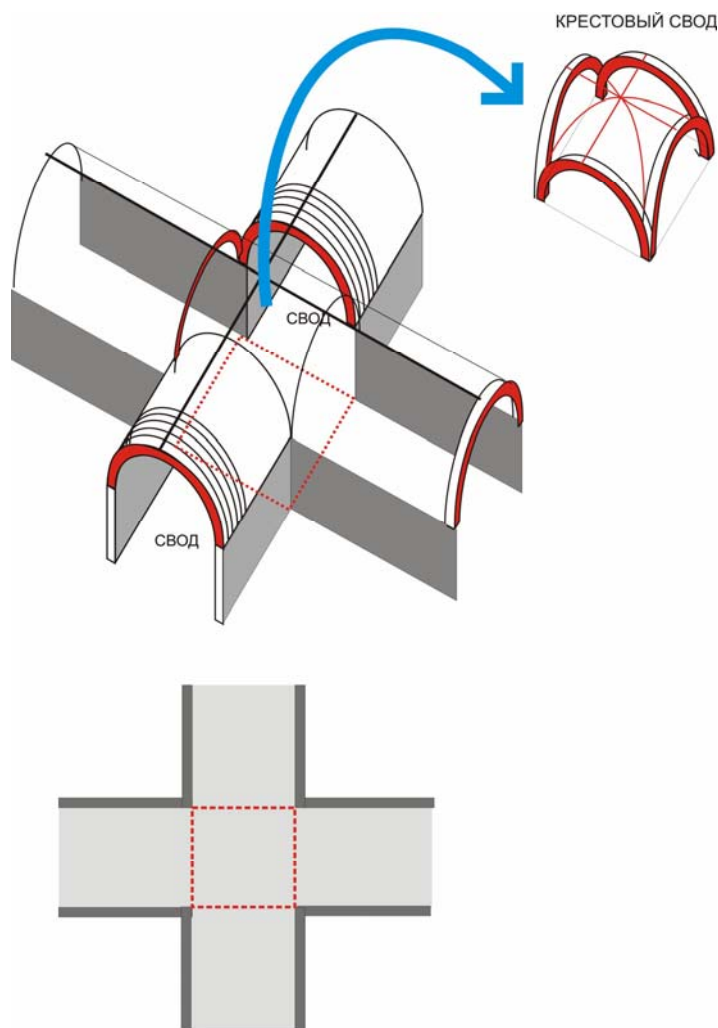


Рис. 5. Крестовый свод

У этой архитектурно-конструктивной системы обнаружилась замечательная особенность. Она связана с тем, что крестовый свод может опираться на четыре отдельно стоящих столба. Понимание этой удачной для архитектурно-строительной деятельности особенности крестового свода предопределило его дальнейшую «счастливую» архитектурную судьбу как одной из самых распространенных и широко применяемых в архитектуре практически всех эпох и самых разных регионов земли систем.

Комбинация «крестовый свод + четыре столба» образует единичную пространственную ячейку здания, имеющую, что очень важно, квадратный или прямоугольный план, так называемую «травею» (рис. 6). Тогда здание формируется как система плотно пригнанных друг к другу травей (рис. 7).

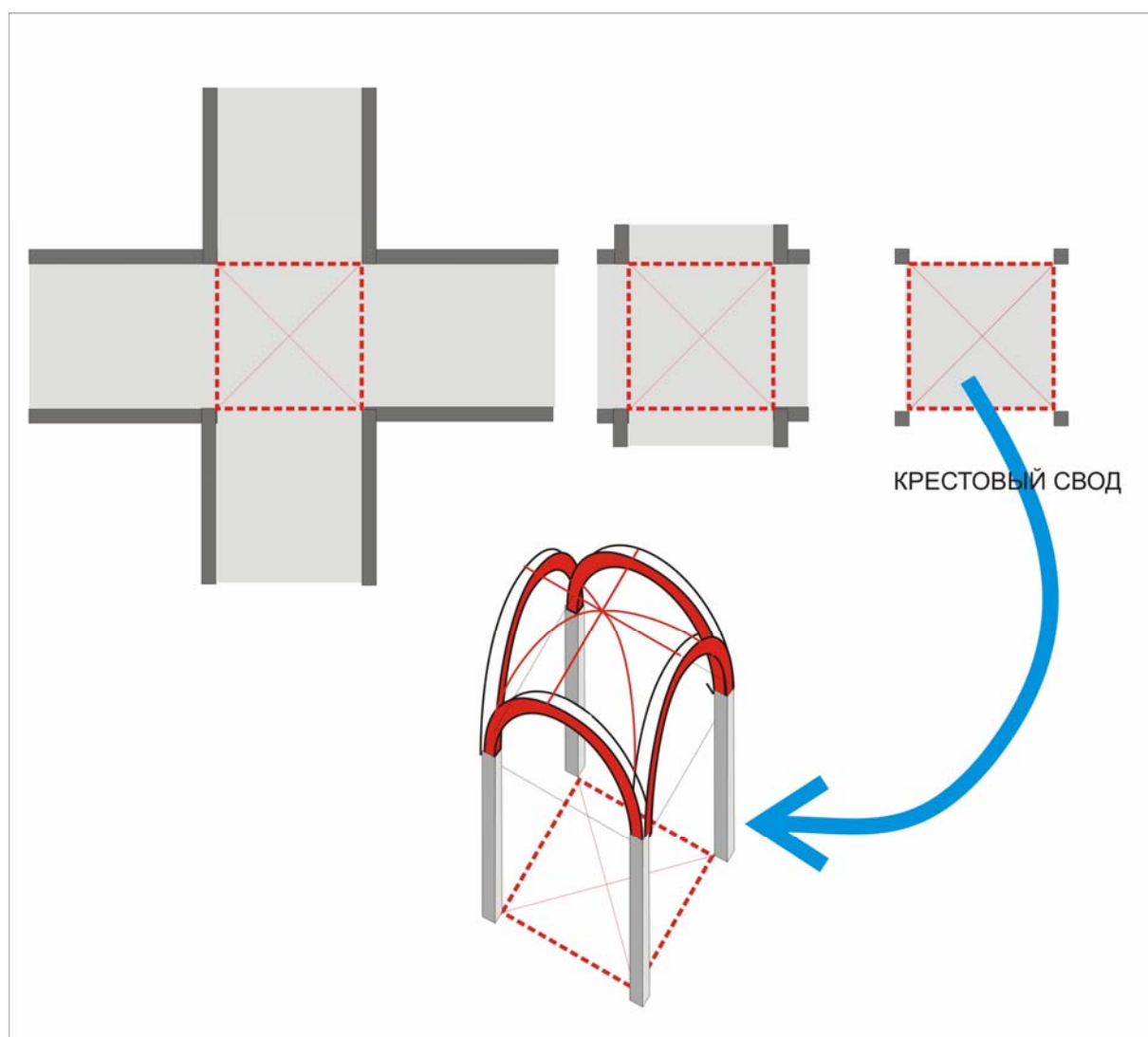


Рис. 6. Травея

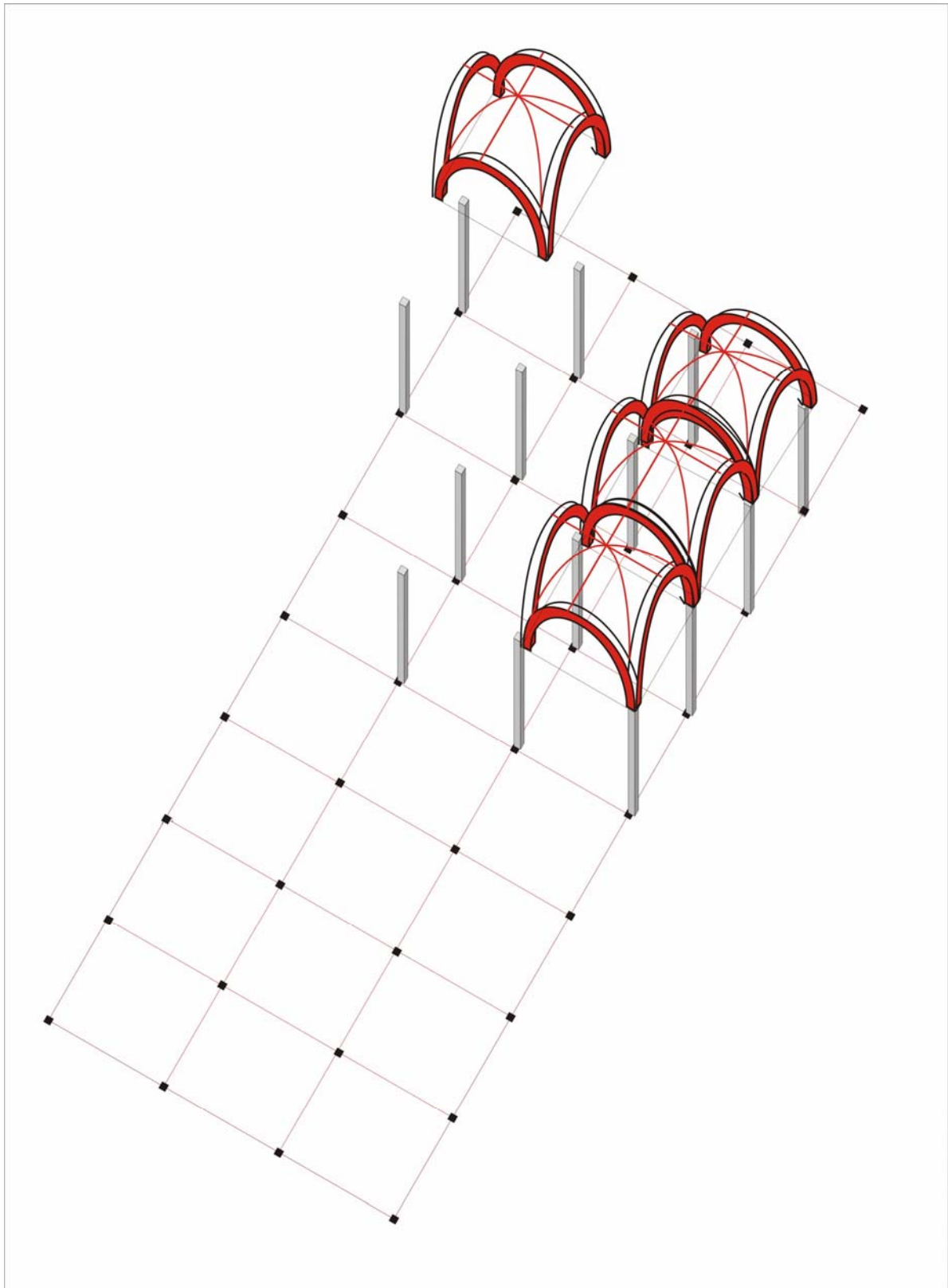


Рис. 7. Система травей

Особенно широко эта система получила развитие при возведении христианских храмов, где архитектурно-конструктивные ее параметры претерпели существенные эволюционные изменения. В них она

приобрела разновидности «романской», «готической», «крестово-купольной» базиликальных архитектурно-конструктивных структур.

Сферические своды и купола

Еще одной замечательной конструкцией покрытия из мелкоразмерных камней, изобретенной когда-то человечеством, являются купола.

Купола принадлежат к так называемым сводам **двойкой кривизны**. В отличие от цилиндрического свода, имеющего криволинейное очертание только в поперечном направлении т.е. «одну» кривизну, купола криволинейны и в поперечном, и в продольном направлениях. Наиболее распространены купола в форме полусферы.

Оптимальной формой плана опорных стен для них является окружность. В такой комбинации круглого плана с куполом получаются прочные и долговечные сооружения. Ярким примером здесь может служить здание римского Пантеона, возведенного еще в античную эпоху и существующего до сих пор практически без реконструкций.

Однако круглые планы плохо приспособлены к повседневной человеческой жизни, проистекающей чаще всего в прямоугольных планах, и на практике используются редко, в основном в уникальных сооружениях. Поэтому возведение купольных покрытий на прямоугольных планах представляет собой конструктивную и технологическую проблему.

С точки зрения формообразования она восходит к известной геометрической ситуации сочетания окружности и квадрата. Геометрия знает два способа такого сочетания, называемые как «описанный» и «вписанный» в круг квадрат (рис. 8).

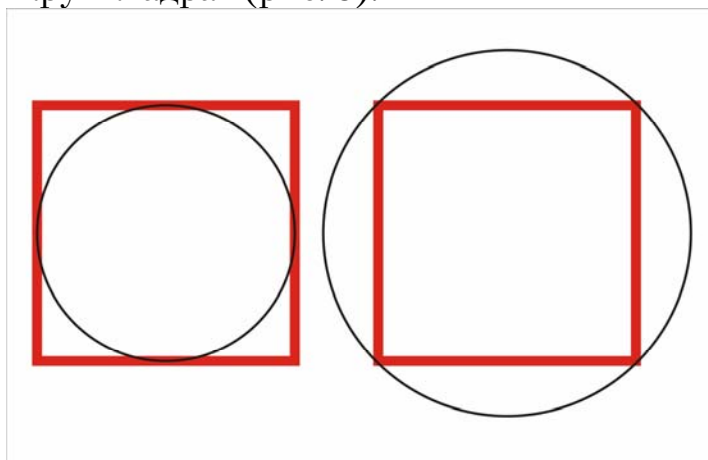


Рис. 8. Сочетание окружности и квадрата

Вообразим себе, что такого рода ситуации приходилось разрешать в процессе конструирования и строительства реальных куполов на квадратных планах.

Тогда геометрия здесь «разрешается» следующим образом. В одном случае купол опирается на стены в четырех точках и закрывает практически все пространство за исключением четырех углов, которые закрывают особыми устройствами. В другом случае купол, опираясь на четыре угла, закрывает все квадратное пространство плана, но часть его в виде четырех сегментов оказывается «лишней». Их приходится «обрезать» четырьмя вертикальными плоскостями, совпадающими со стенами (рис. 9).

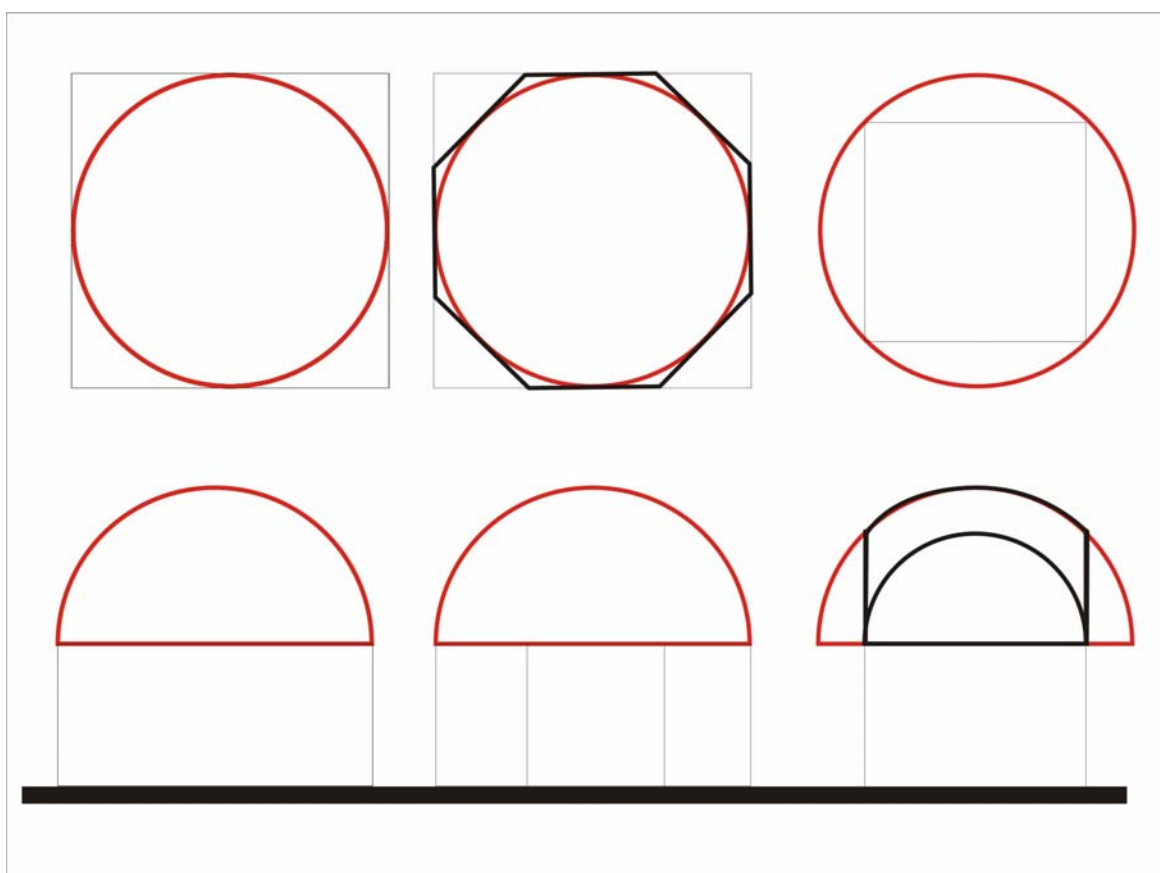


Рис. 9. Схемы конструирования куполов на квадратных планах

Компромиссным решением представляется промежуточный вариант, когда прямоугольный план превращается в октогон (восьмиугольник), а купол опирается почти как на круглый план.

Надо отметить, что при опирании купола на «вписанный» квадратный план приходится устраивать промежуточные арки в тех местах, где «теряется» опорная стена. Тем самым от купола как бы «отрезают» условными вертикальными плоскостями, совпадающими с плоскостями стен, четыре сферических сегмента. А оставшийся «усеченный»

купол приходится опирать уже на четыре вертикальные арки, совпадающие с теми же плоскостями стен.

Замечательным в этой архитектурно-конструктивной системе оказывается то, что она может опираться и на четыре стены, и на четыре столба (рис. 10).

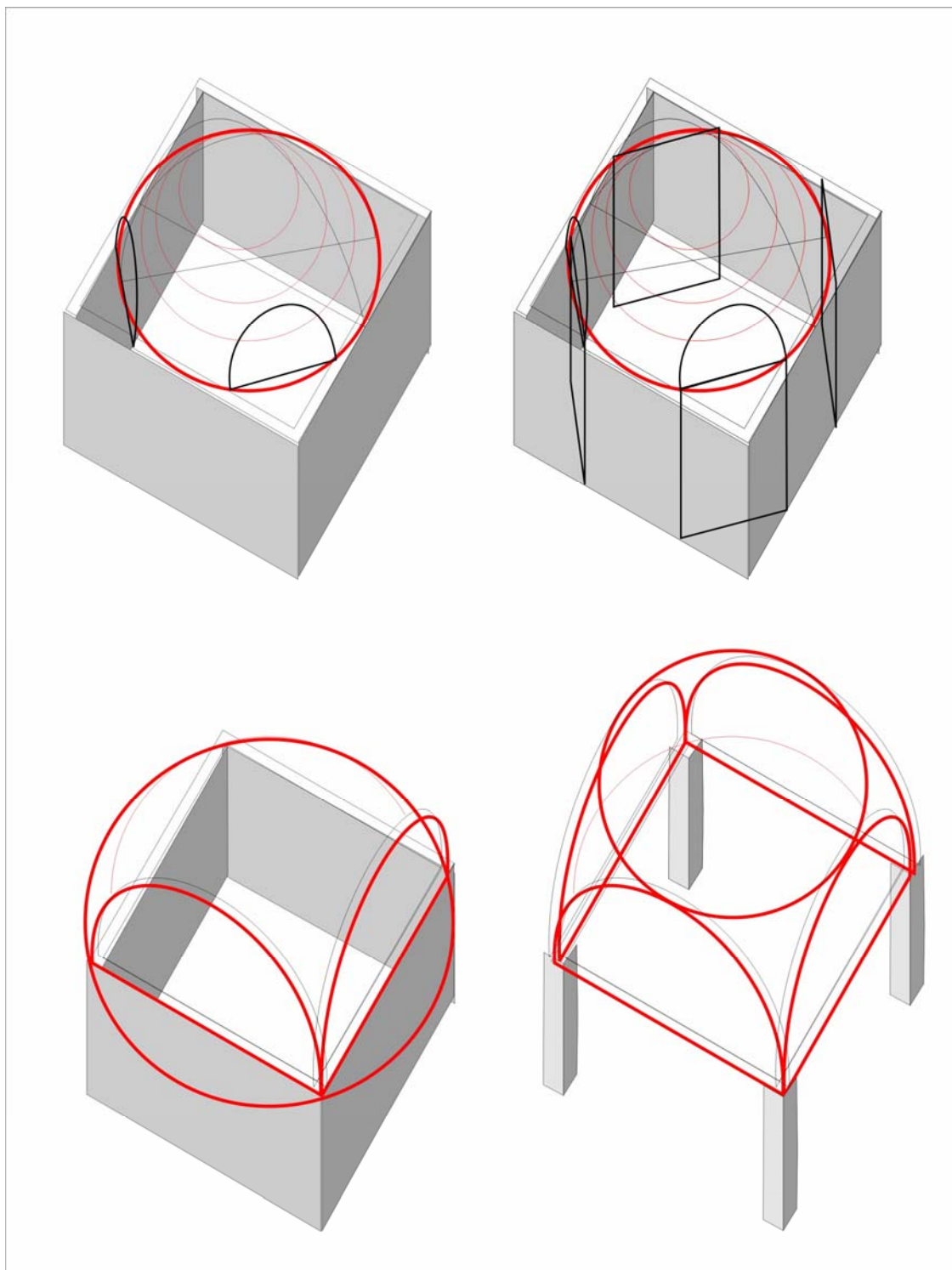


Рис. 10. Схема опирания купола на стены

Такие архитектурно-конструктивные системы широко использовались архитекторами Византии, а затем распространились и в славянских странах, в частности, России. Они получили название «крестово-купольных» систем и стали архитектурно-конструктивным остоном христианского православного храма. Аналогичные структуры стали использовать зодчие Возрождения, затем они получили распространение и в других странах и культурах.

Элементарные сведения о статике арочных конструкций

То, что мы рассматривали ранее, касалось только геометрических аспектов формообразования. А геометрия, как известно, имеет дело с идеальными сущностями, не имеющими ни цвета, ни запаха, ни веса, ни чего-то другого, которое всегда обнаруживается в реальности. Только на бумаге в виде рисунков или чертежей возможно их как-то адекватно воспроизводить.

В реальности же приходится иметь дело с грубой материей – камнями, кирпичами, деревянными брусками и т.д. Именно они оказываются теми материалами и предметами, из которых мастер должен ухитриться сложить и арки, и различные своды. Поэтому, возводя их, мастер неизбежно сталкивается с объективной реальностью. Наиболее значимыми являются **вес камней** и соответствующие **нагрузки и напряжения**, неизбежно возникающие в теле возводимых сооружений. Если он не будет их учитывать и адекватно реагировать на них, прибегая к особым конструктивным ухищрениям, то результат работы будет однозначен – сооружение никогда не будет возведено. Оно просто развалится либо в процессе строительства, либо после его завершения.

Такого рода материально-конструктивные проблемы, возникающие в ходе возведения, а затем и во время эксплуатации любого сооружения – предмет профессиональных забот инженера-конструктора. Сегодня архитектор эти заботы передоверил конструктору, который обладает «своими» мощными аппаратными средствами конструирования и расчета.

Однако архитектору все-таки необходимо иметь какие-то представления о механике поведения элементов сооружения под воздействием на них нагрузки.

Известно, что всё сущее на земле постоянно находится в поле земного притяжения. Эта нехитрая школьная истина в профессиональном обиходе преломляется в представления о внешних силах, действующих на каждый элемент материального сооружения и

внутренних напряжениях в материале этих элементов, возникающих как реакция на эти силы.

Вернемся к примеру с перемычкой, которая лежит над проемом в стене и опирается своими концами на откосы, образующие вертикальные стенки этого проема.

Перемычка, естественно, имеет какой-то вес и, опираясь на откосы проема, воздействует своим весом на них. Причем, если вспомнить школьную физику, то противодействие откосов должно быть равным самому действию и направлено навстречу ему. Это значит, что каждый откос «отвечает» давящей на них вертикально перемычке вертикальной же силовой реакцией (противодействием), равной половине веса перемычки (откосов-то два). Иных силовых эффектов в такой ситуации не возникает (рис. 11).

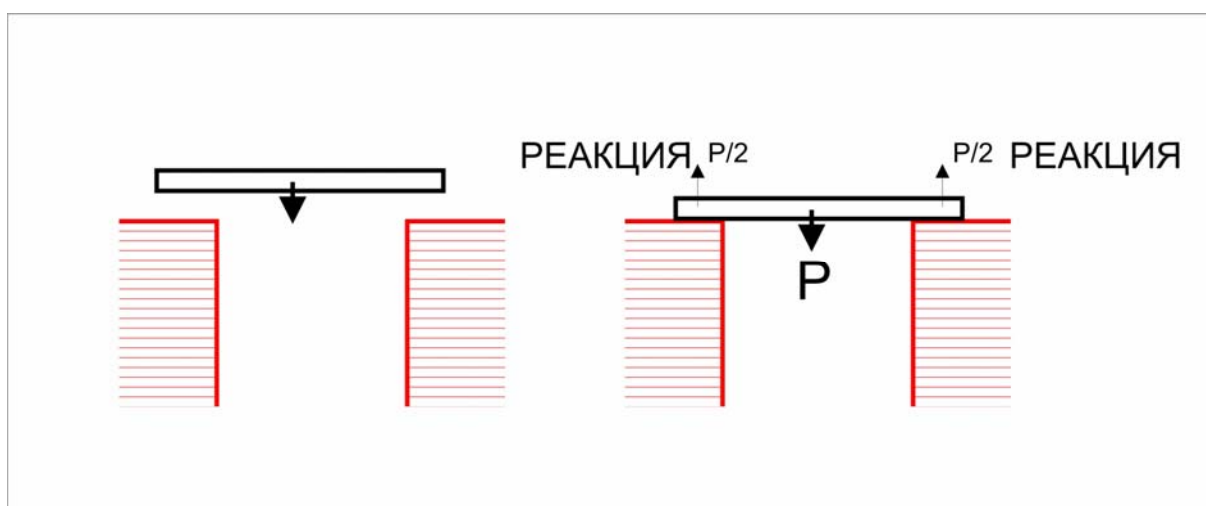


Рис. 11. Пример с перемычкой, лежащей над проемом в стене

Другое дело, если вес перемычки может оказаться большим, тогда она может либо отколоть верхние углы откоса и упасть вниз, либо сломаться сама, если ее материал окажется недостаточно прочным, т.е. не рассчитанный на такой вес перемычки.

Но в этом примере умышлено выбран простой случай, когда и вес и реакция опор (верхних углов опор) имеют вертикальное направление и, находясь в неподвижном положении (перемычка уже легла на свои опоры), уравнивают друг друга.

Вообразим теперь ситуацию, когда мы поставим два плоских камня вертикально, а затем, наклонив их навстречу друг другу, обопрем их верхними концами друг о друга. Что произойдет дальше? Если поверхность, на которой стоят наши камни, достаточно гладка, то, скорее всего, камни «разъедутся» и, продолжая соприкасаться верхами, мягко лягут на поверхность плашмя (рис. 12).

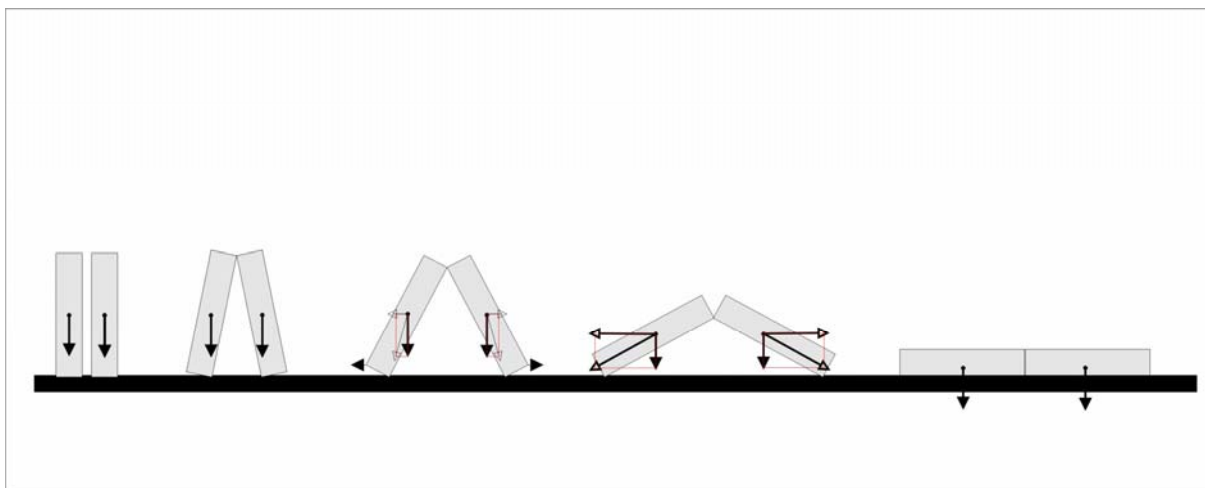


Рис. 12. Эксперимент с двумя плоскими камнями

Продолжим мысленный эксперимент. Вернем ситуацию в первоначальное состояние, и когда камни начнут снова разъезжаться, положим два каких-то предмета (другие камни) так, чтобы они препятствовали движению. Здесь возможны два случая: первое – камни будут продолжать разъезжаться, вовлекая за собой препятствие, и, второе – движение остановится, так как вес препятствий удерживает пару разъезжающихся камней (рис. 13).

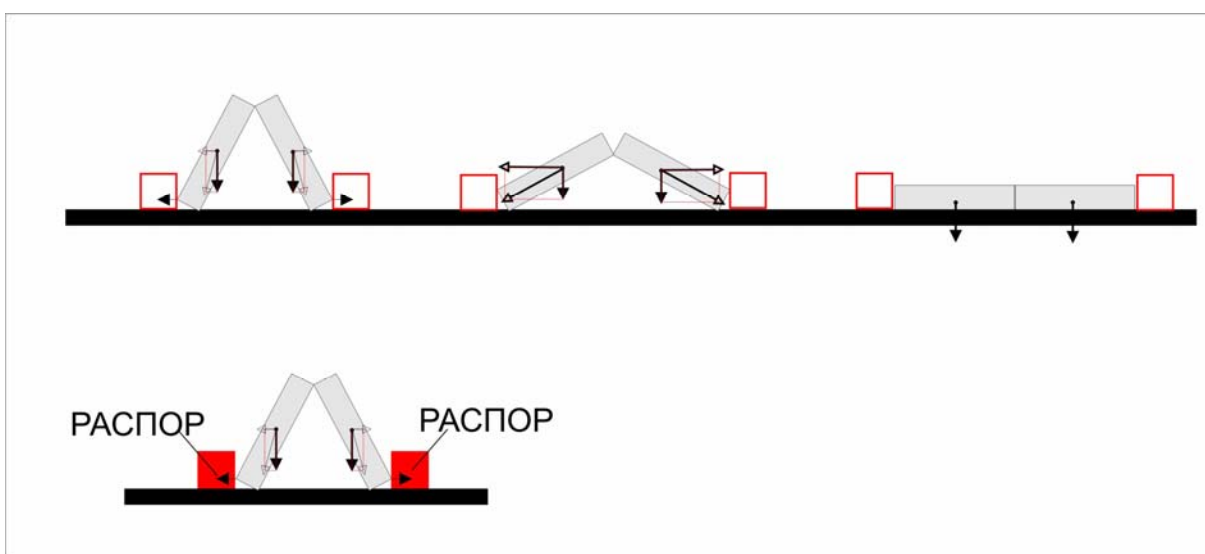


Рис. 13. Применение распора

Во втором случае камни не разъезжаются потому, что они уперлись в несдвигаемое препятствие. А это значит, вес разъезжающихся камней, благодаря их опорной конфигурации, преобразовался так (параллелограмм сил), что появилась горизонтальная составляющая, так называемый **распор**. Он, собственно, становится первопричиной «разъезжания» камней, а когда ему поставили **препятствие**, то движение остановилось, но распор при этом никуда не исчез. Ему в данной ситуа-

ции сопротивляются силы трения, которые зависят от собственного веса препятствия. Отсюда, чем больше вес опертых друг на друга и «стремящихся разъехаться» камней, тем больший вес или более прочное крепление к поверхности должны иметь препятствующие устройства.

Совершенно аналогичная «игра сил» наблюдается и в моделях формирования арки, которые мы рассматривали ранее (рис. 14). Только здесь распору сопротивляются («воспринимают распор», как говорят профессионалы) боковые откосы проема.

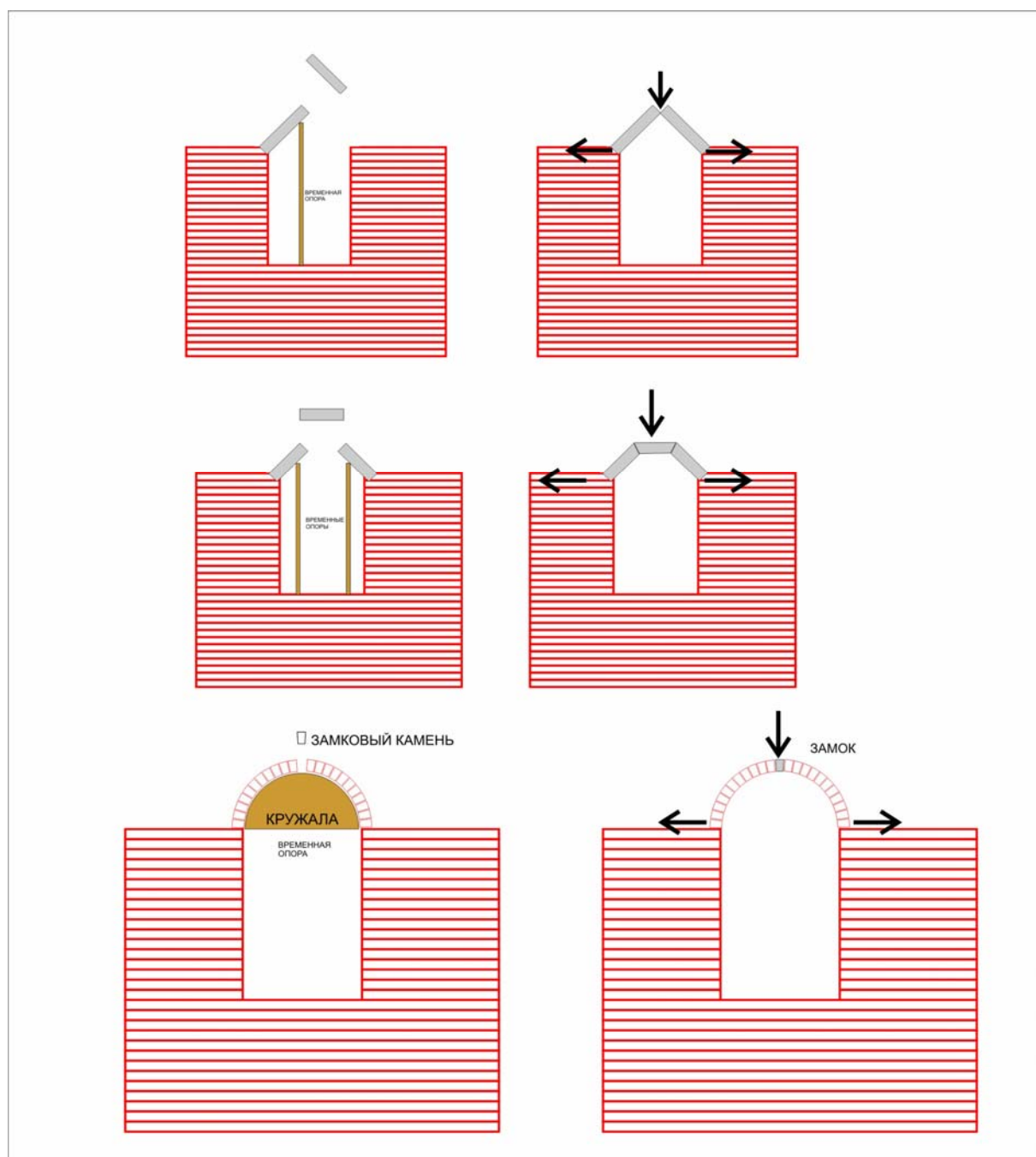


Рис. 14. Модели формирования арки

Очевидно, распор возникает и в конструктивных системах, созданных на основе арки, т.е. в сводах.

Это значит, реальное формообразование охватывает не только геометрическую составляющую сочиняемого и возводимого, но и силовые компоненты ситуации, которые на практике оказывает серьезное влияние на определение фактической геометрии (длины, толщины, высоты и т.д.) реальных конструкций.

Иными словами, рассмотренные здесь своды мы должны видеть не только так, как это было показано ранее, но и в «сопровождении» силовой составляющей, т.е. распоров (рис. 15).

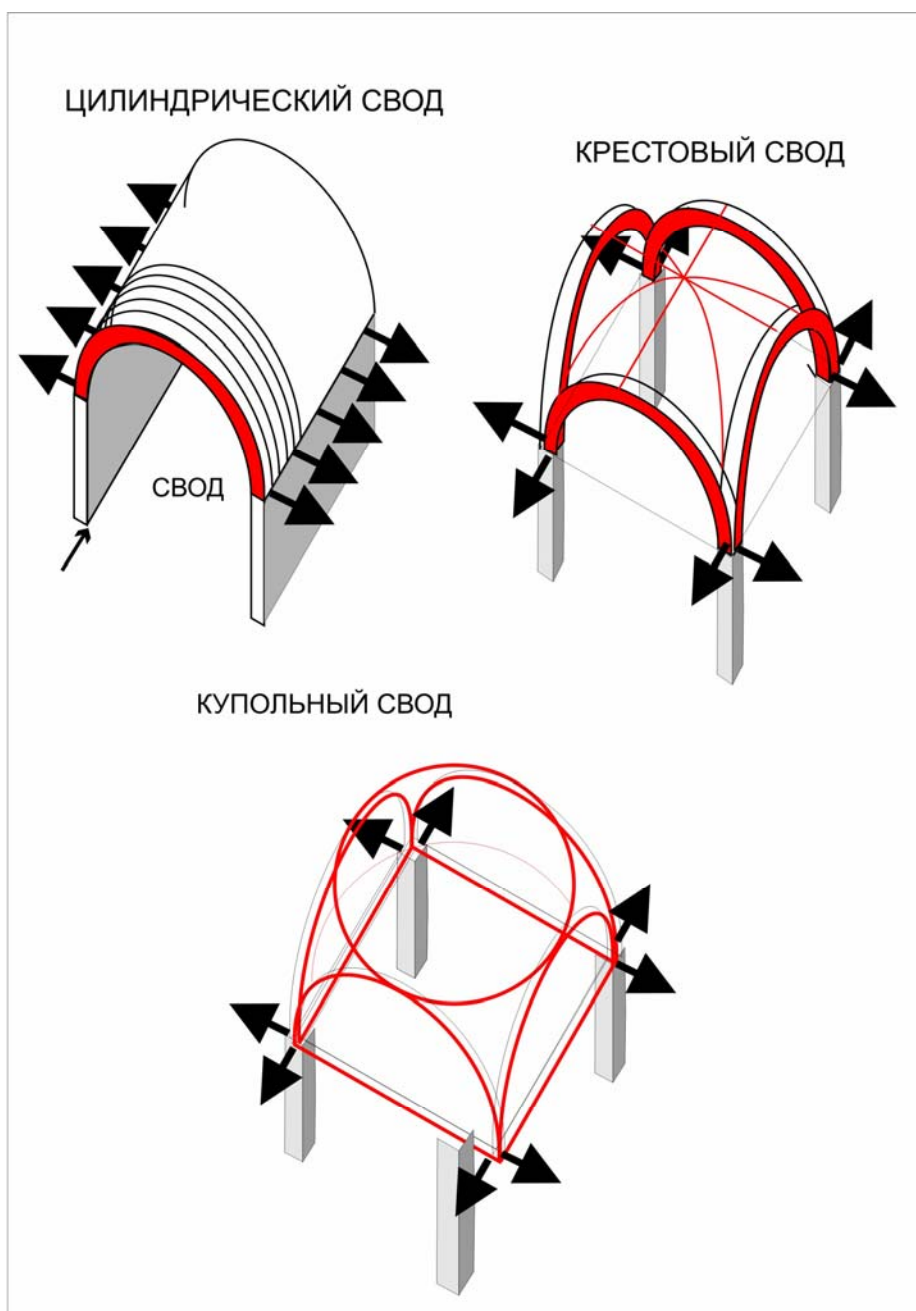


Рис. 15. Формирование сводов с использованием распоров

История архитектуры, в которой арочные и сводчатые конструкции зданий и сооружений противостоят реальным распорам, возникающим при сооружении подобных архитектурных объектов, достаточно драматична. Именно ухищрения архитекторов в поисках противодействия распорам приводили к созданию таких архитектурно-конструктивных систем, которые фактически становились стилеобразующими параметрами конкретной архитектурной эпохи.

Наиболее эффектно сводчатые архитектурно-конструктивные формы в культовых зданиях, составляющие по традиции основной источник профессиональной информации, рассматриваемый историей архитектуры. Среди культовых сооружений наибольшее распространение в архитектуре Европы получили здания христианских храмов.

Еще раз повторимся: профессиональное изучение истории архитектуры предполагает не просто фиксацию и запоминание массива информации, но способность понять архитектурно-конструктивное устройство каждого из объектов, который попал в сферу внимания обучаемого. А это возможно, если студент знает устройство основных элементов, определяющих не только его структуру, но и внешний облик.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ РОМАНСКОГО ХРАМА

Наиболее ранним типом христианского храма, в котором сложилось его оптимальное архитектурно-конструктивное устройство, а исходя из этого и архитектурно-композиционные особенности, оказался романский храм.

Он представлял собой специфическую версию христианской базилики, центральный неф которой перекрывался цилиндрическим сводом.

Основные методы борьбы с распором, т.е. наиболее распространенные способы восприятия распора и его компенсации, строились на увеличении инертной массы вертикальных конструкций – стен и столбов. Основная идея метода объясняется следующим образом.

На схеме (рис. 16) показаны арка (свод в поперечном разрезе) и «игра сил» в арочной системе под воздействием внешней вертикальной нагрузки.

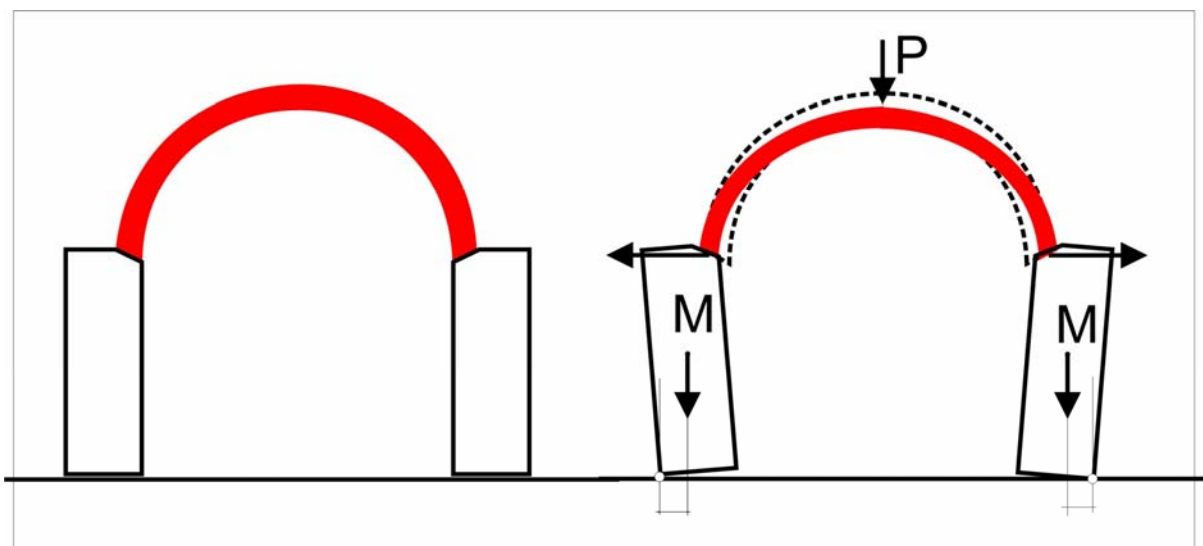


Рис. 16. Схема арки и «игры сил» в арочной системе

Как видно, арка под нагрузкой прогибается и, «распрямляясь», пытается тем самым опрокинуть вовне опоры: откосы стены у арки и опорные стены у свода. Понятно, чем массивнее (тяжелее) опорные конструкции, тем устойчивее будет арочная система (рис. 17).

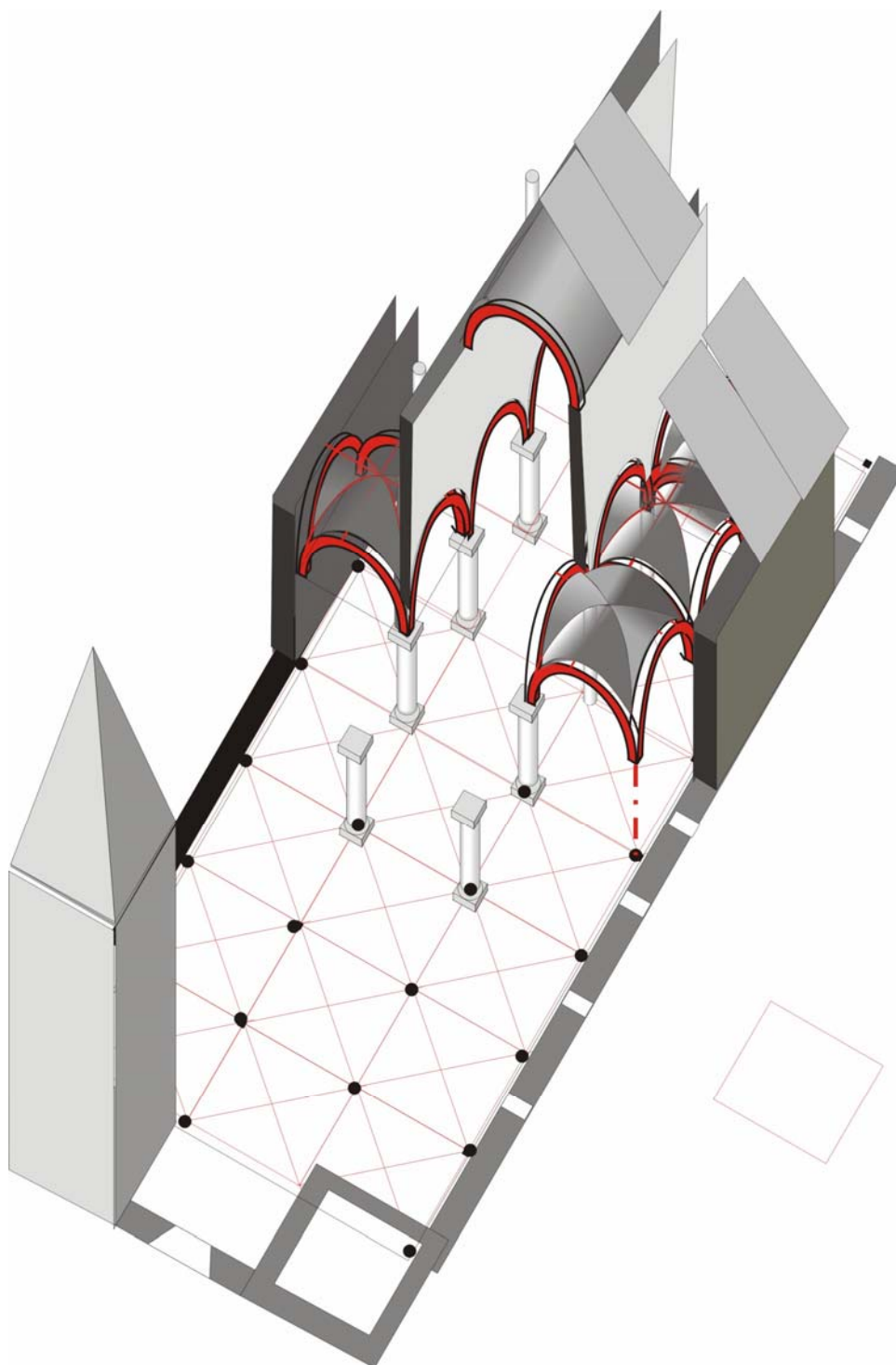


Рис. 17. Архитектурно-конструктивная система романского храма

Поэтому так характерен внешний вид любого романского храма (прил. 1). Несмотря на все индивидуальные различия, наблюдаемые в каждом конкретном архитектурном объекте, в нем доминирует тяжеловесная монументальность массивных каменных глыб наружных стен и маленьких окон в них.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ГОТИЧЕСКОГО ХРАМА

Готический храм – следующая ступень развития архитектурно-конструктивной системы, построенной на арках и сводах. К этому времени строители хорошо освоили технологию возведения крестового свода и понимание оптимальной его конфигурации привело к появлению нового типа арки и свода. Речь идет о **стрельчатых** арках и сводах.

Стрельчатая арка – разновидность циркульной арки (рис. 18). Она образована из двух дуг окружности, но проведенных из разных центров.

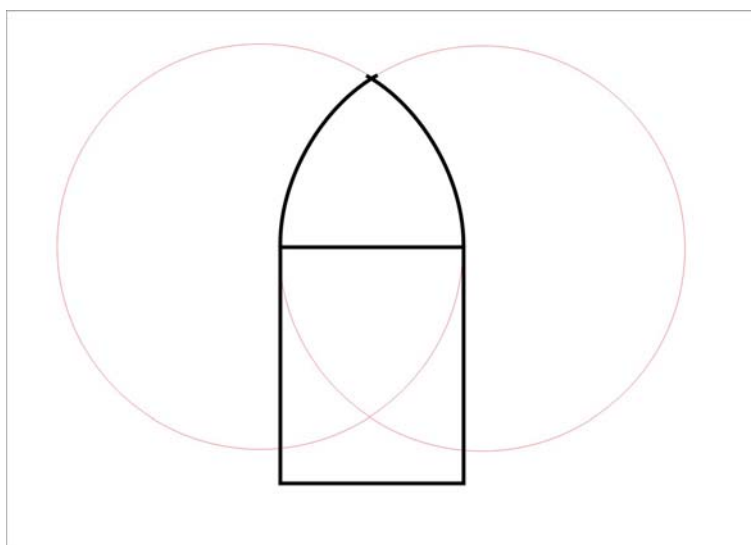


Рис. 18. Схема построения стрельчатой арки

Опыт строительства круговых арок подсказывал, что чем выше арка, тем в более выгодных условиях она работает и тем меньше ее распор. Но сделать высокую арку можно, только разорвав ее геометрическую форму и соединив заново, но в другой двухцентровой конфигурации. Отсюда новые формы не только арок, но и крестовых сводов.

Благодаря такой конфигурации арок удалось внести существенные новшества в конструкцию сводов. Своды перестали быть сплошными, как это было в романских храмах. Они были функционально разделены. Силовыми (несущими) элементами здесь стали арки, выполняемые из прочных специально отесанных камней, которые стали играть роль своеобразного каркаса свода. Их стали называть **нервюрами** или **гуртами**. И своды получили названия нервюрных или гуртовых. Заполнение каркаса, так называемые **распалубки**, тогда можно было изготавливать из легких материалов, например пористые **пемзы** различных видов.

В этом случае восприятие распоров можно было локализовать, сосредоточив его в узлах крестового свода через специальные конструктивные устройства, основной функцией которых должно стать «собираение» распорных усилий и передача их на специальные несущие конструкции, находящиеся чаще всего вне габаритов здания.

Так вкратце выглядит основная конструктивная идея готического храма (рис. 19).

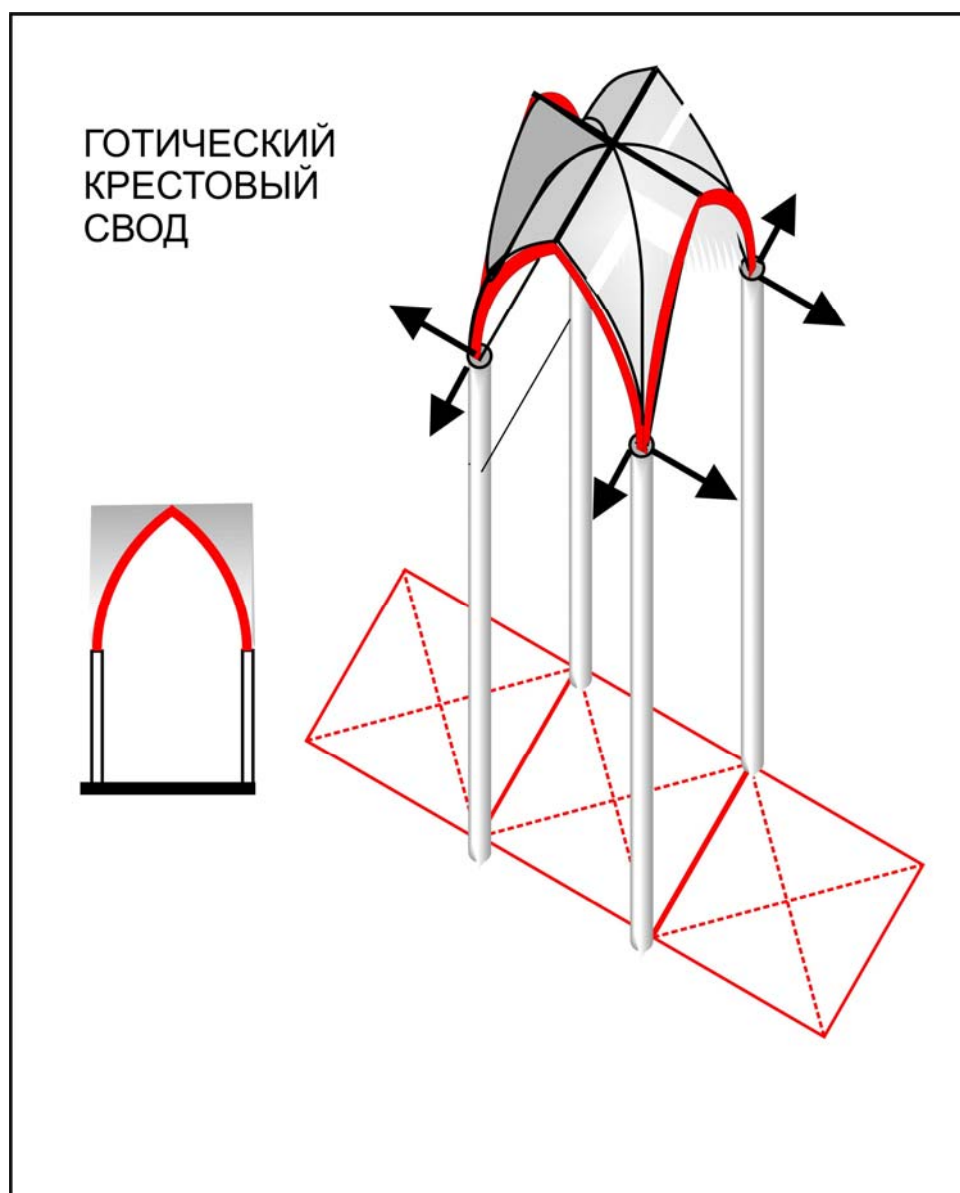


Рис. 19. Основная конструктивная идея готического храма

Такие конструктивные преобразования крестовых сводов позволили распорные усилия сосредоточить в отдельных узлах сводов – местах соединения арок с опорными столбами. И тогда распоры удалось передать на специальные конструктивные устройства, получившие название **аркбутаны** и **контрфорсы** (рис. 20).

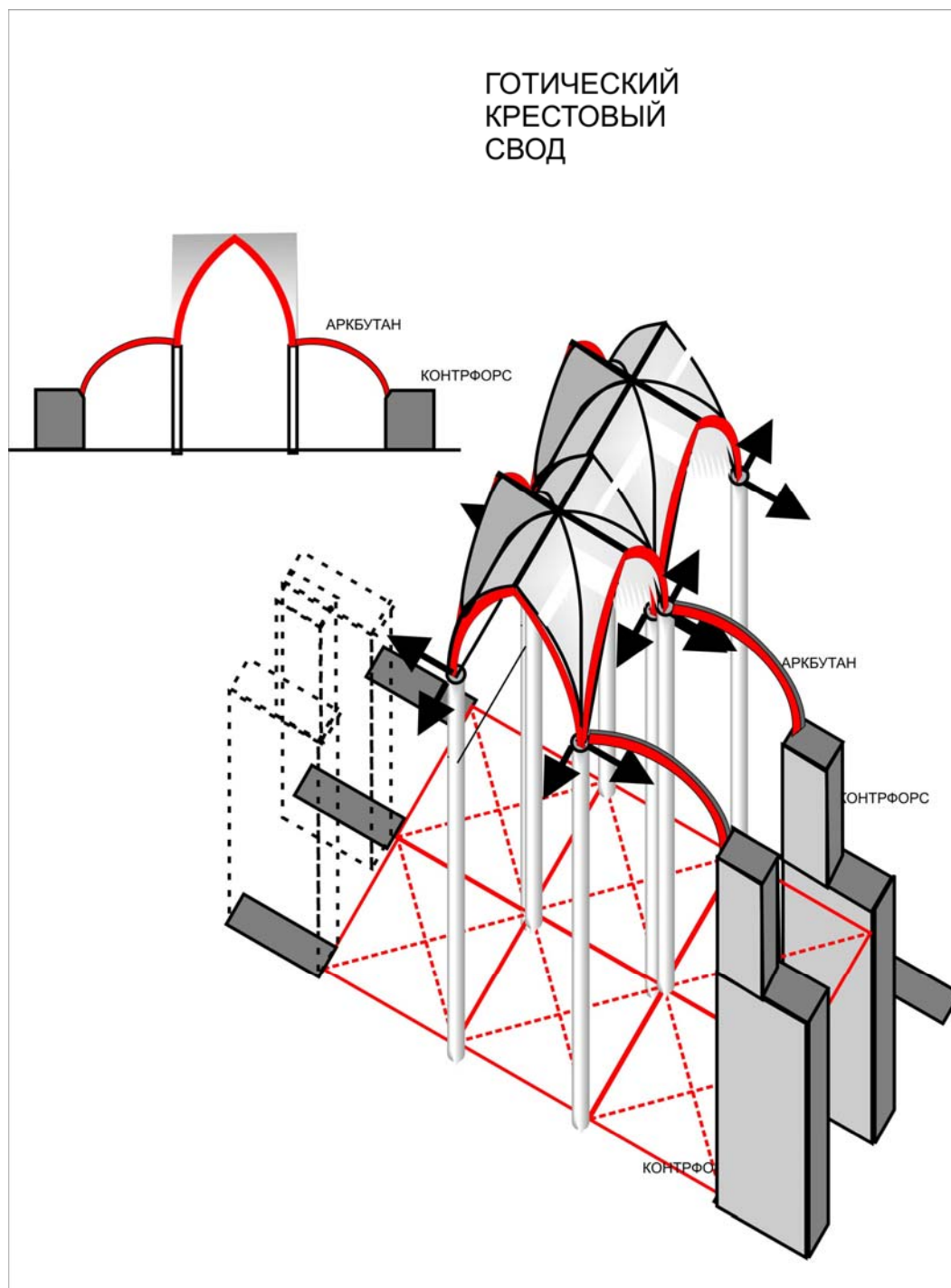


Рис. 20. Конструктивная схема готического храма с применением аркбутов и контрфорсов

Это позволило практически все наружные стены освободить от их несущих функций и сделать их минимальных поперечных размеров – тонкими и высокими, что вполне позволило, в свою очередь, как бы отказаться от стен, заменив их стеклянными **витражами**.

Так получился тот удивительный архитектурный феномен – готический храм (прил. 2).

КРЕСТОВО-КУПОЛЬНЫЙ ХРАМ

Множество приемов архитектурно-конструктивного формообразования создают купольные покрытия по прямоугольным планам. Такие объекты еще называют купольными базиликами, и они широко использовались в православной храмовой архитектуре. В качестве примера здесь показаны образцы новгородских храмов XII–XIII веков – церкви Спаса на Нередице и Николы на Липне (рис. 21).

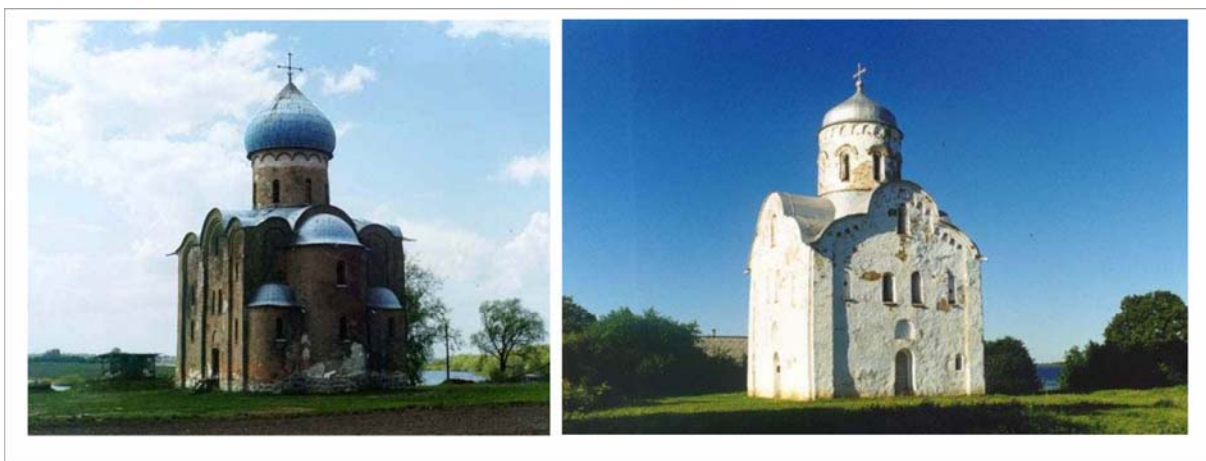


Рис. 21. Новгородские церкви Спаса на Нередице и Николы на Липне

Их основные архитектурно-конструктивные особенности связаны с погашением распоров, возникающих в этих сводах, и конструктивными решениями мест, где невозможно соединение купола с прямоугольным планом напрямую без разрывов, например в углах (рис. 22).

Так были изобретены «купола на тромпах» и «купола на подпружных арках» (рис. 23, 24).

Тромпами называют специальные переходные устройства, которые закрывают открытые углы и одновременно являются опорами тех частей купола, которые оказываются между стенами. Конструктивно они представляют собой систему уменьшающихся арок, опирающихся на смежные стены, образующие угол, самая крупная из которых оказывается опорой купола, а остальные – покрытием угла.

Один из вариантов опирания купола на некруглый план реализуется при восьмиугольных планах. Тогда те части купола, которые совпадают с гранями восьмиугольника, опираются на вертикальные арки, опирающиеся, в свою очередь, на колонны, размещенные в восьми углах плана.

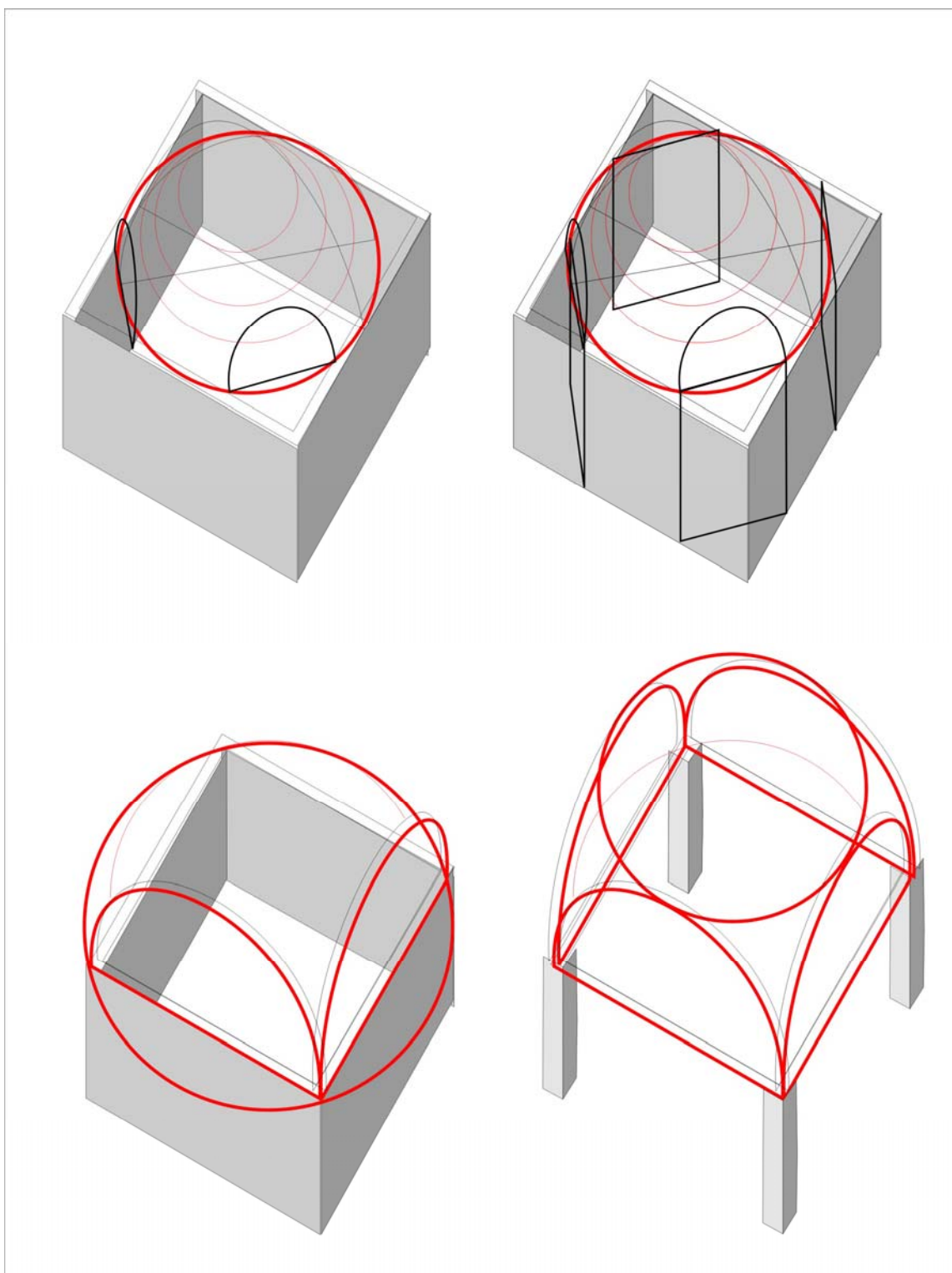


Рис. 22. Схема соединения купола с прямоугольным планом

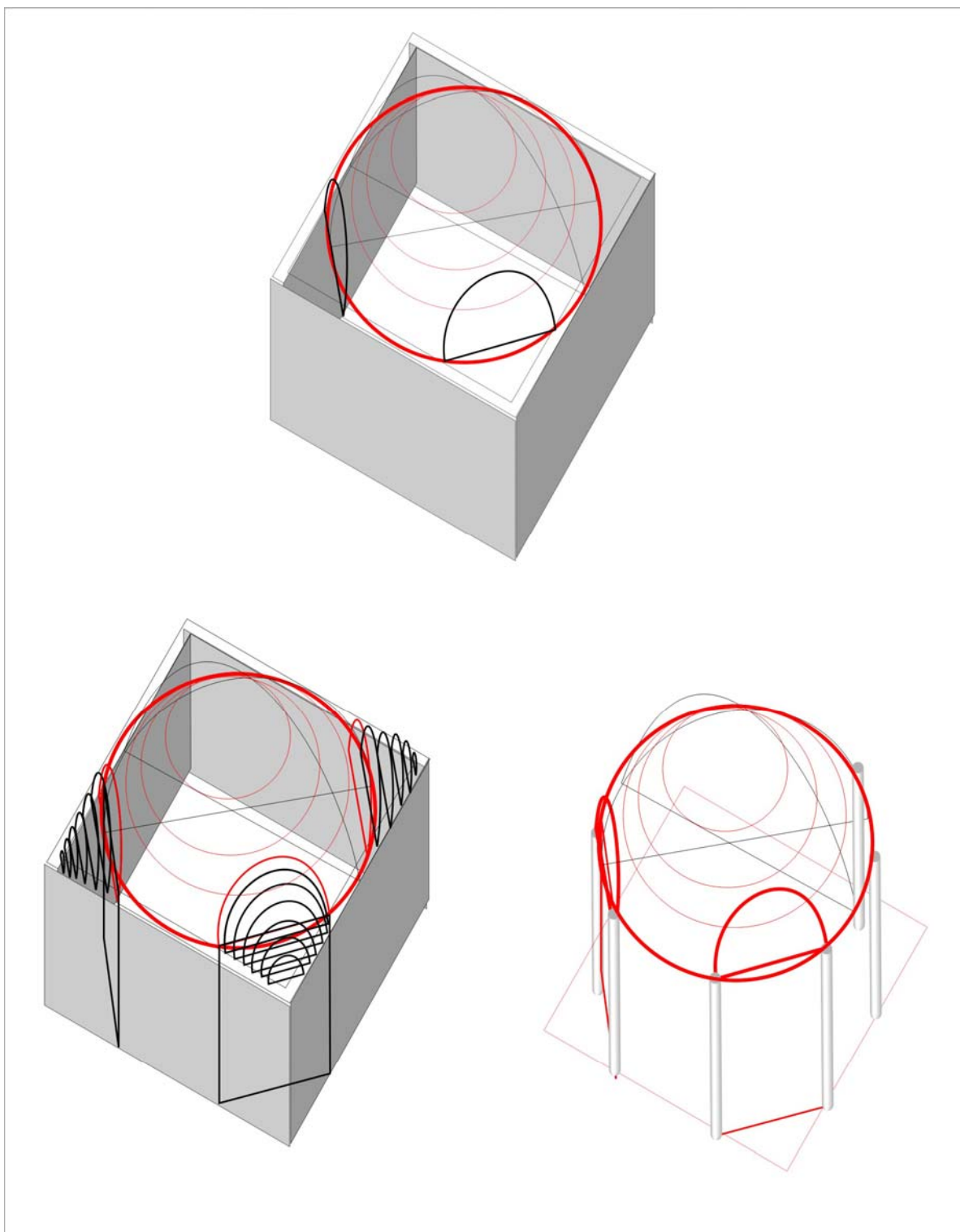


Рис. 23. Схема купола на тромпах

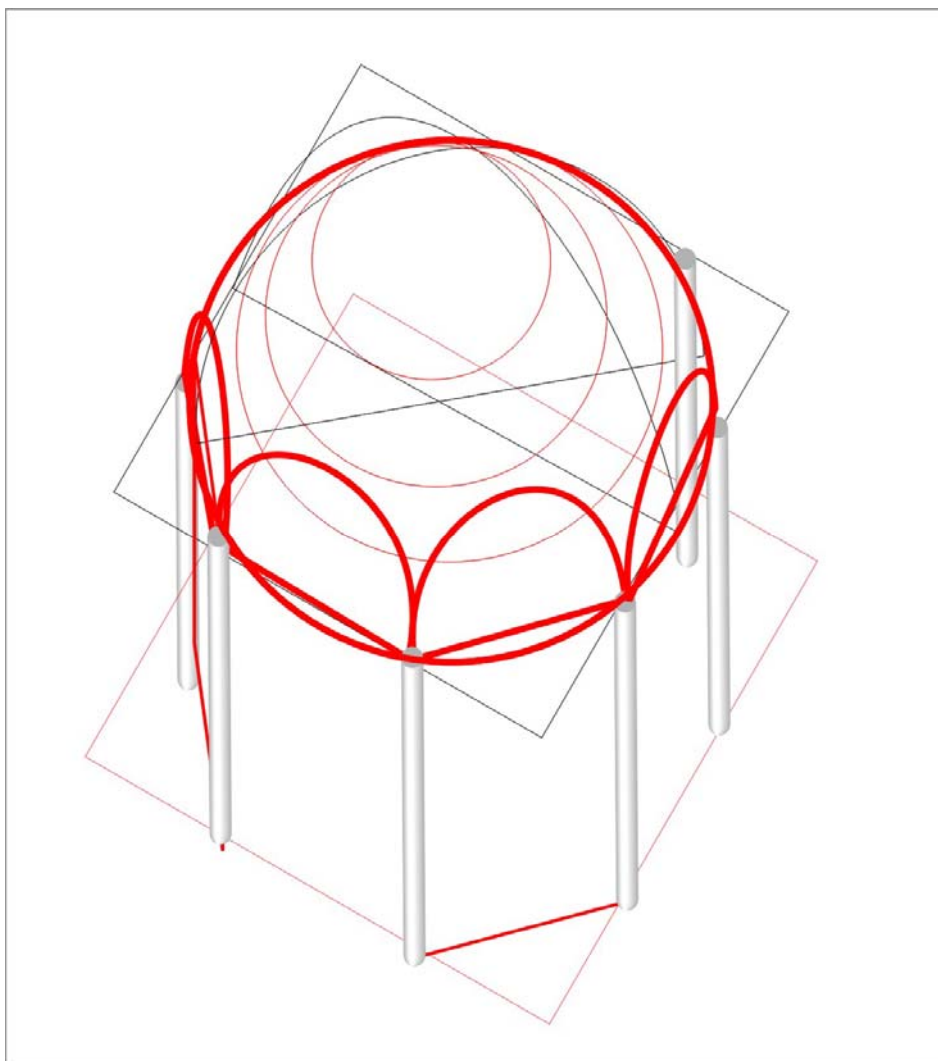


Рис. 24. Схема купола на подпружных арках

Такого рода устройства широко использовались при возведении храмов в средневековых Грузии и Армении.

Купола на подпружных арках реализуют другой тип устройства опирания круглого в горизонтальной плоскости купола на квадратный план. Такой план обычно образовывался четырьмя столбами, стоящими в углах так называемого «подкупольного квадрата». Они сверху объединялись четырьмя вертикально стоящими на столбах арками, на которых возводилась «оставшаяся» часть купола (так называемая «скуфья»).

Распор от арок и лежащей на ней скуфьи воспринимался четырьмя цилиндрическими сводами. Каждый из них опирался одним концом на подпружную арку, а другим – на стену, имеющую полукруглое завершение – «закомару».

Именно они образовывали в плане тот «крест», который и дал составляющую названия рассматриваемой архитектурно-конструктивной системе (рис. 25).

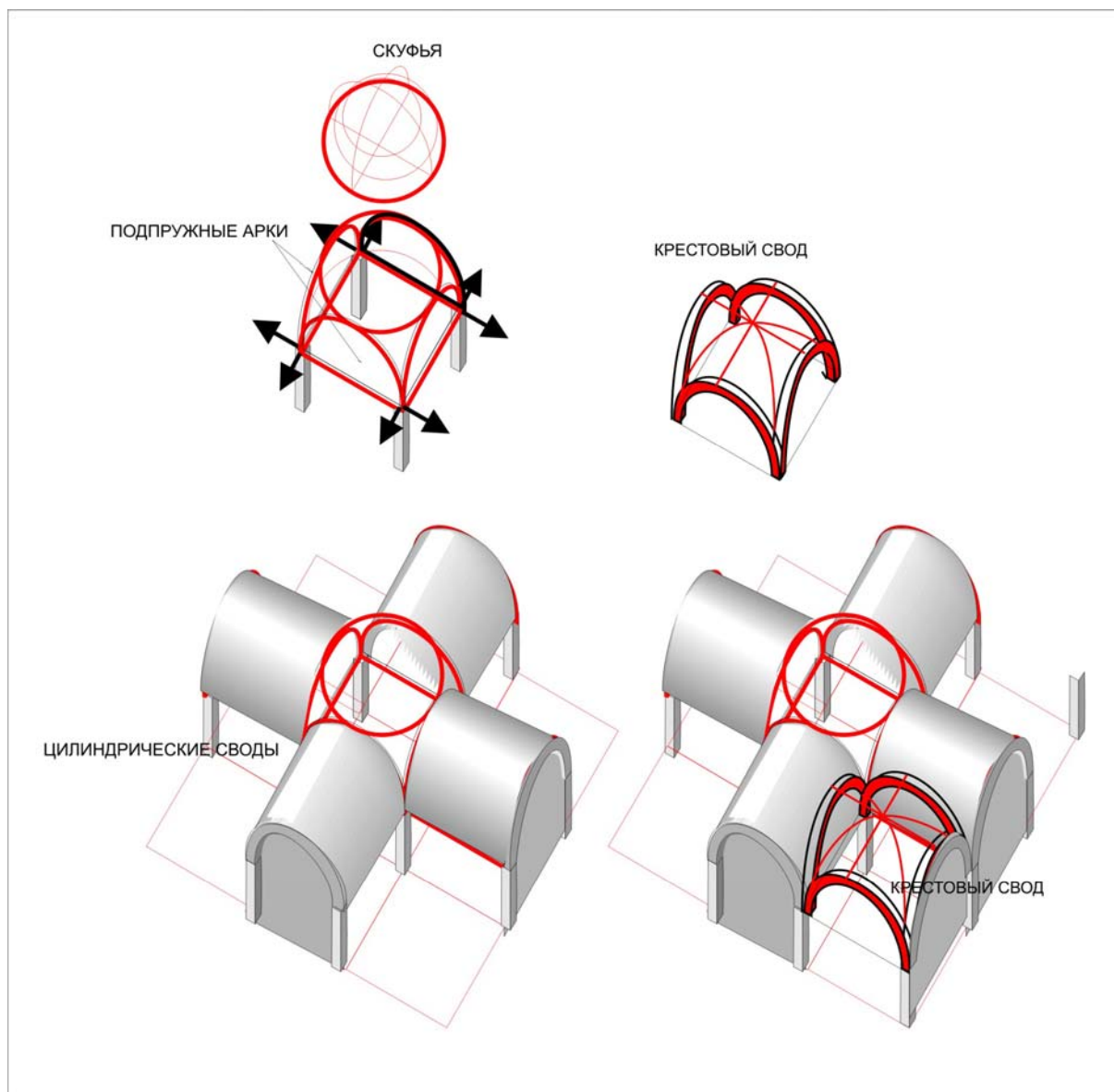


Рис. 25 Архитектурно-конструктивная система православного храма

Свободные трапеи плана обычно закрывали уже знакомыми нам крестовыми сводами.

Так формируется архитектурно-конструктивная основа любого православного храма.

В более поздних его версиях скуфья купола поднималась над покрытием с помощью так называемого «барабана», в котором устраивались окна для освещения центрального пространства интерьера (рис. 26).

В прил. 3 приведены примеры крестово-купольных храмов.

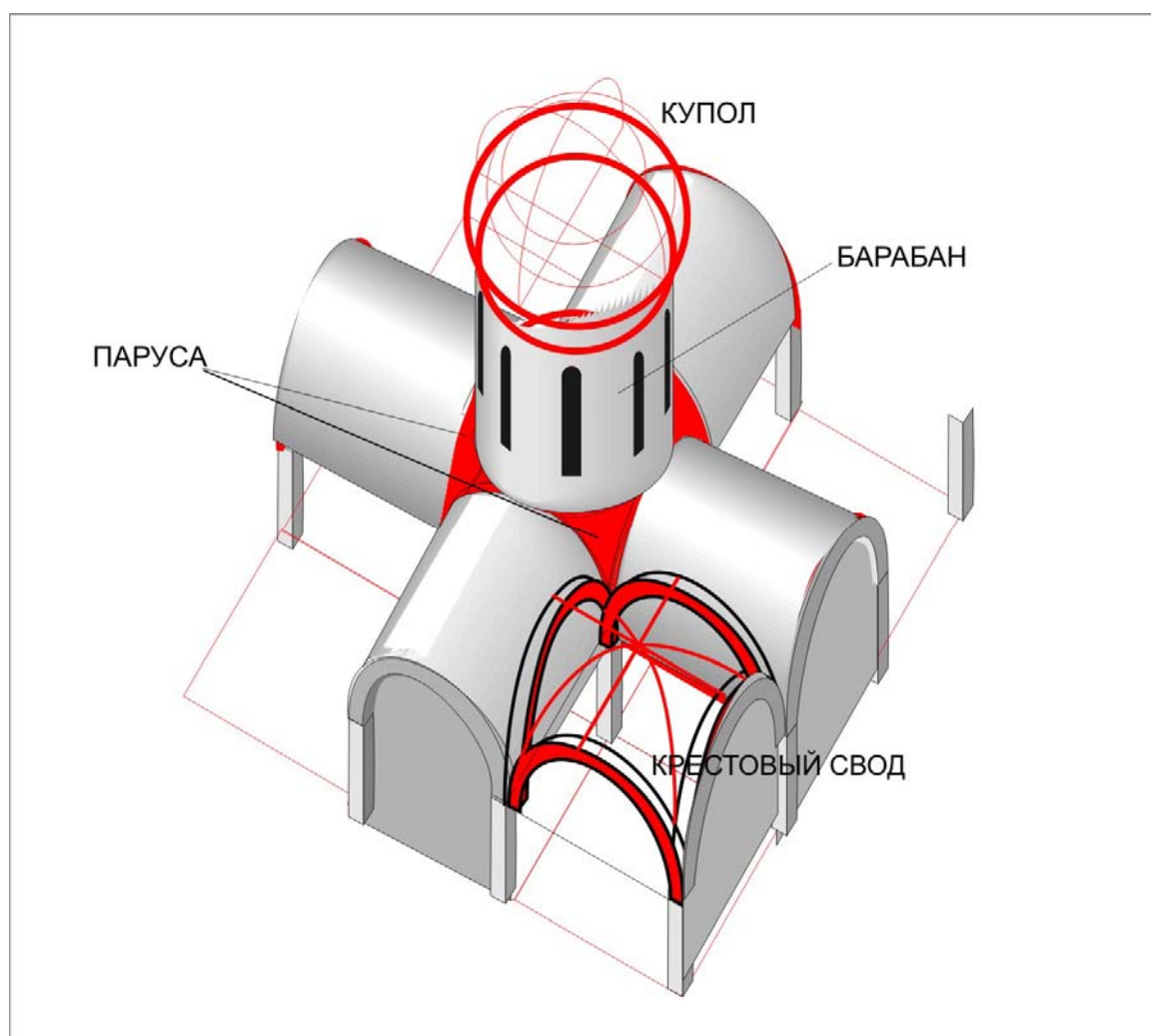


Рис. 26. Архитектурно-конструктивная основа любого православного храма

ИННОВАЦИИ РУССКИХ ЗОДЧИХ XVI ВЕКА

Как известно, архитектура православных храмов пришла на Русь из Византии вместе с христианством. В этом смысле и крестово-купольная система, и архитектурная пластика, и ритуальные действия, совершаемые в храме, изначально строились на византийских образцах.

Однако, начиная с XVI века, особенно после гибели византийского государства, эволюция русской храмовой архитектуры развивалась по оригинальному сценарию. Архитектура русских каменных храмов все дальше уходила от византийских образцов, являя собой удивительные архитектурно-художественные находки. Среди них следует отметить, прежде всего, шатровые храмы и покрытия с кокошниками по крещатому своду.

Шатровые храмы

Для русских, чья среда обитания всегда была лесной страной, архитектурно-строительная деятельность издавна была связана с древесиной. Были выработаны оптимальные технологические приемы строительства деревянных зданий самого разнообразного назначения. Кирпичные же и каменные сооружения до контакта с византийцами русские практически не строили.

Начиная с X века христианство на Руси все больше распространялось среди населения русских княжеств, и возведение православных храмов становилось все более востребованным. А количество мастеров, способных возводить каменные сооружения, равно как и месторождений каменных материалов, вкупе с действующими кирпичными заводами, оказалось явно недостаточным. Поэтому приходилось приспособливать хорошо знакомые технологии и деревянные архитектурные формы к необычным для того времени архитектурным сюжетам – деревянным православным храмам.

Как показала история, для этой цели наиболее подходящими оказались деревянные здания с «шатровым верхом» (рис. 27).



Рис. 27. Деревянное здание с «шатровым верхом»

Шатровым верхом называли и называют завершение здания в форме пирамиды. Как она выглядит, если изобразить ее в аксонометрии, можно понять из рис. 28.

Причем, можно заметить, что на квадратном плане из восьми граней пирамиды четыре лежат своими основаниями на сторонах квадрата, остальные «опираются» на точки смежных сторон, образующих углы квадрата.

Если от геометрии перейти к деревянным формам, то можно заметить – пирамидальную крышу было сравнительно просто устраивать в деревянных зданиях, складываемых из бревен, брусьев и досок. А те грани основания шатра, которые попадали на углы квадрата, опирали на балки (бревна сруба), переброшенные со стены на стену.

Кроме того, опыт устройства такого рода крыш у русских плотников уже имелся. Так, в частности, покрывали надвратные башни, которые входили в состав деревянных (рубленных) крепостных стен.

Поэтому основную идею здания православного храма, которая была связана с возможностью мистического контакта прихожанина с божеством как в интерьере храма, так и через его экстерьер, могла быть воплощена путем устройства остроконечного завершения здания, направленного острием «в небо». Отсюда широкое распространение во многих городах и поселениях островерхих деревянных храмов. Во многих поселках на севере нашей страны, где древесина сохраняется хорошо, такие постройки можно увидеть и сегодня.

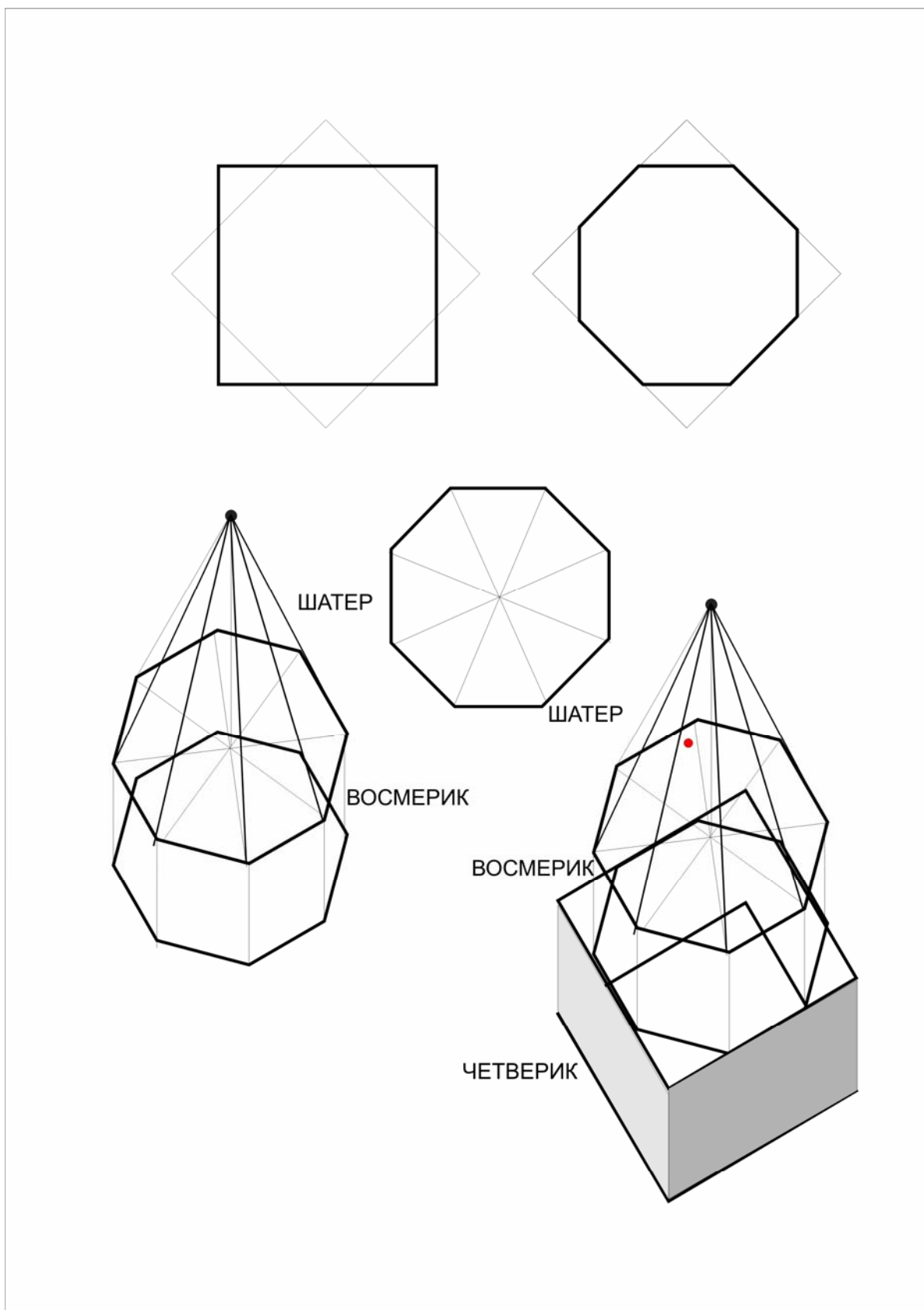


Рис. 28. Схема построения шатрового верха

Таким образом, образ православного храма, завершенного острой пирамидой был достаточно знаком и уже привычен русскому человеку. Поэтому переход к использованию подобного рода архитектурных форм в каменных храмах был обусловлен только конструктивно-технологическими проблемами кирпичной кладки наклонных поверхностей. И как только такие проблемы к XVI веку были разрешены, так на Руси стали возводить шатровые каменные храмы (прил. 4).

Архитектурно-конструктивное формообразование в таких храмах решается несколько отлично от крестово-купольной системы (рис. 29).

В них нет внутренних столбов, нет подпружных арок и барабана, а завершение имеет пирамидальное восьмигранное очертание, осененное небольшим луковичевидным куполом. Такая конфигурация объемов возможна в двух вариантах воплощения:

1. Восьмигранный объем храма, являясь основанием восьмигранного шатра, «вырастает» из земли;
2. Восьмигранная часть объема («восьмерик») опирается на квадратную его часть (четверик), образуя общую двухъярусную композицию храма, подведенную под восьмигранный шатер завершения с куполом.

При опирании каменного восьмерика на четверик те грани восьмерика, которые «повисают» в воздухе, приходится опирать на арки, соединяющие смежные углы четверика.

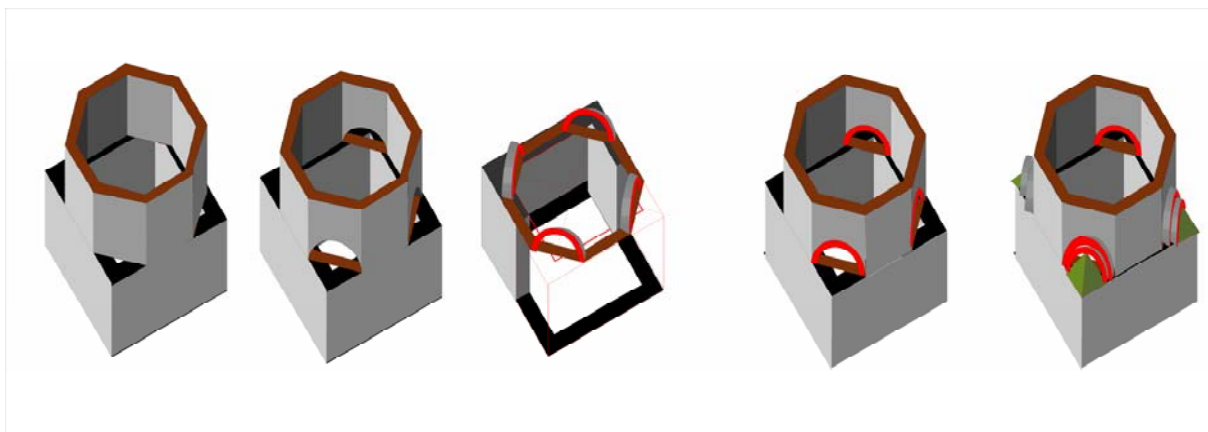


Рис. 29. Схема архитектурно-конструктивного формообразования в шатровых храмах

Как выглядит архитектурно-конструктивная форма шатрового храма, можно проследить на примере формообразования первого каменного шатрового храма на Руси – церкви Вознесения в Коломенском, воздвигнутого в начале XVI века (рис. 30).

В каменном воплощении шатровой формы здесь откровенно воплощен конструктивный принцип опирания «восьмерика на четверик», широко используемый при возведении деревянных шатровых зданий. Из рисунков, приведенных ниже, хорошо видно и понятно устройство такого рода храмов, ставших весьма популярными на Руси после XVI века.

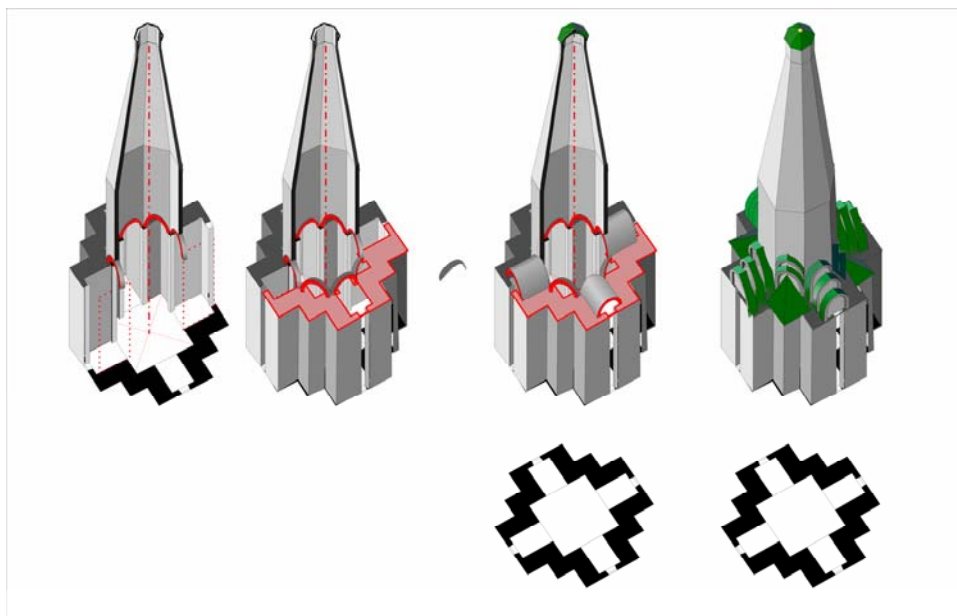


Рис. 30. Архитектурно-конструктивная форма шатрового храма на примере церкви Вознесения в Коломенском

Появились особые конструктивно-декоративные кирпичные элементы, которые употреблялись для перекрытия «пустых» углов, оставшихся у боковых граней пирамиды шатра. Их стали называть «кокошниками», и они оказались удачным изобретением. С их освоением появилась возможность в том же XVI веке создать еще одну архитектурно-конструктивную систему покрытия православных храмов. Это системы с «крещатыми» сводами.

Храмы с покрытием крещатыми сводами и кокошниками

В этом отношении богатым на архитектурные инноваций был XVI век – время становления русской государственности.

К этому времени в стране наблюдается значительный рост городов и других населенных пунктов, где потребность в возведении православных храмов резко возросла. Поэтому потребовалось и расширение их типологии, которая охватывала бы храмы различной вместимости и конфигурации, а также новых архитектурно-конструктивных решений.

Для нас же особо интересными представляется новый тип храма – храм с кокошниками, перекрытый **«крещатым» сводом**, который как раз и появился в этом столетии.

Ярким примером нового типа храма является московская **церковь в Никитинках** (рис. 31).

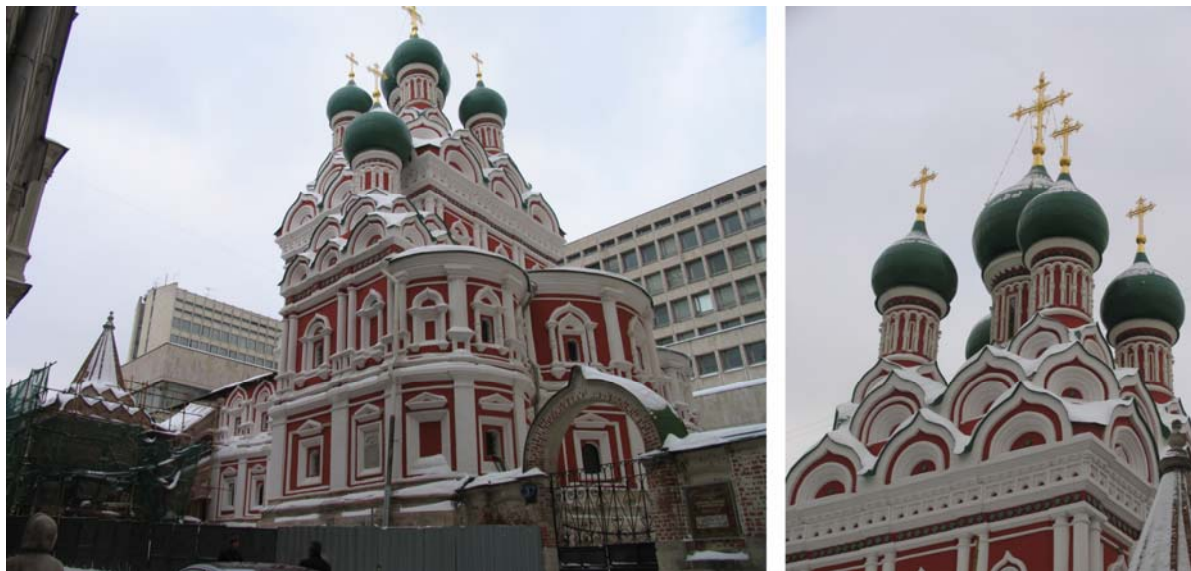


Рис. 31. Церковь в Никитинках

Такого типа православные храмы имеют специфическую архитектурно-конструктивную структуру, основанную на использовании преобразованного особым образом сомкнутого свода, который называется **«крещатым сводом»** (прил. 5).

Попробуем понять и эту структуру.

Сомкнутый свод

Крещатый свод – отечественная модификация хорошо известного во всем мире **сомкнутого свода**.

Геометрически сомкнутый свод (рис. 32) представляет собой разновидность пересечения двух цилиндрических сводов, расположенных друг к другу под прямым углом.

Архитектурно-конструктивные достоинства этой сводчатой конструкции очевидны: она не требует внутренних опорных столбов, поскольку опирается на наружные стены, и поэтому обладает высокой прочностью. Подобная конструкция успешно применима в тех случаях, когда требуется перекрыть сравнительно небольшое пространство (до 10 метров пролета), где появление внутренних столбов неуместно.

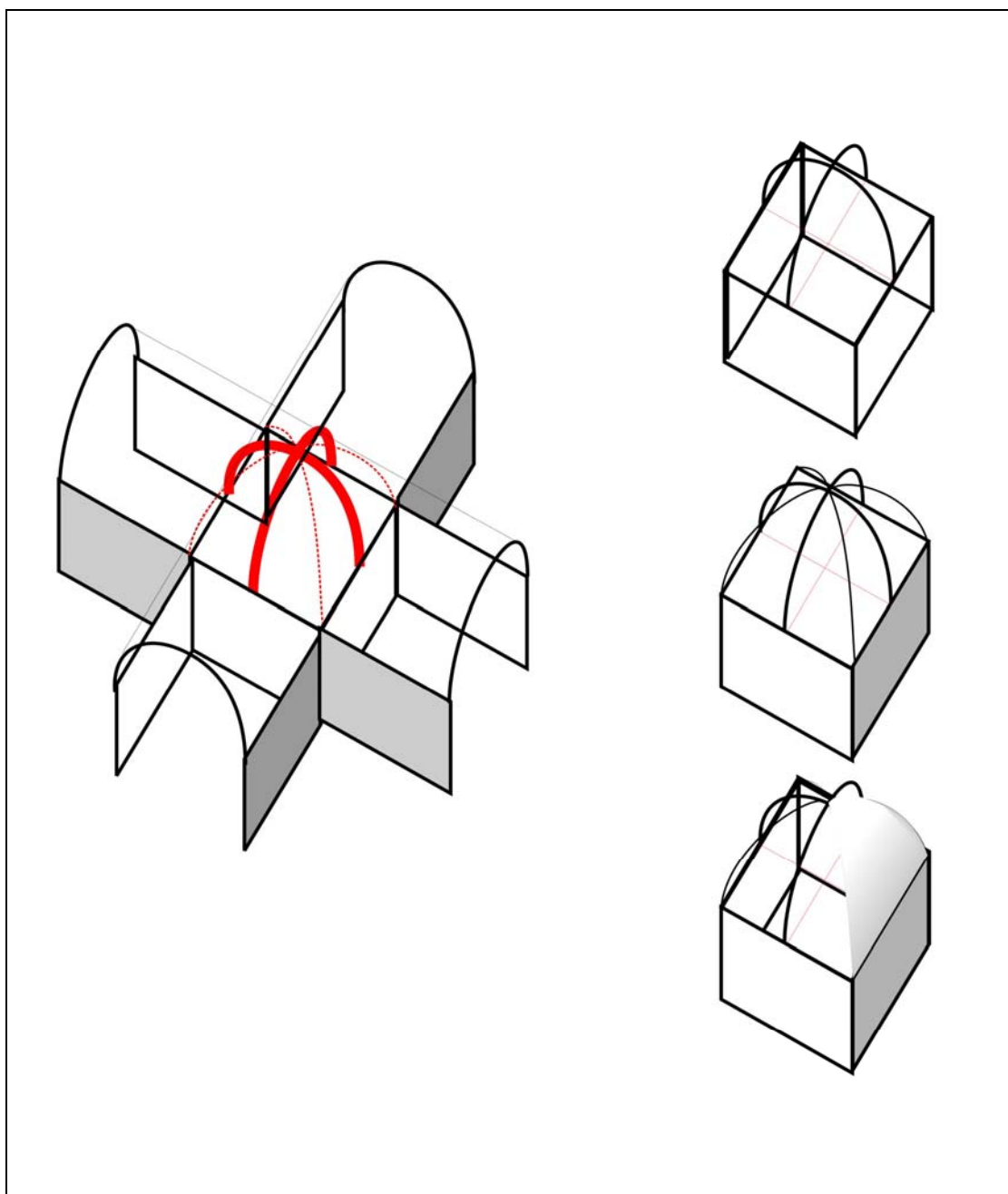


Рис. 32. Схема сомкнутого свода

Однако такие своды обладают двумя серьезными недостатками, что ограничивает их широкое применение в «чистом» виде.

Во первых, его форма, собранная из четырех сегментов цилиндрического свода, сомкнутых в шельге (вершине) свода, не позволяет устраивать в нем каких-либо отверстий, ибо они нарушают конструктивную целостность свода и грозят обрушением.

Во-вторых, и это чисто архитектурный недостаток, объем, перекрытый сомкнутым сводом, демонстрирует некрасивый силуэт, особенно при восприятии его с близких точек.

Изобретение крещатого свода позволило устранить первый недостаток, а использование при возведении покрытий из подобного рода сводов системы декоративных «**КОКОШНИКОВ**», позволило решить и проблему силуэта.

Крещатый свод

Крещатый свод образуется из сомкнутого путем введения в него двух цилиндрических полуколец из того же материала, что и остальной свод. На их пересечении можно устроить кольцевое отверстие. Тогда сегменты сомкнутого свода, начинаясь от «своих» стен, смыкаются уже не в шельге свода, а в четырех точках стыка полуарок друг с другом (рис. 33).

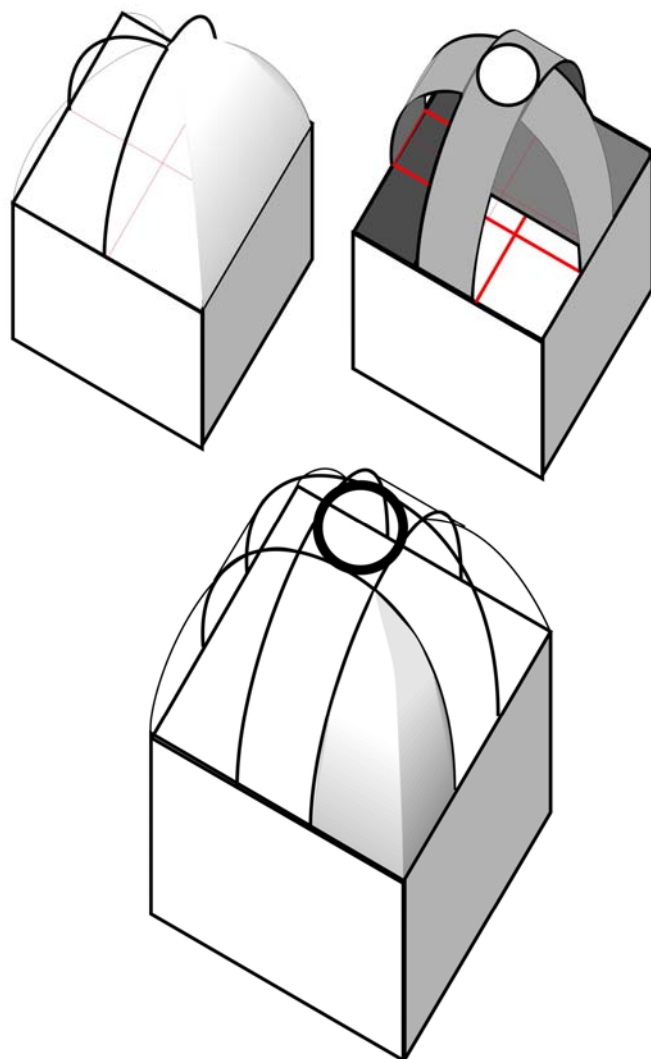


Рис. 33. Схема крещатого свода

Кокошником называют специфическую архитектурно-декоративную форму, выполняемую из кирпича. Она представляет собой вертикальную профилированную арку, прясло которой заложено кладкой в виде декоративной стенки (рис. 34).

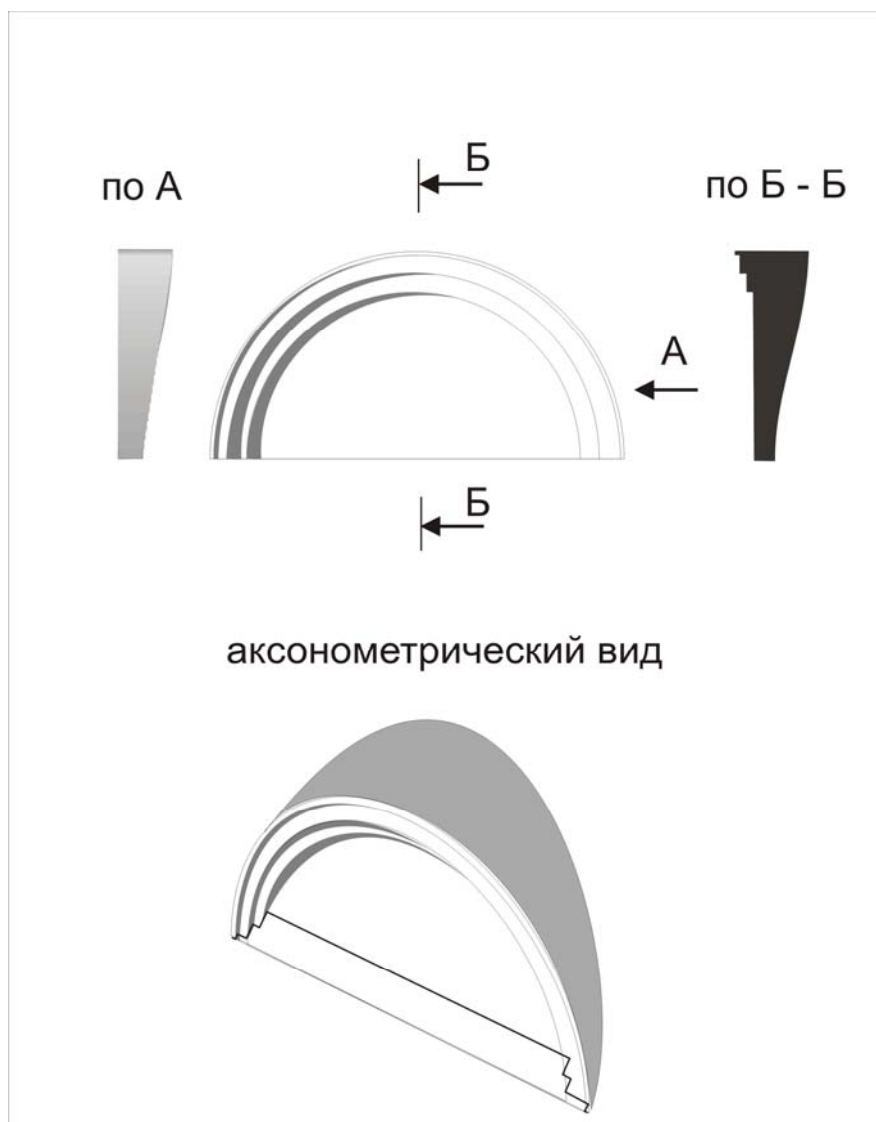


Рис. 34. Схема кокошника

Идея формирования нового силуэта крещатого свода состоит в том, что его наружная поверхность по периметру «обкладывается» рядами (обычно тремя рядами) кокошников.

Как это происходит при исправлении силуэта, можно понять из приведенных далее рисунков. Они выглядят как набор характерных проекций: фасада, поперечного разреза и аксонометрии (рис. 35).

Однако из приведенных рисунков, которые представляют в некотором смысле «идеализированные изображения» одинаковых по размеру и ориентации в пространстве кокошников. Однако можно

заметить, что наружные грани крещатого свода остаются кокошниками не прикрытыми.

В реальности эту проблему разрешают двумя способами. Либо ряды кокошников, размещаемых сверху, уменьшают в размерах, сохраняя их количество неизменным, либо в двух верхних рядах вводят дополнительные кокошники, размещая их над ребрами свода и поворачивая диагонально.

Таким образом, архитектурно-композиционное формообразование храмов, покрытых крещатым сводом, обретает законченную и ясную структуру, вполне понятную и доступную при его освоении в ходе изучения.

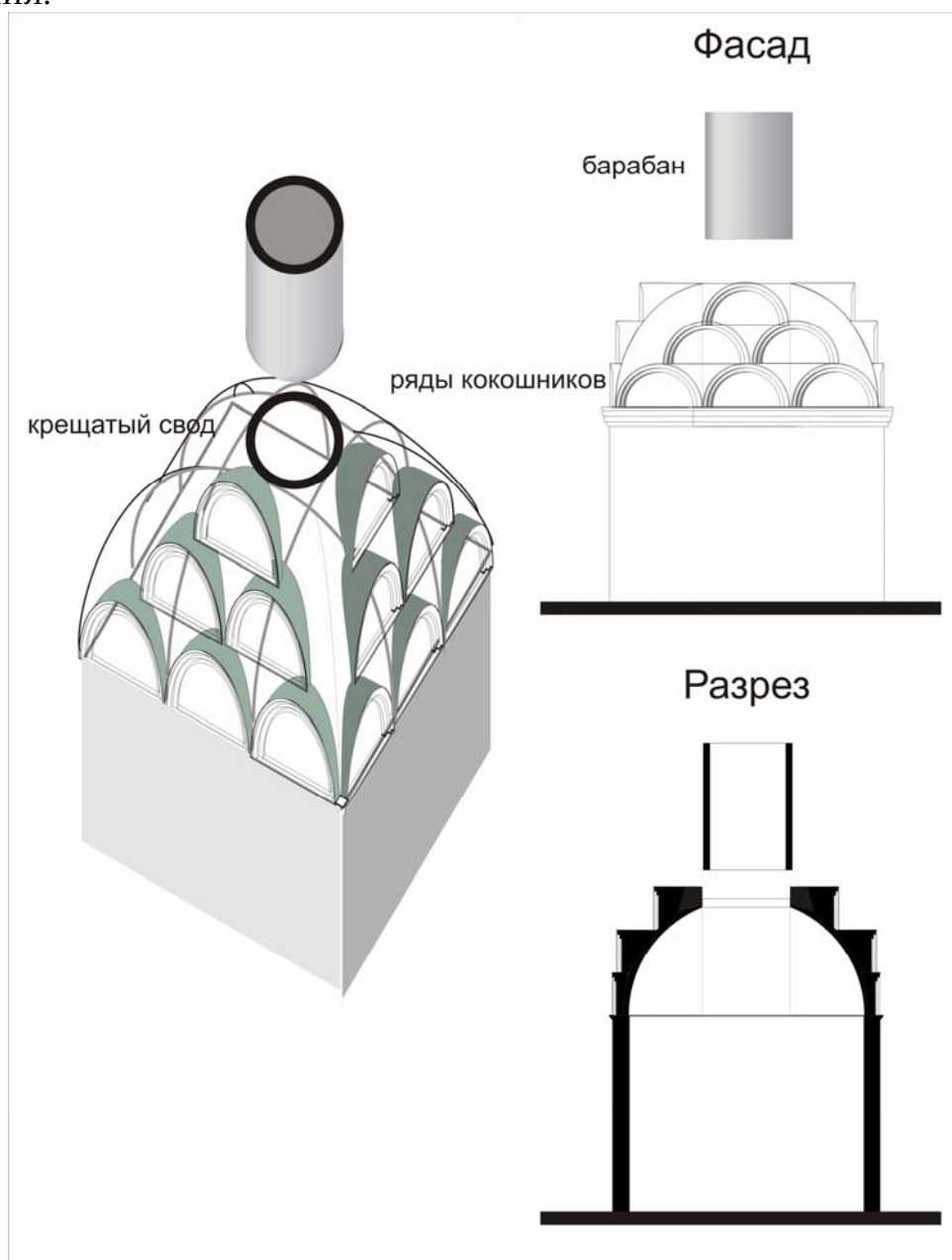


Рис. 35. Пример использования кокошника (начало)

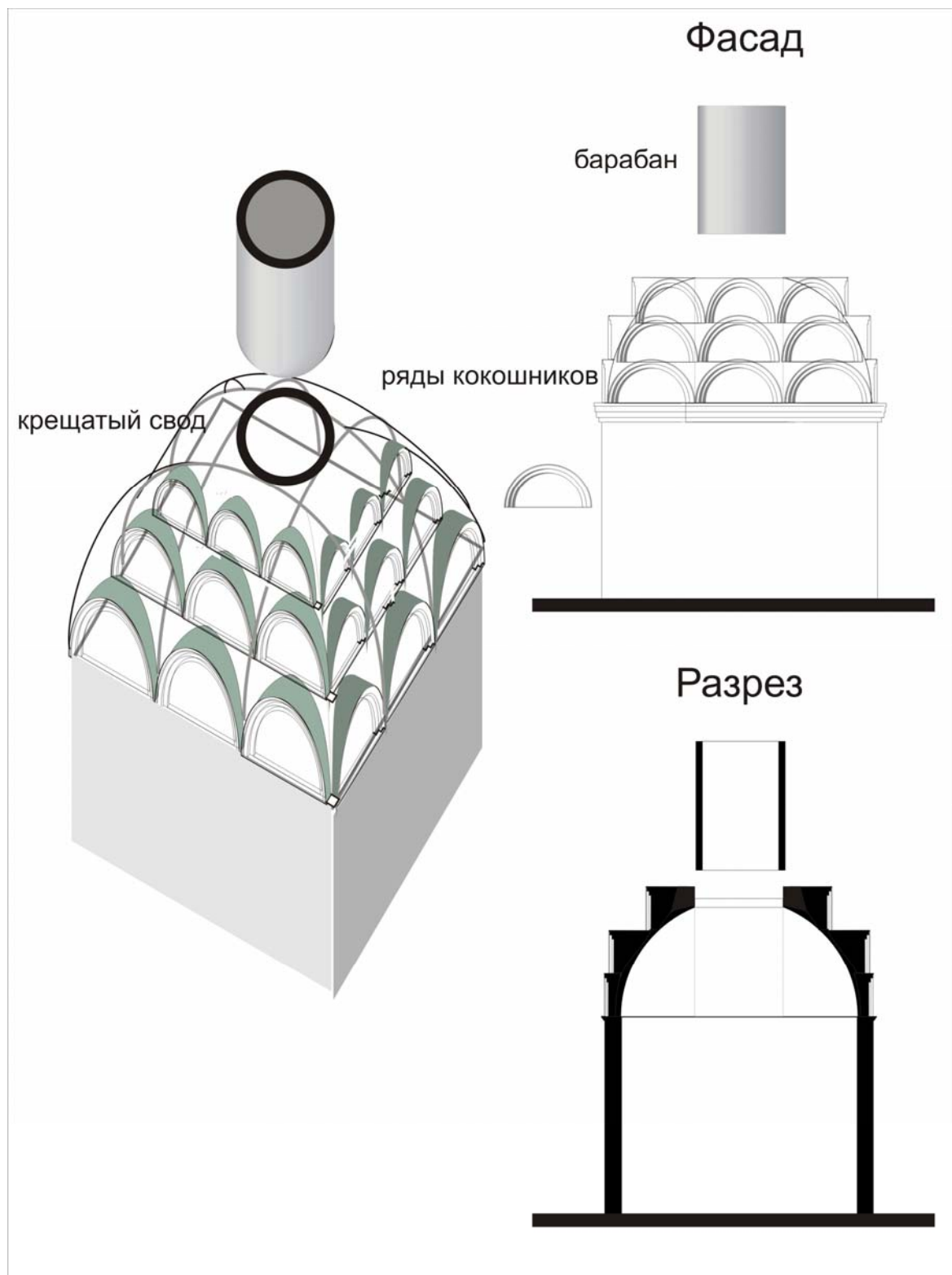


Рис. 35. Пример использования кокошников (продолжение)

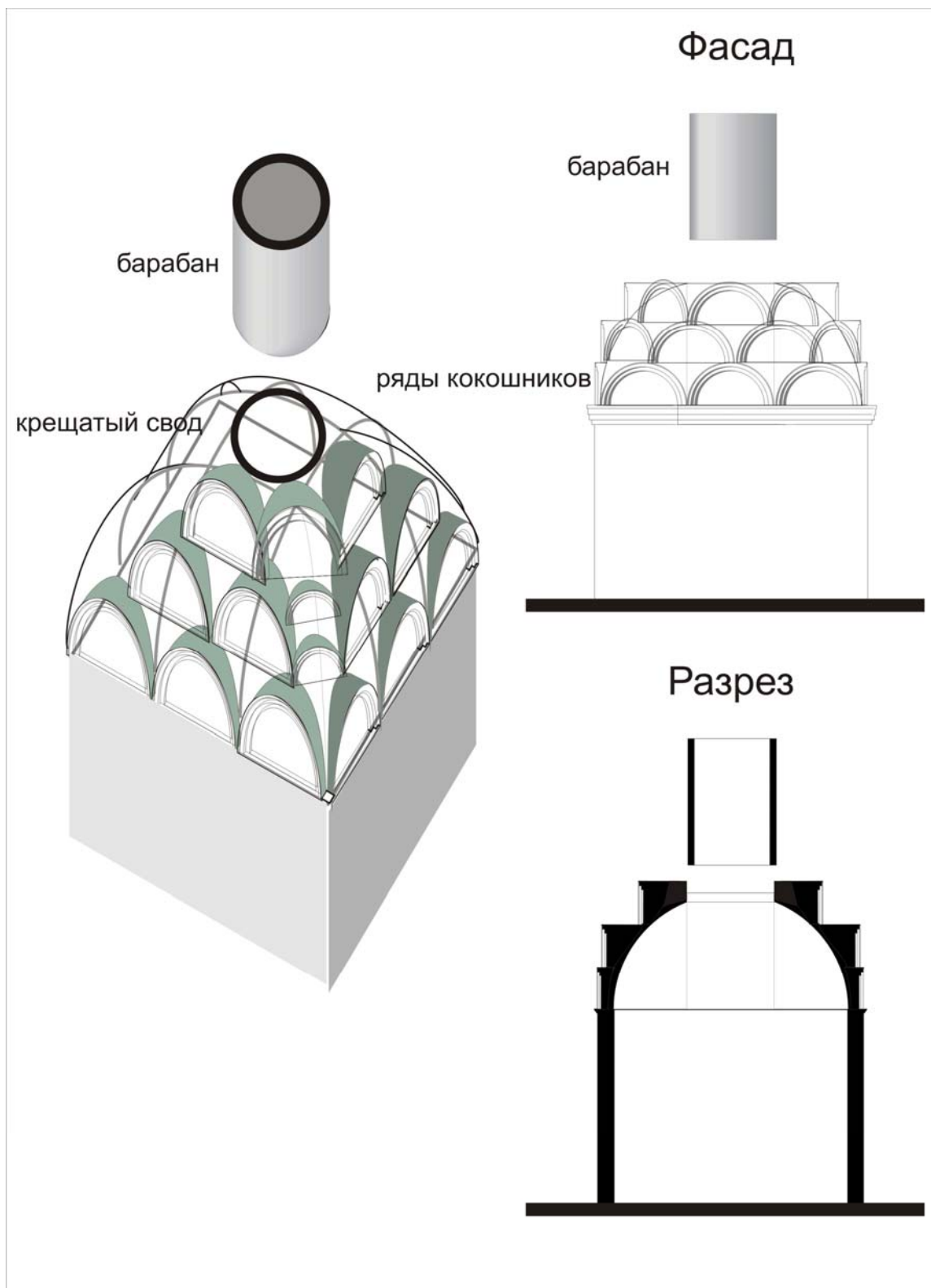


Рис. 35. Пример использования кокошников (окончание)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенное читателю учебное пособие, в котором изложение представляет собой в некотором смысле «открытую» схему. Это означает, что в случае необходимости при последующих возможных переизданиях текст может быть расширен и дополнен, равно, как и сокращен. Опыт использования изложенного здесь дидактического материала в учебном процессе подскажет пути и объемы вероятной модернизации. Авторы вполне отдают себе отчет в некоторой произвольности и искусственности отобранного для учебного анализа сегмента обширного историко-архитектурного материала. И тем не менее, они остановились именно на нем.

Для авторов важна также необходимость возникновения и реализации обратной связи, когда отзывы заинтересованных коллег, их замечания и критика, любые соображения по поводу представленного материала будут с благодарностью приняты и учтены в ходе дальнейшей работы. И такая работа уже идет, поскольку опыт их собственной учебной деятельности и методические инновации, возникающие по ходу общения со студентами, естественно, опережают возможности издательской деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виолле-ле-Дюк, Э.Э. Энциклопедия готической архитектуры [Текст] / Э.Э. Виолле-ле-Дюк. – М.: Эксмо, 2013.
2. Каптиков, А. Романская архитектура Италии [Текст] / А. Каптиков. – Екатеринбург: TATLIN, 2012.
3. Панофский, Э. Готическая архитектура и схоластика [Текст] / Э.Панофский // Перспектива как символическая форма. Готическая архитектура и схоластика. – СПб.: Азбука-классика, 2004.
4. Раппопорт, П.А. Строительное производство Древней Руси (X-XIII вв.) [Текст] / П. А. Раппопорт. – СПб.: Наука, 1994.
5. Френч Х. История архитектуры [Текст] / Х. Френч. – М.: АСТ, Астрель, 2003.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Примеры архитектуры романского храма



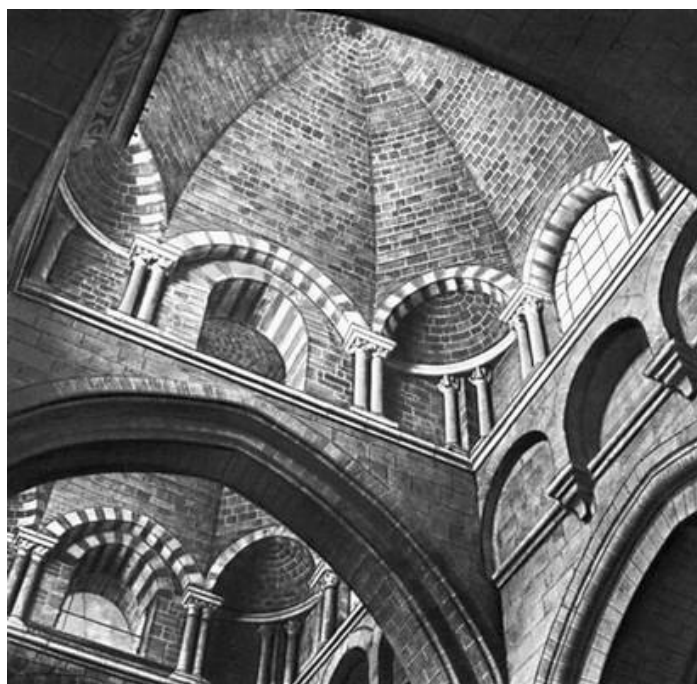
Аббатство Мария Лаах, Германия



Неф романской церкви



Церковь Святого Герона, Кельн



Собор в Ле-Пюи (Франция)



Собор Сен-Пьер, Ангулем, Франция



Церковь аббатства Сен-Филибер в Турнюсе

Примеры архитектуры готического храма



Амьенский собор, Франция



Амьенский собор (интерьер), Франция



Кафедральный собор Святого Михаила и Святой Гудулы,
Брюссель, Бельгия



Реймский собор, Франция



Реймский собор (интерьер), Франция



Руанский собор, Франция



Руанский собор (интерьер), Франция



Собор Богоматери в Антверпене, Бельгия



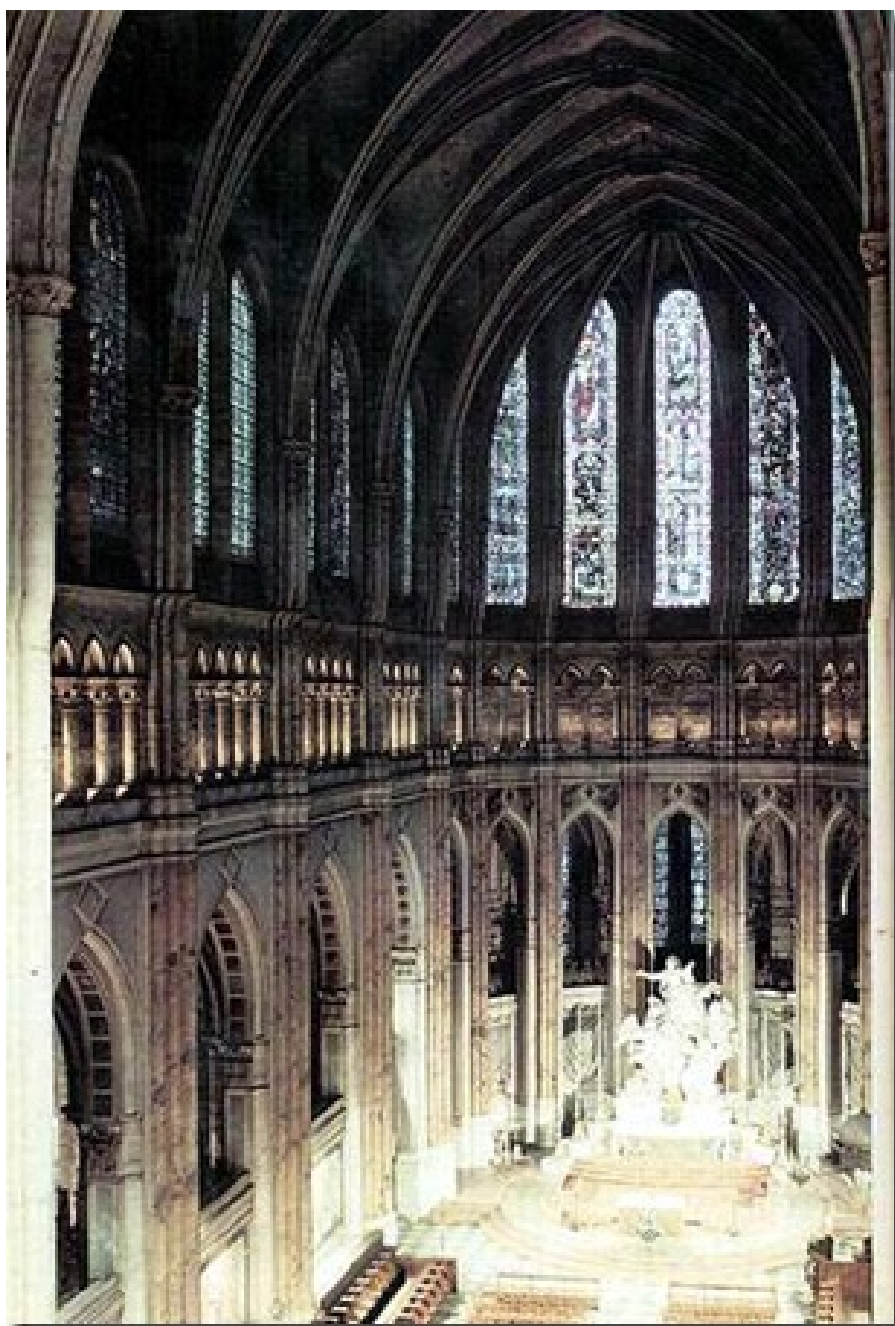
Внутренний вид готической церкви



Центральный неф готического собора изнутри



Шартрский собор, Франция



Шартрский собор (интерьер), Франция

Примеры архитектуры крестово-купольного храма



Борисоглебский собор, Чернигов



Дмитриевский собор, Владимир



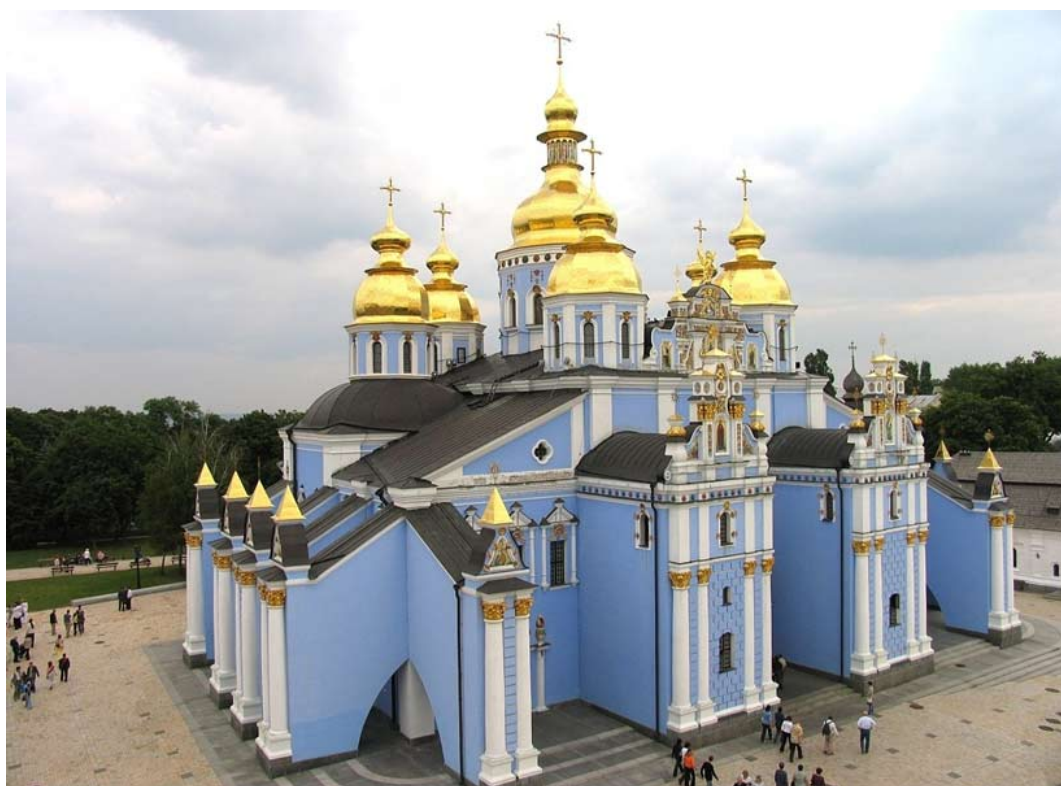
Крестово-купольный храм в Стамбуле



Крестово-купольный храм. Вид купола изнутри



Храм Петра и Павла, Смоленск



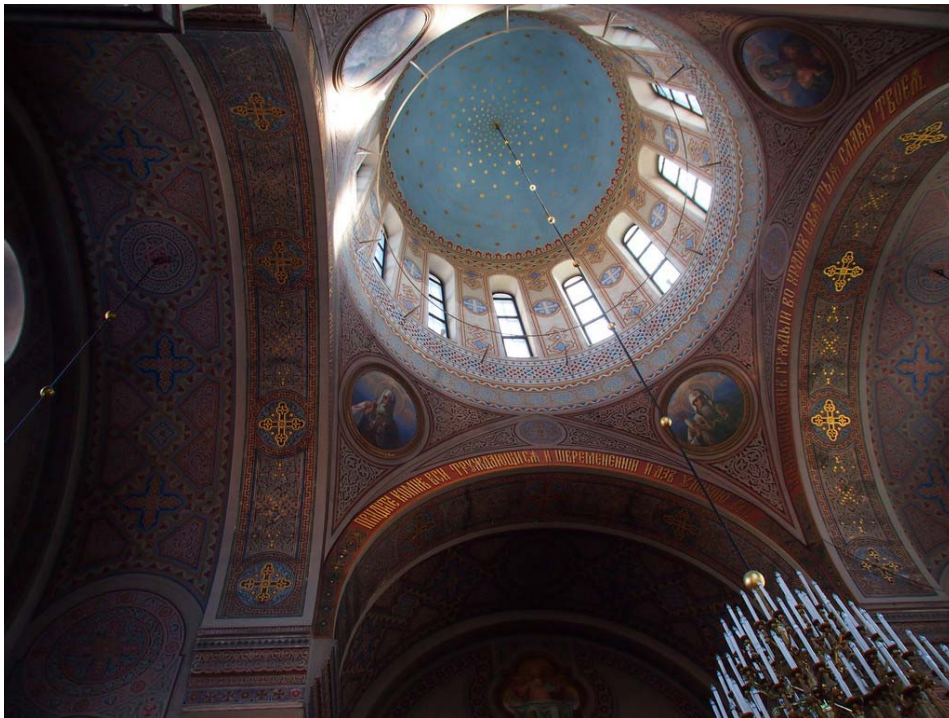
Собор Архангела Михаила Михайловского
Златоверхого монастыря в Киеве



Спасо-Преображенский собор в Переславле-Залесском



Успенский собор в Хельсинки

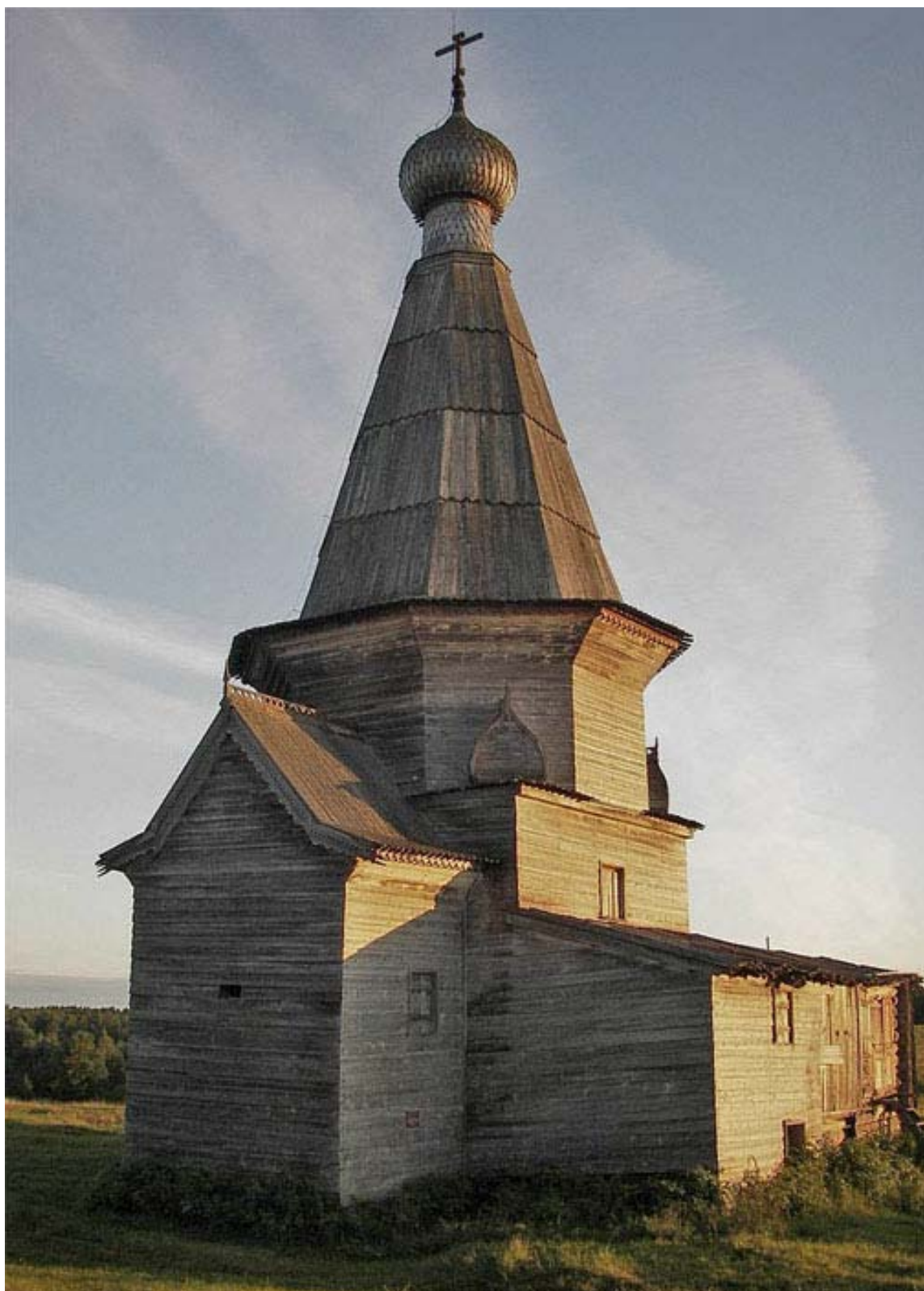


Успенский собор в Хельсинки. Вид купола изнутри

Примеры архитектуры шатровых храмов



Музей деревянного зодчества «Малые Карелы».
Георгиевская церковь из села Вершины



Никольская церковь в Пурнеме Онежского района
Архангельской области



Церковь Рождества Богородицы из села Передки



Красная Ляга, Сретено-Михайловская церковь



Воскресенская церковь из села Потакино
(Музей деревянного зодчества в Суздале)



Церковь Казанской иконы Божией Матери в Вырице



Церковь Вознесения в Коломенском



Покровская церковь в Медведково, Москва



Распятская церковь в Александровской слободе



Смоленская церковь в селе Кушалино Рамешковского района
Тверской области



Храм Петра Митрополита в Переславле-Залесском

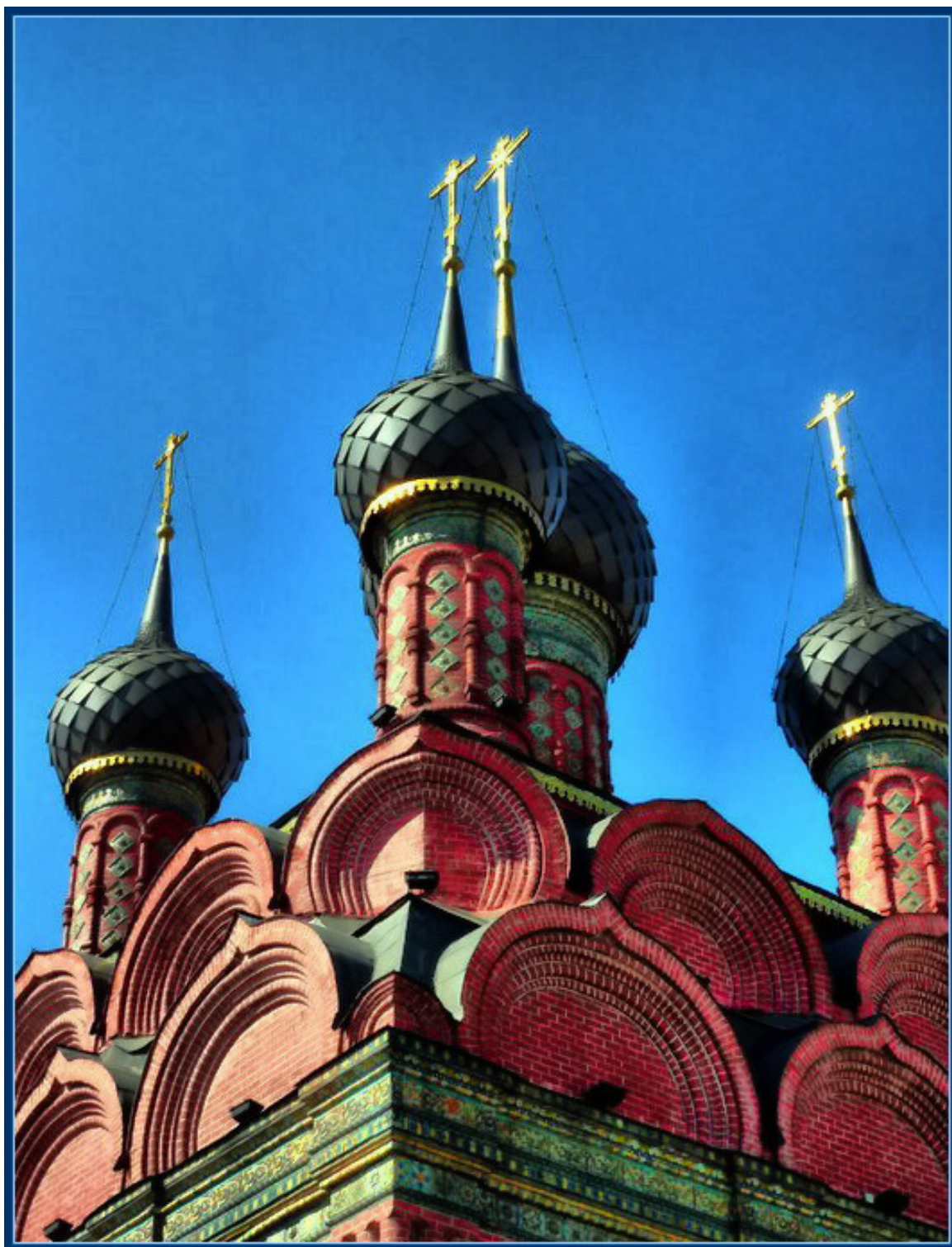


Шатровая церковь в Новгороде

Примеры архитектуры храмов
с покрытием крещатыми сводами и кокошниками



Церковь Николая Чудотворца на Посаде (Коломна)



Храм Богоявления. Ярославль



Кокошники церкви Иконы Божией Матери Одигитрия Предтеченского
монастыря в Вязьме Смоленской области



Фрагмент шатра (горка кокошников) храма Чуда Михаила Архангела
в Хонех в микрорайоне Ветлужанка города Красноярска

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
ФОРМООБРАЗОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНО- КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОКРЫТИЯ	6
Происхождение арки и свода	6
Крестовый свод	10
Сферические своды и купола	13
Элементарные сведения о статике арочных конструкций	16
ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ РОМАНСКОГО ХРАМА	22
ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ГОТИЧЕСКОГО ХРАМА	24
КРЕСТОВО-КУПОЛЬНЫЙ ХРАМ	27
ИННОВАЦИИ РУССКИХ ЗОДЧИХ XVI ВЕКА	33
Шатровые храмы	33
Храмы с покрытием крещатыми сводами и кокошниками	37
Сомкнутый свод	38
Крещатый свод	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	46
ПРИЛОЖЕНИЯ	47
Приложение 1. Примеры архитектуры романского храма	48
Приложение 2. Примеры архитектуры готического храма	52
приложение 3. Примеры архитектуры крестово-купольного храма	64
Приложение 4. Примеры архитектуры шатровых храмов	71
Приложение 5. Примеры архитектуры храмов с покрытием крещатыми сводами и кокошниками	83

Учебное издание

Берсенева Марина Александровна
Богомоллов Игорь Игоревич

**АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОЕ
ФОРМООБРАЗОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРЕ
СРЕДНЕВЕКОВОЙ ЕВРОПЫ**

Учебное пособие

Р е д а к т о р В.С. Кулакова
В е р с т к а Н.А. Сазонова

Подписано в печать 31.10.14. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ.л. 5,1. Уч.-изд.л. 5,5. Тираж 80 экз.
Заказ № 383.

Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.