

УДК: 72.033.52;72.04.012

## ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ГОТИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Мартынова П.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: [polina3886685@gmail.com](mailto:polina3886685@gmail.com)

В данной статье рассматривается явление неосознанного применения фрактальных конструкций в период зрелого готического стиля во Франции на примере Реймского кафедрального собора; проведен анализ главных несущих конструкций, выявлены причины и целесообразность использования данного подхода зодчими того времени. Дано определение фрактала и его функция в архитектурном проектировании, выявляются основные тенденции его использования как одной из составляющих французской готической архитектуры XIII-XIV веков. Проведен комплексный анализ и синтез имеющихся знаний по данной тематике. Определены перспективы дальнейшего развития указанных выше подходов и инструментов в архитектурных сооружениях более поздних стилей и эпох. Выделены мотивации и ментальность общества периода классического средневековья как первостепенные причины необходимости использования этого вида конструкций в готических соборах. Сделаны выводы об эстетической и практической целесообразности применения самоподобных структур в строительстве и инженерии в целом.

Ключевые слова: готический стиль, французская готика, фрактал, готический собор, классическое средневековье.

## APPLICATION OF FRACTAL STRUCTURES IN GOTHIC ARCHITECTURE

Martynova P.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, Saint Petersburg, e-mail: [polina3886685@gmail.com](mailto:polina3886685@gmail.com)

This article discusses the phenomenon of the unconscious use of fractal structures in the period of the mature Gothic style in France on the example of the Reims Cathedral; the analysis of the main load-bearing structures was carried out, the reasons and expediency of using this approach by the architects of that time were identified. The definition of a fractal and its function in architectural design are given, the main trends in its use as one of the components of the French Gothic architecture of the XIII-XIV centuries are revealed. A comprehensive analysis and synthesis of existing knowledge on this topic was carried out. The prospects for further development of the above approaches and tools in architectural structures of later styles and eras are determined. The motivations and mentality of the society of the period of the classical Middle Ages are singled out as the primary reasons for the need to use this type of construction in Gothic cathedrals. Conclusions are drawn about the aesthetic and practical feasibility of using self-similar structures in construction and engineering in general.

Keywords: gothic style, French gothic, fractal, gothic cathedral, classical Middle Ages.

### Введение

Фрактал (от греч. *Fractus* – изломанный, разбитый) имеет множество определений и различается в зависимости от области его применения. В геометрии фракталом называется структура, имеющая дробную размерность и использующаяся для расчетов очень изломанных и искривленных линий и пространств. Такие структуры чрезвычайно распространены в природе и не поддаются изучению с помощью методов идеализированной евклидовой геометрии. В физическом же понимании фрактал – это фигура, которая с при масштабировании не изменяет своего внешнего вида и физических свойств, а бесконечно воспроизводится и содержится сама в себе. Другими словами, это та фигура, даже самая малая часть которой содержит информацию обо всей фигуре в целом.

Со многими формами фрактала мы встречаемся в обычной жизни: молнии во время грозы или ветви дерева точно повторяют форму друг друга с уменьшением размера, кровеносная и дыхательная система человека развивается по законам самоподобия, даже галактики и звездные системы образуют такие структуры.

Некоторые формы самоподобия были известны человечеству еще задолго до открытия фракталов как таковых. Как одна из форм архитектурного выражения, он имеет очень длинную историю. Официально понятия слов «фрактал» и «фрактальная геометрия» были сформулированы лишь в 1967 году французским математиком Бенуа Мандельбротом в статье «Какова длина побережья Великобритании? Статистическое самоподобие и фрактальная размерность» (англ. «*How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension*»), опубликованной в журнале «Science». На деле фрактал – столь же естественная для природы вещь, как и эволюция. Человек всю жизнь наблюдает за природой и перенимает ее идеи в своей деятельности, а потому совсем не мудрено, что и в ранней (напр., в мезоамериканской) архитектуре так четко просматриваются его признаки.

Говоря об архитектуре, в которой присутствуют черты самоподобия, первыми на ум приходят готические мотивы. Следы фрактальности можно обнаружить почти в любом архитектурном стиле, однако именно в этом они проявляются во всей своей красе и масштабности. Стоит сделать оговорку, что, рассматривая применение фрактала в архитектуре и инженерии, мы чаще всего будем затрагивать такой вид самоподобия, как мультифрактал, часто используемый в проектировании архитектурных сооружений.

Сам мультифрактал есть не что иное, как неоднородная самоподобная структура, совмещающая в себе несколько подвидов однородных фракталов. Такие фигуры встречаются в повседневной жизни и архитектуре гораздо чаще.

### **Основная часть**

В готической архитектуре самоподобие используется ярко, масштабно. Можно утверждать, что этот стиль фактически основан на фрактальных принципах. Кроме того, фрактал здесь выступает как в роли декора, так и в роли практически значимого элемента конструкции.

Отличительными особенностями готической архитектуры являются вертикальное развитие композиции, наличие большого количества стрельчатых арок, высокие ребристые своды, перетекающие в множество аркбутанов различного размера. Фрактал сопровождает этот стиль практически в каждой из этих черт.



*Рис. 1, Notre-Dame de Reims*

Рассмотрим их на примере Реймского кафедрального собора (фр. *Notre-Dame de Reims*) (рис. 1), строительство которого относится к 1208-1311 г. Этот период соответствует эпохе классического средневековья. Именно здесь готика начинала проявляться ярче всего, переходя из периода ранней готики в зрелую.

Грандиозность готических соборов достигает своего пика, когда влияние короля начинает набирать особую силу, а религия перестает быть исключительно диктующей отраслью общественного мышления, но становится предметом дискуссий, подает задатки развития научного и философского знания. Религия в средние века придает смысл человеческому существованию – приблизиться к Богу, стать достойным Рая и прожить тихую, кроткую жизнь божьего раба. А потому религиозные сооружения того периода отличались особым символизмом и грандиозностью.

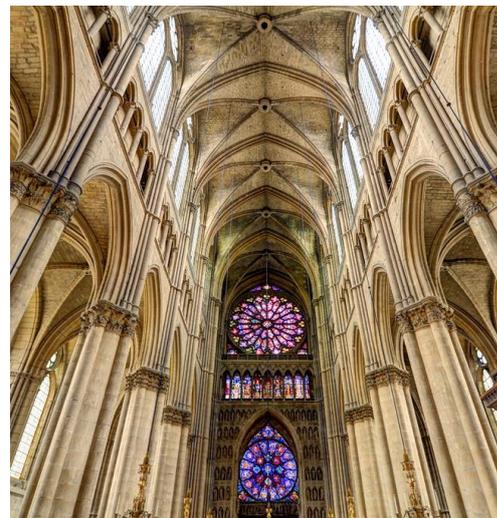


Рис. 2 Нервюрный свод собора

Реймский собор являлся традиционным местом для проведения коронаций французских правителей и занимал чрезвычайно важное место в истории французской религии и монархии. Его оформление обладает всеми присущими французскому готическому стилю элементами: высокие своды, как бы стремящиеся в небо и к Богу, каркасные арки (так называемые «нервюры») (рис. 2), сложная, повторяющая саму себя система из опор, колонн и аркбутанов. Применение такого рода конструкций носило не только исключительно эстетический характер, но и в значительной степени облегчало конструкцию собора. Использование самоподобия в каркасном скелете и крестовом нервюрном своде здания позволяло почти полностью отказаться от использования стен и заменить их бесчисленными колоннами без риска обрушения конструкции под собственным весом. Таким образом можно было добиться хорошей инсоляции помещения и достижения эффекта «воздушности» конструкции, модной в то время в французской готике, и существенно увеличить высоту потолков.

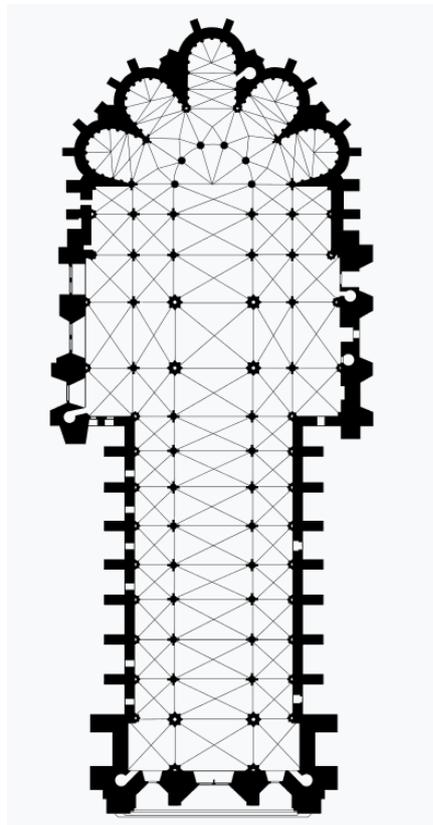


Рис. 3 Планировка

Фрактальность соблюдается уже в планировке здания (рис. 3). Ничто в соборе, включая чертежи, не было лишено смысла. Главным стремлением при проектировании любого готического собора того времени было направить к алтарю как можно больше света. По замыслам архитекторов тех лет, такое освещение должно было символизировать «яркий свет Бога и религии», а потому и планировка здания продумывалась особенно тщательно.

Помещение Нотр-Дам де Реймс имеет классическую для готического храма структуру: трехнефная базиликальная часть при входе мягко перетекает в пятинефную хоровую часть, а после через использование обходной галереи в его приалтарной части заканчивается венцом из пяти капелл, образующих ветвистую фрактальную структуру.

Уникальность планировки Реймского собора состоит в длине его центрального нефа – это 149 м от входа до его крайней точки (неф считается самым длинным во Франции). Его

высота – 38 м, ширина составляет 15 м. Такая грандиозность объясняется первоначальным замыслом использования храма в качестве коронационного зала.

Говоря о внешнем оформлении собора, обязательно стоит упомянуть ланцетовидные окна и композицию из трех входных порталов (рис. 4). Окна в храме образуют повторяющий сам себя рисунок из большого количества оконных проемов разного размера. Каждый из них содержит в себе еще по крайней мере два проема такой же формы, но меньшего масштаба. Главный западный портал здесь, как и в любом готическом храме, посвящен Иисусу Христу. Фрактальность здесь демонстрируется в чистом виде. Композицию составляют шесть арок, расположенных рядами по мере уменьшения их масштаба относительно друг друга. Всего на внутренней стороне фронтона главного портала расположено 76 скульптур библейской тематики (изображения Страшного Суда служат как бы напоминанием для простого прихожанина). Кроме того, сами порталы расположены во фрактальном порядке – два крайних портала почти полностью повторяют форму главного в меньшем масштабе.



*Рис. 4 Композиция входных порталов*

## **Вывод**

В данной статье были рассмотрены способы неосознанного применения фрактала в архитектуре на примере Реймского кафедрального собора. Подводя итог, можно сказать, что именно фрактальность является основным инструментом создания столь сложной композиции готического стиля. Самоподобие является как эстетическим фактором зрелой французской готики, так и способом облегчения и дополнительного упрочнения тяжелой, массивной конструкции храма. Такой подход дает возможность добиться максимального освещения при всей грандиозности архитектурного объекта.

Впоследствии идеи, использованные в французской готике, найдут свое отражение в более поздних стилях. Фрактал будет востребован не только с эстетической точки зрения в архитектурном проектировании, но и с практической, став полноценным и функциональным инженерным инструментом.

### **Список использованной литературы:**

1. Арсеньев В. И. Западноевропейское средневековье: общий обзор в свете истории ментальностей // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 6-4 (108). – С. 14 – 17.
2. Готика. Архитектура. Скульптура. Живопись / под ред. Р. Томана. – Köpemann: 2000. – 526 с.
3. Лазарев М. А. Готический период: культура и искусство Западной Европы // Гуманитарное пространство. – 2012. – №1. – С. 137 – 153.
4. Маяцкая И. А. Фрактальность и симметрия в архитектурных элементах сооружений / И. А. Маяцкая, С. Б. Языева, Б. М. Языев // Строительство и техногенная безопасность. – 2018. – № 12 (64). – С. 29 – 32.
5. «Особенности готической архитектуры» // Студопедия: [<https://studopedia.ru/>]. – 2023 г. – URL: [https://studopedia.ru/1\\_2766\\_osobennosti-goticheskoy-arhitekturi.html](https://studopedia.ru/1_2766_osobennosti-goticheskoy-arhitekturi.html) (дата обращения: 15.01.2023).