

#### Список литературы

1. Ян Гейл. Города для людей / Ян Гейл. – Москва : Крост, 2012. – 276 с.
2. Дизайн-регламент. Внешний вид фасадов зданий и сооружений в городском округе города Воронеж, утвержден постановлением администрации городского округа город Воронеж от 21.10.2015 г. № 806. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/207621-Rukovodstvo-po-oformleniyu-vhodnyh-grupp-nezhilyh-pomeshcheniy-i-razmeshcheniyu-sredstv-naruzhnoy-reklamy-i-informatsii-na-fasade-zdaniya-g.-Belgoroda.-Rezhim-dostupa-https://ast.mk.ru/articles/2014/11/16/naruzhnaaya-reklama-zapolonila-astrakhan.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
3. Руководство по оформлению входных групп нежилых помещений и размещению средств наружной рекламы и информации на фасаде здания г. Белгорода. – Режим доступа: <https://ast.mk.ru/articles/2014/11/16/naruzhnaaya-reklama-zapolonila-astrakhan.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
4. Наружная реклама заполонила Астрахань, Астрахань. 2014 г. – Режим доступа: <https://strelka.com/ru/magazine/2017/06/07/design-code-saratov>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
5. Головкин К. Закодировать проспект: история Саратовского дизайн-кода / К. Головкин. – 2018.
6. Кожанов А. П. Граффити: Искусство или вандализм? / А. П. Кожанов, Н. П. Приказчикова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 3 (33). – С. 34–39.
7. Цитман Т. О. Концепция формирования модели архитектурно-экологического пространства / Т. О. Цитман, К. А. Прошурин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 4 (30). – С. 59–66.
8. Грашин А. А. Методология дизайн проектирования элементов предметной среды / А. А. Грашин. – Москва : Архитектура, 2004. – 229 с.
9. Овчинникова Н. Н. Рекламное дело : учебное пособие / Н. Н. Овчинникова. – Москва : Дашков и К, 2008. – 363 с.
10. Учёнова В. В. История рекламы / В. В. Учёнова, Н. В. Старых. – СПб., 2002. – 304 с.
11. Росийская Федерация. О рекламе : федеральный закон от 13.03.2006 № 38-ФЗ (последняя редакция), 13 марта 2006 года N 38-ФЗ, Статья 19. Наружная реклама и установка рекламных конструкций.
12. 1С-Старт. Наружная реклама и вывеска: нюансы размещения и согласования. – 2021 г. – Режим доступа: <https://www.regberry.ru/malyu-biznes/naruzhnaaya-reklama-i-vyveska>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. Сапожникова Е. Н. Страноведение. Теория и методика туристского изучения стран / Е. Н. Сапожникова. – Москва : Академия, 2005. – 240 с.
14. Туристический путеводитель по Астрахани // Город Астрахань и Астраханская область. – Режим доступа: [online.ru/volga\\_guide\\_astrakhan.html](http://online.ru/volga_guide_astrakhan.html), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
15. Зеленков А. И. Философия / А. И., Зеленков, В. В. Анохина, А. П. Ждановский. – Минск : БГУ, 2003. – 334 с.

© Н. И. Ермолин, О. А. Ермолина, Н. А. Рактович

#### Ссылка для цитирования:

Ермолин Н. И., Ермолина О. А., Рактович Н. А. Наружная реклама в историческом центре города Астрахани // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 30–35.

УДК 72.01.

DOI 10.52684/2312-3702-2021-37-3-35-40

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФРАКТАЛЫ В АРХИТЕКТУРЕ Г. АСТРАХАНИ

*С. А. Раздрогина*

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия*

Фрактальные алгоритмы в природе и творчестве человека открыл Бенуа Мандельброт. Использование фрактальных образов в архитектуре началось лишь в конце XX века, с появлением книг Мандельброта. В статье рассмотрены некоторые здания города Астрахани в сопоставлении с фрактальными моделями. В качестве прототипов, использованы такие графические фракталы как: 1 - элементы самоподобия выявлены на фасадах жилых домов астраханских купцов; 2 - алгоритм Серпинского или «салфетка» Серпинского - является прообразом культовых сооружений, вытянутых по вертикали; 3 - спиральный алгоритм - широко используется в неживой и живой природе, декор в виде раскручивающихся спиралей воплощен в главах храма Федоровской иконы Божьей матери; 4 - «губка» Менгера - прототипом являются прямоугольные панельные здания и параллелепипеды внутренних помещений. Архитектурные формы более регулярны, чем природные, и сочетают малое количество повторов.

**Ключевые слова:** фрактальность; формообразование; «салфетка» Серпинского; самоподобие; архитектурные формы; спиральный алгоритм; протофракталы; фрактальная модель; повторы; «губка» Менгера.

## ABOUT FRACTAL MODELS IN ARCHITECTURE OF ASTRAKHAN

*S. A. Razdrogina*

*Astrakhan State University of Architecture and Construction, Astrakhan, Russia*

Fractal algorithms in nature and human creativity was opened by Benoit Mandelbrot. The Use of fractal images in architecture began only in the late XX century, with the advent of Mandelbrot's books. The article considers some of the buildings of the city of Astrakhan in comparison with fractal models. As prototypes, used such graphic fractals as: 1 - the elements of self-similarity identified on the facades of residential buildings in Astrakhan merchants; 2 - algorithm for the Sierpinski or "napkin" Sierpinski - is a type of cult constructions, elongated vertically; 3 - spiral algorithm - widely used in non-living and living nature, the decor in the form of unwinding spirals embodied in the heads of the Church of the Fedorov mother of God icon; 4 - "sponge" Menger - prototype are rectangular prefabricated buildings and parallelepipeds of the interior. Architectural forms are more regular than natural and combine a small number of iterations.

**Keywords:** fractality; shaping; "napkin" Sierpinski; self-similarity; architectural forms; algorithm; protractile; fractal model; repeat; "sponge" of Menger.

## Введение

Геометрия как один из самых влиятельных элементов играет эффективную роль в различных структурных, пространственных и декоративных (орнаментальных) системах архитектуры. Поскольку основные черты такой геометрии ясно видны и доступны для оценки во всем диапазоне архитектуры, то в этом отношении существуют атрибуты сходства, повторения и изменения масштаба, как в городской планировке, так и в самой архитектуре зданий. Такие особенности являются основными характеристиками фрактальной геометрии. Следовательно, предположение о существовании фрактальных особенностей в архитектуре является вероятной и реализуемой проблемой, и она заслуживает исследования и анализа.

Астрахань является историческим городом, основанным в 1558 г. после присоединения Астраханского ханства к Русскому государству. Наиболее ценные постройки (выполненные в XVI и XIX веках) с точки зрения истории и архитектуры находятся в Кремле и в Белом городе [1]. В нашем городе насчитываются десятки памятников архитектуры, по которым можно изучить геометрические фрактальные модели.

Целью данной статьи является попытка реализовать предпосылку существования фрактальной геометрии в архитектуре зданий города Астрахани.

### Методологическая часть

Фрактальный подход успешно и плодотворно применяется в разных отраслях науки, в частности, рассмотрение фрактальности сознания подразумевает исследование его структурного самоподобия на всех уровнях. [2]. Фракталы, представляющие множества, обладающие свойством самоподобия, со временем стали популярным способом представления и изучения самых различных объектов и структур: от береговой линии до бронхов, от децентрализованной сети IP-адресов до образовательной системы [3].

По мнению историков, рождение фракталов восходит к 1960-м годам. Фрактал – это новая математическая концепция, описывающая сложности, присутствующие в природе, в простых терминах. С появлением теории фракталов в математике, была основана новая ветвь под названием фрактальная геометрия [4].

Мандельброт впервые случайно увидел примитивные рисунки Г. Жюлиа (французский математик), будучи студентом. Однако они не вызвали у него интереса. И только спустя полвека, в конце 70-х гг., Мандельброт обратился к «погребенным в песках забвения» работам Г. Жюлиа. Он вспомнил рисунки Жюлиа и понял, что видел грубые наброски сложных форм с фрактальной структурой. Придав визуальное представление его идеям, Мандельброт как бы оживил их [5].

Впоследствии, в 1975 г., Бенуа Мандельброт (B. Mandelbrot), изобрел термин «фрактал», от латинского прилагательного “fractus”. Соответствующий латинский глагол frangere означает «разрывать, прерывать»: создавать нерегулярные фрагменты [6]. Такая геометрия стала называться – фрактальная. Также можно сказать, что фрактальная геометрия способна описать существующие детали в их естественных формах.

Одна из важнейших характеристик фрактала – это масштабная вариативность [4]. Мандельброт считает, что для описания природы должна применяться геометрия, которая отражала бы грубую, некруглую и нелинейную вселенную, такую, как геометрия отверстий, морщин и изгибов. Другими словами, фракталы – это формы, которые, в отличие от евклидовой геометрии, никоим образом не являются правильными. Следует отметить, что во фрактальном узоре каждый компонент зависит от другого. Отношения между частями и целым, и наоборот, образует однородную и интегрированную организацию.

Фрактальные структуры имеют широкое распространение, как в естественной, так и в искусственной средах [7].

К концу XX в. появились книги Мандельброта о фрактальном формообразовании. Вследствие этого фрактальные прототипы в архитектуре стали использовать более осознанно.

### Результаты

Геометрия сыграла неоспоримую и фундаментальную роль в создании различных архитектурных памятников, в разнообразных и сложных структурах, и в пространственных узорах.

Приведем в пример графические фракталы, которые используются в качестве прототипов на архитектурных фасадах:

1. Применение повторяющихся в разном масштабе самоподобных форм, широко распространено в архитектуре. Произведения архитектуры включают в себя многие масштабы длины и элементы самоподобия: подобие частей и целого, подчиненность отдельных элементов целому. Архитектурные фрактальные структуры более упорядочены, чем природные. Фрактальность многих архитектурных форм лежит буквально на поверхности (как правило, на фасаде) [8]. Примеров являются фасады купеческих домов г. Астрахани. Дом купца М.А. Шелехова построенный в 1880 г. (табл., № 1) и дом купца А. И. Губина построенный в 1902 году (табл., № 2).

Дом купца М. А. Шелехова – двухэтажный особняк из камня, выполненный по проекту неизвестного архитектора, под ренессансную виллу. В фасаде здания ярко выражена асимметричная форма. В дальней части дома находится смотровая башня, которая имеет квадратный план. На здании присутствуют элементы самоподобия, среди них можно выделить арочные

окна на первом и втором этажах, арочный проем двери, и аркада на смотровой башне. Также геометрическими фракталами являются треугольный мезонин и фронтон над входной дверью.

Дом купца А. И. Губина – это трехэтажный дом с мансардой и подвалом, построенный из кирпича, по проекту К. К. Домантовича. Фасад симметричен. Здание выполнено в стиле эклектики (с чертами барокко). Элементы самоподобия на фасаде – это пологие арочные окна и орнамент на чугунных воротах, которые выполнены в стиле барокко. На воротах выполнен рисунок из букетов роз, листьев аканта, ленты и веревочный орнамент.

2. «Салфетка» Серпинского, построенная из квадратов может являться прообразом культовых сооружений, храмовых и крепостных башен, колоколен (табл., № 3). Бесконечные повторы какой-либо структуры в архитектуре невозможны, реальная архитектура обычно содержит немногие повторы, поэтому фрактальные модели, имитирующие архитектурные сооружения, – это протофракталы (фракталь-



ные структуры с немногими повторами). В архитектуре, редко встречаются точные повторы, обычно вариации тем и образов [9].

3. Расположение и размеры куполов многоглавых церквей, сводятся к простому алгоритму варианта «салфетки» Серпинского [8]. Геометрические фракталы церковного многоглавия могут быть рассмотрены на примере нескольких храмов Астрахани (табл., № 4).

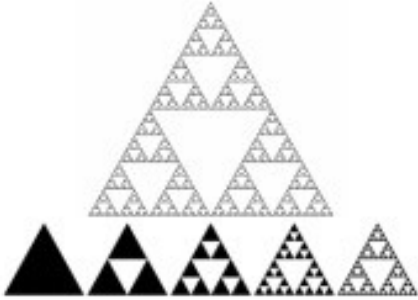

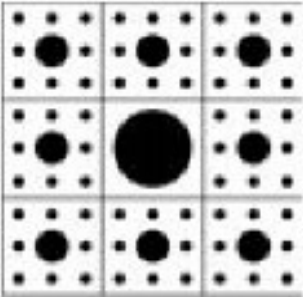

4. Спиральный фрактальный алгоритм встречается в живой природе (раковины моллюсков, завитки побегов растений), а также в архитектуре и дизайне. Спиральный декор в виде параллельных либо раскручивающихся и пересекающихся спиралей воплощен в главах храма Федоровской иконы Божьей матери (табл., № 5). Переплетенные и гармонично сочетающиеся друг с другом элементы предлагают новую концепцию пространственного проектирования. Достигается эффект тройных характеристик, включая сходство, тиражирование и изменение масштаба.

Таблица

**Примеры г. Астрахани**

| № п/п | Фотофиксация   | Наименование              |
|-------|--|---------------------------|
| 1.    |  | Дом купца М. А. Шелехова. |
| 2.    |  | Дом купца А. И. Губина.   |

Продолжение таблицы

| № п/п | Фотофиксация  | Наименование   |
|-------|---|--|
| 3.    |  <p data-bbox="435 584 448 600">а</p>  <p data-bbox="459 1122 472 1137">б</p>      | <p data-bbox="1074 658 1394 757">а – «Салфетка» Серпинского [10]; б – Соборная колокольня с Пречистинскими воротами Астраханского Кремля</p> |
| 4.    |  <p data-bbox="507 1451 520 1467">а</p>  <p data-bbox="472 2018 485 2033">б</p> | <p data-bbox="1074 1556 1358 1630">а – «салфетка» Серпинского; б – Иоанно-Предтеченский-монастырь</p>  |



Продолжение таблицы

| № п/п | Фотофиксация | Наименование  |
|-------|--------------|---|
| 5.    |              | <p>а – компьютерная модель фило-<br/>лотаксиса; б – логарифмиче-<br/>ская спираль; в – фило-<br/>лотаксис подсолнечника; г – Храм Федо-<br/>ровской иконы Божьей матери</p> |
| 6.    |              | <p>а – трехмерная модель «губки»<br/>Менгера [10]; б – панельные<br/>дома по ул. Зеленая г. Астра-<br/>хань</p>   |

5. «Губка» Менгера – простая трехмерная фрактальная модель. Прямоугольные окна самоподобны прямоугольному зданию, а параллелепипеды внутренних помещений – всему объему здания. Объем типового панельного дома выполнен не в точности по этому алгоритму, однако фрактальный узор может повторяться в разных масштабах. Традиционная архитектурная структура панельных домов раз-

вита и разрастается из различных объемов и множества ячеечных пространств, и ориентирована она на единство.

Фрактальное здание может быть построено из брусков-параллелепипедов (и включать пустоты-параллелепипеды), которые можно сдвигать, поворачивать, сжимать: допускается сжатие, повороты, преобразования исходной формы (табл. 1, № 6) [8]. Такие регулярные ли-

нии могут представлять собой сложные комбинации одинаковых элементов, которые создают фрактальное измерение в фасаде здания. Среди основных характеристик фрактальной геометрии сходство и изменение масштаба приводят к распространению интегрированного набора различных ячеек в единое целое, которые рассматриваются как фрактальные узоры. Другими словами, такую совокупность можно назвать структурой.

#### Заключение

На основе исследований, проведенных в данной статье, можно сделать вывод, что фрактальная геометрия как фундаментальный вопрос привела к формированию разнообразных фрактальных узоров в архитектуре. По сути, фрактальные геометрические узоры выступали в качестве посредника, с помощью которых архитекторы могли создавать разнообразные и сложные структурные, пространственные и

орнаментальные узоры на основе основных геометрических правил.

Применение фрактального свойства в архитектуре привело к появлению новых необычных форм. Используя фрактальный принцип строения, архитекторы достигают высокого уровня постройки [11].

Основываясь на упомянутых описаниях, можно установить предположение, что основа для формирования многих архитектурных памятников Астрахани, имела фрактальный корень, и сохранившиеся здания указывают на это. Создание фрактального узора и его продолжение имеет сложную структуру. Для разных типов архитектурных сооружений, возможно, найти фрактальный прототип, двумерный или трехмерный, и выявить его фрактальный алгоритм. Такие модельные фракталы, как «салфетка» Серпинского, «губка» Менгера, могут послужить моделями для создания новых архитектурных сооружений.

#### Список литературы

- Музафарова С.А. Необходимость реставрации памятников архитектуры в Астрахани. // Диверсификация российских архитектурных школ в условиях внедрения государственных образовательных стандартов третьего поколения. Воронеж 2010. 236 с.
- Паршикова Г.В. Фрактальный подход к феномену сознания. // Философия и культура. - 2015. - № 4. - С. 505-512. DOI: 10.7256/1999-2793.2015.4.14642.
- Хандогин Р. В. Фрактальность как свойство, способ и сущностная характеристика самоорганизации. Режим доступа URL: <http://publishing-vak.ru/file/archive-philosophy-2019-2/24-khandogin>.
- Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Ин-т компьютерных исслед., 2002. 856 с.
- Турбина М.И. Эти вездесущие фракталы. // Наука и техника в Якутии. - 2008. - № 1(14).
- Тарасенко В.В. Концепция фрактала: становление языка междисциплинарного диалога // Философские исследования, 2000. - № 1. - С. 72–111.
- Бабич В. Н. Кремлев А. Г. О фрактальных моделях в архитектуре. Режим доступа URL: <https://elima.ru/articles/?id=162>.
- Исаева В.В., Касьянов Н.В. Фрактальность природных и архитектурных форм Вестник ДВО РАН. 2006. № 5.
- Грубе Г.-Ф., Кучмар А. Путеводитель по архитектурным формам. М.: Стройиздат, 1995. 216 с.
- С.Б. Поморов, А.А. Филиппов. Фракталы и их участие в архитектурном проектировании. // ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК. - 2014. - № 1.
- Крузман Ю. Фракталы в архитектуре. Режим доступа URL: <http://berlogos.com/article/fraktaly-v-architecture>.
- Волошинов А.В. Об эстетике фракталов и фрактальности искусства // Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. М.: Прогресс-Традиция, 2002. С. 213–246.
- Смолина Н.И. Традиции симметрии в архитектуре. М.: Стройиздат, 1990. 344 с.
- Фракталы в современной архитектуре и строительстве. Режим доступа URL: <http://spi-project/ru/blog/219-fraktaly-v-sovremennoj-architecture.html>.
- The Structural and Spatial Analysing of Fractal Geometry in Organizing of Iranian Traditional Architecture. Режим доступа URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815062540>.

© С. А. Раздрогоина

#### Ссылка для цитирования:

Раздрогоина С. А. Геометрические фракталы в архитектуре г. Астрахани // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 35–40.