АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЭКЗОБАЗЫ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

ANALYSIS OF CONSTRUCTIVE SOLUTIONS EKSIBISI FRACTAL STRUCTURE

УДК 624.04

Кравченко Г.М., кандидат технических наук, доцент доцент кафедры «Техническая механика» Донской государственный технический университет Россия, г. Ростов-на-Дону

Пуданова Л.И., Аспирант 2 курс, факультет «Промышленное и гражданское строительство» Донской государственный технический университет Россия, г. Ростов-на-Дону

Kravchenko G. M., galina.907@mail.ru;

Podunova L. I., lpudanova@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается многовариантное проектирование объемной фрактальной структуры. Проведен анализ трех вариантов конструктивных решений экзобазы структуры. На основе численного эксперимента по исследованию напряженно-деформированного состояния объекта установлены рациональные решения для обеспечения устойчивости каркаса здания. Использование в процессе проектирования парадигмы фрактального формообразования позволяет реализовать уникальные архитектурные объекты.

Abstract

The multivariant design of a volume fractal structure is discussing in the article. Three variants of structural solutions of the exobase of the structure are analyzed. Numerical experiment of the stress-strain state of the object is a base to establish the

rational solutions to ensure the stability of the building frame. Fractal shaping paradigm is used in the design process to implement unique architectural objects.

Ключевые слова: фрактал, конструктивные решения, уникальные здания, фрактальная архитектура, фрактальная структура

Keywords: fractal, construction solutions, unique buildings, fractal architecture, fractal structure.

Фрактальная геометрия развивается, преобразуется и распространяется в различных научных областях с применением цифровых технологий. Внедрение парадигмы фрактального формообразования в строительную сферу может значительно расширить возможности конструирования зданий и сооружений [1,2].

Использование фрактальной парадигмы при проектировании зданий и сооружений позволяет установить взаимосвязь между формой объекта и окружающей средой. В качестве каркаса уникального здания возможно применение объемных фрактальных структур Мандельброта, которые развиваются в пространстве в пределах математических алгоритмов [3,4].

Объекты фрактальной архитектуры реализуются на основании аналитического проектирования, которое позволяет создавать уникальные новые структуры, отличающиеся легким весом и надежностью. При моделировании объемных фракталов предполагается использование инновационных материалов и технологий строительного производства.

Целью исследования является анализ конструктивных решений экзобазы фрактальной структуры. Для решения задачи рационального проектирования применяется варьирование геометрической схемы объекта фрактальной архитектуры.

Моделирование объемной фрактальной структуры выполнено с применением специально разработанной авторами программы «Конечно-элементное моделирование структуры фрактала» [5]. Для анализа напряженно-

деформированного состояния объекта применяется метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе SCAD [6].

При разработке конечно-элементной модели фрактальной структуры физико-механические характеристики материала несущих конструкций аналогичны титановым сплавам.

В расчетной схеме учтены постоянные и кратковременные нагрузки. Для моделирования снеговой нагрузки используются возможности программы «Конечно-элементное моделирование структуры фрактала» для загружения поверхности сложной геометрии. В соответствии со строительными нормами проектирования снеговая нагрузка принимается полной на поверхностях, лежащих под углом до 30° к горизонту. Для поверхностей, находящихся в диапазоне от 30° до 60°, нагрузка линейно убывает до нуля.

В процессе исследования рассмотрено три варианта конструктивных решений экзобазы объекта фрактальной архитектуры:

1. Закрепление внешней структуры по нижнему контуру экзобазы структуры.
2. Закрепление внешней структуры на одном уровне в верхней части экзобазы.
3. Закрепление внешней структуры на одном уровне в нижней части структуры с добавлением опорных устройств над экзобазой фрактала.

Расчетная и деформированная схемы первого варианта исследуемой внешней фрактальной структуры представлены на рис.1.

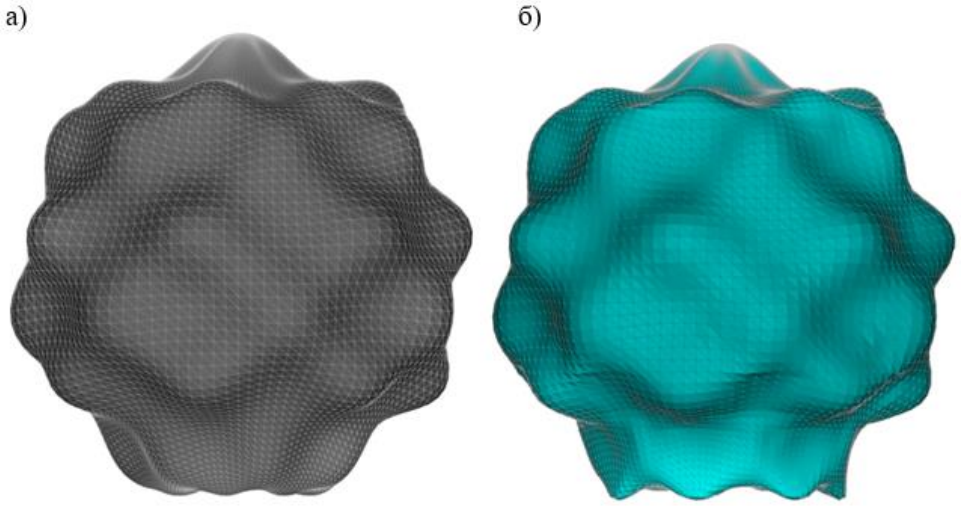


Рис. 1. Первый вариант моделирования фрактальной структуры:
а) расчетная схема; б) деформированная схема

При проведении численного эксперимента установлено, что максимальные перемещения в первом варианте конструирования развиваются в нижней части экзобазы, являются значительными и превышают нормативные значения.

При анализе результатов расчетов второго варианта конструирования выявлено, что за счет более рационального расположения связей значения перемещений уменьшаются в среднем на 45%, а максимальные значения усилий, возникающих в элементах экзоструктуры, снижаются на 18,9% по сравнению с первой моделью.

За счет реализации дополнительных опор в третьем варианте конструирования экзобазы конструктивная схема становится более жесткой, схема деформирования кардинально отличается от предыдущих решений: максимальные значения перемещений уменьшаются на 83,8%, усилий – на 85,5%. При этом происходит перераспределение изолиний перемещений: в экзобазе наблюдается снижение перемещений, максимальные перемещения образуются в верхней части структуры.

Изополя перемещений для трех вариантов конструирования экзобазы представлены на рис.2.

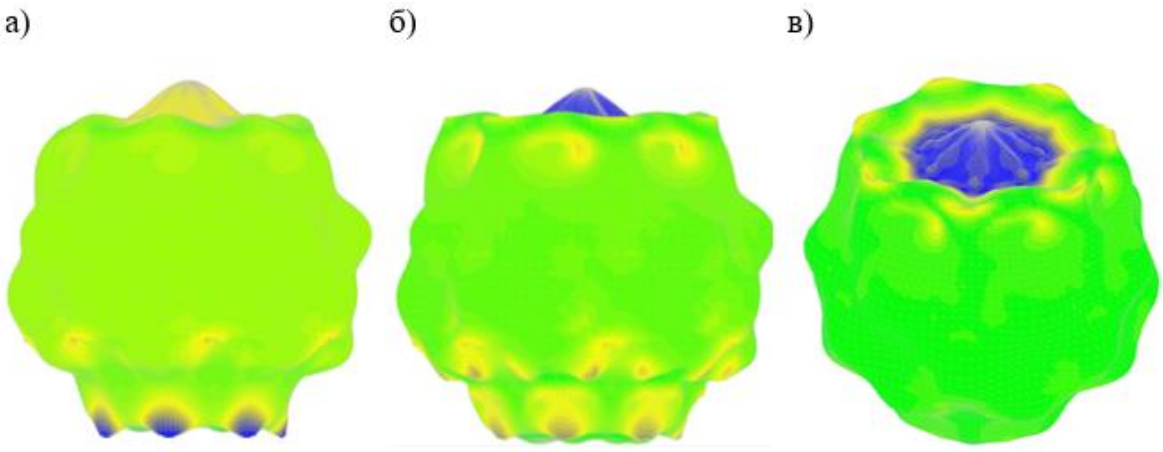


Рис. 2. Изополя перемещений: а) 1 вариант; б) 2 вариант; в) 3 вариант

С точки зрения возможных перемещений всей структуры рациональным вариантом является третий вариант конструирования экзобазы. Анализируя напряженно-деформированное состояние элементов структуры следует отметить уменьшение сжимающих и растягивающих усилий во втором варианте моделирования.

При использовании основ фрактальной парадигмы в процессе проектирования зданий и сооружений необходимо анализировать различные варианты конструктивных решений экзобазы, которые влияют на напряженно-деформированное состояние всего объекта. На основе полученных результатов предполагается использовать дополнительные внешние опоры для усиления экзобазы и всей фрактальной структуры. Следовательно, опорные закрепления в структуре следует добавить не над экзобазой, а в нижней части каркаса для сохранения устойчивой формы фрактала.

В результате проведенного исследования установлено, что анализ напряженно-деформированного состояния объекта позволяет получить прочный и надежный каркас здания. В дальнейшем необходимо исследовать совместную работу объемной фрактальной структуры с грунтовым основанием.

При этом принятие фрактальной структуры как основы для создания конструктивных элементов здания позволяет реализовать уникальные архитектурные решения. Для внедрения идей фрактальной парадигмы в

строительную сферу требуется разработка инновационных материалов для создания уникальных легких и прочных конструкций с применением робототехники. Реализация предложенного авторами метода проектирования объектов фрактальной архитектуры даст значительный импульс к созданию инновационных материалов и технологий строительства.

Использованные источники:

1. Кравченко Г.М., Васильев С.Э., Пуданова Л.И., Парадигма фрактальных структур// Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4450
2. Kravchenko G.M., Pudanova L. I. 2018 The fractal Mandelbrot set and the shaping of the 3D fractal (Inženernyj vestnik Dona (Eng)) 4.
3. Mandelbrot, B.B. *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco: 1982. 462 p.
4. H.-O. Peitgen, P. H. Richter. *The beauty of fractals*. Springer-Verlag: Heidelberg, 1986. 184 p.
5. Конечно-элементное моделирование структуры фрактала: свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ / Кравченко Г.М., Васильев С.Э., Пуданова Л.И. — № 2017664255; дата регистрации 19.12.2017 г.
6. Карпиловский В.С. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD. М.:Издательство АВС, 2007. 590 с.

Sources used:

1. Kravchenko G. M., Vasiliev S. E., Pudanova L. I., Paradigm of fractal structures// Engineering Bulletin of the don, 2017, no. 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4450
2. Kravchenko G. M., Pudanova L. I. 2018 The fractal Mandelbrot set and the shaping of the 3D fractal (Inženernyj vestnik Dona (Eng)) 4.
3. Mandelbrot, B. V. The Fractal Geometry of Nature. San Francisco: 1982. 462 p.
4. H.-O. Peitgen, P. H. Richter. The beauty of fractals. Springer-Verlag:

Heidelberg, 1986. 184 p.

5. Finite element modeling of the fractal structure: certificate of state registration of computer programs / Kravchenko G. M., Vasiliev S. E., Pudanova L. I.-no. 2017664255; registration date 19.12.2017
6. Karpilovsky V. S. SCAD Office. Computer complex SCAD. Moscow: ABC Publishing house, 2007. 590 p.