



Дрингель Ангелина Александровна, Магистрант,
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения

Федченко Владимир Григорьевич,
Доцент, канд. техн. наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация: Статья посвящена проведению прочностных испытаний композиционных материалов с использованием метода конечных элементов. Метод конечных элементов (МКЭ) является эффективным численным подходом, позволяющим моделировать и анализировать механическое поведение композиционных материалов, включая напряжения, деформации и прочность. В статье рассматривается процесс проведения прочностных испытаний с применением МКЭ, начиная от создания виртуальной модели материала и разбиения ее на конечные элементы, до задания граничных условий и численного решения. Преимущества использования МКЭ включают точность результатов, возможность моделирования сложных геометрий, а также экономию времени и ресурсов по сравнению с физическими испытаниями.

Ключевые слова: прочностные испытания, композиционные материалы, метод конечных элементов, моделирование, численный анализ, механическое поведение, напряжения, деформации, оптимизация, виртуальные испытания, надежность, точность, математическое моделирование.



Прочностные испытания композиционных материалов являются неотъемлемой частью процесса их разработки и применения в различных отраслях промышленности. Одним из наиболее эффективных методов, используемых для проведения таких испытаний, является метод конечных элементов (МКЭ). Этот численный метод позволяет моделировать сложные структуры и анализировать их механическое поведение, включая напряжения, деформации, прочность и устойчивость к разрушению.

Процесс проведения прочностных испытаний композиционных материалов при помощи метода конечных элементов начинается с создания виртуальной модели материала или конструкции. В этой модели определяются геометрические параметры объекта и его материальные свойства, такие как модуль Юнга, коэффициенты Пуассона, прочность и другие характеристики материала.

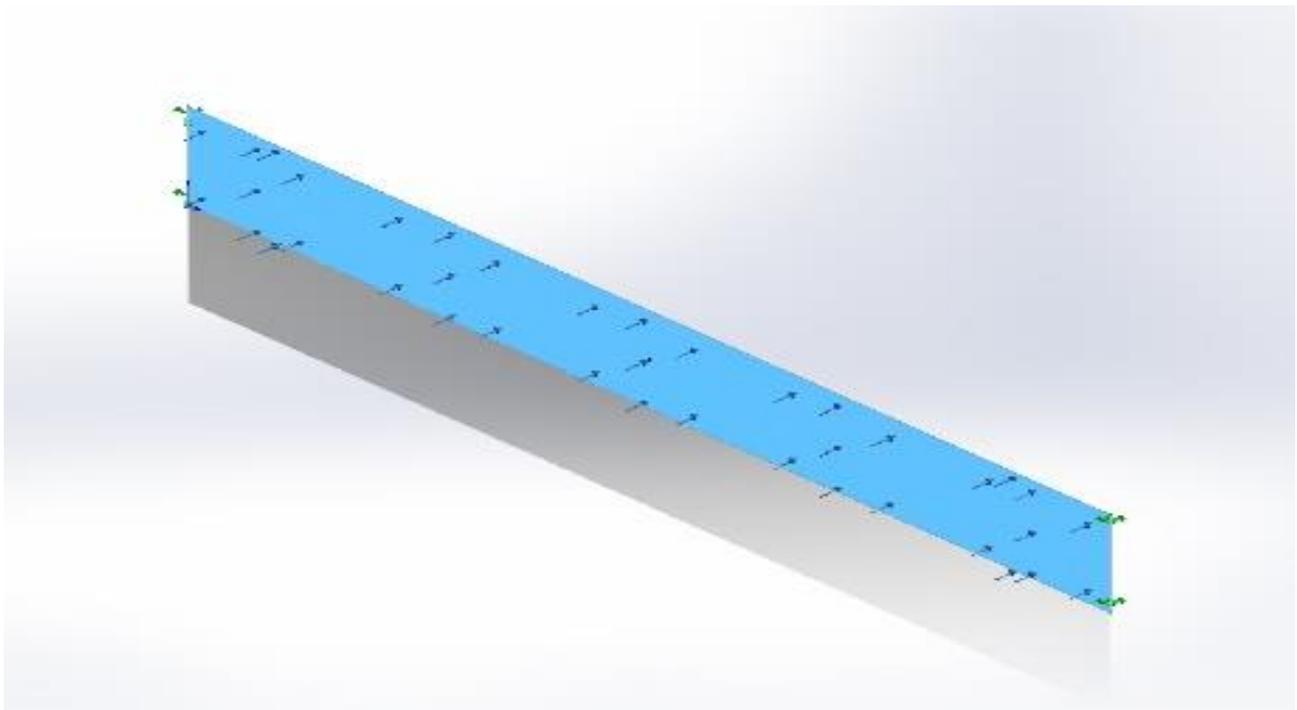


Рисунок 1 – Геометрическая модель композиционного материала

Затем виртуальная модель разбивается на множество малых элементов, называемых конечными элементами. Каждый элемент имеет определенные математические характеристики, такие как форма, размеры и материальные



свойства, которые используются для аппроксимации поведения реального материала. Чем более мелкими являются элементы, тем точнее будет модель и результаты анализа.

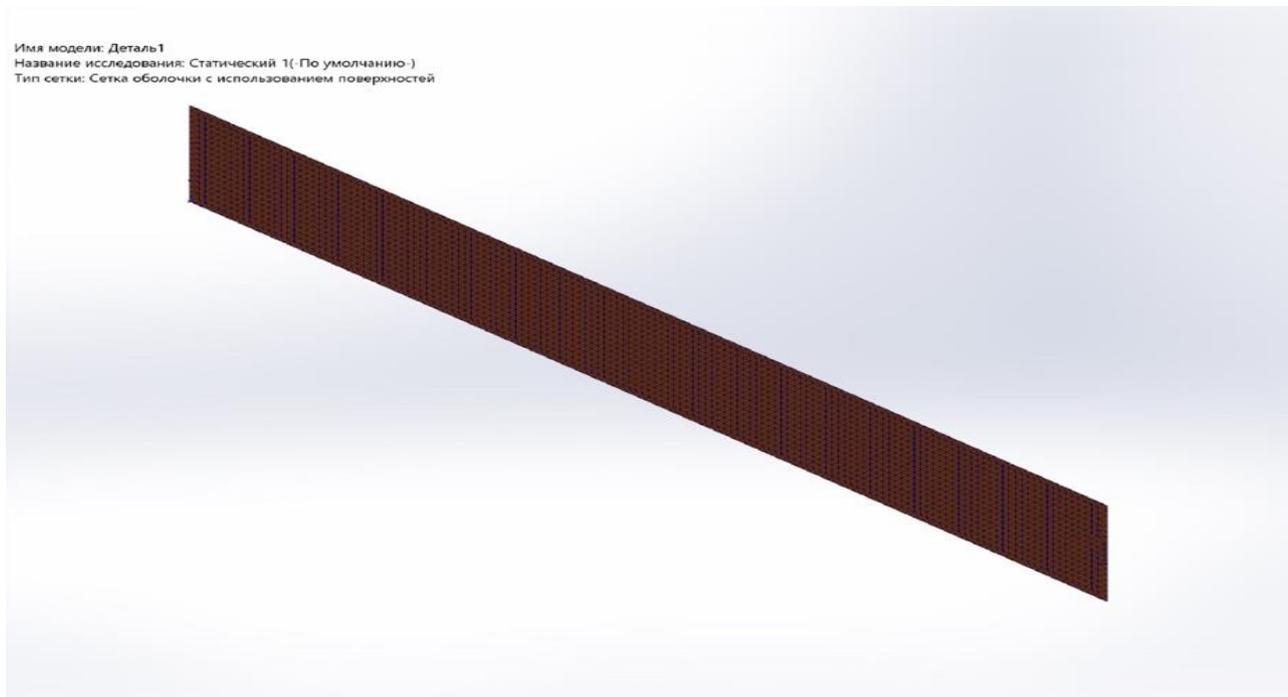


Рисунок 2 – Модель разбитая на конечные элементы при помощи создания сетки

После разбиения модели и определения конечных элементов следует этап задания граничных условий. Граничные условия определяются в зависимости от условий эксплуатации и требований к испытаниям. Они включают приложенные нагрузки, закрепления, температурные воздействия и другие факторы, которые могут влиять на поведение материала.

После завершения этапа разбиения и задания граничных условий, проводится численное решение, основанное на математических принципах. Метод конечных элементов решает уравнения механики деформируемого тела и предсказывает поведение композиционного материала под действием заданных условий. Результаты анализа включают в себя распределение напряжений, деформаций, перемещений и других характеристик, которые позволяют оценить прочностные свойства материала.

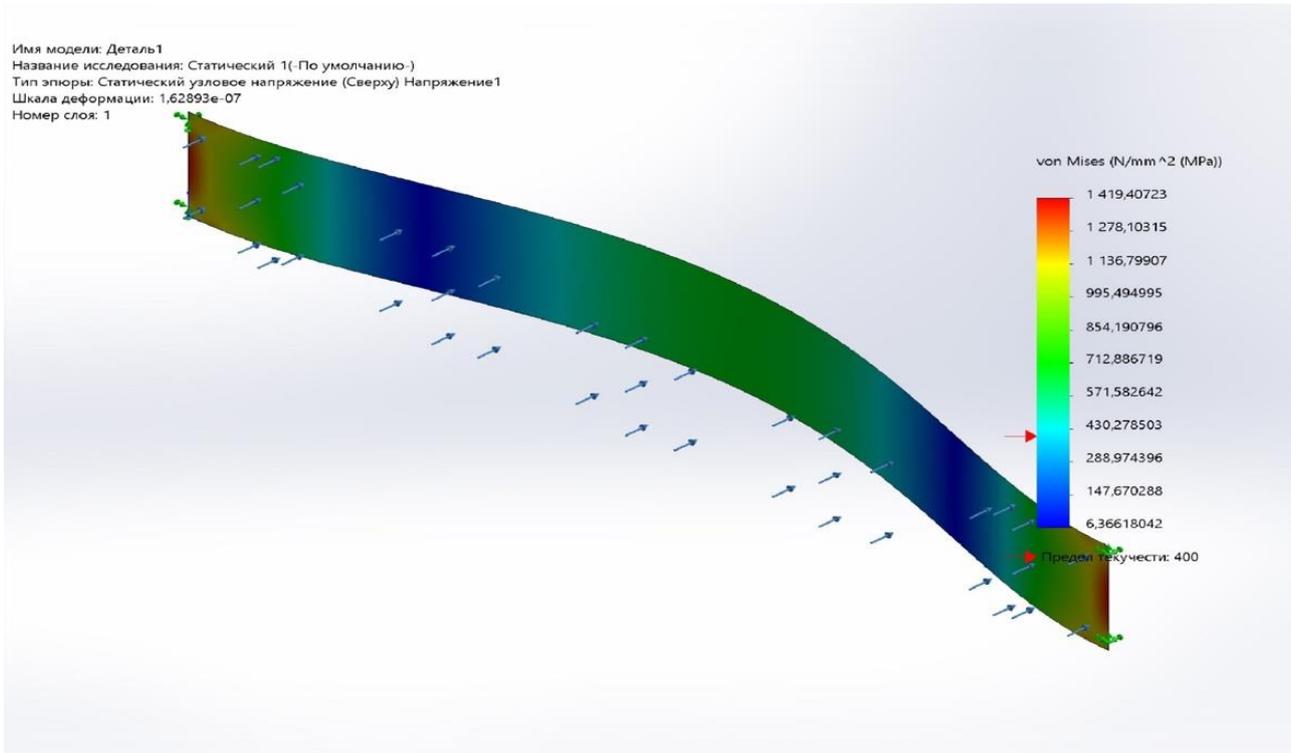


Рисунок 3 – Нагруженная модель для проверки на деформации

Преимущества использования метода конечных элементов для прочностного анализа композиционных материалов очевидны. Во-первых, данный метод обеспечивает высокую точность результатов, поскольку учитывает сложные геометрии и материальные неоднородности. Во-вторых, МКЭ позволяет моделировать различные условия эксплуатации и проводить виртуальные испытания, что позволяет оптимизировать конструкцию и улучшить производительность материала.

Более того, использование МКЭ экономит время и ресурсы, которые обычно требуются для проведения физических испытаний. Вместо изготовления и испытания реальных образцов, инженеры и проектировщики могут быстро и эффективно провести виртуальное моделирование и получить результаты анализа.

В заключение, метод конечных элементов предоставляет мощный инструмент для прочностного анализа композиционных материалов. Его использование позволяет разработчикам и инженерам получить детальное



представление о поведении материала в различных условиях эксплуатации. Это способствует разработке более надежных и эффективных композиционных материалов, а также оптимизации процессов и улучшению промышленных приложений.

Список литературы:

1. Reddy, J. N. An Introduction to the Finite Element Method. McGraw-Hill Education, 2004. (856 pages)
2. Gibson, R. F. Principles of Composite Material Mechanics. CRC Press, 2012. (720 pages)
3. Bathe, K. J. Finite Element Procedures. Prentice Hall, 2006. (1032 pages)
4. Belytschko, T., Liu, W. K., Moran, B., & Elkhodary, K. Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures. John Wiley & Sons, 2013. (832 pages)
5. Sendekyj, G. P. Mechanics of Composite Structures. Cambridge University Press, 2014. (400 pages)
6. Oñate, E. Structural Analysis with the Finite Element Method: Linear Statics. Springer, 2014. (622 pages)
7. Reddy, J. N. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis. CRC Press, 2018. (730 pages)
8. Zienkiewicz, O. C., & Taylor, R. L. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. Butterworth-Heinemann, 2005. (768 pages)
9. Bergan, P. G. Composite Structures: Safety Management. CRC Press, 2017. (508 pages)
10. Fish, J., & Belytschko, T. A First Course in Finite Elements. John Wiley & Sons, 2007. (352 pages)