

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ, УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ.

Мухаммадиев Бахтияр Сапарович

*Старший преподаватель Джизакского Политехнического института (тел:
+998 93 302 11 32, e-mail: muhammadievbaxtiyr@gmail.com)*

Аннотация: *в статье рассмотрены моделирование напряжённо-деформированного состояния конструкции и влияние деформации при различных нагрузках, а также технические характеристики первичных устройств и переключателей, датчиков предназначенных для преобразования измеренного значения в другое значение, поддающееся непосредственному измерению или в использовании.*

Ключевые слова: *деформация, механическое напряжение, материал, напряжение, предел прочности, сигнал, датчик, процесс, материал, напряжение, метод конечных элементов (МКЭ), метод конечных разностей (МКР), программа ANSYS.*

Обеспечение прочности и надежности сложных технических изделий является актуальной проблемой современного машиностроения, вклад в которую вносит комплекс факторов, связанных с конструкционными материалами, геометрическими параметрами конструкций и технологиями изготовления.

Конструкционная прочность деталей машин определяется, в первую очередь, предельными характеристиками материала, которые зависят от его структуры. Существенной особенностью структуры металлических материалов является неоднородность на всех размерных уровнях от макро- до наноскопических. В контексте рассматриваемой проблемы консолидированного анализа материалов, конструкций и технологий представляет интерес неоднородная структура, формирующаяся при кристаллизации сплава в зависимости от направления теплоотвода. Важными элементами такой структуры, обуславливающими прочность поликристалла, являются кристаллиты и их границы с учетом ликвации компонентов сплава, а также микропоры. Вместе с тем, в сложившейся практике проектирования расчет





конструкционной прочности ведется с позиций механики сплошных сред без учета технологической дефектности металлического материала и неравномерного распределения свойств в макрообъеме.

При выполнении инженерных расчетов, связанных с анализом прочности конструкций, на практике используют как аналитические, так и численные методы. Применение аналитических методов требует высокого уровня математической подготовки инженера. Кроме того, как правило, аналитические расчеты позволяют получить решение задач для тел, имеющих достаточно простую геометрическую форму и схему нагружения. В то же время применение численных методов, к которым относятся методы конечных разностей, конечных элементов, граничных элементов и др., не ограничено ни сложностью геометрии тела, ни способами приложения нагрузок.

Наибольшее распространение при анализе напряжений и деформаций в инженерных конструкциях получил метод конечных элементов (МКЭ), а также конечных разностей (МКР). Распространенной системой, которая использует метод конечных элементов, является программа ANSYS.

Программа ANSYS - это гибкое, надежное средство проектирования и анализа. Особенностью ANSYS является чрезвычайно широкий спектр задач, которые он в состоянии решать. Сюда входят задачи: расчетов на прочность (как линейные, так и нелинейные), теплообмена, гидродинамики, смешанные и даже акустики. Решения ANSYS охватывают различные сегменты инженерной отрасли: от тяжёлого машиностроения, оборонной промышленности и аэрокосмической техники до микроэлектроники.

Функции программы ANSYS позволяет решать задачи из различных областей физики, например:

- механика деформируемого твёрдого тела и механики конструкций;
- механика жидкости и газа;
- теплопередача и теплообмен;
- электродинамика, акустика;
- механика связанных полей.

Особенности программы интерактивный режим работы, возможность проверять геометрию модели, заданные свойства материала и граничные условия перед началом счёта, параметрическое моделирование, адаптивное перестроение сетки, возможности создания макрокоманд с помощью языка параметрического программирования (APDL).



Метод конечных элементов (МКЭ) - основной метод современной вычислительной механики, лежащий в основе подавляющего большинства современных программных комплексов, предназначенных для выполнения расчетов инженерных конструкций на ЭВМ. МКЭ используется для решения разнообразных задач как в области прочностных расчетов, так и во многих других сферах: гидродинамике, электромагнетизме, теплопроводности и др.

В МКЭ исследуемая конструкция мысленно разбивается на отдельные части - конечные элементы, соединяющиеся между собой в узлах. Совокупность соединенных между собой и прикрепленных к основанию конечных элементов образует расчетную схему, называемую конечно-элементной схемой или конечно-элементной моделью.

Каждый отдельно конечный элемент должен быть достаточно простым, чтобы имелась возможность легко определить перемещения и напряжения в любой его части по заданным перемещениям узлов. Связь между перемещениями узлов элемента и силами, действующими на них, задается при помощи матрицы жесткости элемента. Количество перемещений узлов элемента, которые однозначно определяют положение данного элемента, называют числом степеней свободы элемента.

Для этого требуется решить систему линейных алгебраических уравнений вида

$$\bar{U} = F_M^{-1} + F_0^{-1}$$

Здесь F_M^{-1} - вектор внешних сил, F_0^{-1} - узловой вектор начальных сил, который имеет место, например, при учете начальных температурных напряжений. Матрица K называется матрицей жесткости.

Порядок этой системы равен глобальному числу степеней свободы системы. По вычисленным таким образом перемещениям определяются напряжения и деформации. Физический смысл векторов U и F определяются областью применения МКЭ в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1.

Физический смысл векторов \bar{U} и F^{-1} в различных конечно-элементных приложениях

Область применения	\bar{U}	F^{-1}
Механика деформируемого твердого тела	Перемещение	Сила
Теплоперенос	Теплопроводность	Тепловой поток



Гидромеханика	Скорость	Поток
Электростатика	Электрический потенциал	Плотность заряда
Магнитостатика	Магнитный потенциал	Интенсивность магнитного поля

Основные этапы решения задач с применением МКЭ могут быть представлены в виде схемы (рисунок 1.).

Первая стадия - геометрическое моделирование включает создание геометрии модели конструкции, пригодной для МКЭ, с учетом всех параметров, которые могут оказать существенное влияние на результаты расчетов. На этой стадии помимо ввода геометрических параметров конструкции задаются физические свойства материалов, из которых она изготовлена.

На этапе создания сетки конечных элементов выясняется целесообразность использования различных видов конечных элементов (оболочечных, балочных, пластин, объемных и т. д.) в рассматриваемой модели. На этой стадии выполняются мероприятия по созданию максимально возможного количества областей с регулярной сеткой конечных элементов. В местах, где предполагаются большие градиенты напряжений, необходима более мелкая сетка.

На стадии моделирования граничных условий учитывают, как действие активных сил, так и наложенных на систему связей. Приложение силовых факторов должно учитывать особенности реальной работы конструкции при рассматриваемых режимах эксплуатации. Количество связей должно быть достаточным, чтобы обеспечить построение кинематически неизменяемой модели. Численное решение системы уравнений равновесия выполняется, как правило, автоматически с использованием ЭВМ.

На пятом этапе проводят анализ полученных результатов путем получения полей законов распределения напряжений и деформаций, а также построения необходимых графических зависимостей либо табличных форм вывода результатов.





Рисунок 1. - Основные этапы решения задачи с применением МКЭ

Полученные результаты являются научной основой для дальнейшей разработки прикладных аспектов формирования баз данных материалов в программных комплексах компьютерного инженерного анализа и целенаправленного конструирования новых материалов с использованием методологии консолидированного анализа проектируемых изделий и технологий в контексте цифрового машиностроения.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. О.М.Огородникова, Консолидированный компьютерный анализ процессов получения и эксплуатации металлических материалов в машиностроении – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2015.- 332 с.

2. Мухаммадиев Б. С. НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЕРИАЛОВ (УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ) КОНСТРУКЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ //Экономика и социум. – 2025. – №. 2-2 (129). – С. 363-367.

3. Saparovich M. B., Akbarovna K. M. O'LCHASH ISHLARIDA INTELLEKTUAL DATCHIKLARDAN FOYDALANISHNING AFZALLIKLARI //THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY. – 2024. – Т. 3. – №. 28. – С. 48-55.

4. Мухаммадиев Б. С. ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ //International Journal of





Education, Social Science & Humanities. – 2024. – Т. 12. – №. 11. – С. 500-508.

5. Мухаммадиев Б. С., Мухаммадиева М. Б. ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВАХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА //Экономика и социум. – 2024. – №. 5-1 (120). – С. 1443-1446.

6. Мухаммадиев Б. С. НЕЛИНЕЙНОСТЬ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ //Экономика и социум. – 2024. – №. 2-1 (117). – С. 1203-1210.

7. Saparovich M. B. APPLICATION OF A TRANSFORMER CONVERTER WITH A DISCRETE OUTPUT IN AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM //Academic Research Journal. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 150155.

8. Мухаммадиев Б. С. ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАКЛАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ С ДИСКРЕТНЫМ ВЫХОДОМ //Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 6. – С. 154-162.

9. Мухаммадиев Б. С. ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ //OLIY VA O 'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI. – С. 684.

10. Мухаммадиев Б. С., Эшонкулова М. Н. Определение оптимальных соотношений параметров преобразователя механических напряжений с дискретным выходом //Экономика и социум. – 2021. – №. 11-2 (90). – С. 207-211.

