- собственники имущества;
- лица, уполномоченные владеть, пользоваться или распоряжаться имуществом, в том числе руководители организаций;
- лица, назначенные ответственными за обеспечение пожарной безопасности;
- должностные лица в пределах их компетенции.

Вышеуказанные лица за нарушение требований пожарной безопасности, а также за иные правонарушения в области пожарной безопасности, могут быть привлечены к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности в соответствии с действующим законодательством.

Необходимо отметить, что непрерывное развитие инновационных технологий требует постоянного внимания к проблеме пожарной безопасности, регулярному обновлению средств противопожарной защиты с учетом новых угроз и возможностей.

***

1. www.mchs.gov.ru.
2. Федеральный закон от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности».
3. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 №390 «О противопожарном режиме».
5. СП 118.13330.2012. «Системы противопожарной защиты. Общественные здания и сооружения».

Ефанов С.А.

Сингулярность при решении задач методом конечных элементов

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва"
(Россия, Саранск)

doi: 10.18411/lj-10-2019-07

idsp: ljjournal-10-2019-07

Аннотация

В статье описывается распознавание и методы разрешения сингулярности при решении задач методом конечных элементов.

Ключевые слова: сингулярность, конечноэлементный анализ, напряженно-деформированное состояние, SOLIDWORKS Simulation.

Abstract

The article describes recognition and methods for resolving singularities in solving problems by the finite element method.

Keywords: singularity, the finite element analysis, the stress deformed state, SOLIDWORKS Simulation.

При решении задач методом конечных элементов считается, что в местах сгущения сетки результаты будут точнее. Но это не всегда так. При решении некоторых задач можно наблюдать эффект сингулярности [1,2,3].

Сингулярность в математике это точка, в которой математическая функция стремится к бесконечности или имеет какие либо иные не регулярности поведения.

Рассмотрим часть переднего подвеса электромобиля состоящей из поворотного кулака, верхнего и нижнего пальцев шаровых и проставки кулака. 3D модель узла была построена в программном комплексе SolidWorks и представлена на рисунке 1.

Важнейшим элементом при создании расчетной модели являются граничные условия. Современные CAE системы позволяют задавать различные виды граничных условий: граничные условия, связанные с контактным взаимодействием тел; граничные условия по перемещениям, т.е. связи; граничные условия по внешним воздействиям [4]. Для адекватного поведения рассматриваемой модели были заданы следующие комплекты контактов: один комплект называемый «Нет проникновения» между поворотным кулаком и проставкой кулака; еще два комплекта называемые «Связанные» между поворотным кулаком и верхним и нижним пальцами шаровых.

Рисунок 1. 3D модель рассматриваемого узла
1 палец шаровой верхний, 2 палец шаровой нижний, 3 поворотный кулак, 4 проставка кулака.

Следующим шагом были наложены ограничения: на центральное отверстие поворотного кулака и проставки кулака в радиальном направлении (рисунок 2а), на заднюю поверхность поворотного кулака перпендикулярно грани (рисунок 2б) и на боковую поверхность шпоночного паза (рисунок 2в).

а

б

в

Рисунок 2. Связи

Нагрузка на рассчитываемый узел передается через верхний и нижний пальцы шаровых.

Одна из важнейших процедур конечно элементного анализа это создание конечно элементной сетки или еще называемая мешингом [5,6,7,8]. Конечноэлементная модель представлена на рисунке 3.

Рисунок 3. Конечноэлементная модель

Полученные результаты представлены в виде карты напряжений по Мизису (Рисунок 4).

Рисунок 4. Эпюра напряжений по Мизису

Максимум напряжений возникает в месте пересечения кромок, а сингулярность проявляется на острых кромках или в местах пересечения острых кромок.

Чтобы понять верно, ли решена задача или мы наблюдаем, сингулярность произведем расчет с использованием h -адаптивного метода. На рисунке 5а представлены полученные результаты в виде карты напряжений по Мизису, а на рисунке 5б h -адаптивный график сходимости по максимальному напряжению.

а

б

Рисунок 5. Результаты адаптивного метода

Из графика сходимости становится понятно, что чем меньше элементы, тем больше напряжения то есть наблюдается эффект сингулярности.

При проявлении сингулярности в основном используют два варианта решения. Первый сводится к округлению острых кромок. Полученный результат представлен на рисунке ба.

Второй вариант – это игнорирование сингулярности. Так как полученная неточность носит локальный характер то напряжения нужно оценивать на удалении в 2-3 элемента. Полученные результаты представлены на рисунке бб.

а

б

Рисунок 6. Полученные результаты

Из полученных результатов можно сделать вывод, что оба метода разрешения сингулярности дали практически одинаковый результат. Разница составила 1,1МПа, что является допустимым. Соответственно оба метода можно использовать для разрешения сингулярности.

***

1. Rukavishnikov V.A., Rukavishnikova E.I. Weighted finite element method for the elasticity problems with singularity/Finite Element Method -Simulation, Numerical Analysis and Solution Techniques. Rijeka, Croatia: InTech, 2018. P. 295-311.
2. Рукавишников В.А. Оптимальный метод конечных элементов для задачи теории упругости с угловой сингулярностью / В сборнике: Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в машиностроении. Материалы V Дальневосточной конференции с международным участием. Ответственный редактор А.И. Евстигнеев. 2018. С. 105-106.
3. Frei W. Распознавание и разрешение сингулярностей в моделях при построении расчётной сетки / Walter Frei // Блог COMSOL электронный ресурс. 2013. <https://www.comsol.ru/blogs/how-identify-resolve-singularities-model-meshing/>
4. Чугунов М.В., Кечемайкин В.Н., Панин М.В., Полунина И.Н., Махров Г.А. Анализ статической прочности и жёсткости несущих элементов конструкции электромобиля BravoEgo // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». -2016. -Т. 8. -№ 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/134TVN316.pdf>
5. Ефанов С. А. Восстановление деталей полимерными композиционными материалами / Ефанов С.А., Котин А.В., Конаков А.В. // Сельский механизатор. 2015. № 4. С. 34-35.
6. Котин А.В. Компьютерное моделирование функционирования восстановленного соединения "подшипник -корпус" шпиндельного узла полимерными композиционными материалами / Котин А.В., Ефанов С.А. // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова. 2016.
7. Ефанов С.А. Обеспечение параметрической надежности ремонтно-технологического оборудования восстановлением шпиндельных узлов полимерными композиционными материалами: дис. ... канд. техн. Наук: 05.20.03 / Ефанов Сергей Александрович. – Саранск., 2015. – 131 с.
8. Котин А.В. Моделирование радиального нагружения восстановленного подшипникового соединения шпиндельного узла / Котин А.В., Ефанов С.А. // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы Межвузовский сборник научных трудов. Саранск, 2017. С. 461-465.

Жураковский В.Н.

**Определение направлений на источники сигналов с применением разложения
этих сигналов на составляющие**

*Московский государственный университет им. Н.Э.Баумана
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-10-2019-08

idsp: ljjournal-10-2019-08

Аннотация

В статье рассматривается метод оценивания направления на два источника с помощью антенной решетки, формирующей малое количество диаграмм направленности на приём (в предельном случае как минимум трёх). Этот метод предлагается в связи с тем, что большинство известных методов оценивания угловых координат используют сигналы со всех элементов фазированной решетки, в то время как в ряде систем нет возможности обрабатывать данные сигналы в блоке вторичной обработки.

Ключевые слова: пеленгация, фазированная антенная решетка, ограниченные ресурсы.