

```

        as: "Samples"
    }
  })
  Г) К предыдущему запросу В добавим фильтрацию. Выведем скважины с горизонтом
  меньше 260:
  # db.Wells.aggregate([
  { $match:
  { Horizon: { $lt: 260 } }
  },
  { $lookup: {
    from: "Diameters",
    localField: "Diameters_id",
    foreignField: "_id",
    as: "Diameters"
  }
  },
  { $lookup: {
    from: "Samples",
    localField: "Samples_id",
    foreignField: "_id",
    as: "Samples"
  }
  }
  ])

```

Таким образом, представленный вариант БД может быть эффективно использован в составе ПО предприятий горного производства.

Список использованных источников

1. 302г-Краткий обзор ПО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2003/fvti/petrovskaya/lib/review.htm>. – Дата доступа: 13.05.2022.
2. Реляционные базы данных: достоинства и недостатки. – GOSy VMKSS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/gosyvmkss12/bazy-dannyh/07-relicionnye-bazy-dannyh-dostoinstva-i-nedostatki>. – Дата доступа: 13.05.2022.
3. Руководство по MongoDB. Преимущества – PROSELYTE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://proselyte.net/tutorials/mongodb/advantages/>. – Дата доступа: 13.05.2022.

УДК 004.4'236

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВОКРУГ ЧЕЛОВЕКА С ПРИМЕНЕНИЕМ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Белицкая О.А., к.т.н., доц.

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина,
г. Москва, Российская Федерация*

Реферат. Статья посвящена практическому применению кроссплатформенного программного обеспечения для анализа методом конечных элементов COMSOL Multiphysics, которое является популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчётов. Пользовательский интерфейс и инструментарий позволяет моделировать распространение электростатических разрядов в воздухе вокруг заряженного человека по всей геометрии тела.

Ключевые слова: метод конечных элементов, COMSOL Multiphysics, электростатические разряды, электростатическое поле, моделирование.

С развитие современной вычислительной техники процесс проектирования и исследования различных конструкций был заметно облегчен с внедрением программ на

основе CAD-Computer-Aided Design и CAE-Computer-Aided Engineering. CAD-системы, предназначенные для автоматизации процесса проектирования, а CAE-системы, позволяют моделировать разнообразные физические процессы. Синергия данных программных пакетов очевидна.

Современные методы вычисления, реализованные в CAD позволяют проводить исследования технических характеристик проектируемых объектов без потребности обращаться к созданию экспериментальных образцов и дорогостоящей процедуре натуральных исследований.

Метод конечных элементов (МКЭ) – это численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики [1]. Ключевая идея данного метода в возможности рассмотрения цельной конструкции как множества отдельных конечных элементов. Изначально применялся в строительной механике, однако позже Б. Сабо, О. Зенкевич и др. продемонстрировали также и его возможность решения дифференциальных уравнений любой сложности, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики.

С помощью программы COMSOL Multiphysics инженеры и ученые моделируют конструкции, устройства и процессы во всех областях инженерных, производственных и научных исследований. С помощью платформы можно анализировать как отдельные, так и взаимосвязанные физические процессы [2]. Среда разработки моделей позволяет пройти все этапы – от построения геометрической модели, задания свойств материалов и описания физики задачи до решения и визуализации результатов моделирования.

По сравнению с проведением физических экспериментов и испытанием прототипов моделирование, совмещённое с эмпирическими техниками, позволяет быстрее, эффективнее и точнее оптимизировать процессы и устройства. Успешные инженерные расчеты, основанные на экспериментально подтвержденных моделях, могут заменить в известной степени и физические эксперименты, и прототипирование, и позволяют лучше понять разрабатываемую конструкцию или изучаемый процесс.

Рассматриваемая среда COMSOL Multiphysics помогает моделировать влияние ESD-разряда и предусмотреть решение следующих задач:

- ухудшение качества материалов в связи с электростатическим и электромагнитным излучением: предусмотреть это позволяет анализ распределения заряда – когда, где и как возникнет пробой с возникновением электрической дуги;
- прогноз накопления заряда на сложном техническом оборудовании в условиях невозможности проведения реального моделирования (на спутниках, космических платформах и т.д.)
- моделирование последствий электростатических разрядов в воздухе и твёрдых диэлектриках, для чего исторически требовалось множество сложных инструментов моделирования.

Для моделирования накопления электростатического заряда в среде COMSOL Multiphysics задаются следующие параметры: геометрия тела, толщина элементов одежды на теле и диэлектрическая проницаемость материалов, потенциал на теле человека и др. На рисунке 1 показано нарастание электростатического разряда на человеке, которое начинает развиваться с ног.

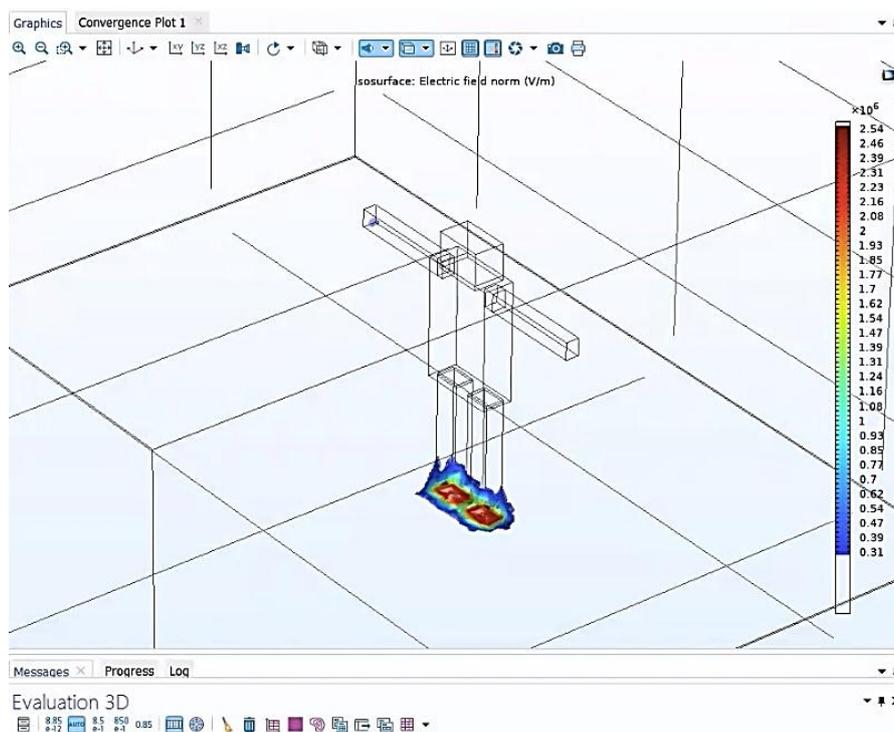


Рисунок 1 – Моделирование нарастания электростатического разряда на человеке в COMSOL Multiphysics

На рисунке 2 показано распределение электростатического разряда по всей поверхности тела человека: красные зоны показывают максимальный заряд – до $2,02 \cdot 10^6$ В/м; синие зоны – минимальный заряд – до $0,18 \cdot 10^6$ В/м.

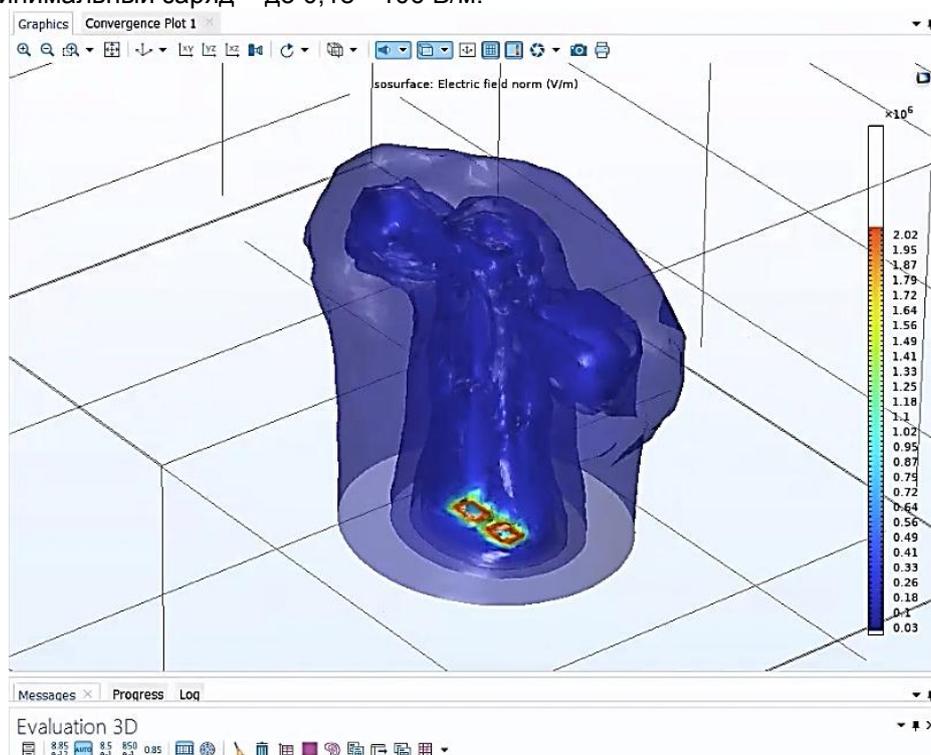


Рисунок 2 – Моделирование распределения электростатического разряда на человеке в COMSOL Multiphysics

Таким образом, инструментарий кроссплатформенного программного обеспечение COMSOL Multiphysics позволяет:

- точно спрогнозировать электростатический заряд объекта по всей геометрии тела;
- рассмотреть влияние электростатического разряда в воздухе или твердых телах;
- смоделировать сложные электрические дуги с помощью оптимизированных сеточных генераторов и налаженных рабочих процессов;
- подготовить для расчета геометрических САД-моделей, построение сеточных моделей, анализ и визуализация всех эффектов зарядки и разрядки в одном оптимизированном рабочем процессе.

Список использованных источников

1. Белицкая, О. А., Хамов, И. В. Практическое применение программного комплекса ANSYS для моделирования электростатических полей вокруг человека // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы* / О. А. Белицкая, И. В. Хамов. / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (23 – 25 марта 2022 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. – 239 с., с. 91–96.
2. Программное обеспечение COMSOL Multiphysics. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comsol.ru/>

УДК 681.5:004.896

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕРТКИ УСЕЧЕННОЙ ЧЕТЫРЕХГРАННОЙ ПИРАМИДЫ

**Бувевич Т.В.¹, к.т.н., доц., Бувевич А.Э.², к.т.н., доц., Галынчик И.И.², студ.,
Игнатъев Д.А.², студ.**

¹*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

²*Витебский государственный технический колледж,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Разработанная автоматизированная система построения развертки поверхности усеченной четырехгранной пирамиды интегрирована в САПР, действующую на предприятии «Витебский завод сантехзаготовок», расширяет ее возможности без привлечения дополнительного программного обеспечения.

Ключевые слова: интегрированная система, автоматизированное проектирование, управляющая программа, программное обеспечение.

В настоящее время системы автоматизированного проектирования нашли широкое применение в производстве. Для проектно-конструкторских работ используются программные продукты: Intergraph, Dassault Systemes, Siemens PLM Software, Autodesk, Bentley Systems Bentley Systems, PTC, Solid Works Russia, АСКОН, Топ Системы, CSoft, НаноСофт, Intermech и др. Проблемой при использовании профессиональных САПР является обмен информацией между созданными в разных технологиях цифровыми моделями и передача геометрической и топологической информации. Интегрирование в действующие САПР модулей, расширяющих их возможности, и формирование интегрированной системы управления обеспечивает работу нескольких разнородных систем с единым интерфейсом и возможностью обмена данными с внешними приложениями.

Выполнена доработка САПР, которая используется на производстве Витебского завода сантехзаготовок, для решения производственных задач без привлечения дополнительного программного обеспечения с учетом особенностей предприятия. Проблема построения развертки поверхности усеченной четырехгранной пирамиды с делением по большой стороне возникла на предприятии при проектировании вентиляционных коробов больших размеров, требующих обработки по частям в гибочном станке. Разработано программное обеспечение, реализующее оригинальные алгоритмы автоматизированного построения развертки поверхности усеченной четырехгранной пирамиды с делением секущей