

Девятая независимая  
научно-практическая конференция  
«Разработка ПО 2013»  
23 - 25 октября, Москва

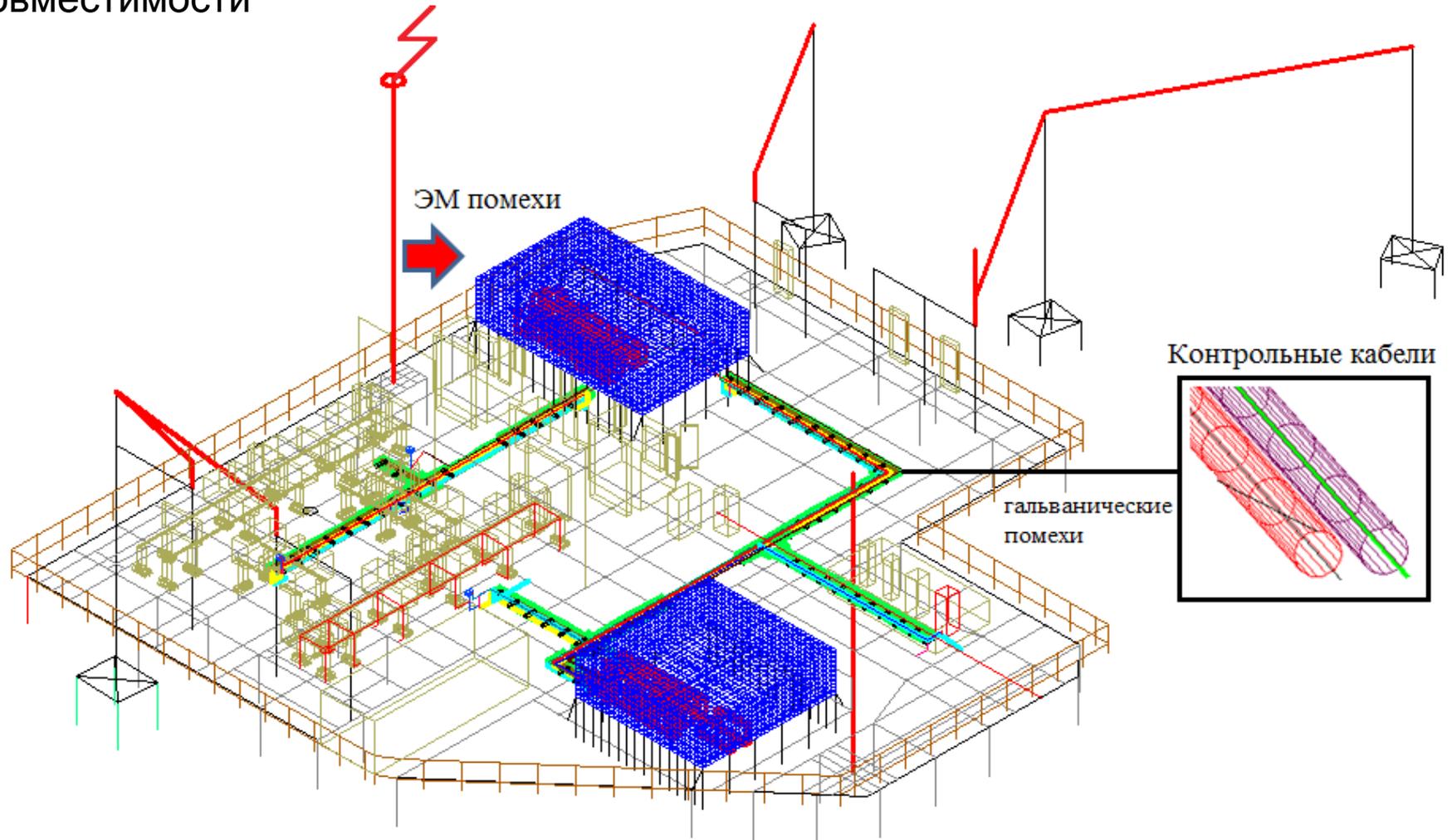


# Разработка AutoCAD приложения для расчета заземления и молниезащиты электрических подстанций

**Шишигин Дмитрий**

Вологодский государственный  
технический университет

**Задача.** Расчет системы молниезащиты и заземления электрических подстанций из условий электробезопасности и электромагнитной совместимости



**Характеристика.** Сложные геометрические модели, трудоемкие вычисления  
**Требования:** Функциональность, быстродействие, удобство геометрического моделирования, 3D визуализация и анимация результатов расчета

# ПРИНЦИПЫ разработки программы

**Принцип 1. Эффективное вычислительное ядро** – набор математических моделей и методов. Ядро разрабатывают ученые, обычно далекие от программирования. Мы убедились, что если отладить решение в **Mathcad**, используя матричные операции, то далее получаем простой, понятный код, а высокое быстродействие достигается использованием пакета **Intel MKL**.

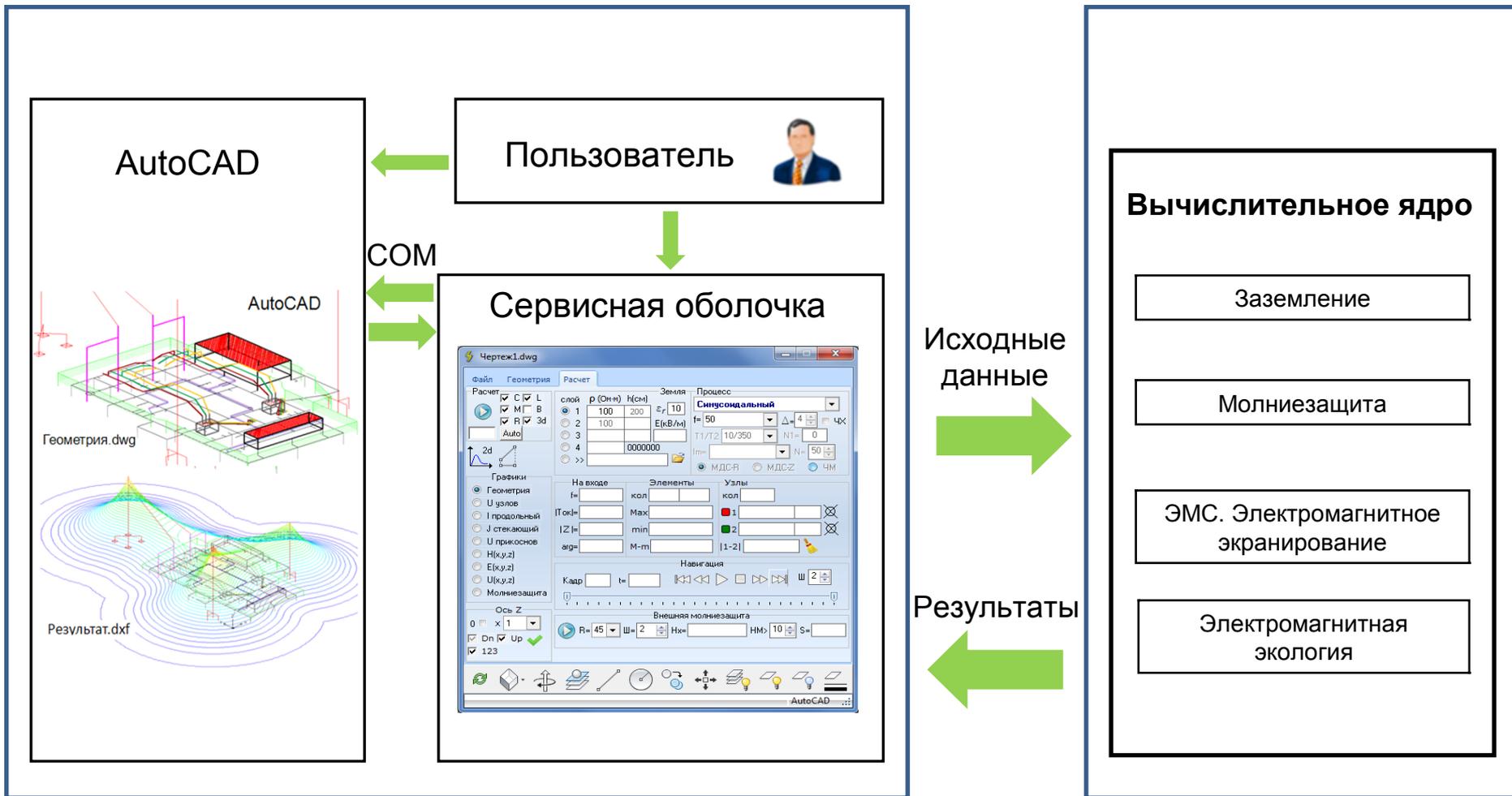
**Принцип 2. AutoCAD-приложения** следует разрабатывать в задачах со сложными геометрическими моделями. Математические пакеты неэффективны, а разработки авторских программ со своими геометрическими процессорами не конкурентоспособны.

**Принцип 3. Поддержка в геометрическом моделировании.** AutoCAD дает эффективные средства управления геометрической моделью, но при условии, что работает опытный пользователь. При разработке приложений следует исходить из обратного. Все основные операции должны быть продублированы в интерфейсе программы и созданы специализированные макрокоманды и сценарии.

**Принцип 4. Наглядность результатов** расчетов 2D, 3D графиками и анимацией динамические процессы. Но в AutoCAD нет стандартного компонента 3D график, использование же сторонних процедур нежелательно. Компонент 3D-график для больших данных в AutoCAD придется создать.

**Принцип 5. Достоверность, документированность и доступность** программы. Математические модели и методы, заложенные в программе, опубликованы, разработкой сайта и бета-версии программы мы занимаемся.

# Архитектура программы ZYM



# Характеристика пакета линейной алгебры *Intel Math Kernel Library*

Intel MKL включает многопоточность и низкоуровневую оптимизацию  
Сравним с пакетом AlgLib (бесплатная версия), где только алгоритмическая оптимизация

| Операция                                       | AlgLib   | Intel MKL | Сравнение |
|--|----------|-----------|-----------|
| Умножение матриц $[A] \cdot [A]$               | 11.8 сек | 0.6 сек   | 19 раз    |
| Решение СЛАУ $[A] \cdot [X] = [B]$             | 3.9 сек  | 0.3 сек   | 13 раз    |
| Обращение матрицы $[A]^{-1}$                   | 28.8 сек | 1.1 сек   | 26 раз    |
| Решение комплексных СЛАУ $[C] \cdot [X] = [B]$ | 46 сек   | 0.9 сек   | 51 раз    |
| Обращение комплексной матрицы $[C]^{-1}$       | 125 сек  | 3.6 сек   | 34 раз    |

Размерность матриц – 2000. Расчеты проведены на ноутбуке: Windows 7 64-bit, Intel Core i7 2.2 ГГц, ОЗУ 8 Гб.

**Вывод:** использование Intel MKL – эффективное решение для обеспечения быстродействия вычислительного ядра для процедур с матричными операциями

# Создание 3D-графиков в AutoCAD

**ПРОБЛЕМА:** Стандартного компонента 3D график нет, но его можно создать как совокупность линий

## Данные для графика

**СТАНДАРТНОЕ РЕШЕНИЕ:**

### Прямая запись в AutoCAD методом AddLine

```
for i:=0 to high(Lines) do  
begin  
  Line:=AddLine(StartPoint, EndPoint);  
  Line.Layer:='MyLayer';  
end;
```

Графики строятся недопустимо медленно.  
Невозможно строить графики с большими данными.

**Задача:** Искать новые способы

**НОВОЕ РЕШЕНИЕ:**

### График строится в DXF-кодах

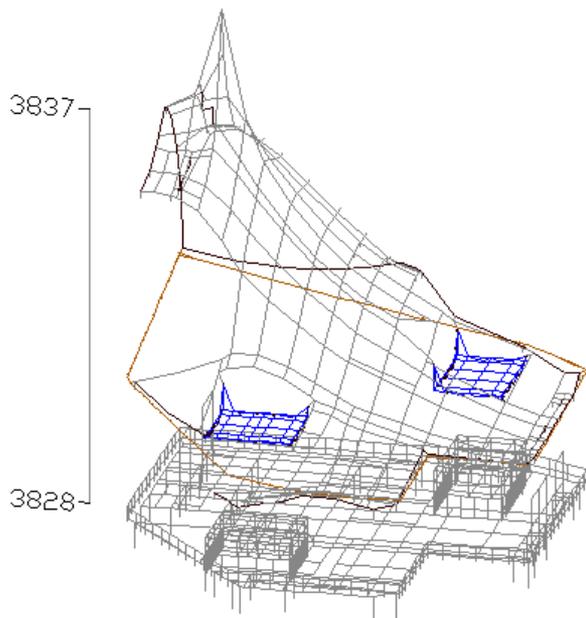
```
F:=TStringList.Create; // буфер  
F.Add('0'); F.Add('SECTION');  
F.Add('2'); F.Add('ENTITIES');  
for i:=0 to high(x1) do  
begin  
  F.Add('0'); F.Add('Line');  
  F.Add('8'); F.Add('Graph');  
  F.Add('10'); F.Add(FloatToStr(x1[i]));  
  F.Add('20'); F.Add(FloatToStr(y1[i]));  
  F.Add('30'); F.Add(FloatToStr(z1[i]));  
  F.Add('11'); F.Add(FloatToStr(x2[i]));  
  F.Add('21'); F.Add(FloatToStr(y2[i]));  
  F.Add('31'); F.Add(FloatToStr(z2[i]));  
end;  
F.Add('0'); F.Add('ENDSEC');  
F.Add('0'); F.Add('EOF');  
F.SaveToFile('F.dxf');
```

**DXF файл читается в AutoCAD**  
ACAD.ActiveDocument.Import('F.dxf',Point,1)

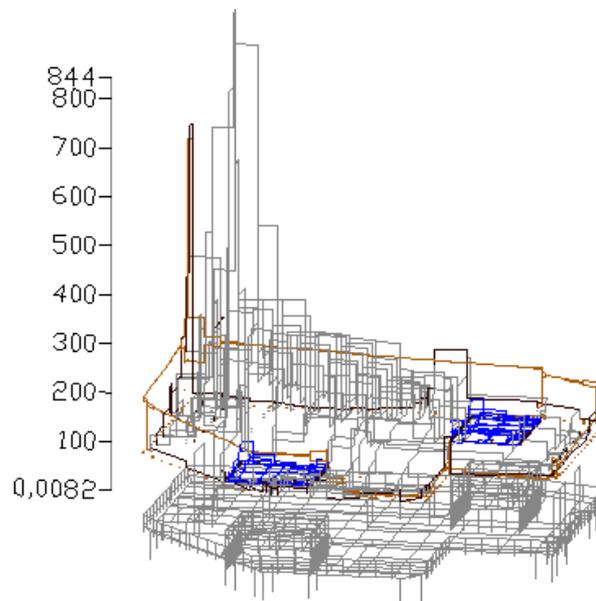
**Вывод:** Найден способ, позволяющий на порядок увеличить быстродействие построения графиков с большими данными (десятки, сотни тысяч линий)

# Расчет заземления подстанции в режиме КЗ

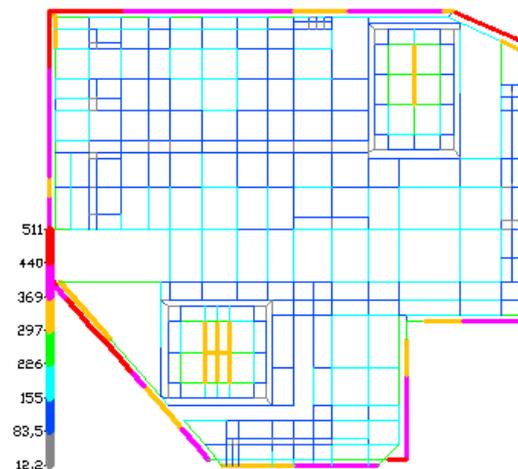
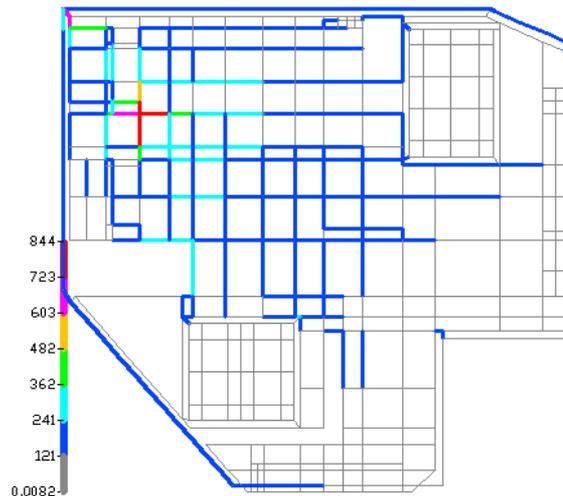
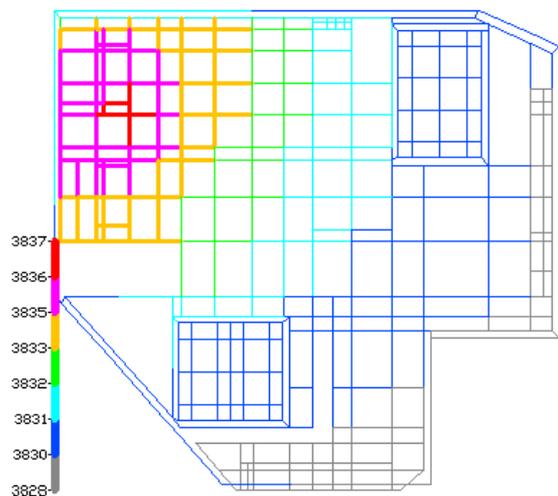
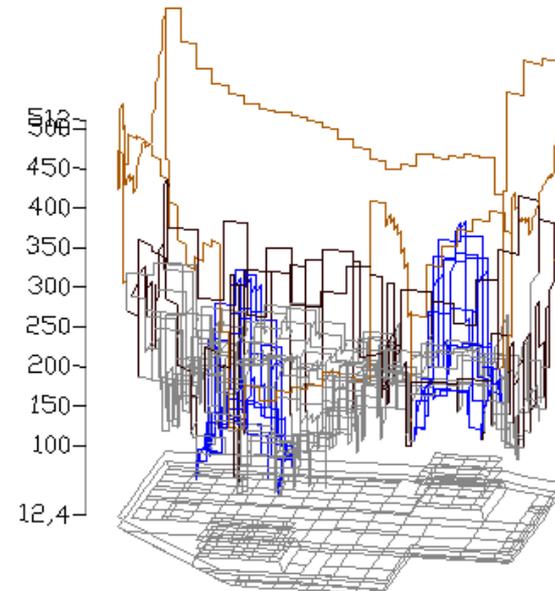
Потенциал



Ток

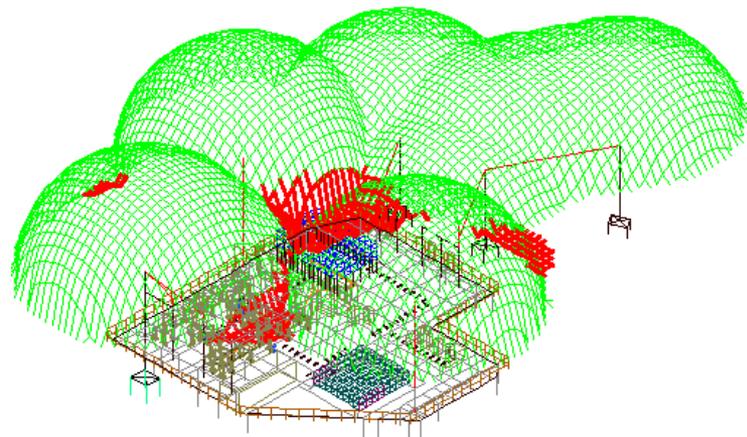
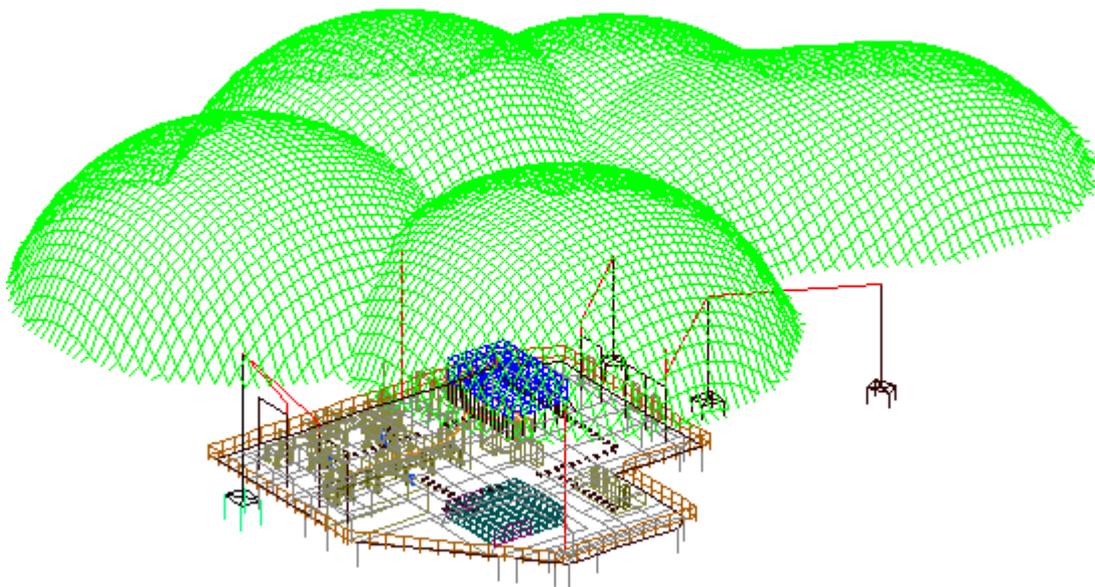


Напряжение прикосновения

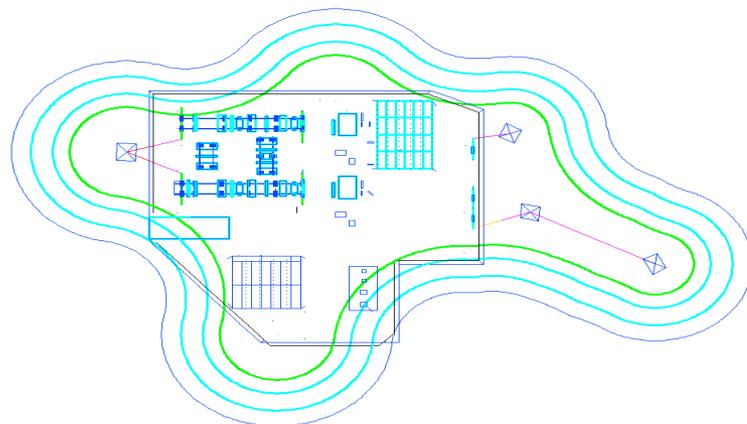
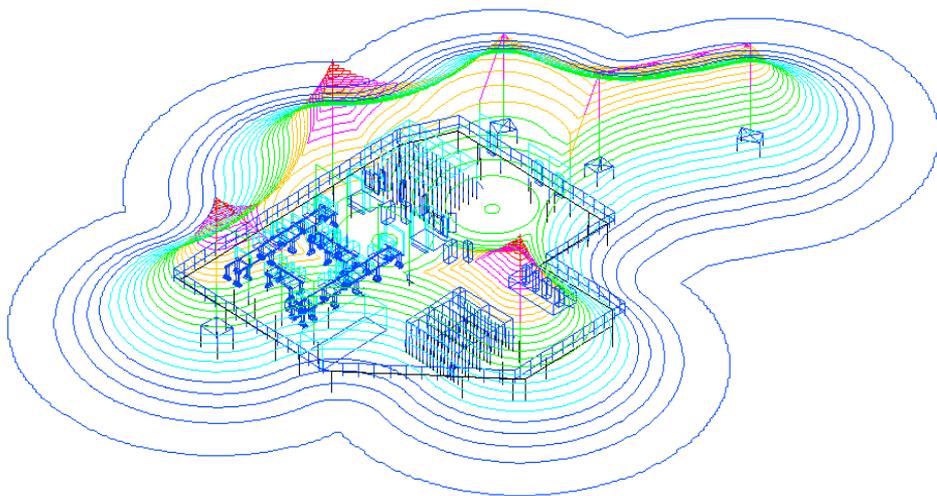


# Молниезащита подстанции по стандартам МЭК

Зоны ориентировки (3 и 2 уровень)

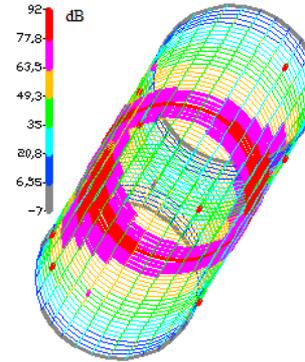
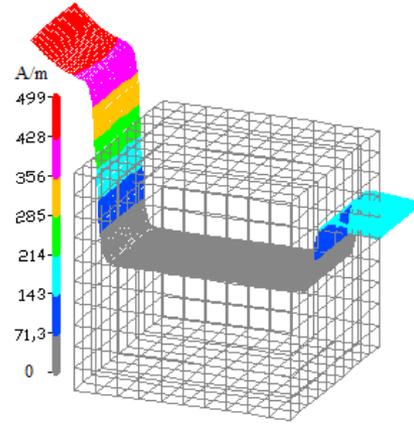
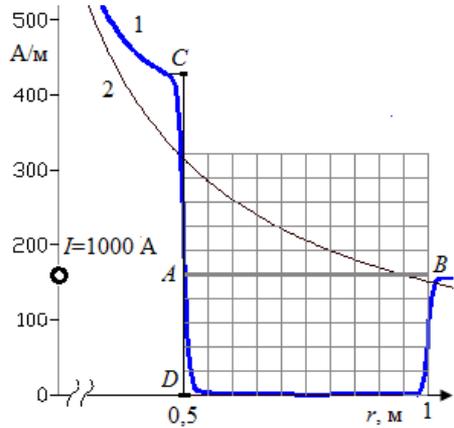


Зона защиты (изометрия и вид сверху)

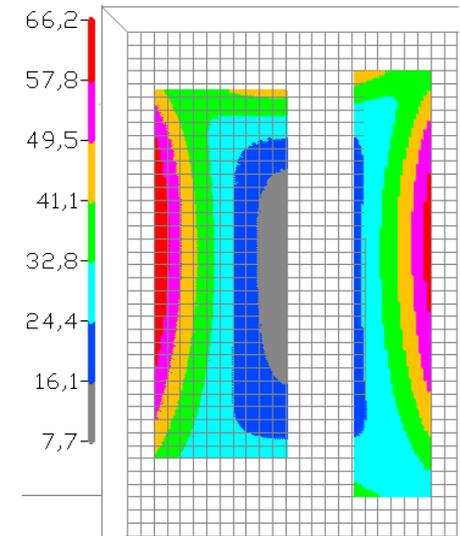
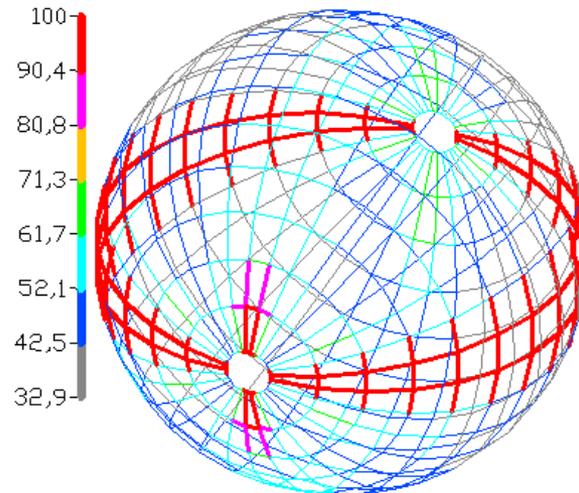
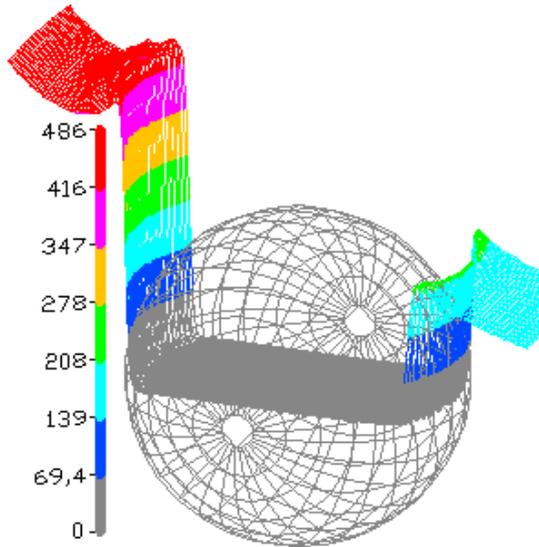
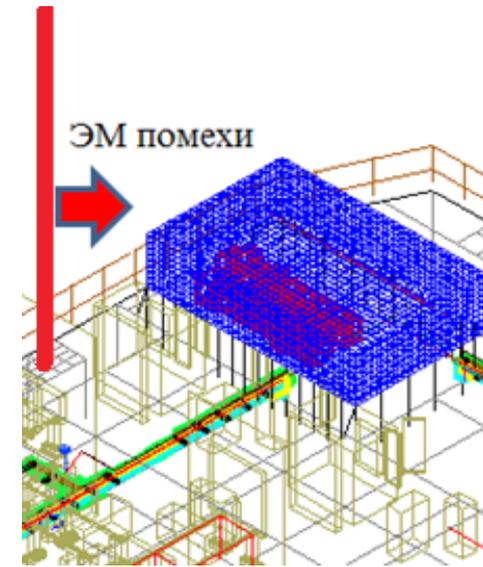


# Вторичные проявления тока молнии. Электромагнитные помехи

Модельные задачи. Коэффициент экранирования канонических экранов



Напряженность магнитного поля в здании



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Разработана программа **ZYM** для комплексного расчета заземления и молниезащиты электрических подстанций с мощным ядром, удобным интерфейсом и современными средствами визуализации и анимации научной графики. **Программа делает работу проектировщика производительной, уменьшает вероятность ошибки, экономит материальные ресурсы.**

Перспективы. В ближайшее время мы завершаем альфа-тестирование и предоставим программу для бета-тестирования.

## **СПАСИБО за внимание**