

Молниезащита 2014

СПб 27 мая 2014 г

**ОРИЕНТИРОВКА МОЛНИИ И МОЛНИЕЗАЩИТА  
по Г.Н. АЛЕКСАНДРОВУ**

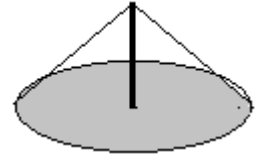
**Шишигин С.Л.** д.т.н., зав. кафедрой электротехники

**Мещеряков В.Е.** аспирант

Вологодский государственный университет

# Методы молниезащиты

Существующий уровень: Построение зон защиты молниеотводов

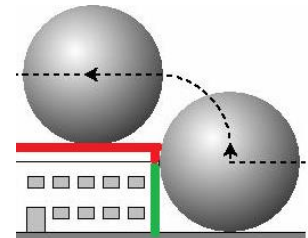


Российские стандарты:

- **РД 34.21.122-87** – основан на мелкомасштабных экспериментах прошлого века
- **СО-153-34.21.122-2003** – использование стандарта МЭК-1024 (уже снятого)
- **Отраслевые стандарты** (Газпром, Транснефть) – копирование **СО**
- **ВСП 22-02-07/МО РФ/** – основан на современных экспериментах, но имеет ограничения по высоте объекта

Международные стандарты

- **Метод катящейся сферы** – расчетный метод построения молниезащиты, принятый во многих странах. Противоречие с российскими нормами.



Альтернатива: **Молниезащита по Г.Н. Александрову**

Новый расчетный метод молниезащиты на основе электростатической модели ориентировки молнии

# Метод Г.Н. Александрова

**ИДЕЯ:** Вероятность поражения молнией объекта с молниеотводами равна отношению наведенному заряду  $p = -Q / q$ , где  $Q$  – наведенный заряд,  $q$  – заряд лидера. Электростатическая модель ориентировки молнии.

## Методика:

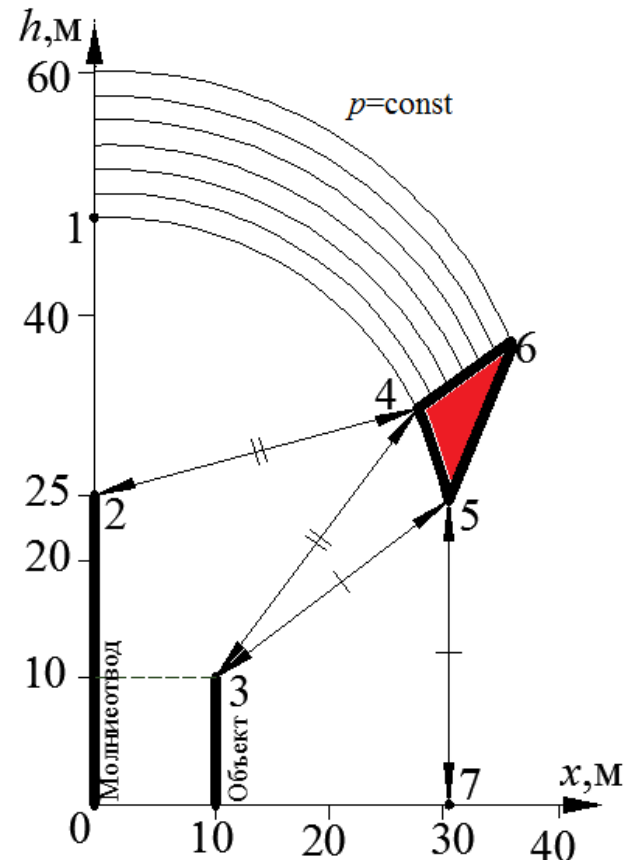
1. Строим поверхности равновероятного появления лидера молнии  $p = \text{const}$  при заданной длине стримеров (22-45 м)

## Достоинства:

1. Учет окружения объекта
2. Вероятность прорыва - отношение площадей
3. Площадь поверхности ориентировки дает оценку площади стягивания

## Недостатки:

1. Огромная трудоемкость построения поверхности  $p = \text{const}$ . Расчет трехмерного электрического поля объекта повторяется **сотни тысяч раз** для разных положений лидера молнии.
2. Длина стримеров, определяющих поверхность  $p = \text{const}$ , не связана с максимальным током молнии
3. Решены только модельные задачи



# Развитие метода Г.Н. Александрова

## 1. Ускорение вычислений

Расчет  $p$  – скалярное произведение векторов, где вектор емкостных коэффициентов  $\mathbf{C}$  рассчитывается один раз

$$\mathbf{A}\mathbf{Q} + \mathbf{B}q = 0, \quad \mathbf{Q} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}q \quad p = \frac{-\sum_{i=1}^N Q_i}{q} = \frac{\sum \mathbf{A}^{-1}(\mathbf{B}q)}{q} = \sum \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B} = \sum_{i=1}^N \left( \sum_{j=1}^N A_{j,l}^{-1} \right) B_i = \sum_{i=1}^N C_i B_i = \mathbf{C} \cdot \mathbf{B}$$

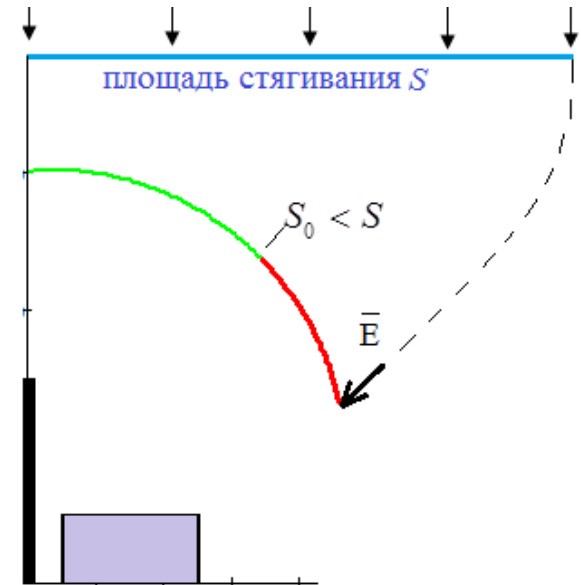
где  $\mathbf{A}$  – матрица потенциальных коэффициентов объекта,  $\mathbf{B}$  – вектор взаимных потенциальных коэффициентов лидера молнии и объекта

## 2. Связь с методом катящейся сферы

При построении поверхности  $p=\text{const}$  замена длины стримера на

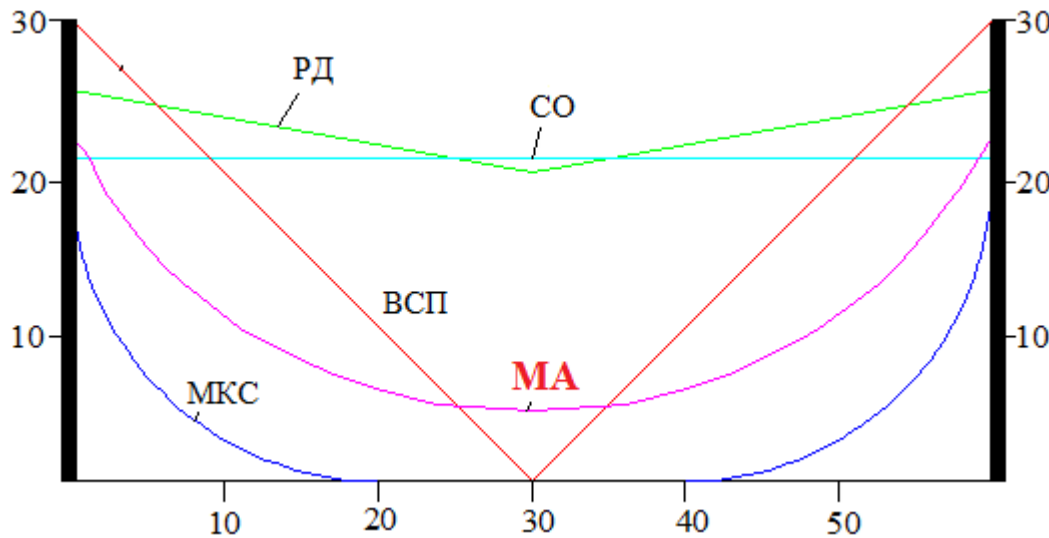
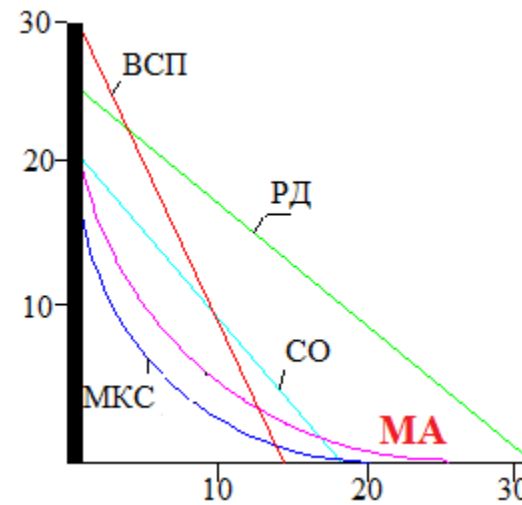
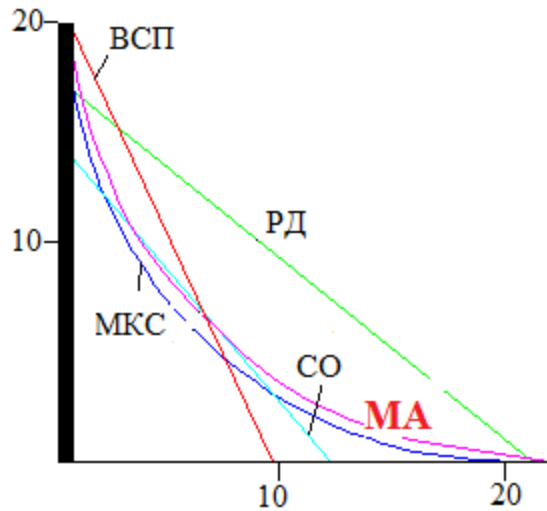
$$d=10/^{0.65}$$

3. Оценка площади стягивания (нижняя) по площади поверхности  $p=\text{const}$



**Вывод:** Разработана численная реализация метода Г.Н. Александрова, пригодная для расчета молниезащиты сложных объектов.

# Сопоставление с существующими методами

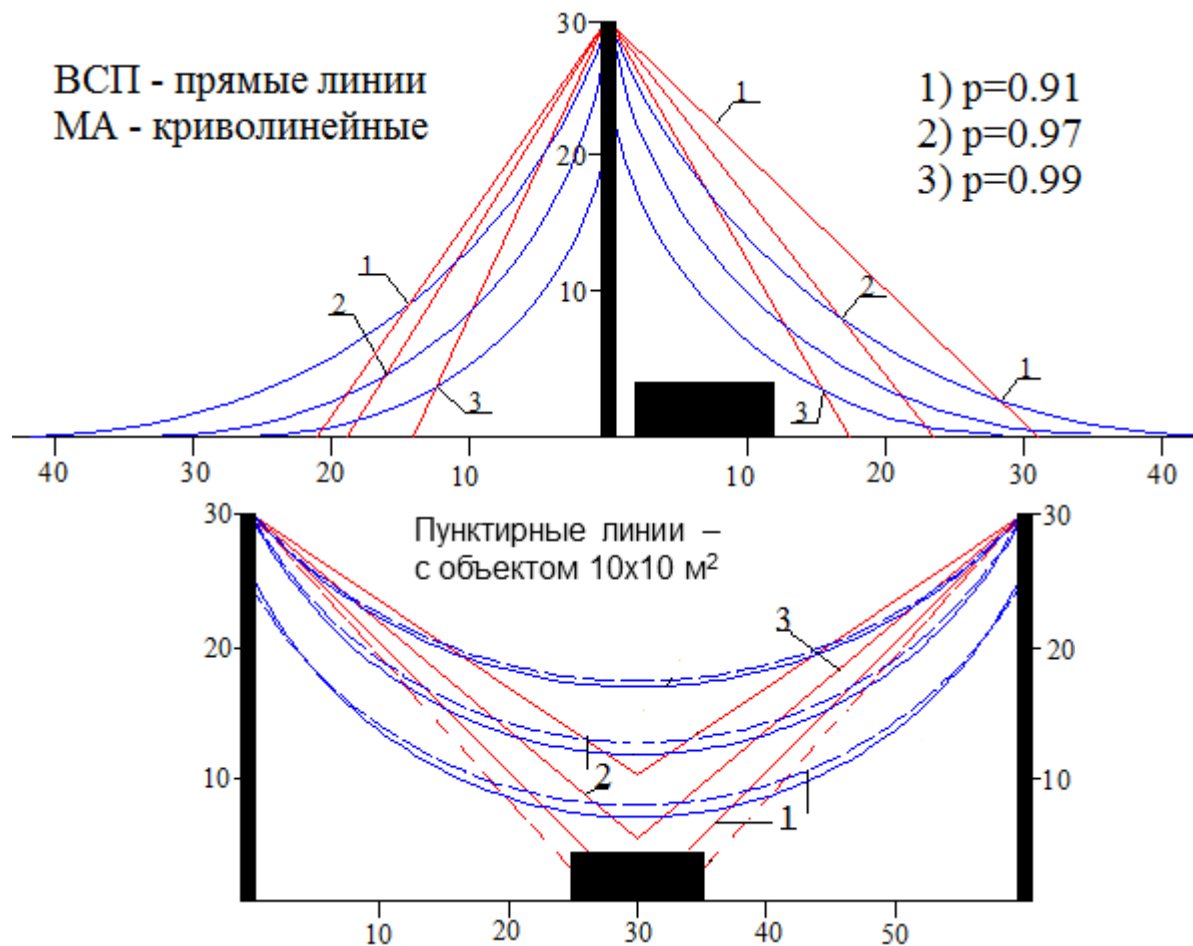


## Выводы:

- 1). РД, СО – завышенная зона защиты
- 2). Метод Александра коррелирует с ВСП

3). Метод катящейся сферы не учитывает взаимное влияние молниеотводов, поэтому неадекватен для множественных молниеотводов

# Влияние наведенного заряда объекта на зону защиты



**Вывод:** Наведенный заряд объекта увеличивает зону защиты молниеотводов, уменьшает вероятность прорыва, но (далее) увеличивает площадь стягивания

# Площадь стягивания (сбора) молниевых разрядов

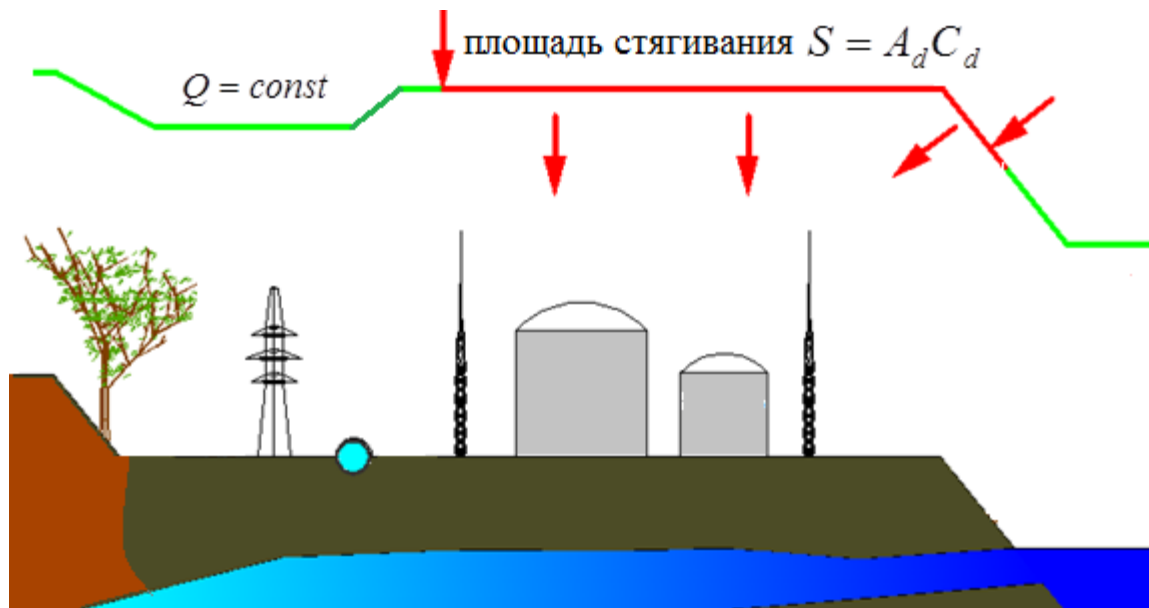
Число ударов молнии в объект  $N_d$  (МЭК)

$$N_d = N_g A_d C_d \cdot 10^{-6}, \quad A_d = ab + 6h(a+b) + \pi(3h)^2, \quad C_d = 0.25 \div 2$$

## НЕДОСТАТКИ:

1. Не зависит от тока молнии (30 кА?). Задачи ЭМС **100 кА**; прорывы **10 кА**
2. Сложный расчет  $A_d$  комбинированных объектов, без учета взаимного влияния
3. Погрешность выбора эмпирических коэффициентов  $C_d$

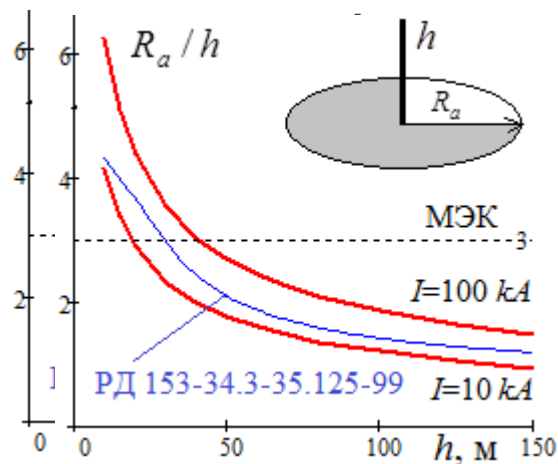
**ПРЕДЛАГАЕТСЯ:** Расчет площади стягивания  $S = A_d C_d = f(Q)$  с учетом окружения объекта



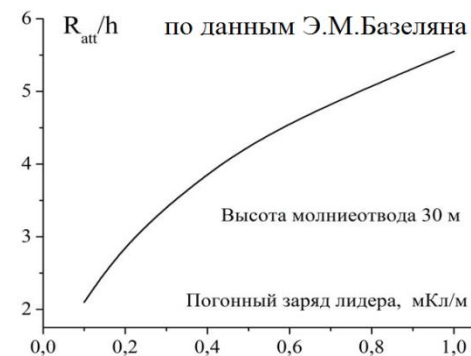
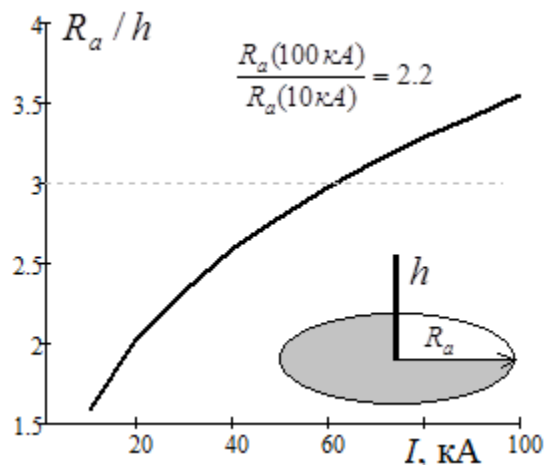
Учитываются все наведенные заряды

# Радиус стягивания $R_a$ одиночного молниеотвода

## Сравнение методик



## Сильные и слабые молнии

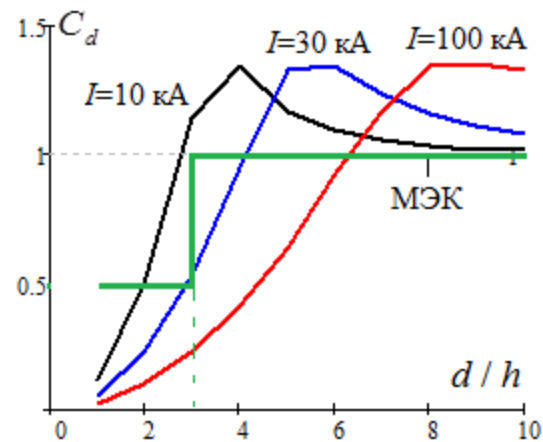
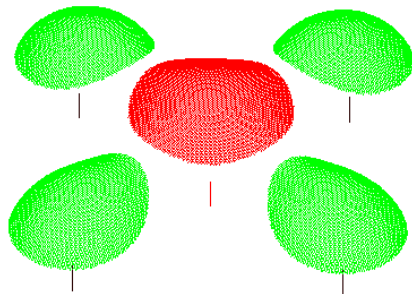
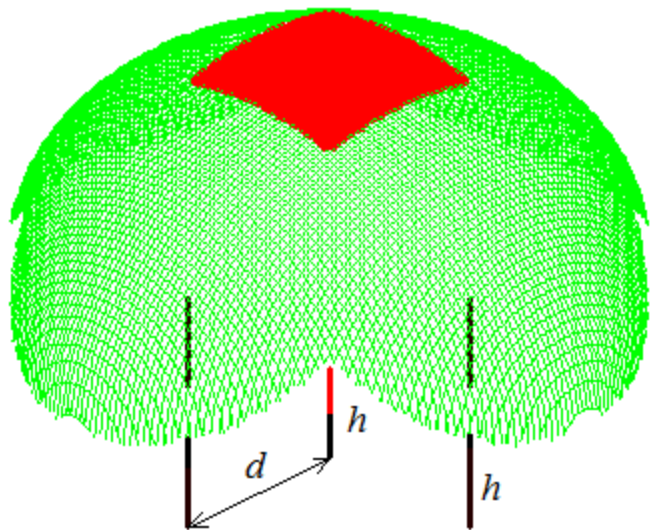


## Выводы:

1. Относительный радиус стягивания уменьшается с увеличением высоты молниеотвода, что согласуется с РД 153-34.3-35.125-99
2. Радиус стягивания увеличивается с увеличением тока молнии, что согласуется с данными Э.М. Базеляна



# Влияние окружения объекта на площадь стягивания

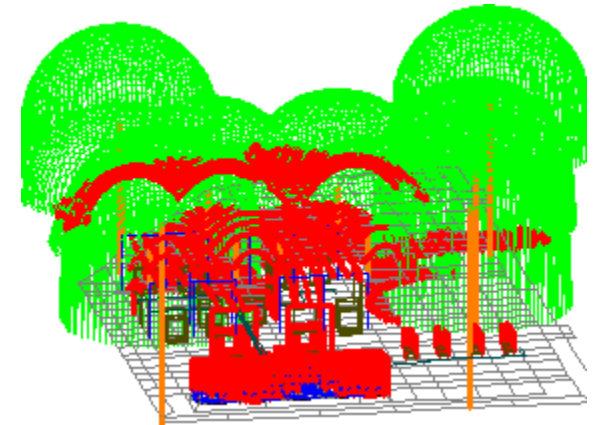
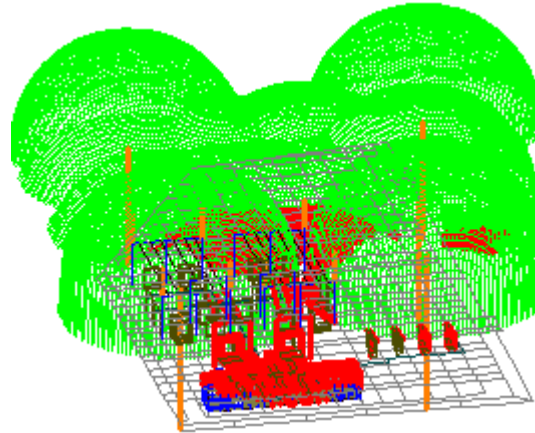
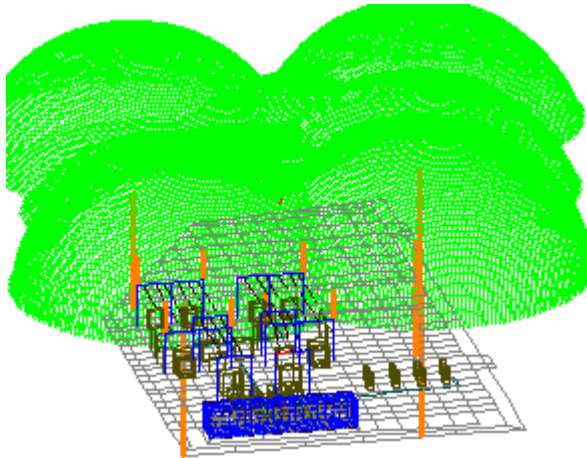


## Вывод:

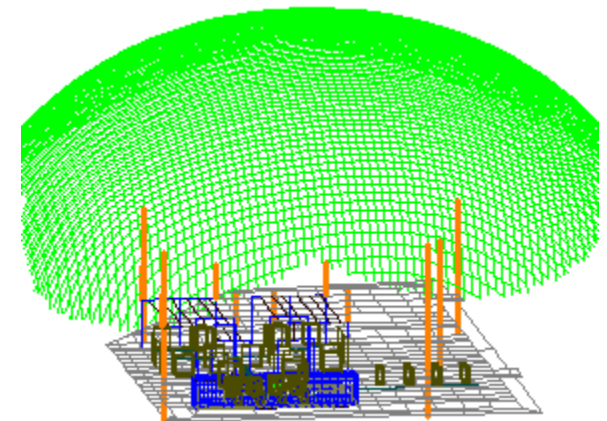
1. Окружение объекта существенно влияет на его площадь стягивания, включая расстояния  $d > 3h$
2. Коэффициенты  $C_d = \text{const}$  отражают влияние окружения объекта очень приблизительно

# Молниезащита электрической подстанции

Метод катящейся сферы:  $p=0.91; 0.97; 0.99$



Метод Г.Н. Александрова:  $p=0.99$

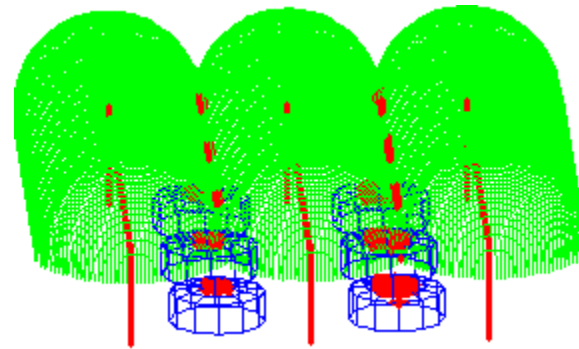
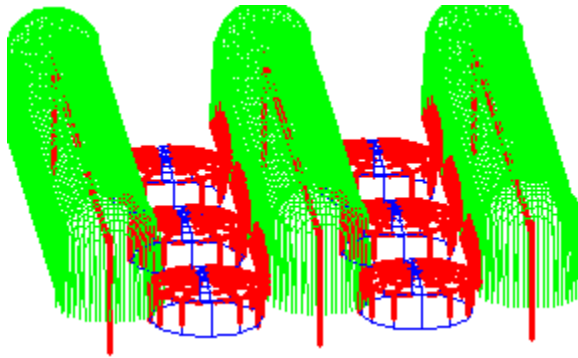


**Вывод:** Применение МКС ведет к необоснованным проблемам с ЭМС на подстанции

# Молниезащита ЛПДС «Конда»

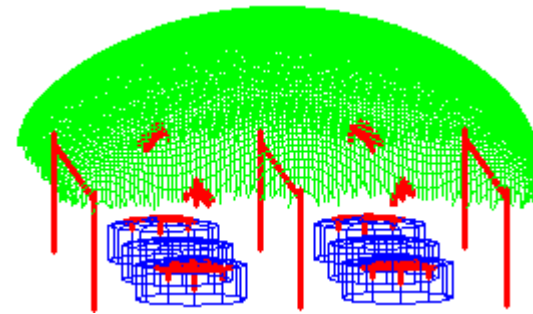
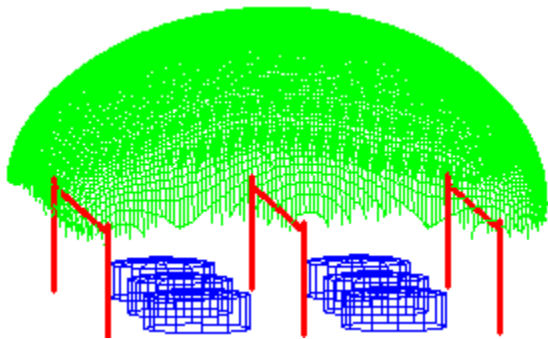
Метод катящейся сферы:  $\rho=0.99$ ;

$\rho=0.91$



Метод Г.Н. Александрова:  $\rho=0.99$ ;

$\rho=0.999$



**Вывод:** Применение МКС для объектов нефтяной промышленности потребует необоснованной масштабной реконструкции систем молниезащиты

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Метод Г.Н. Александрова исходит из положения, что наведенный заряд объекта является определяющим параметром при расчете молниезащиты.
- Наведенный молнией заряд объекта увеличивает площадь стягивания молнии, но уменьшает вероятность прорыва защиты, т.е. действует разнонаправленно на число прорывов молнии к объекту
- Достоверность метода косвенно подтверждается близостью результатов с нормами МО (ВСП)
- Молниезащита по Г.Н. Александрову приводит к более «жестким» решениям в сравнении с РД, СО, но в целом подтверждает адекватность российских норм.
- Метод катящейся сферы не учитывает взаимное влияние молниеотводов, поэтому его применение для объектов с многократными молниеотводами приводит к избыточным или неадекватным решениям
- **Метод Г.Н. Александрова – реальная альтернатива методу катящейся сферы**

**СПАСИБО за внимание**