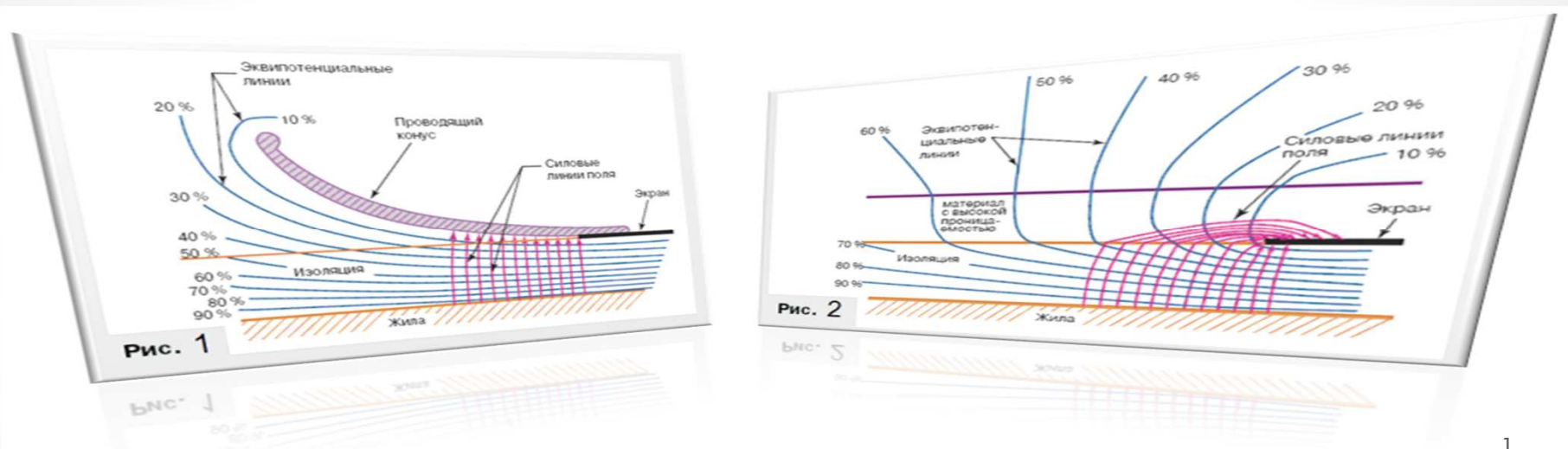
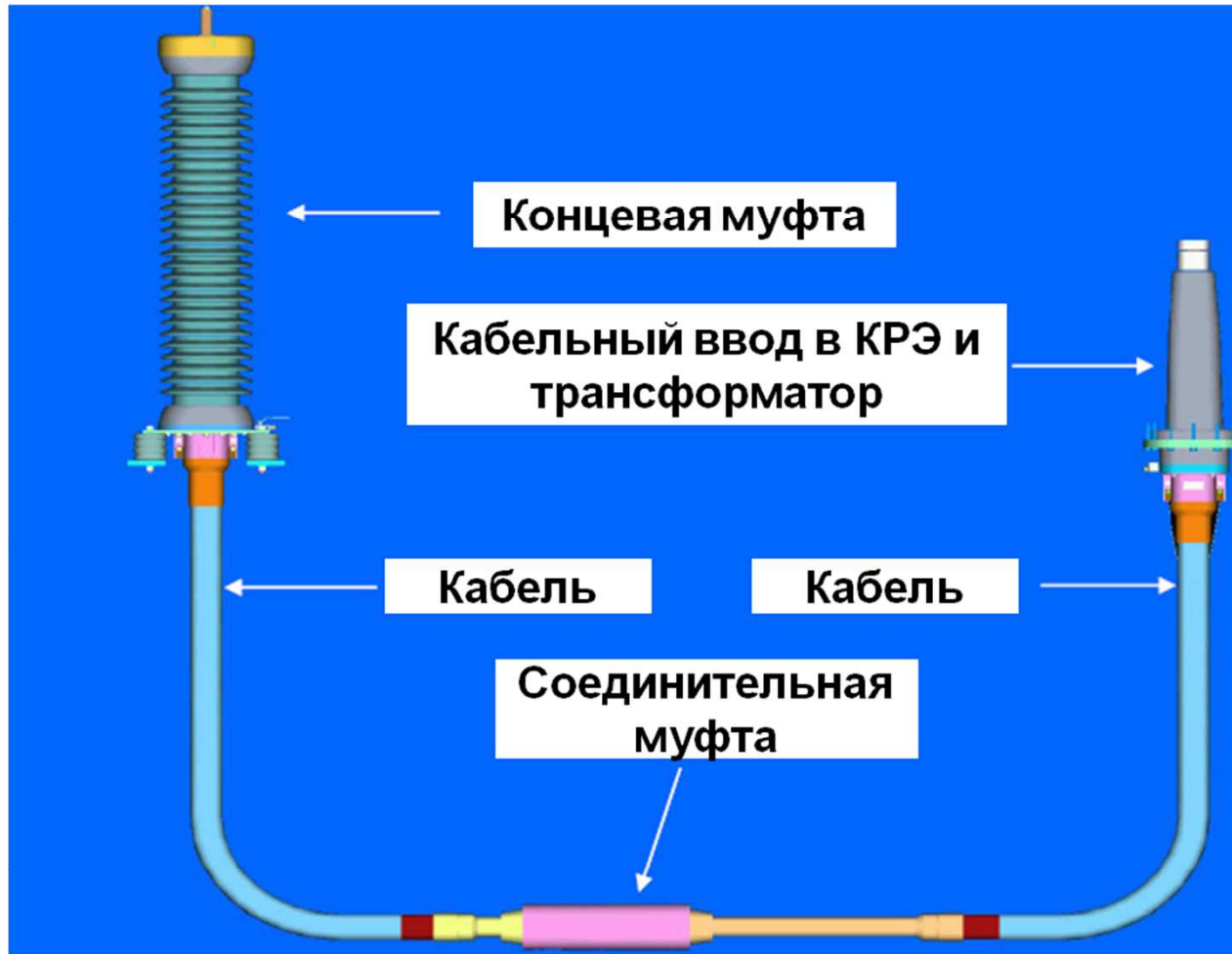


Конференция «Повышение эффективности
энергетического оборудования»,
13-15 ноября 2012,
г. Санкт-Петербург

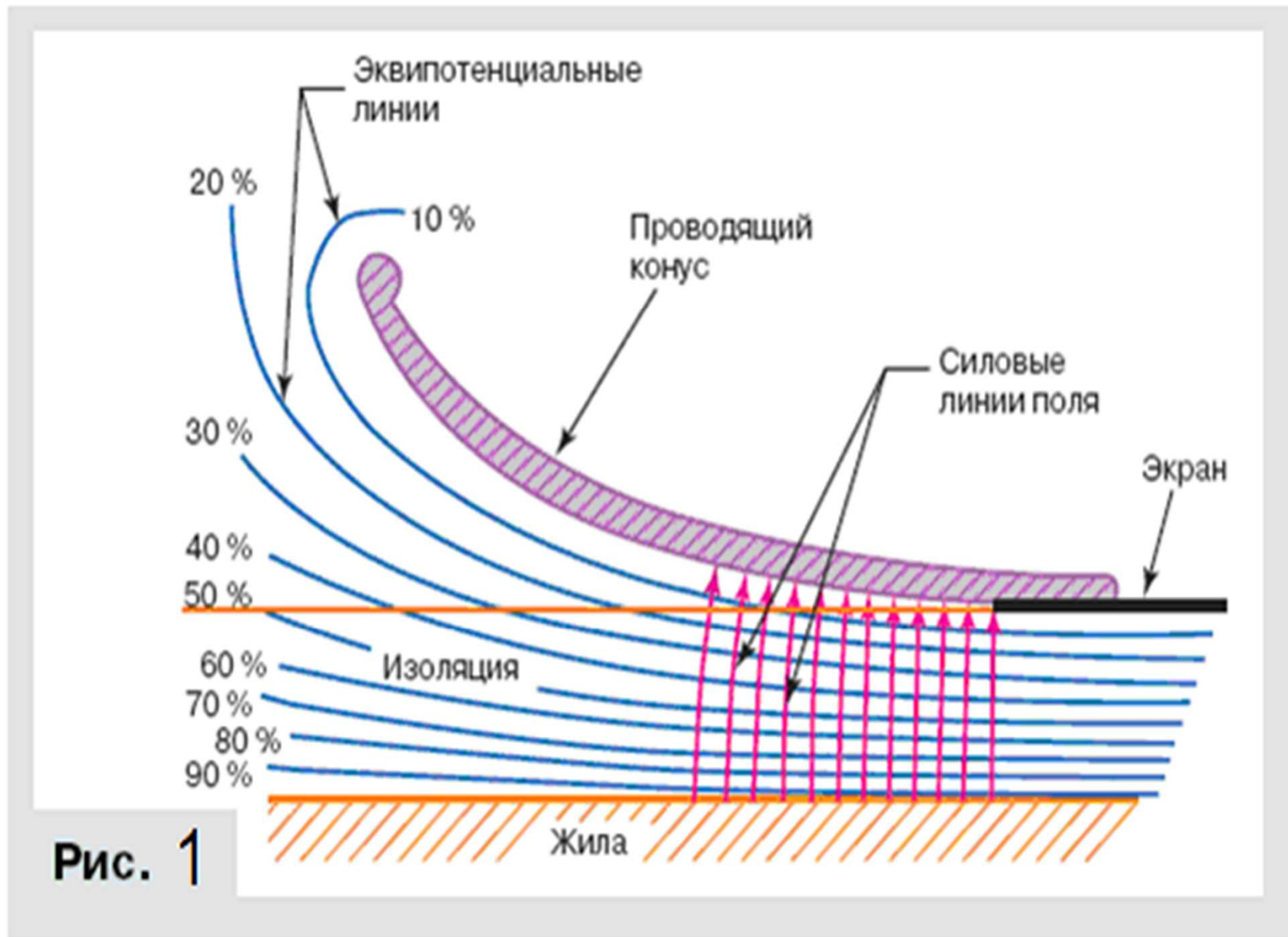
Проектирование кабельной арматуры для XLPE-кабельных систем высокого напряжения Н.В. Коровкин, Г.В. Грешняков, С.Д. Дубицкий



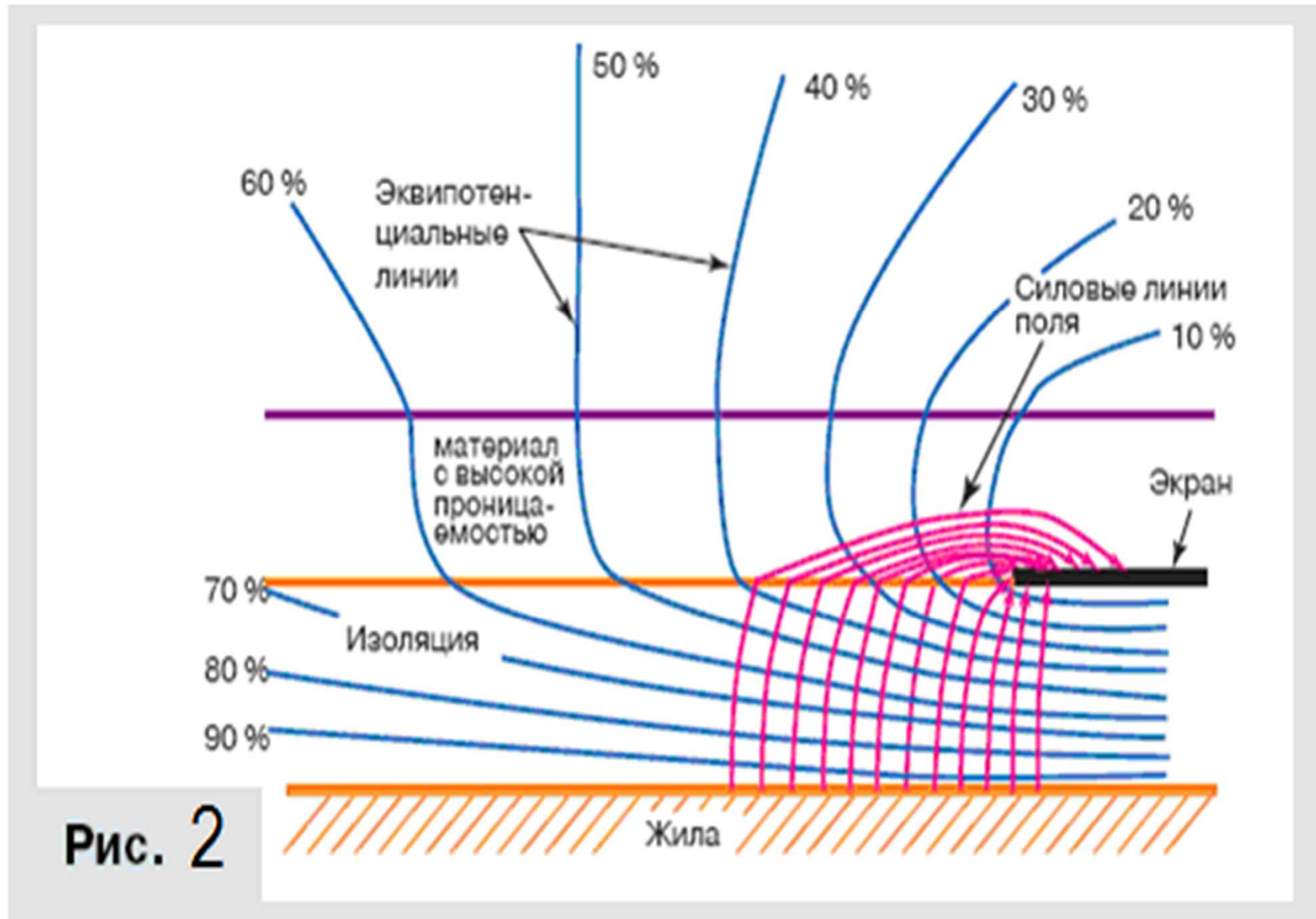
Типы кабельной арматуры



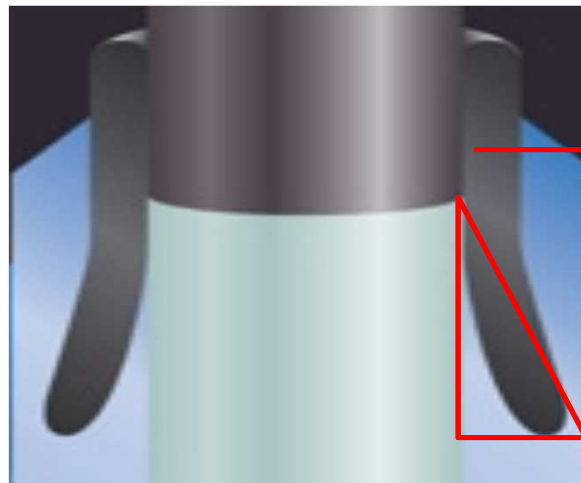
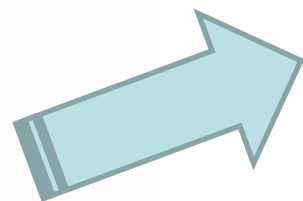
Геометрический способ выравнивания поля



Рефракционный способ выравнивания поля



Описание разработки



1. Материал

2. Угол наклона

Аналоги

Угол наклона

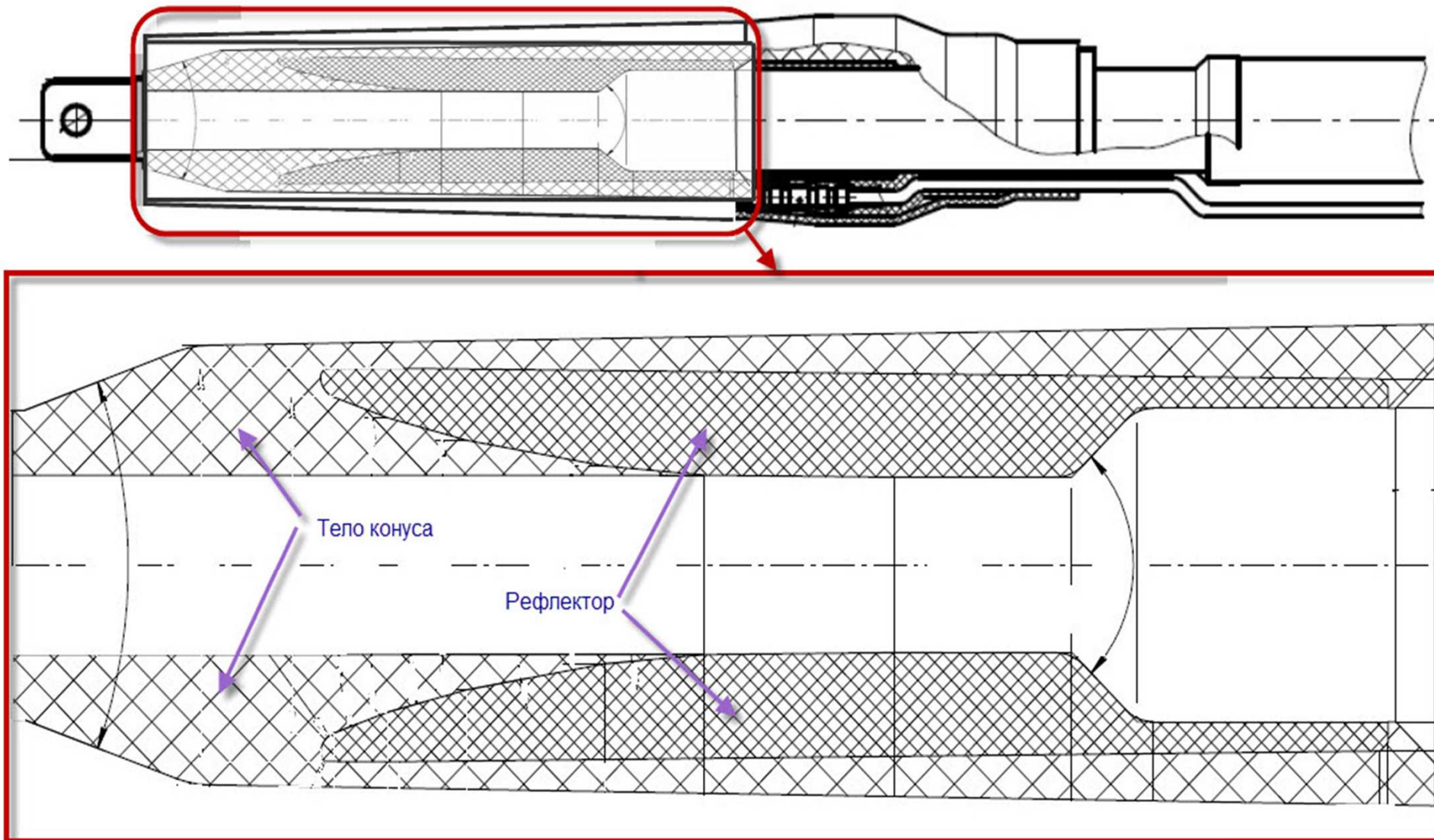
Большой угол наклона

Полупроводящий материал

Полупроводящий материал **со специальными добавками**

Патент на полезную модель
«Соединительная муфта для силового кабеля»

Концевая муфта со стресс-конусом для выравнивания электрического поля



Уравнения электрического поля в диэлектрике с учетом токов утечки

Уравнение электростатического поля

$$(\nabla \cdot \varepsilon \mathbf{E} = \rho) \quad (1)$$

Уравнение растекания токов в проводящей среде

$$(\nabla \cdot \mathbf{j} = -i\omega\rho) \quad (2)$$

Закон Ома

$$\mathbf{j} = g \cdot \mathbf{E} \quad (3)$$

Итоговое уравнение:

$$\nabla \cdot \left(\left[\varepsilon - \frac{ig}{\omega} \right] \nabla U \right) = 0$$

Обозначения:

\mathbf{E} – вектор напряженности электрического поля (В/м)

ε – тензор диэлектрической проницаемости ($\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}$)

ρ – объемная плотность заряда (Кл/м³)

\mathbf{j} – вектор плотности тока (А/м²)

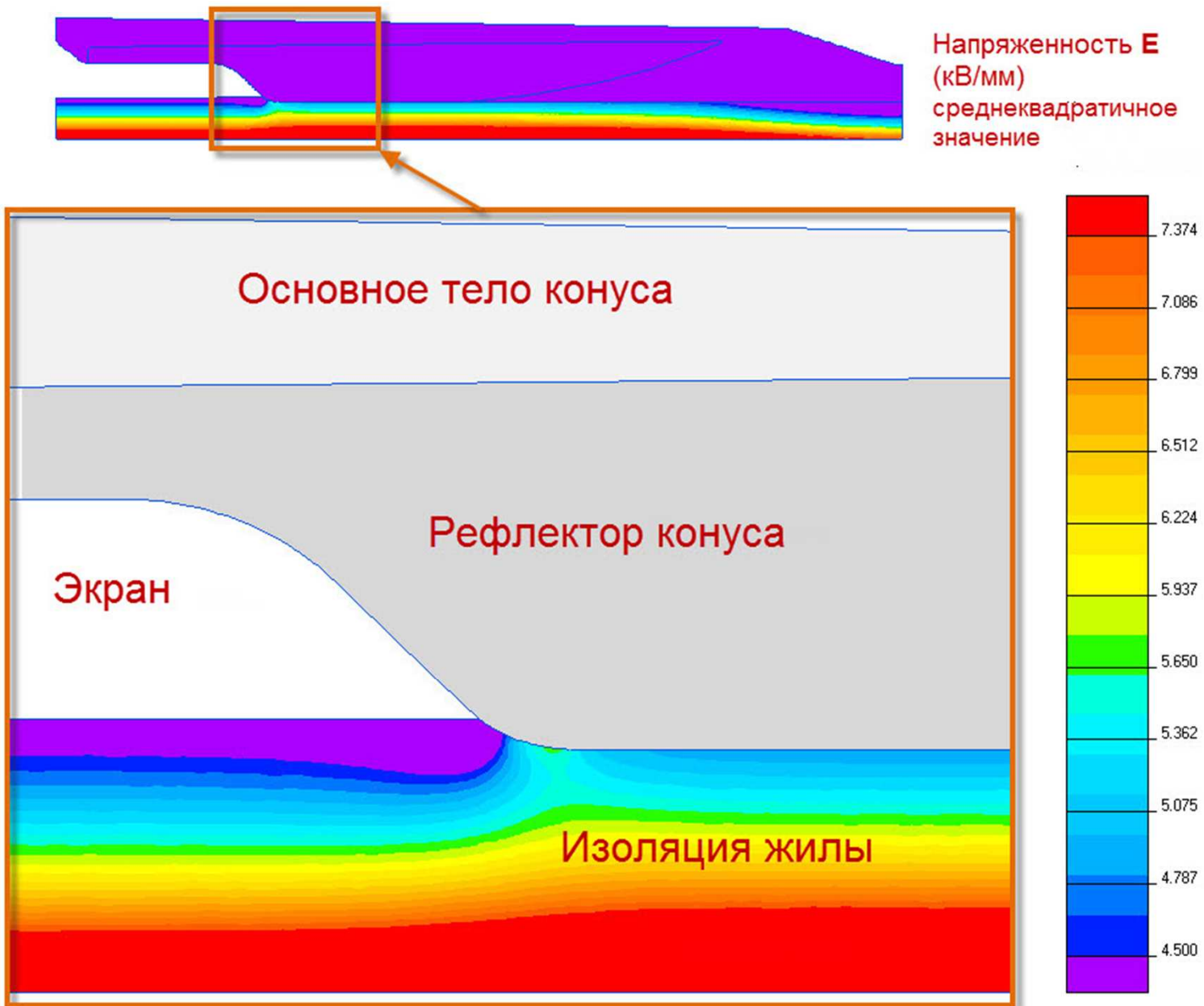
g – удельная электропроводность (См/м)

ω – циклическая частота

i – мнимая единица

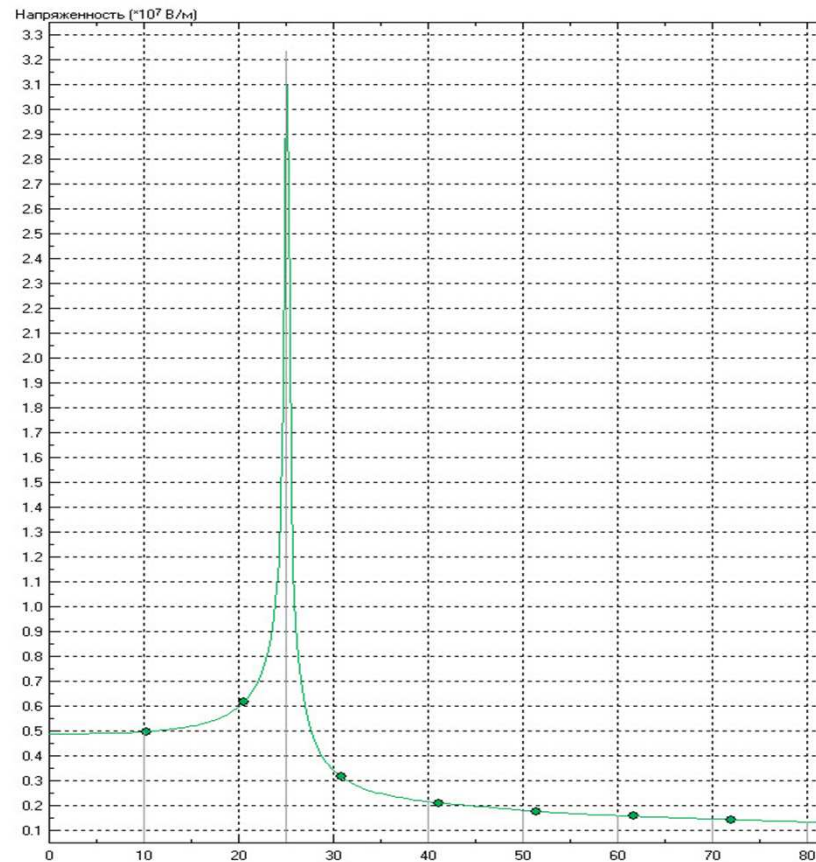
∇ – оператор Лапласа

Моделирование электрического поля

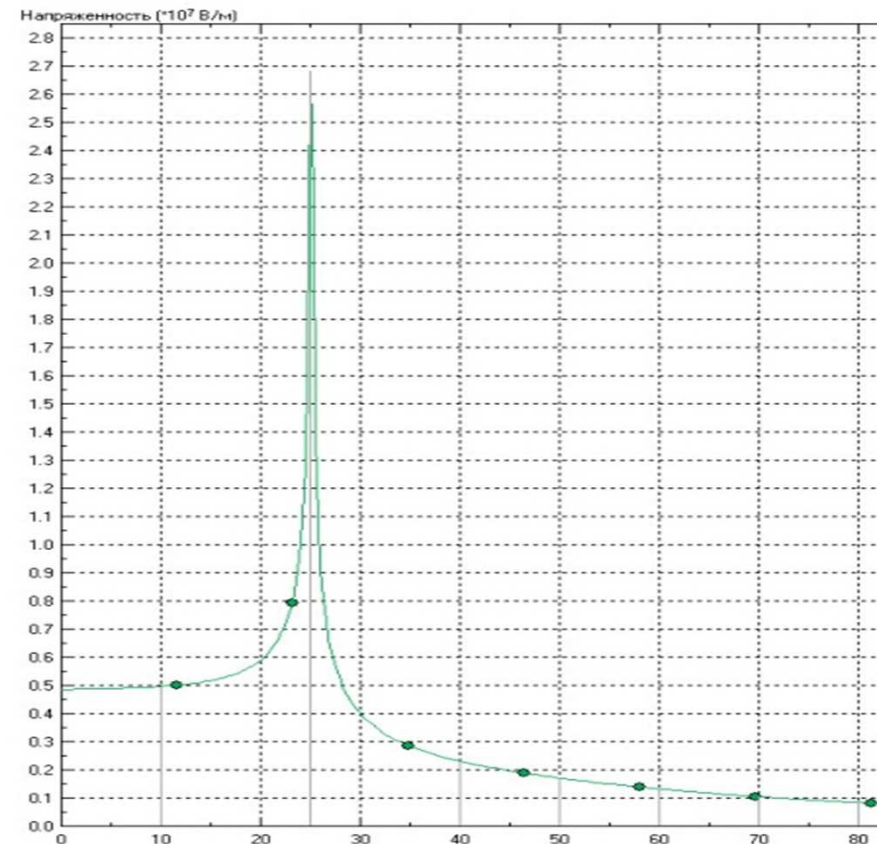


Электрическое поле по поверхности П/П слоя при различных значениях:

- диэлектрической проницаемости ϵ
- электрической проводимости рефлятора γ

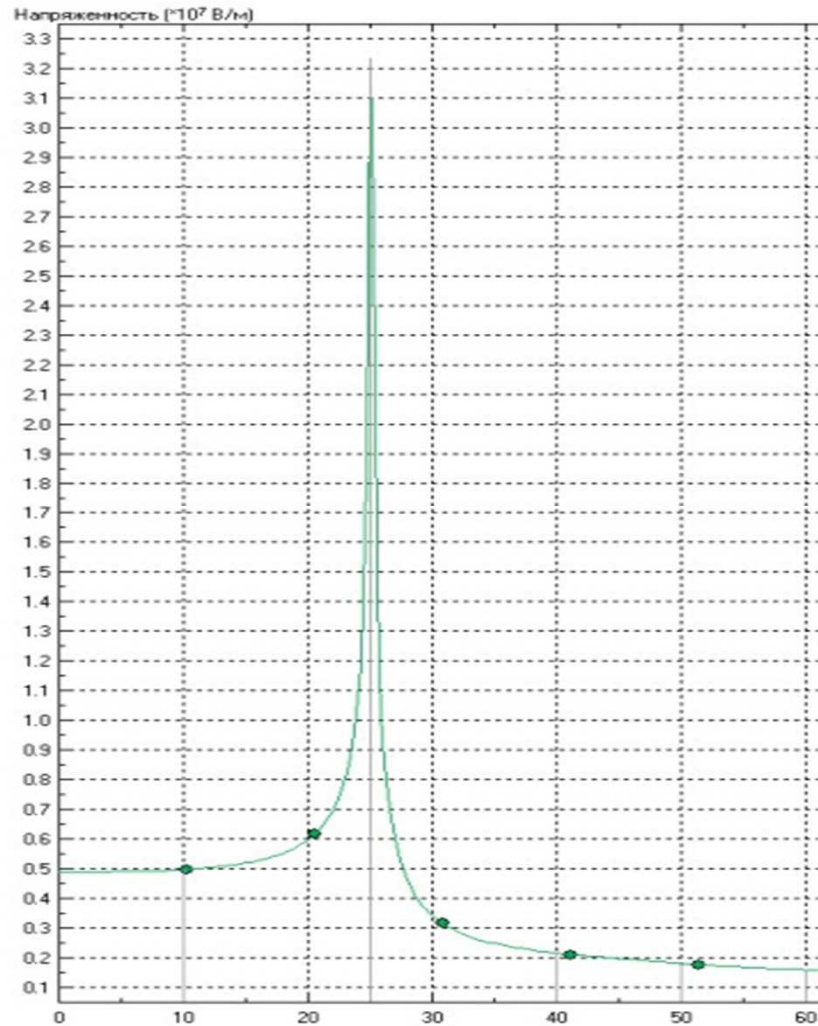


Рефлектор: $\epsilon = 1, \gamma = 0$
Конус: $\epsilon = 1, \gamma = 0$

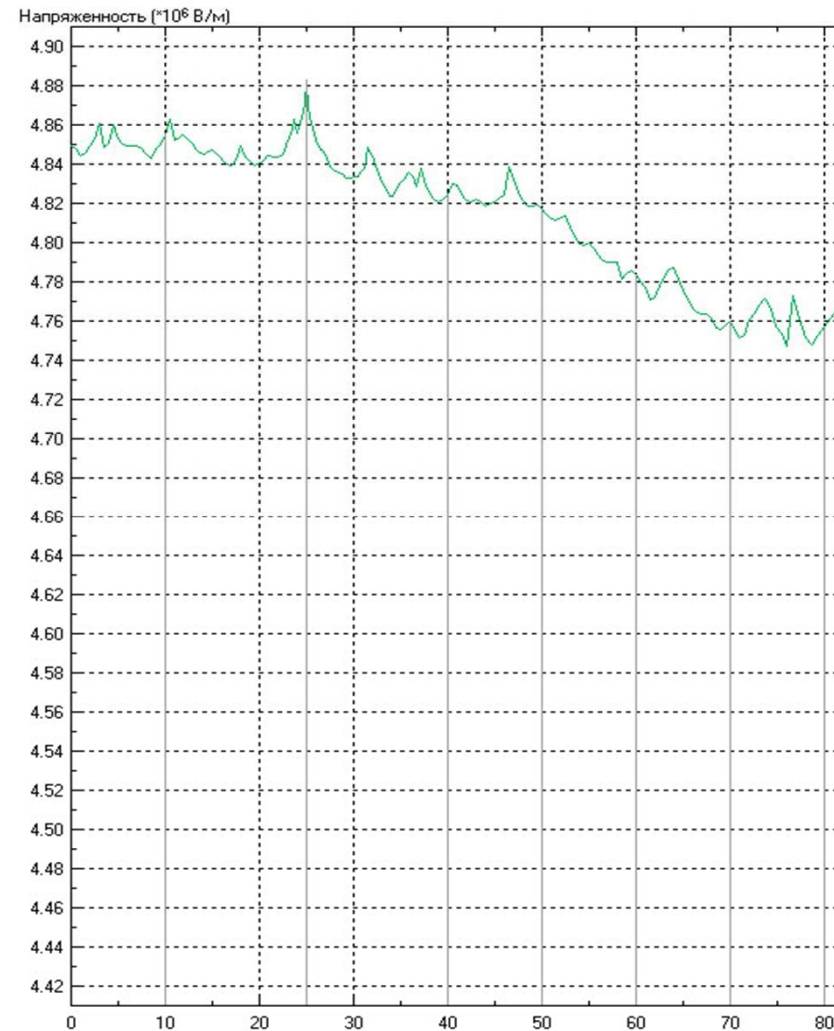


Рефлектор: $\epsilon = 2.5, \gamma = 0$
Конус: $\epsilon = 2.5, \gamma = 0$

Электрическое поле по поверхности П/П слоя (продолжение)



Рефлектор: $\varepsilon = 2.5$, $\gamma = 0$
Конус: $\varepsilon = 28$, $\gamma = 0$



Рефлектор: $\varepsilon = 2.5$, $\gamma = 2 \cdot 10^{-4}$
Конус: $\varepsilon = 28$, $\gamma = 0$

Выбор материалов для элементов стресс-конуса

Смесь эластичного полимерного материала
с мелкодисперсным токопроводящим наполнителем

Эластичный материал:

- Этиленпропиленовая резина
- Силиконовая резина

Дисперсный проводящий
наполнитель:

- Сажа
- Металлическая пыль

Заключение

- Предложен комбинированный способ снижения неоднородности электрического поля в подвижных муфтах и муфтах холодной усадки силовых кабелей, основанный на сочетании геометрического и рефракционного методов выравнивания.
- Оптимальные геометрические размеры и физические свойства элементов конуса выбраны путем моделирования электрического поля методом конечных элементов
- Предлагаемый подход позволит упростить технологию производства регулирующего слоя (рефлектора) и снизить себестоимость конечного продукта.

