



# Кабельные линии

Начальный период развития кабельной техники был тесно связан с работами по электромагнитному телеграфу

Павел Львович Шиллинг



Телеграфный аппарат П. Л. Шиллинга



# Кабельные линии -

линия для передачи электроэнергии или отдельных импульсов её, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепёжными деталями, а для маслonaполненных кабельных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла.

# Классификация

- \* **внутриплощадочные** — сети на территории одного объекта (завод, нефтебаза ...), назначение — обеспечение технологической и производственной связью внутри объекта. Пример — имеется совокупность резервуаров для хранения жидких химикатов. В резервуарах есть датчики температуры, уровня и пр. Кабель, по которому передаются сигналы с датчиков в серверную для мониторинга и обработки будет входить в состав внутриплощадочных сетей.
- \* **местные** — кабельные линии между зданиями в городе (разные предприятия) или близлежащими населенными пунктами (поселки, села...), назначение — обеспечение связью на местном уровне, например, каналы телефонной связи для присоединения ведомственной АТС к городской АТС.
- \* **внутризоновые** — кабельные линии внутри одного края, области, назначение — обеспечение связью внутри данной зоны.
- \* **магистральные** — кабельные линии проходящие (соединяющие) более одного субъекта, назначение — обеспечение связью между субъектами.
- \* **международные** — кабельные линии проходящие через границу государств(а), назначение — обеспечение связью между странами (сеть Интернет)

# Состав

- \* Кабельные линии состоят из узлов связи, необслуживаемых регенерационных (усилительных) пунктов – НРП, НУП, кабельной трассы.
- \* узел связи – сооружение связи, в котором установлено оборудование систем передачи. Бывают обслуживаемые, полубслуживаемые и необслуживаемые. В обслуживаемых узлах связи ведется круглосуточное дежурство, днем может присутствовать инженерно-технический персонал. В полубслуживаемых узлах в рабочее время находится персонал, в нерабочее время узел закрывается. Обслуживание оборудования связи в необслуживаемом узле связи осуществляется по графику или по мере необходимости. Физически выглядит как здание или блок-контейнер
- \* кабельная трасса (трасса) – кабель проложенный в грунте (чаще всего вне населенного пункта), в канализации (чаще всего по территории крупного населенного пункта). Сюда же входят кабельные колодцы, приямки, сигнальные столбики и знаки, вводно-кабельные помещения и прочие линейные сооружения.

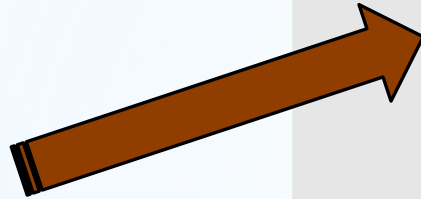
# Подземные и надземные кабельные линии



При прокладке на глубине 1-1,2 м кабели 20 кВ и ниже (кроме кабелей городских электросетей) допускается не защищать от механических повреждений.

Кабели до 1 кВ должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения (например, в местах частых раскопок). Асфальтовые покрытия улиц и т. п. рассматриваются как места, где разрытия производятся в редких случаях. Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1 кВ, питающих электроприемники I категории\*, допускается в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные прастмассовые ленты, удовлетворяющие техническим требованиям, утвержденным Минэнерго СССР. Не допускается применение сигнальных лент в местах пересечений кабельных линий с инженерными коммуникациями и над кабельными муфтами на расстоянии по 2 м в каждую сторону от пересекаемой коммуникации или муфты, а также на подходах линий к распределительным устройствам и подстанциям в радиусе 5 м.

\* В конце 80-ых и начале 90-ых годов в кабельной технике произошли решающие изменения благодаря вводу нового вида изоляционного материала - пропитанной бумаги

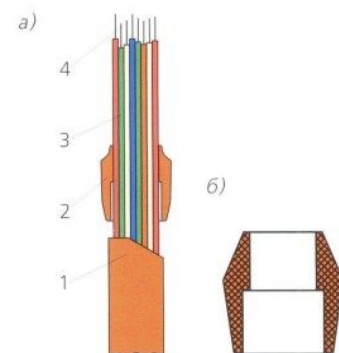
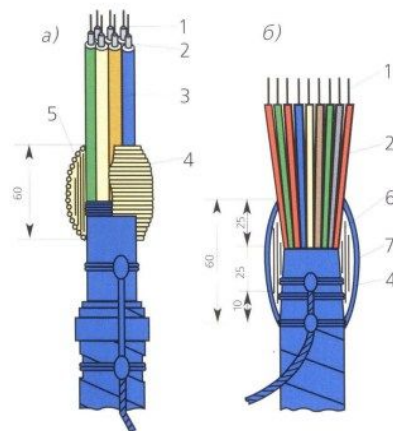
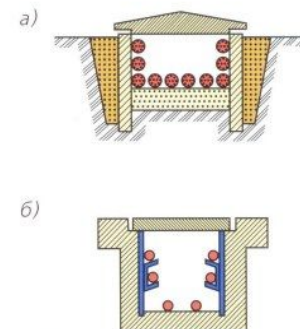
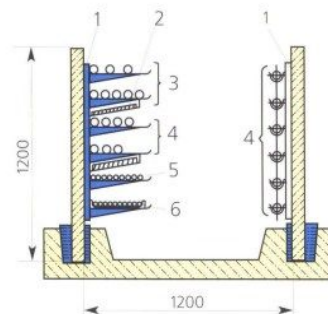
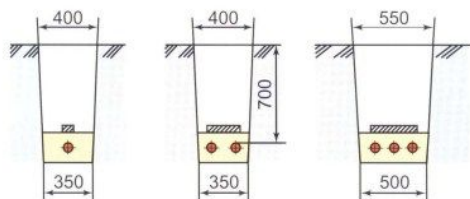
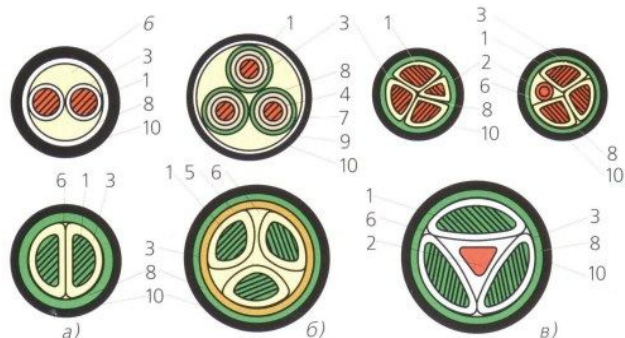


*В 1908 г. появились первые трехжильные кабели на напряжение 20 кВ с поясной изоляцией и вязкой пропиткой*

Силовые кабели с пропитанной бумажной изоляцией (с вязкой пропиткой) имеют значительные ограничения по номинальному напряжению из-за интенсивных ионизационных процессов при переменном напряжении, и поэтому применяются

Вспредделительных сетях России при напряжениях до 35 кВ включительно (за рубежом при напряжениях до 60 кВ).

# КАБЕЛИ СИЛОВЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ

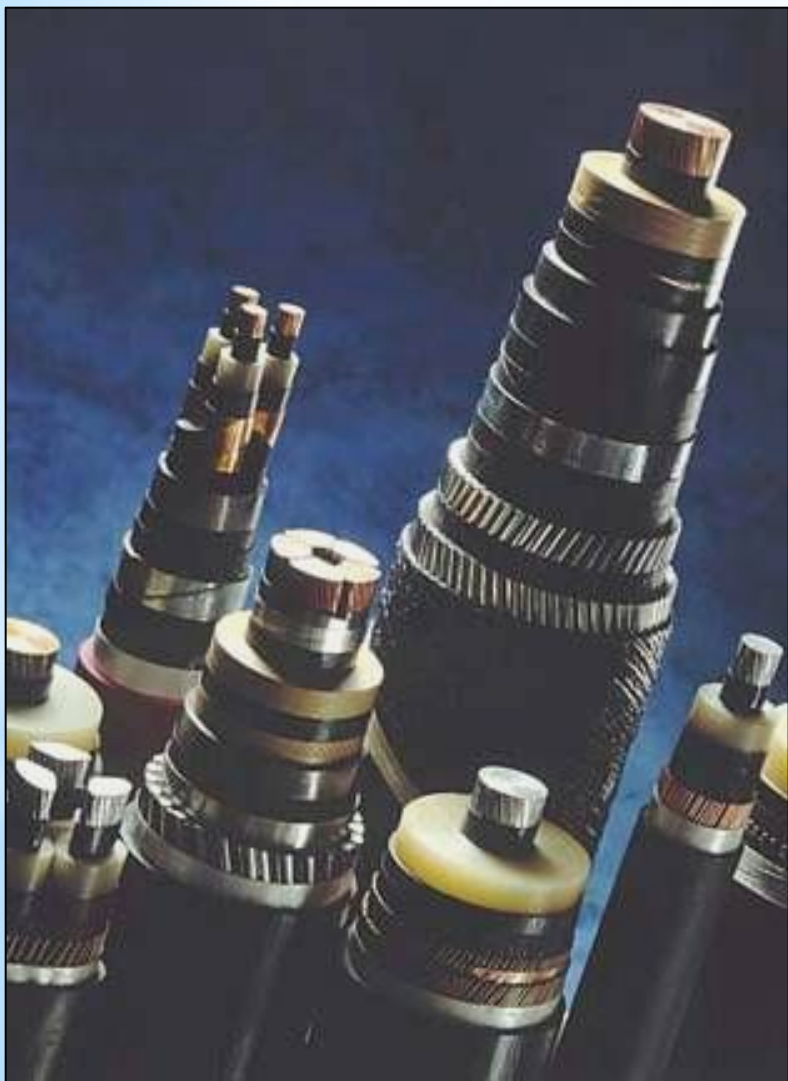




# Подземные кабельные линии

- \* При параллельной прокладке кабельных линий расстояние по горизонтали в свету между кабелями должно быть не менее:
  - \* 1) 100 мм между силовыми кабелями до 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;
  - \* 2) 250 мм между кабелями 20-35 кВ и между ними и другими кабелями;
  - \* 3) 500 мм\* между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи;
  - \* 4) 500 мм между маслонаполненными кабелями 110-220 кВ и другими кабелями; при этом кабельные маслонаполненные линии низкого давления отделяются одна от другой и от других кабелей железобетонными плитами, поставленными на ребро; кроме того, следует производить расчет электромагнитного влияния на кабели связи.
- \* Допускается в случаях необходимости по согласованию между эксплуатирующими организациями с учетом местных условий уменьшение расстояний, указанных в пп. 2 и 3, до 100 мм, а между силовыми кабелями до 10 кВ и кабелями связи, кроме кабелей с цепями, уплотненными высокочастотными системами телефонной связи, до 250 мм при условии защиты кабелей от повреждений, могущих возникнуть при КЗ в одном из кабелей (прокладка в трубах, установка несгораемых перегородок и т. п.).
- \* Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.
- \* \* *Согласовано с Министерством связи.*
- \* При прокладке кабельных линий в зоне насаждений расстояние от кабелей до стволов деревьев должно быть, как правило, не менее 2 м. Допускается по согласованию с организацией, в ведении которой находятся зеленые насаждения, уменьшение этого расстояния при условии прокладки кабелей в трубах, проложенных путем подкопки.
- \* При прокладке кабелей в пределах зеленой зоны с кустарниковыми посадками указанные расстояния допускается уменьшить до 0,75 м.

# Кабели на напряжение 110-500 кВ



- \* Маслонаполненный кабель низкого давления
- \* Маслонаполненный кабель высокого давления
- \* Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена СПЭ (XLPE)

# Маслонаполненный кабель низкого давления



- \* Многопроволочная жила
- \* Бумажно-масляная изоляция
- \* Металлическая оболочка
- \* Броня
- \* Антикоррозионная защита

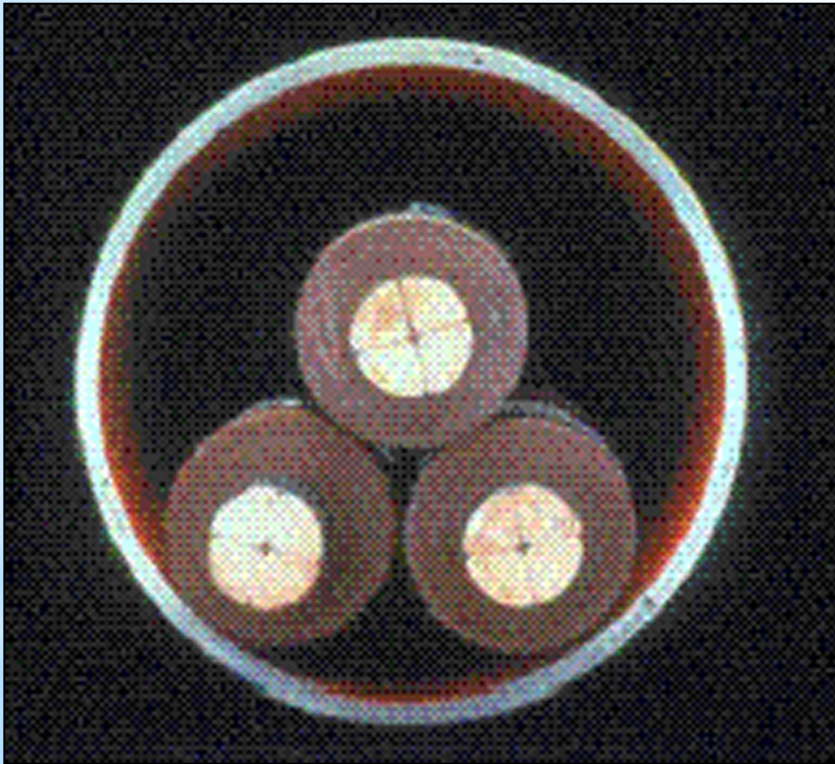
# Достоинства

- \* Напряжение до 420 кВ ( $\pm 600$  кВ)
- \* Относительно невысокая стоимость
- \* Наличие отечественных технологий производства

# Недостатки

- \* Низкая экологическая безопасность
- \* Пожароопасность
- \* Сложность монтажа
- \* Сложность ремонта
- \* Большие расходы на эксплуатацию

# Маслонаполненный кабель высокого давления



- \* Многопроволочная жила
- \* Бумажно-масляная изоляция
- \* Три фазы в общей трубе
- \* Давление масла 11-16 атмосфер

# Достоинства

- \* Напряжение до 1000 кВ
- \* Высокая надежность
- \* Низкая повреждаемость
- \* Наличие отечественных технологий производства

# Недостатки

- \* Низкая экологическая безопасность
- \* Пожароопасность
- \* Сложность монтажа, обслуживания, ремонта
- \* Очень большие расходы на эксплуатацию

# Кабель с СПЭ (XLPE) изоляцией



1. Жила
2. Экран жилы
3. СПЭ - изоляция
4. Экран изоляции
5. Электропроводящие ленты
6. Медная лента
7. Медный экран
8. Электропроводящие ленты
9. Алюмо-полимерная лента
10. Защитная оболочка

# Достоинства

- \* Напряжение до 550 кВ
- \* Экологическая безопасность
- \* Простота монтажа и ремонта
- \* Высокие эксплуатационные характеристики
- \* Малые расходы на эксплуатацию

# Недостатки

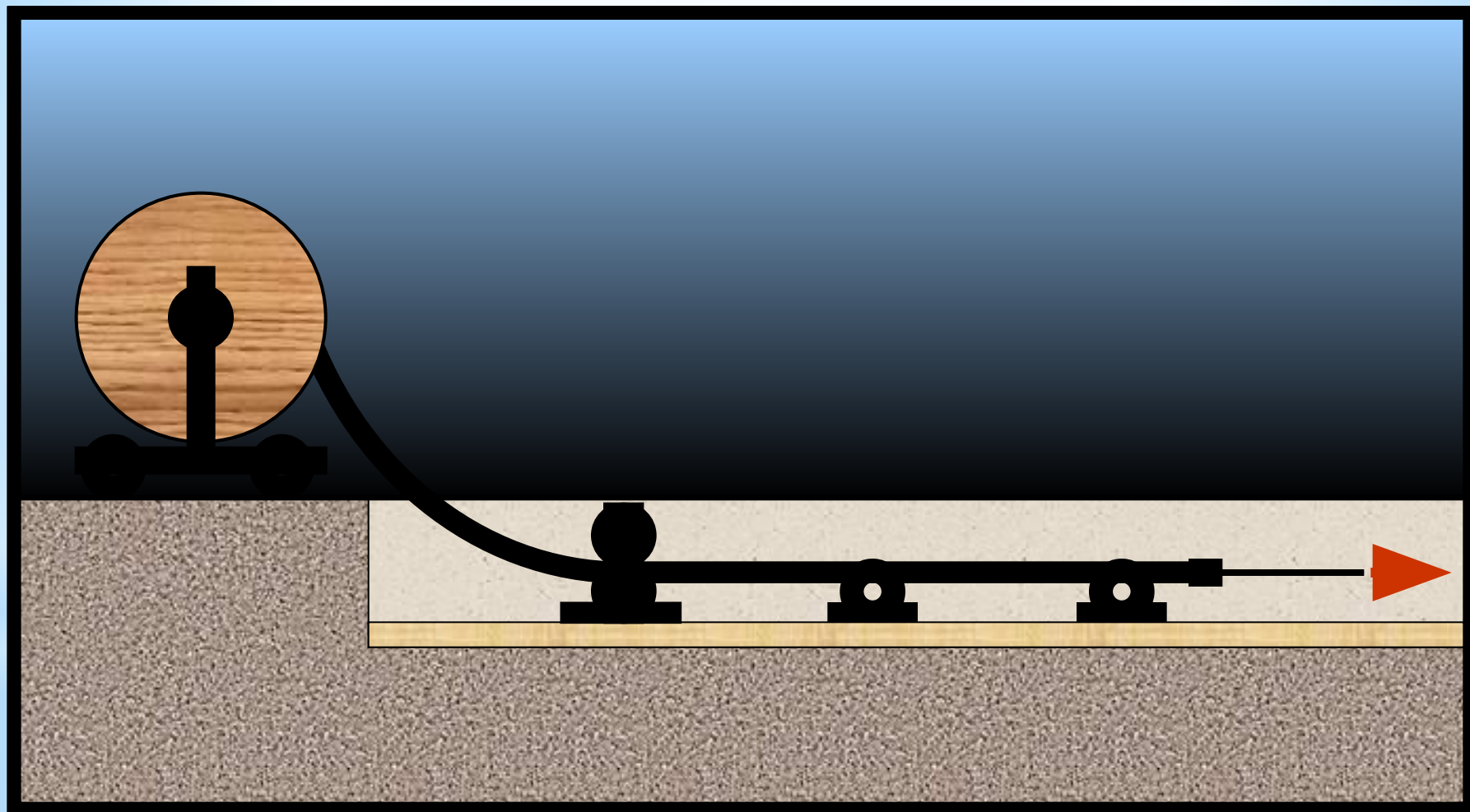
- \* Высокая стоимость кабеля и арматуры
- \* Отсутствие отечественных технологий производства



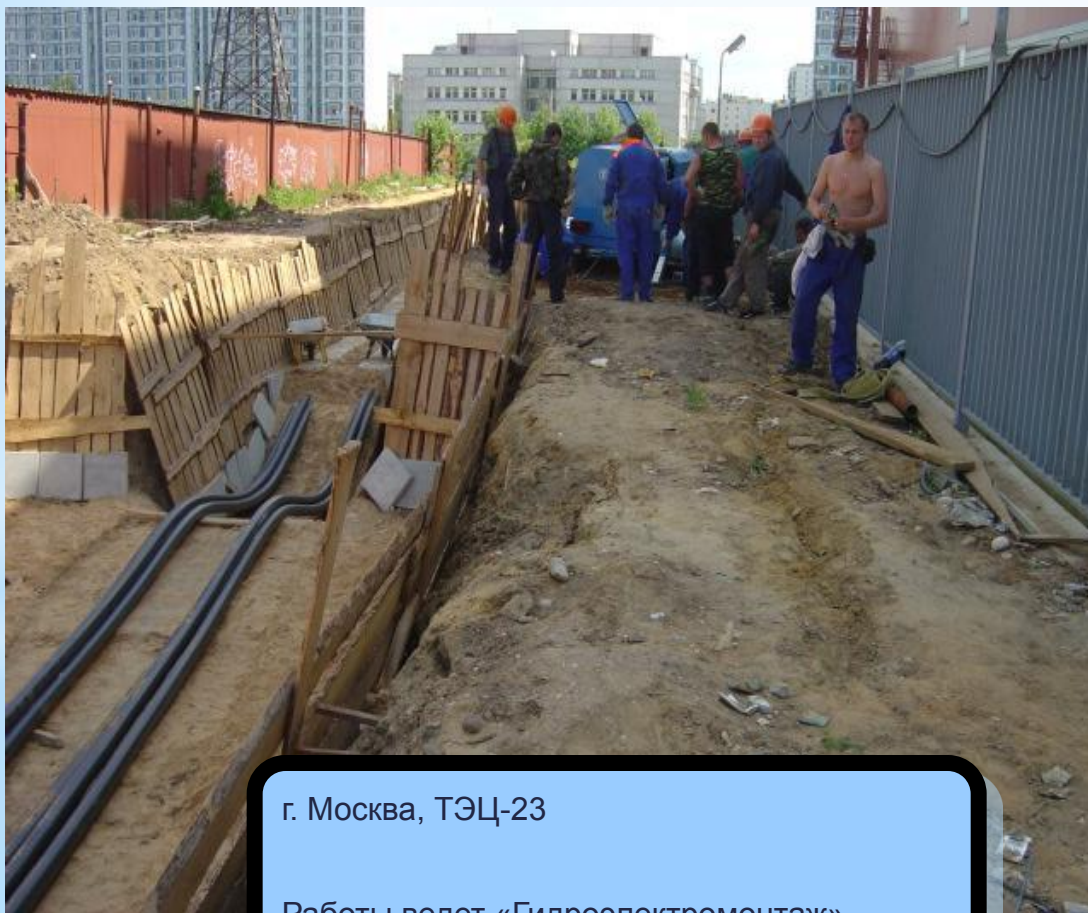
# Сравнительные характеристики

Наименование	М/Н низкого давления	М/Н высокого давления	СПЭ (XLPE)
Мин. температура эксплуатации	0 °С	0 °С	-50 °С
$\text{tg } \delta$	0,003	0,003	<0,001
Эл. прочность изоляции кВ/мм	8 – 9,5	8 – 9,5	9 – 13
Термическое сопротивление К·м/Вт	5,5	5,5	3,5
Длительно-допустимая температура жилы	75 °С	85 °С	90 °С
Допустимая температура жилы при коротком замыкании	160 °С	200 °С	250 °С

# Прокладка кабеля в траншее



# Прокладка КЛ 110кВ с использованием кабельных лебедок Thaler GmbH



г. Москва, ТЭЦ-23

Работы ведет «Гидроэлектромонтаж»



Строительство ПС «Марфино».

Компания «ЭнергоСервис»

Промежуточное  
устройство тяжения  
«CableDog»



# Прокладка кабеля в траншее



# Установка концевых муфт



# Присоединение кабельной линии

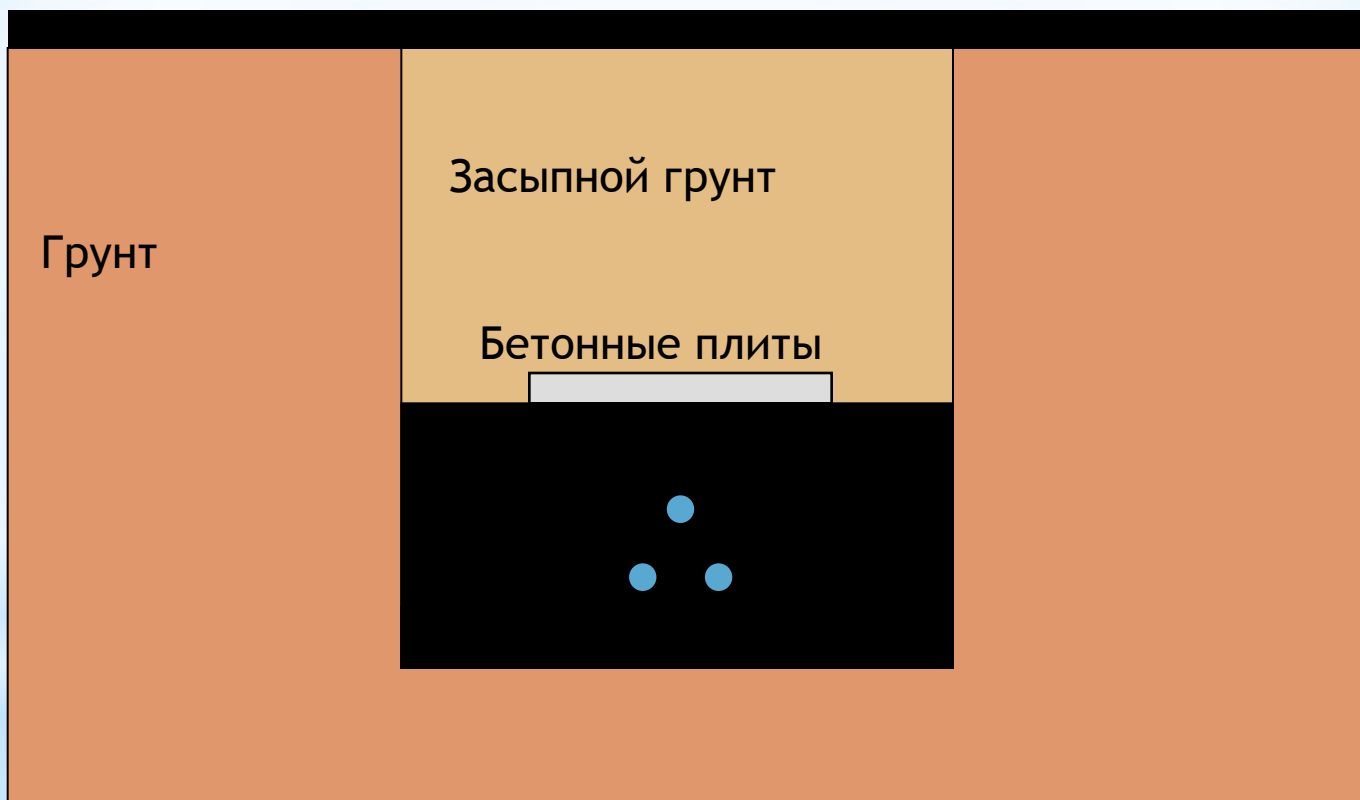




Элегазовые  
вводы в КРУЭ



# Прокладка кабеля в траншее, расположение фаз треугольником



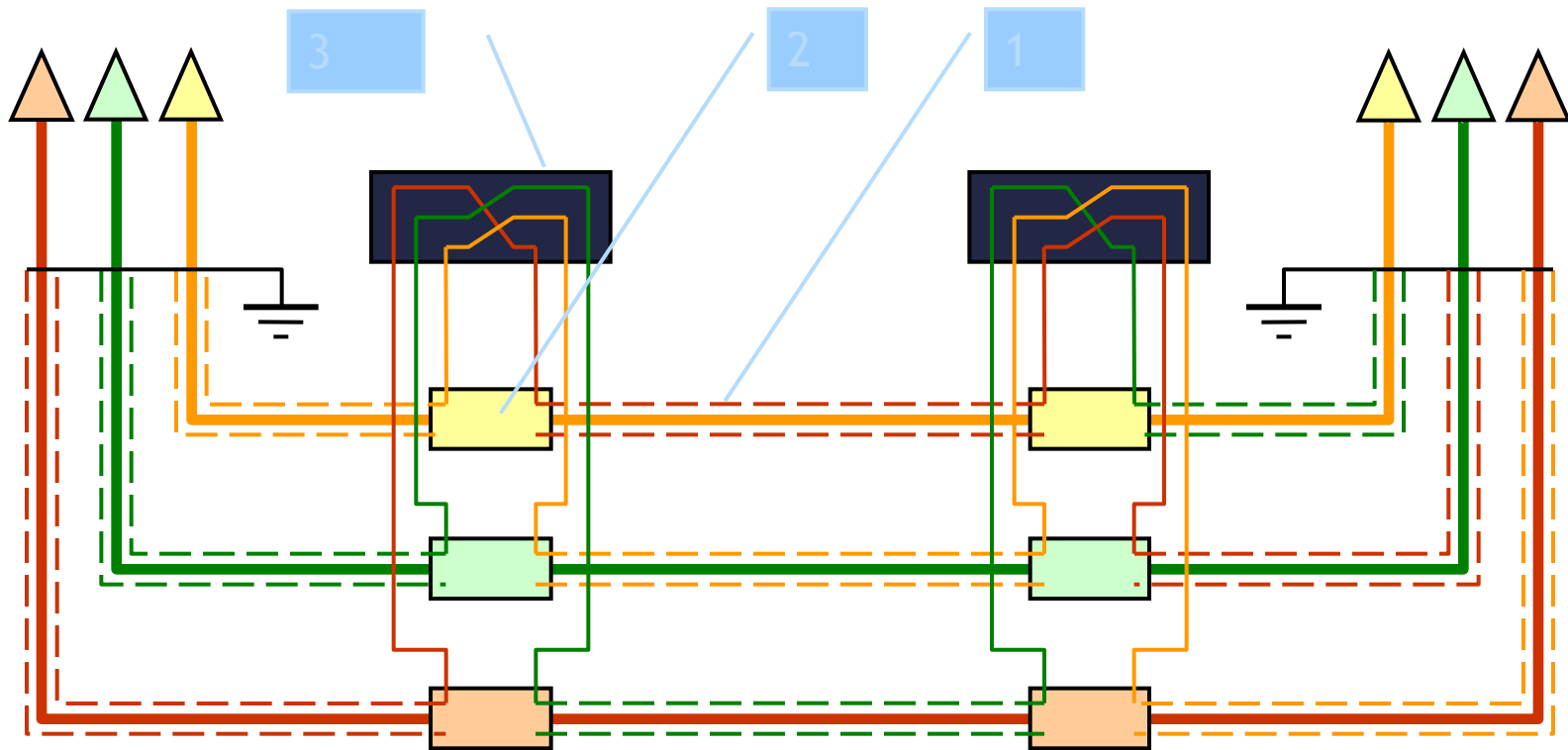
# Прокладка в траншее двух параллельных линий



# Прокладка кабеля в траншее, расположение фаз в плоскости



# Схема транспозиции экранов кабеля



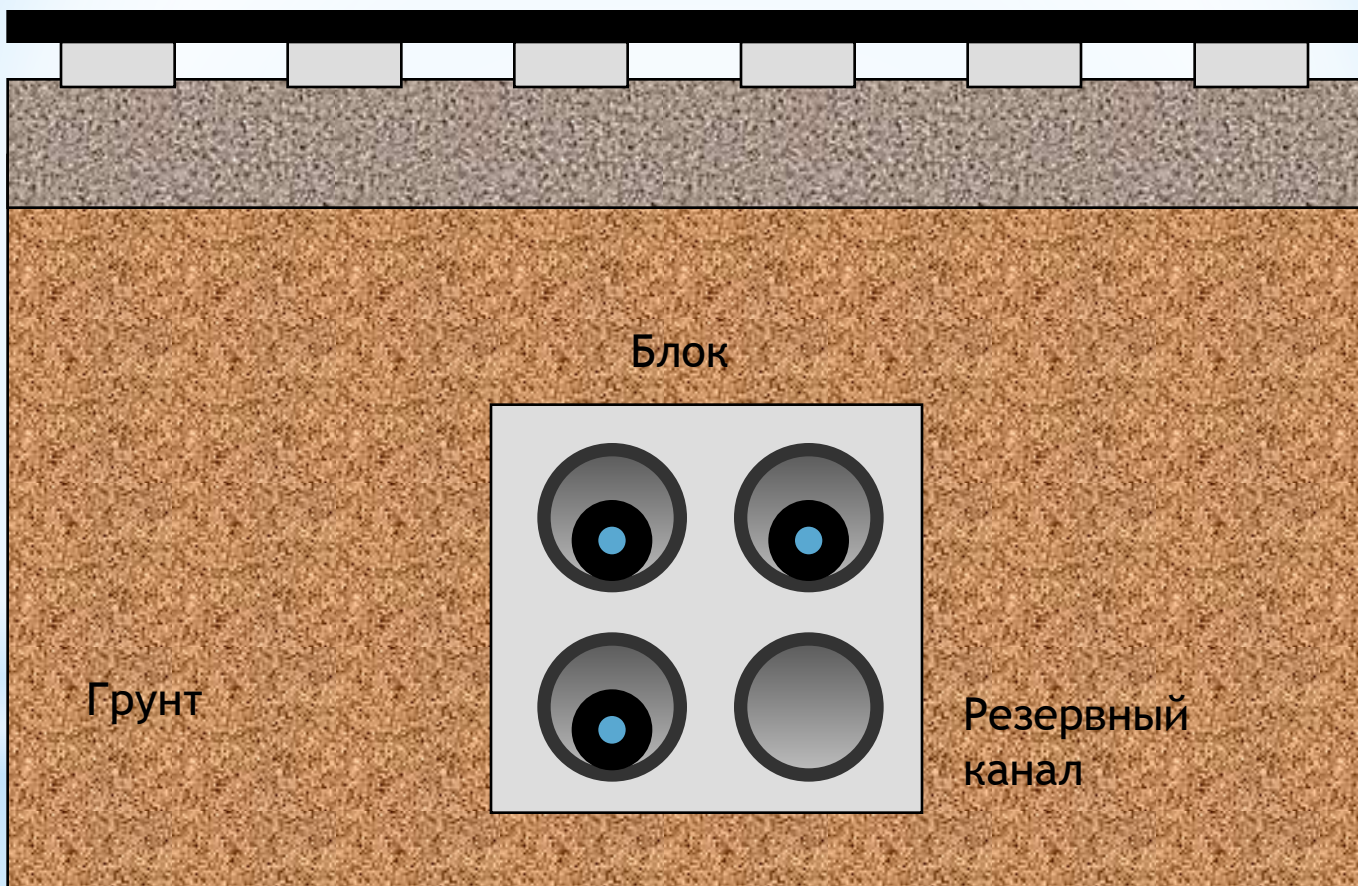
1 - Экран. 2 - Транспозиционная муфта. 3 - Устройство транспозиции.

# Прокладка кабеля в трубах

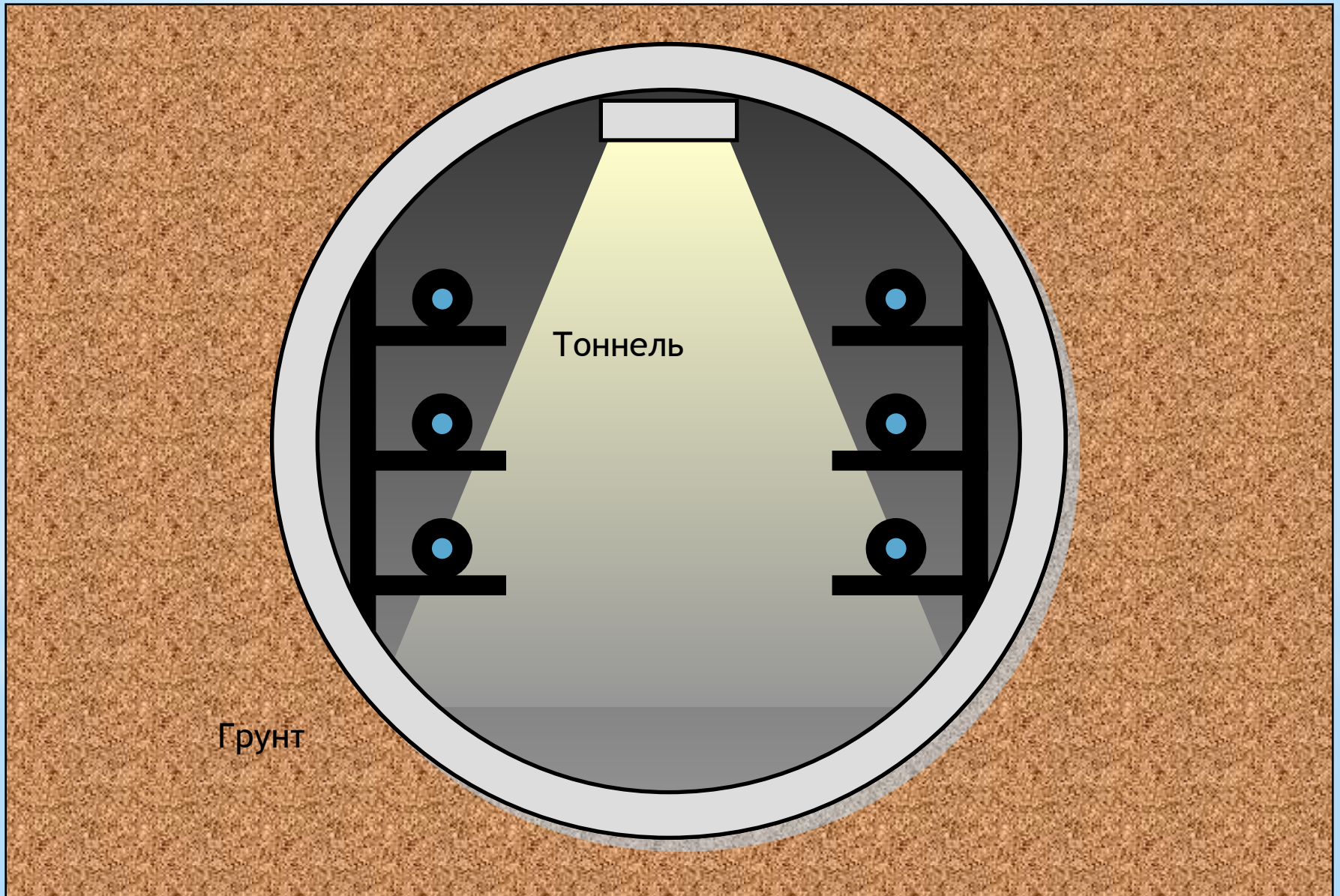


# Прокладка кабеля в блоках

Железная дорога



# Прокладка кабеля в тоннеле



# Прокладка кабеля 400 кВ в тоннеле 6,3 км (Берлин 1996-1998)





Прокладка кабеля  
245 кВ в тоннеле  
(Стокгольм 1999 год)



# Основные причины прокладки кабеля

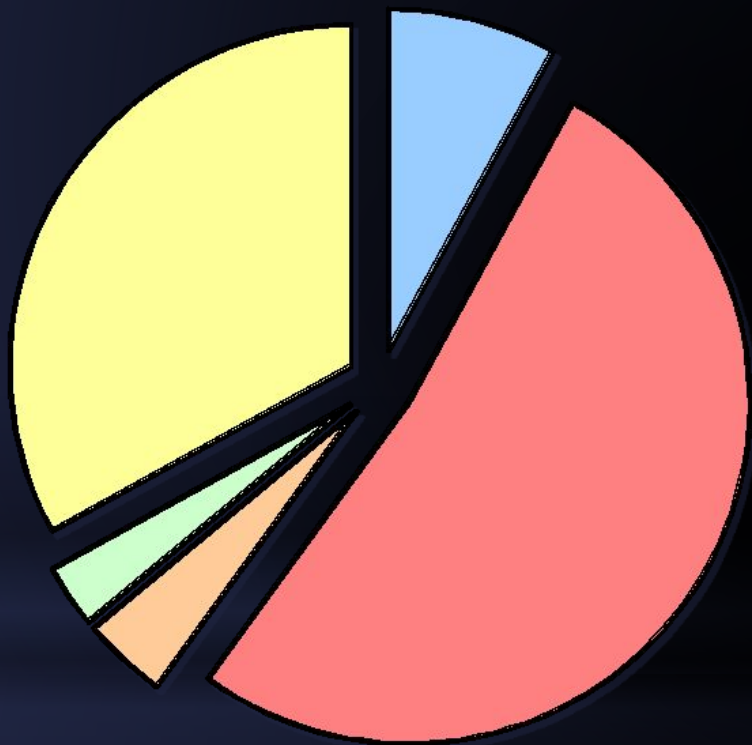
- \* Невозможность строительства ВЛ
- \* Повышенные требования к надежности и безопасности электроснабжения
- \* Ввод новых мощностей в городах
- \* Освобождение земли в городах под застройку

# Замена воздушных линий на кабельные

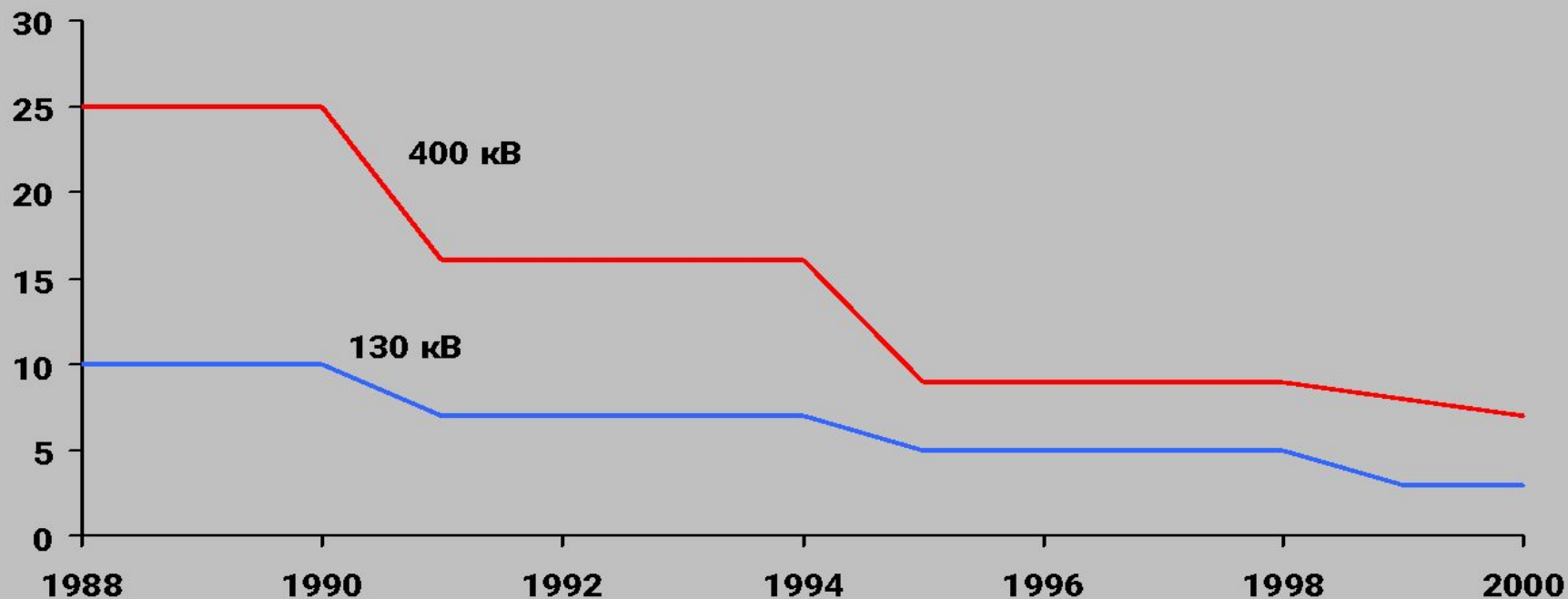


# Составляющие стоимости КЛ 220 кВ

- Проектирование
- Кабельная продукция
- Инструмент и оборудование
- Обучение персонала и шеф-монтаж
- Строительство



# Динамика изменения стоимости строительства КЛ по сравнению с ВЛ

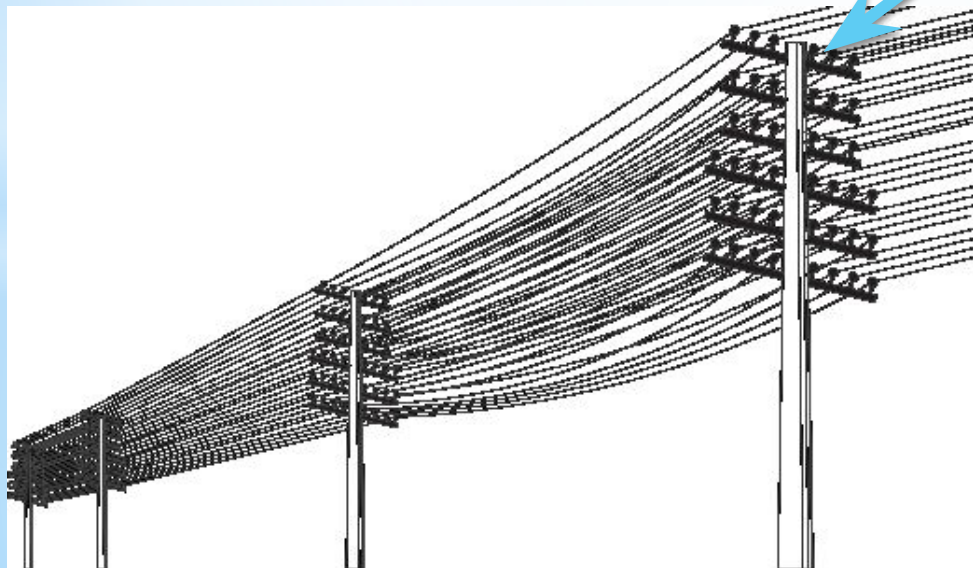


# ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ



\* *Воздушной линией электропередачи (ВЛ)* называют устройство для передачи электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным с помощью изоляторов и арматуры к опорам, кронштейнам и стойкам на мостах, путепроводах и т. п. Провода ВЛ напряжением до 10 кВ крепят к изоляторам, установленным на траверсах деревянных или железобетонных опор

Изоляция ВЛ ЛЭП вначале была полностью заимствована у телеграфных линий. Первоначально это были штыревые, стеклянные или фарфоровые колоколообразные изоляторы



Линия передачи  
однофазного  
переменного тока в  
Портленде (1889 г.)

## Стекланные изоляторы серии ПС, ПСВ, ПСД

Областью применения стекланных изоляторов серии ПС, ПСД и ПСВ являются воздушные линии электропередач и распределительные устройства электростанций. При этом требования к току уже были описаны выше – его частота не должна превышать 100 Гц, напряжение же может быть выше 1000 В.



## Изолятор стекланный линейный штыревой серии ШС

Стекланные изоляторы серии ШС являются практически аналогом предыдущей серии, с той лишь разницей, что напряжение в сети, использующей подобные устройства, может достигать 10 кВ, частота его по прежнему не должна превышать 100 Гц. Данные изоляторы также примечательны тем, что могут быть использованы в достаточно суровых климатических условиях с большими перепадами температур.





## Фарфоровые изоляторы штыревые серии ШФ, ТФ

Аналогом первого вида стеклянных изоляторов среди фарфоровых устройств являются изоляторы серий ШФ и ТФ. Их различие состоит в максимально допустимом напряжении для сетей с их использованием. Так, при использовании изоляторов серии ТФ, напряжение в сети не должно превышать 1000 В, в то время, как изоляторы серии ШФ позволяют работать с подобными величинами.

## Фарфоровые изоляторы проходные серии ИПТ, ИПТВ, ПТ, ИП, ИПУ

Линейка фарфоровых изоляторов также представлена изделиями серий ПТ, ИП, ИПТ, ИПУ и ИПТВ. Данные изоляторы могут быть использованы для создания вводных конструкций для трансформаторов, рабочее напряжение которых колеблется от 1 до 35 кВ с частотой тока 50 – 60 Гц. Для этих целей следует использовать изоляторы серий ПТ, ИПТ и ИПТВ. Изделия серий ИП и ИПУ могут быть использованы с целью изоляции токоведущих конструкций, рабочее напряжение в которых превышает 1 кВ, а частота тока составляет 100 Гц.



Фарфоровые изоляторы опорные серии ИО, ИОР, ОФР, СА, К-709, К-710, К-711

Эти фарфоровые изоляторы предназначены для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах.



Фарфоровые изоляторы опорно-стержневые серии ИОС

Изоляторы серии ИОС относятся к опорно-стержневым изоляторам. Они также используются для изоляции токоведущих частей с рабочим напряжением свыше 1000 В и частотой переменного тока, равной 100 Гц.



В конце 1906 г. были изобретены проходные, опорные, подвесные изоляторы на основе керамики, покрытой глазурью, позже эти изоляторы стали изготавливать из электротехнических стекол и специальных пластмасс.

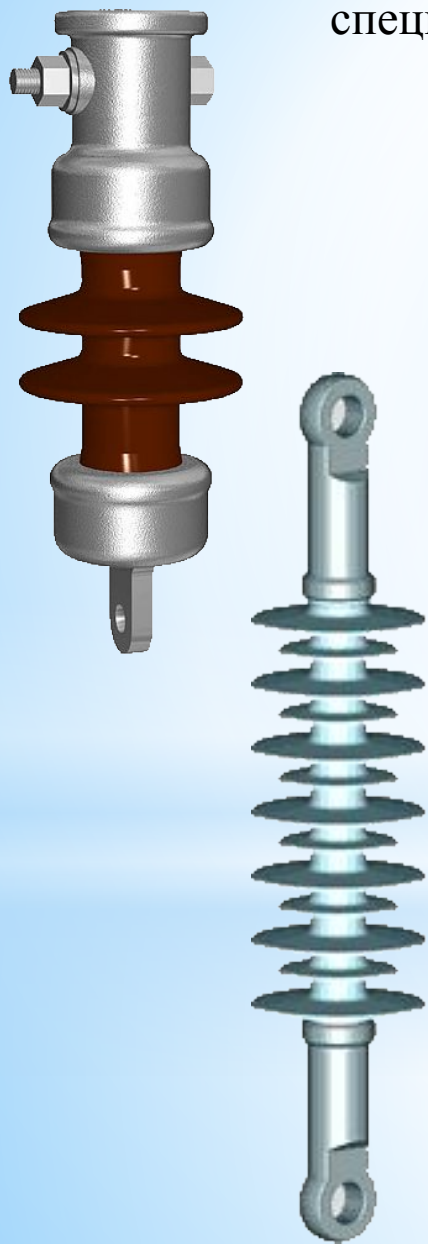
### Керамические изоляторы для контактной сети железных дорог серии ФСФ, КСФ, НСФ, ПСФ

Последними в линейке керамических изоляторов являются устройства серий ФСФ, ПСФ, НСФ и КСФ. Данные изоляторы используются в железнодорожных сетях. Как известно, рабочее напряжение таковых составляет порядка 3 кВ (3,3 кВ, если быть точным), с частотой переменного тока 100 Гц. Стоит отметить, что изоляторы этих серий достаточно неприхотливы к атмосферным загрязнениям.

Также в последнее время широкое распространение приобрели полимерные изоляторы. Их неоспоримым плюсом является малая стоимость используемых материалов, а также их необычные свойства, которые не присущи другим диэлектрическим веществам.

### Полимерные изоляторы линейные подвесные серии ЛК на 35/110/220/330/500 кВ

Наиболее известной серией полимерных изоляторов является серия ЛК. Это подвесные линейные изоляторы, способные работать в сетях с напряжением от 35 до 500 кВ.



# Классификация ВЛ



Сверхдальние ВЛ напряжением 500 **кВ** и выше  
Магистральные ВЛ напряжением 220 и 330 кВ  
Распределительные ВЛ напряжением 35, 110 и 150 кВ  
ВЛ 20 кВ и ниже, подводящие электроэнергию к потребителям.

## По НАПРЯЖЕНИЮ:

ВЛ до 1000 В (ВЛ низшего класса напряжений)

ВЛ выше 1000 В

ВЛ 1-35 кВ (ВЛ среднего класса напряжений)

ВЛ 110–220 кВ (ВЛ высокого класса напряжений)

ВЛ 330–750 кВ (ВЛ сверхвысокого класса напряжений)

ВЛ выше 750 кВ (ВЛ ультравысокого класса напряжений)

# Оболочки и изоляции

- \* Поливинилхлоридные пластикаты, применяемые в кабельных изделиях, делятся на три основные группы:
- \* изоляционные — имеют высокие электрические характеристики;
- \* шланговые — применяемые для защиты элементов кабельных изделий;
- \* полупроводящие — используемые для изготовления экранов. [\[7\]](#)
- \* Твёрдый поливинилхлорид имеет высокое содержание хлора (около 57 %) и воспламеняется с трудом. При воздействии пламени происходят следующие процессы:
- \* 80 °С — начинается размягчение материала;
- \* 100 °С — начинается образование хлороводорода;
- \* 160 °С — около 50 % хлороводорода выделяется в виде газа;
- \* 210 °С — поливинилхлорид плавится;
- \* 300 °С — около 85 % хлороводорода выделяется в виде газа;
- \* 350—400 °С — загорается «углеродный остов» молекулы поливинилхлорида.
- \* Один килограмм твёрдого поливинилхлорида выделяет 350 литров

# Огнестойкость

\* В России испытания огнестойких кабелей производятся при стандартном температурном режиме в испытательной печи. Режим может создаваться комбинированным нагревом: излучением от электронагревателей и тепловыделением от регулируемых газовых или жидкостных горелок. Прямое воздействие пламени горелок на испытуемый образец должно быть исключено. Образец представляет собой кабельную линию в проектном исполнении, которая устанавливается в испытательной печи в соответствии с технической документацией на данное изделие. При использовании коробов, лотков или труб образец устанавливают в испытательную печь горизонтально таким образом, чтобы место стыка находилось в середине испытательной печи. В испытательных печах должен быть создан стандартный температурный режим