

# Опоры воздушных ЛЭП



# Классификация опор ЛЭП

- Промежуточные, на которых провода закрепляются в поддерживающих зажимах.
- Анкерного типа, служащие для натяжения проводов; на этих опорах провода закрепляются в натяжных зажимах.
- Промежуточные прямые - на прямых участках ЛЭП. Провода закрепляются в зажимах на гирляндах, либо проволочной вязкой.
- Промежуточные угловые - на углах до  $20^\circ$ .
- Анкерно-угловые - при больших углах поворота.
- Специальные - транспозиционные, ответвительные, переходные.

## МАТЕРИАЛ ОПОР ЛЭП

- **Железобетонные**— из бетона, армированного металлом. Для линий 35—110 кВ и выше обычно применяют опоры из центрифугированного бетона.
- **Металлические (решетчатые, многогранные)** — из стали специальных марок. Соединения элементов сваркой или болтами. Металл оцинковывают или периодически окрашивают специальными красками.
- **Деревянные** - в основном, сосновые опоры и реже из лиственницы. Применяют в России для ВЛ напряжением до 220кВ (в США –до 330кВ).

# Обозначения опор

- Для металлических и железобетонных опор ВЛ 35—330 кВ в России принята следующая система обозначений:
- **П, ПС** - промежуточные опоры
- **ПВС**- промежуточные опоры с внутренними связями
- **ПУ, ПУС** -промежуточные угловые
- **ПП** - промежуточные переходные
- **У, УС**- анкерно-угловые
- **К, КС** – анкерно-концевые
- Система обозначений иногда нарушается заводами-изготовителями.

# Технология производства деревянных опор

- **1. Сортировка** на линии с электронным считывающим устройством.
- **2. Окорка** на линии, оборудованной окорочными станками, контроль качества обработки древесины и выбраковка.
- **3. Пропитка антисептиком.** Пропитка и сушка в автоклавах способом «вакуум – давление – вакуум». Глубина пропитки не менее 85% заболони. Фиксация пропитки в древесине перегретым паром. Длина автоклавов-27,0м.; диаметр-2,0м; объем- 84,78 куб.м.

# Сортировка, окорка и выбраковка древесины



# Пропитка и сушка древесины

**Пропитка антисептиком ССА**

**(медь, хром, мышьяк),**

**ТУ 5314-002-05020332-2005**

**Срок службы в контакте с почвой до**

**40-45 лет,**

**Опоры ЛЭП можно устанавливать**

**непосредственно в грунт без**

**применения железобетонных**

**приставок (пасынков).**



**Производительность** современного цеха пропитки до 200 опор в смену (2сушильных и 2 пропиточных автоклава).

**Годовой объем** – до120 000 опор. Стандартная длина опор составляет 6,5 – 11м.

**Цена** порядка 50-60 USD(шт).

**Отгрузка** опор ЛЭП покупателям производится в полувагонах (норма погрузки до 4 вагонов в сутки) или автомобильным транспортом (норма погрузки до 20 автомобилей сутки).



# Преимущества деревянных опор

Деревянные опоры легче и дешевле железобетонных на 40 %

- Высокие изоляционные свойства древесины позволяют снизить число изоляторов на линиях 35-110 кВ .

Срок эксплуатации деревянных опор достигает 45 лет, что на 20% превышает срок эксплуатации железобетонных опор

- Эффективна эксплуатация ЛЭП в сейсмоактивных зонах.
- Деревянные опоры хорошо работают на изгиб и не ломаются при больших ветровых и ледовых нагрузках.
- При падении деревянных опор нет эффекта "домино", так как повреждённая опора удерживается на проводах.
- Химический состав пропитывающих веществ делает опоры устойчивыми к огню .
- Деревянные опоры имеют исключительно высокие диэлектрические свойства.

# Многогранные конические опоры (МКО ЛЭП)

- Опоры представляют собой многогранную коническую конструкцию, изготовленную из стального листа.

Опора может состоять из одной, двух и более секций. Длина секции – до 16 метров. Обычно, для удобства транспортировки, используются секции длиной до 11,5м,

- Соединение секций между собой возможно как фланцевое, так и безфланцевое (телескопическое).
- **Высота опор: до 40 метров и более. Толщина стенки: от 3 до 12 мм. Диаметр опор: до 2 метров.**

# Установка опор многогранных металлических опор

- В грунт опоры устанавливаются либо непосредственно в пробуренную скважину, либо крепятся на фланцах к железобетонному фундаменту.
- Большое разнообразие типоразмеров многогранных металлических опор позволяет применять их
- в электроэнергетике (ВЛ 6-35кВ) ,
- на железнодорожном транспорте и т.д.

# Преимущества МКО ЛЭП

- **Надежность.** Многогранные конические опоры значительно надежнее ж/б и решетчатых, особенно в сложных гололедно-ветровых условиях. В аварийном режиме многогранная стальная опора **выдерживает нагрузки в 2-3 раза больше**, чем ж/б опора.
- **Адаптивность.** Многогранные опоры, составляющие типовой ряд могут быть легко модифицированы путем увеличения или уменьшения высоты, толщины стенки, диаметра и т.д.
- **Транспортабельность.** Многогранные опоры в несколько раз легче бетонных и решетчатых. Промежуточная опора ВЛ-35 весит около 1 т., аналогичная ж/б – 4 т., решетчатая – 2 т.
- **Удобство монтажа.** Малый вес и высокая степень заводской готовности позволяют устанавливать опору за несколько часов.
- **Долговечность.** Срок службы многогранных опор (50 лет) в два раза выше, чем у ж/б опор.
- **Экономичность.** Капитальные затраты на сооружение 1 км ЛЭП на 25 – 50% ниже, чем при использовании ж/б и решетчатых опор. При этом эффект выше при сооружении ЛЭП в отдаленных и сложных регионах.

**Срок службы** железобетонных и металлических оцинкованных или периодически окрашиваемых опор достигает **50 лет и более**.

**Стоимость** металлических и железобетонных опор значительно превышает стоимость деревянных опор.

**Выбор** того или иного материала для опор обуславливается экономическими соображениями, а также наличием соответствующего материала в районе сооружения линии.

# Расположение проводов на опоре

**горизонтальное** — в один ярус,

**вертикальное** — один над другим в два-три яруса,

**смешанное** — вертикально расположенные провода смещены один относительно другого по горизонтали,

**“треугольник”** — на одноцепных опорах,

**“зигзаг”** - на промежуточных опорах одноцепных ВЛ;

высота подвеса нижних проводов увеличивается в среднем на половину расстояния между нижней и верхней траверсами, что позволяет увеличить пролёт между опорами.

- Опоры **одноцепных ВЛ 6-220кВ** рассчитаны на подвеску трёх фазных проводов.
- На опорах **двухцепных ВЛ** подвешивают две параллельно идущие цепи.
- На опорах **ВЛ с расщеплёнными фазами (330кВ и выше)** подвешивается несколько проводов на фазу для устранения появления “короны”, создающей дополнительные активные потери и радиопомехи.
- При необходимости над фазными проводами подвешивается один или несколько **грозащитных тросов.**

- **ВЛ до 1 кВ** - подвешивают от 2-х до 5-и проводов (однофазные и трехфазные ЛЭП),
- **ВЛ 6-220 кВ** - по одному проводу на фазу,
- **ВЛ 330 кВ** - два провода (на фазу) горизонтально,
- **ВЛ 500 кВ** - три провода по вершинам треугольника,
- **ВЛ 750 кВ** - четыре или пять проводов ,
- **ВЛ 1150 кВ**- восемь проводов .



# Маркировка проводов

- **Неизолированные провода.**

**М** — провод, состоящий из одной или скрученный из нескольких медных проволок.

**А** — провод, скрученный из нескольких алюминиевых проволок.

**ПСО и ПС** — провода, изготовленные из стали, соответственно однопроволочный и многопроволочный.

В марке провода указывается и его номинальное сечение.

Например, А-50 означает алюминиевый провод  $50 \text{ мм}^2$ .

Для стальных однопроволочных проводов в марке указывают диаметр провода. Так, ПСО-5 означает однопроволочный стальной провод диаметром  $5 \text{ мм}$

- **АС** — провод, состоящий из стального сердечника и алюминиевых проволок (получил наибольшее распространение).
- **АСКС** — провод марки АС, но межпроволочное пространство стального сердечника, включая его наружную поверхность, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости.
- **АСКП** — провод марки АС, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости.
- **АСУ** — сталеалюминиевые провода с усиленным стальным сердечником.
- **АСО** — сталеалюминиевые провода с облегчённым стальным сердечником.

# Изолированные провода

- **Самонесущий изолированный провод (СИП)** - многожильный провод, содержащий изолированные жилы и несущий элемент, предназначенный для крепления или подвески провода.

**Токоведущие жилы** из медной или алюминиевой проволоки.  
**Изолирующая оболочка** из резины или ПВХ пластиката.

- **Защитные покровы** проводов с резиновой изоляцией в виде оплётки из волокнистых материалов, пропитанной противогнилостным составом.

Провода с ПВХ-изоляцией обычно изготавливают без защитных покровов.

Применяют также металлические защитные оболочки для защиты от механических повреждений.

- **Защищённый провод** - провод с экструдированной полимерной защитной изоляцией поверх токопроводящей жилы (исключается короткое замыкание между проводами при схлестывании и снижается вероятность замыкания на землю).



**ВЛ 0,4 -10кВ на деревянных опорах**



Деревянная опора линии электропередачи  
© АЛЕКСАНДР МИХЕИЧЕВ / Фотобанк Лори

Деревянная анкерно-угловая опора ВЛ 10кВ на деревянных пасынках



**ВЛ 220кВ НА ДЕРЕВЯННЫХ ОПОРАХ**



ВЛ с расщепленной фазой на деревянных  
опорах (В России не применяется)

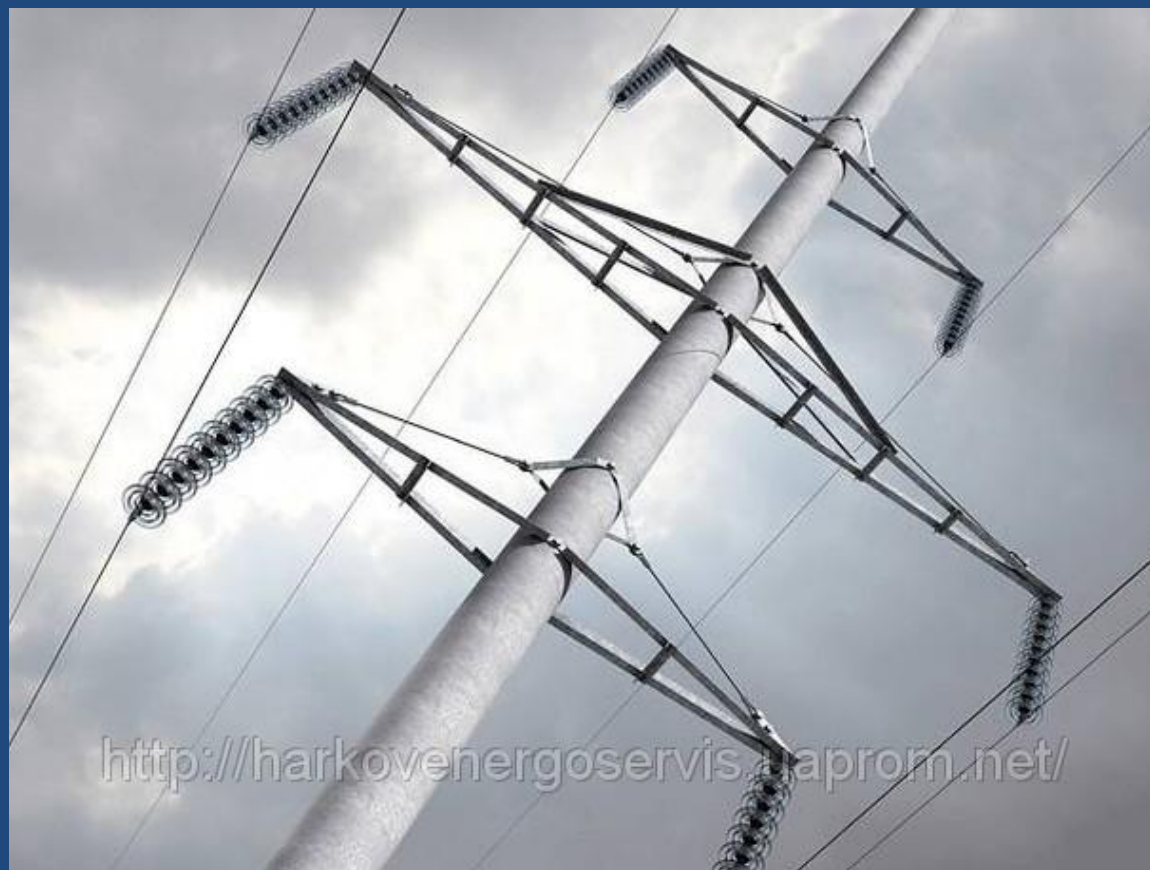


**ВЛ 10кВ на ж/б опорах**



**Двухцепная ЛЭП  
на многогранных  
металлических  
конических опорах  
(МКО)**





**2-х цепная ВЛ 220кВ на ж/б опорах**



**решетчатых металлических  
опорах**



Многоцепные ВЛ 330кВ, ВЛ 220кВ СПб - Выборг



**ВЛ 750кВ ЛАЭС - Центр  
(переход через трассу СПб-Москва)**



**Качающиеся решетчатые металлические опоры ЛЭП СВН (Африка)**



Концевая опора ВЛ 220кВ (Химки)



2 цепи ВЛ220кВ с грозозащитными тросами





**Анкерно-угловая опора МКО ВЛ220кВ**



**Переходная опора ВЛ 220кВ (Химки)**



**Анкерно-угловая опора двухцепной ВЛ 220кВ**



Переход ВЛ 220кВ через Волгу



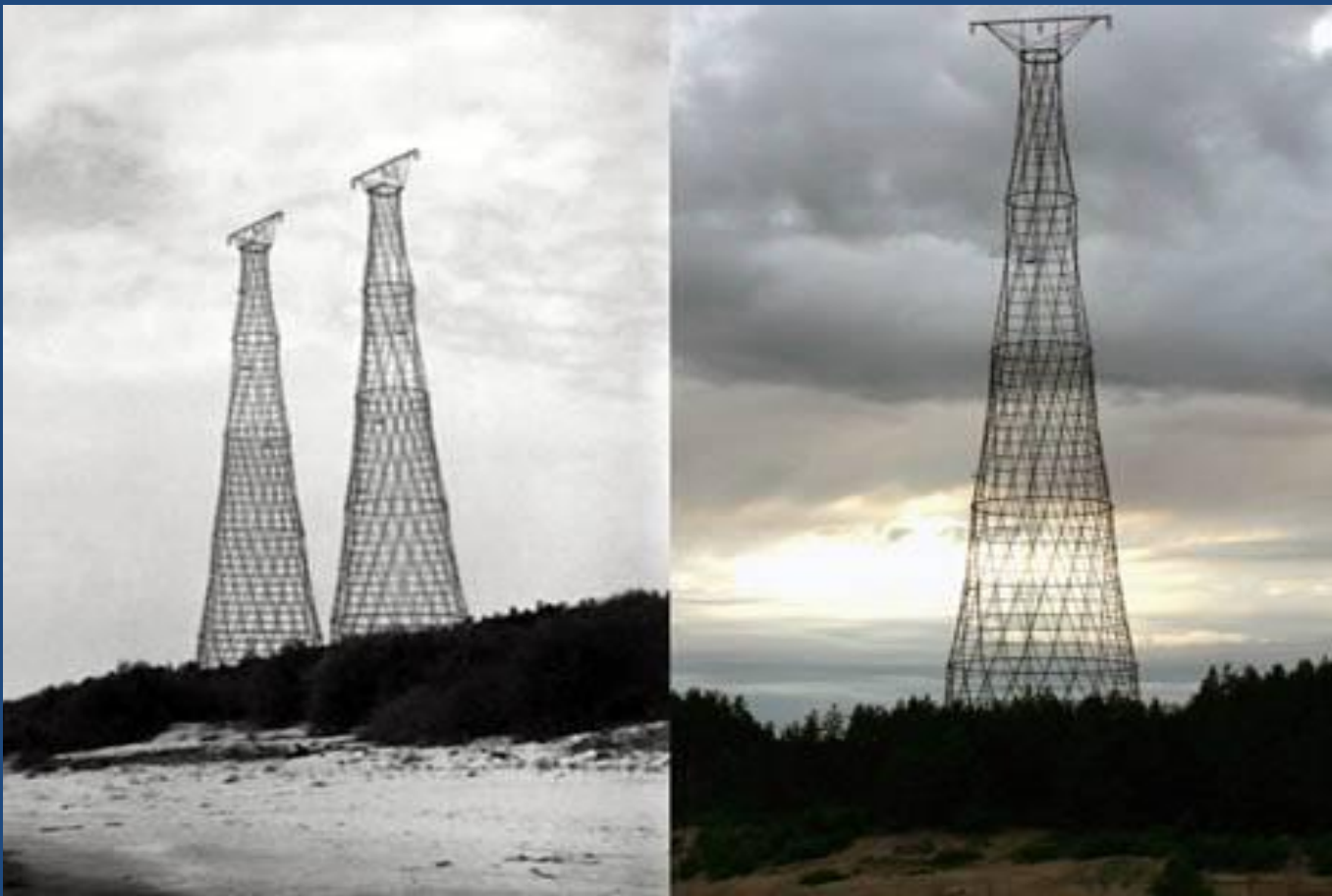
**Анкерно-угловая опора ВЛ 330кВ на решетчатых  
металлических опорах**



**Анкерно-угловая опора ВЛ 500кВ**



**Переход ВЛ 500кВ через Волгу**



## Переходные опоры ВЛ35кВ через Оку .

Проект архитектора В.Г. Шухова, 1929г. Он первым в мире предложил башни на основе гиперболоидной конструкции в 1896 г. 5 секций по 25м (128м). Болтовое соединение элементов опор. Для крепления проводов на верхней секции установлена опорная горизонтальная траверса (18м). Вокруг уникального сооружения — 30-метровый кольцевой бетонный фундамент.





**Гололед на земле , гололед...**

# Самые высокие опоры в мире

- В настоящее время самые высокие опоры установлены на переходе через реку Янцзы в КНР в местечке Янгун (Jianguyin) на ВЛ 500кВ.
- Высота обеих опор составляет по 346,5 метров, каждая имеет вес 4192 т.
- Переход, построенный в апреле 2004 года, имеет длину 2303 м.