

# Глава 3

## Конструктивное исполнение линий электропередачи

§1 Воздушные линии электропередачи

§2 Кабельные линии электропередачи

# §1 Воздушные линии электропередачи

**Воздушная линия (ВЛ)** — это устройство для передачи электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам инженерных сооружений.



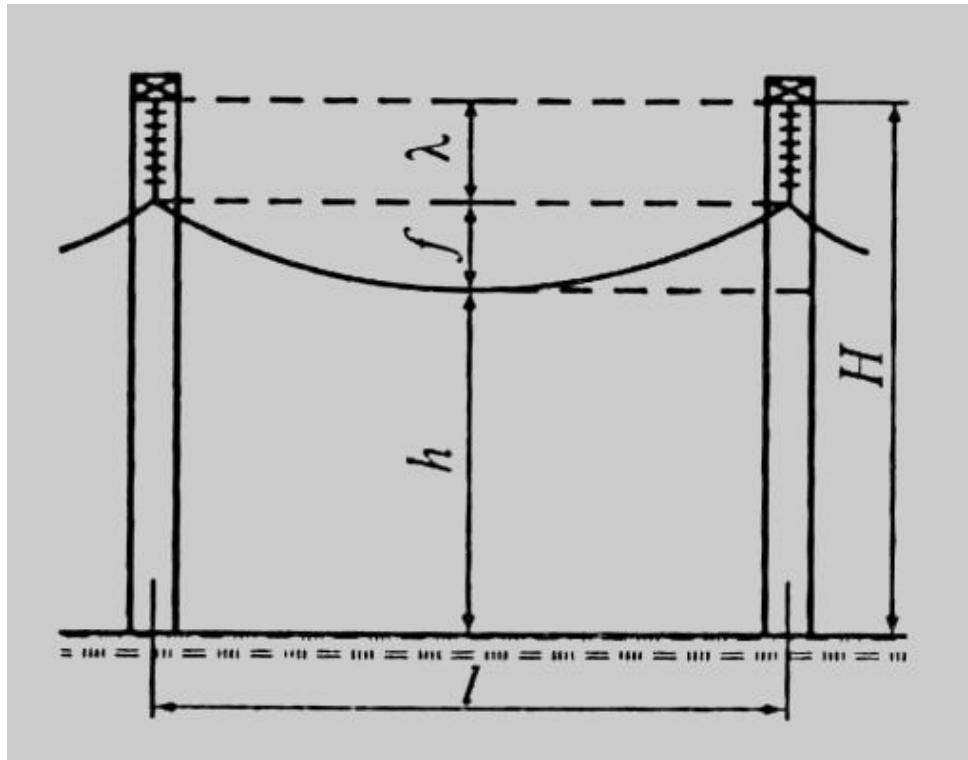


## **Главные элементы ВЛ:**

- провода фаз;
- грозозащитные тросы;
- опоры ВЛ;
- изоляторы;
- линейная арматура;
- фундаменты опор ВЛ.

## Основные габаритные размеры ВЛ:

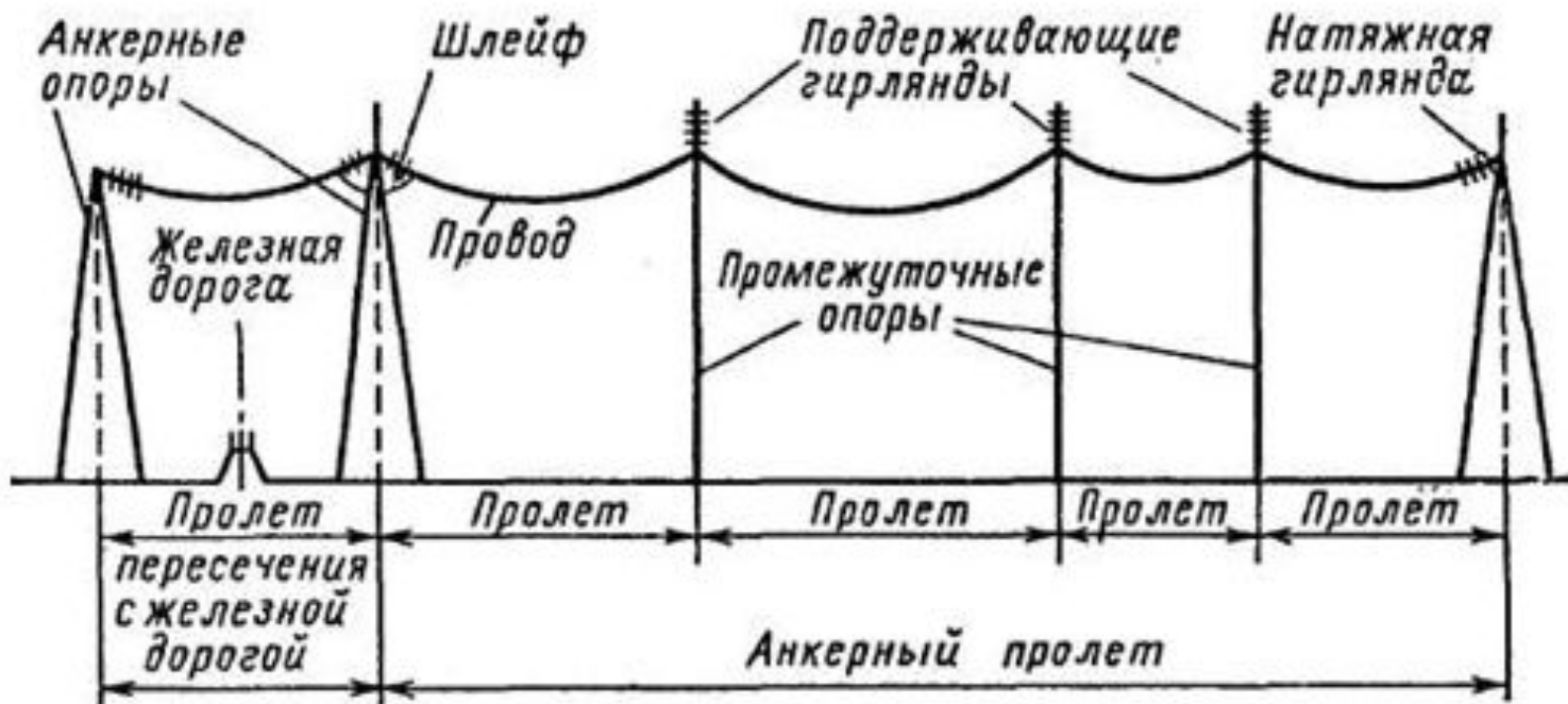
- стрела провеса провода —  $f$
- габарит линии —  $h$
- длина гирлянды изоляторов —  $\lambda$
- высота опоры ВЛ —  $H$



## Конструктивные параметры ВЛ (35—750 кВ)

U, кВ	35	110	220	330	500	750
$l$ , м	150-200	170-250	250-350	300-400	350-450	450-750
$D_{\text{мф}}$ , м	3,0	4,0	6,5	9,0	12,0	17,5
$\lambda$ , м	0,7	1,2-1,4	2,2-2,3	3,0-3,2	4,5-4,9	6,7-7,5
$H$ , м	10	13-14	22-26	25-30	27-32	30-41
$h$ , м	6-7	6-7	7-8	7,5-8	8	10-12
$n$	1	1	1	2	3	4
$F$ , мм <sup>2</sup>	50-185	70-240	240-400	240-500	300-500	400-500

# Схема анкерного пролёта воздушной линии и пролёта пересечения с железной дорогой.



Элементы ВЛ работают в сложных и разнообразных географических и климатических условиях. Кроме того, они должны противостоять действию сил, обусловленных:

- весом всех элементов линии;
- весом гололедных отложений на проводах, тросах и опорах;
- давлением ветра на провода, тросы и опоры;
- тяжением по проводам и тросам ;
- воздействием вибрации проводов;
- динамическим воздействием от пляски проводов.





## Провода ВЛ

Проводниковые материалы, из которых изготавливаются провода воздушных линий электропередачи должны удовлетворять ряду технических и экономических требований:

- невысокое удельное электрическое сопротивление  $\rho$ ;
- плотность этих материалов  $\gamma$  не должна быть высокой;
- высокая механическая прочность, оцениваемая по пределу прочности на разрыв  $\sigma_p$ ;
- стойкость к атмосферным воздействиям и химическим реагентам, находящимся в воздухе;
- материал не должен быть дефицитным или дорогим.

# Основные характеристики проводниковых материалов

Материал	$\rho$ Ом • мм <sup>2</sup> /км	$\gamma$ кг/м <sup>3</sup>	$\sigma_p$ Н/мм <sup>2</sup>
Медь	17,8—18,5	8700	390
Алюминий	30,0—32,5	2750	160
Сплав АВ-Е	Тоже	2790	300
Сталь	—	7850	1200

# Классификация проводов ВЛ:

## □ неизолированные провода:

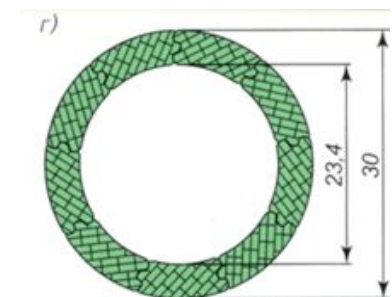
- монометаллические (медь, алюминий, сталь) и биметаллические (сталеалюминиевые);



AC 120/19, АСК 240/56;

$$k_F = \frac{F_{\text{ал}}}{F_{\text{ст}}} = (0,64 \div 18,1)$$

- однопроволочные и многопроволочные;
- расширенные и полые;



## □ изолированные (СИП)

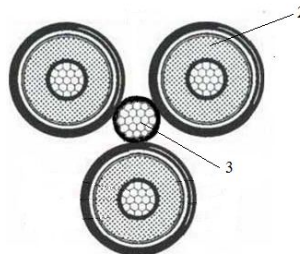
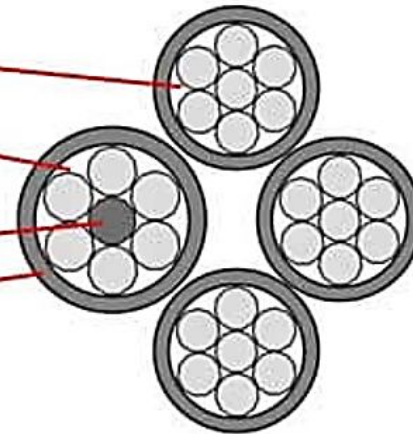


Фазная токопроводящая жила

Нулевая жила, несущая,  
изолированная

Стальной сердечник

Изоляция



# Классификация опор ВЛ:

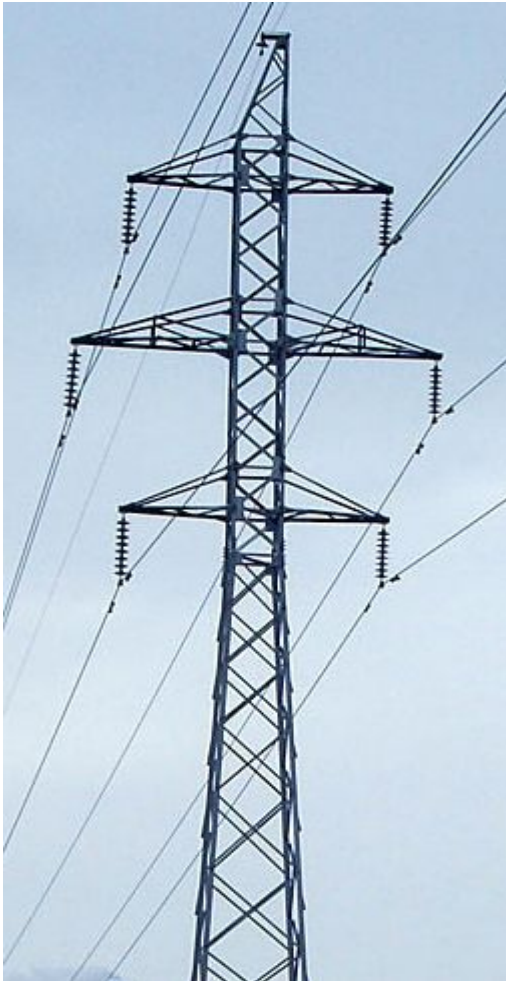
## □ по количеству трехфазных цепей:

- одноцепные;
- двухцепные;
- многоцепные.



## □ по способу крепления проводов:

- промежуточные;
- анкерные.



## □ по положению на трассе:

- расположенные на прямых ее участках;
- угловые.



## □ по материалу опор :

- деревянные;





- железобетонные;



- металлические, (стальные), решетчатые



- стальные, нового поколения, на базе стальных многогранных стоек.



# Преимущества использования многогранных опор ЛЭП:

1. Небольшие сроки строительства.

Железобетонные и решетчатые аналоги возводятся в 2-4 раза медленнее, чем многогранные опоры ЛЭП.

2. Низкие материальные затраты.

Исследования показали, что экономия при возведении многогранных металлических опор ЛЭП составляет около 12-15%, если сравнивать их с бетонными аналогами, и 40-50%, если сравнивать с решетчатыми опорами.

Это объясняется несколькими причинами:

- Увеличенным межопорным расстоянием;
- Меньшими расходами на транспортировку и СМР;
- Увеличенными сроками использования;
- Низкими затратами на утилизацию и демонтаж;
- Экономический эффект увеличивается, если монтаж или замена опор происходит в удаленных и труднодоступных районах.

3. Низкая стоимость и удобная транспортировка.

4. Уменьшенные расходы на постоянный и временный землеотвод.

5. Надежность.

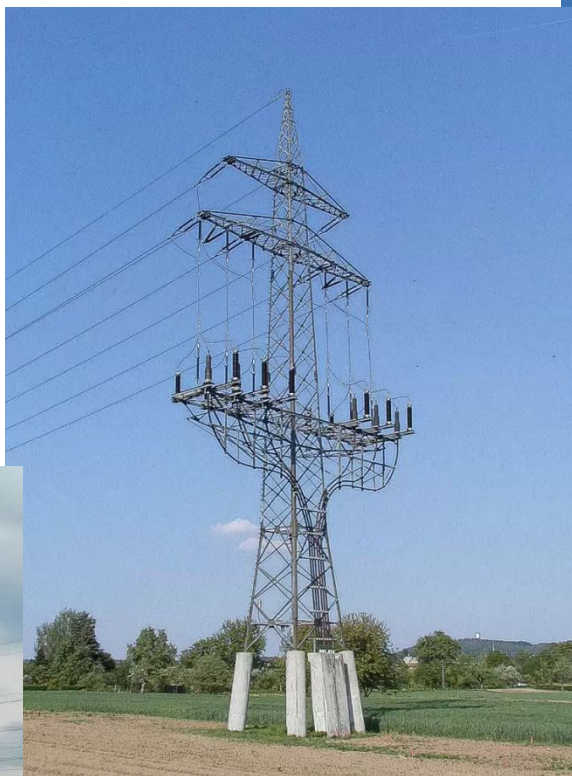
Высокая надежность многогранных опор ЛЭП складывается из нескольких факторов:

- Долговечность. Оцинкованные многогранные опоры могут прослужить порядка 70 лет, обычные многогранные без оцинкования – не меньше 50, против 30 лет у бетонных опор и 35-45 решетчатых.
- Безотказность. Как показывает многолетняя практика и наблюдения, многогранные стальные опоры ЛЭП выходят из строя значительно реже своих аналогов.
- Ремонтопригодность. Катастрофические разрушения принести опоре практически невозможно, а чтобы заменить вышедшие из строя узлы нужно минимум времени.
- Сохраняемость. Работоспособность сохраняется в норме даже при многократных погрузо-разгрузочных работах или длительном хранении.

6. Вандалоустойчивость.

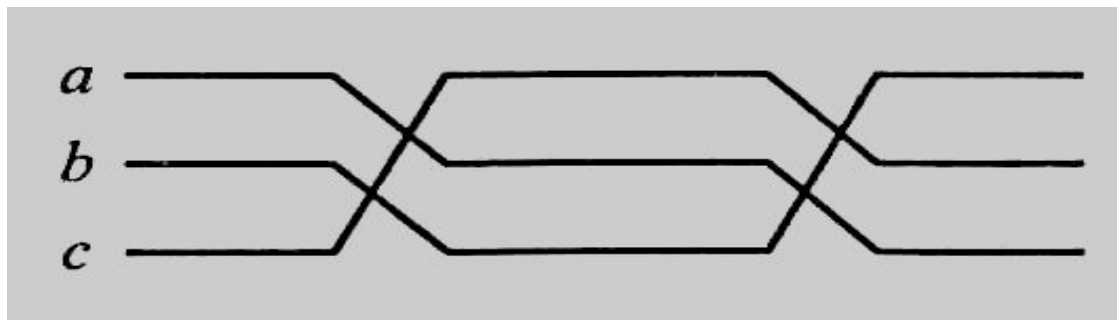
## □ по назначению (специальные):

- ответвительные;
- концевые;
- переходные;



- транспозиционные.

## Цикл транспозиции



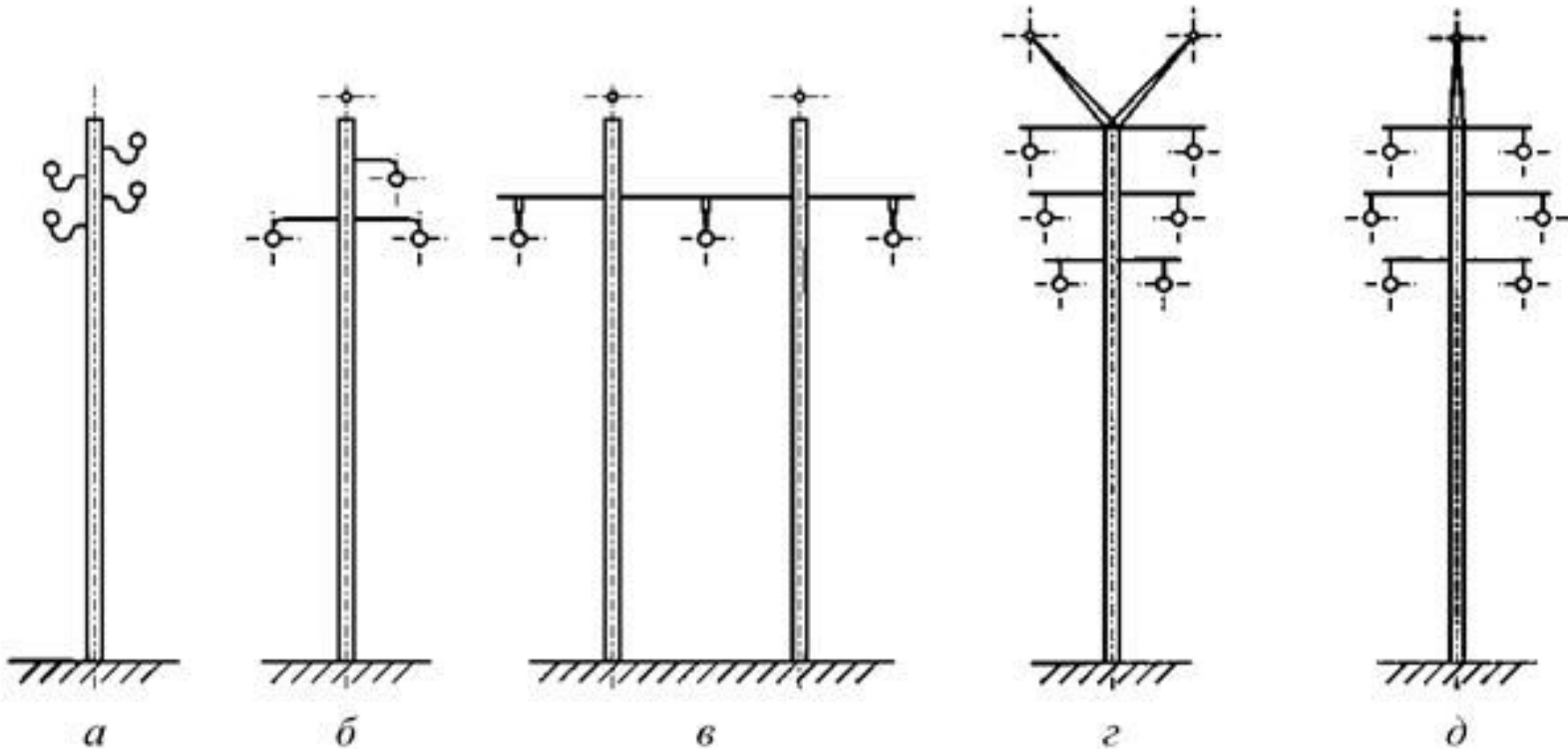
# Расположение проводов на опорах

## □ На одноцепных опорах:

- по вершинам равностороннего треугольника (а,б);
- горизонтально (в).

## □ На двухцепных опорах:

- обратной ёлкой (г);
- по вершинам шестиугольника(д).





# Изоляторы

## □ штыревые:

- фарфоровые;
- стеклянные.



## □ подвесные:

- фарфоровые;



- стеклянные;



- полимерные (из стеклопластика).



**Грозозащитные тросы** — стальные оцинкованные

многопроволочные канаты сечением 35, 50 и 70 мм<sup>2</sup>.

**Линейная арматура** — устройства, обеспечивающие:

- надежное сочленение отдельных элементов конструкции ВЛ;
- защиту гирлянд подвесных изоляторов от повреждения электрической дугой при пробое;
- фиксацию взаимного расположения в пространстве расщепленных фаз и соседних фаз по отношению друг к другу.

## §2 Кабельные линии электропередачи

**Кабелем** называется провод, заключенный в герметическую оболочку, который можно прокладывать в воде, земле и на воздухе. Это готовое заводское изделие, состоящее из изолированных токоведущих жил, заключенных в защитную герметичную оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки может находиться защитный покров.





## **Классификация кабелей:**

- **по материалу токопроводящих жил** – кабели с алюминиевыми и медными жилами;
- **по материалу изоляции токоведущих жил** – кабели с бумажной, пластмассовой (поливинилхлоридной), резиновой и из сшитой полиэтиленовой изоляцией;
- **по материалу защиты изоляции жил кабелей от влияния внешней среды** – кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке;
- **по способу защиты от механических повреждений** – бронированные и небронированные;
- **по количеству жил** – одно-, двух-, трех- и четырехжильные.

# Основные конструктивные элементы кабелей:

## □ токопроводящие жилы:

- основные и нулевые;
- алюминиевые и медные;
- однопроволочные и многопроволочные;
- круглого и сегментного сечений.

## □ изоляция - для необходимой электрической прочности жил кабеля по отношению друг к другу и к заземленной оболочке:

- изоляция жил и поясная изоляция.

## □ защитные герметичные оболочки предохраняют изоляцию от вредного воздействия влаги, света, газов, кислот и механических повреждений:

- из свинца, алюминия, резины и пластмассы.

## □ защитные покровы для защиты оболочек кабеля от внешних воздействий и в зависимости от конструкции могут состоять из:

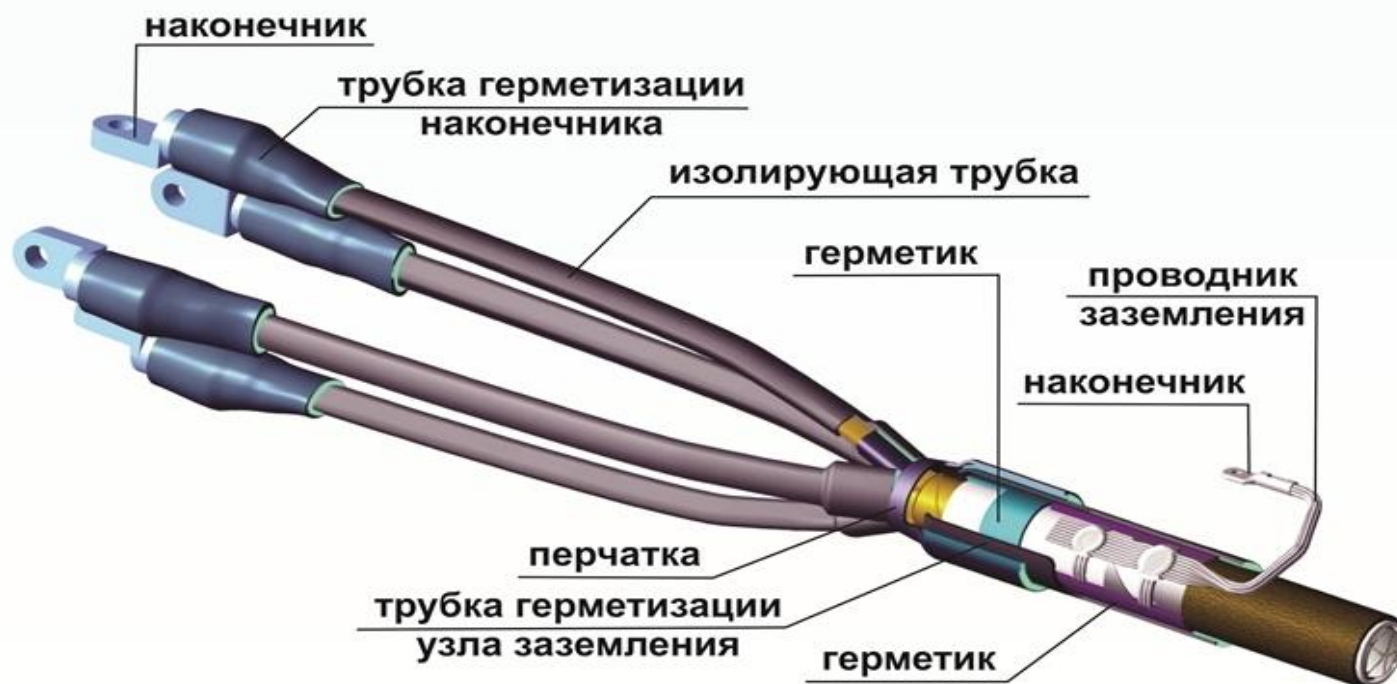
- подушки , которая накладывается на оболочку для ее предохранения от механических повреждений лентами и проволоками брони;
- бронипокрова, который защищает кабель от внешних механических воздействий;
- наружного покрова, предназначенного для для защиты брони от коррозии.

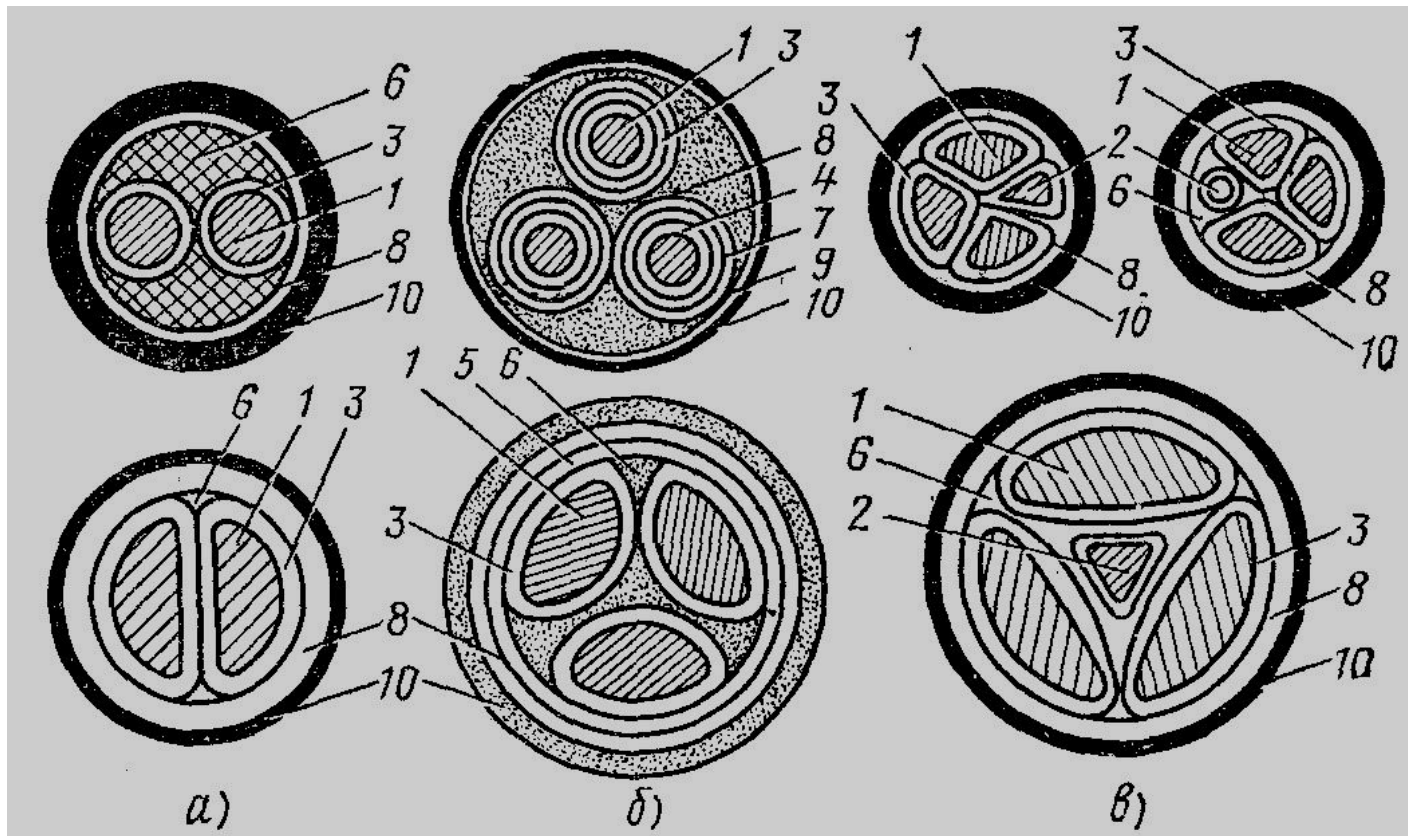
- **электропроводящие экраны** для выравнивания электрического поля силовых кабелей;
- **жила защитного заземления**;
- **заполнители** для устранения свободных промежутков между конструктивными элементами кабеля с целью герметизации, придания кабелю необходимой формы и механической прочности.
- **кабельная арматура** – для соединения отдельных отрезков (строительных длин) кабеля (соединительные муфты) и для присоединения концов кабеля к аппаратуре или шинам распределительных устройств (концевые муфты).

Марки кабеля состоят из начальных букв слов, характеризующих их конструкцию.

Рядом с маркой кабеля указывают число и сечение токоведущих жил.



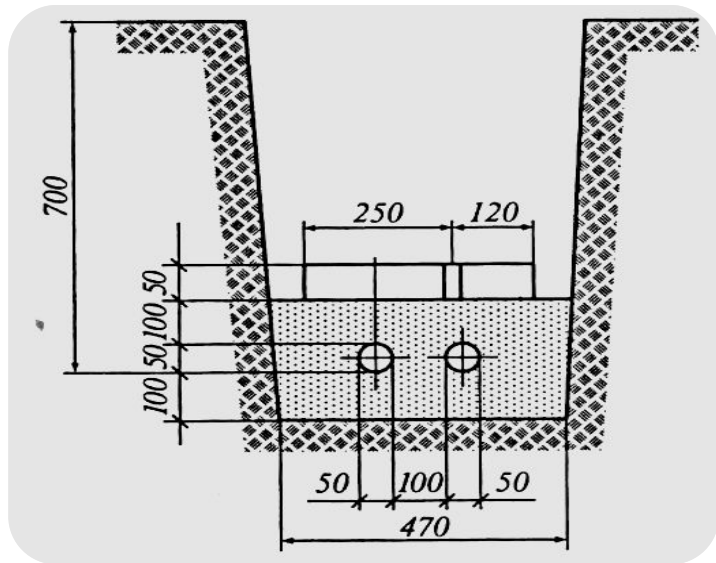




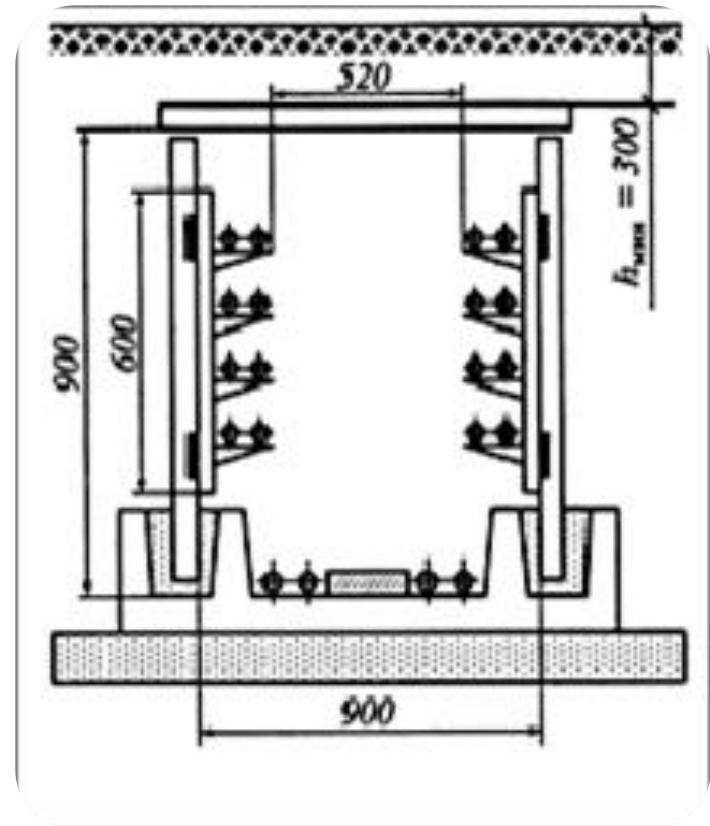
Сечения: а) двухжильных кабелей с круглыми и сегментными жилами      б)  
 трехжильные кабели с поясной изоляцией и отдельными оболочками  
 в) четырехжильные кабели а нулевой жилой круглой, секторной и  
 треугольной формы.

1 - токопроводящая жила; 2 – нулевая жила; 3 – изоляция жилы; 4 – экран на токопроводящей жилы; 5 – поясная изоляция; 6 – наполнитель; 7 – экран на изоляции жилы; 8 – оболочка; 9 – бронепокров; 10 – наружный защитный покров.

# Способы прокладки кабелей:



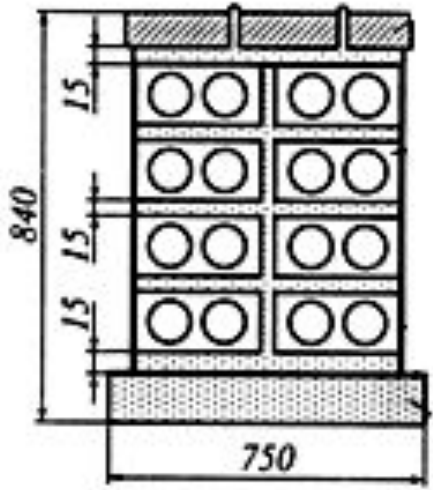
2. в трубах;



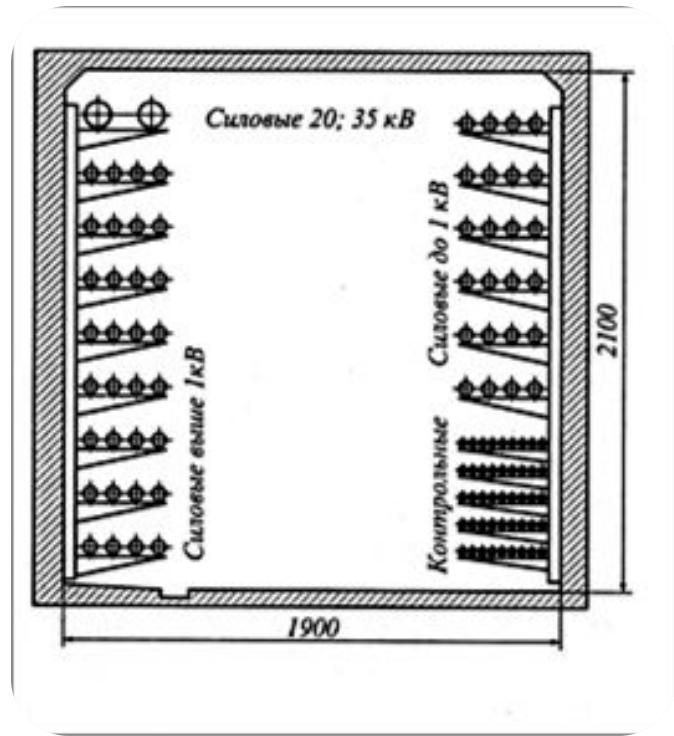
3. в каналах;



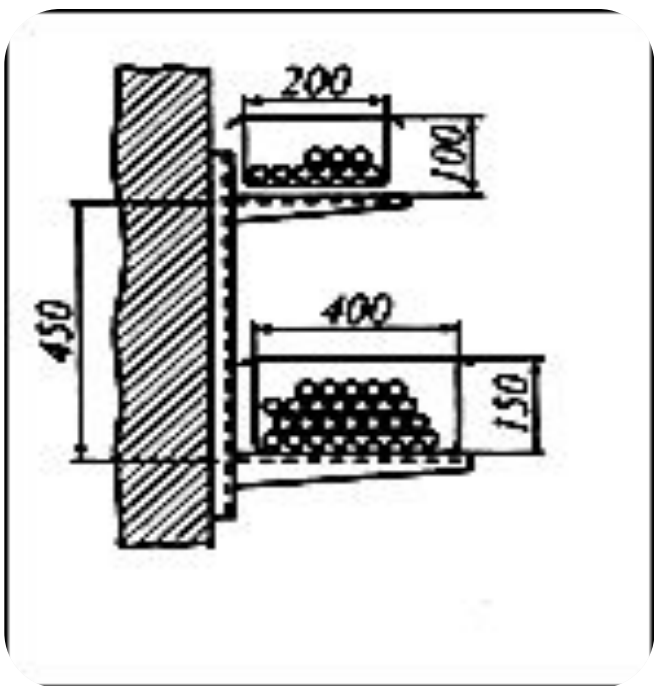
4. в блоках;



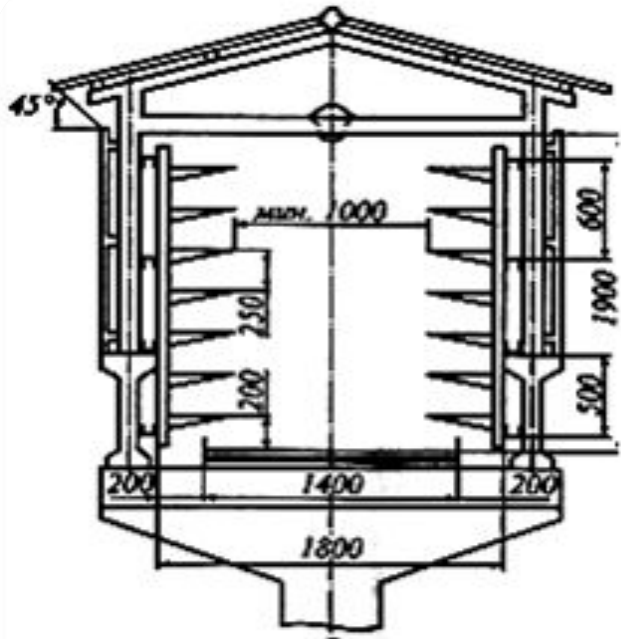
5. в туннелях и коллекторах;



6. на лотках;



7 на стенах и в галереях;



. Прокладки кабелей на тросах.

# Прокладка кабельных линий в туннеле.



# Прокладка кабельных линий в коллекторах

