

**Контактная сеть  
электрифицированных  
железных дорог:  
основные  
сведения  
об устройстве,  
работе,  
расчетах**





## План занятий

- 1. Общие сведения об устройстве контактной сети**
- 2. Работа контактной сети в реальных условиях эксплуатации**
- 3. Основные сведения о расчетах при разработке и проектировании контактной сети**
- 4. Нормативная база, типовые проекты и литература по контактной сети**



# 1. Общие сведения об устройстве контактной сети

- 1.1. Общая характеристика контактной (электротяговой) сети, условий и особенностей ее эксплуатации
- 1.2. Питание и секционирование КС
- 1.3. Основные габариты проводов и устройств КС
- 1.4. Контактные подвески. Анкерные участки. Узлы
- 1.5. Провода и тросы
- 1.6. Изоляторы
- 1.7. Арматура контактной сети
- 1.8. Опорные конструкции
- 1.9. Поддерживающие и фиксирующие конструкции
- 1.10. Заземления
- 1.11. Защита от перенапряжений
- 1.12. Рельсовая сеть

## 1.1. Общая характеристика контактной (электротяговой) сети, условий и особенностей ее эксплуатации



## Основные элементы электротяговой сети



## Контактная сеть включает в себя:

1. Питающие линии.
2. Контактные подвески.
3. Усиливающие провода.
4. Устройства изоляции.
5. Опоры, фундаменты, анкеры.
6. Поддерживающие и фиксирующие конструкции.
7. Устройства анкерровок проводов.
8. Устройства секционирования.
9. Коммутационные устройства.
10. Заземления.
11. Экранирующие провода (при системе электроснабжения переменного тока с ЭУП).
12. Питающие провода (при системе электроснабжения 2х25 кВ).
13. Устройства защиты от перенапряжений.

## Кроме того в рамках проектов по контактной сети проектируются:

14. Отсасывающие линии и элементы электротяговой рельсовой сети (например, провода обратного тока на опорах контактной сети и др.).
15. Провода ВЛ на опорах контактной сети (ВЛ ПЭ и ВЛ АБ, ДПР, волновод, ВОЛС и др.).
16. Электроснабжение нетяговых потребителей, освещение и др.

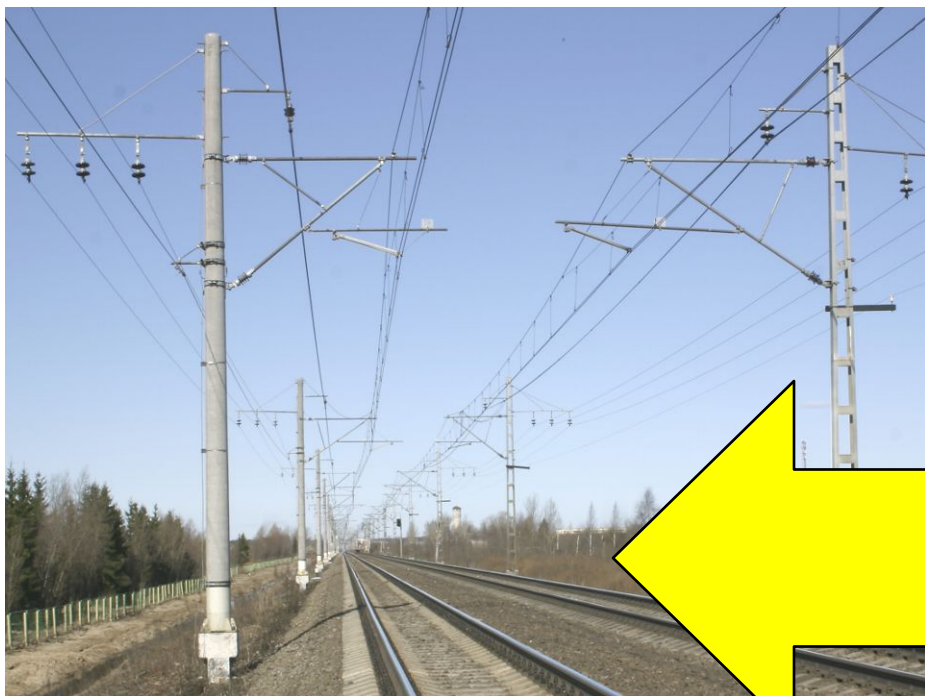






## Условия эксплуатации КС

**КС и ее элементы  
подвергаются  
различного рода  
воздействиям:**



**КС не имеет резерва.**

**Надежность работы ЭЖД определяется,  
в основном, надежностью работы КС.**

### **Метеорологические:**

- температура и ее изменения;
- ветер;
- гололед;
- дождь, туман, роса, снег;
- солнечная радиация.

### **Механические:**

- постоянные нагрузки;
- временные, особые нагрузки;
- вибрация, удары;
- трение (изнашивание).

### **Электрические:**

- рабочее напряжение;
- внутренние перенапряжения;
- атмосферные перенапряжения;
- протекание токов (нагрев проводов);
- электрическая дуга;
- наведенные напряжения.

### **Загрязнения, химические воздействия:**

- пыль, сажа;
- химические активные вещества;
- грунтовые воды.

### **Биотические, антропогенные:**

- птицы;
- вандализм и пр.;

## 1.2. Питание и секционирование КС

### Уровни напряжения в электротяговой сети

Наименование напряжений		Система электрической тяги постоянного тока 3 кВ	Система электрической тяги переменного тока 25 кВ
Расчетный уровень напряжения		3,00 кВ	25,0 кВ
Напряжение на тяговых шинах подстанций		3,30 кВ	27,5 кВ
Максимально допустимое напряжение на тяговых шинах подстанций		3,85 кВ	29,0 кВ
Минимально допустимое напряжение на токоприемниках ЭПС	$V_{\text{ЭПС}} \leq 160 \text{ км/ч}$	2,70 кВ (2,40 кВ на слабозагруженных участках)	21,0 кВ (19,0 кВ на слабозагруженных участках)
	$V_{\text{ЭПС}} > 160 \text{ км/ч}$	2,90 кВ	24,0 кВ

$$P = U \cdot I$$

Электрическая  
мощность

Напряжение

Ток

**КС постоянного тока напряжением 3 кВ**



Большие токи (например, электровоз мощностью 6000 кВт на постоянном токе потребляет из тяговой сети 2000 А), большие сечения проводов контактной сети. Как правило, применяются двойной контактный провод, усиливающие провода. Контактная подвеска тяжелая, применяются мощные поддерживающие и опорные конструкции. Реализация скорости более чем 200–250 км/ч крайне проблематична

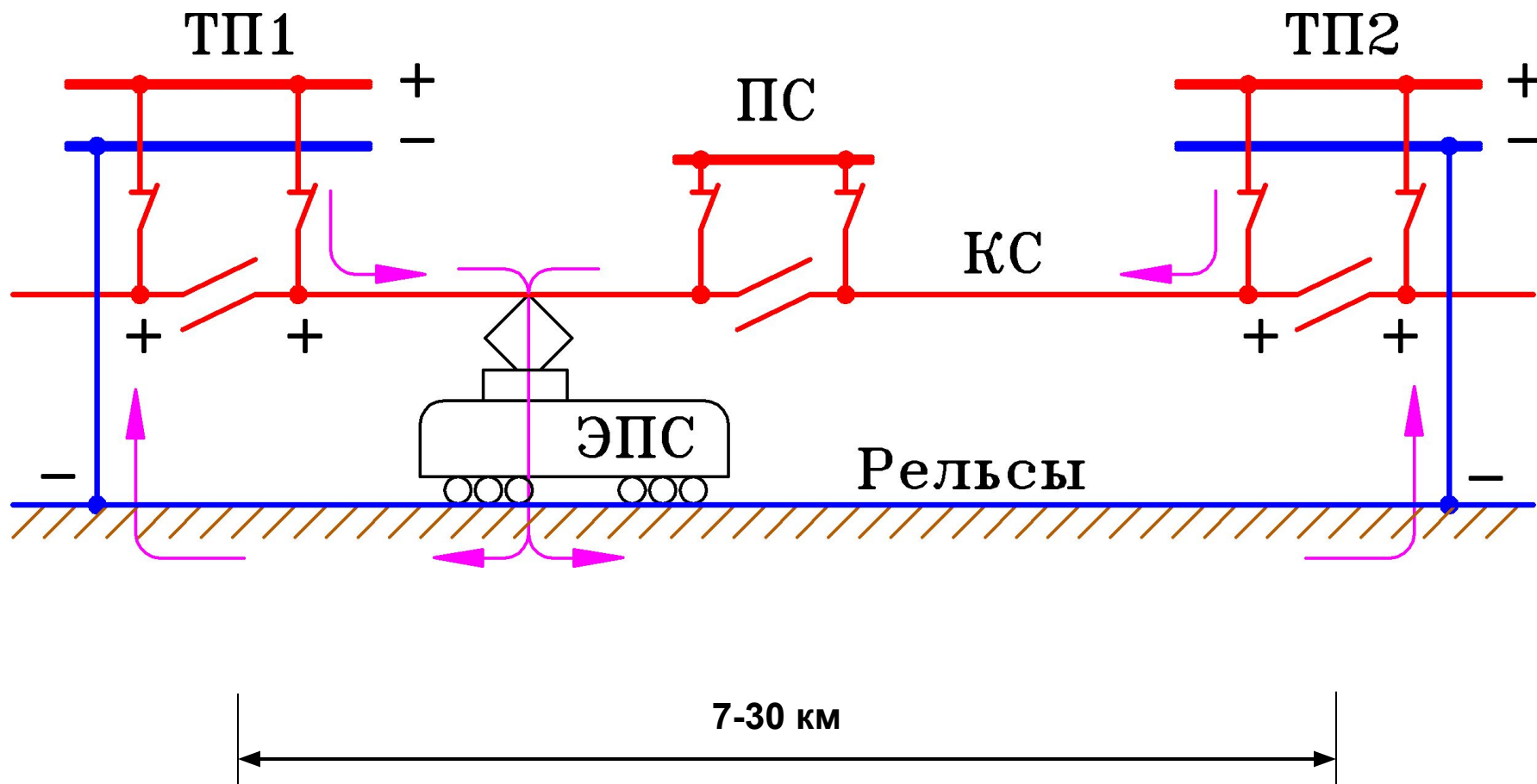
**КС переменного тока напряжением 25 кВ**



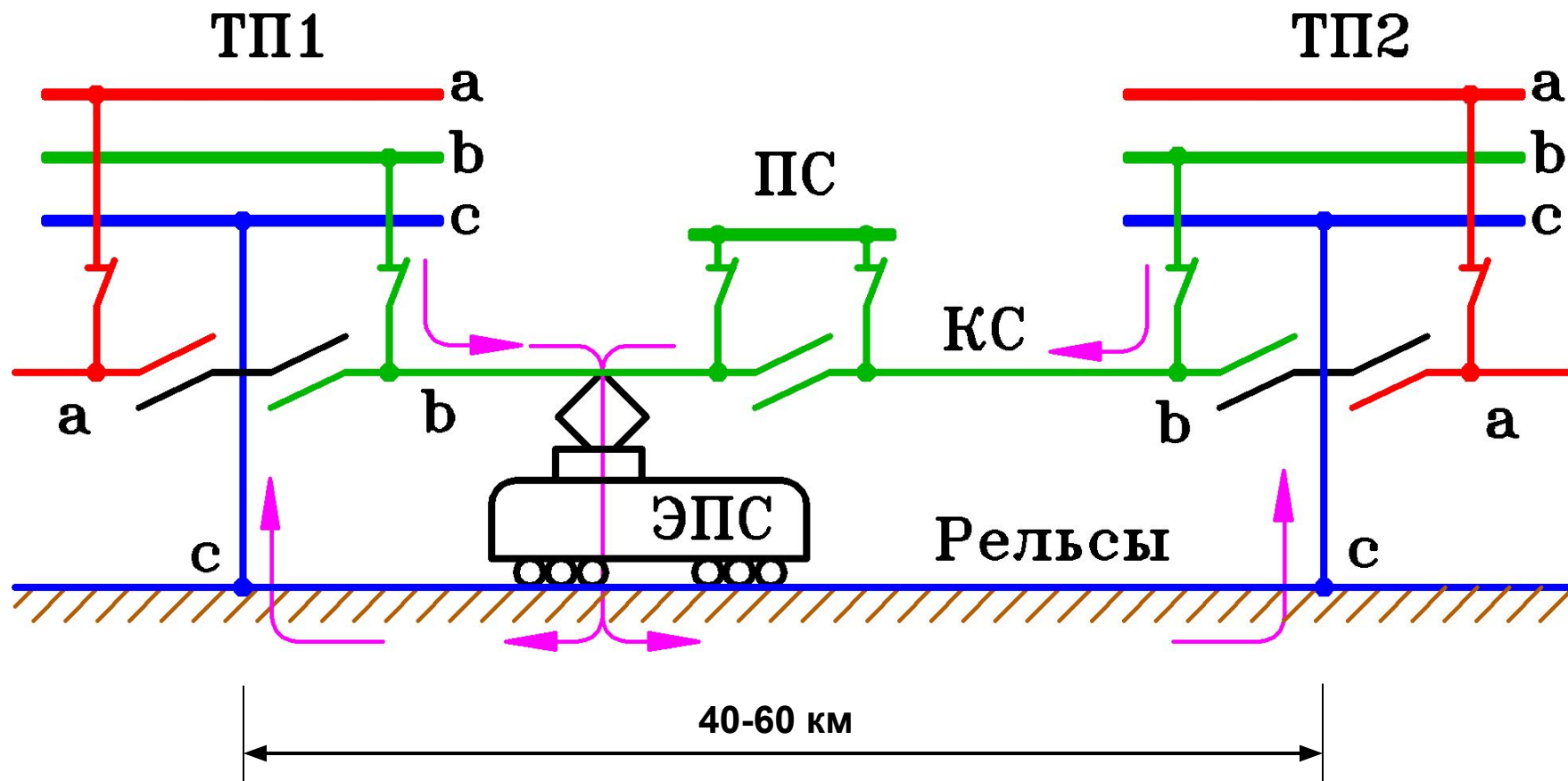
Существенно меньшие токи (например, электровоз при той же мощности 6000 кВт на переменном токе потребляет около 300 А), легкая контактная подвеска. Обычно применяется один контактный провод, усиливающих проводов, как правило, нет. Возможность реализации высоких скоростей движения (рекорд скорости TGV 574,8 км/ч на участке Париж—Страсбург, апрель 2007 г.).

## Принципиальные схемы питания КС

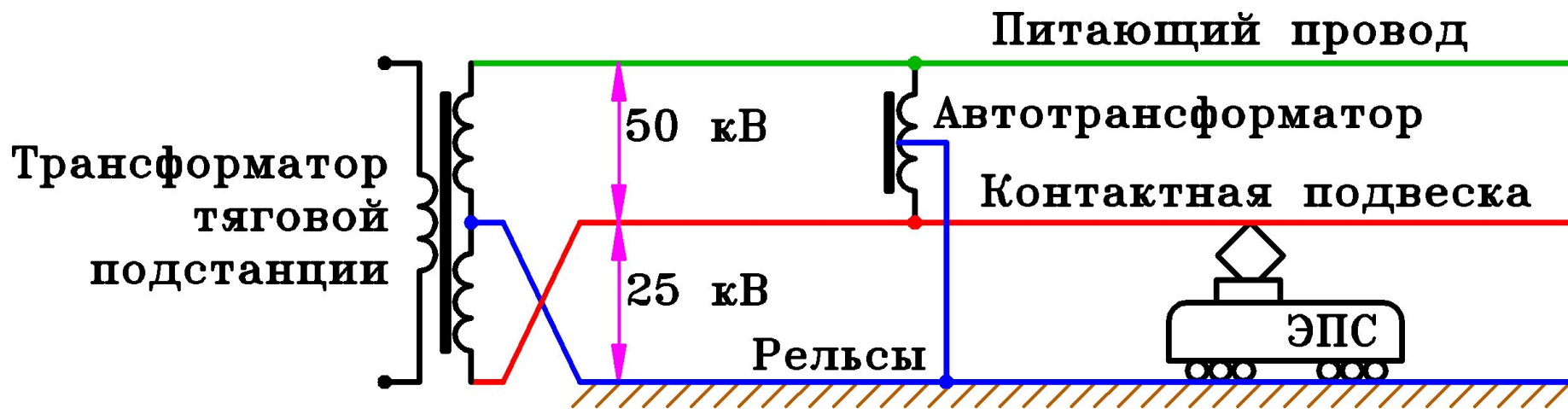
Система электроснабжения постоянного тока напряжением 3 кВ



## Система электроснабжения переменного тока напряжением 25 кВ



## Система электроснабжения 2х25 кВ

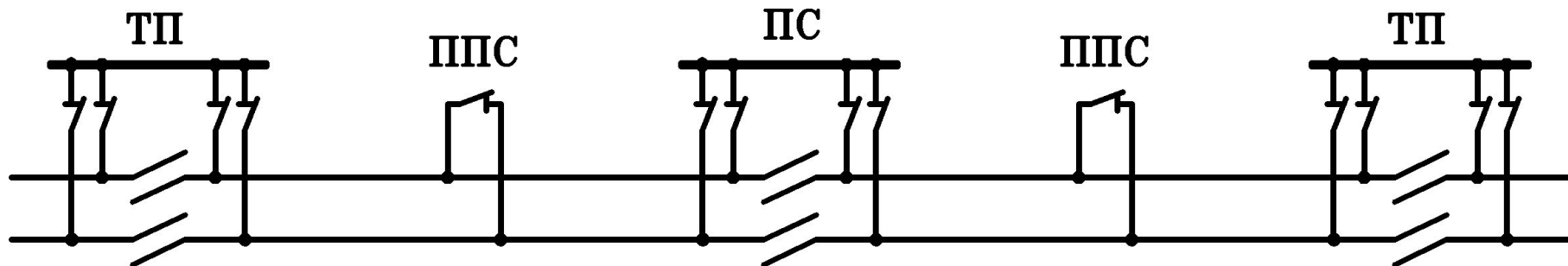


Расстояния между ТП – до 100 км

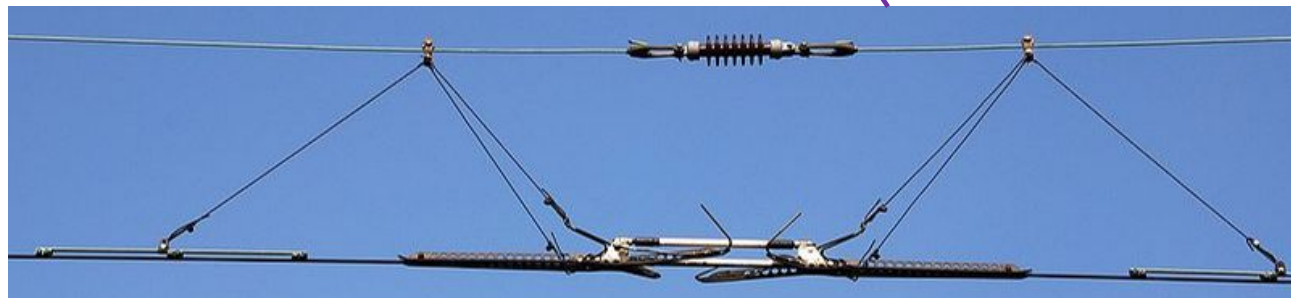
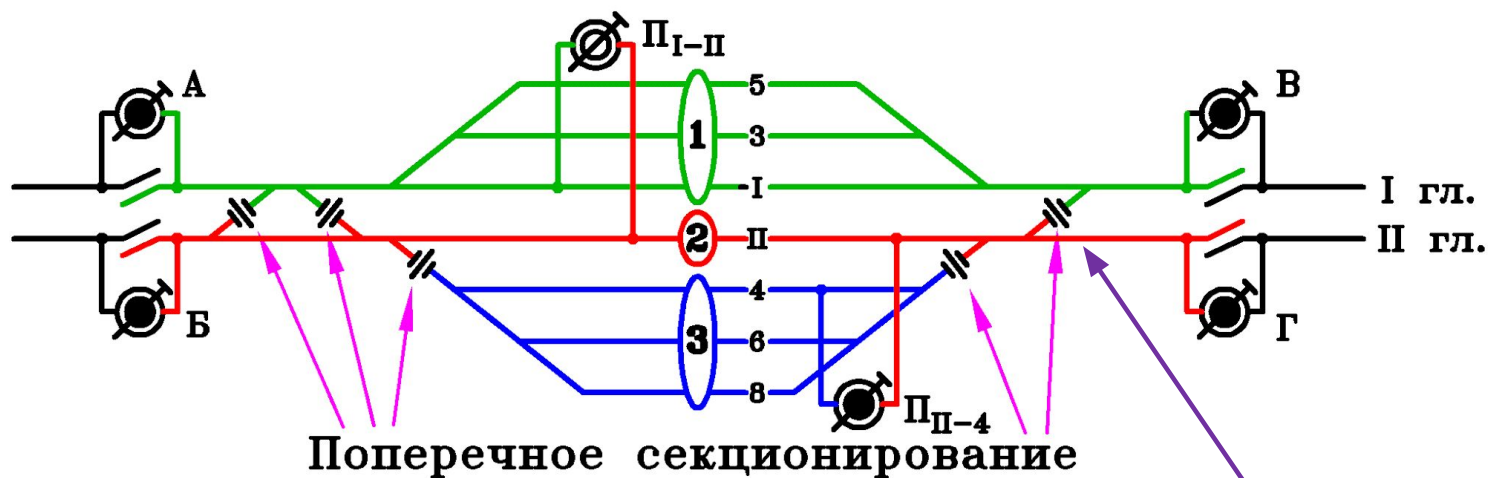
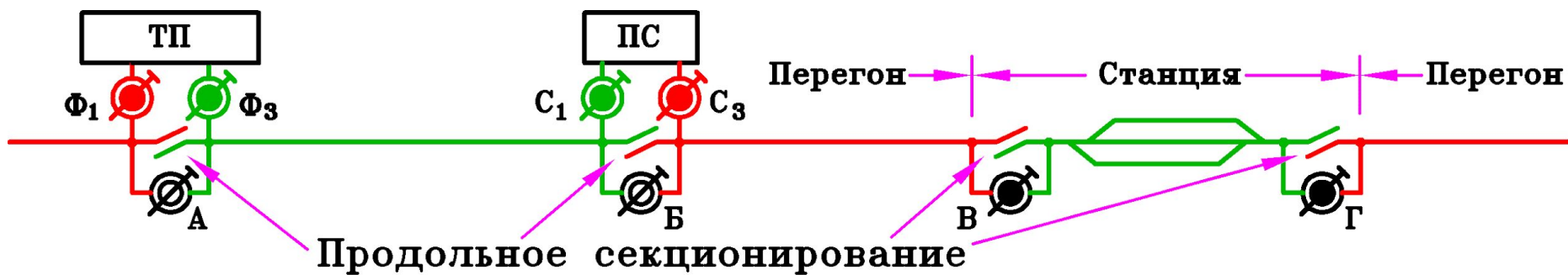
Расстояния между автотрансформаторами – 8-15 км

## Схема узлового питания

Двухпутный участок:



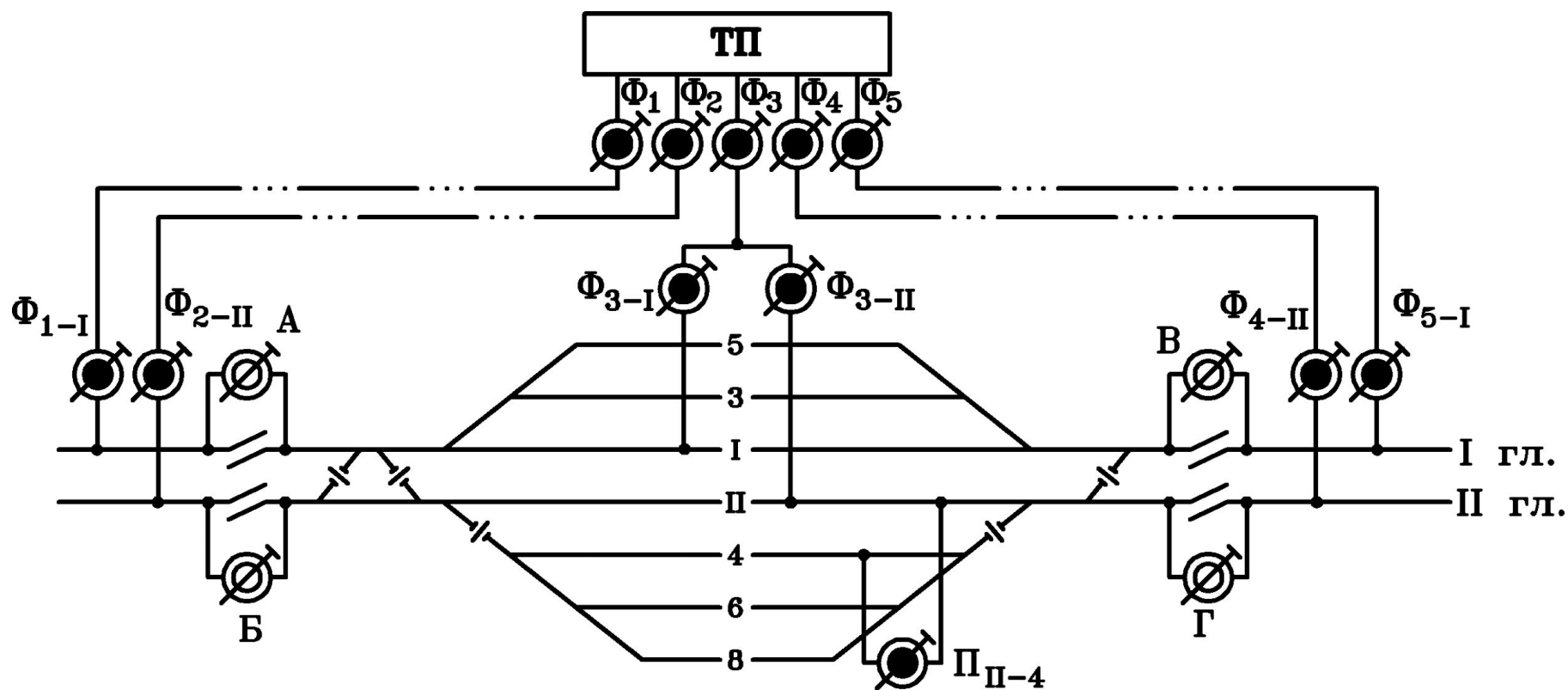
## Секционирование контактной сети





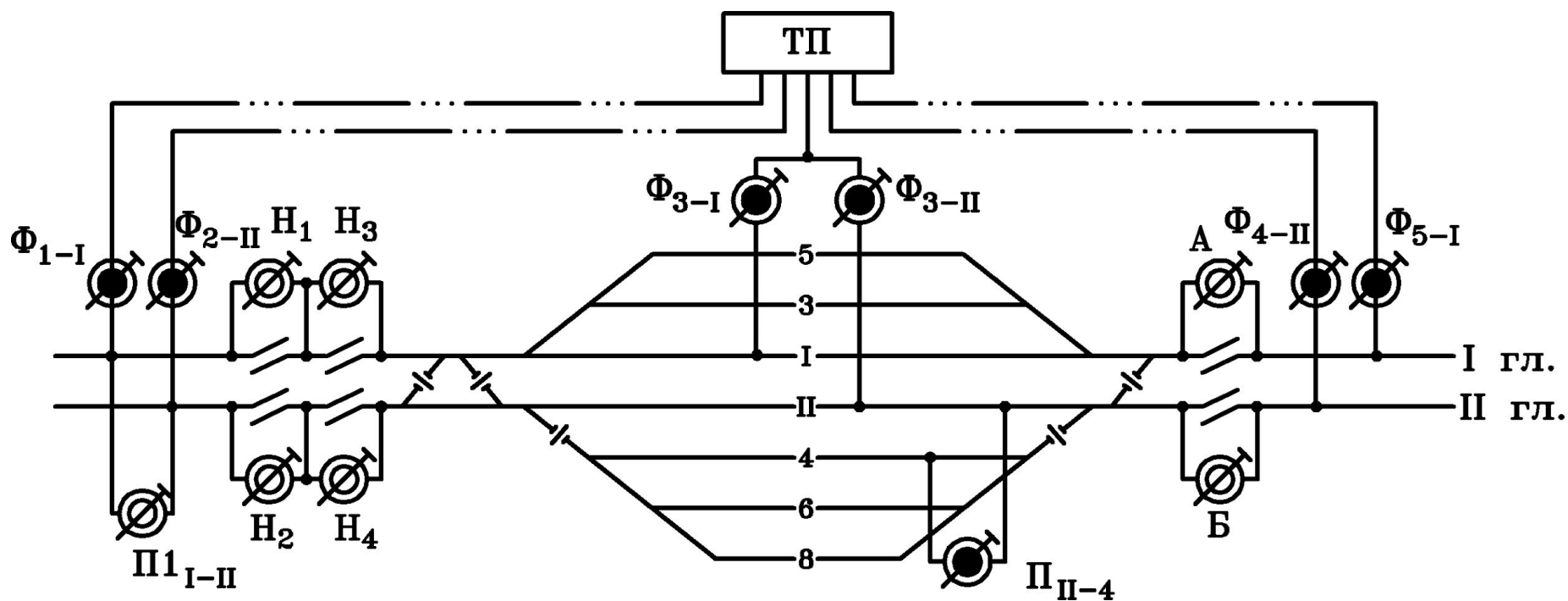
## Подключение питающих линий от тяговых подстанций

Двухпутный участок, постоянный ток



## Подключение питающих линий от тяговых подстанций

Двухпутный участок, переменный ток





## 1.3. Основные габариты проводов и устройств КС

**ГАБАРИТ** (франц. *gabarit*) — предельное внешнее геометрическое очертание предметов, сооружений, устройств.

На ж.-д. транспорте в проектировании, строительстве, эксплуатации учитывают габариты:

- приближения строений;**
- подвижного состава;**
- погрузки;**
- воздушных линий электропередачи и связи;**
- искусственных сооружений** (мостов, тоннелей, платформ и др.).

Габариты устанавливаются гос. стандартами и отраслевыми нормативными документами и являются обязательными для применения. Габариты строго взаимосвязаны.

Сооружения и устройства должны иметь такие габариты и располагаться на таких расстояниях от ж.-д. пути, чтобы обеспечивалось свободное и безопасное следование подвижного состава с учётом допускаемых наибольших скоростей. Установление точных, строго обязательных габаритов имеет важное значение для безопасного и беспрепятственного движения поездов, а также для жизни людей и сохранности устройств и сооружений, расположенных вдоль ж.-д. пути, на станциях.

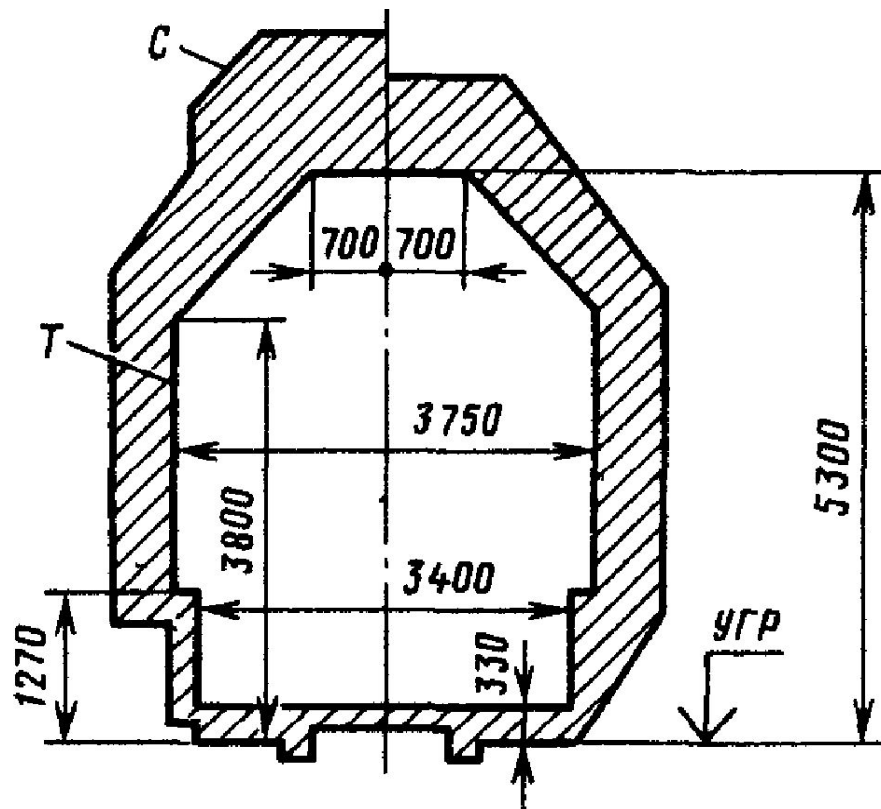
**Габариты опор не соблюдены**



## Габариты приближения строений и подвижного состава

**Габарит приближения строений** – это предельное поперечное (перпендикулярное оси пути) очертание, внутрь которого, помимо подвижного состава, не должны заходить никакие части сооружений и устройств. Исключение составляют устройства, предназначенные для непосредственного взаимодействия их с подвижным составом (контактные подвески и др.)

**Габарит подвижного состава** – это предельное поперечное (перпендикулярное оси пути) очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться как груженный, так и порожний подвижной состав, установленный на прямом горизонтальном пути.



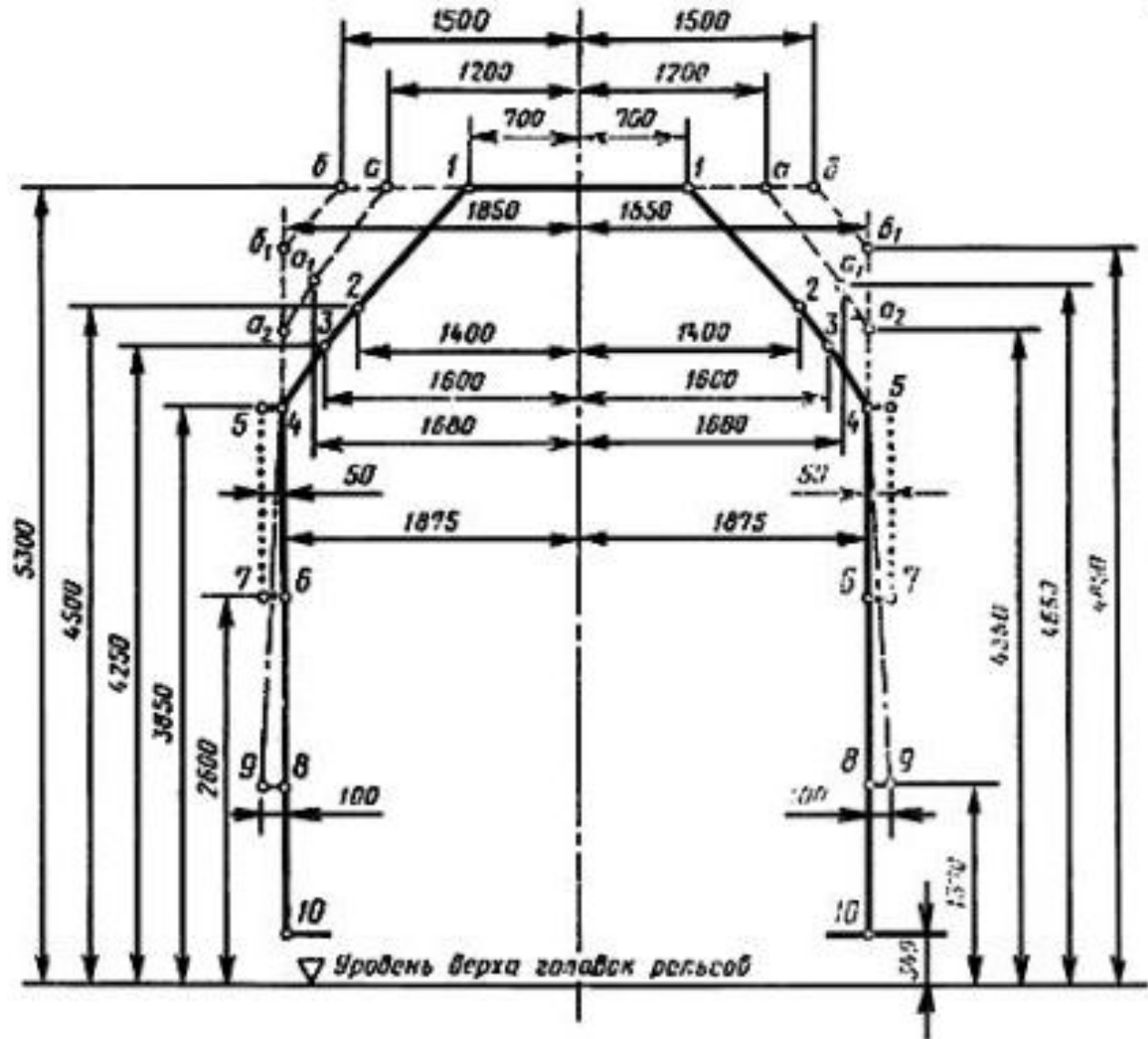
ГОСТ 9238-83 ГАБАРИТЫ ПРИБЛИЖЕНИЯ СТРОЕНИЙ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КОЛЕИ 1520 (1524) мм



# Габарит подвижного состава Т

ГОСТ 9238-83

ГАБАРИТЫ ПРИБЛИЖЕНИЯ  
СТРОЕНИЙ И  
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КОЛЕИ  
1520 (1524) мм

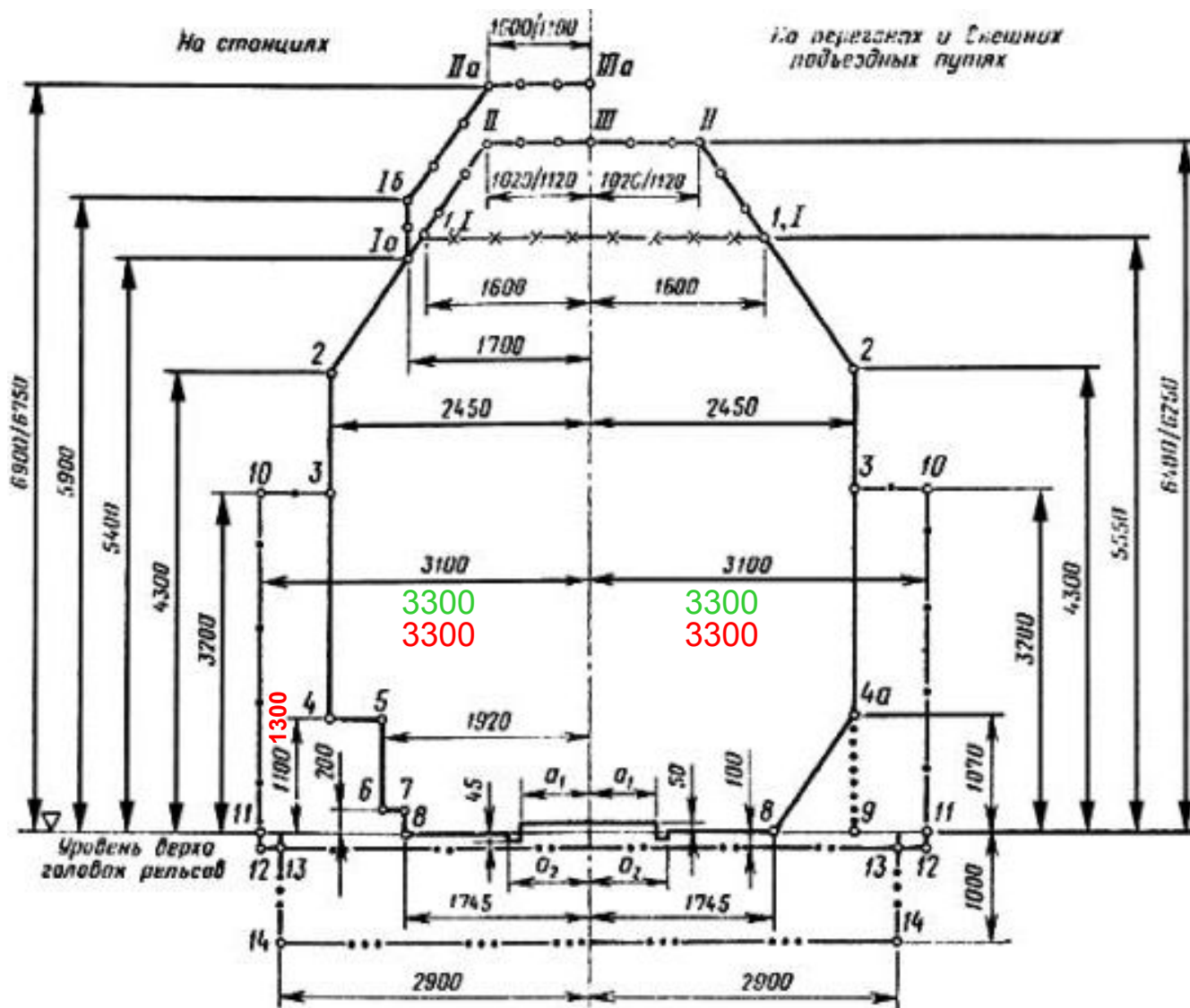


## Габариты приближения строений

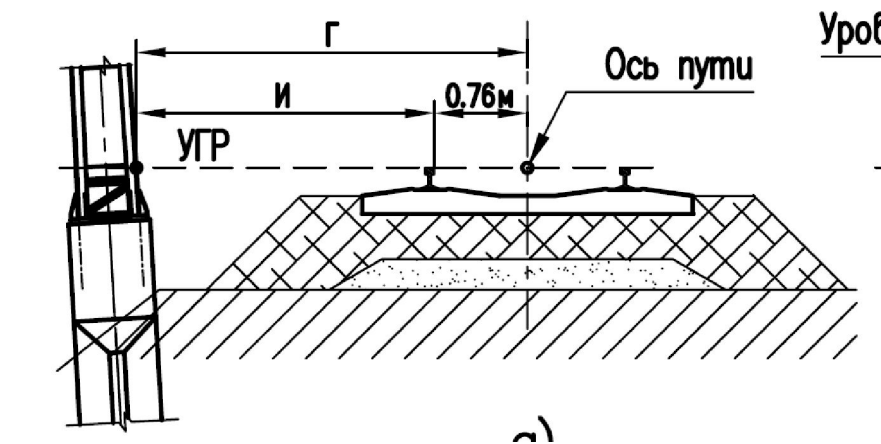
С (до 160 км/ч)

Сск (161-200 км/ч)

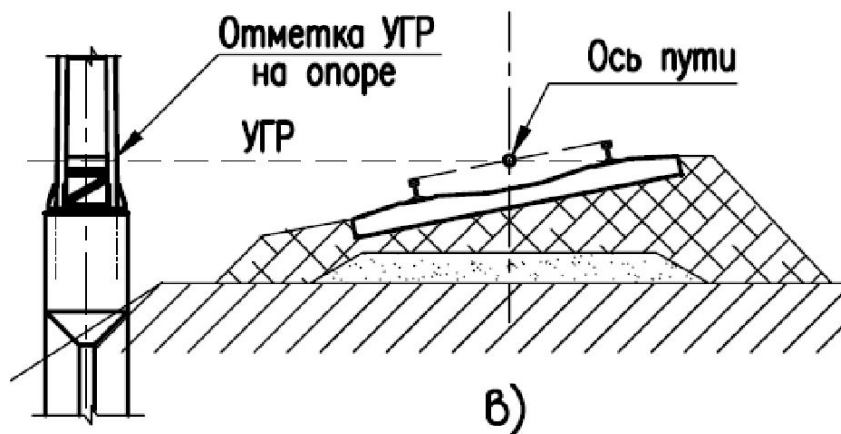
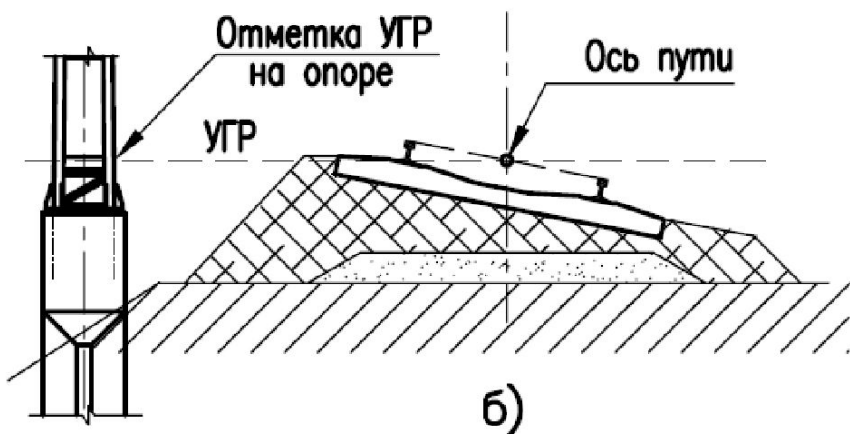
С250 (>200 км/ч)



## Габариты опор



Габарит опоры (Г) – это поперечное (перпендикулярное оси пути) расстояние от оси пути до ближайшей грани опоры на уровне головок рельсов.





## ПУТЭКС:

2.2.8. Расстояние от оси крайнего пути **до внутреннего края фундаментов или опор** контактной сети на перегонах и железнодорожных станциях должно быть не менее 3,1 м,

а в снегозаносимых выемках и на выходах из них на длине 100 м не менее 5,7 м.

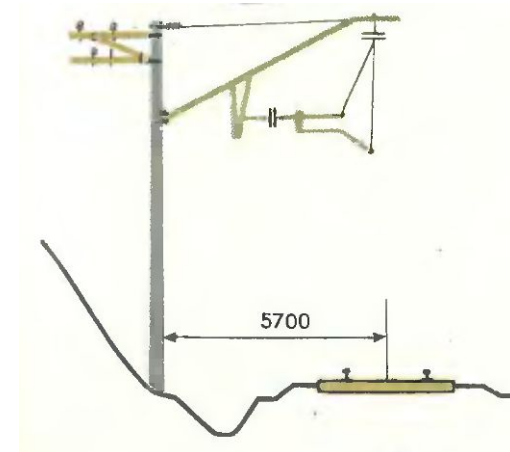
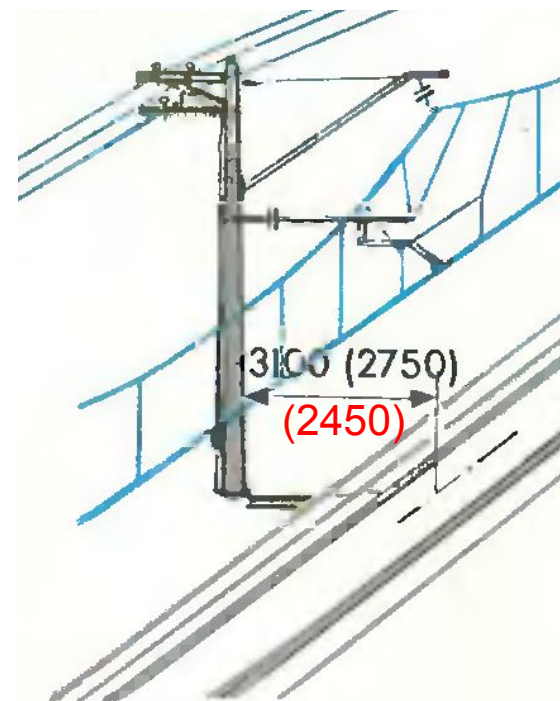
На участках железных дорог до обновления и реконструкции и в особо трудных условиях, кроме снегозаносимых выемок, допускается уменьшение этого расстояния до 2,45 м на железнодорожных станциях и 2,75 м - на перегонах.

Отклонение при установке опор контактной сети от проектного положения допускается только в сторону увеличения, но не более чем на 150 мм.

На кривых участках пути указанные расстояния увеличиваются в соответствии с габаритным уширением.

Опоры контактной сети должны устанавливаться вне пределов кюветов.

В выемках опоры контактной сети следует устанавливать за пределами кюветов с полевой стороны.





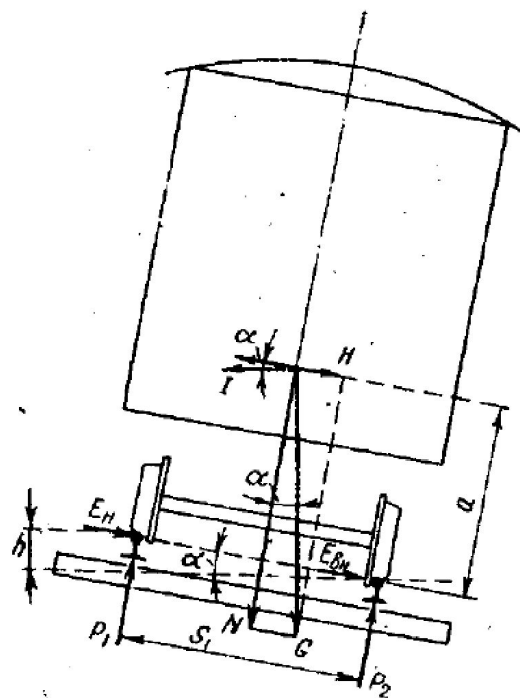
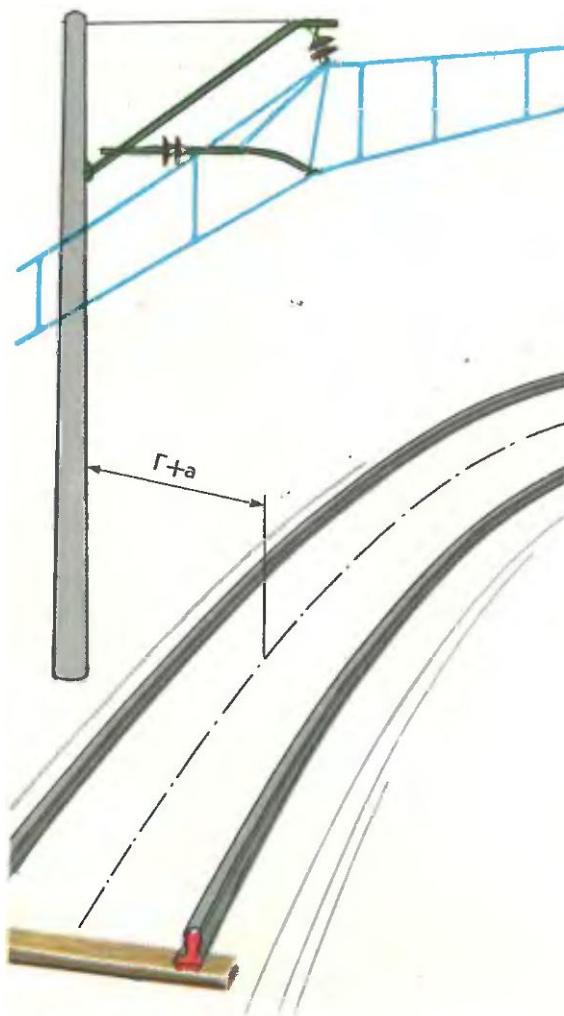
## ПУТЭКС:

$V > 160$  км/ч

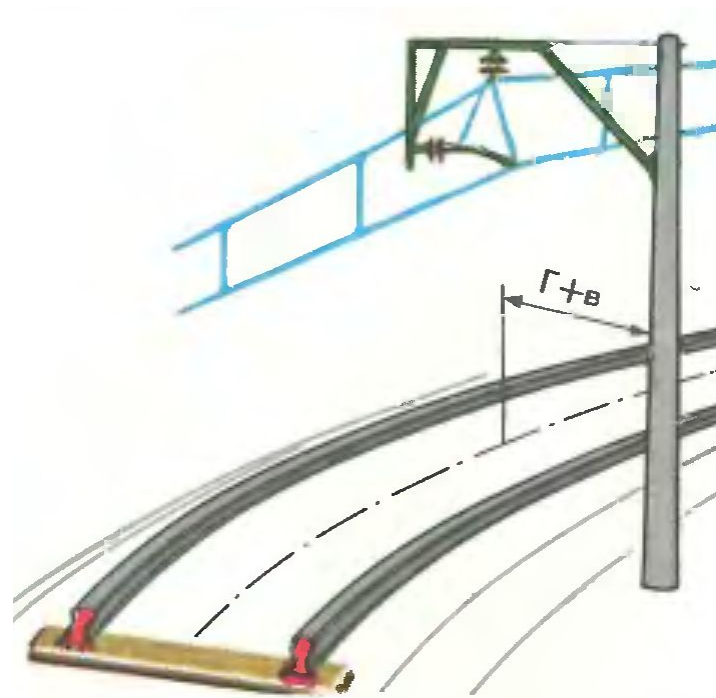
2.2.9. При новом строительстве, обновлении и реконструкции контактной сети на участках, где предусматривается скорость движения поездов 161-200 км/ч, расстояние от оси крайнего пути до внутреннего края фундаментов или опор должно быть 3,3 м, а при необходимости увеличенный габарит определяется проектом.

Отклонение от этих норм допускается только в сторону увеличения, но не более чем на 100 мм.

## Увеличение габаритов опор на кривых



$$I = \frac{mv^2}{R} = \frac{Gv^2}{gR},$$

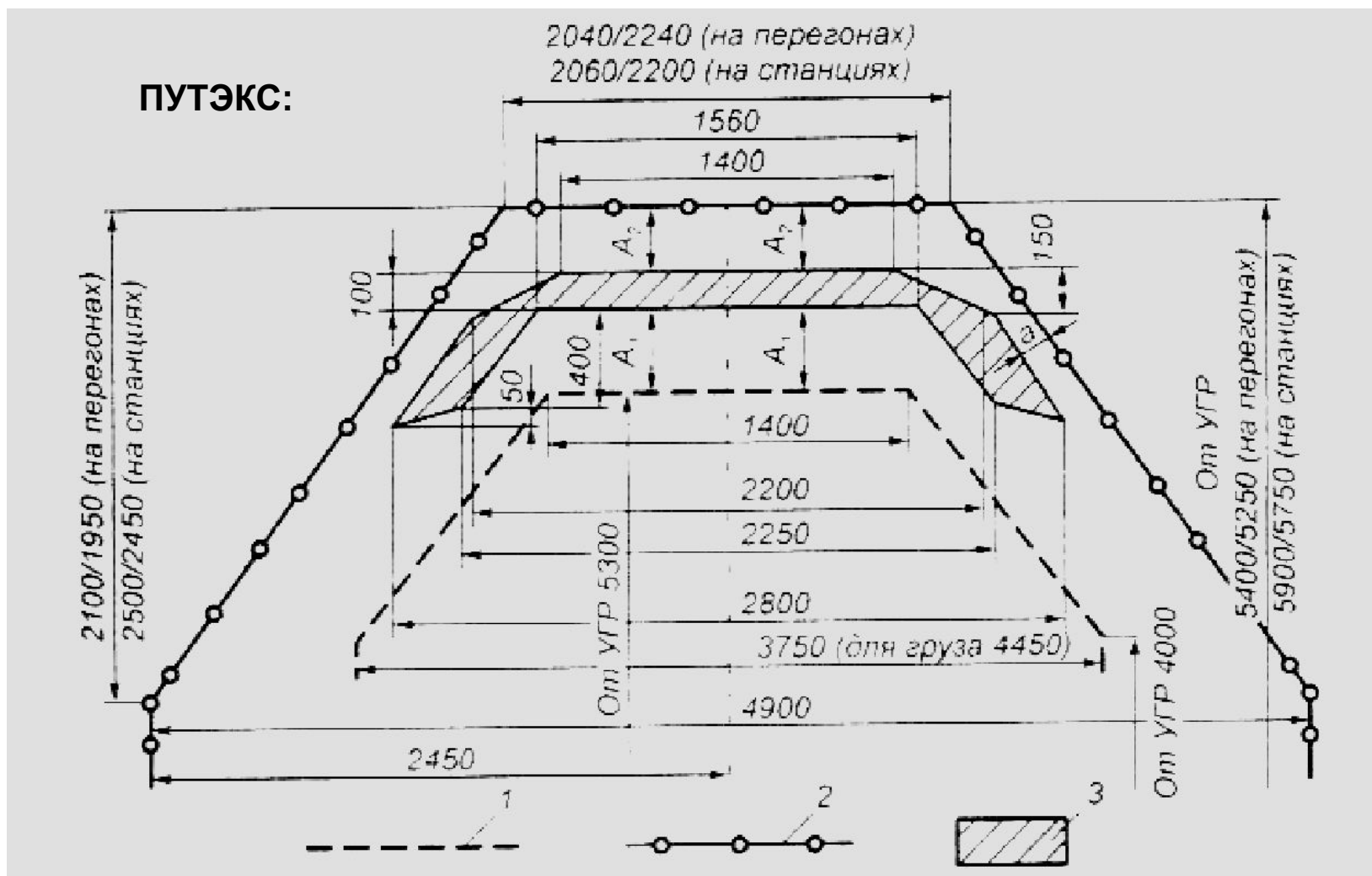




**Проектные нормы увеличения горизонтальных расстояний  
от оси пути до внутреннего края опор контактной сети  
по Инструкции по применению габаритов приближения строений ГОСТ 9238-83 №ЦП/4425**

Радиус кривой, м	Расчетные возвышения наружного рельса, мм		Увеличения горизонтальных расстояний, мм						
			С наружной стороны кривой (при любом возвышении наружного рельса)	С внутренней стороны кривой (при расчетном возвышении наружного рельса), мм					
	для скоростей движения до 160км/ч	для скоростей движения 161-200км/ч	При расположении опор в прямых участках пути на расстоянии от оси пути, мм						
			2450	2450		2750-3100		5700	
			2750-3100	для скоростей движения:					
			5700	до 160км/ч	161-200км/ч	до 160км/ч	161-200км/ч	до 160км/ч	161-200км/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4000	60(15/15)	75	10	140(40/40)	200	105(25/25)	145	25(10/10)	35
3000	80(20/20)	95	10	205(40/40)	260	150(30/30)	190	40(15/15)	50
2500	100(25/25)	115	15	260(70/70)	315	190(50/50)	230	55(20/20)	65
2000	120(30/30)	145	20	320(75/75)	400	235(55/55)	295	70(20/20)	90
1800	135(30/30)	150	20	375(75/75)	400	275(55/55)	295	85(25/25)	90
1500	160(40/40)	160	25	430(110/110)	430	320(80/80)	320	100(25/25)	100
1200	160(50/50)		30	440(140/140)	440	325(105/105)	325	105(35/35)	105
1000	160(60/60)		35	445(175/175)		330(130/130)		110(50/50)	
800	160(70/70)		45	450(210/210)		340(160/160)		120(65/65)	
700	160(85/80)		50	460(270/240)		345(205/185)		125(80/75)	
600	160(95/80)		60	465(305/250)		355(235/195)		135(100/85)	
500	160(115/80)		70	480(370/265)		365(285/205)		145(120/95)	

## Расстояния между сооружениями, устройствами контактной сети, токоприемниками и подвижным составом



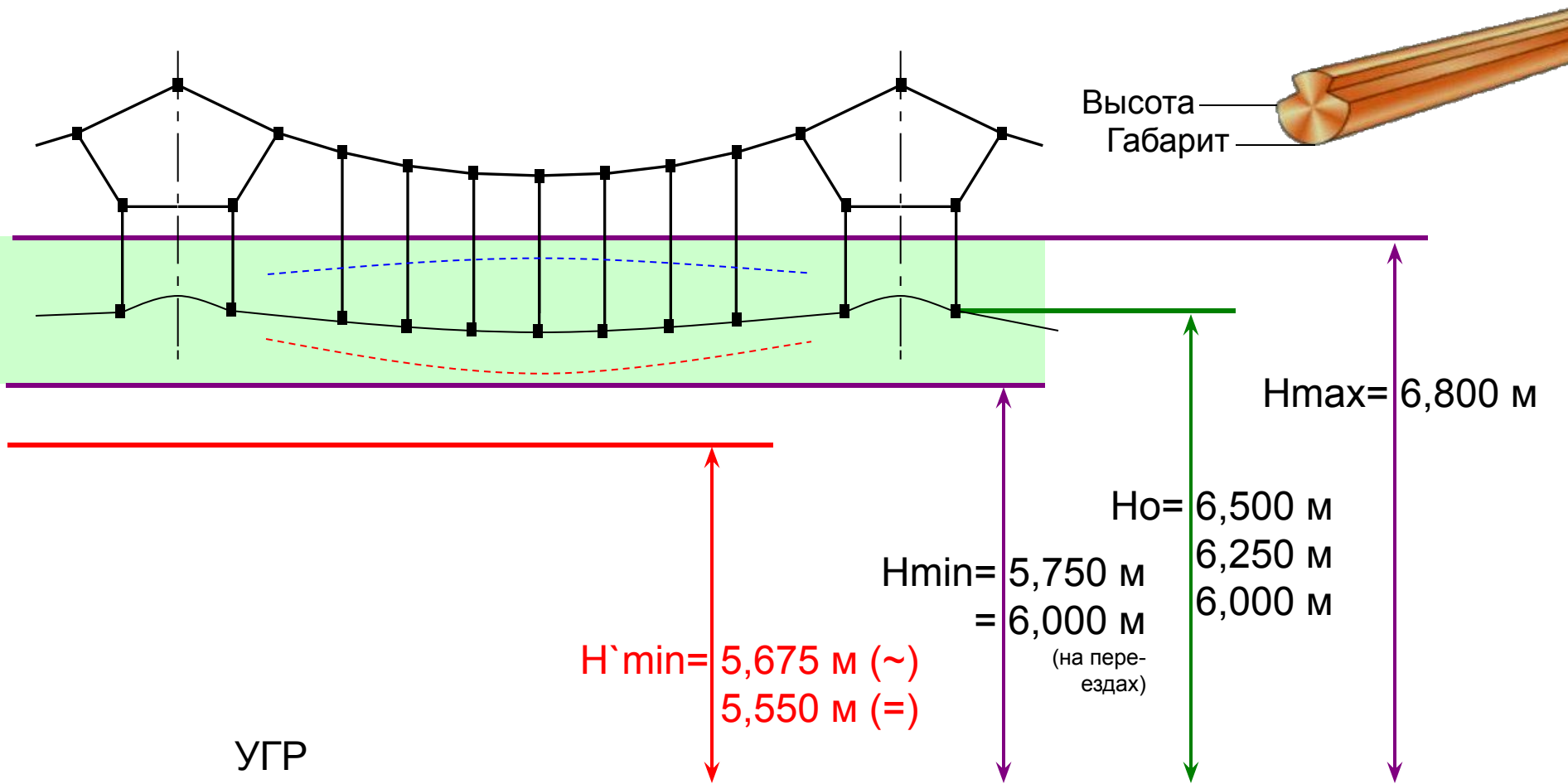
## ПУТЭКС:

Таблица 2.2.3

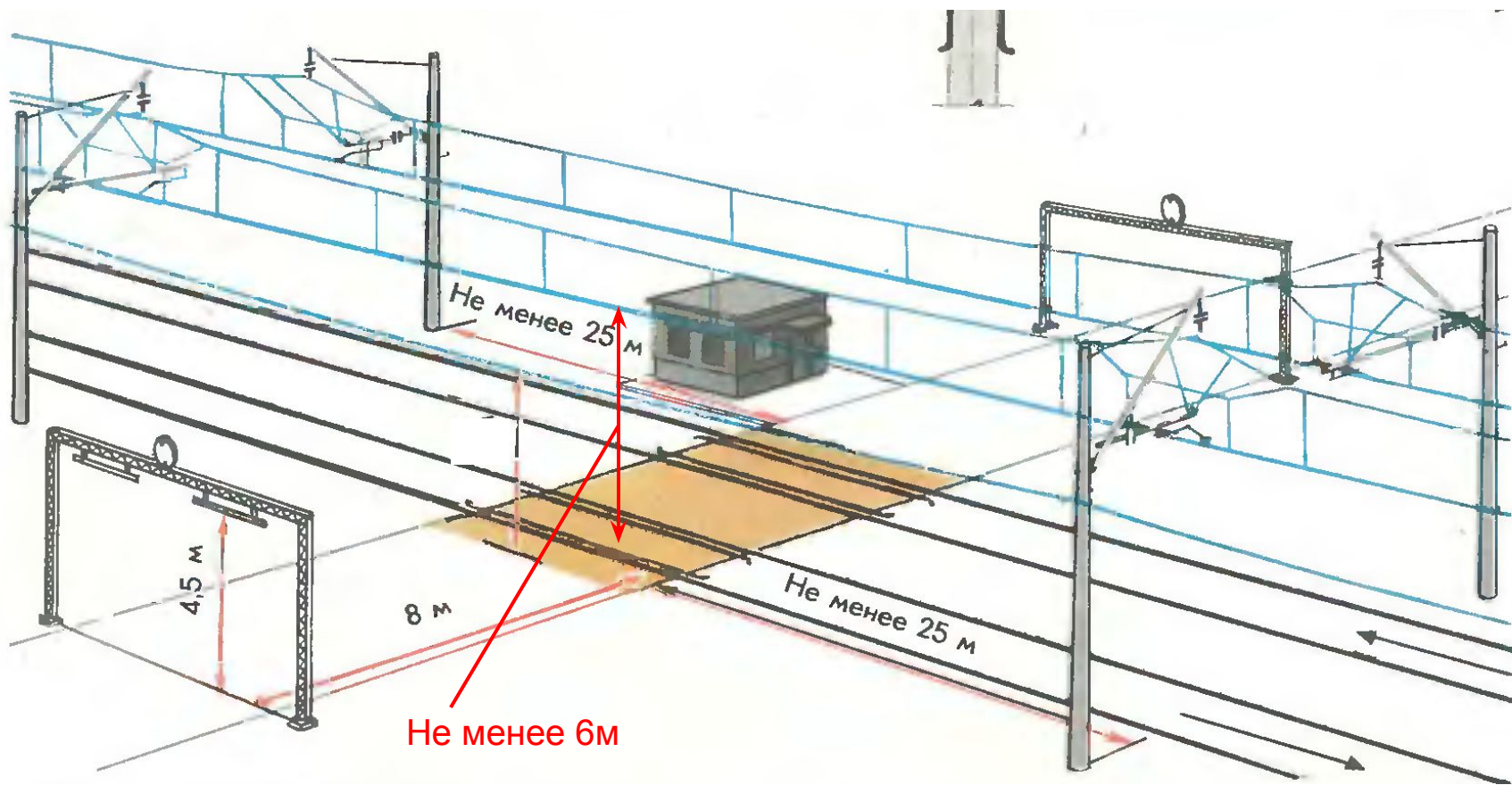
Напряжение контактной сети, кВ	Вертикальный воздушный зазор между габаритом подвижного состава и наименьшим положением контактного провода, $A_1$ , мм		Вертикальный воздушный зазор между частями контактной сети, находящимися под напряжением, и заземленными частями сооружений, $A_2$ , мм		Боковой воздушный зазор между частями токоприемника, находящимися под напряжением, и заземленными частями сооружений, $a$ , мм	
	номинальный	наименьший допустимый	номинальный	наименьший допустимый	номинальный	наименьший допустимый
3	450	250	200	150	200	150
25	450	375	350	300	250	200

*Примечание. Наименьшие допустимые нормы могут применяться на существующих искусственных сооружениях с разрешения МПС России.*

## Вертикальный габарит контактного провода

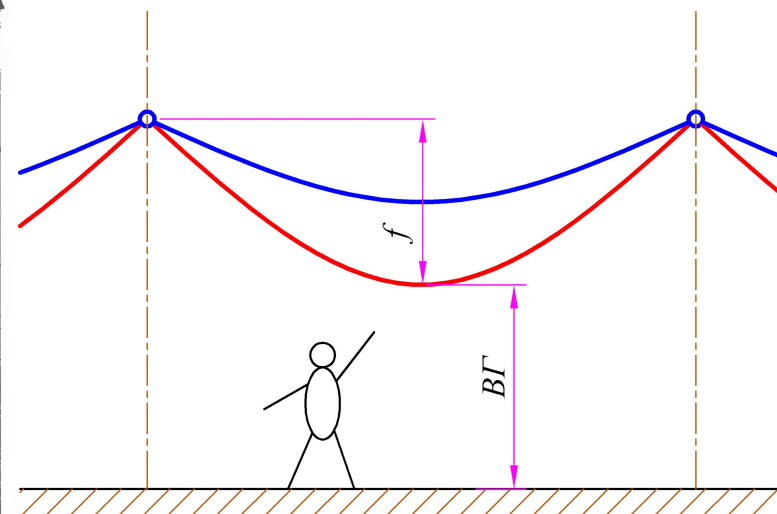
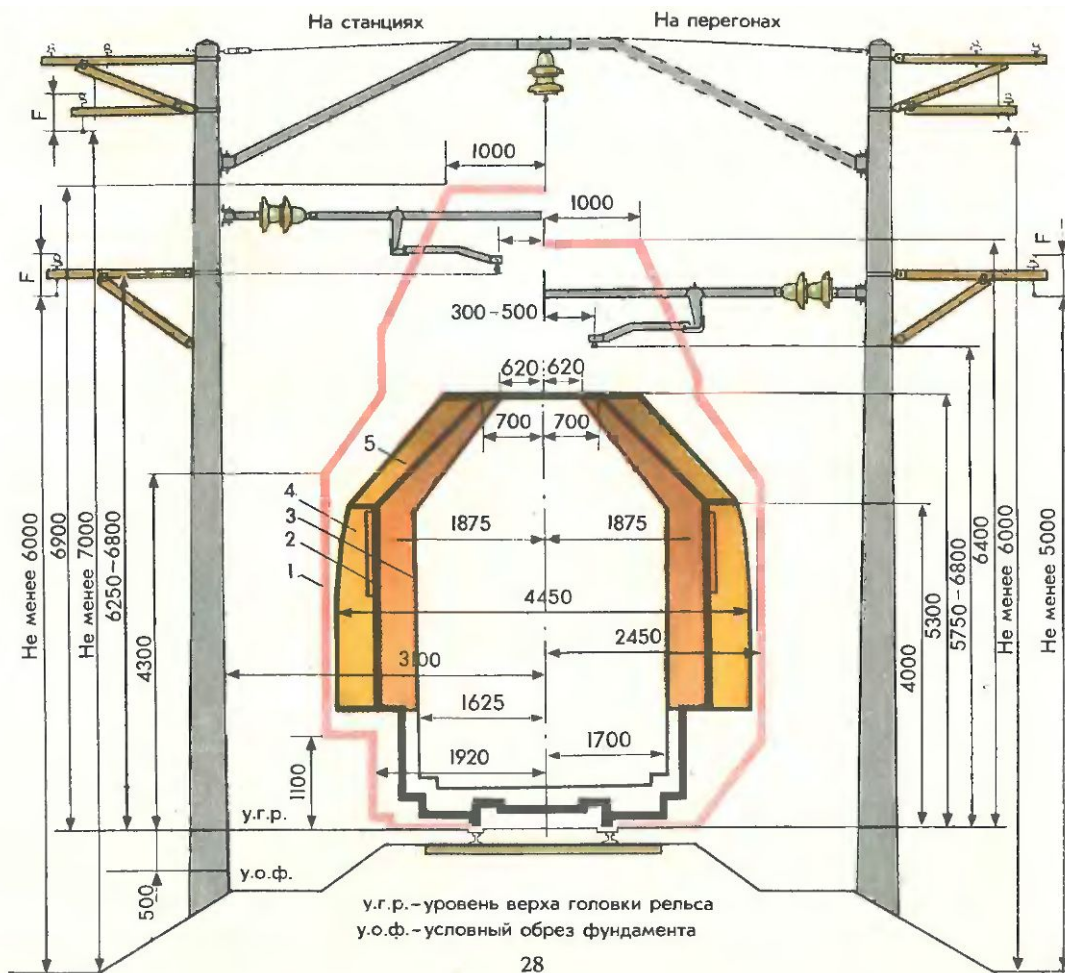


## Минимально допустимый габарит КП на переездах





## Расстояния от проводов до земли и сооружений. Расстояния между проводами



## ПУТЭКС:

Таблица 2.2.2

Наименование объектов пересечения или сближения	Наименьшее расстояние от проводов (кабелей), м		
	ВЛ 0,4 кВ, отсасы- вающих, обратного тока, экранирующих, волновода, волокон- но-оптической линии связи, группового заземления	ВЛ 10(6) кВ, питающих и усиливающих линий 3 кВ	ВЛ 35 кВ, ДПР, пи- тающих и усиливаю- щих линий 25 кВ
Поверхность земли:			
в населенной местности	6	7	7
в ненаселенной местности и в пределах искусствен- ных сооружений	5	6	6
в труднодоступных местах	4	5	5
в недоступных местах	1	2,5	3
Головки рельсов неэлек- трифицированного пути	7,5	7,5	7,5
Поверхность автомобиль- ной дороги	7	7	7
Несущий трос или верхний провод ВЛ, подвешенный на опорах контактной сети	2	2	2
Провод троллейбусных и трамвайных линий	1,5	3	3



**Населенная местность** - городская черта с перспективой развития на 10 лет, курорты, поселки, населенные пункты, железнодорожные станции.

**Ненаселенная местность** - незастроенная местность, редко стоящие строения, перегоны, включая остановочные пункты.



**Труднодоступные места** - недоступные для транспорта и машин, откосы насыпей и выемок.

**Недоступные места** – склоны гор, скал, утесов.

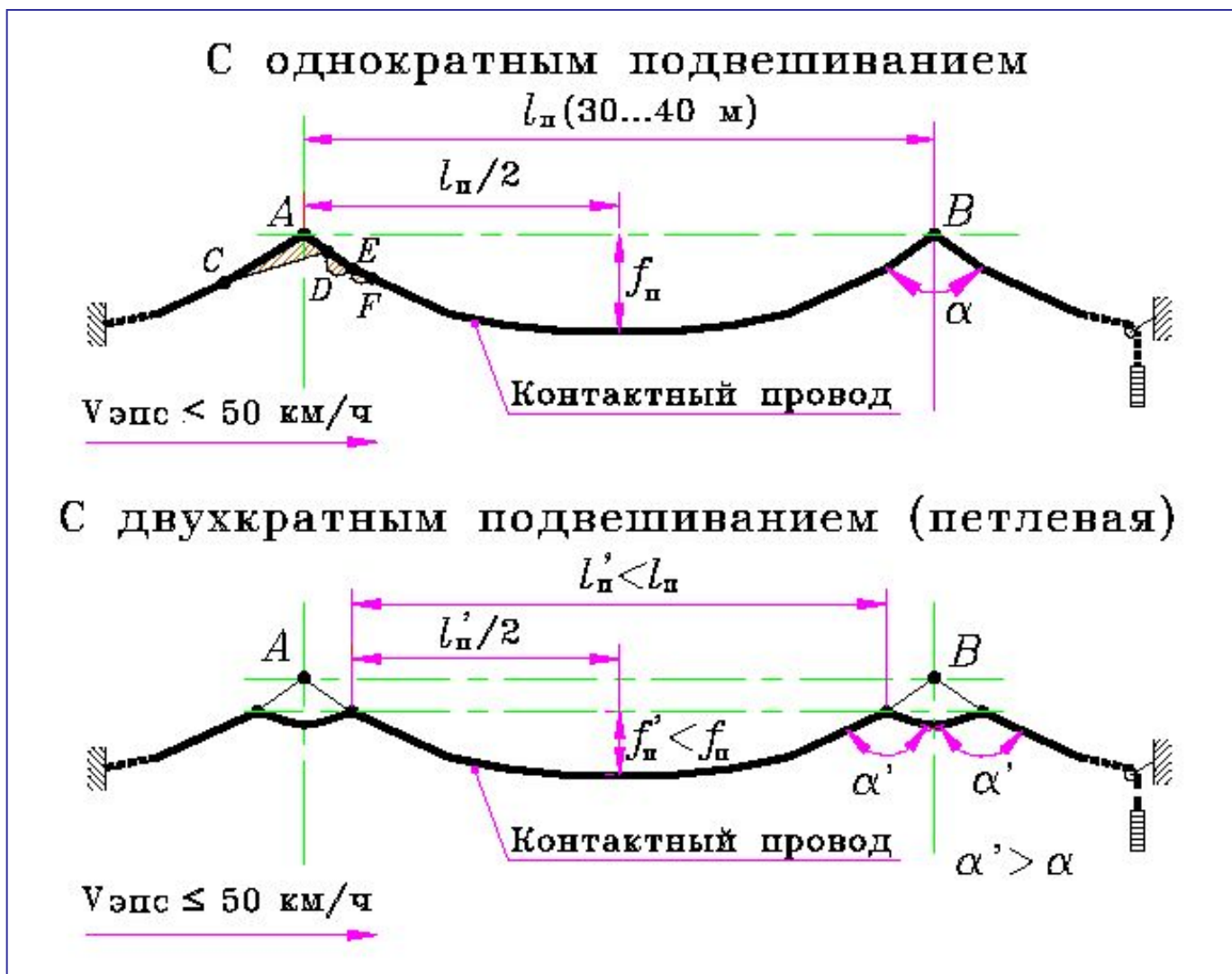


**1.4. Контактные подвески.  
Анкерные участки. Узлы**



## Эволюция конструкций контактных подвесок

Простые (трамвайные) контактные подвески



## Цепные контактные подвески

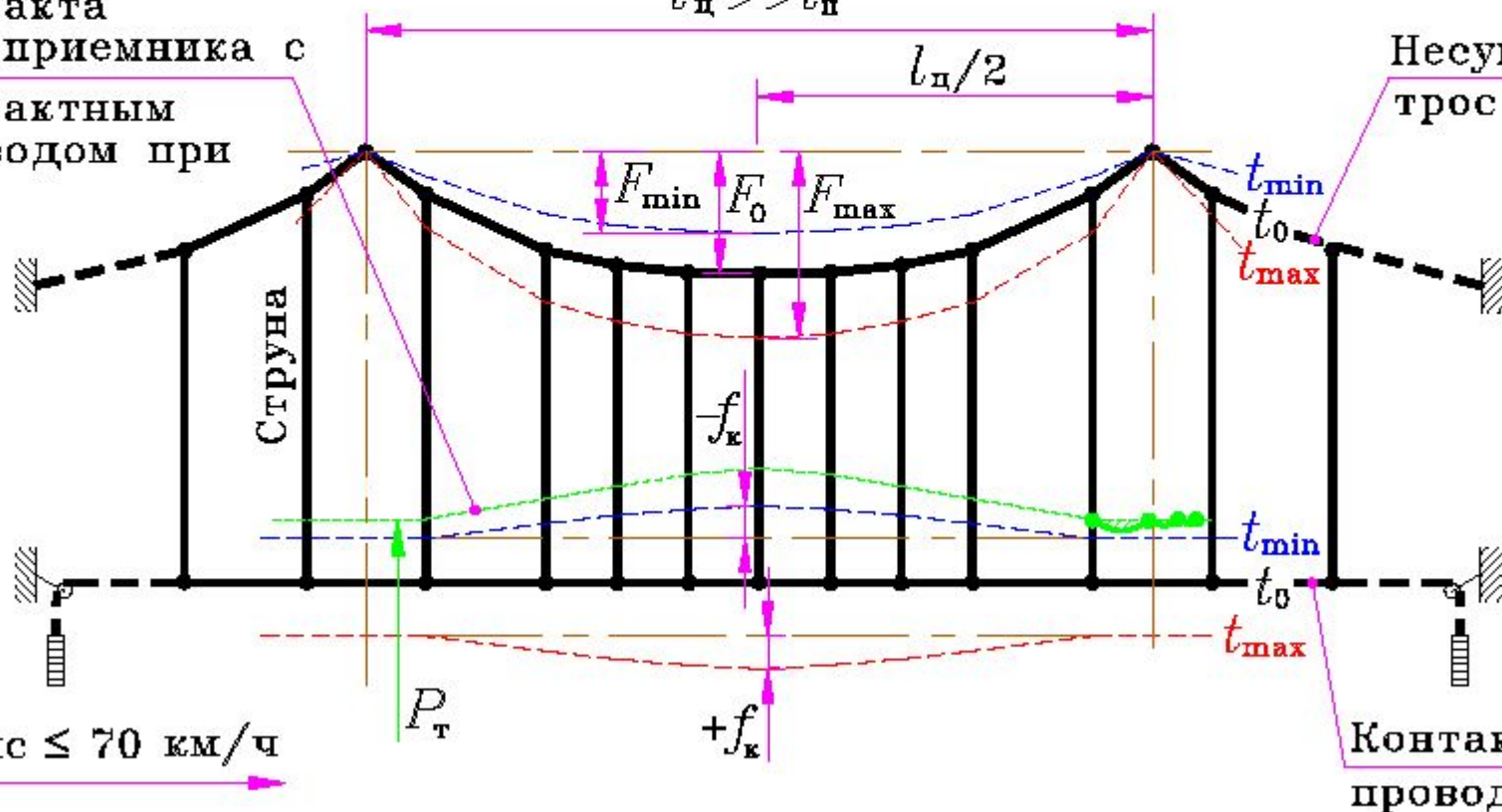
### Одинарная полукомпенсированная

Траектория точки  
контакта  
токоприемника с  
контактным  
проводом при  
 $t_{min}$

$$l_{\text{ц}} \gg l_{\text{п}}$$

$$l_{\text{ц}}/2$$

Несущий  
трос



$$V_{\text{эпс}} \leq 70 \text{ км/ч}$$

$$P_{\text{т}}$$

$$+f_{\text{к}}$$

$$t_{min}$$

$$t_0$$

$$t_{max}$$

$$t_{min}$$

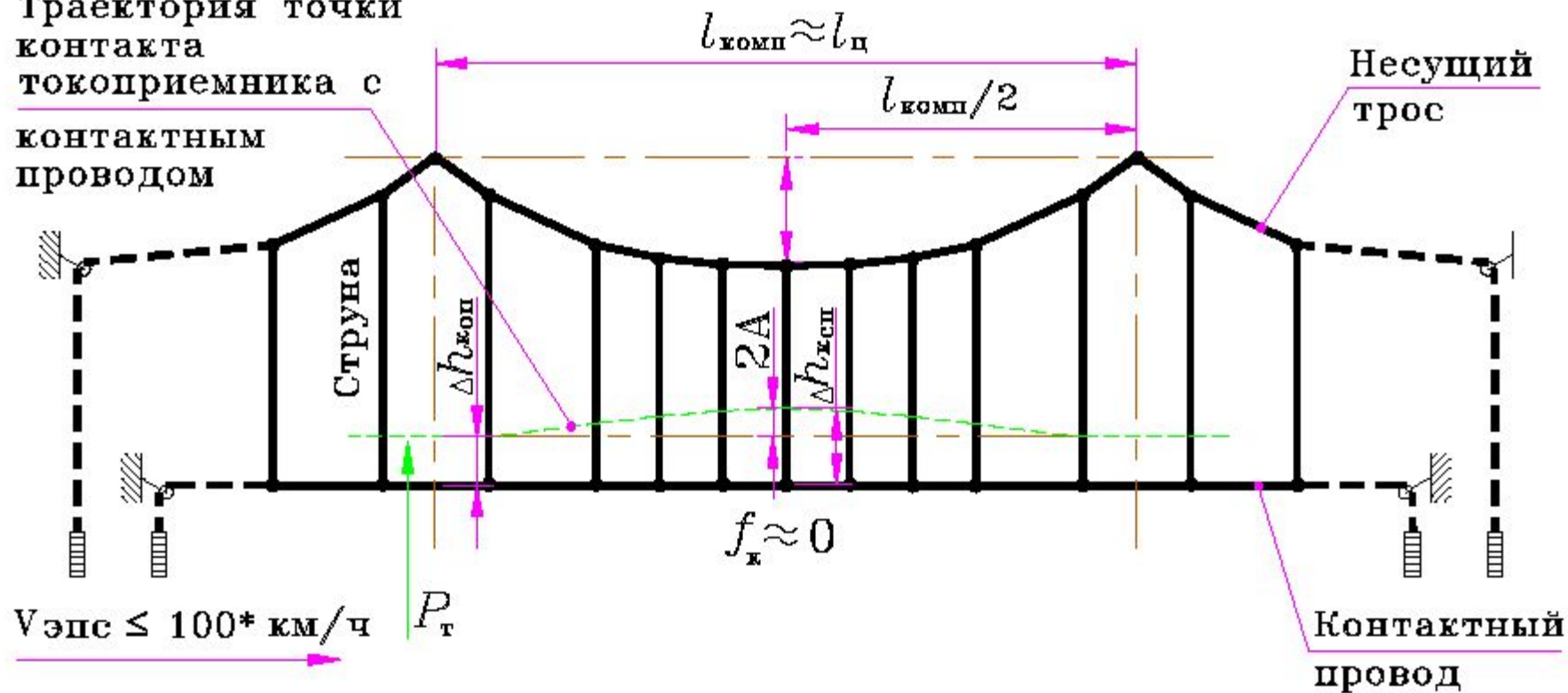
$$t_0$$

$$t_{max}$$

Контактный  
провод

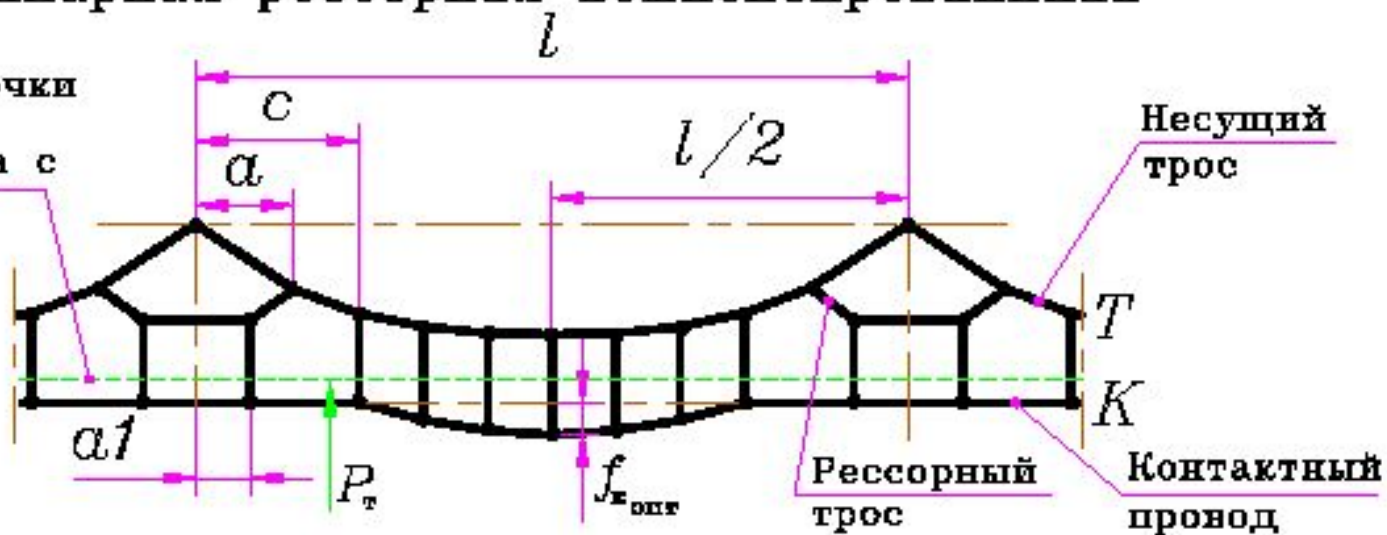
## Одинарная компенсированная

Траектория точки  
контакта  
токоприемника с  
контактным  
проводом



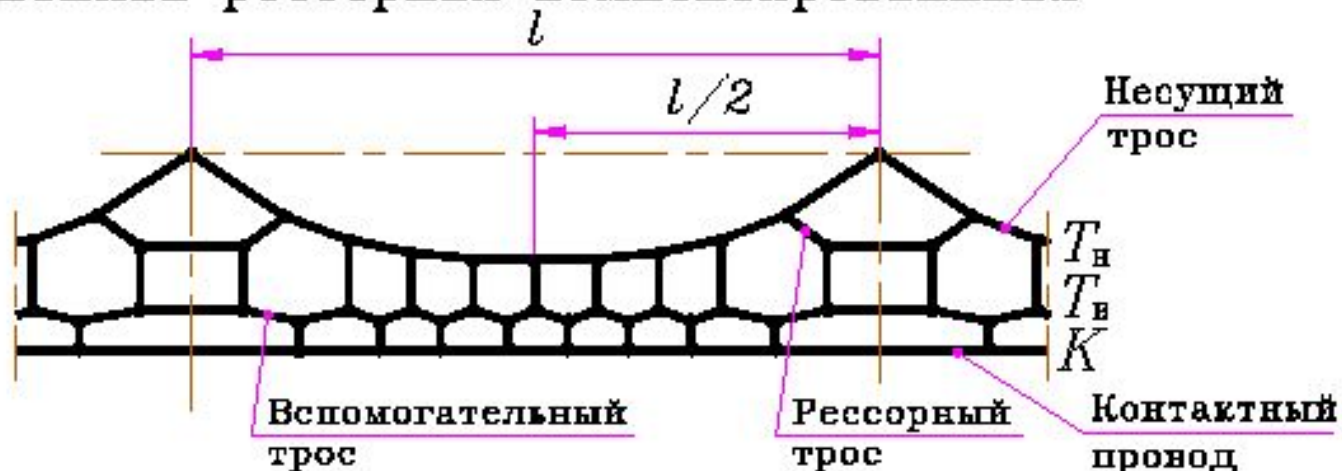
## Одинарная рессорная компенсированная

Траектория точки  
контакта  
токоприемника с  
контактным  
проводом

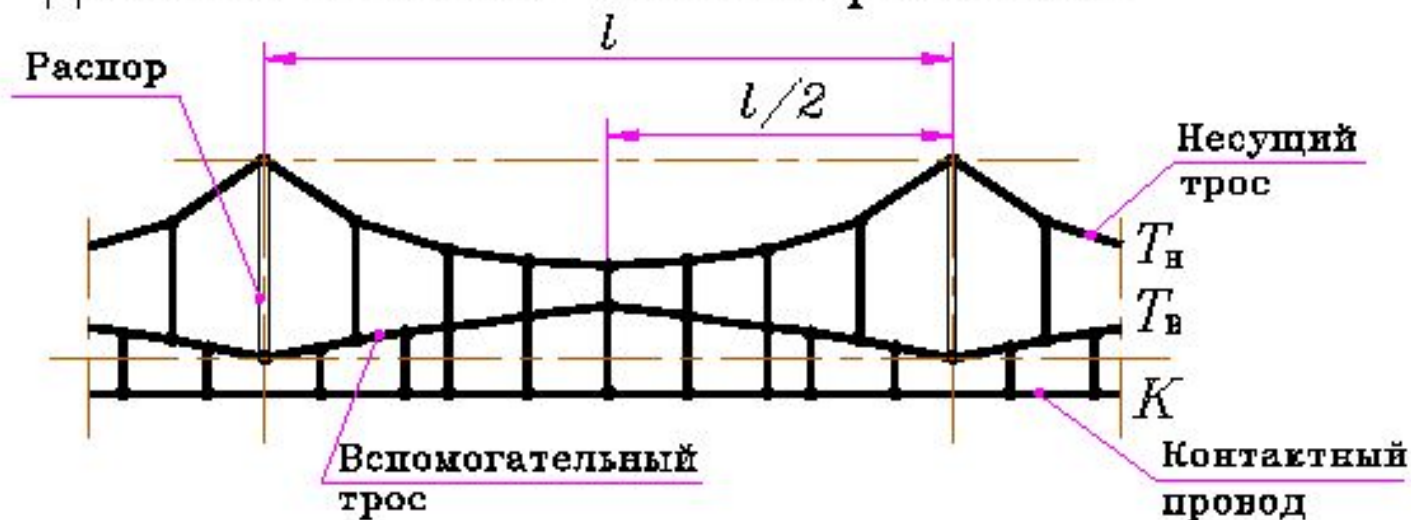




Двойная рессорная компенсированная



Двойная вантовая компенсированная

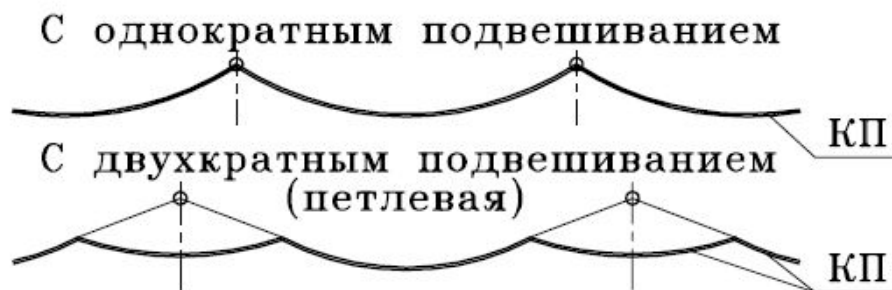


## Классификация контактных подвесок

### Контактные подвески

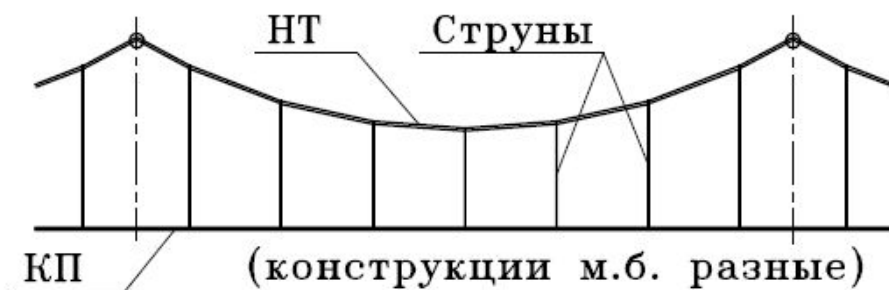
#### Простые

КП подвешивается непосредственно к поддерживающим конструкциям:



#### Цепные

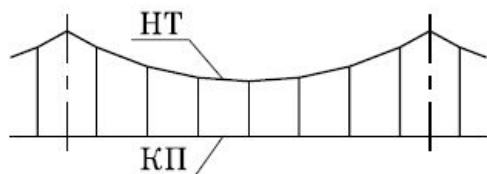
КП подвешивается к НТ с помощью струн (иногда через вспомогательный трос), а НТ крепится к поддерживающим конструкциям:



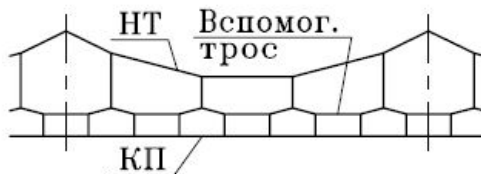
По способу подвешивания контактного провода:

### Цепные контактные подвески

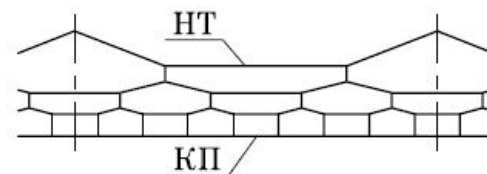
Одинарные



Двойные



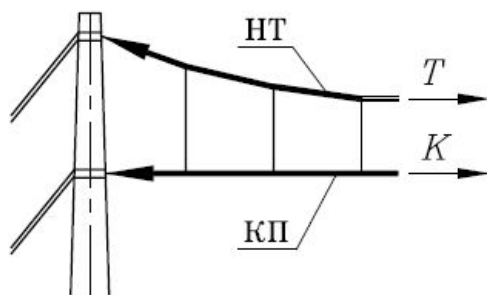
Сложные



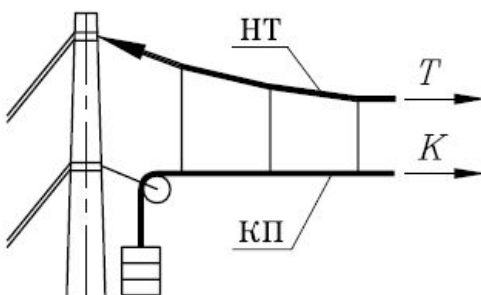
По способу регулирования натяжения проводов:

### Цепные контактные подвески

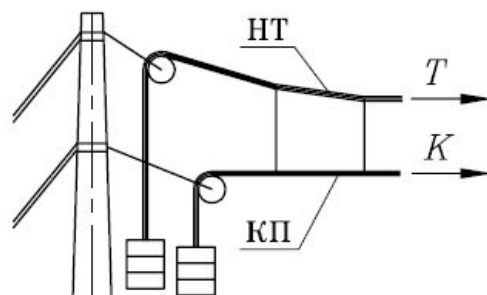
Некомпенсированные    Полукомпенсированные    Компенсированные



Жесткая анкеровка



Полукомпенсированная анкеровка

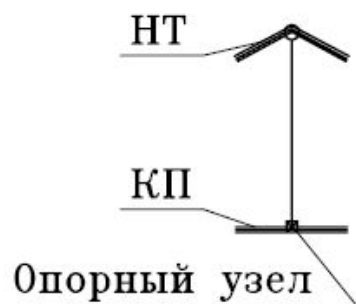


Компенсированная анкеровка

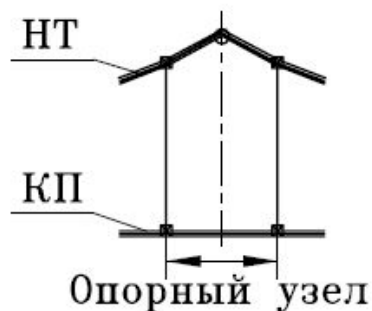
По конструкции опорного узла:

## Цепные контактные подвески

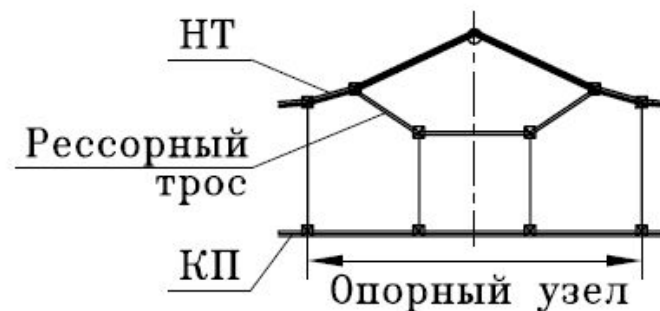
С простой опорной струной



Со смещенными струнами



С рессорным тросом



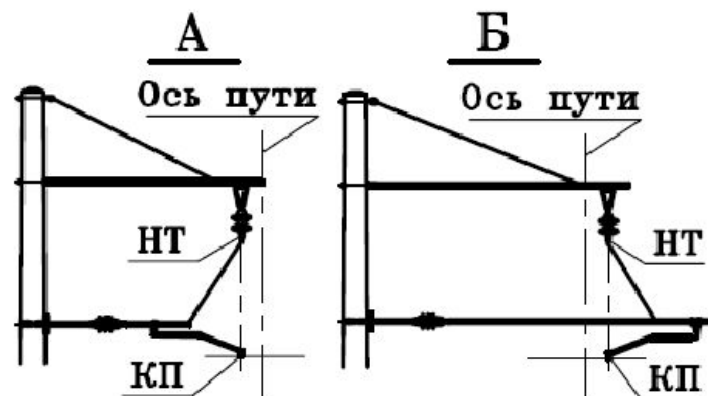
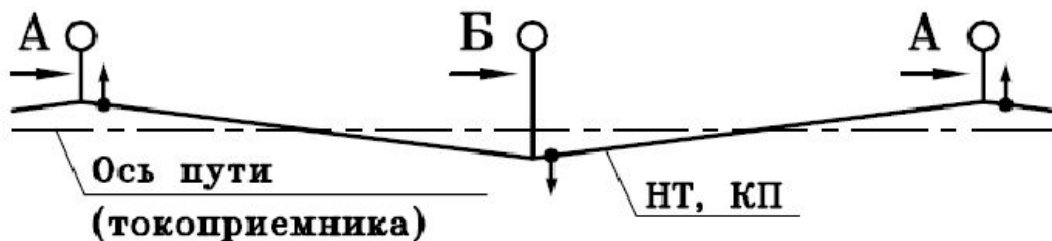
По расположению проводов в плане:

## Цепные контактные подвески

Вертикальные      Полукосявые      Косые      Ромбовидные

### Вертикальная подвеска

на прямой

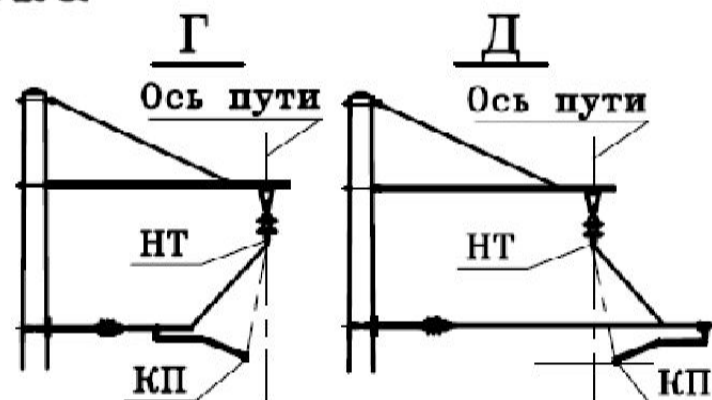
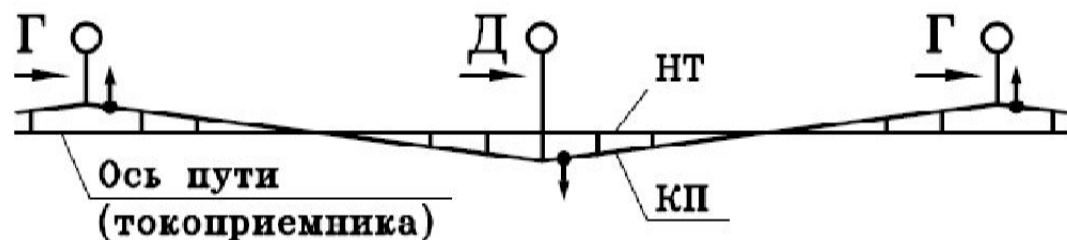


на кривой



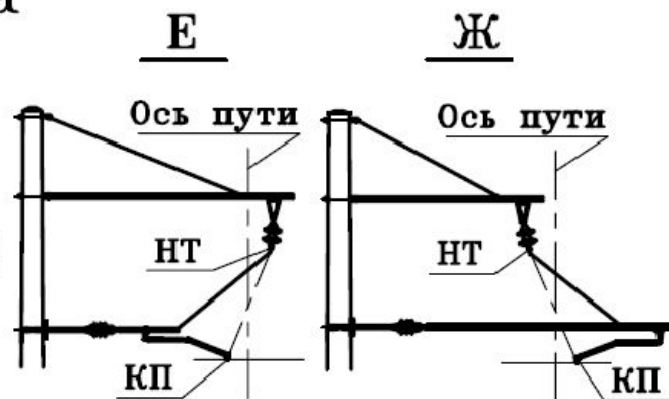
## Полукосовая подвеска

на прямой

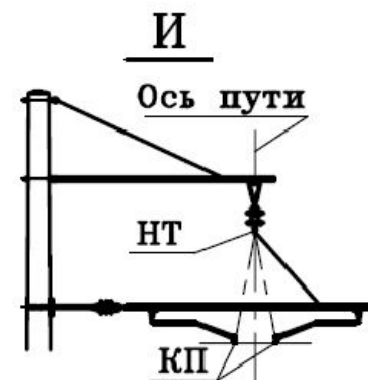
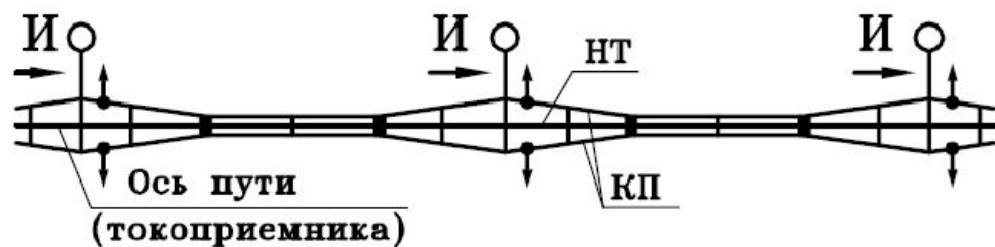


(на кривых применяется вертикальная подвеска)

# Косая подвеска



# Ромбовидная подвеска



По числу КП и способу их подвешивания:

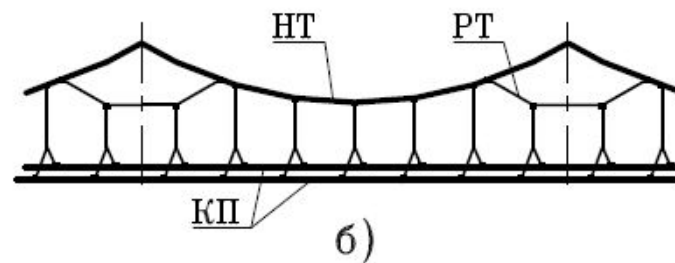
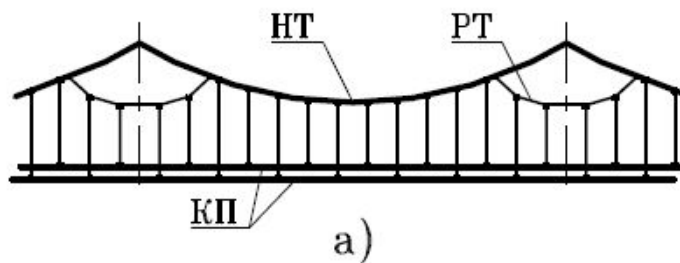
## Цепные контактные подвески

С одним КП

С двумя КП

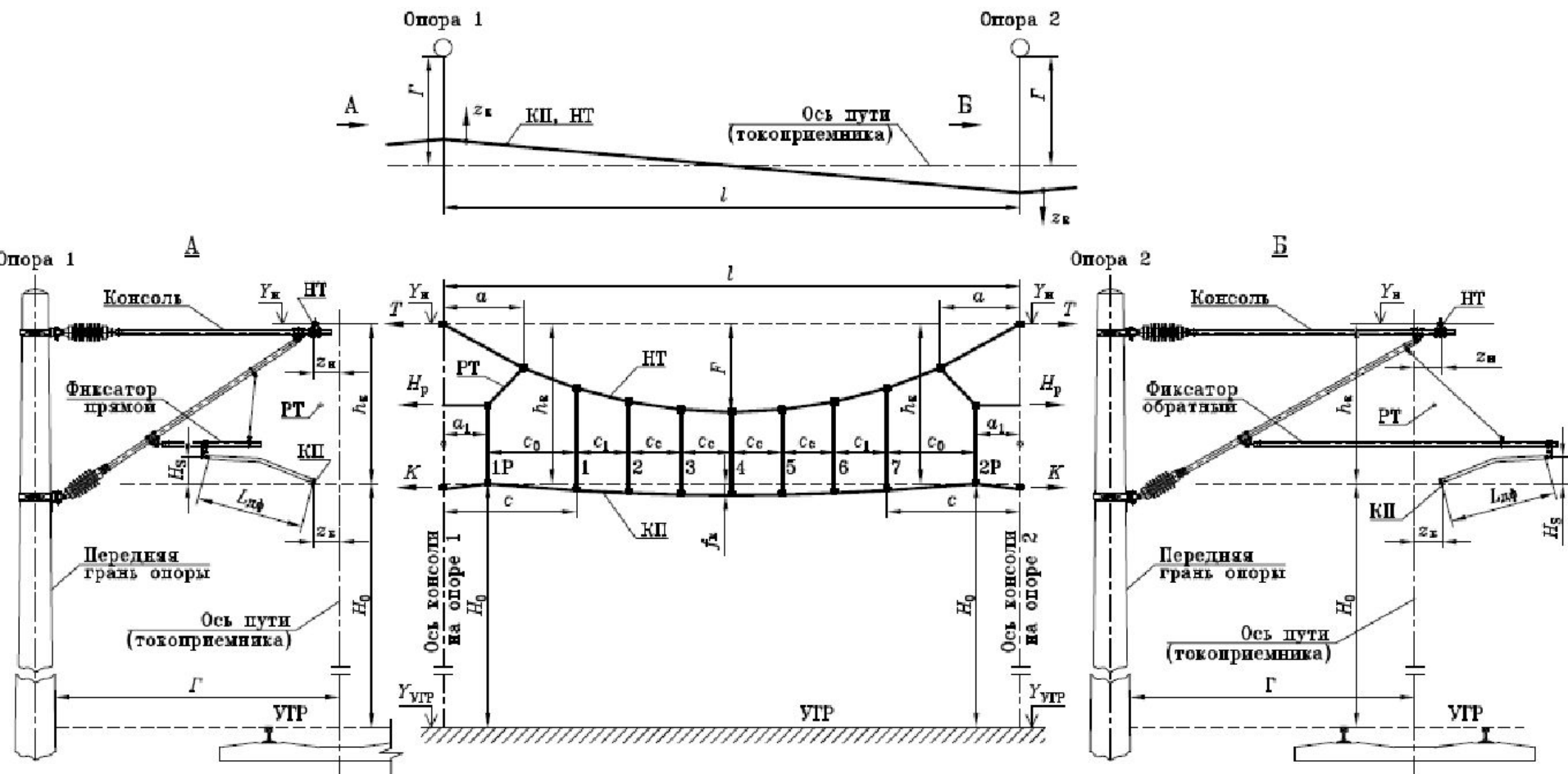
С шахматным  
расположением струн

С совмещенным  
расположением струн

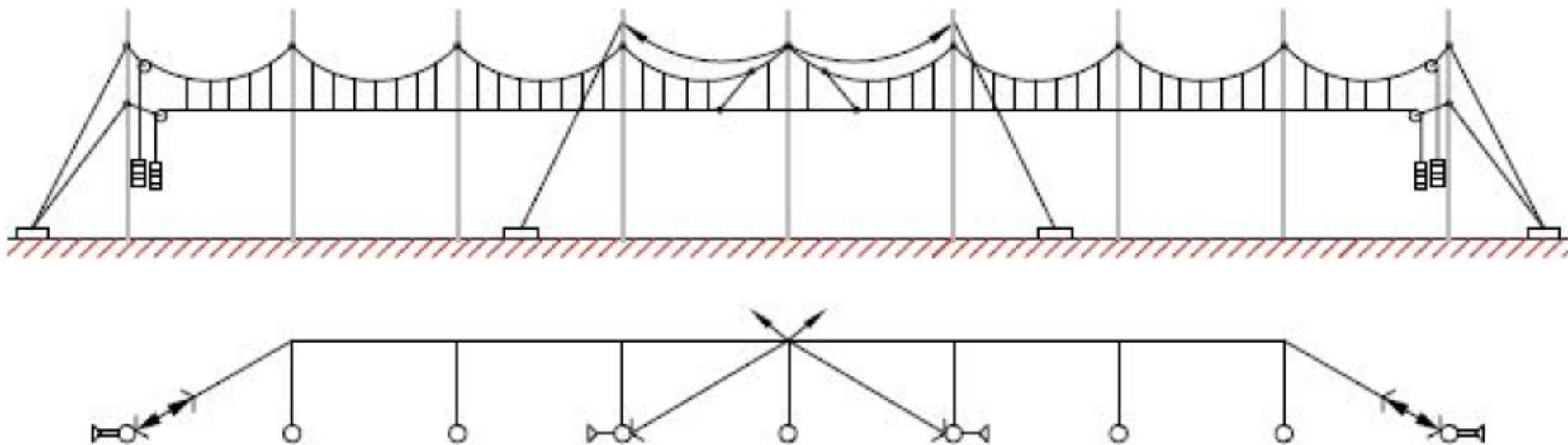




## Основные параметры контактных подвесок

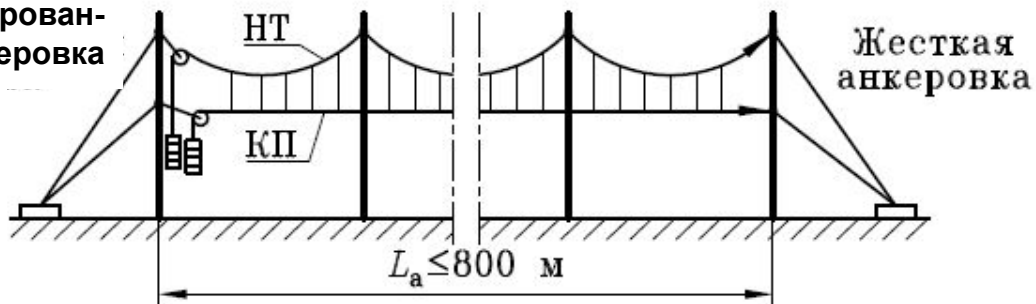


## Анкерный участок компенсированной контактной подвески

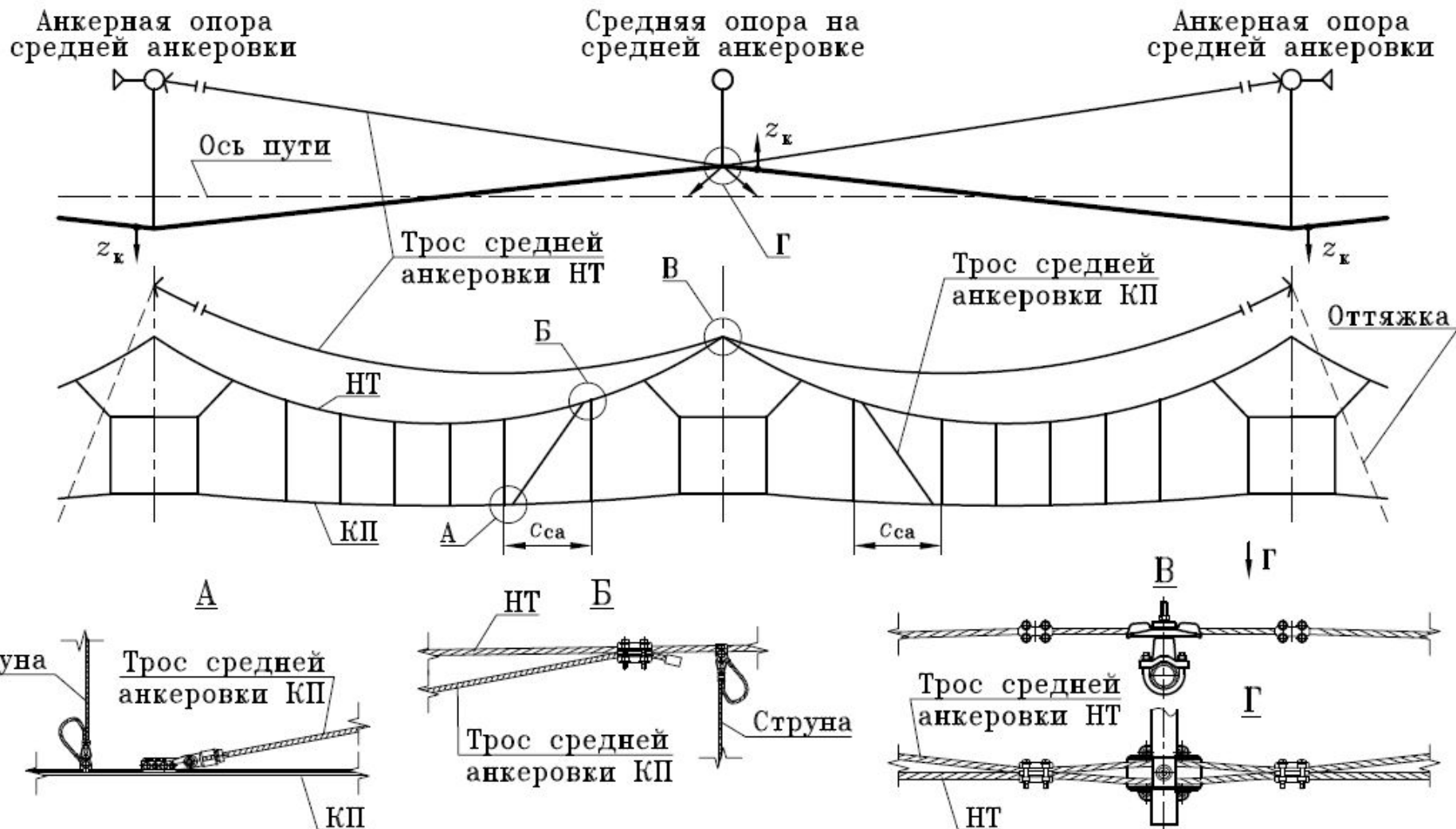


Вариант без средней анкеровки:

Компенсированная анкеровка



## Средняя анкеровка компенсированной контактной подвески

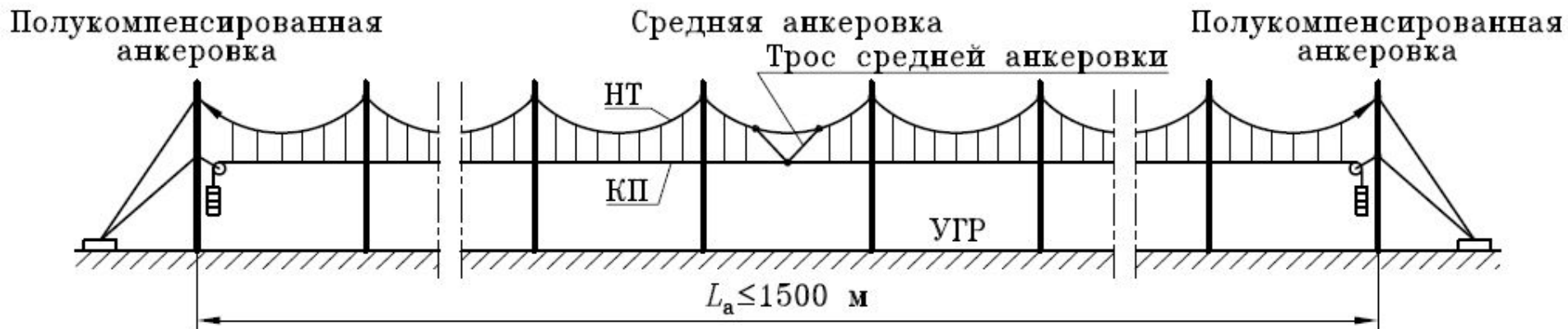




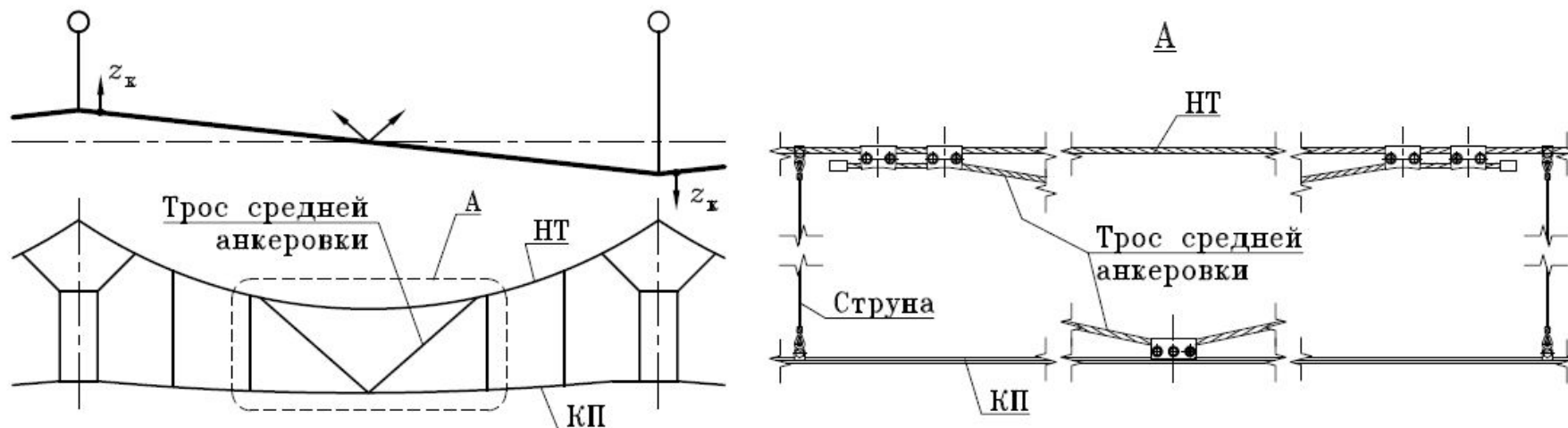
pas

270

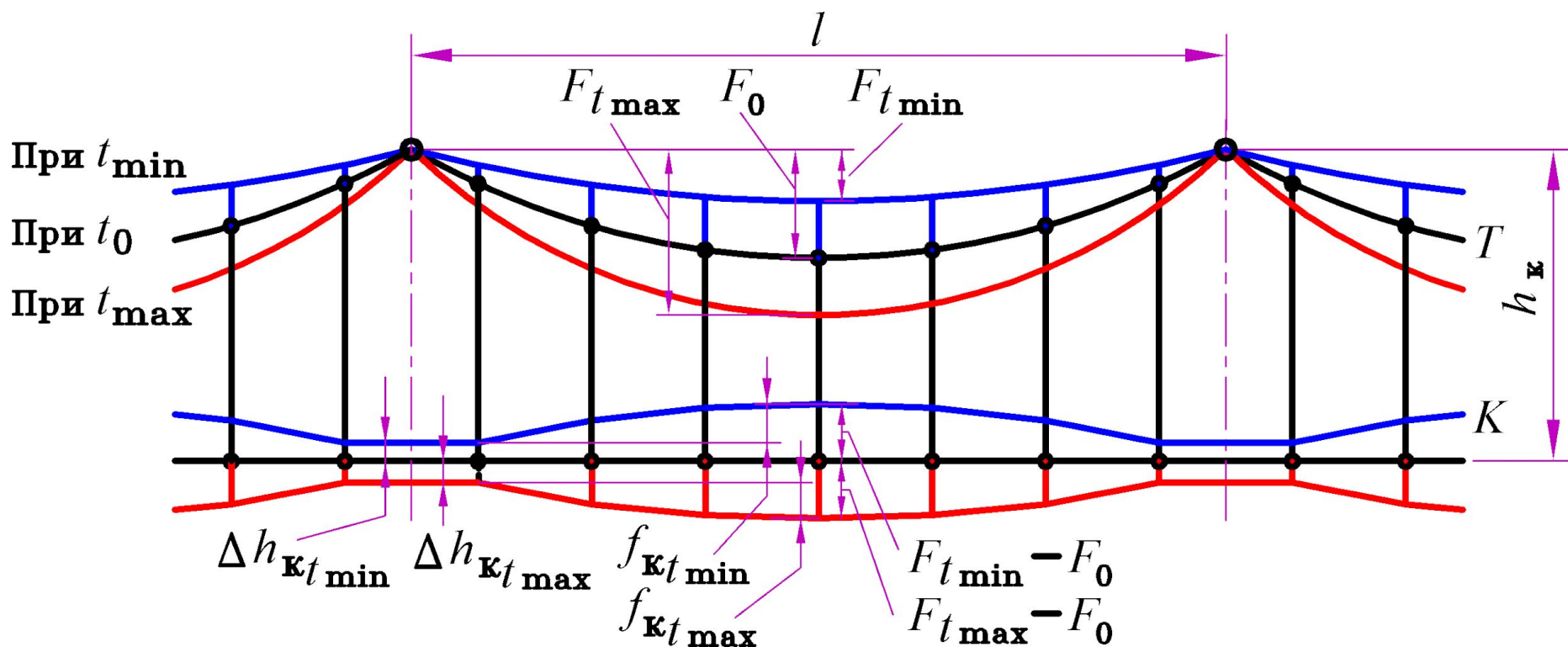
## Анкерный участок полукомпенсированной контактной подвески

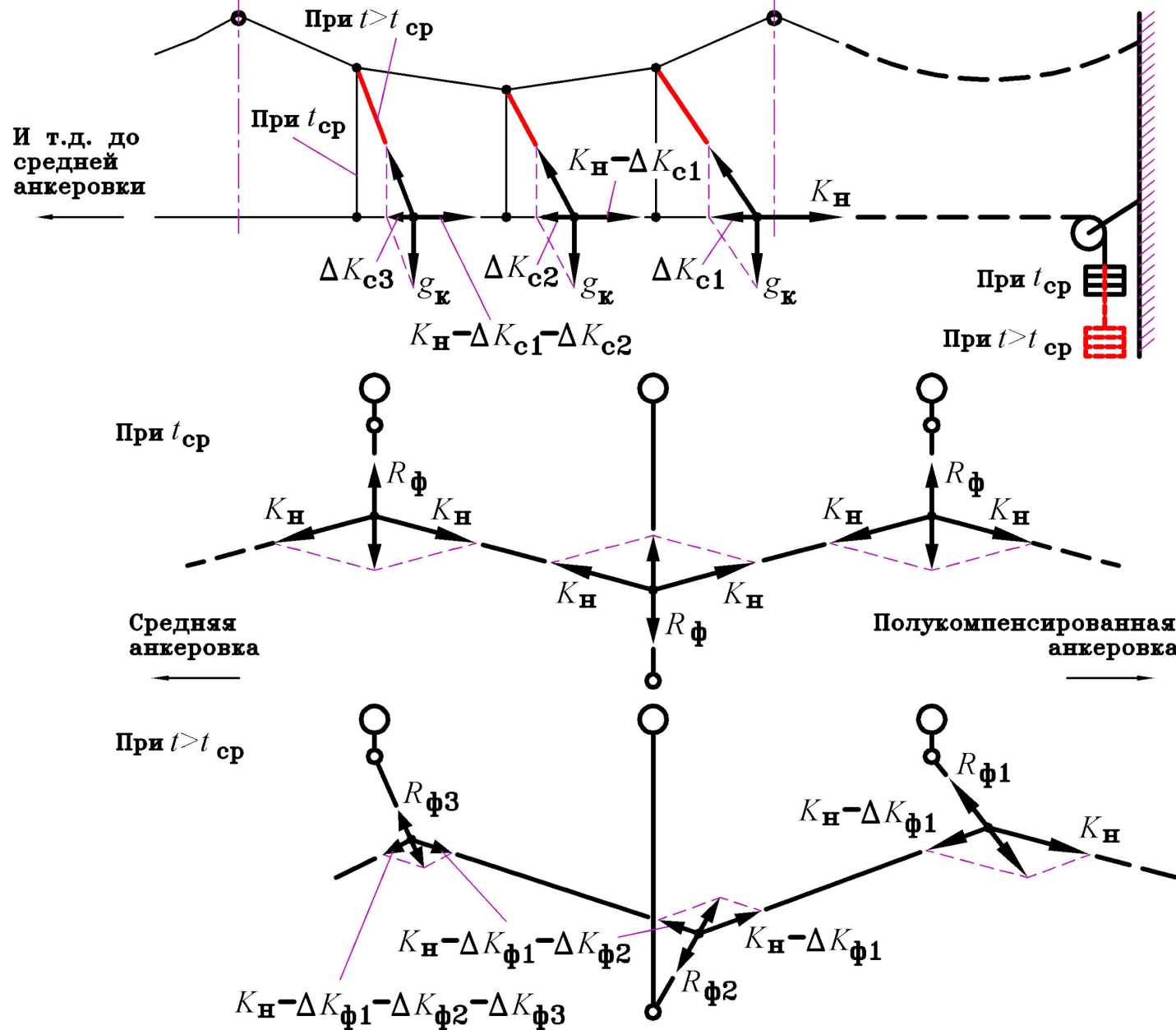


## Средняя анкеровка полукомпенсированной контактной подвески



## Изменение положения проводов полукомпенсированной контактной подвески при изменении температуры

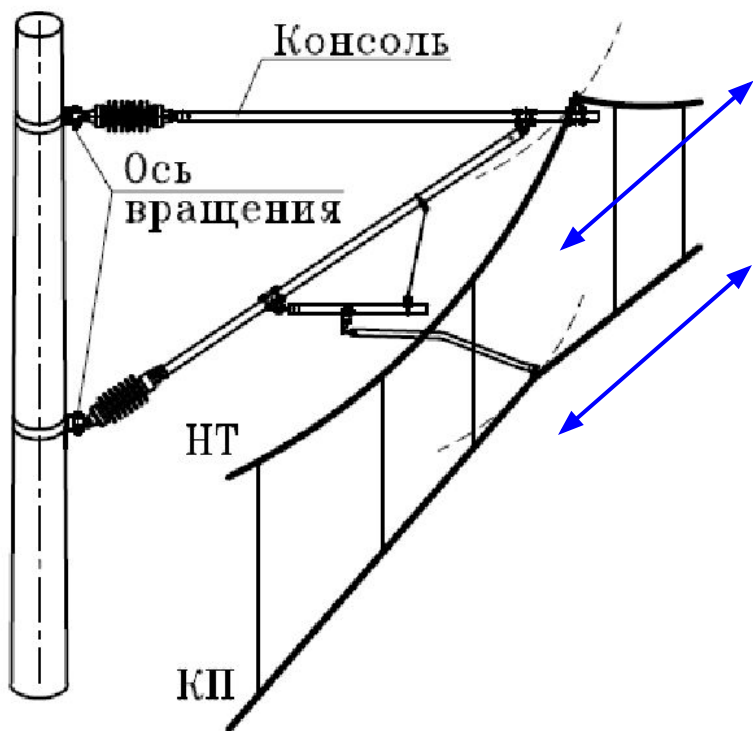




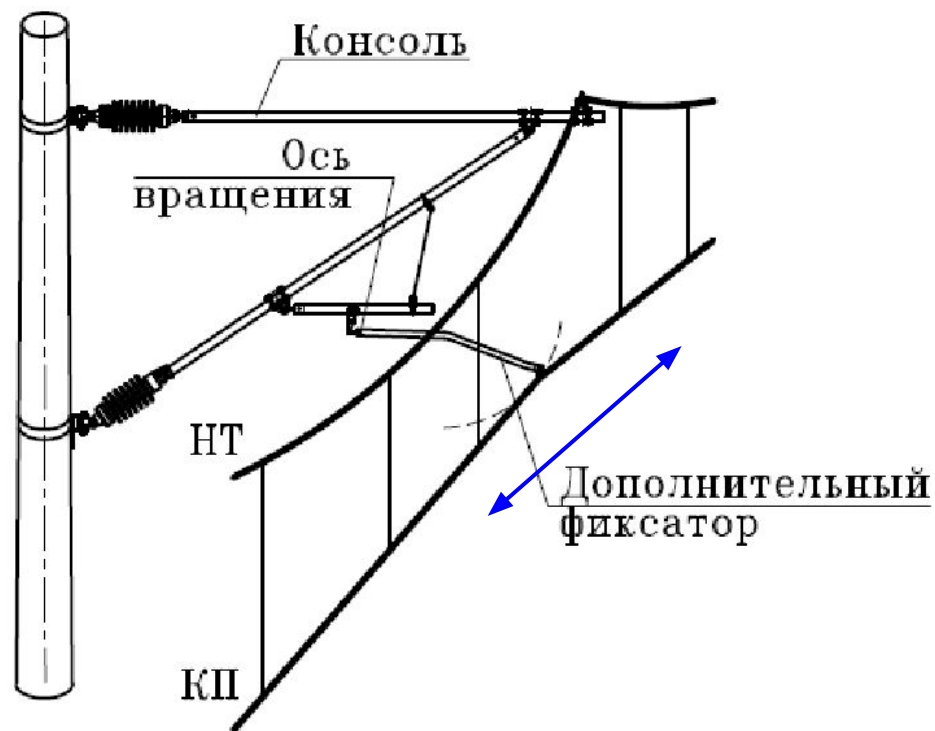
**Изменение натяжения КП полукомпенсированной контактной подвески при изменении температуры**

## Перемещение консолей и фиксаторов при изменении температуры при компенсированной и полукompенсированной контактной подвеске

Компенсированная подвеска

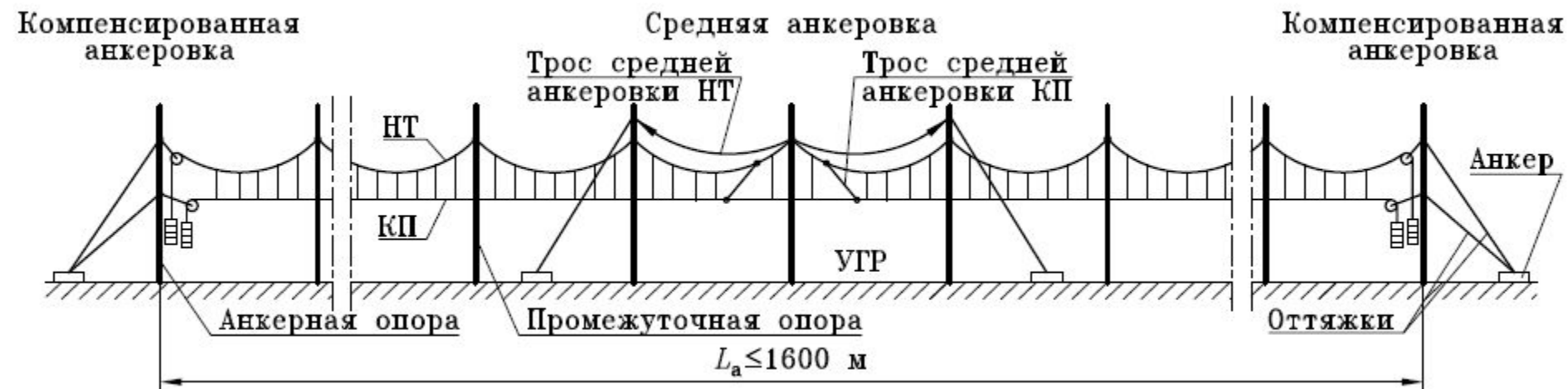
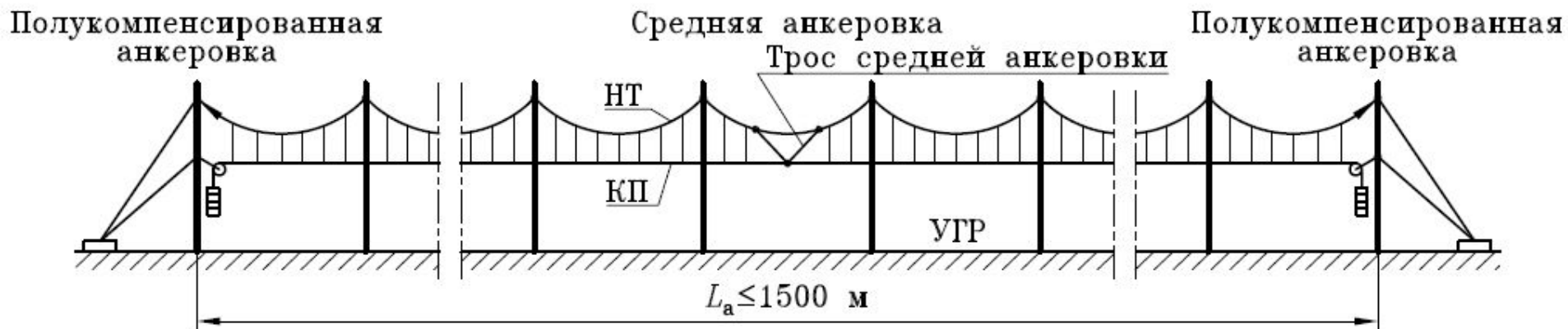


Полукompенсированная подвеска

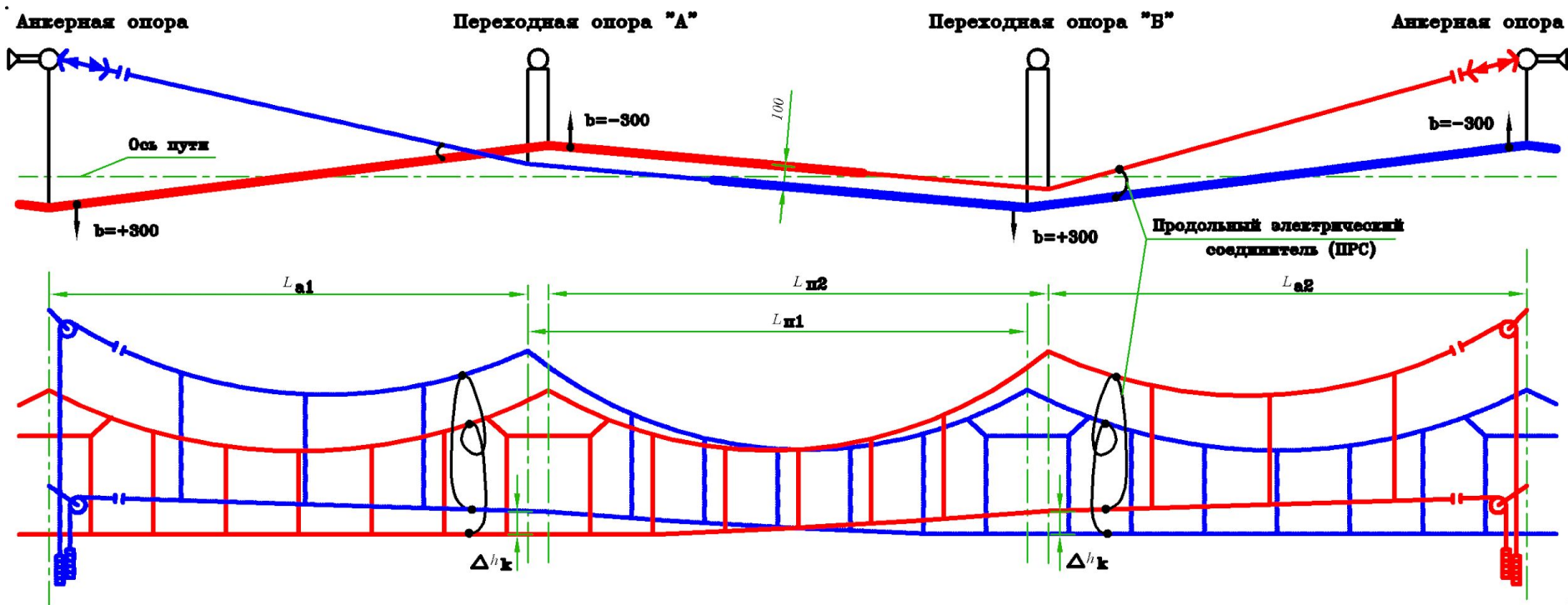




## В чем достоинства и недостатки полукompенсированной и компенсированной подвески?

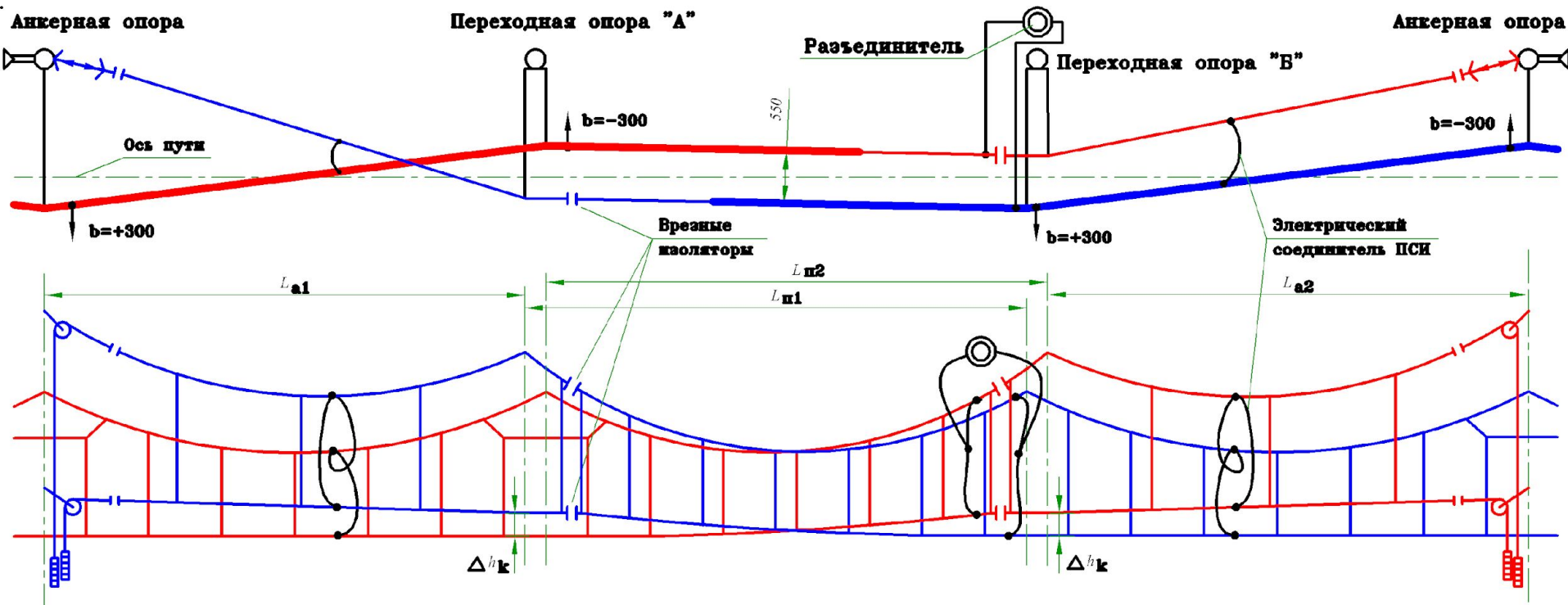


## Трехпролетное сопряжение контактных подвесок без секционирования

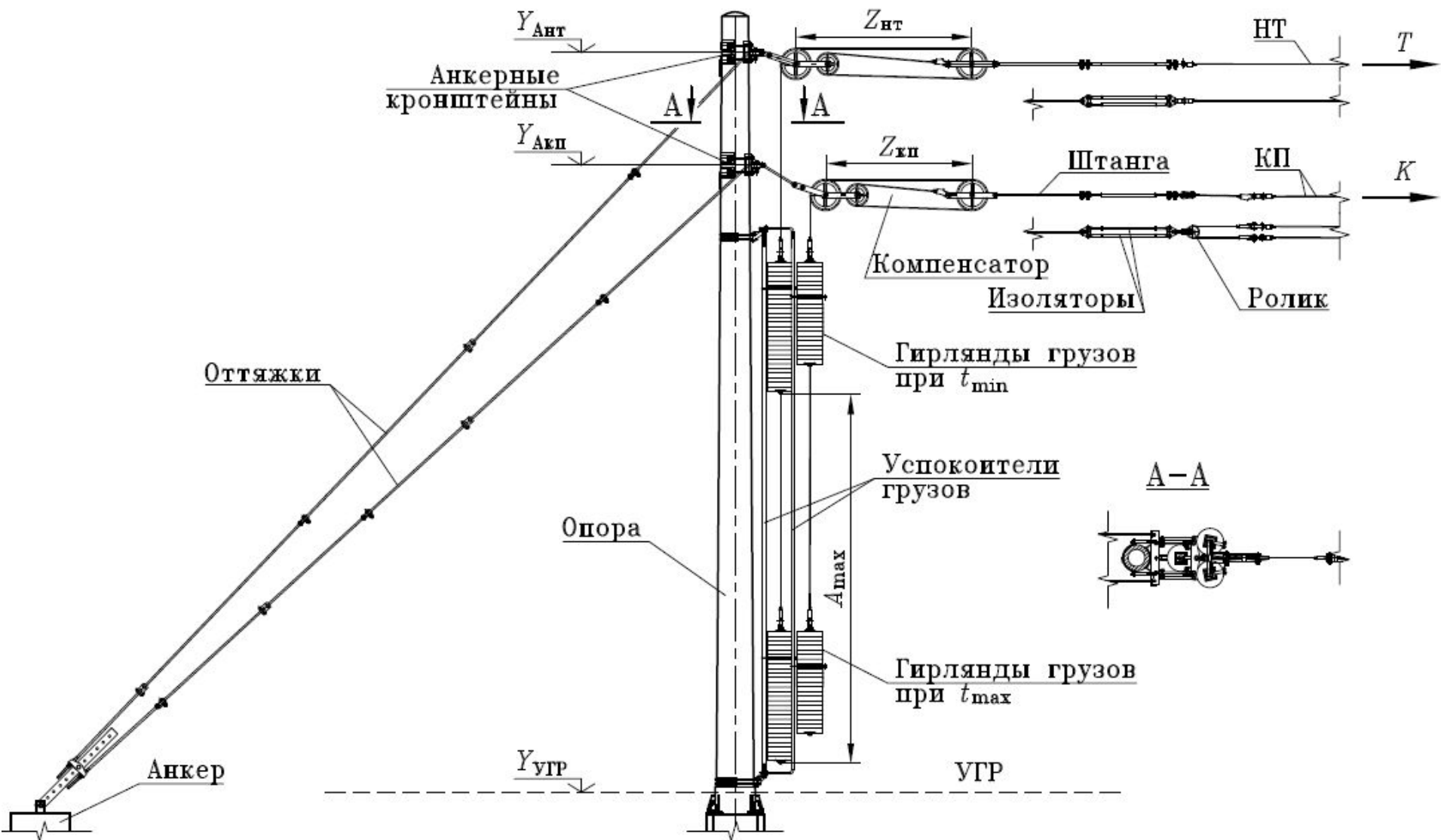




## Трехпролетное сопряжение контактных подвесок с секционированием

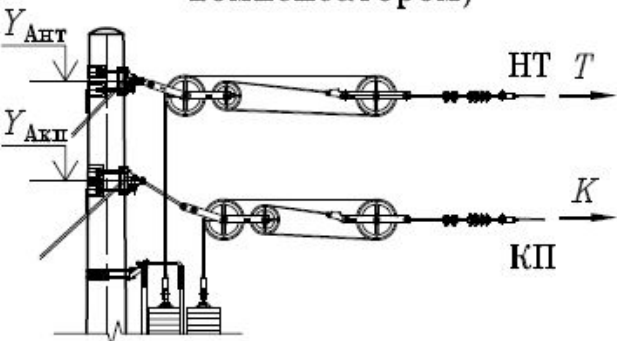


## Анкеровка компенсированной контактной подвески

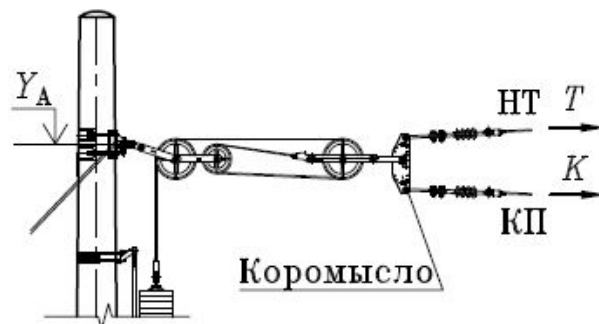


## Варианты анкеровок компенсированной контактной подвески

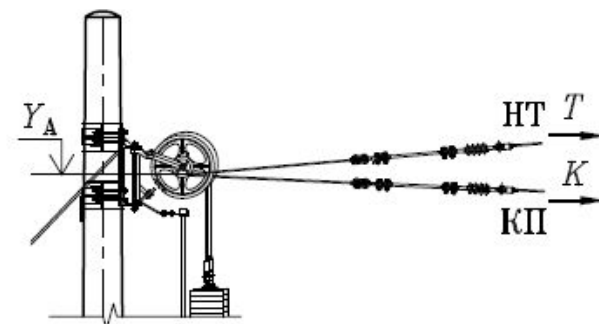
Разнесенная в разных уровнях  
(с блочно-полиспастным компенсатором)



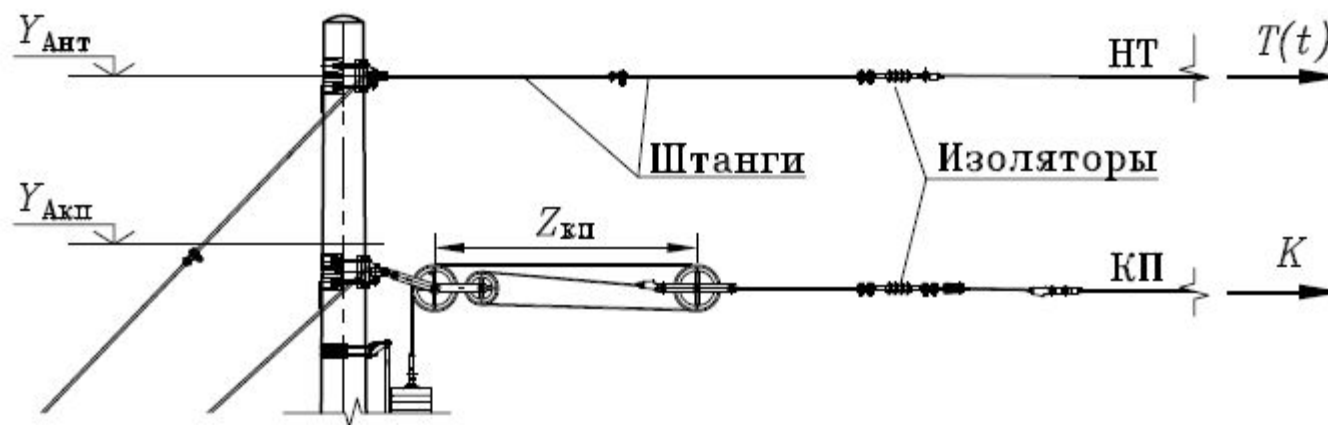
Совмещенная  
(с блочно-полиспастным компенсатором)



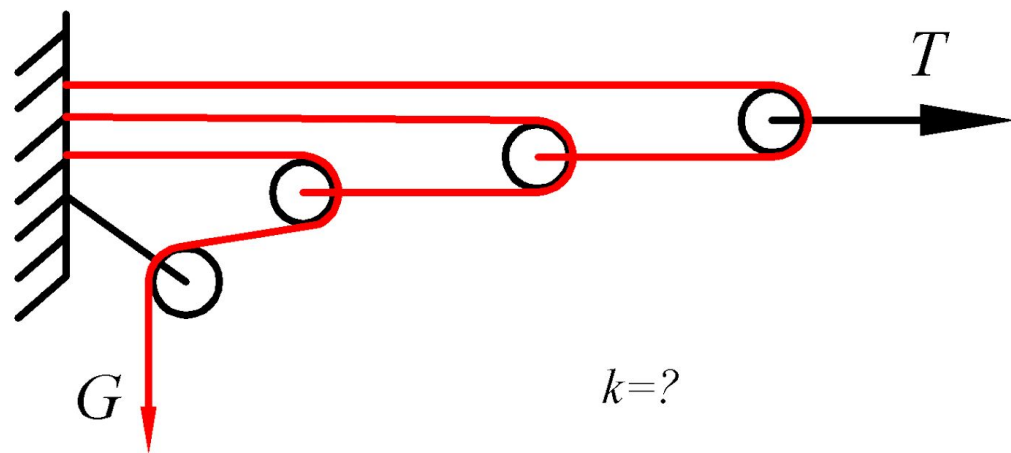
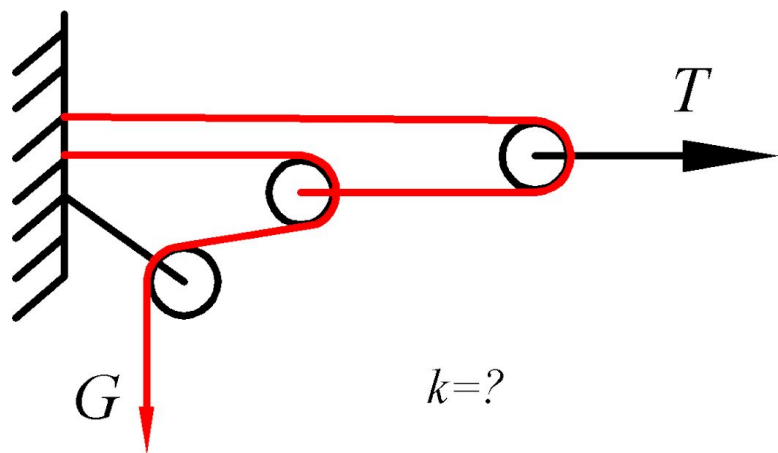
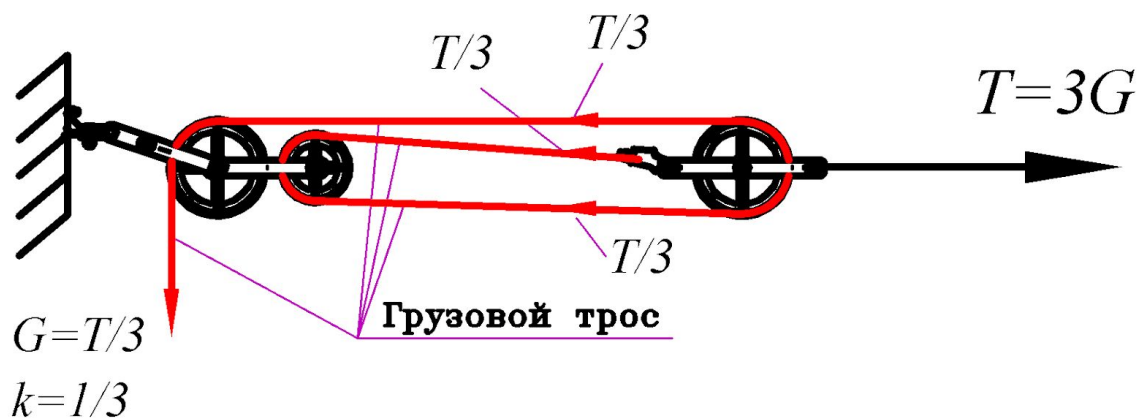
Разнесенная в одном уровне  
(с барабанным компенсатором)



## Анкеровка полукомпенсированной контактной подвески

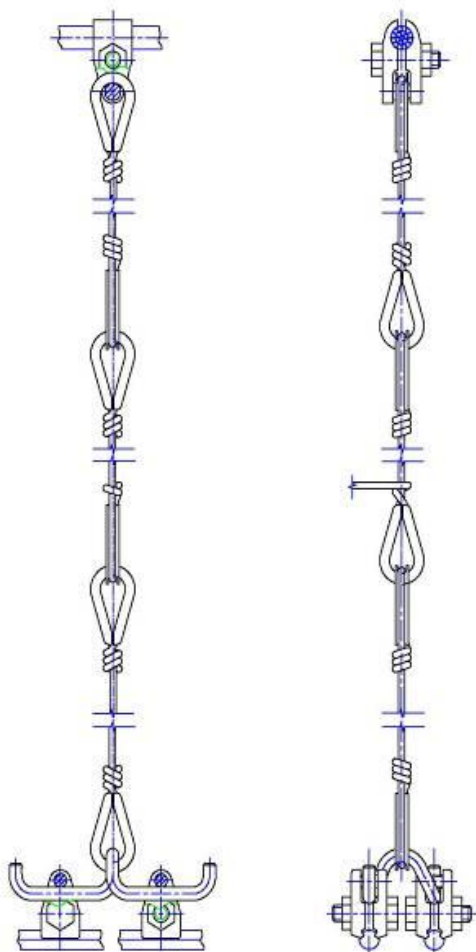


## Коэффициент передачи грузокompенсатора

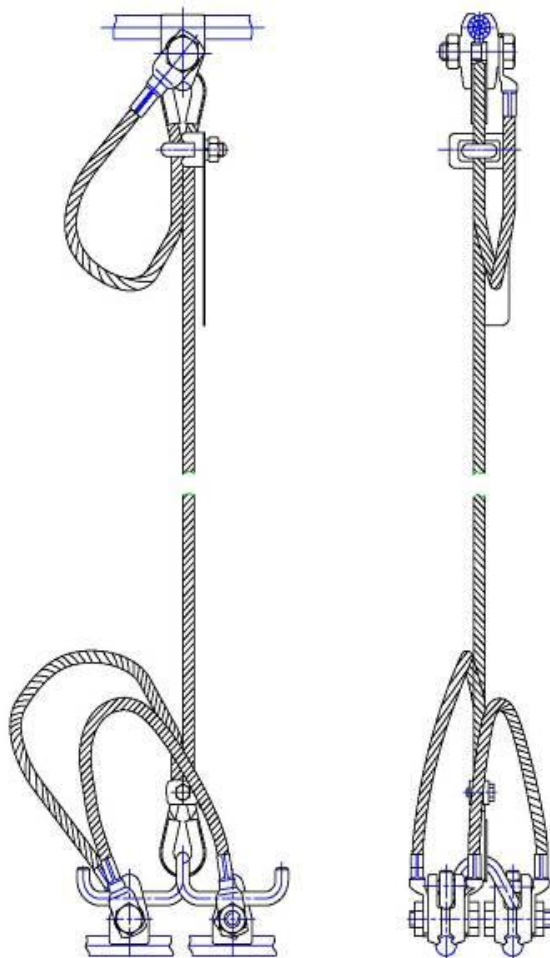


## Струны контактной подвески

### Звеньевая



### Токопроводящая





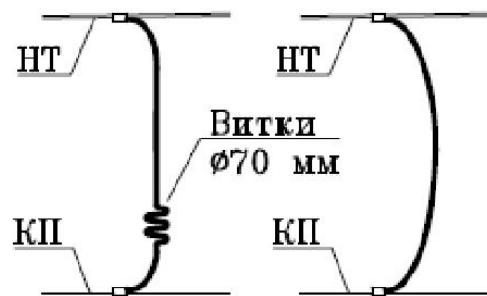
## Электрические соединители

### ПС

Для одинарного КП

Из МГ-95

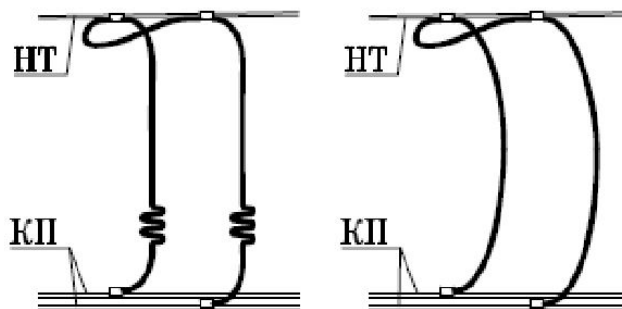
Из М-95



Для двойного КП

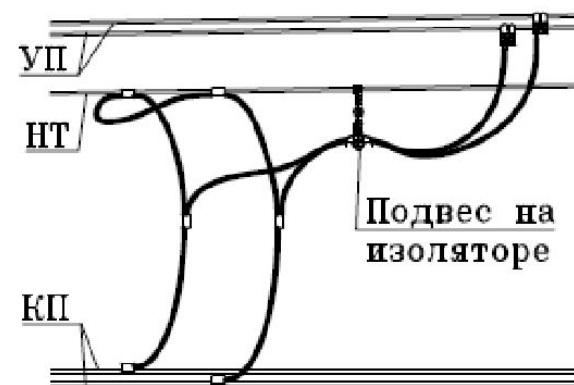
Из МГ-95

Из М-95



### ПСП

(Вариант для двойного КП из М-95 с подключением к 2 УП)

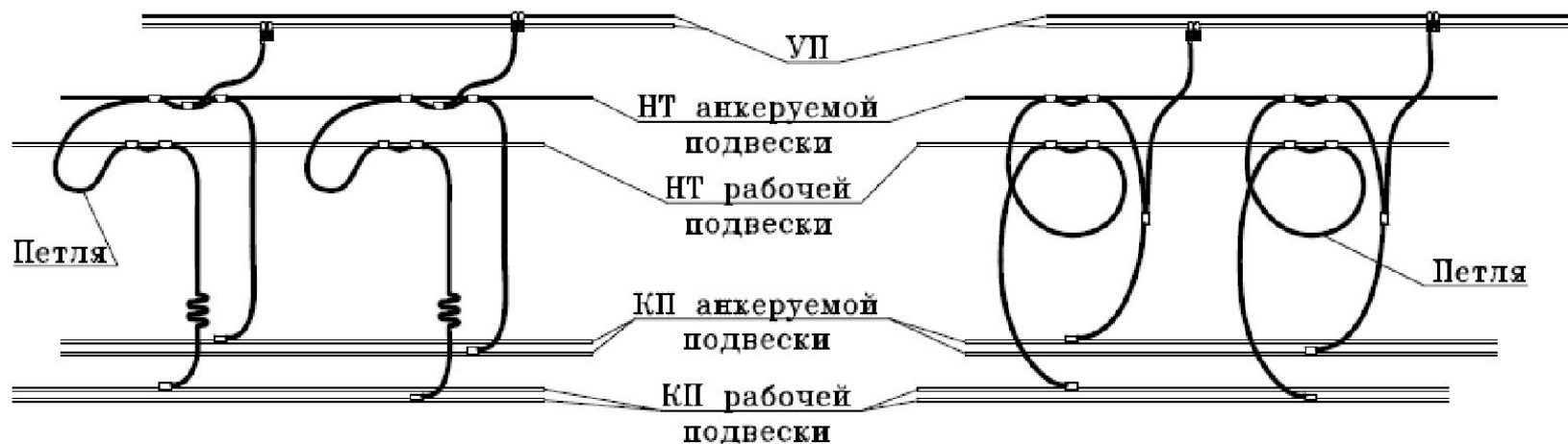


### ПРС

(Вариант для двойного КП с подключением к двум УП)

Из МГ-95

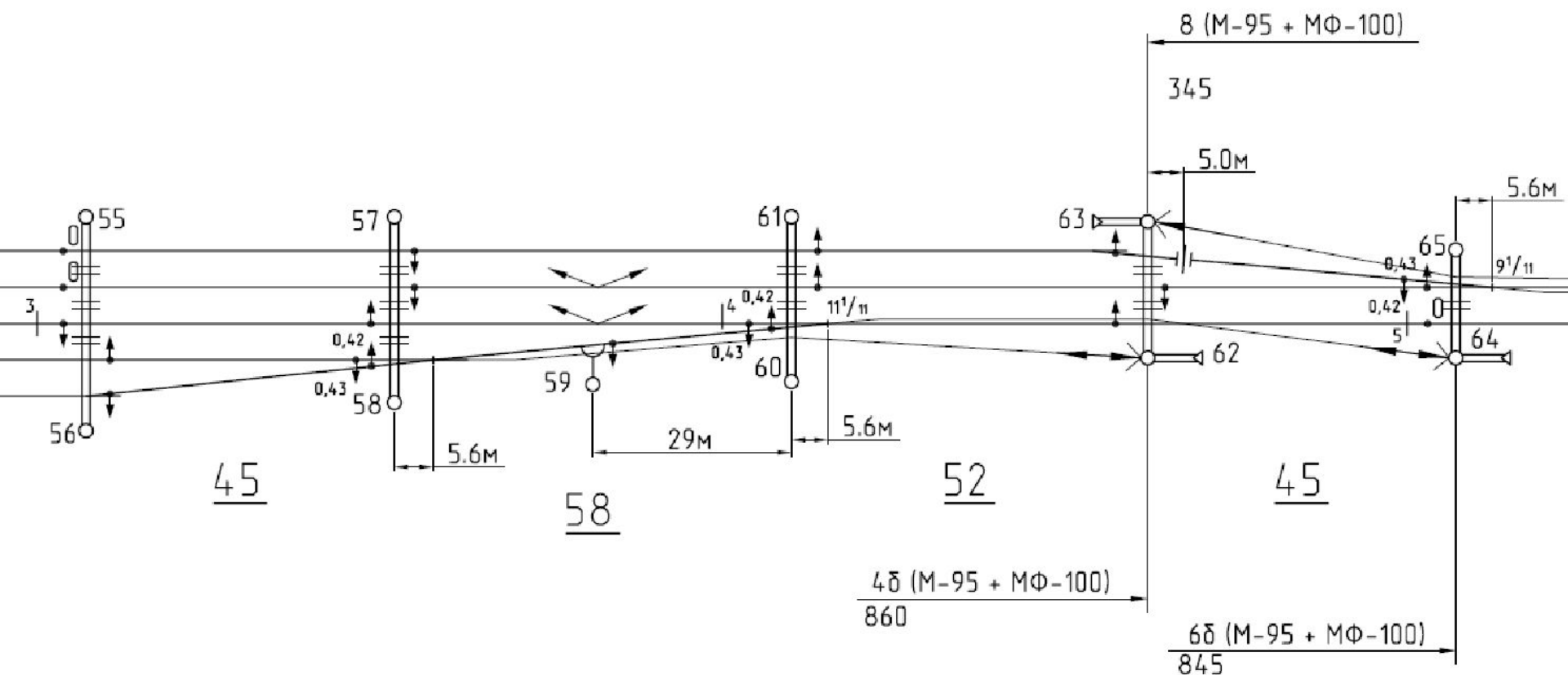
Из М-95

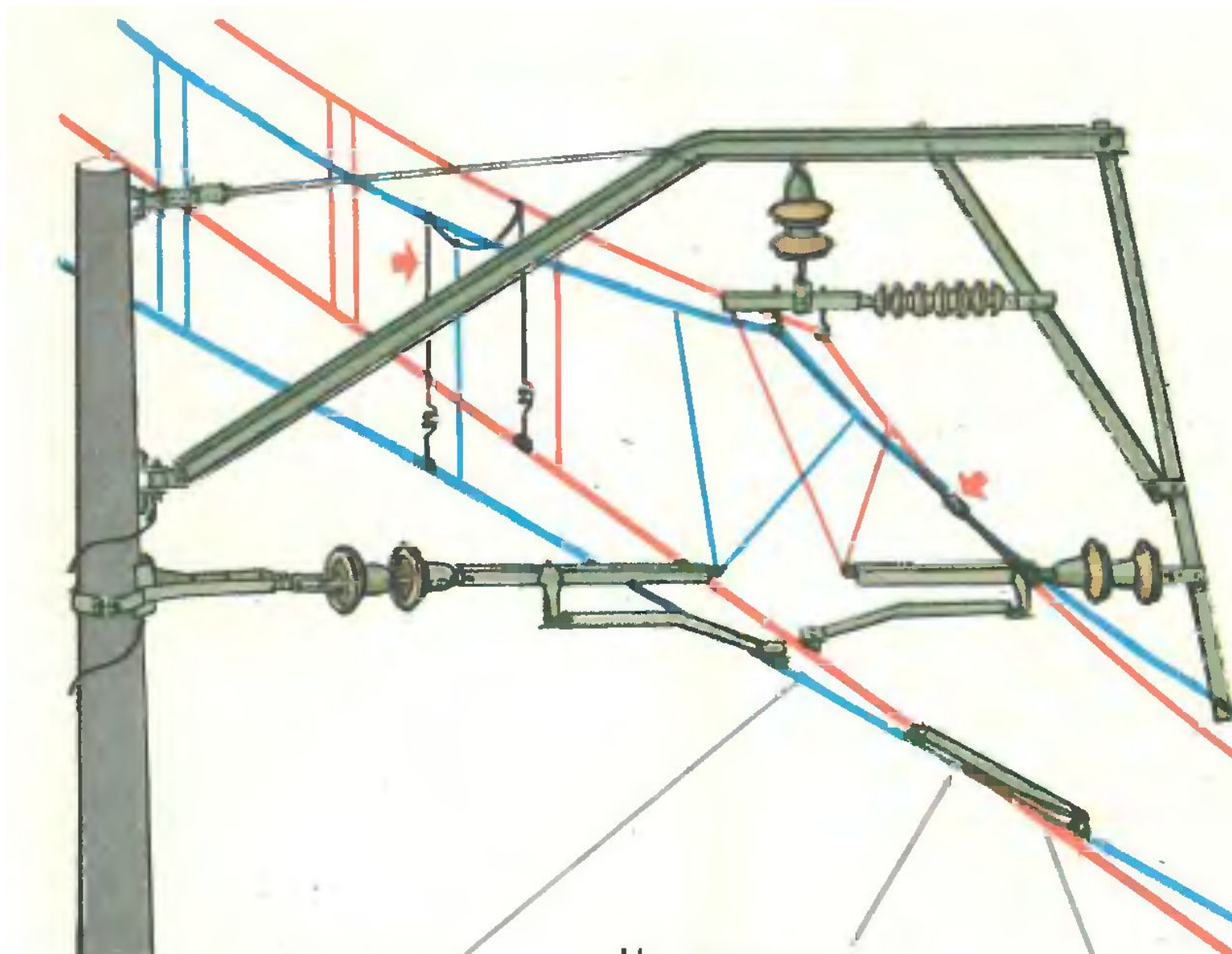




**ПРС**

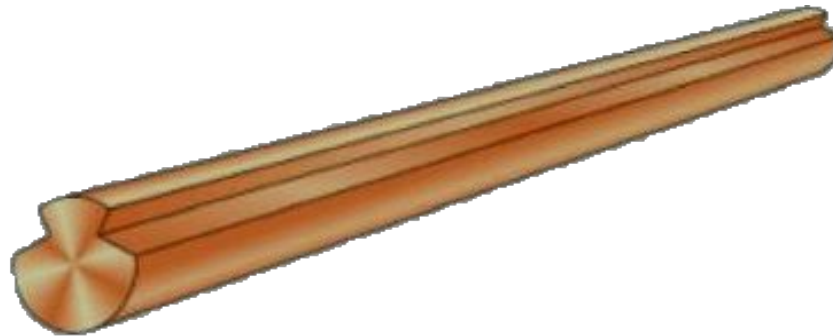
## Воздушные стрелки





## 1.5. Провода и тросы

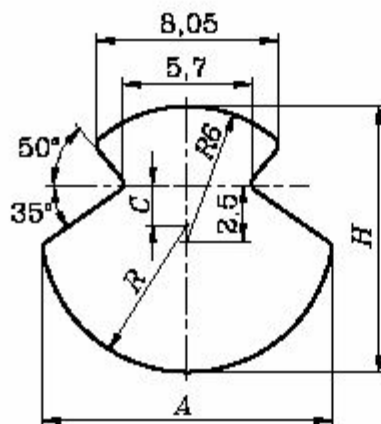
### Контактные провода (КП)



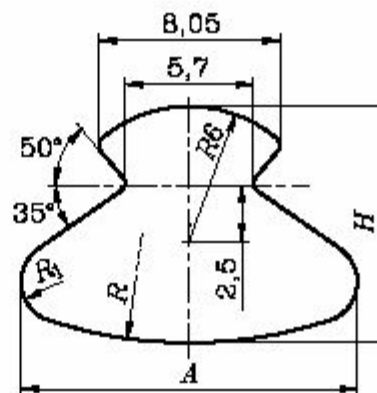
Основные требования к КП:

1. Высокая механическая прочность.
2. Износостойкость (твердость).
3. Высокая электропроводность.
4. Термоустойчивость.

Фасонный



Фасонный овальный



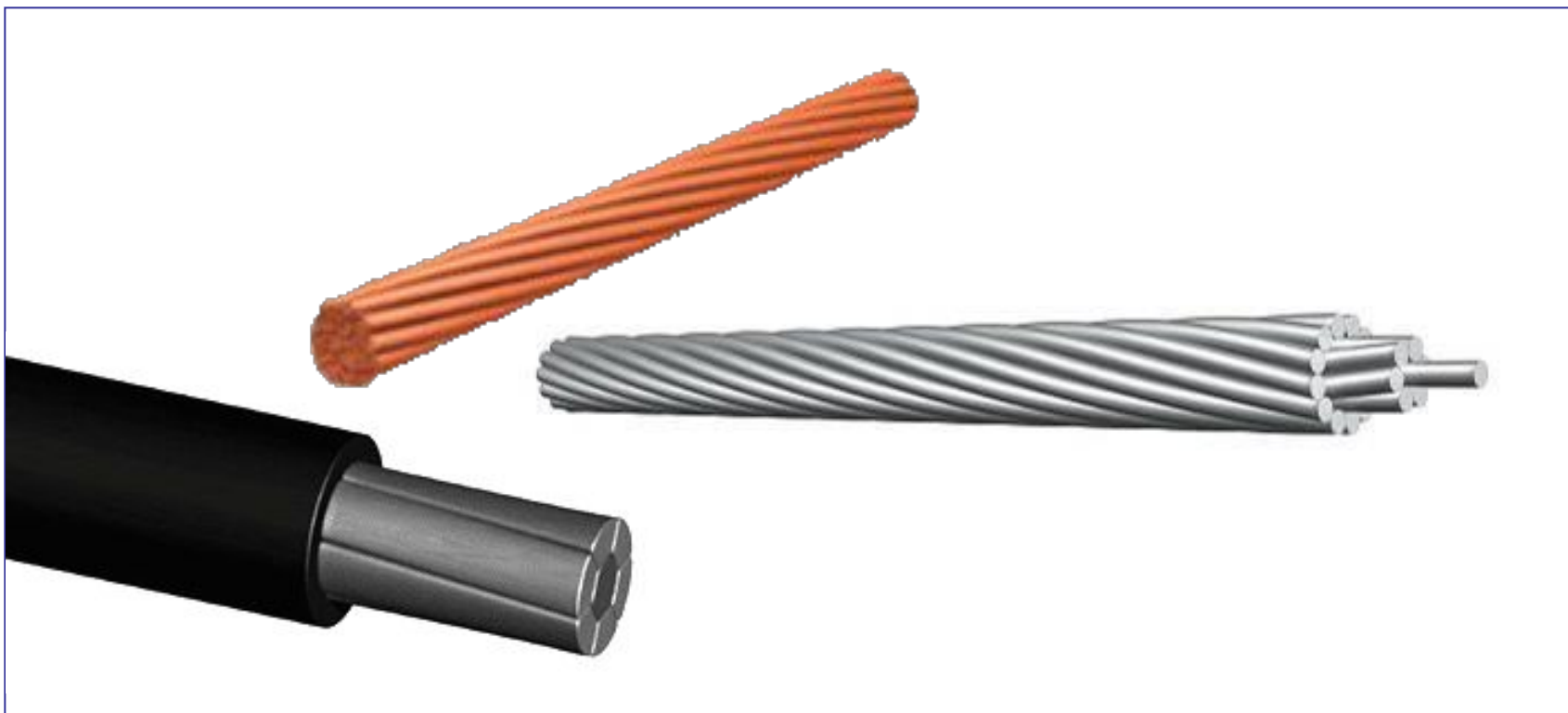
Обозначения КП:

### МФ-100

- площадь сечения (85, 100, 120, 150 мм<sup>2</sup>);
- профиль (Ф — фасонный, ФО — фасонный овальный);
- материал (М — медный, Нл — низколегированный, Бр — бронзовый. Для бронзовых и низколегированных может указываться процент легирующей добавки. Например, БрКд1,0 — бронзовый, легированный кадмием 1,0%.

Пример: **НлОл0,04ФО-100** — низколегированный (олово 0,04%) фасонный овальный сечением 100 мм<sup>2</sup>.

Несущие тросы, усиливающие провода, другие провода различного назначения



## Проволока

### Монометаллическая

Медная, бронзовая, стальная, алюминевая.



### Биметаллическая

Сталемедная (БСМ), сталеалюминевая (БСА).



Обозначение биметаллических проволок:

### 4БСМ1

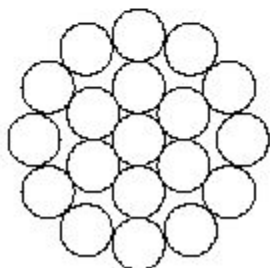
- └ тип (у БСМ определяет соотношение металлов в сечении: «1» — медная оболочка составляет 10% радиуса, «2» — около 7%);
- └ материал и конструкция (например, БСМ – биметаллическая сталемедная);
- └ диаметр в мм.



## Неизолированные многопроволочные провода

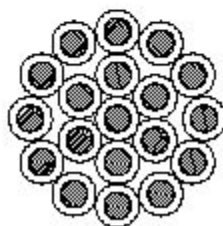
### Монометаллические

Медные (М),  
бронзовые (Бр),  
стальные (С),  
алюминиевые (А)



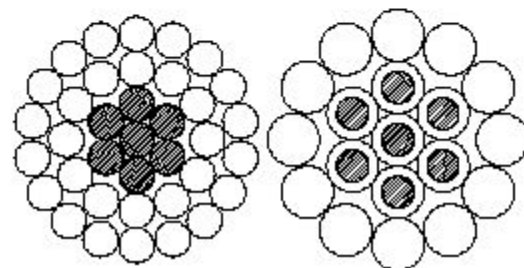
### Биметаллические

Сталемедные  
(ПБСМ),  
сталеалюминиевые  
(ПБСА)



### Комбинированные

Сталеалюминиевые  
(АС, АПБСА) и др.



Обозначения многопроволочных проводов:

**М-95**

└─ площадь сечения в  $\text{мм}^2$  (для сталеалюминиевых  
проводов — площади сечения алюминия/стали);  
└─ материал и конструкция.

Примеры:

**БрГ-35** — бронзовый гибкий сечением  $35 \text{ мм}^2$ ;

**ПБСМ1-95** — провод биметаллический сталемедный из проволок  
БСМ1 сечением  $95 \text{ мм}^2$ ;

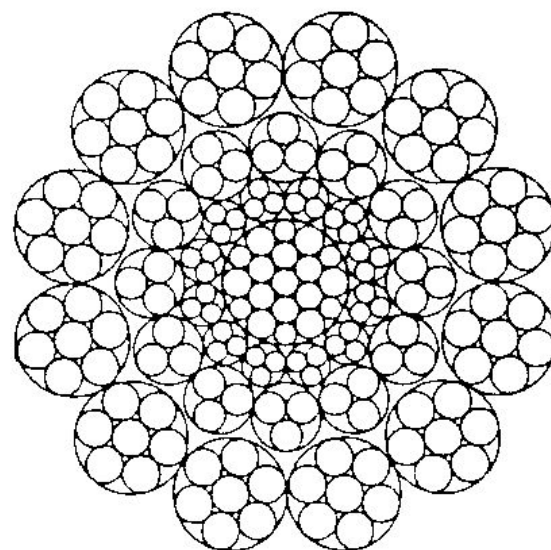
**АС-35/6,2** — комбинированный сталеалюминиевый, сечение алюми-  
ния  $35 \text{ мм}^2$ , стали  $6,2 \text{ мм}^2$ .



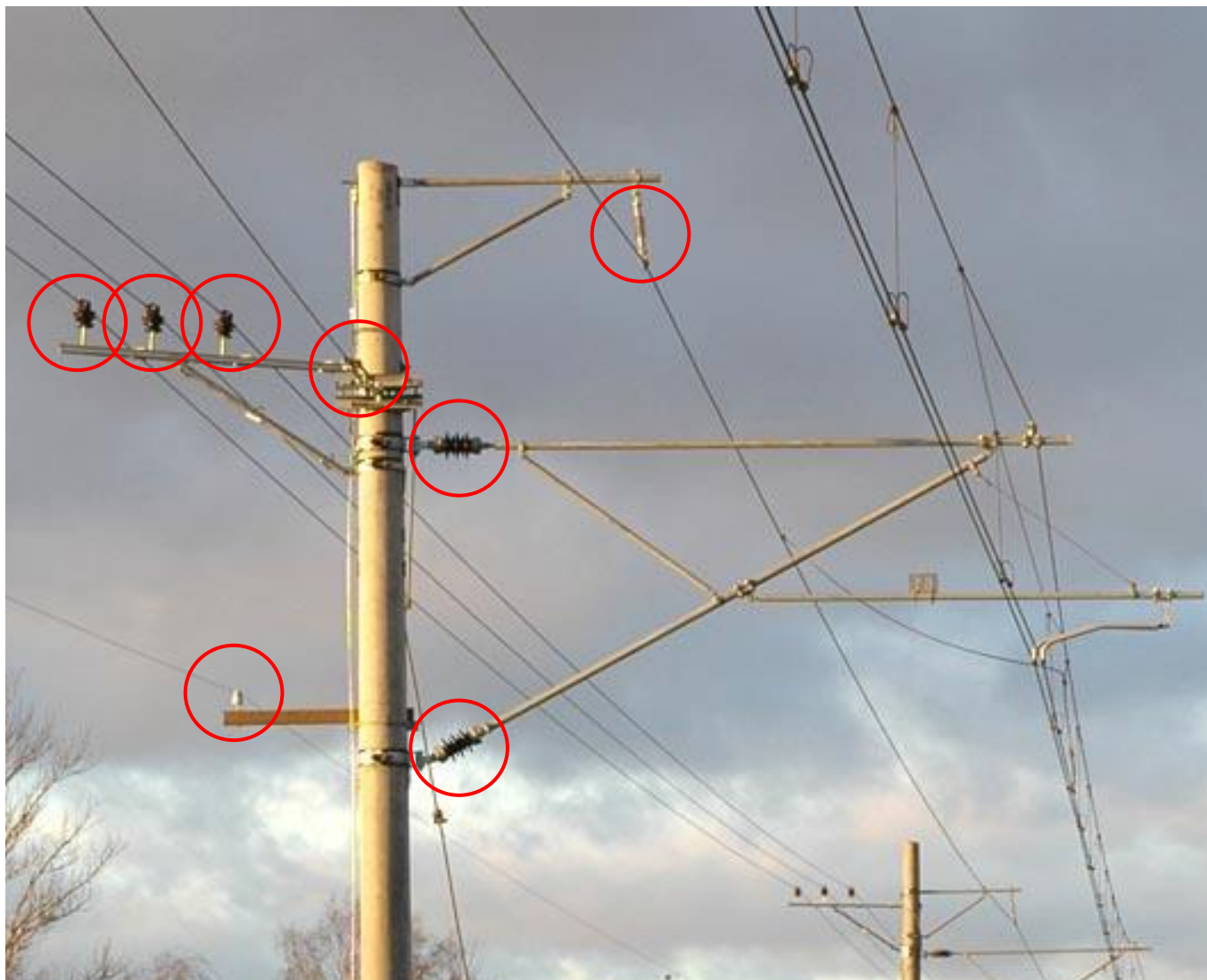




Грузовой трос фирмы Diepa



## 1.6. Изоляторы



## Напряжения, воздействующие на изоляторы:

### рабочее напряжение

(до 4 кВ на постоянном токе и до 29 кВ на переменном);

**внутренние перенапряжения** (возникают при включениях и отключениях различных элементов контактной сети, а также при аварийных режимах). Могут достигать приблизительно 3-х кратных значений по сравнению с рабочими напряжениями

**атмосферные перенапряжения.** При отсутствии специальных мер защиты могут достигать миллионов вольт. Время их воздействия очень мало (10-100 мкс).

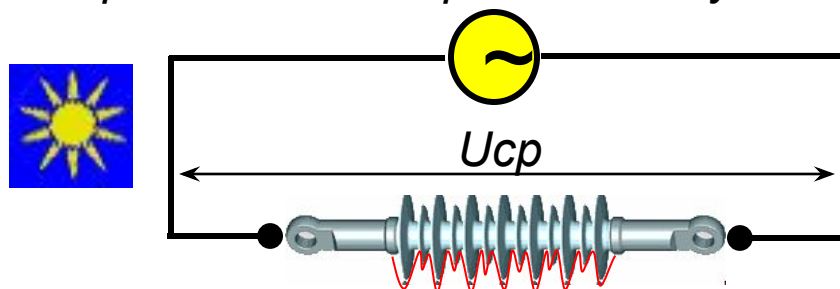


Принятый уровень изоляции должен, в соответствии с воздействующими на изоляцию напряжениями, защитными мерами и целесообразными запасами обеспечивать необходимую надежность. Такое согласование называется **координацией изоляции**.

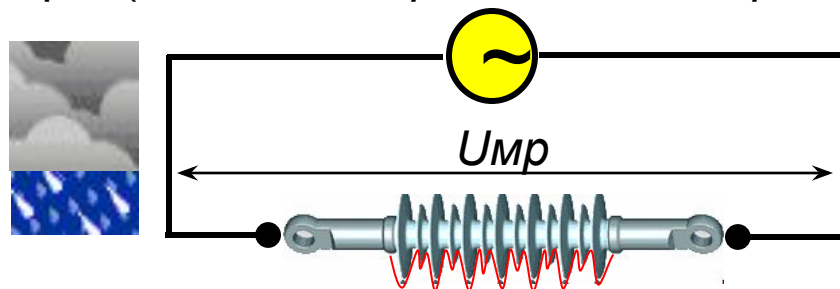
## 2. Основные характеристики изоляторов

### Электрические

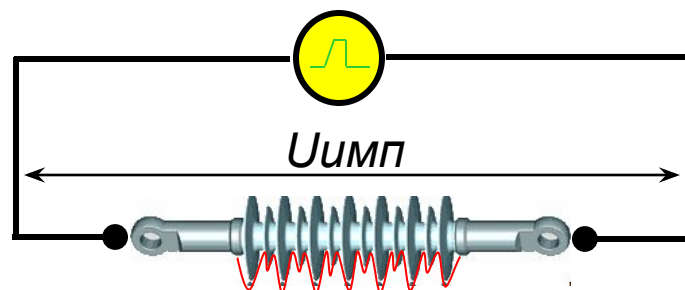
- 1. Сухоразрядное напряжение** - напряжение промышленной частоты (50 Гц), приложенное к электродам изолятора, при котором по его сухой и чистой поверхности происходит искровой разряд. (Также используют параметр *выдерживаемое напряжение в сухом состоянии*).



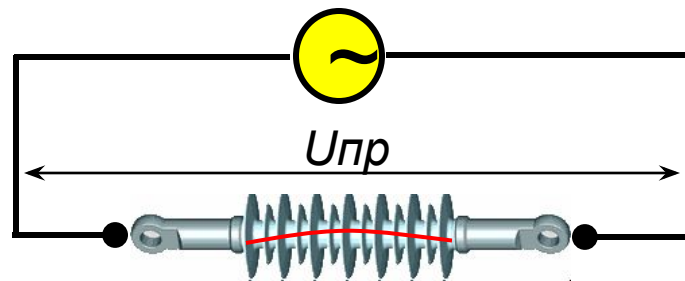
- 2. Мокроразрядное напряжение** - то же при дожде (силой 3 мм/мин с удельным сопротивлением  $10^4$  ом·см), направленным под углом  $45^\circ$  к оси изолятора. (Также: *выдерживаемое напряжение под дождем*).



**4. Импульсное разрядное напряжение** - амплитуда стандартного грозового импульса с **формой 1,2/50 мкс** при котором происходит перекрытие изолятора по чистой и сухой поверхности с вероятностью 0,5. (Также используют параметр *выдерживаемое импульсное напряжение*).

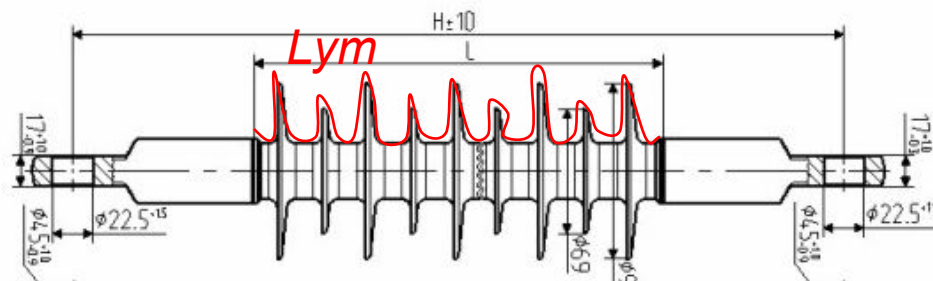
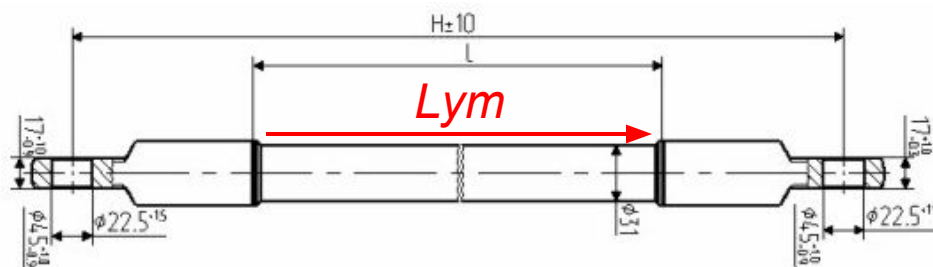


**5. Пробивное напряжение** - наименьшее напряжение промышленной частоты, при котором происходит электрический пробой через материал изолятора.





4. **Длина пути тока утечки** - наикратчайшее расстояние (огибающая) по контурам наружных изолирующих поверхностей между частями изолятора, находящимися под разными потенциалами.





**Условия работы изоляторов  
в отношении электрической прочности определяют:**

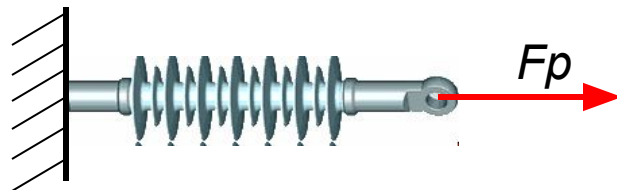
при рабочем напряжении – **длина пути тока утечки**  
(в случае загрязнения и увлажнения изолятора);

при внутренних перенапряжениях – **мокрозарядное напряжение;**

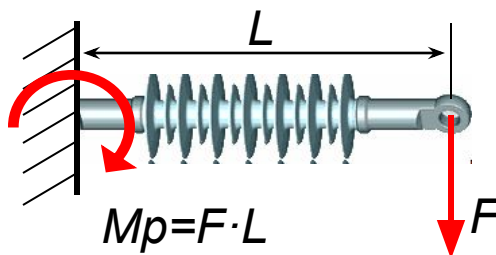
при атмосферных перенапряжениях – **импульсное разрядное  
напряжение.**

## Механические (электромеханические)

### 1. Механическая разрушающая сила при растяжении («класс изолятора»)



### 2. Разрушающий изгибающий момент



**Коэффициент запаса по механической прочности должен быть не менее:**

**5,0 – при средней эксплуатационной нагрузке;**

**2,7 – при наибольшей рабочей нагрузке.**

(п. 2.9.7 ПУТЭКС)

### 3. Классификация изоляторов

#### 1. По материалу изоляционной детали

#### Изоляторы контактной сети

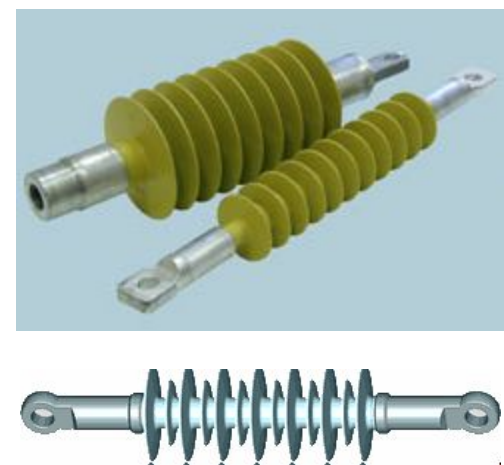
Фарфоровые



Стекланные



Полимерные



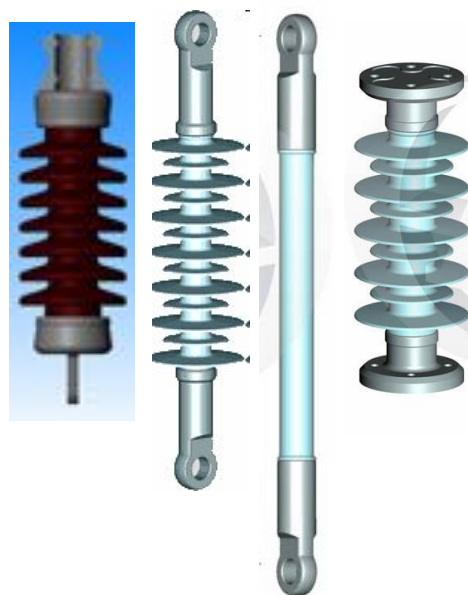
## 2. По конструктивному исполнению.

### Изоляторы контактной сети

Тарельчатые



Стержневые



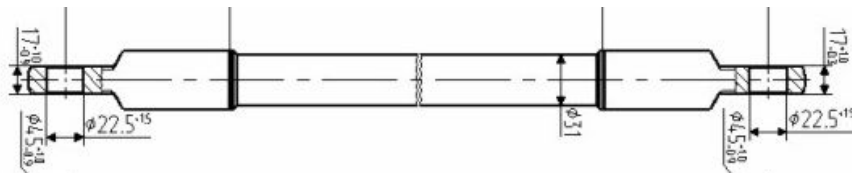
Штырьевые



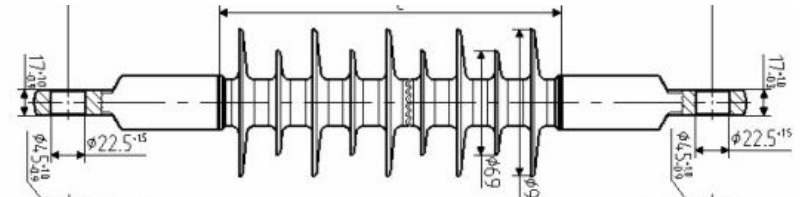
## 3. По геометрии изоляционной детали

### Изоляторы контактной сети

Гладкостержневые



Ребристые



## 4. По назначению

### Изоляторы контактной сети

Подвесные

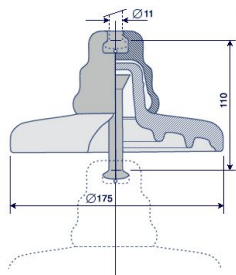
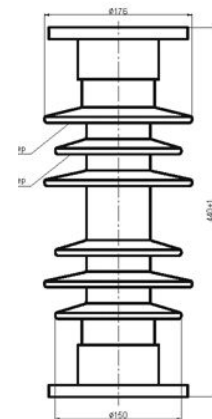
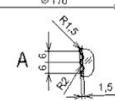
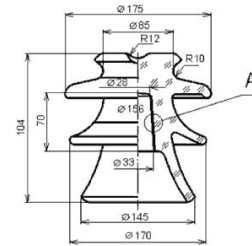
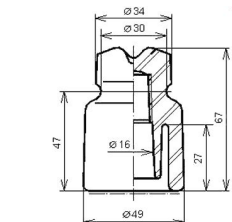
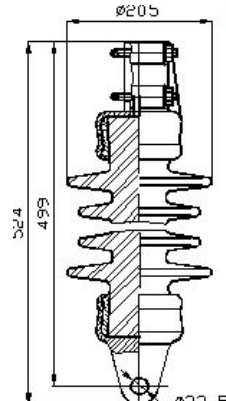
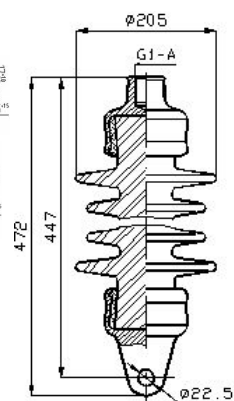
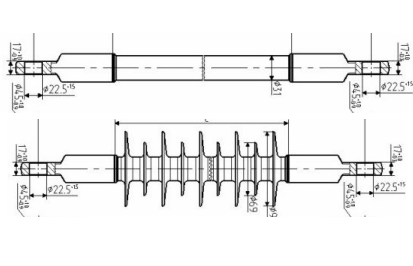
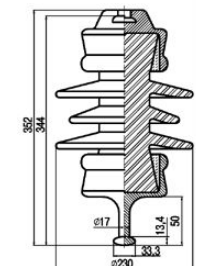
Натяжные

Фиксаторные

Консольные

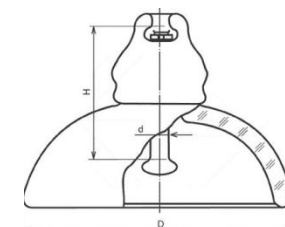
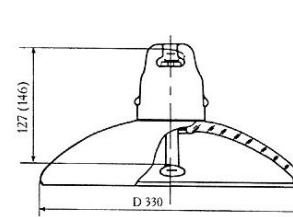
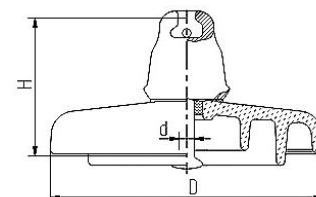
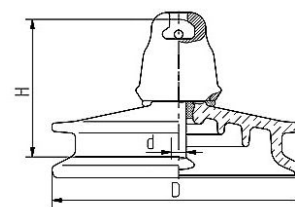
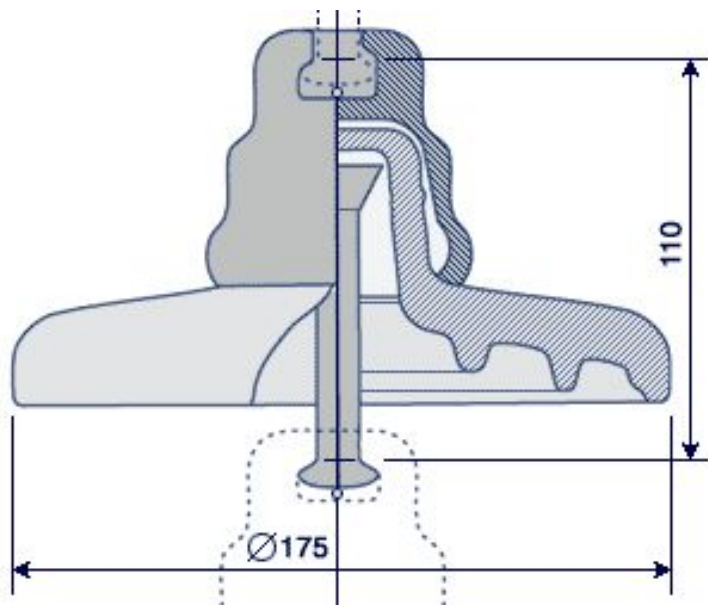
Штырьевые  
для ВЛ и  
волноводов

Опорные  
для ОПН  
и разъед.



## 4. Конструкции изоляторов. Обозначения.

### 1. Тарельчатые изоляторы



**ПСД 70-Е**

модификация;

класс изолятора (механическая разрушающая сила при растяжении, кН);

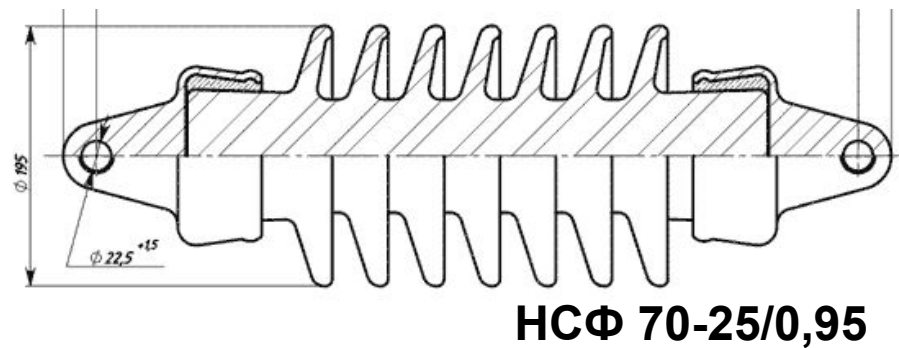
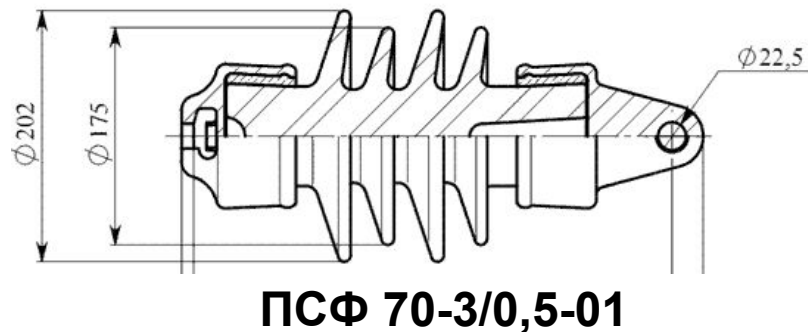
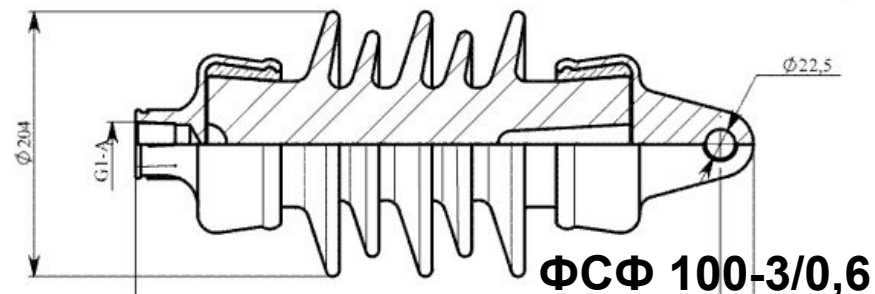
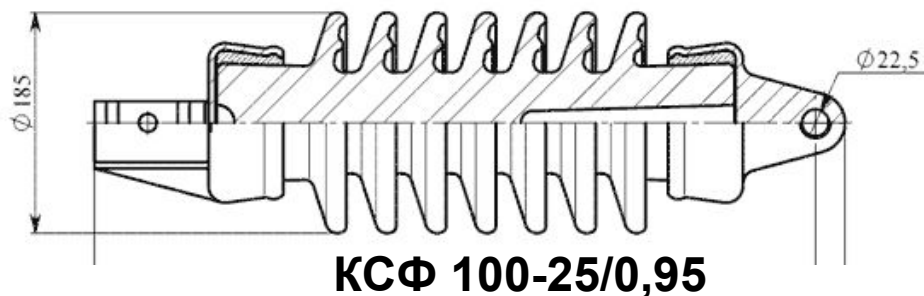
конфигурация изоляционной детали (нет буквы – обычная, Д – двухкрылая, В – с вытянутым ребром, С – сферическая, А – антивандальная);

материал изоляционной детали (С – стекло, Ф – фарфор);

назначение изолятора (П – подвесной).



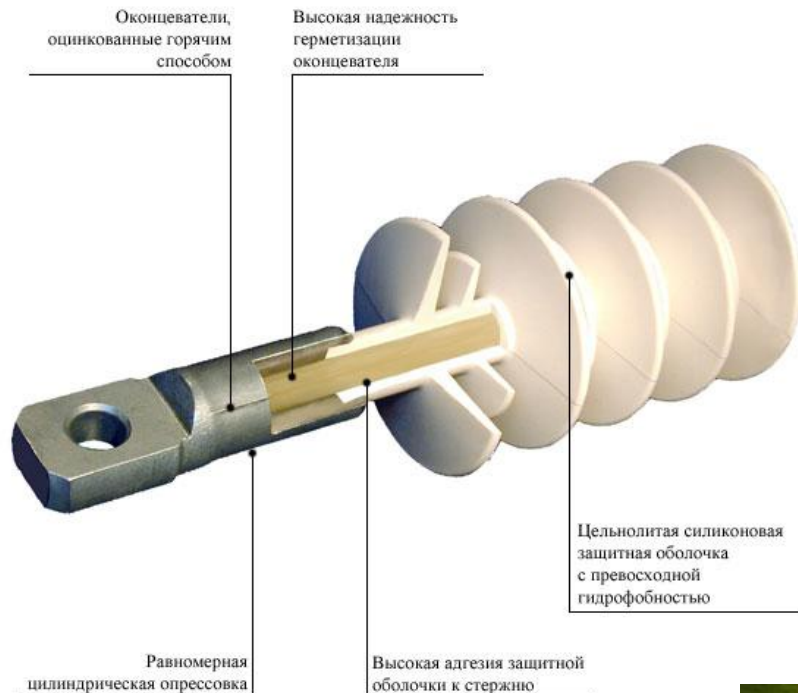
## 2. Стержневые фарфоровые изоляторы



### ПСФ 70-3/0,5-01

- исполнение;
- длина пути утечки тока, м;
- номинальной напряжение, кВ;
- класс изолятора (механическая разрушающая сила при растяжении, кН);
- материал изоляционной части (Ф - фарфор);
- конструктивное исполнение (С – стержневой);
- назначение (П – подвесной, Н – натяжной, Ф – фиксаторный, К - консольный).

## 2. Полимерные стержневые изоляторы



«Шашлычная» технология

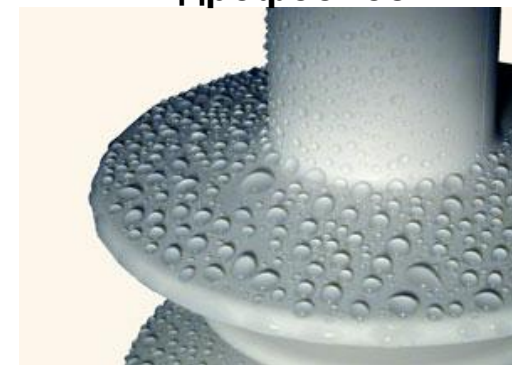
Стойкость к воздействию солнечной радиации



Трекинг-стойкость



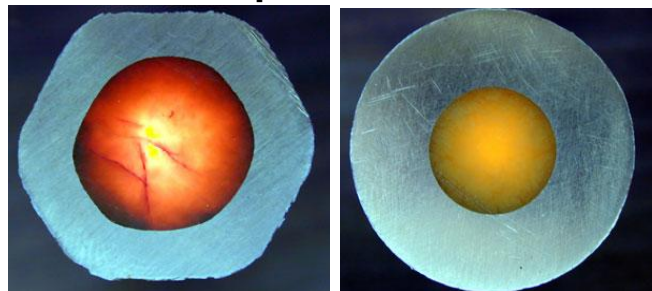
Гидрофобность

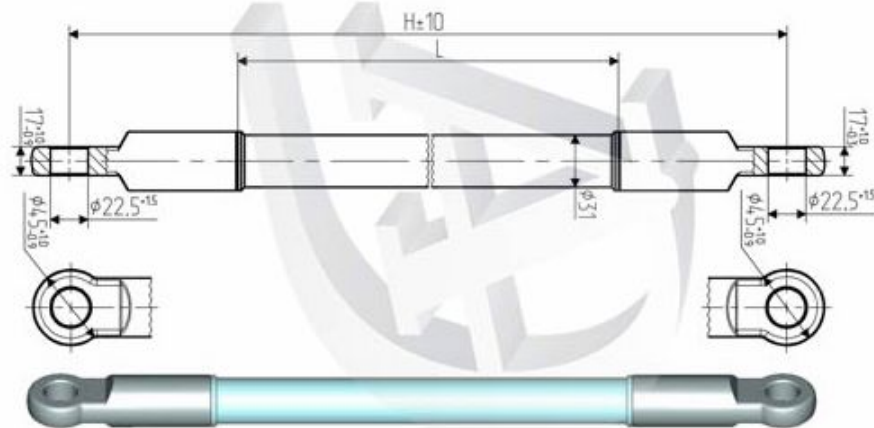
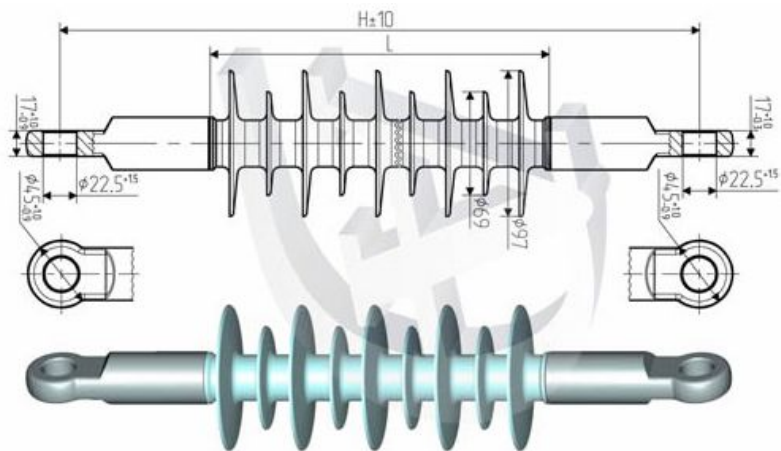


Граница «стержень-защитная оболочка»



Качество опрессовки оконцевателей

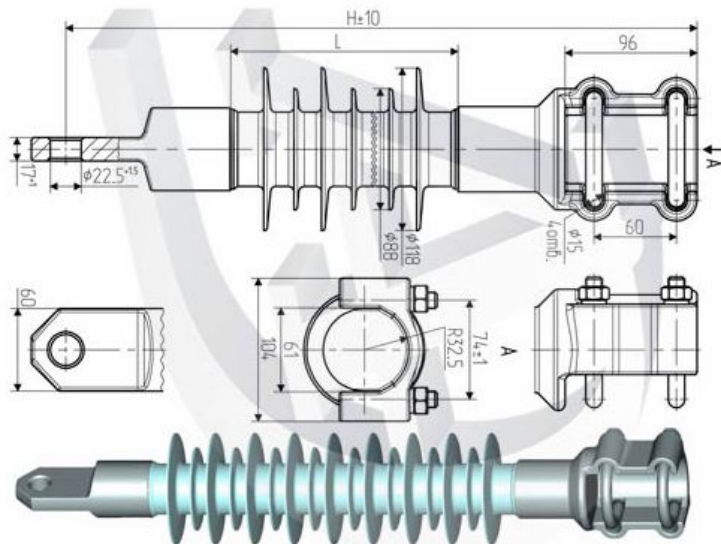




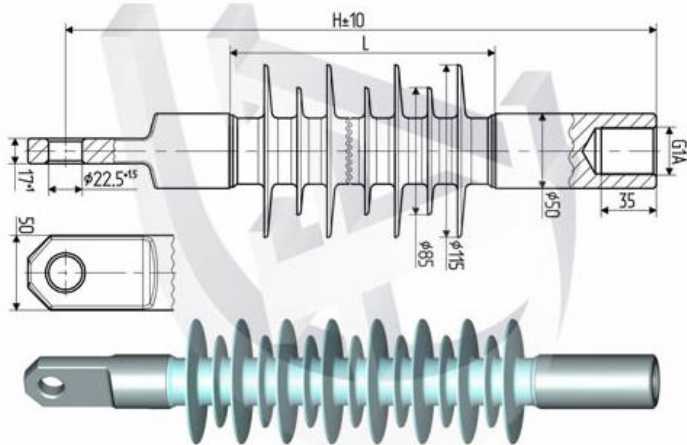
## НСПКр 120-25/0,95-Б

## НСПК 120-3/0,6

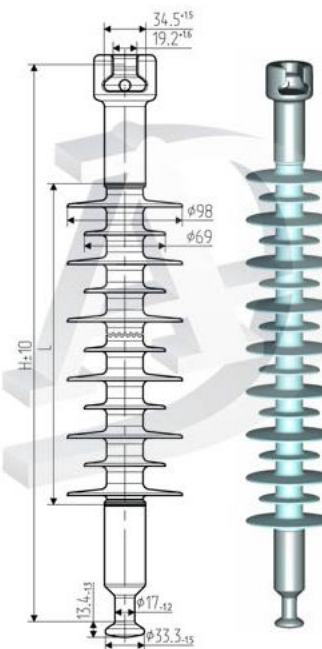
- исполнение;
- длина пути утечки тока, м;
- номинальное напряжение, кВ;
- класс изолятора (механическая разрушающая сила при растяжении, кН);
- материал и конфигурация защитной оболочки (К – гладкая из кремнийорганической резины, Кр – то же ребристая, Фт – гладкая из фторопласта);
- полимерный (буква может отсутствовать)
- конструктивное исполнение (С – стержневой);
- назначение (П – подвесной, Н – натяжной, Ф – фиксаторный, К – консольный).



**КСПКр 120-25/1,5**

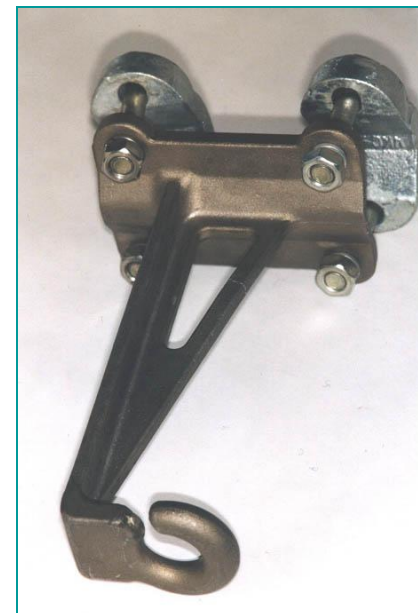


**ФСПКр 70-25/1,1**



**ПСПКр 120-25/1,1-В**

## 1.7. Арматура контактной сети



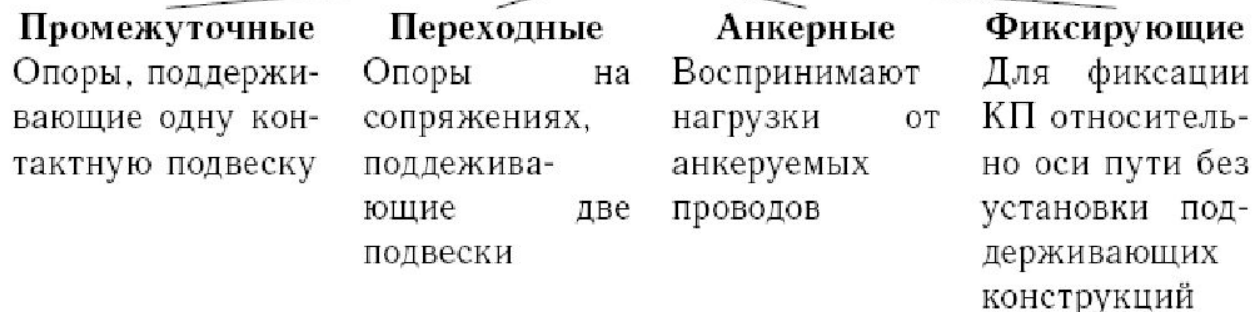
## 1.8. Опорные конструкции



## Классификация

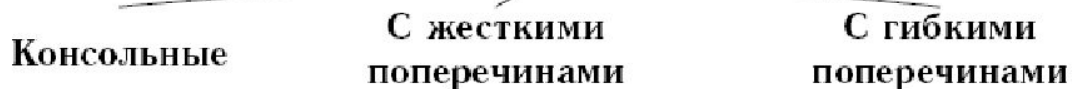
### Опоры

(по назначению)



### Опоры

(по типу закрепляемых на опорах конструкций)



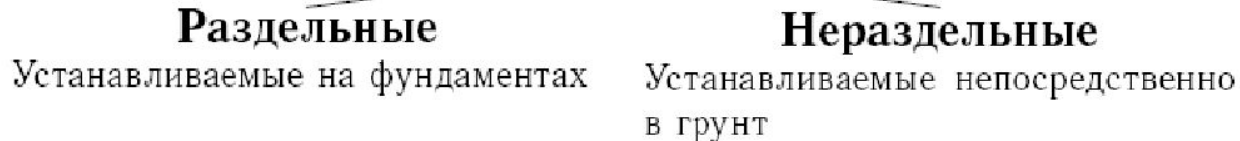
### Опоры

(по материалу)

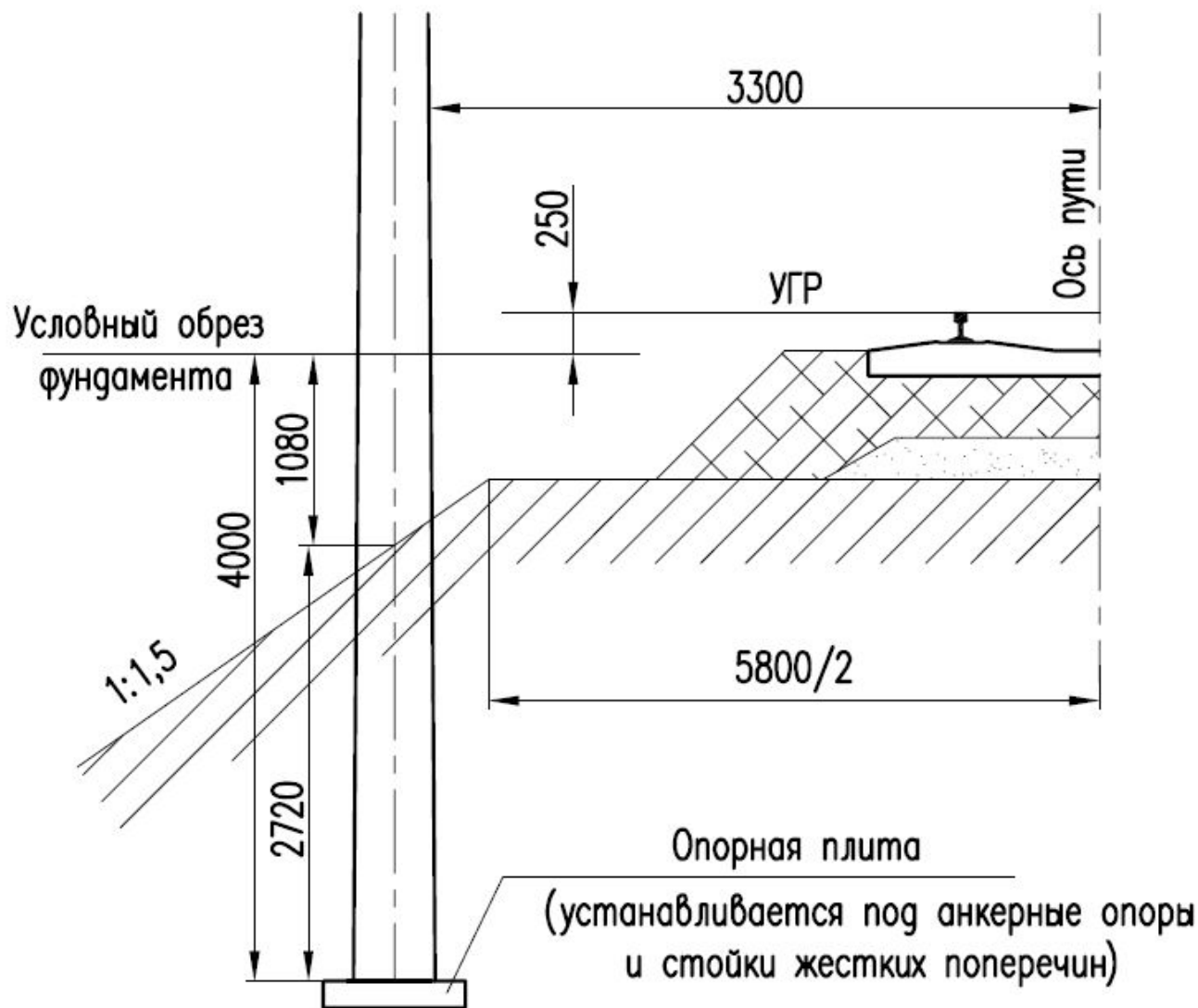


### Опоры

(по способу закрепления в грунт)



## Закрепление опор в грунте





## 1.9. Поддерживающие и фиксирующие конструкции



## Консоли

### Классификация консолей

## Консоли

(по количеству перекрываемых путей)

**Однопутные**

**Двухпутные**

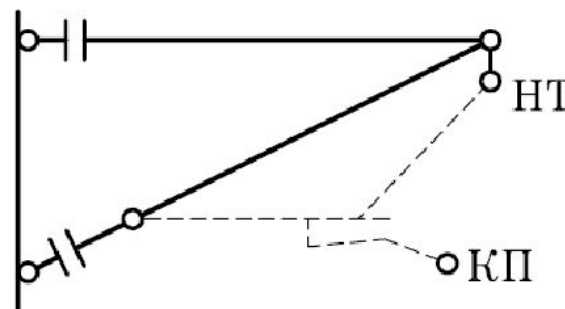
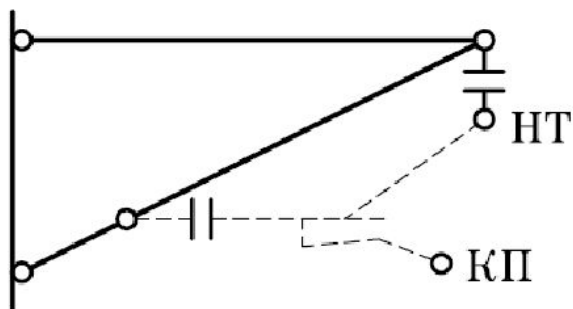
В настоящее время применяются только в исключительных случаях

## Консоли

(по наличию изоляции)

**Неизолированные**

**Изолированные**



# Консоли

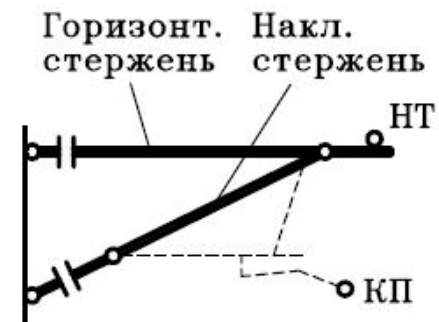
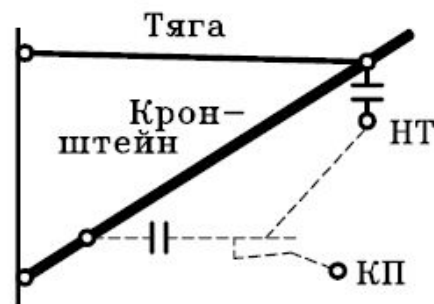
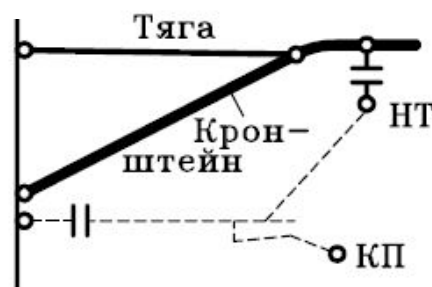
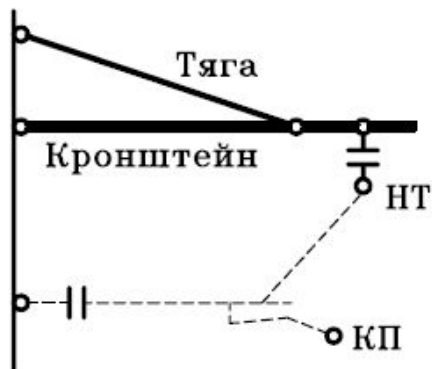
(по геометрическому исполнению)

Прямые

Изогнутые

Наклонные

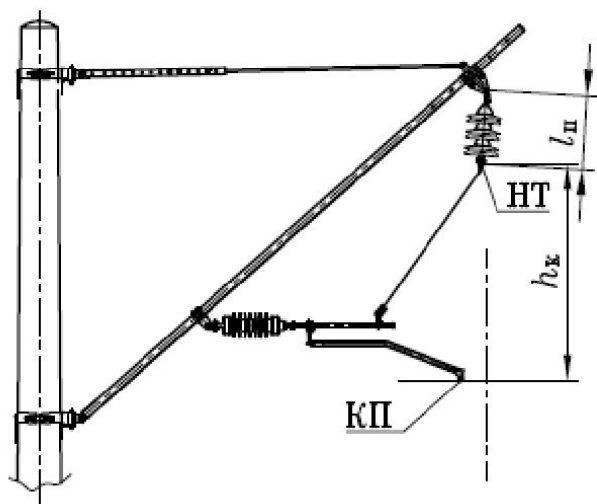
Горизонтальные



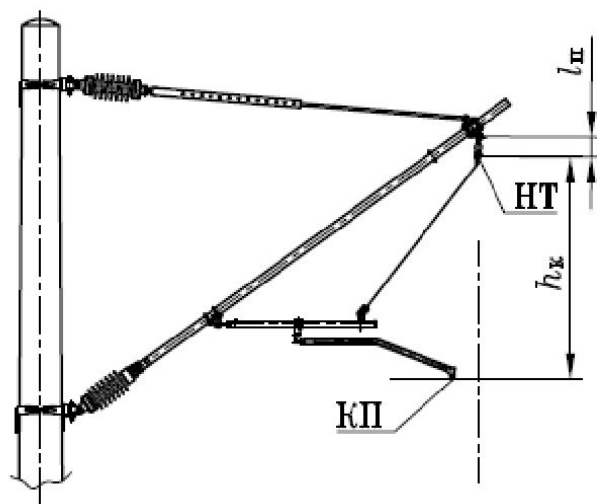


## Консоли конструкции УКС

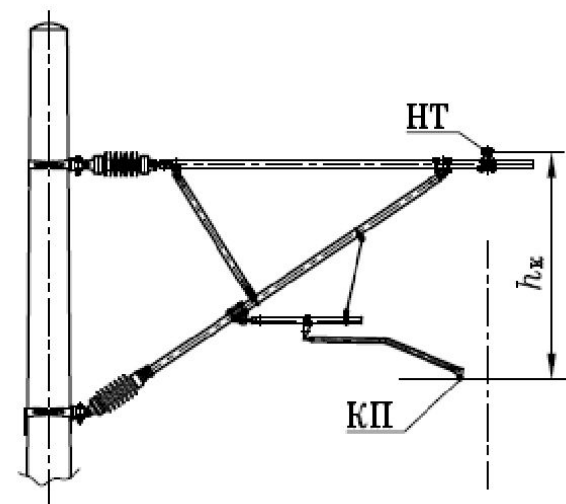
Наклонные  
неизолированные



Наклонные  
изолированные

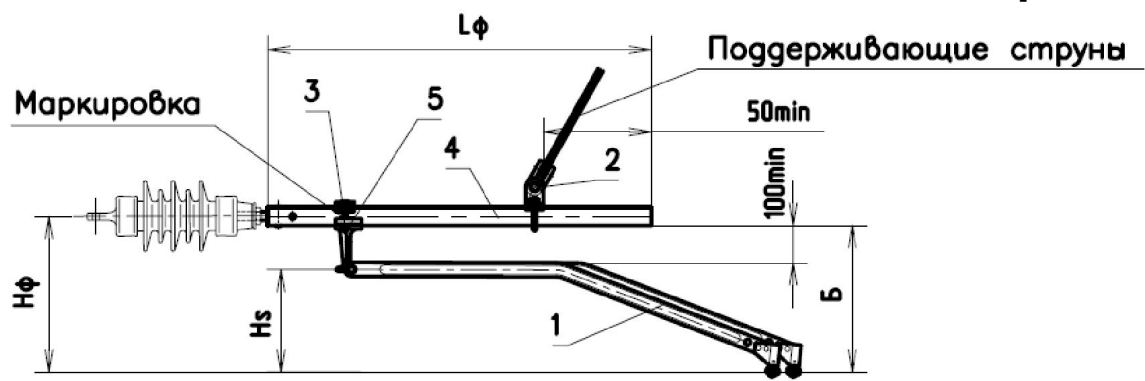


Горизонтальные  
изолированные



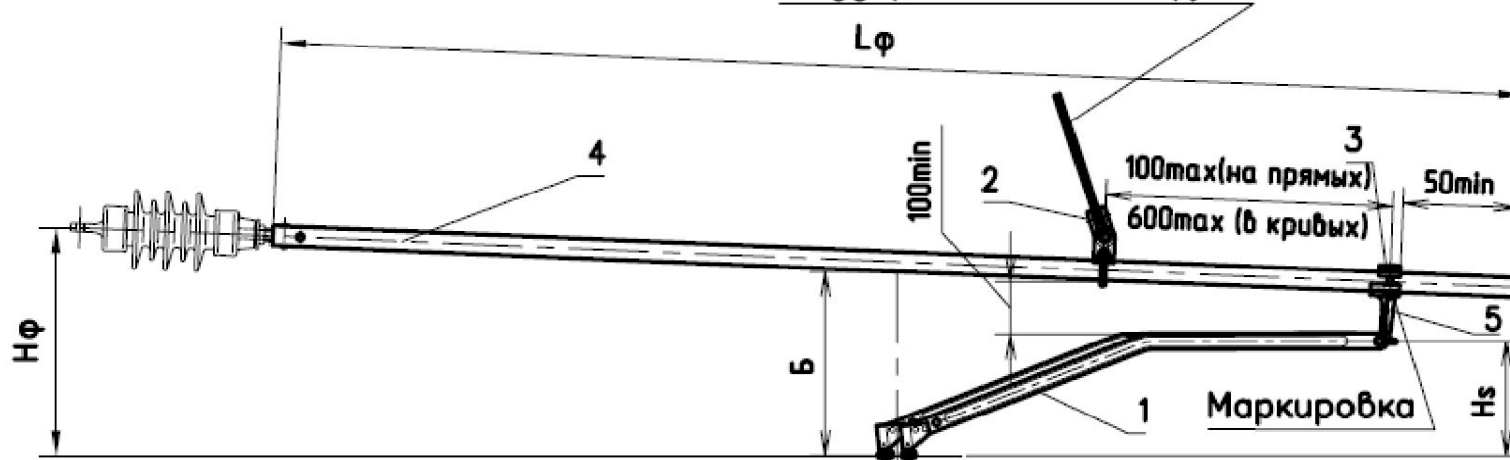
## Фиксаторы

### Сочлененный прямой

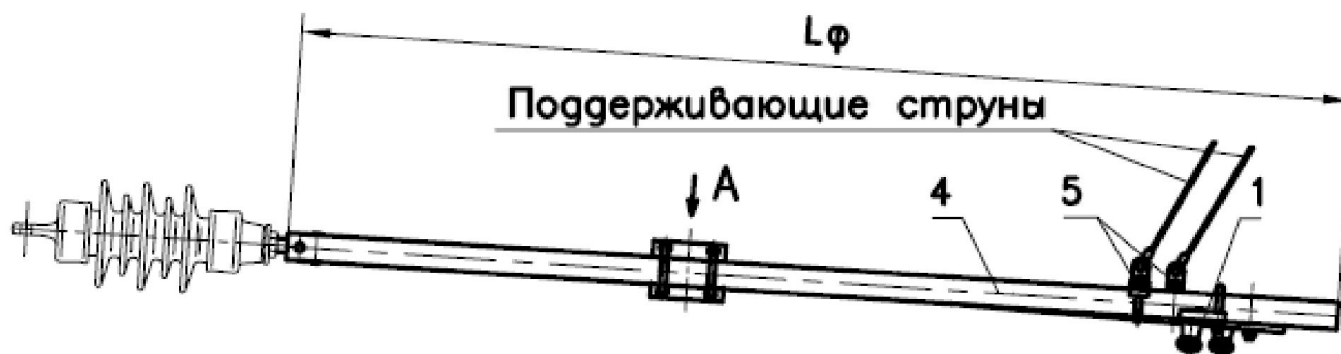


### Сочлененный обратный

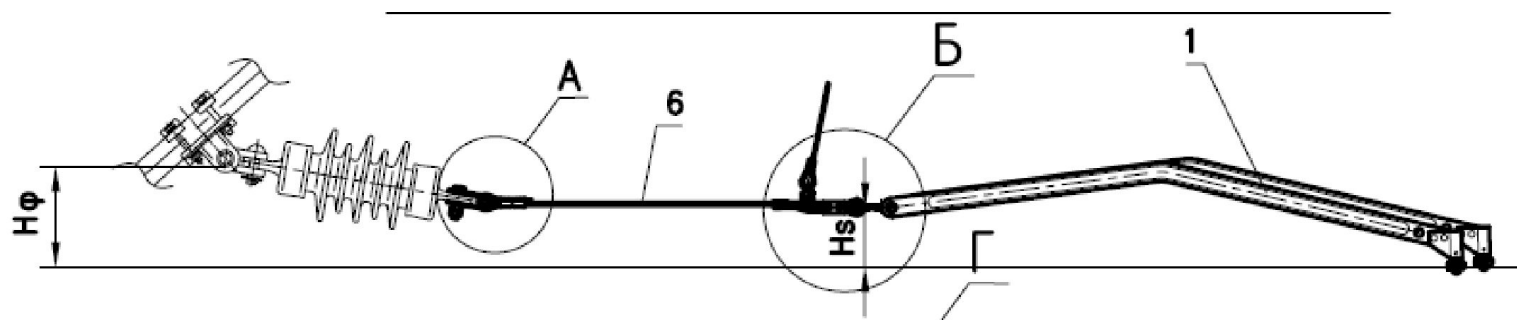
Поддерживающие струны



### Анкерной ветви



### Гибкий



## Жесткие поперечины

**Жесткая поперечина балочного типа  
с консольными стойками**





## Жесткая поперечина балочного типа с освещением и с нижним фиксирующим тросом





## Крепление ригеля к опоре

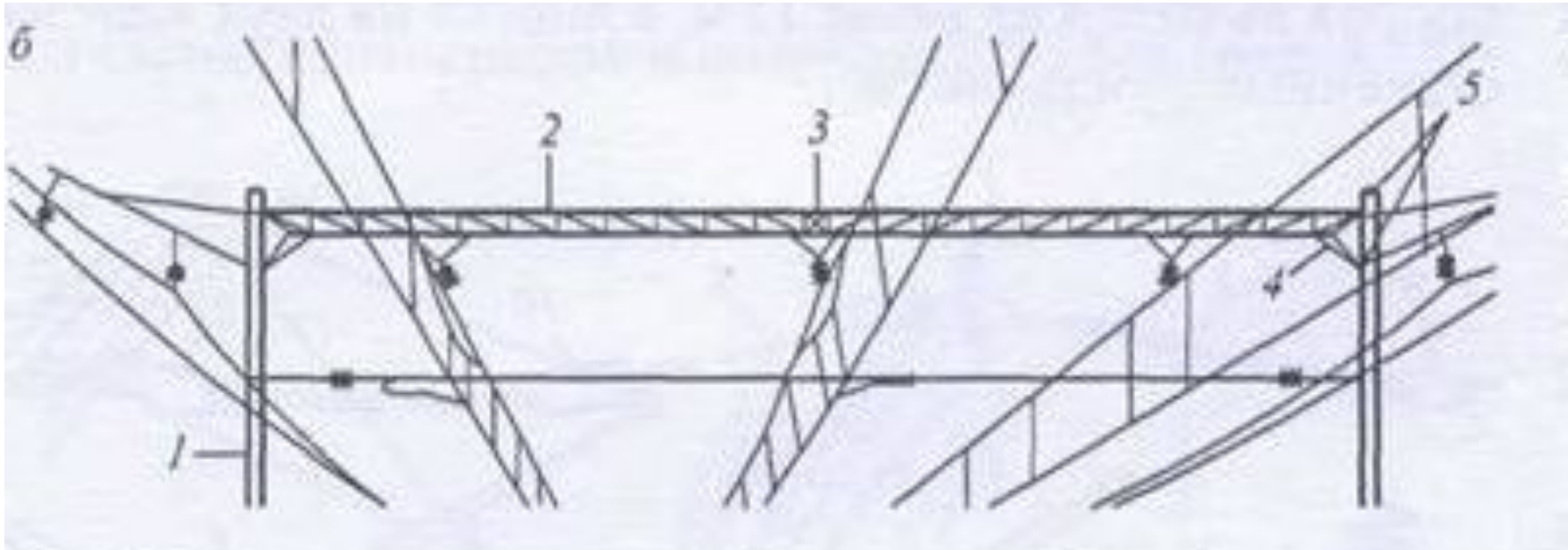
На оголовках



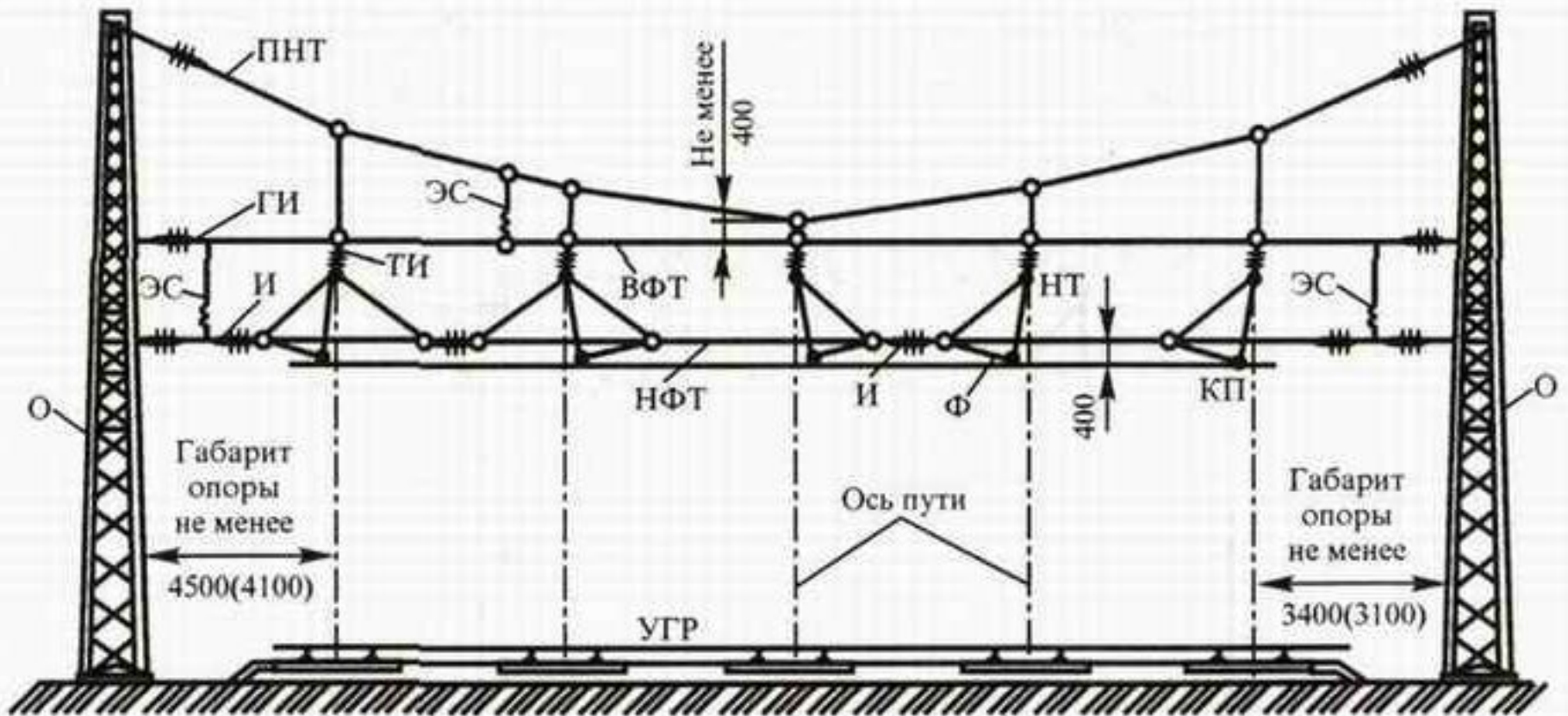
На столиках

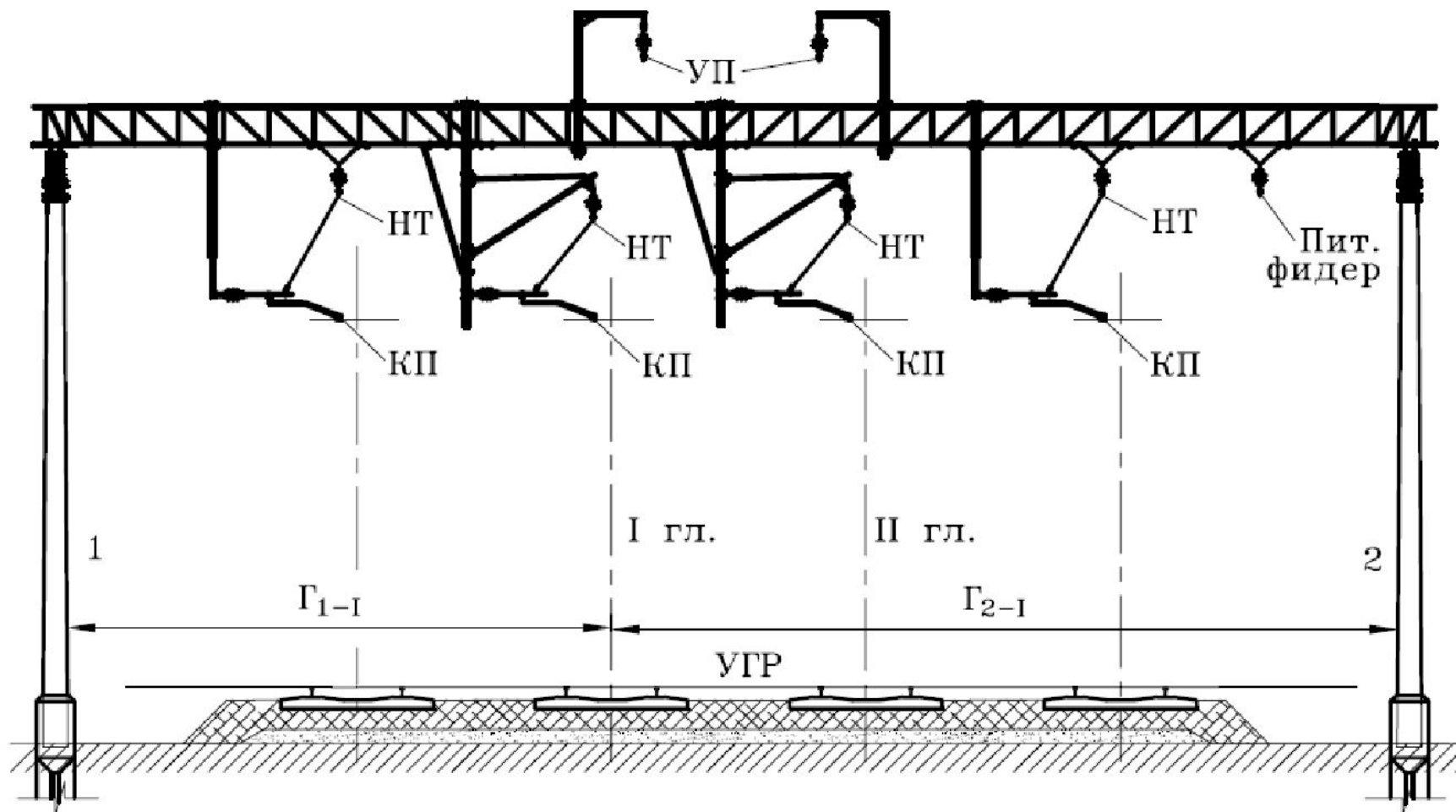


**Жесткая поперечина рамного типа  
с нижним фиксирующим тросом**

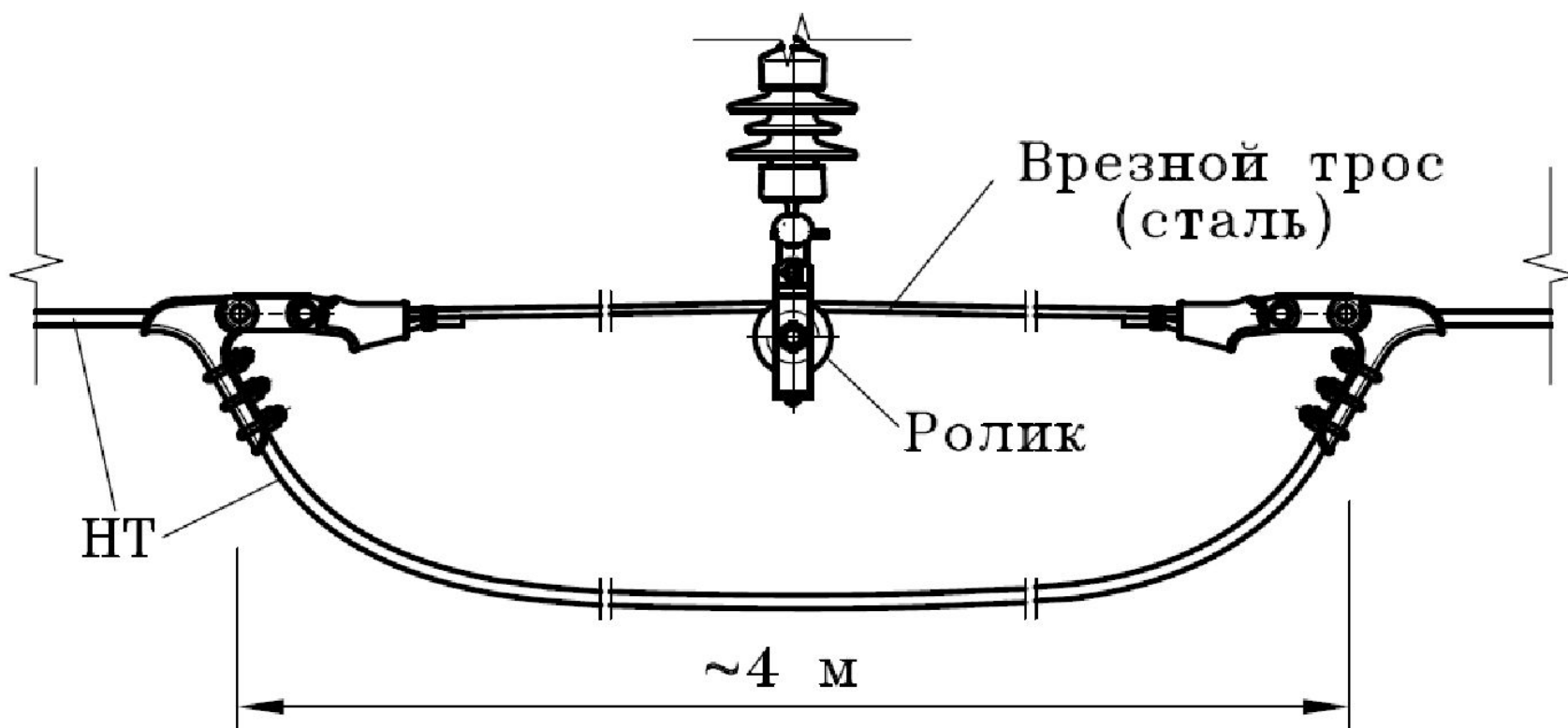


## Гибкая поперечина



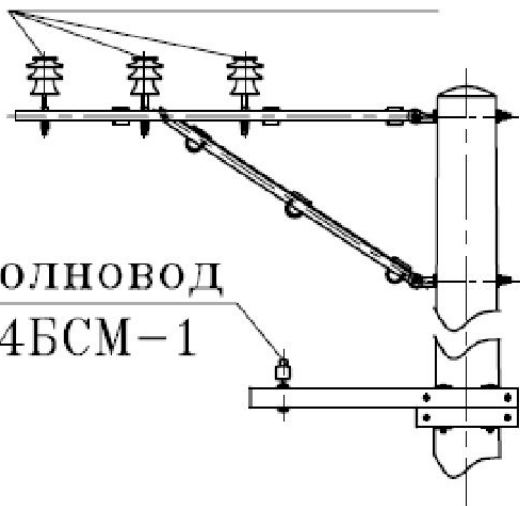


### Подвешивание несущего троса компенсированной подвески на ролике

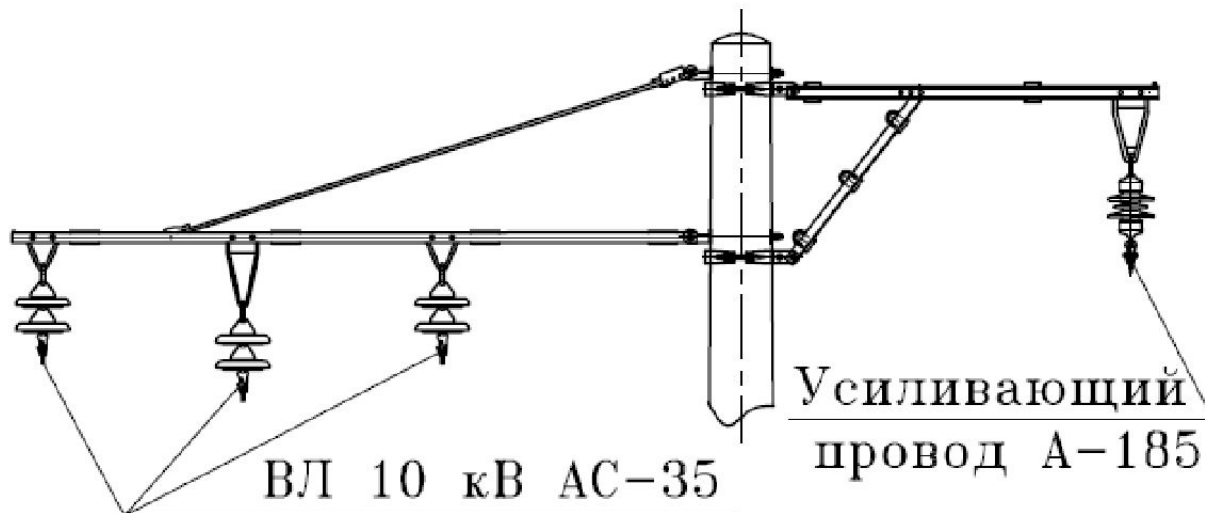


## Кронштейны, надставки, стойки

ВЛ 10 кВ СИП



Волновод  
4БСМ-1

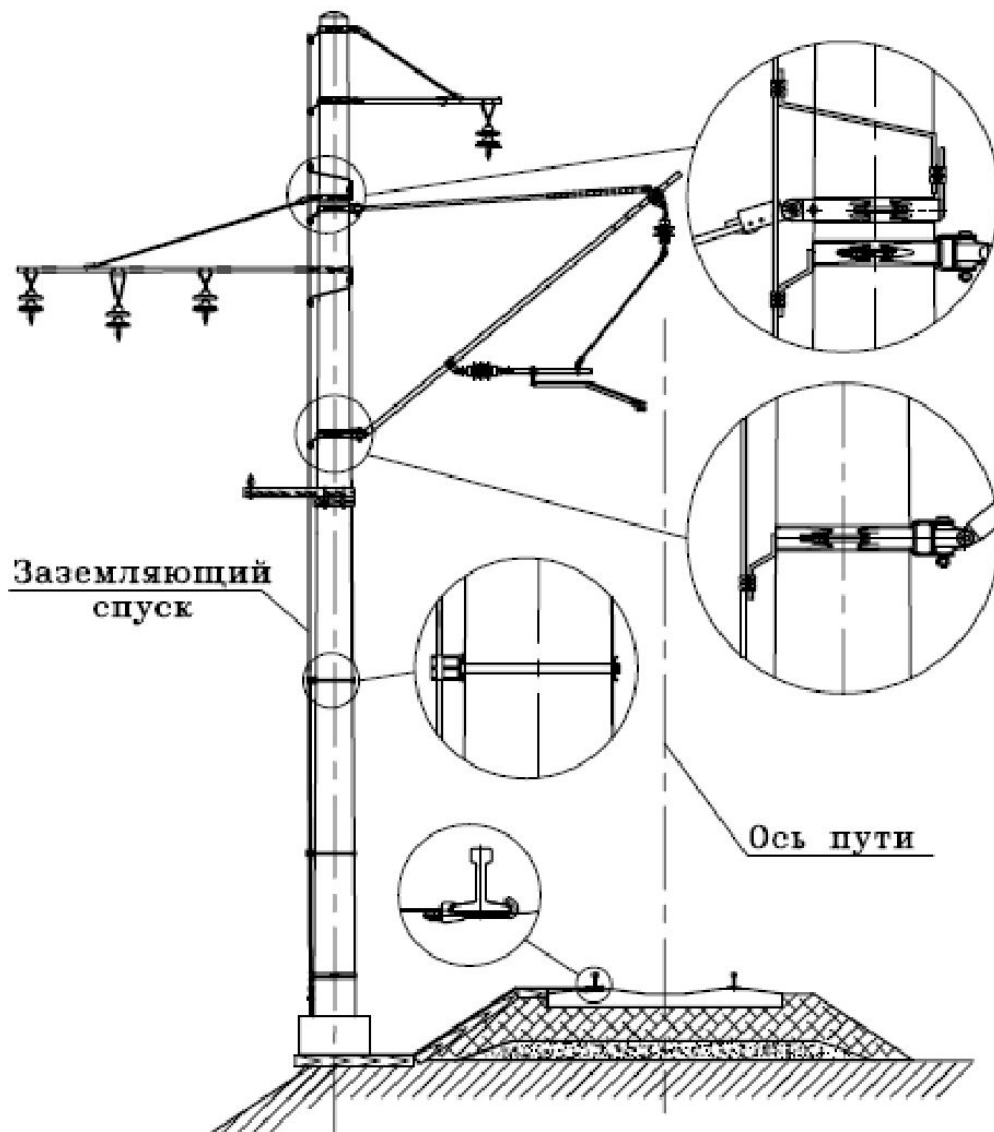


ВЛ 10 кВ АС-35

Усиливающий  
провод А-185



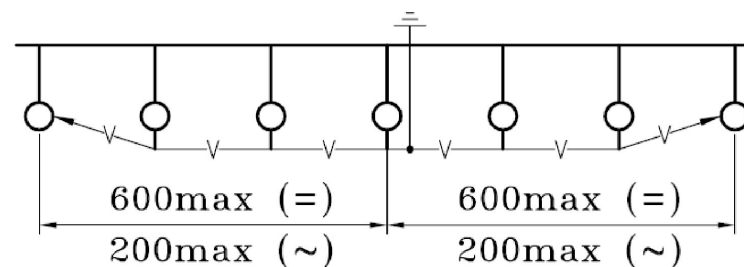
## 1.10. Заземления



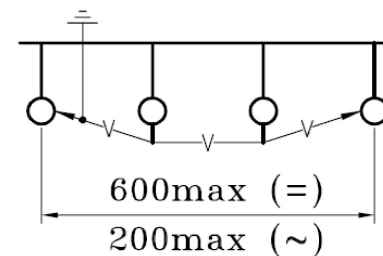
← Индивидуальное заземление ж/б опоры

### Групповое заземление

Т-образная схема



Г-образная схема

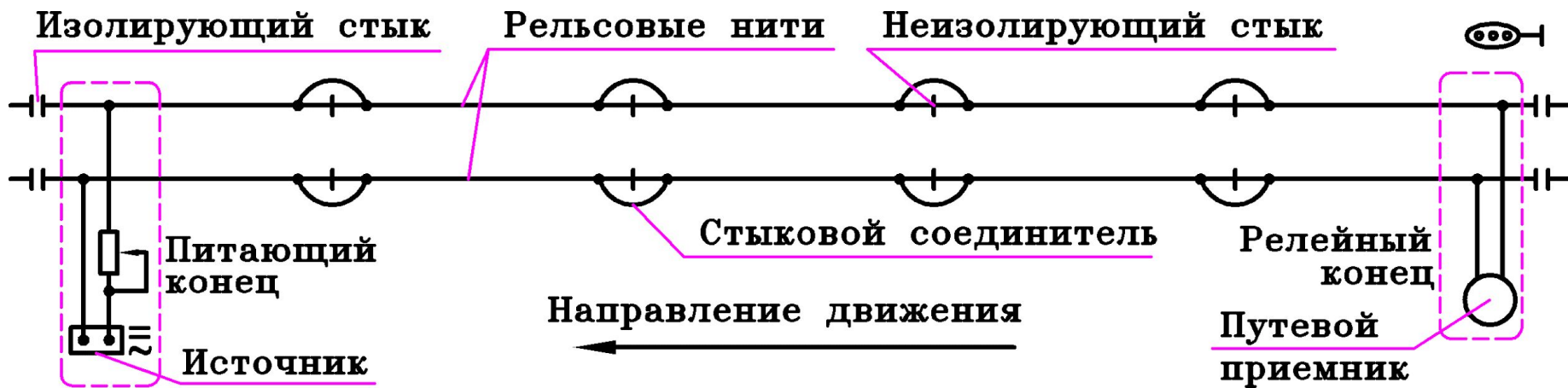


## 1.11. Защита от атмосферных перенапряжений



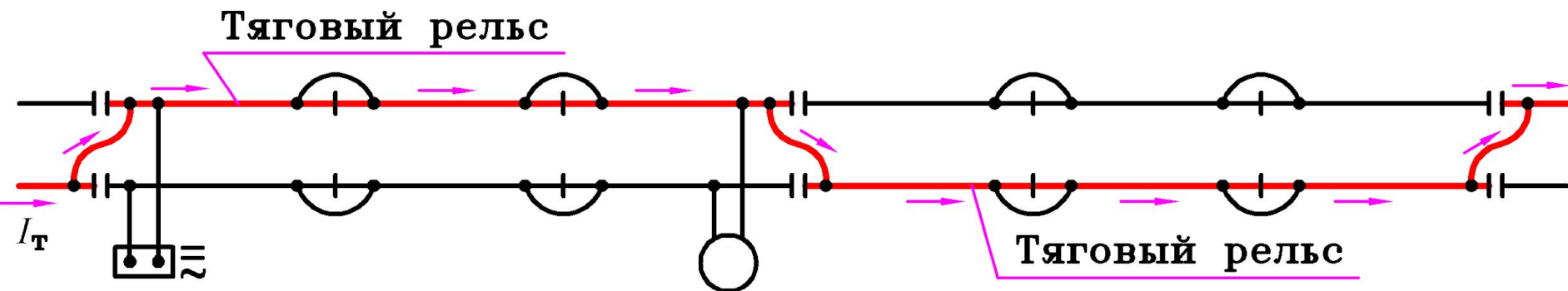
## 1.12. Рельсовая сеть

Упрощенная схема работы рельсовой цепи СЦБ

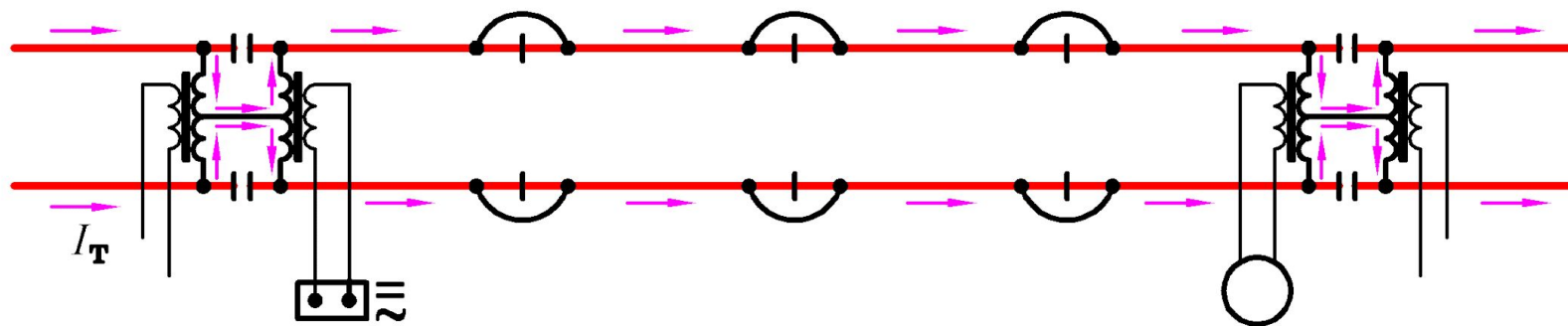


Как обеспечить работу рельсовой цепи СЦБ независимо от работы электротяговой рельсовой сети?

## Однониточная рельсовая цепь



## Двухниточная рельсовая цепь





# 1. Общие сведения об устройстве контактной сети

- 1.1. Общая характеристика контактной (электротяговой) сети, условий и особенностей ее эксплуатации
- 1.2. Питание и секционирование КС
- 1.3. Основные габариты проводов и устройств КС
- 1.4. Контактные подвески. Анкерные участки. Узлы
- 1.5. Провода и тросы
- 1.6. Изоляторы
- 1.7. Арматура контактной сети
- 1.8. Опорные конструкции
- 1.9. Поддерживающие и фиксирующие конструкции
- 1.10. Заземления
- 1.11. Защита от перенапряжений
- 1.12. Рельсовая сеть