

# **Геодезические работы при строительстве ЛЭП**

# Содержание

- Общие сведения
- Особенности изысканий трасс ЛЭП
- Выбор направления воздушных линий
- Условия выбора направления трассы
- Камеральный выбор трассы
- Полевое обследование
  - Полевое трассирование ЛЭП
  - Наземный метод
- Нивелирование трассы

## ***Общие сведения***

Линии электропередач (ЛЭП) разделяются на кабельные (подземные) и воздушные.

Кабельные линии, как более дорогостоящие, в основном прокладывают на застроенных территориях.

По воздушным линиям (ВЛ) передается ток высокого напряжения на значительные расстояния. В зависимости от напряжения воздушные ЛЭП подразделяют на линии до 35 кВ, от 35 до 500 кВ, свыше 500 кВ.

К линиям связи относят:

- междугородные, внутрирайонные и городские телефонные линии;
- сети радиофикации;
- радиорелейные линии.

Линии связи также могут быть кабельными и воздушными.

Основными элементами воздушных  
линий являются  
***опоры, провода, изоляторы.***

Опоры разделяют на анкерные и  
промежуточные.

Анкерными называют такие опоры, которые принимают на себя все усилия от натяжения провода.

Среди анкерных опор выделяют **угловые опоры**, сооружаемые в вершинах углов поворота трассы, и **специальные опоры**, устанавливаемые на переходах через широкие или высокие препятствия.

Анкерный пролет, т. е. расстояние между смежными анкерными опорами, принимают равным 5-7 км.

Промежуточные опоры только поддерживают провода, натянутые между анкерными опорами.

Опоры бывают деревянные, металлические и железобетонные.

Интервал расстояния (горизонтальное проложение) между двумя соседними опорами (пролет) составляет:

- для линий с напряжением 110-150 кВ - 200-300 м;
- для линий с напряжением 220-500 кВ - 300-400 м;
- для линий с напряжением 750 кВ — 350-450 м.

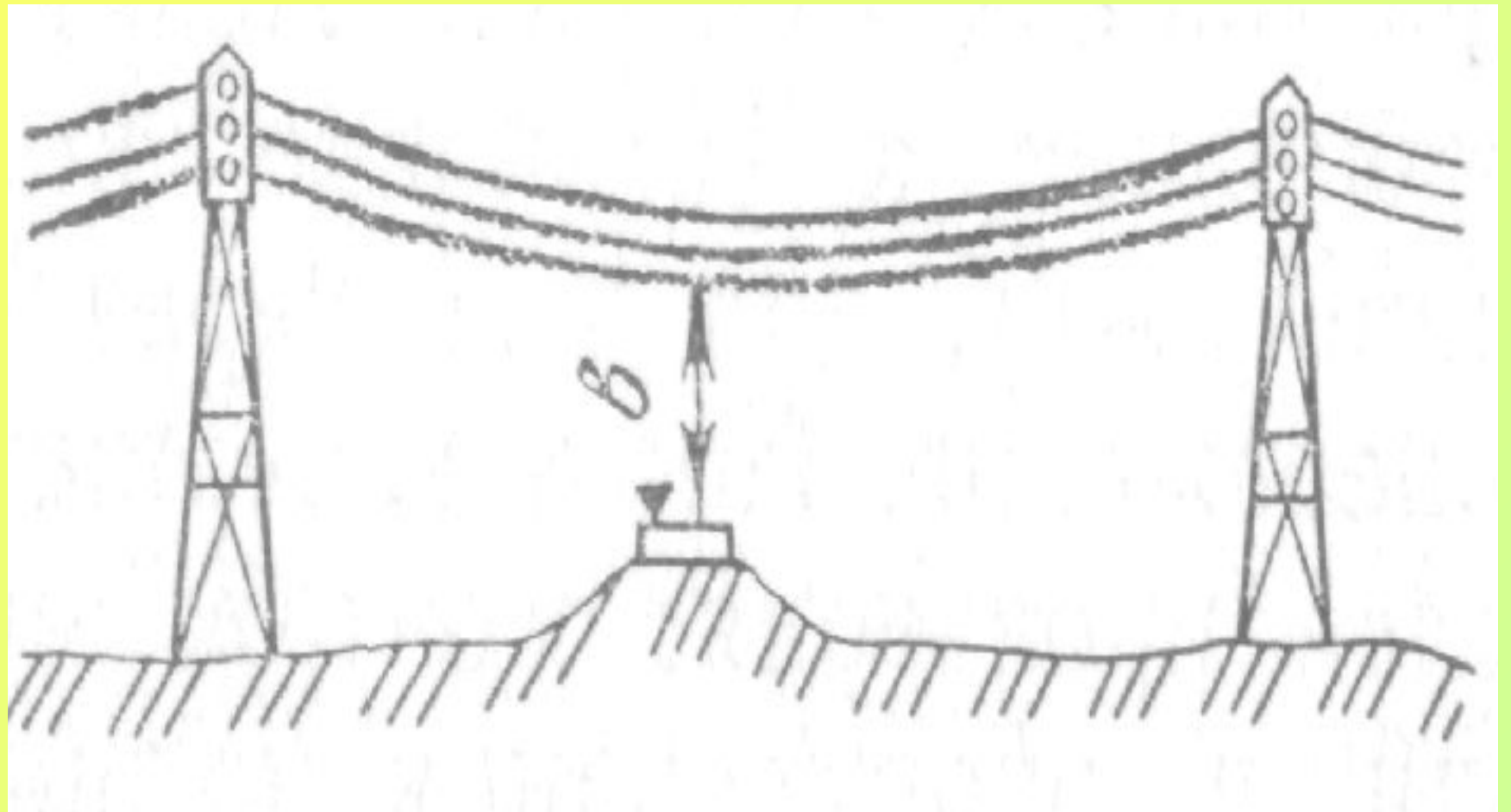


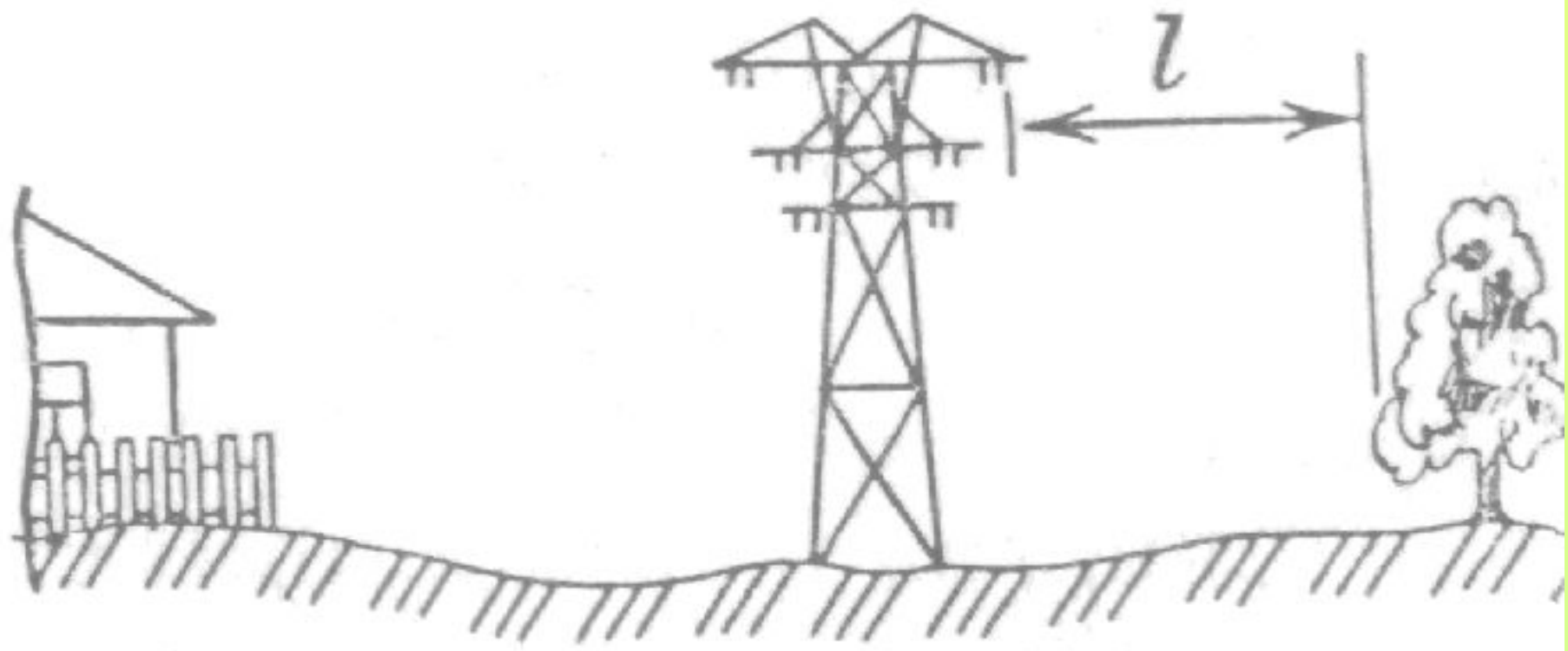
Для линий электропередач  
требуется соблюдение  
габаритного приближения  
проводов.

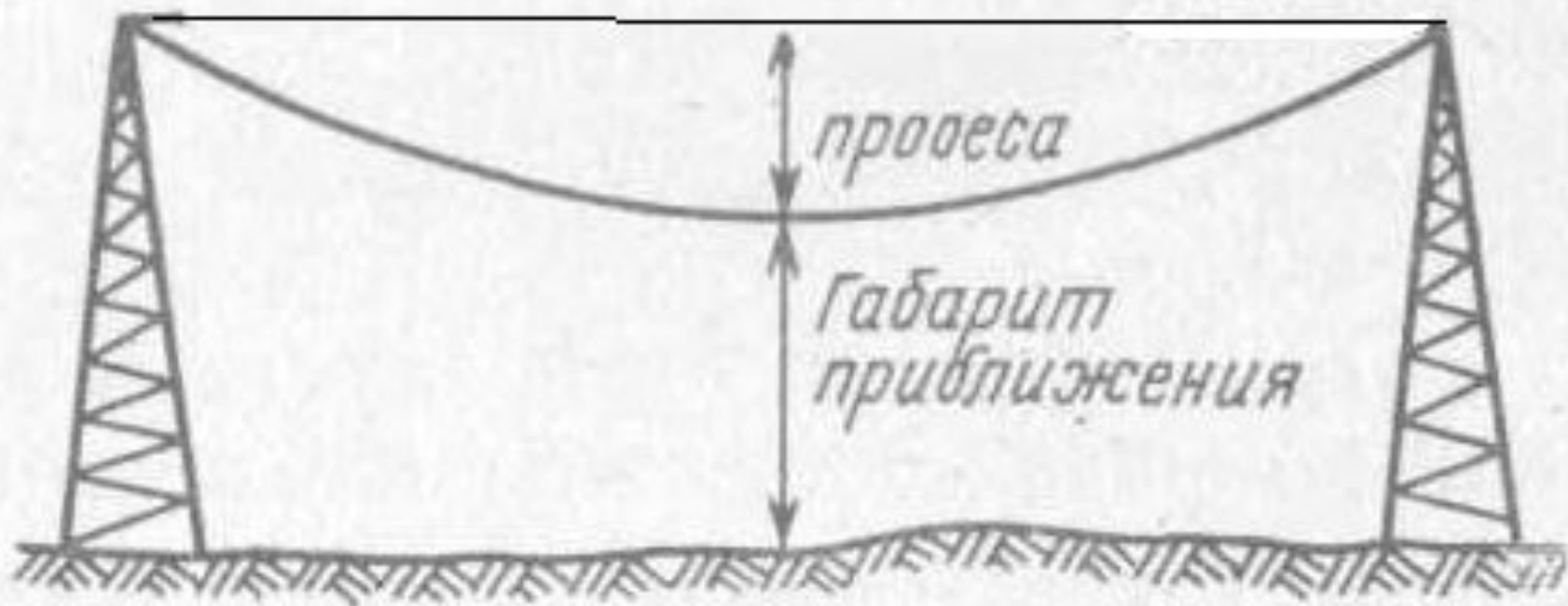
Минимально допустимое  
расстояние от нижних проводов  
до поверхности земли или до  
какого-либо сооружения  
называют вертикальным  
габаритом приближения.

Минимально допустимое  
расстояние от крайних  
проводов до боковых объектов  
называют горизонтальным  
габаритом приближения.

Это расстояние в обе стороны от крайних проводов создает так называемую охранную зону, в пределах которой запрещается вести строительные работы, разрабатывать карьеры, складировать материалы и т.д.







# Допустимая величина вертикального габарита приближения:

- для линий с напряжением 220-500 кВт :
  - а) в ненаселенной местности 7-8 м;
  - б) в труднодоступной местности 6-7 м.
- для линий напряжением 750 кВ -  
соответственно принимают 12 и 10 м.



Наименьший горизонтальный  
габарит приближения должен  
быть:

- для ЛЭП до 500 кВ не менее  
20-30 м;
- для ЛЭП 750 кВ - 40 м.

**Вертикальный габарит приближений на линиях связи составляет 2,5-8,5 м.**

**Максимально допустимые сближения между линиями связи и другими воздушными линиями, контактной сетью электрифицированных железных дорог, растительностью регламентируются соответствующими инструкциями и должны составлять 1-25 м.**

Расстояния между параллельно расположенными высоковольтными линиями (ВЛ) или высоковольтной линией и линией связи должно быть не менее высоты наиболее высокой опоры на данном участке.

Для линий 500 и 750 кВ это расстояние составляет 50 и 100 м.

# ***Особенности изысканий трасс ЛЭП***

Выбор направления воздушных линий

Выбор больших магистральных трасс ВЛ производится в период технико-экономического обоснования.

Направление небольших трасс может быть выбрано при подготовке технического задания на проектирование.

Технические изыскания трассы ЛЭП

выполняют по выбранному и  
утвержденному направлению.

Эти изыскания начинаются с изучения  
материалов выбора трассы и проверки  
документов согласования.

Начальным пунктом ЛЭП обычно является гидротехническая, тепловая и атомная электростанции, конечным пунктом - крупный территориально-промышленный комплекс.

Между начальным и конечным пунктами трасса ЛЭП должна проходить по возможности кратчайшим расстоянием, в благоприятных топографических и инженерно-геологических условиях, чтобы ее строительство и эксплуатация требовали минимальных затрат.

Однако при этом следует учитывать требования основ земельного и водного законодательства.



## Условия выбора направления трассы

- Надо стремиться к расположению опор на высоких точках профиля, чтобы обеспечить наибольший средний пролет и снизить стоимость линии.
- При пересечении болот проектируют ЛЭП на свайных опорах.
- ЛЭП с высшим напряжением должны пересекать ЛЭП с низшим напряжением сверху.

## Условия выбора направления трассы

- Опоры на прямых участках размещаются с таким расчетом, чтобы был обеспечен допустимый габарит провода над землей и пересекаемыми объектами.
- *При изысканиях линий электропередач обязательно необходимо принимать во внимание габариты приближения проводов.*

# Условия выбора направления трассы

- При изысканиях трасса ЛЭП обходит:
  - аэродромы (не ближе 4 км),
  - населенные пункты с плотной застройкой,
  - промышленные предприятия,
  - заповедники,
  - курортные зоны,
  - места с большой сетью воздушных линий.
- Опоры ЛЭП стремятся расположить на землях несельскохозяйственного назначения или в угодьях худшего качества.

# Условия выбора направления трассы

- Желательно, чтобы трасса как можно меньше пересекала водотоки, ущелья, инженерные сооружения.

Места пересечений с водотоками выбирают **на прямолинейных участках реки** с высокими устойчивыми берегами и узкой поймой.

Угол пересечения трассы с препятствиями должен быть **близок к прямому** и во всяком случае не меньше  $45^\circ$ .

При этом на переходах через водные преграды и поймы **не рекомендуется делать углы поворота и использовать специальные переходные опоры в качестве угловых.**

## Условия выбора направления трассы

- В горных районах стремятся трассу расположить на устойчивых склонах, избегая вершин водоразделов, чтобы уменьшить влияние на линии ветровых нагрузок и гололеда.
- По возможности приближают трассу к существующим дорогам и учитывают возможности подъезда к опорам трассы.

## Условия выбора направления трассы

- Пересечение трассой дорожных магистралей выбирают в местах, где дорога проходит в выемках или на нулевых отметках, с целью уменьшения высоты переходных опор, и стремятся совместить углы поворота трассы с переходными опорами.

## Условия выбора направления трассы

- При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами расстояние от основания опоры ВЛ до габарита приближений строений железной дороги или до оси контактной сети электрифицированных дорог должно быть не менее высоты опоры плюс 3 м.

# Условия выбора направления трассы

- При пересечении воздушной линии с автомобильной **дорогой** наименьшее расстояние от основания опоры до бровки земляного полотна дороги допускают равным высоте опоры. При параллельном их следовании это расстояние увеличивается на 5 м.
- Вертикальное расстояние от провода до полотна дороги должно быть не менее 8-9 м для ВЛ напряжением 220-500 кВ и 14 – м для ВЛ напряжением 750 кВ.



## Условия выбора направления трассы

- При пересечении лесных массивов ширина просек должна составлять не менее расстояния между крайними проводами плюс высота деревьев с каждой стороны от крайних проводов.

## Условия выбора направления трассы

- При прохождении через лесопарки, природные заповедники, лесозащитные полосы и другие ценные лесные массивы расстояние от проводов до кроны деревьев может быть уменьшено до 4 м для ВЛ 150-220 кВ и до 6 м для ВЛ 750 кВ.
- Земельная площадь, находящаяся под воздушными линиями, остается у землепользователей. Изъятию подлежат только участки, занимаемые опорами. На период строительства линии ширина отводимой полосы составляет 15 - 30 м.

**Изыскания воздушных линий связи**  
(междугородных, внутрирайонных и городских телефонных линий, сетей радиофикации, радиорелейных линий)  
**аналогичны изыскания ЛЭП.**

Линии связи обычно прокладывают вдоль существующих железных и автомобильных дорог, где возникает много пересечений. Поэтому при проектировании и изысканиях необходимо особое внимание уделять габаритам приближений.

# Камеральный выбор трассы

**Для камерального выбора** возможных направлений ЛЭП производят сбор и изучение сведений о районе изысканий:

- топографических карт мелких и крупных масштабов,
- землеустроительных планов,
- материалов аэрофотосъемки,
- инженерно-геологических, гидрологических и метеорологических данных,
- месторождениях полезных ископаемых,
- карьерах строительных материалов,
- а также сведений о существующих и проектируемых в районе изысканий инженерных сооружений и др.

## Камеральный выбор трассы

При камеральной обработке материалов на топографические карты наиболее крупного масштаба наносят:

- выходы (коридоры) от начальной и конечной подстанции,
- варианты больших переходов через водотоки,
- уточненные данные по проектируемым и строящимся предприятиям и населенным пунктам,

## Камеральный выбор трассы

- уточненные данные по инженерным коммуникациям, заповедникам,
- уточненные данные по ценным сельскохозяйственным угодьям,
- уточненные данные по местам с неблагоприятными естественными условиями.

## Камеральный выбор трассы

В горных районах и на территории со сложной ситуацией при выборе трассы используют имеющиеся материалы аэрофотосъемки.

С учетом этих данных намечают варианты трассы ВЛ.

## Камеральный выбор трассы

На основе технико-экономического сравнения вариантов выбирают наиболее экономичное и надежное в эксплуатации направление воздушной линии, которое согласовывается с федеральными и муниципальными организациями.

Намеченную трассу прорабатывают с примерной расстановкой опор и подготавливают данные для ее обследования в натуре.



# Полевое обследование

**При полевом обследовании** трассы на местности **уточняют** топографические и геологические условия камерально разработанного направления.

Вдоль трассы производят инженерно-геологическое рекогносцировочное обследование, особенное исследование выполняют в местах с неблагоприятными физико-геологическими условиями.

# Полевое обследование

При полевом обследовании основное внимание обращают на:

- выбор переходов через крупные водотоки,
- выбор пересечений и сближений с инженерными сооружениями и коммуникациями,
- выбор подходов к электростанциям и подстанциям,
- выбор обходов горных районов и мест с неблагоприятными геологическими условиями,
- выбор положения трассы на других наиболее трудных и сложных участках.

**Выбранные створы переходов и пересечений закрепляют на местности грунтовыми знаками.**

# Полевое обследование

При обследовании ведется специальный журнал, в котором изображается и описывается:

- схема трассы,
- закрепление трассы,
- привязка фиксированных точек к местным предметам.

Этот журнал используется в дальнейшем при технических изысканиях.

# Полевое обследование

Одновременно с обследованием производят согласование трассы с землепользователями и органами, осуществляющими государственный контроль за использованием земель и охраной недр, а также с заинтересованными организациями, в ведении которых находятся инженерные сооружения и коммуникации.

При этом согласовании возможно некоторое корректирование трассы.

# Полевое трассирование ЛЭП

## Полевое трассирование ЛЭП

выполняют в обычном порядке:

- разбивают пикетаж,
- проводят съемку вдоль трассы по 50 м с каждой стороны магистрального хода.

# Полевое трассирование ЛЭП

Особенность разбивки пикетажа при трассировании ЛЭП в том, что полностью отпадает необходимость в разбивке кривых и учете домера и, следовательно, расстояние между соседними вершинами поворотов или створными точками будет равно разности их пикетажного значения.

# Полевое трассирование ЛЭП

Одновременно с разбивкой пикетажа:

- производят съёмку в крупном масштабе площадок подстанций, монтерских пунктов и ремонтных баз,
- обследуют проходящие в районе трассы дороги и карьеры стройматериалов,
- при отсутствии дорог намечают места, по которым с наименьшими затратами они могут быть построены.

# Полевое трассирование ЛЭП

Под площадки для сооружений на трассе ЛЭП выполняют съемку в масштабе 1:1000 - 1:5000.

Площади съемки могут составлять 5-20 га.

Съемки целесообразно выполнять электронными тахеометрами!!!!!!!



# Полевое трассирование ЛЭП

Технические изыскания небольших трасс, проходящих в слабо пересеченной местности, выполняют **наземными методами.**

При изысканиях больших трасс, прокладываемых в сложных условиях, применяют **аэрометоды.**

# Наземный метод

Перенос проекта на местность осуществляют по данным привязки основных точек к контурам или по координатам.

Поскольку для ЛЭП расстояния между этими точками могут достигать десятка километров, то прямые участки вешат. Для это разработаны специальные способы.

Створные точки выбирают в пределах прямой видимости в среднем через 700 м, но не более 1 км.

В отличие от других трасс линия электропередач состоит только из прямых участков, с поворотами в вершинах углов.

Поэтому углы поворотов должны выбираться в местах, удобных для сооружения опор, т. е. геологически устойчивых и расположенных вдали от растущих оврагов.

На трассах воздушных линий продольные профили составляют **ПО ПЛЮСОВЫМ ТОЧКАМ**, которые располагаются на характерных перегибах рельефа местности, на поворотах трассы и в местах пересечений естественных препятствий или искусственных сооружений.

Поэтому при изысканиях  
воздушных линий весьма  
эффективен беспикетный  
способ трассирования.

При пересечении трассой инженерных сооружений и водотоков измеряют величину угла пересечения и производят крупномасштабную тахеометрическую съемку полосы с высотой сечения рельефа 0,5-1 м.

На дорожных магистралях нивелируют головки рельсов или ось покрытия автодороги;

на водотоках определяют отметки уровня высоких вод и ледохода.

## Аэрометод

Вдоль выбранного направления трассы ВЛ производят маршрутную аэрофотосъемку в масштабе 1:12 000 - 1:15 000, а в горных районах 1:8000 - 1:10 000.

Площадки и большие переходы снимают в масштабе 1:4000 - 1:6000.

# Аэрометод

Намеченная на топографических картах трасса ВЛ уточняется по фотосхемам, стереопарам, а при необходимости и фотопланам.

При развитии пространственной фототриангуляции и стереообработки аэрофотоснимков определяют координаты углов поворота, створных точек, точек переходов через препятствия, а также вычисляют пикетаж трассы и высоты пикетных точек, данные привязки для выноса трассы в натуру.



# Аэрометод

В результате фотограмметрических работ составляют:

- план и профиль трассы,
- крупномасштабные планы площадок и переходов, коридоров примыкания ВЛ,
- намечают трассы временных дорог к опорам в горной местности.

# Аэрометод

Углы поворота и створные точки фотограмметрически разработанной трассы выносят в натуру по данным привязки к контурам местности или пунктам геодезического обоснования.

Так как вследствие ошибок фотограмметрических измерений вынесенные створные точки могут быть несколько смещены от прямой линии, соединяющей вершины углов поворота трассы, то при помощи теодолита производится строгое введение вынесенных точек в створ и их закрепление.

# Нивелирование трассы

Нивелирование трассы ВЛ выполняется с целью составления продольного профиля, по которому проектируют положение и высоту опор, обеспечивающих расчетный габарит приближений проводов.

При этом требуется, чтобы ошибки из-за обобщения (спрямления) рельефа при выборе характерных плюсовых точек не превышали **0,3 м.**

Очевидно, что этому требованию должна соответствовать точность нивелирования.

# Нивелирование трассы

Так как допуск на определение вертикального габарита достаточно свободен (около 25 см), возможна замена геометрического нивелирования по трассе тригонометрическим.

# Нивелирование трассы

- В равнинной местности, а также на больших переходах через водотоки, на пересечениях дорог, в застроенных местах производят техническое нивелирование по пикетажу трассы ВЛ.
- В горных районах и сильно пересеченной местности можно прокладывать по трассе тахеометрические ходы.

# Нивелирование трассы

При пересечении существующих линий электропередач и линий связи дополнительно:

- измеряют расстояние от трассы до смежных опор пролета,
- определяют высоты верхних и нижних проводов и тросов на этих опорах и смежных с ними,
- в месте пересечения, производят съемку профиля пересекаемого пролета.

# Нивелирование трассы

Определение высот проводов и тросов производится методом тригонометрического нивелирования или наземной фототеодолитной съемки с обеспечением измерения с ошибкой не более 0,15 м.

Для контроля высоты определяют с двух независимых станций с допустимым расхождением между ними до 0,20 м.

- ***Определение высоты провода или троса, считая его недоступным (сам-то).***



# Нивелирование трассы

Поперечные профили разбивают и нивелируют на участках, где поперечное превышение между осью воздушной линии и проекцией на местность крайних проводов превышает 0,4м.

Длина поперечников в каждую сторону от оси в зависимости от напряжения линии составляет 10-20 м (для ВЛ 220-750 кВ).

Точность определения отметок по поперечным профилям должна быть такой же, как и на продольном профиле по оси трассы.

# Нивелирование трассы

Через каждые 8 - 10 км устанавливают на трассе железобетонные или деревянные реперы.

Установку железобетонных реперов приурочивают к переходам через крупные водотоки и к местам расположения больших площадок.

# Нивелирование трассы

При трассировании одновременно двух линий электропередач, идущих параллельно одна другой, необходимо через каждые 3-5 км замыкать нивелирные ходы между одноименными точками трассы (углами поворота или створными точками), чтобы проверить правильность вешения и точность линейных и высотных измерений.

В этом случае реперы устанавливают общие для двух линий, располагая их примерно посередине между ними.

# Нивелирование трассы

При уравнивании ходов между пунктами государственной нивелирной сети сначала по средним превышениям из двух ходов определяют отметки установленных реперов, а затем между отметками этих реперов увязывают ходы по обеим линиям.

# Нивелирование трассы

При использовании тахеометрического метода нивелирования совмещают работы по проложению хода со съемкой полосы местности.

Тахеометрический ход прокладывают путем двусторонних измерений расстояний и превышений в прямом и обратном направлениях.

**Углы наклона определяют при двух положениях круга.**

# Нивелирование трассы

Точки хода выбирают с расчетом обеспечения съемки рельефа и ситуации вдоль трассы. Иногда прокладывают сначала основной («каркасный») ход по створным и угловым точкам со сторонами 500 - 1000 м с измерением линий с относительной погрешностью не более  $1/800$ . Съёмочные ходы привязывают к пунктам основных сетей.

При использовании тахеометрического метода определяют одновременно габариты приближений.

# Нивелирование трассы

Планово-высотная привязка ходов по трассе производится не реже чем через 15 - 20 км. Невязки хода не должны превышать:

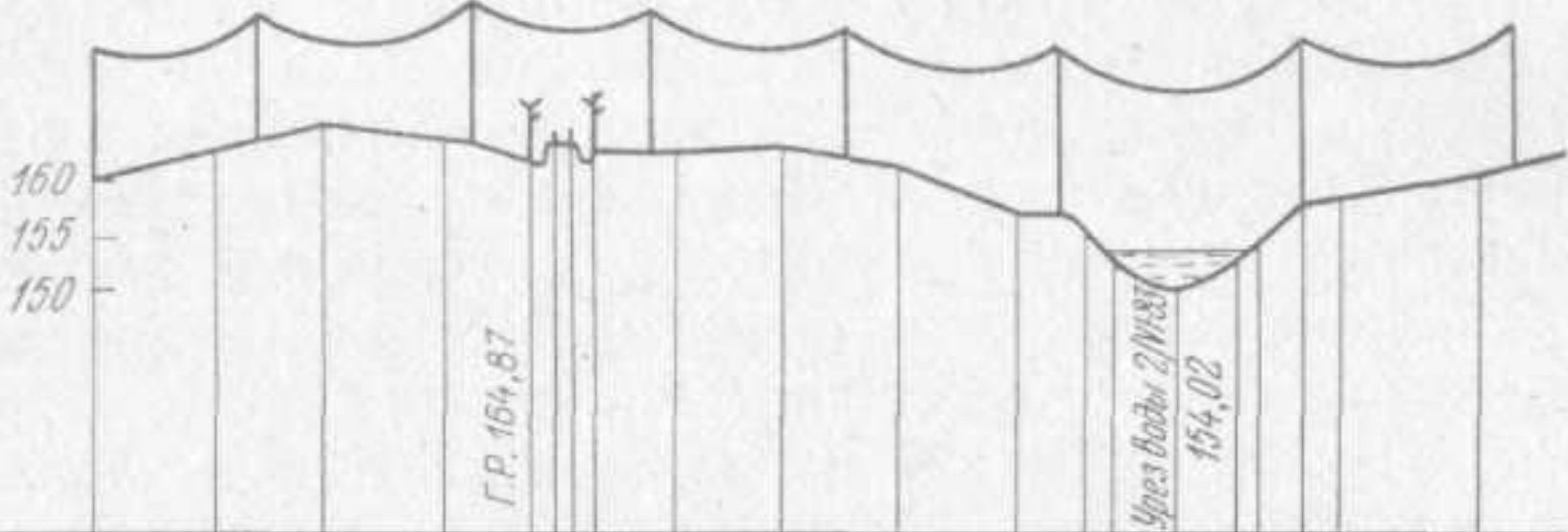
а) теодолитно-нивелирного хода

- линейная -  $1/800$ ,.
- высотная -  $5 \sqrt{L}$  см;

б) тахеометрического хода

- линейная -  $1/300$ ,
- высотная при углах наклона до  $6^\circ$  -  $30 \sqrt{L}$  см;
- высотная при углах наклона более  $6^\circ$  -  $50 \sqrt{L}$  см,

где  $L$  - длина хода, км.



Ситуация																				
	Анк.	Угл.	Анк.		Анк.		пр.		Угл.		Анк.		пр.							
Пролеты, м	150	180		150	180		180		220		180									
Номер опоры	№1	№2		№3		№4		№5		№6		№7		№8						
Высоты Земли	161,20 161,91	163,12 163,91	166,75 167,54		164,83 165,62	162,25 163,04	164,35 165,14	162,00 162,79	163,05 163,84	164,00 164,79		162,10 162,89	157,81 158,60	157,70 158,49	154,02 154,81	150,54 151,33	154,02 154,81	158,15 158,94	159,80 160,59	161,05 161,84
Расстояния	100	100	100	70	30	40	60	100	100	100	64	35	50	50	15	40	44	100		
Пикетаж	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							



# Нивелирование трассы

Для многовариантного трассирования используются **цифровые модели местности (ЦММ)**.

Основной исходной информацией для построения ЦММ являются:

- аэрофотосъемка полосы трассирования;
- геодезическое обоснование полосы трассирования;
- материалы крупномасштабной инженерно-геологической съемки и т. д.

Выбор оптимальной трассы производится на ЭВМ в достаточно узкой полосе (500-1500 м).

## Инженерно-геологические и гидрологические работы

Для комплексного изучения и оценки природных условий трассы производят маршрутную инженерно-геологическую крупномасштабную съемку полосы шириной около 300 м и обследуют водные объекты, используя материалы аэрофотосъемки прошлых лет и специального залета.

Инженерно-геологическая разведка и детальные гидрологические изыскания переходов необходимы для обеспечения проектирования оснований опор.

## Инженерно-геологические и гидрологические работы

Для этого предварительный проект расстановки опор выносят в натуру, производят разведочное бурение под каждую опору, изучают в месте перехода режимы уровней воды и ледохода, деформаций русла и поймы, скорости течения и др. Одновременно снимают планы участков под опоры в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м с указанием геологических выработок и знаков креплений центров опор.

# Разбивка проектного положения опор в натуре

Основными документами проекта для разбивки центров опор являются:

- рабочий план и профиль воздушной линии и переходов,
- данные по привязке трассы к местным предметам и пунктам геодезической сети.

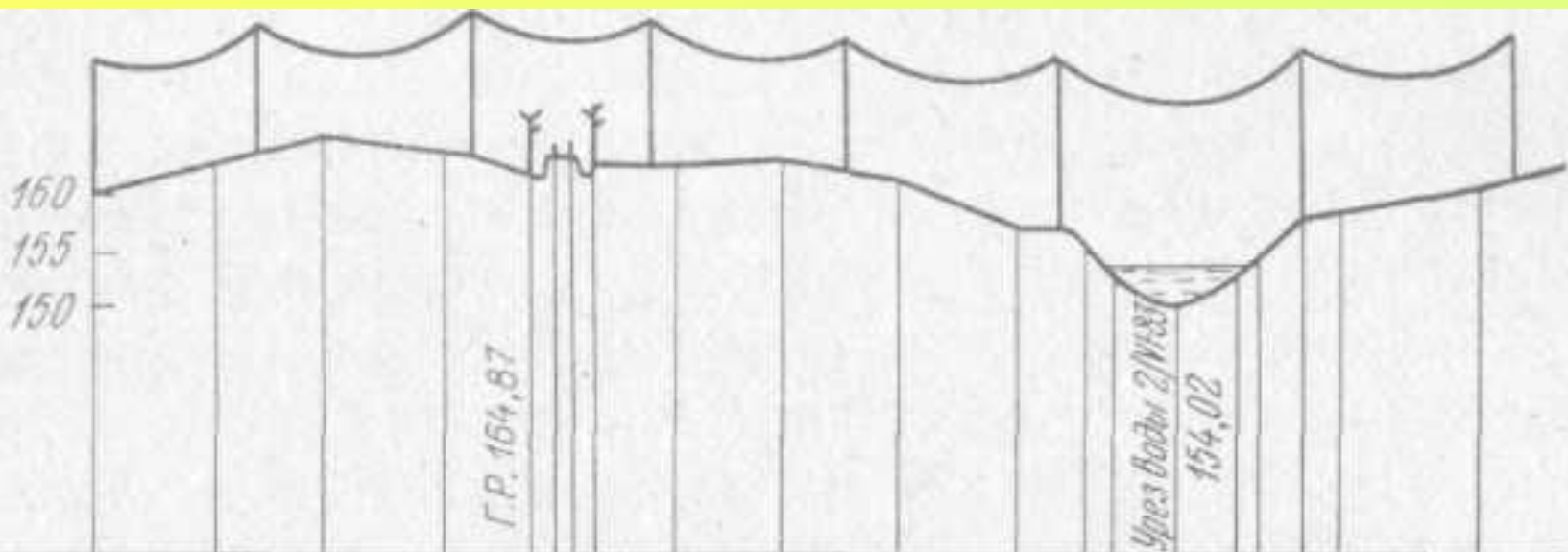
## Разбивка проектного положения опор в натуре

На плане показывают расположение всех опор с обозначением их типа, пикетажа и номера.

На угловых опорах дополнительно указывают величину угла поворота.

На пересекаемых трассой элементах ситуации подписывают высоты препятствий.

На продольном профиле показывают места установки опор и величины пролетов.



Ситуация																			
Тип опор	Анк.	Уг.	Анк.	Анк.	пр.	Уг.	Анк.	пр.											
Пролеты, м	150	180	150	180	180	220	180												
Номер опоры	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8											
Высоты Земли	161,20	163,12	166,75	164,83	162,25	164,35	162,00	163,05	164,00	162,10	157,81	157,70	154,02	150,54	154,02	158,15	159,80	161,05	
Расстояния	100	100	100	70	30	40	60	100	100	100	64	35	50	50	15	40	44	100	
Пикетаж	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						

## Разбивка проектного положения опор в натуре

Разбивка опор производится по их пикетажному значению от ближайших закрепленных точек (вершин углов поворота и створных точек) или по створу линии, задаваемому теодолитом.

## Разбивка проектного положения опор в натуре

Расстояния от закрепленных точек до опор и между опорами измеряют **дальномером с введением в каждый пролет поправок за наклон местности** и контролируют привязкой к закрепленным знакам.

Отклонения измеренных расстояний между опорами от заданных в проекте не должны превышать  $1/200$  длины пролета. Полученная невязка распределяется на ближайшие пролеты.



## Разбивка проектного положения опор в натуре

При попадании опоры в неудобное для установки место она может быть сдвинута по оси линии до 3 м (без согласования с проектной организацией).

Смещение одной или двух опор пролета на величину, удлиняющую его более чем на 3 м, производится с разрешения проектной организации.

# Разбивка проектного положения опор в натуре

При использовании аэрометодов для вынесения проекта трассы дополнительно используют аэрофотоснимки и фотосхемы с нанесенными створными контурными точками и углами поворота.

## Разбивка проектного положения опор в натуре

В процессе установки центров опор производится КОНТРОЛЬНОЕ определение минимального габарита провода (МГП) над землей или пересекаемыми сооружениями в местах, указанных в проекте.

# *Геодезическое сопровождение строительства ЛЭП*

- Геодезические работы, которые выполняют при строительстве линий электропередачи и связи заключаются: 1) в определении фактического габарита приближения проводов,
- 2) при монтаже опор с помощью теодолита производят выверку их вертикальности,
- 3) в процессе установки центров опор производится контрольное определение минимального габарита провода (МГП) над землей или пересекаемыми сооружениями в местах, указанных в проекте.

# ***Геодезическое сопровождение строительства ЛЭП***

***Выверка вертикальности монтажа  
опор (сам-то).***

По завершении строительства выполняют исполнительную съемку построенной воздушной линии, при этом промеряют расстояния между отдельными опорами и проверяют соблюдение габаритов приближения проводов и вертикальность установки опор.

Наглядную картину строительства линии со всеми ее сооружениями дает проведенная вдоль трассы маршрутная **аэрофотосъемка**. На аэрофотоснимках хорошо видны отдельные опоры, подстанции, переходы через реки, овраги, дороги, просеки и другие элементы ситуации.