



# Прикладная геодезия

## **ТРАССИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Лекция 5

05-12-18



# План

- ▣ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ
- ▣ ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗЫСКАНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРАСС
- ▣ КАМЕРАЛЬНОЕ ТРАССИРОВАНИЕ
- ▣ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАССЫ
- ▣ ПОЛЕВОЕ ТРАССИРОВАНИЕ
- ▣ ПЕРЕХОДНЫЕ КРИВЫЕ
- ▣ ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА КРИВЫХ
- ▣ НИВЕЛИРОВАНИЕ И СЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ. ПРИВЯЗКА ТРАССЫ

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ

**Т р а с с о й** называется ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности, нанесенная на топографическую карту и фотоплан или заданная координатами основных точек в цифровой модели местности. Основными элементами трассы являются: **п л а н** — ее проекция на горизонтальную плоскость и **п р о д о л ь н ы й** профиль — вертикальный разрез по проектируемой линии.

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ

Трасса представляет собой сложную пространственную линию. В плане она состоит из прямых участков разного направления, сопрягающихся между собой горизонтальными кривыми постоянного и переменного радиуса кривизны.

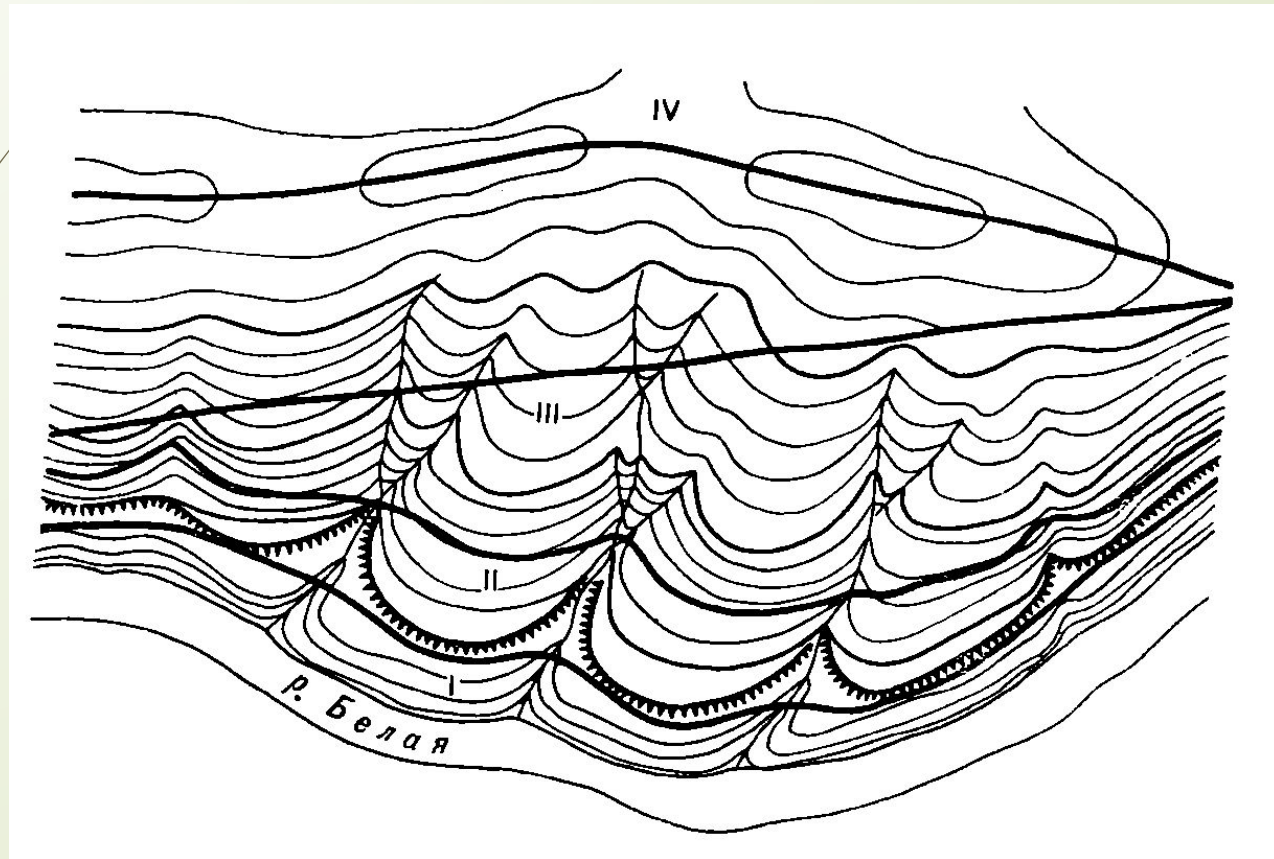
В продольном профиле трасса состоит из линий различного уклона, соединяющихся между собой вертикальными кривыми.

На ряде трасс (электропередач, канализации) горизонтальных и вертикальных кривых не проектируют, и трасса представляет собой пространственную ломаную линию.

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ

*Категории трасс.*

По топографическим условиям прохождения на местности различают трассы долинные, водораздельные, косогорные, поперечно-водораздельные



# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ

*Параметры трассирования.* Трасса должна удовлетворять определенным требованиям, которые устанавливаются техническими условиями на ее проектирование. Задаются наибольшие или наименьшие продольные уклоны, минимально допустимые радиусы горизонтальных и вертикальных кривых, габариты приближений и др.

Комплекс инженерно-исследовательских работ по выбору трассы, отвечающей всем требованиям технических условий и требующей наименьших затрат на ее возведение и эксплуатацию, называется **т р а с с и р о в а н и е м** . Оптимальную трассу находят путем технико-экономического сравнения конкурирующих вариантов.

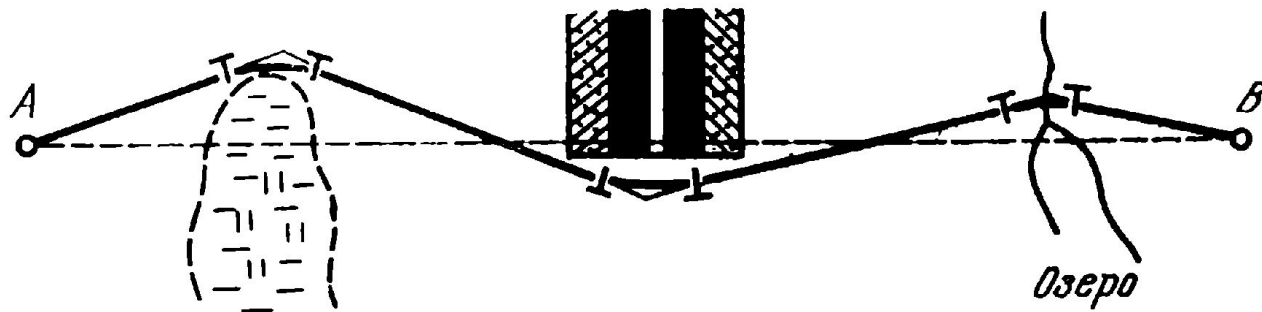
# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ

Если трасса определяется по топографическим планам, аэрофотоматериалам и цифровым моделям местности, то трассирование называют **камеральным**; если она выбирается непосредственно на местности, то **полевым**. При трассировании различают **плановые** параметры: углы поворота, радиусы горизонтальных кривых, длины переходных кривых, прямые вставки и **высотные** (профильные) параметры: продольные уклоны, длины элементов в профиле («шаг проектирования»), радиусы вертикальных кривых. Для одних сооружений (самотечные трубопроводы, каналы) наиболее важно выдержать высотные параметры (продольные уклоны). Для других (напорные трубопроводы, линии электропередач и связи) уклоны местности мало влияют на проект трассы и ее стремятся выбрать наиболее короткой, расположенной в благоприятных условиях.



# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ

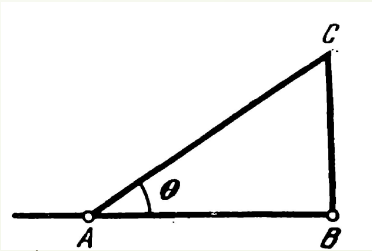
Трассирование в равнинной местности. Положение трассы в равнинных районах определяется контурными препятствиями, т. е. ситуацией. Так как средний уклон местности здесь меньше допустимого проектного уклона, то в высотном отношении трассу ведут «вольным ходом», определяя проектную линию по характерным точкам местности вдоль намеченного направления. В плане стремятся иметь прямую трассу, ведя трассирование по заданному направлению («азимуту стремления»). Однако встречающиеся препятствия заставляют отклонять трассу АВ (рис.) в ту или иную сторону. Каждый угол поворота  $\theta$  дает некоторое удлинение трассы.





# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ

Относительная величина этого удлинения % может быть подсчитана по формуле



$$\lambda = \frac{AC - AB}{AB}$$

$$AC = \frac{AB}{\cos \theta},$$

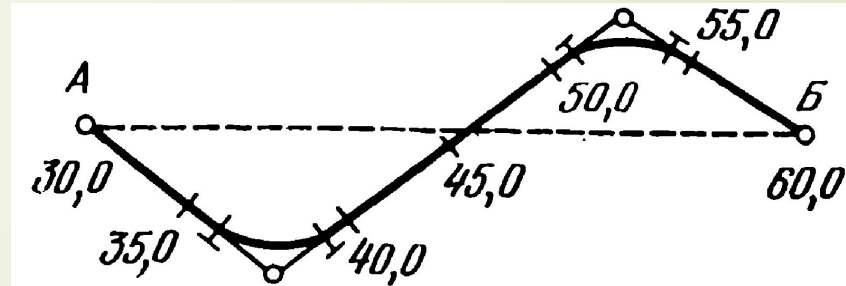
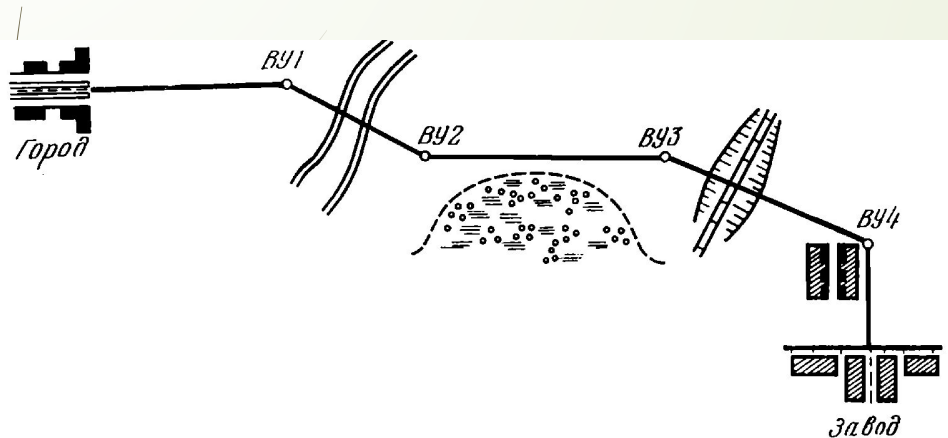
$$\lambda = \frac{1 - \cos \theta}{\cos \theta}.$$

В зависимости от величины угла поворота  $\theta$  относительное удлинение будет равно:

$\theta$ в градусах	. . . . .	10	20	30	40	50	60
$\lambda$ в процентах	. . . . .	1,5	6,4	15,5	30,5	55,5	100

Из приведенных данных видно, что углы поворота 10—20° незначительно удлиняют трассу.

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ



- 1) трассу прокладывать по прямой от одного контурного препятствия к другому (рис.). Необходимость отклонения трассы от прямой и назначения угла поворота должна быть обоснована;
- 2) вершину углов поворота выбирать против середины препятствия с таким расчетом, чтобы трасса огибала это препятствие;
- 3) углы поворота стремиться иметь по возможности не более  $20-30^\circ$ , чтобы заметно не удлинять трассу.

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ

*Трассирование в горной местности.* Положение трассы в горных районах определяется высотными препятствиями, т. е. рельефом. Так как уклоны горной местности значительно превосходят допустимые уклоны трассы, то трассирование здесь ведется

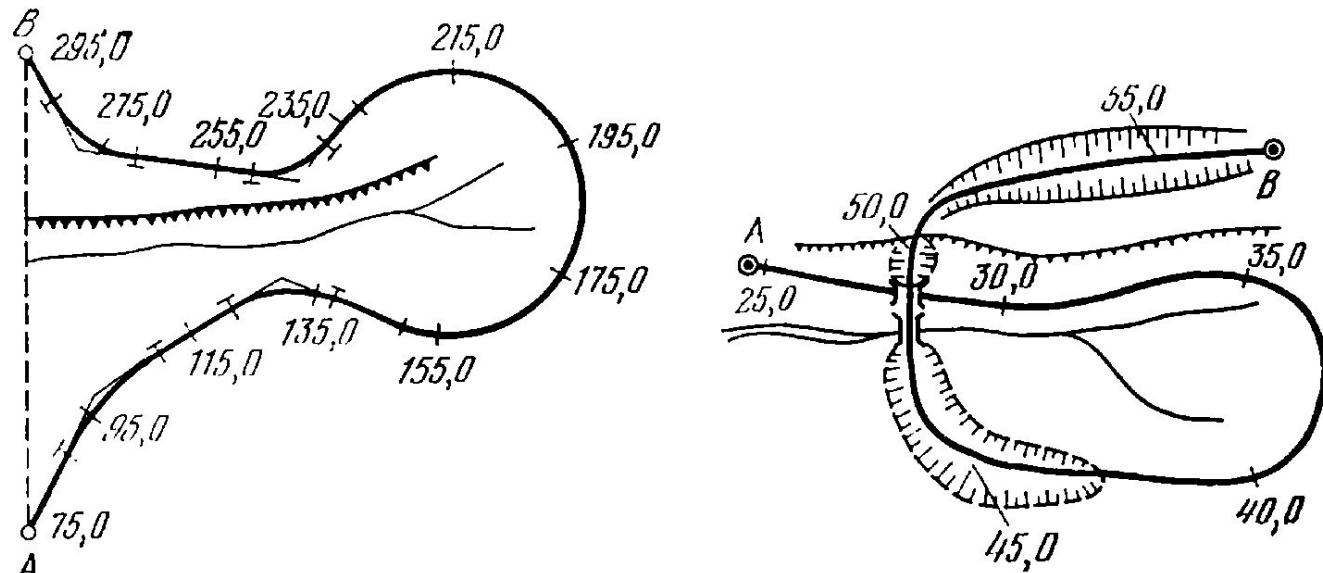
«напряженным ходом», когда каждая линия задается предельным уклоном. Чтобы выдержать этот уклон, приходится удлинять трассу, отклоняя ее на большие углы от прямой, или, как говорят, производить *развитие проектируемой линии*. Поэтому в горных условиях трасса в плане имеет, как правило, весьма сложную конфигурацию.

При разности  $h$  высот двух точек местности и расстоянии между ними  $l$  средний уклон  $i_M$  по прямому направлению между этими точками будет

$$i_M = \frac{h}{l}.$$

$$l' = \frac{h}{i_{тр}} = \frac{i_M}{i_{тр}} l.$$

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАССЕ И ТРАССИРОВАНИИ




В зависимости от характера местности применяют различные приемы развития линии. Если требуемое удлинение трассы невелико, то развитие линии происходит путем замены прямолинейного направления на S-образное, называемое и з в и л и н о й (рис. ). Для значительного удлинения трассы применяют более сложные кривые в виде п е т л ь с заходом в боковую долину (рис. ), с п и р а л ь е й , когда трасса, постепенно поднимаясь по высоте, пересекает себя в другом уровне (рис. ). На автомобильных трассах для развития линии устраивают серпантины .

# ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗЫСКАНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРАСС

*Задачи и стадии изысканий.* В процессе изысканий трасс решаются две основные задачи:

- 1) выбор оптимального варианта трассы, расположенной в благоприятных условиях и требующей на строительство и эксплуатацию минимальных расходов;
- 2) сбор необходимых топографо-геодезических, инженерно-геологических, гидрологических и других материалов и данных для составления проекта трассы и всех сооружений на ней.



# ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗЫСКАНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРАСС

В соответствии с принятыми стадиями проектирования для новых магистральных трасс, расположенных в сложных условиях местности, различают:

- а) допроектные рекогносцировочные изыскания для технико-экономического обоснования (ТЭО) трассы;
- б) проектные технические изыскания для первой стадии проектирования — разработки технического проекта трассы;
- в) предпостроечные изыскания для второй стадии проектирования — составления рабочих чертежей.



# ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗЫСКАНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРАСС

*Определение воздушной линии.*

Камеральные изыскания трасс большого протяжения начинают с изучения обзорно-топографических и мелкомасштабных топографических карт, на которых отмечают опорные пункты трассы: начальный, конечный, заданные промежуточные пункты. Прямые, соединяющие на карте опорные пункты, создают так называемую воздушную линию, к которой, как наиболее короткой, стремятся приблизить проектируемую трассу.





# КАМЕРАЛЬНОЕ ТРАССИРОВАНИЕ

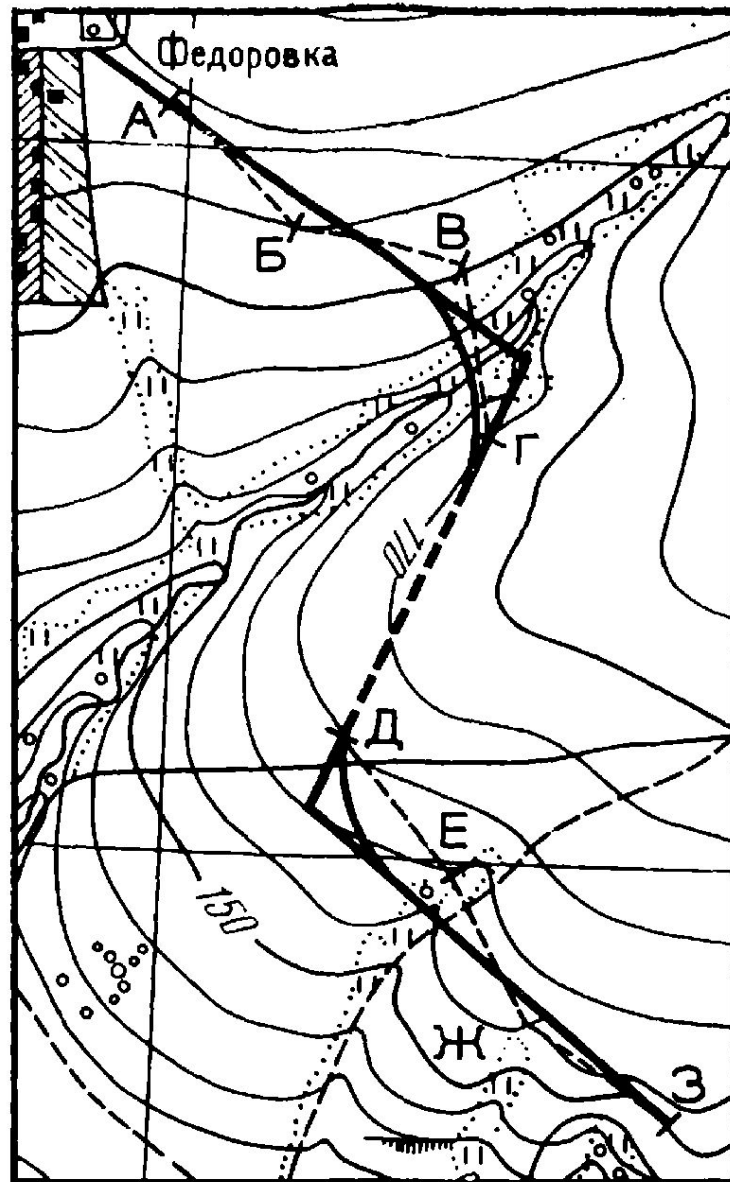
*Трассирование по топографическим картам.* Камеральное трассирование линейных сооружений производится при технико-экономических и технических изысканиях с целью выбора основного направления и вариантов трассы. Однако на местности со сложным рельефом прибегают к трассированию по крупномасштабным планам и в процессе полевых изысканий. В зависимости от условий местности камеральное трассирование выполняют или способом попыток, или построением линии заданного уклона.

# КАМЕРАЛЬНОЕ ТРАССИРОВАНИЕ

С п о с о б п о п ы т о к применяют в равнинной местности на участках вольных ходов. Между фиксированными точками намечают по карте кратчайшую трассу и составляют по ней продольный профиль местности с проектной линией. На основании анализа продольного профиля выявляют участки, в которых трассу целесообразно сдвинуть вправо и влево, чтобы высоты местности ближе подходили к проектным. Эти участки вновь трассируют и составляют улучшенный проект трассы.

В горных условиях на участках напряженных ходов самым распространенным приемом камерального трассирования является нахождение на топографической карте в заданном на правлении л и н и и п р е д е л ь н о д о п у с т и м о г о у к л о н а для данной категории трассы или, как его называют, «ход раствором циркуля».

# КАМЕРАЛЬНОЕ ТРАССИРОВАНИЕ



Таким образом, получают на карте точки А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, образующие линию равных уклонов, или так называемую линию нулевых работ. Это значит, что если бы трассу провести по этой линии, то для соблюдения проектного уклона не надо было бы делать ни насыпей, ни выемок. Очевидно, что трассирование такой линии может быть произведено с двух заданных точек навстречу одна другой, при этом можно наметить несколько вариантов.

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАССЫ

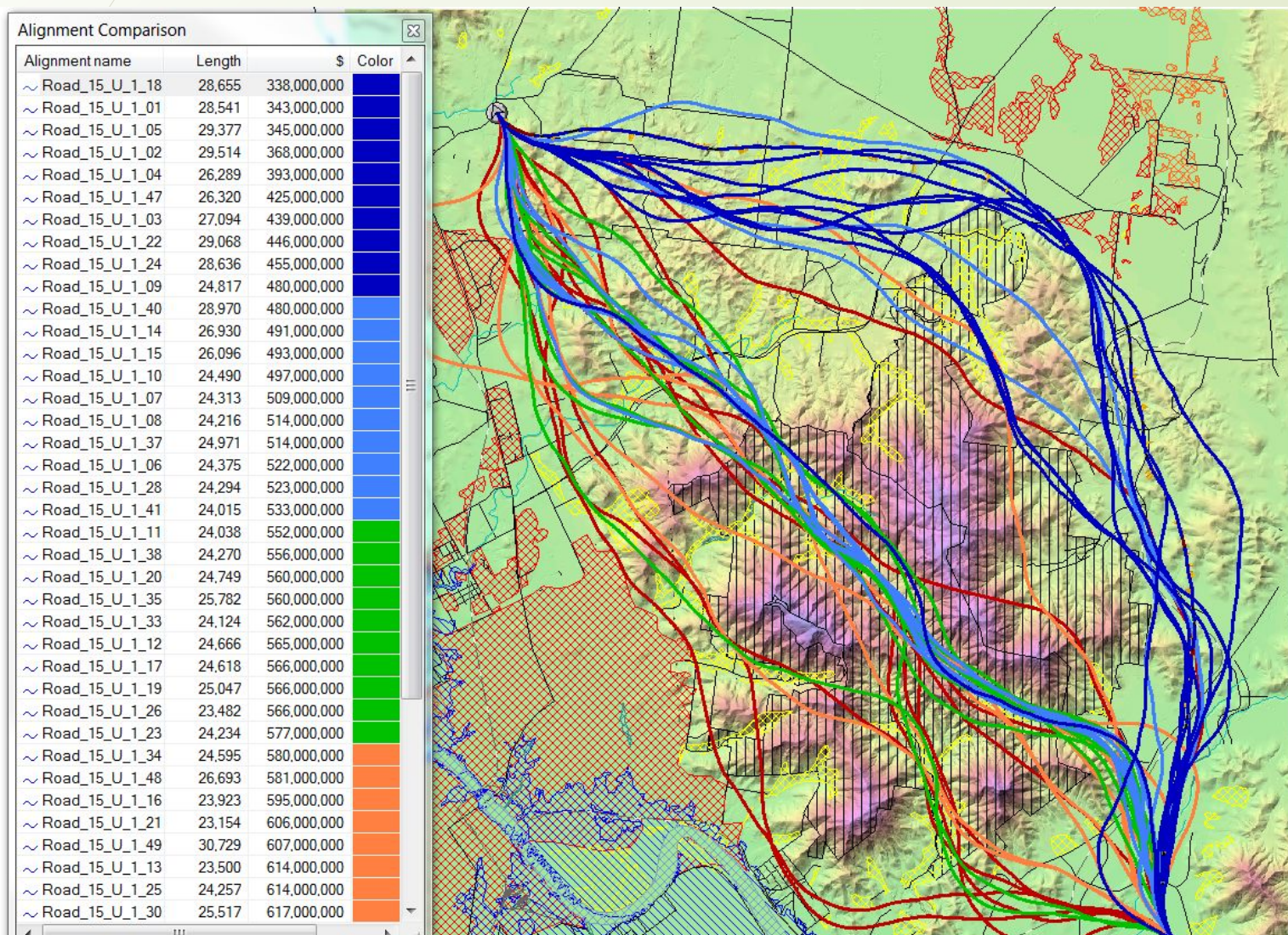


**Trimble Quantm Desktop**

From Vision to Viability

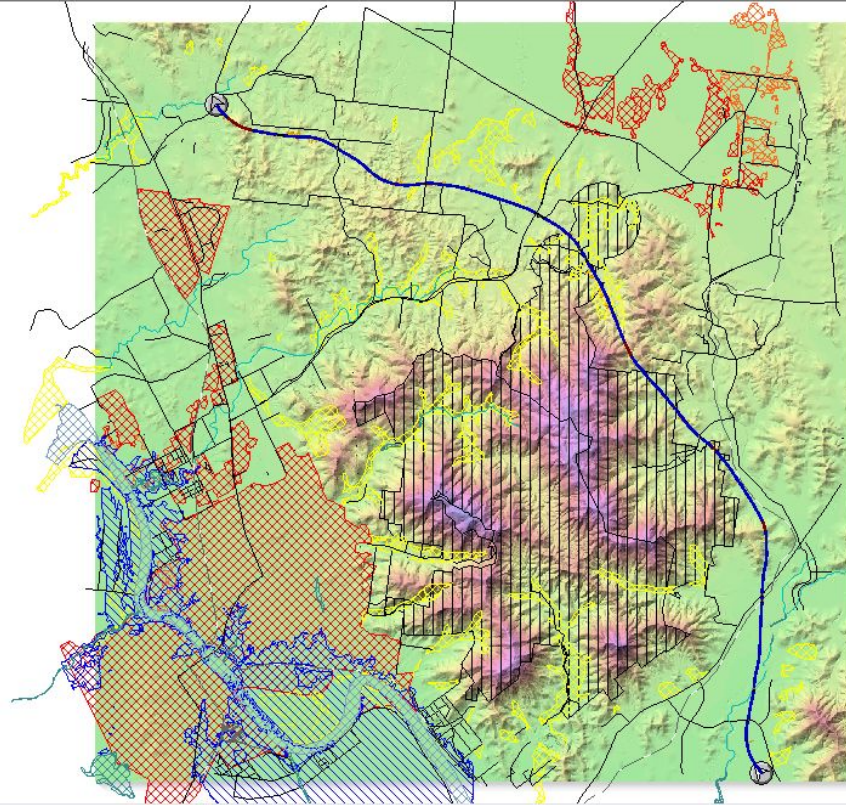


# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАССЫ





# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАССЫ



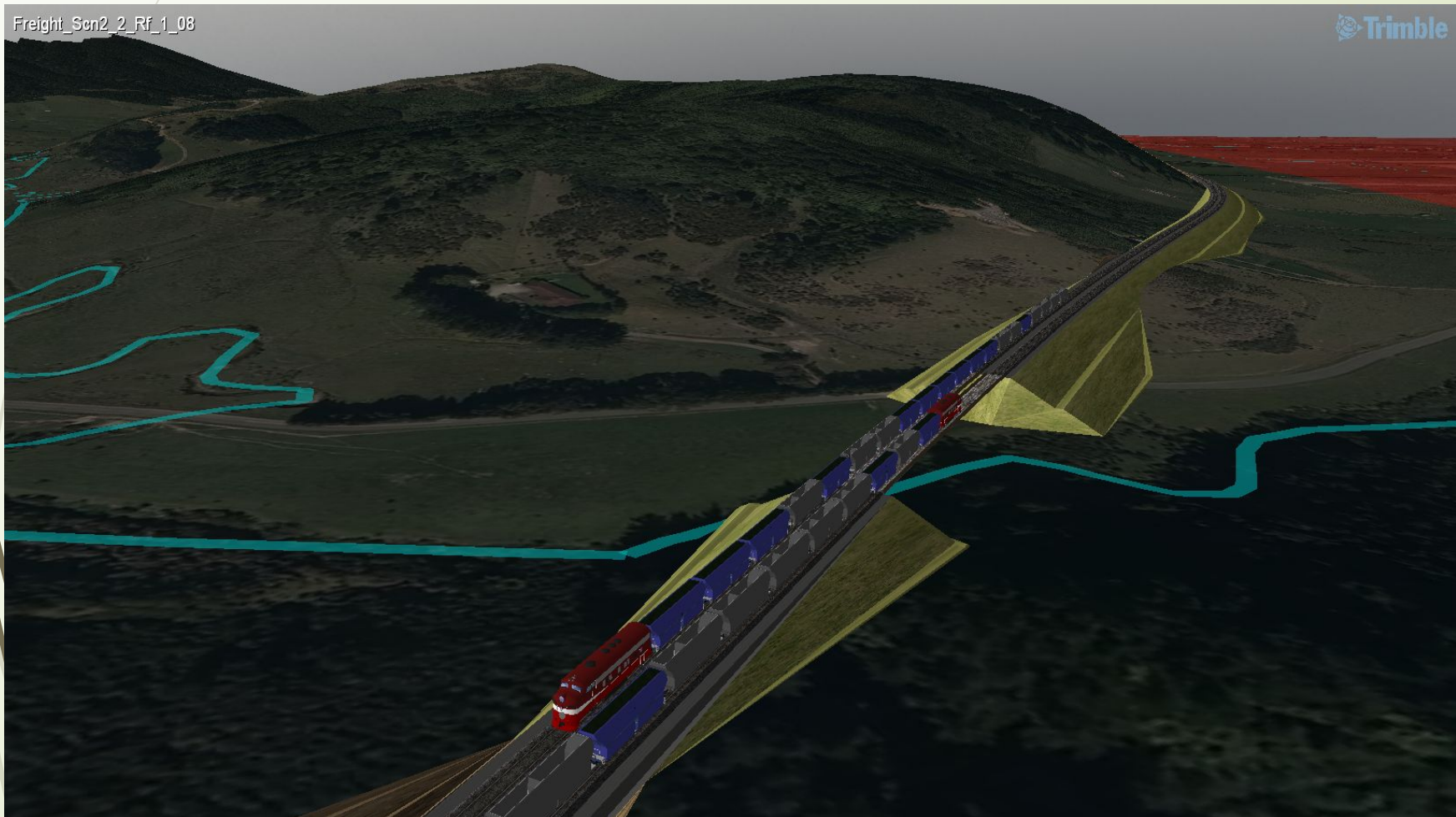
Profile View

1: Road\_15\_U\_1\_04 ~



# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАССЫ

<https://www.youtube.com/user/TrimbleAlignment>



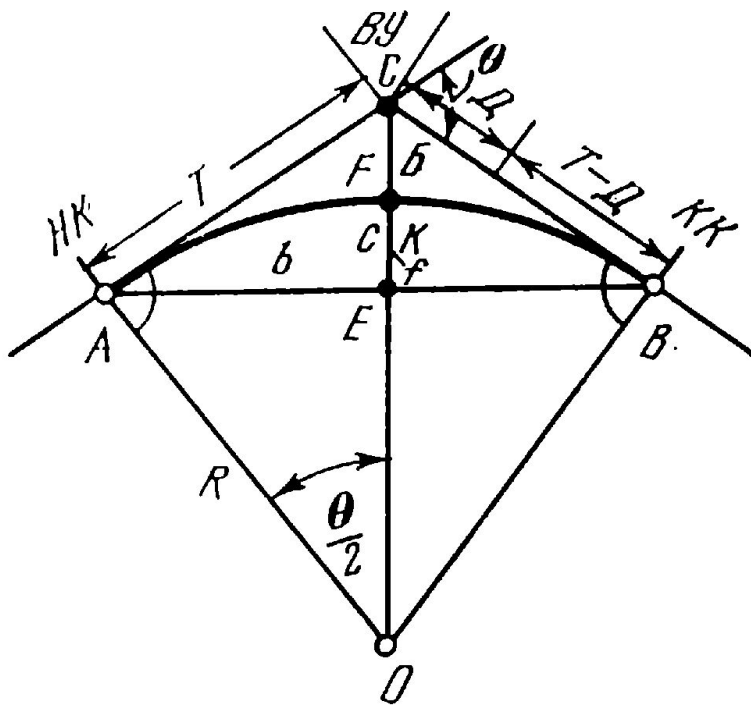


# ПОЛЕВОЕ ТРАССИРОВАНИЕ

*Состав работ.* Полевое трассирование включает следующие виды работ:

- 1) вынесение проекта трассы в натуру. Вешение линий;
- 2) определение углов поворота;
- 3) линейные измерения. Разбивка пикетажа с ведением пикетажного журнала;
- 4) разбивка круговых и переходных кривых;
- 5) нивелирование трассы. Установка вдоль трассы реперов;
- 6) закрепление трассы;
- 7) привязка трассы к пунктам геодезической основы;
- 8) съемка площадок, переходов, пересечений;
- 9) обработка полевых материалов. Составление плана трассы и продольного профиля.

# ПОЛЕВОЕ ТРАССИРОВАНИЕ



**Разбивка главных точек кривых.** На углах поворота трасс дорог, трубопроводов, каналов производят в с т а в к и крив ы х и пересчет по ним пикетажа. В качестве таких кривых обычно применяют дуги окружностей больших радиусов (круговые кривые). На дорожные трассах в связи с большой скоростью движения прямые участки и конечные части круговых кривых дополнительно сопрягают переходными кривыми переменного радиуса.

Основными элементами круговых кривых являются (рис.) угол поворота  $\theta$ , определяемый в натуре; радиус кривой  $R$ , назначаемый в зависимости от условий местности и категории линии; длина касательных **AC-BC-T**, называемая **тангенсом**; длина кривой **AFB = K**; длина **биссектрисы CF=В\** величина **домера Д**.

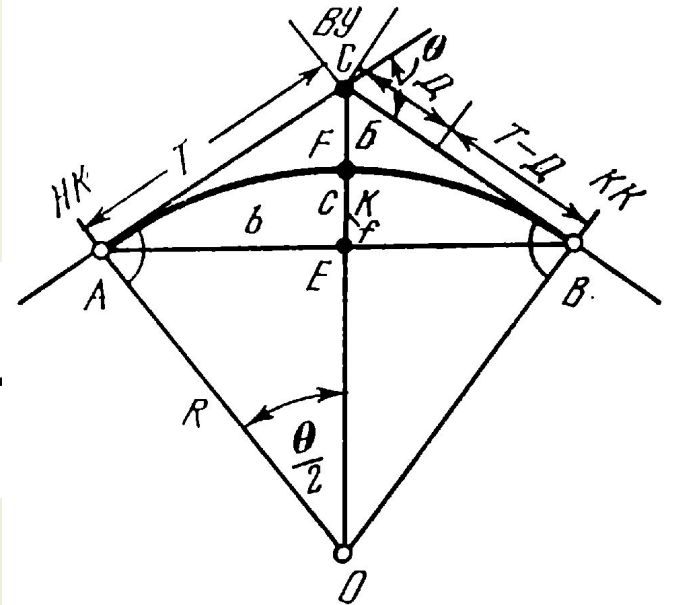
# ПОЛЕВОЕ ТРАССИРОВАНИЕ

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\theta}{2};$$

$$K = \frac{2\pi R \theta^\circ}{360^\circ} = R \frac{\pi \theta^\circ}{180^\circ}$$

$$B = OC - OF = \frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} - R,$$

$$B = R \left( \sec \frac{\theta}{2} - 1 \right).$$



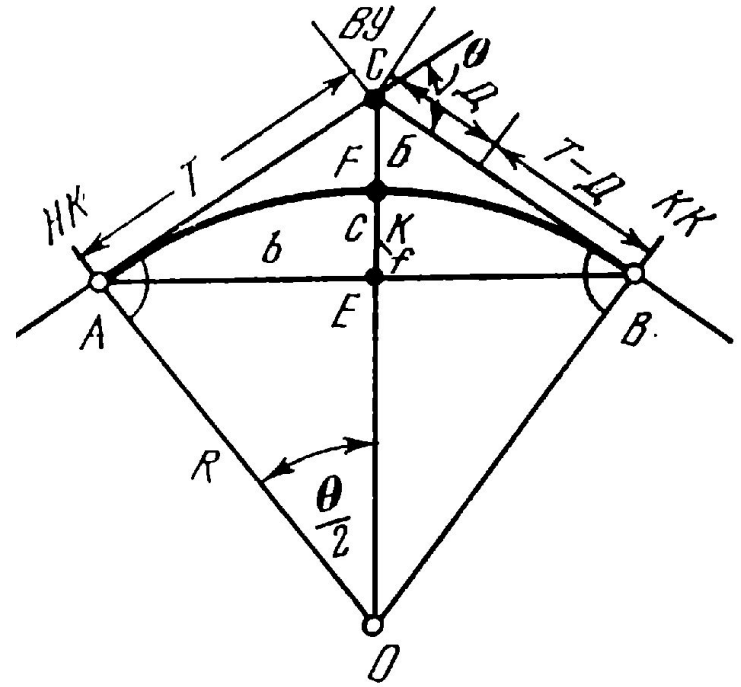
# ПОЛЕВОЕ ТРАССИРОВАНИЕ

$$D = 2T - K,$$

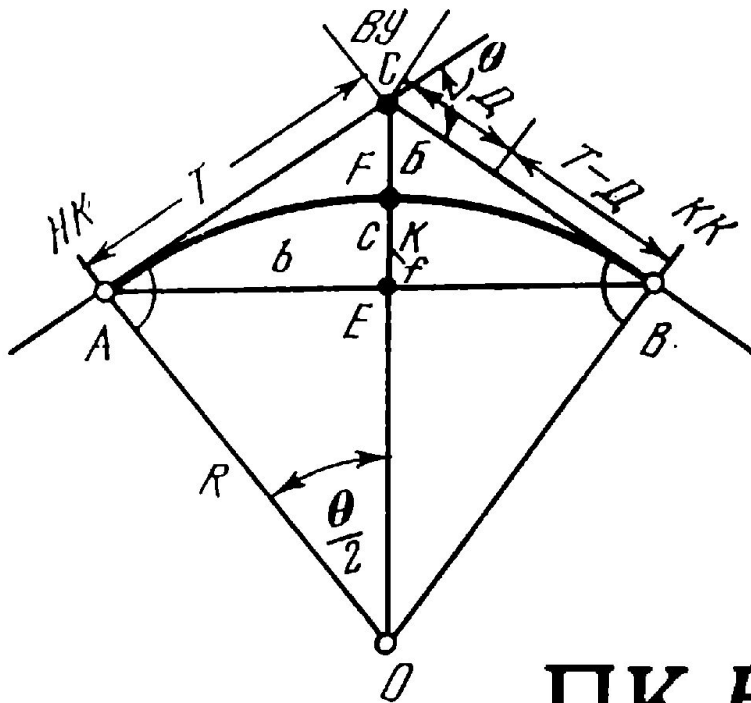
$$D = R \left( 2 \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} - \frac{\pi \theta}{180^\circ} \right).$$

$$f = OF - OE,$$

$$f = R - R \cos \frac{\theta}{2} = 2R \sin^2 \frac{\theta}{4}.$$



# ПОЛЕВОЕ ТРАССИРОВАНИЕ



Точки начала, конца и середины кривой называются г л а в н ы м и т о ч к а м и к р и в о й . На местности разбивку пикетажа ведут по тангенсу до вершины угла поворота. Пикетное значение (ПК) начала Я/С, конца КК и середины СК кривой находят из выражений

$$\left. \begin{aligned} \text{ПК НК} &= \text{ПК ВУ} - T, \\ \text{ПК КК} &= \text{ПК НК} + K, \\ \text{ПК СК} &= \text{ПК НК} + \frac{K}{2}, \end{aligned} \right\}$$