

Дисциплина

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ДОРОГ  
(часть 2)

Курс – 5

Семестр – 9

Промежуточная аттестация - экзамен



**1. ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И СООРУЖЕНИЙ (САПР АД)**

**3 курс 6 семестр (1 часть)**

**ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

**2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СОВРЕМЕННЫХ САПР. ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ САПР АД**

**4 курс 7 семестр (2 часть)**



Л  
о  
г  
и  
ч  
е  
с  
к  
о  
е  
п  
р  
о  
д  
о  
л  
ж  
е  
н  
н  
о  
е

# СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ



**ДИСЦИПЛИНА**

«Информатика»

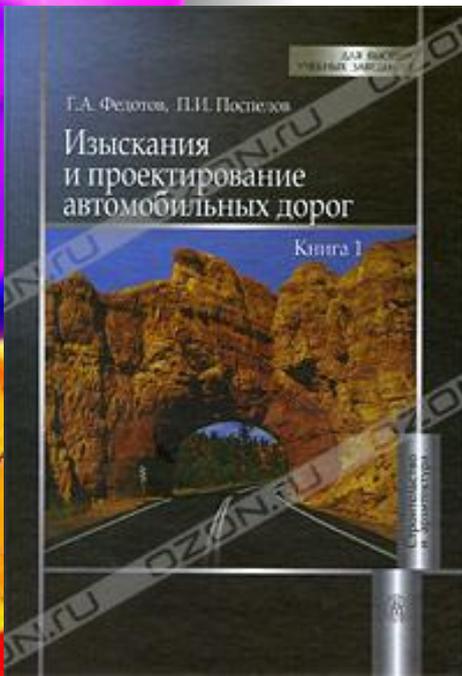
«Инженерное обеспечение строительства»

«Инженерная и компьютерная графика»

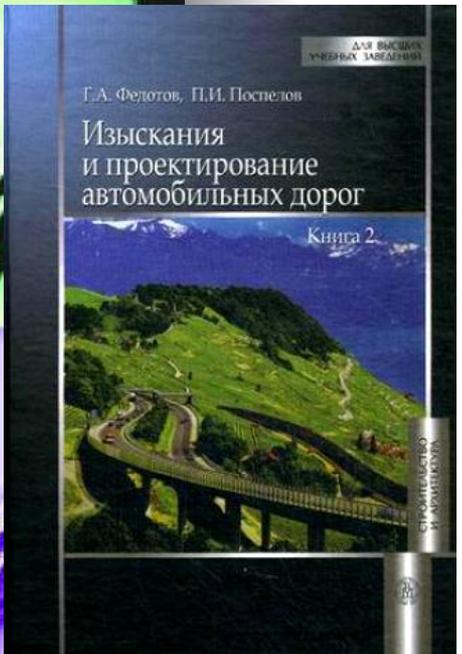
Дисциплины по проектированию автомобильных дорог

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- 1) Г.А. Федотов, П.И. Пospelов. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: Учеб. для вузов по спец. "Автомоб. дороги и аэродромы" напр. подготовки "Трансп. стро-во"/ Г.А. Федотов, П.И. Пospelов. - М.: Высшая школа, Кн. 1. – 2009. - 646 с.



- 2) Г.А. Федотов, П.И. Пospelов. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: Учеб. для вузов по спец. "Автомоб. дороги и аэродромы" напр. подгот. "Транспорт. стро-во"/ Г.А. Федотов, П.И. Пospelов. - М.: Высшая школа, Кн. 2. - 2011. - 519 с.



## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

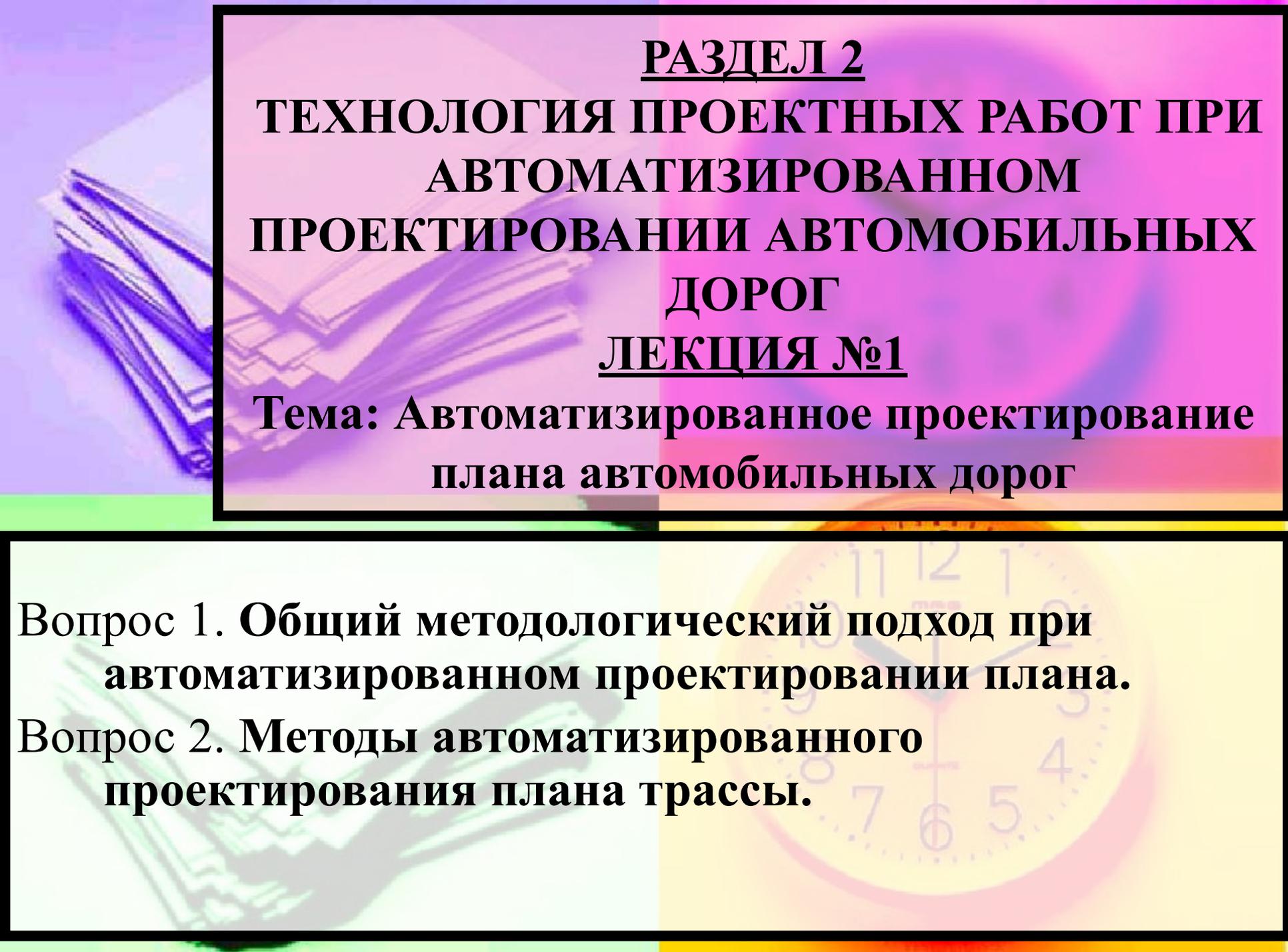
- 1) Пуркин В.И. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог: Учеб. пособие / МАДИ (ТУ). – М.: 2000. - 141 с.
- 2) Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road), -М.: Изд-во МАДИ, 2005. – 224 с.;
- 3) Поспелов П.И., Самодурова Т.В., Малофеев А.Г. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог (на базе программного комплекса CREDO). Учеб.пособие.- М.: 2007 г. – 216 с.
- 4) CAD\_CREDO Проектирование автомобильных дорог. В 2-х книгах. Книга 1, 2: Научно-производственная компания «КРЕДО-ДИАЛОГ», -Минск.: 2000 г.;
- 5) Руководство пользователя «Robur Topomatic», Санкт-Петербург, 2007, [www.topomatic.ru](http://www.topomatic.ru)



## СПРАВОЧНАЯ И НОРМАТИВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1) Справочная энциклопедия дорожника (СЭД. Т.5. Проектирование автомобильных дорог / под ред. Г. А. Федотова, П. И. Поспелова .— М. : Информавтодор, 2007 .— 668 с.;
- 2) СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*. – М.:Минрегион России, 2013.;
- 3) ГОСТ 23501.101-87 Системы автоматизированного проектирования. Основные положения.;
- 4) ГОСТ 23501.108-85 Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение.;
- 5) ГОСТ 33100-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог.

.....



**РАЗДЕЛ 2**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ ПРИ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОМ  
ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ДОРОГ**  
**ЛЕКЦИЯ №1**

**Тема: Автоматизированное проектирование  
плана автомобильных дорог**

**Вопрос 1. Общий методологический подход при  
автоматизированном проектировании плана.**

**Вопрос 2. Методы автоматизированного  
проектирования плана трассы.**



Вопрос 1.

**Общий методологический подход  
при автоматизированном  
проектировании плана.**

**ОСНОВА** действий проектировщика  
при проектировании плана и  
продольного профиля  
автомобильных дорог

определенные способы  
(принципы)

способ действия

компьютера

удается предвидеть  
достаточно точно

человека

не является  
определенным

активное применение  
компьютерной техники  
и технологий

способы и действия  
«человеко-машинных»  
систем

оптимальное  
соотношение  
составляющих

??



# ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

определяющее значение

ассоциативные способности

интуитивное мышление

способы управления мышлением

благодаря случайным или логическим ассоциациям

использование общих правил и рекомендаций

поиск различных понятий и утверждений

создание абстрактного соотношения, способного дать решение задачи

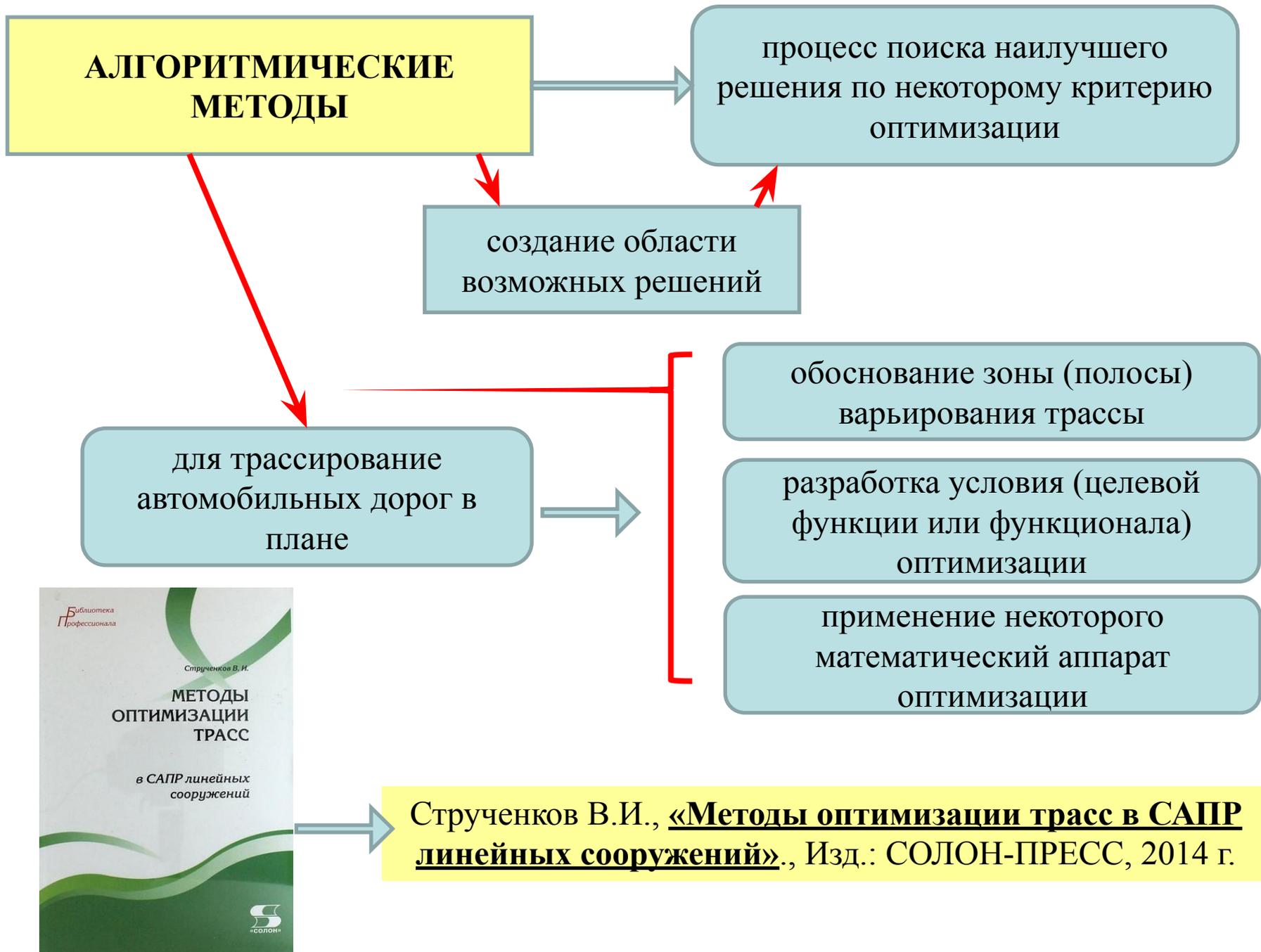
# АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

логические алгоритмы

математические алгоритмы

основаны на алгоритмах, которые можно определить как последовательность указаний, касающихся процедур (операций), позволяющих решить задачу







Вопрос 2.

**Методы автоматизированного проектирования плана трассы.**



# МЕТОДЫ «ОДНОЗНАЧНО ОПРЕДЕЛЕННОЙ ОСИ»

в основе

принцип «тангенциального трассирования»

для проектировщиков  
этот принцип  
привычен и понятен

методы на его  
основе просты  
в расчетах

обеспечивает  
экономичность полевого  
этапа работ

Принцип  
тангенциального  
трассирования

*на план или карту  
наносят с помощью  
линейки ломаную  
линию (ломаный ход)*

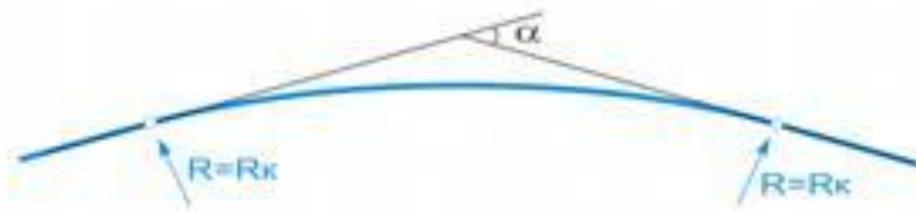
*в изломы  
вписывают  
кривые*

*круговые  
кривые*

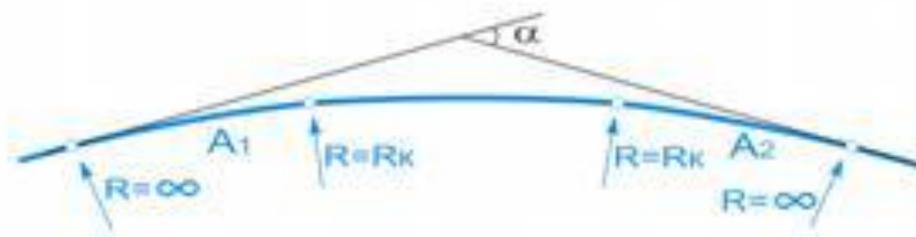
*круговые  
кривые,  
сопряженные  
с прямыми  
вставками  
переходными  
кривыми*

# ТИПЫ ЗАКРУГЛЕНИЙ ТРАДИЦИОННОЙ ТРАССЫ

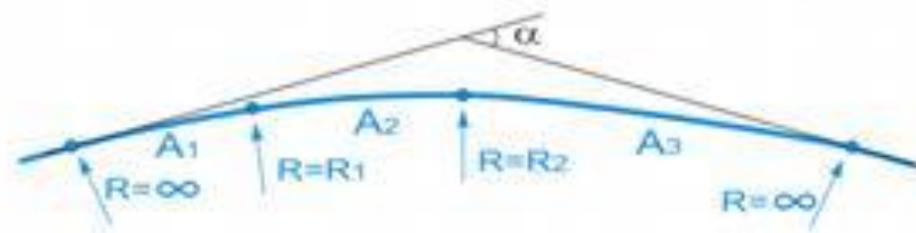
→ круговая кривая



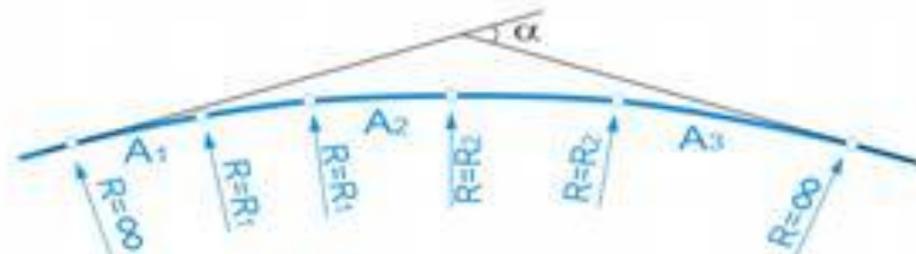
→ круговая кривая с переходными



→ коробовая  
клотоида;



→ комбинированное  
закругление



## Достоинства принципа «тангенциального трассирования»

естественно вписывается в технологию полевых изысканий, когда для съемочного обоснования закладываются теодолитные ходы, являющиеся одновременно тангенсами будущей трассы;

прост в расчетах, если допустили ошибки при вписывании одной кривой, то эта ошибка не окажет влияния на положение последующих кривых;

наилучшим образом отвечает работе дорожных машин и механизмов при строительстве.

## Недостатки принципа «тангенциального трассирования»

дорога с длинными прямыми вставками, круговыми кривыми малого радиуса и переходными кривыми минимальной длины плохо отвечает условиям безопасного и комфортного движения;

ломаный ход диктует положение трассы в плане, что влечет за собой повышенные объемы земляных работ.

# МЕТОД «ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ»

принципы

при автоматизированном проектировании плана трассы

обязательное использование принципов клотоидного трассирования (принцип «гибкой линейки»)

детальная, многовариантная проработка трассы с сопоставлением вариантов по основным показателям и выбором наилучшего решения

обеспечение зрительной плавности и ясности трассы и согласование ее с ландшафтом

достоинство метода «опорных элементов»

возможность непосредственного контроля за параметрами и положением всех элементов трассы

# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО МЕТОДУ «ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ»

- **отработка эскизного варианта трассы.** С помощью гибкой линейки - сплайна либо от руки сообразно рельефу и ситуации на крупномасштабном плане наносят плавную линию очередного варианта трассы;
- **автоматизированное проектирование плана трассы.** Выполняют компьютерный **расчет геометрических элементов плана**, координат магистрального хода, координат главных точек (НК, СК, КК и т.д.), пикетов и промежуточных точек и т.д.;
- **подготовка черного профиля земли по оси дороги.** Черный профиль готовят по фиксированному плану варианта трассы с использованием цифровой модели местности ЦММ;
- **проектирование продольного профиля.** Используя профиль земли по оси дороги, а также другие необходимые данные, устанавливают компьютерным расчетом оптимальное (или рациональное) положение проектной линии продольного профиля;
- **оценка полученного решения по основным показателям;**
- **корректировка плана трассы с последующим повторным проектированием.**

## ОЦЕНКА ВАРИАНТА

- по объемам работ,
- строительной стоимости,
- транспортно-эксплуатационным расходам,
- стоимости отвода земель,
- затратам на борьбу со снегозаносами,
- уровням удобства;
- безопасности движения,
- эстетическим критериям и т.д.

На основе  
всесторонней  
оценки

когда проектировщик  
не удовлетворен теми  
или иными  
показателями

устроение  
недостатков

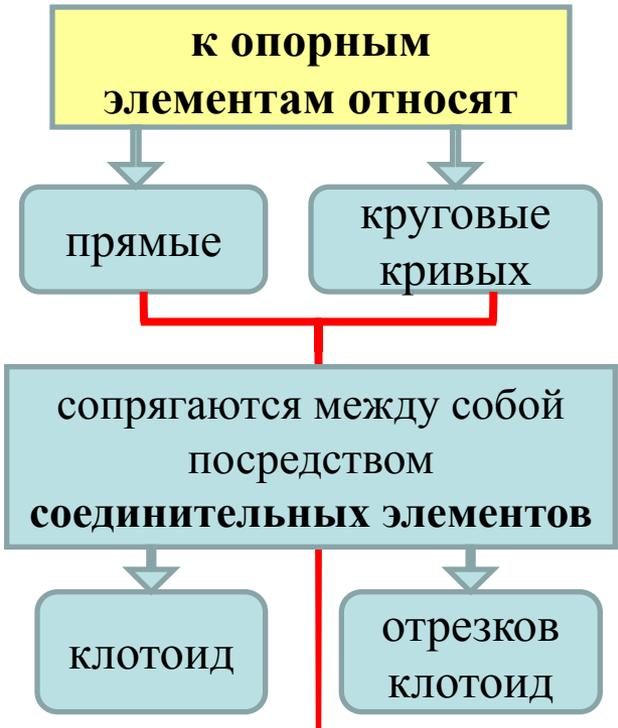
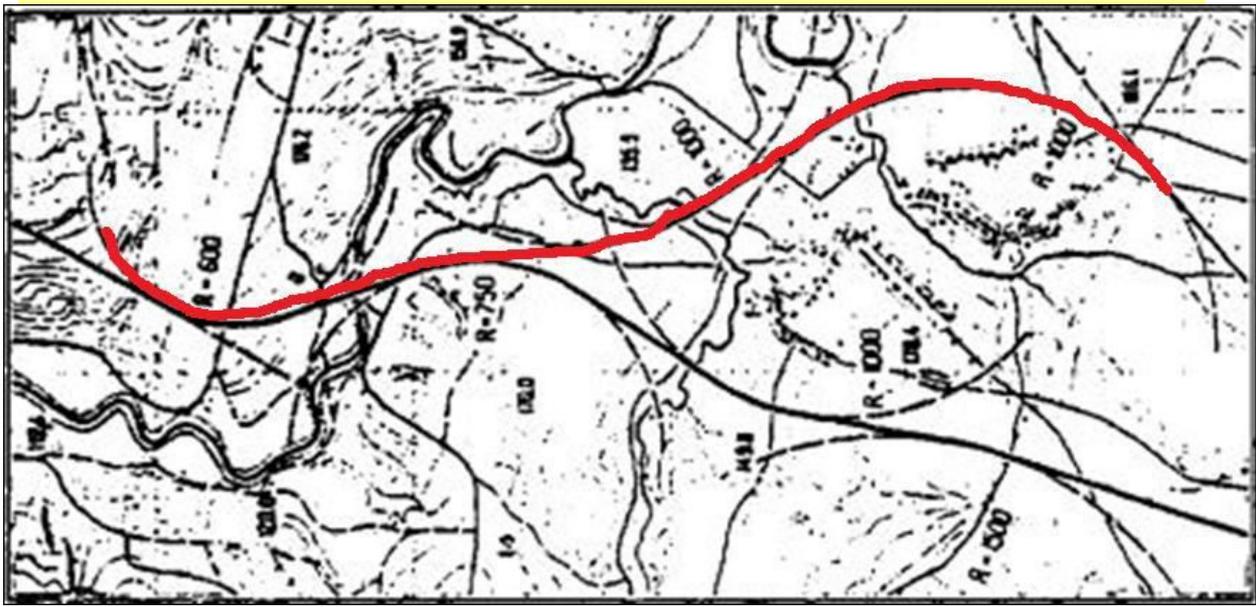
корректировка  
плана трассы

повторные проектирование варианта

большие объемы работ, высокая строительная стоимость, необеспеченная на некоторых участках зрительная плавность и ясность трассы, высокие транспортно-эксплуатационные расходы, необеспеченная видимость, недопустимо высокие значения итоговых коэффициентов аварийности или слишком низкие значения коэффициентов безопасности и т.д.



**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ЭСКИЗНОМУ ВАРИАНТУ ПЛАНА ТРАССЫ**



# ОПОРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

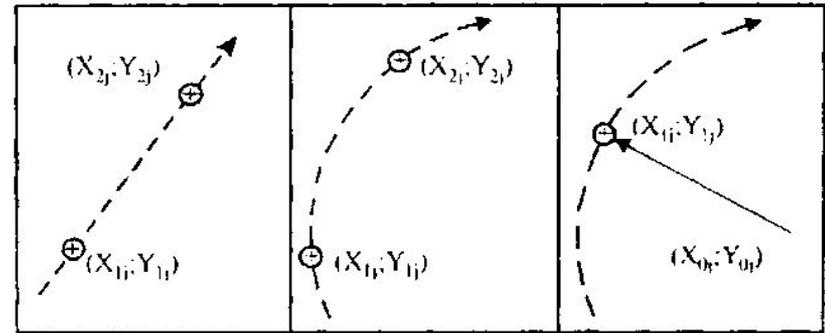
в общей системе координат, могут быть заданы

фиксированно

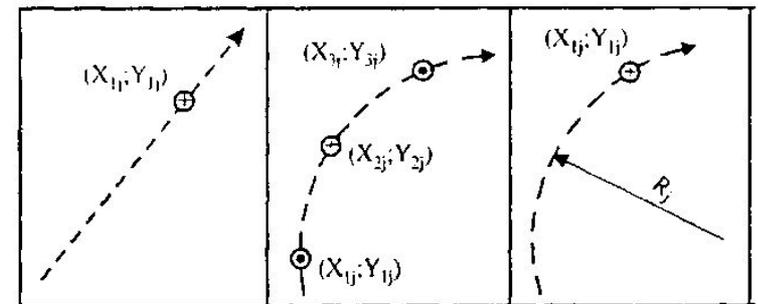
полуфиксированно

свободно

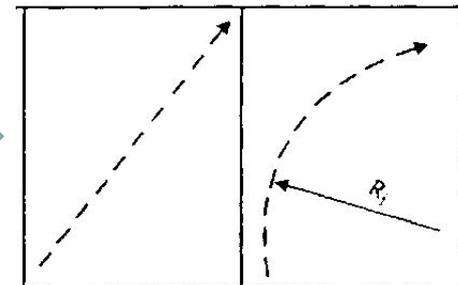
**ФИКСИРОВАННЫМ** считают элемент, для которого определены его тип (прямая, либо круговая кривая), радиус и положение в общей системе координат, не допускающее его перемещения в плане



**ПОЛУФИКСИРОВАННЫМ** считают элемент, для которого определены его тип и положение в общей системе координат, допускающее вращение вокруг какой-либо его точки



**СВОБОДНЫМ** считают элемент, для которого задан его тип, но не определено положение в общей системе координат

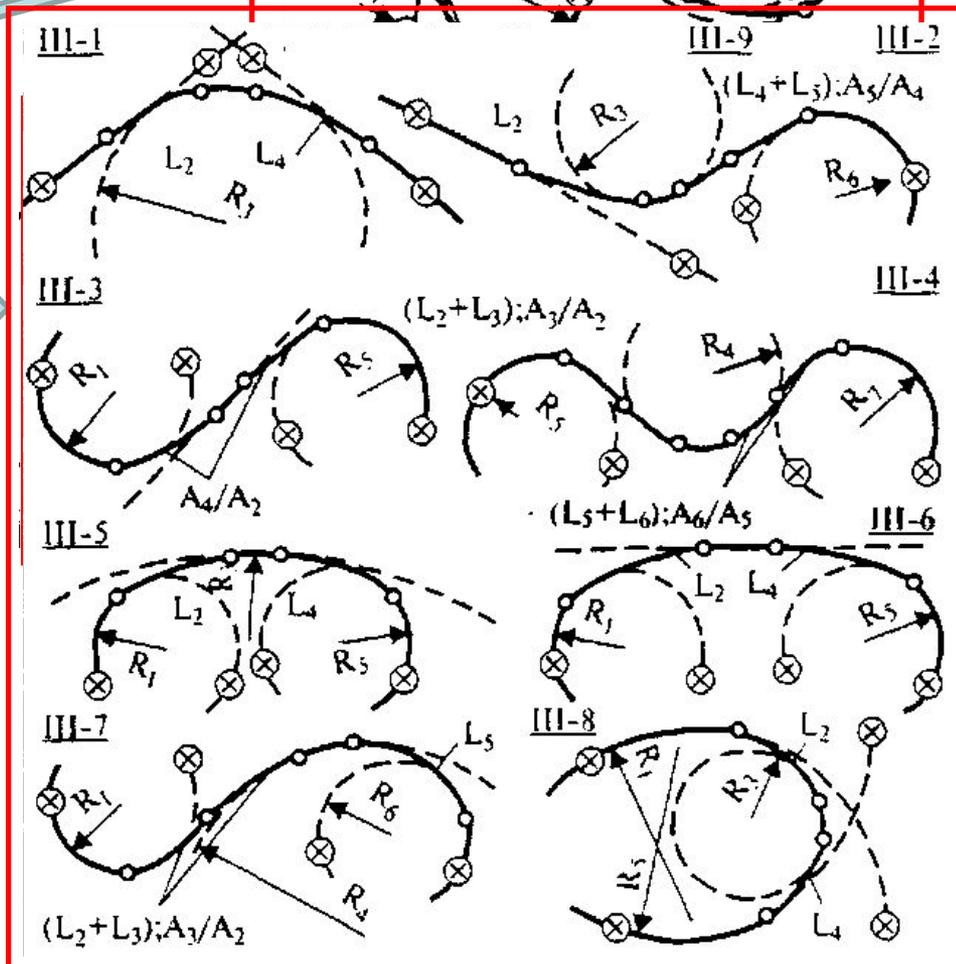
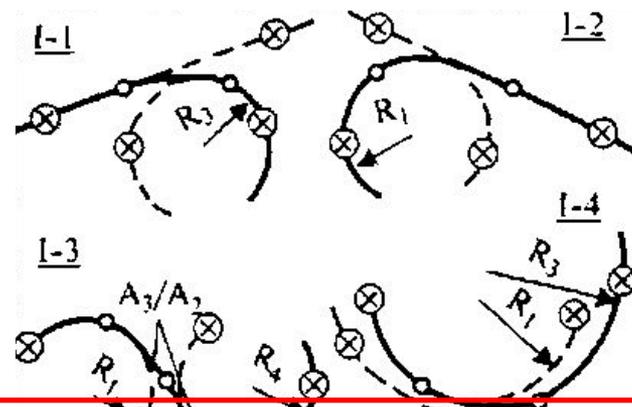


Возможны 16 различных случаев  
**СОПРЯЖЕНИЯ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,**  
 которые  
**ПО СПОСОБУ ЗАДАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ**  
 разделяют на **три группы**

I группа - оба элемента заданы фиксированно

II группа - первый элемент задан фиксированно, второй – полуфиксированно

III – группа - первый и третий элементы заданы фиксированно, второй – свободно



# МЕТОДЫ «СВОБОДНОЙ ГЕОМЕТРИИ».

## СПЛАЙН-ТРАССИРОВАНИЕ

при  
автоматизированном  
проектировании

каждое проектное  
решение

требует

представления  
информации в числовом  
или аналитическом виде

оценка

функциональный  
анализ

значимость выбора  
подходящих  
интерполирующих и  
аппроксимирующих  
функций возрастает

наиболее  
подходящие функции

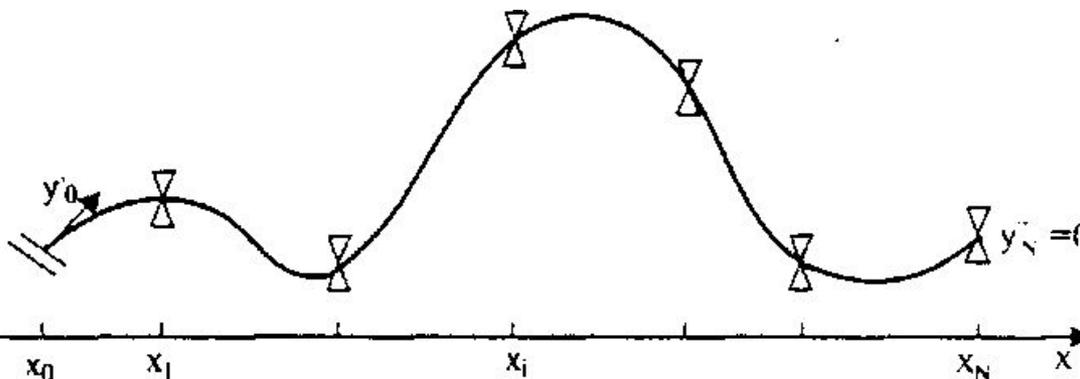
**СПЛАЙНЫ**

универсальный математический  
аппарат для описания, хранения,  
преобразования, анализа и  
представления геометрических  
форм элементов

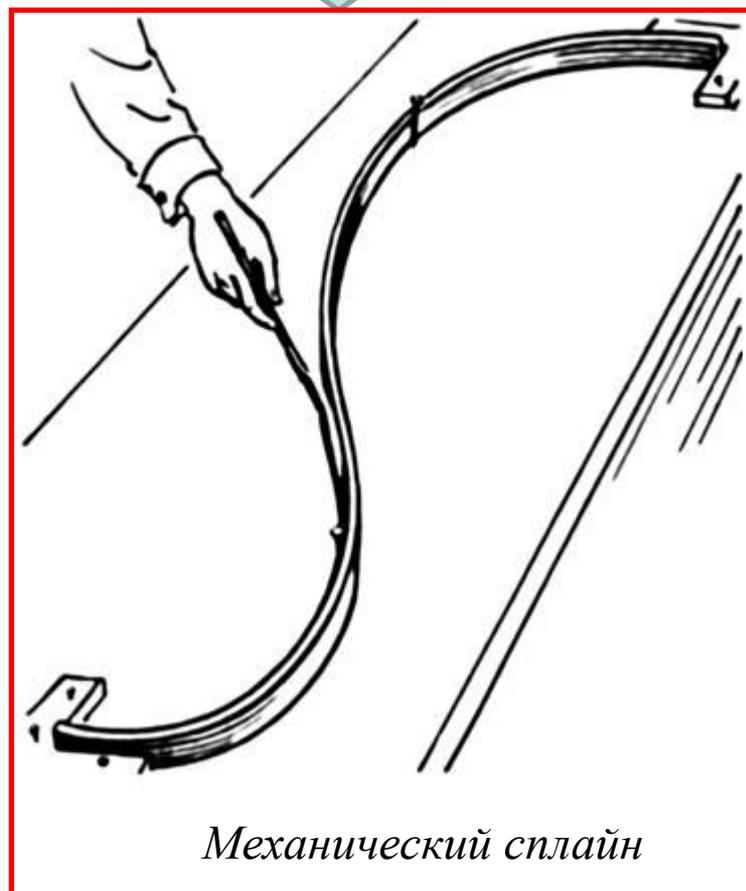
# Термин «сплайн» (spline-англ.)

происходит

от названия чертежного инструмента - тонкой металлической или деревянной линейки, которая изгибается так, чтобы проходить через заданные точки



*Очертание сплайна как математического аналога гибкой линейки*



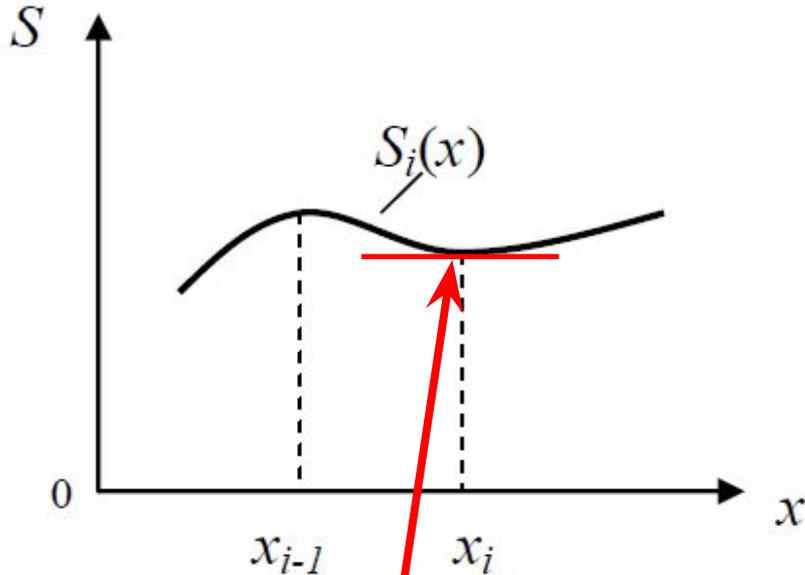
*Механический сплайн*

# СПЛАЙН

функция

склеенная из различных  
кусочков многочленов

ПОЛИНОМЫ  
3-й степени



$$S_i(x) = a_i(x - x_i)^3 + b_i(x - x_i)^2 + c_i(x - x_i) + d_i$$

при  $x_{i-1} \leq x \leq x_i, i = 1, 2, \dots, n.$

$a_i, b_i, c_i, d_i$  – коэффициенты сплайна;  
 $x_i, y_i$  – узлы сплайна

в точках сопряжения полиномы  
имеют общую касательную

**недостаток  
проектирования  
сплайнами**

очертания сильно  
зависят от  
положения узлов  
интерполяции  
эскизной линии

**более эффективно и  
универсально трассирование  
сглаживающими сплайнами**

местоположения  
узлов плохо  
формализуется

# МЕТОД «СГЛАЖИВАНИЯ ЭСКИЗНОЙ ЛИНИИ ТРАССЫ»

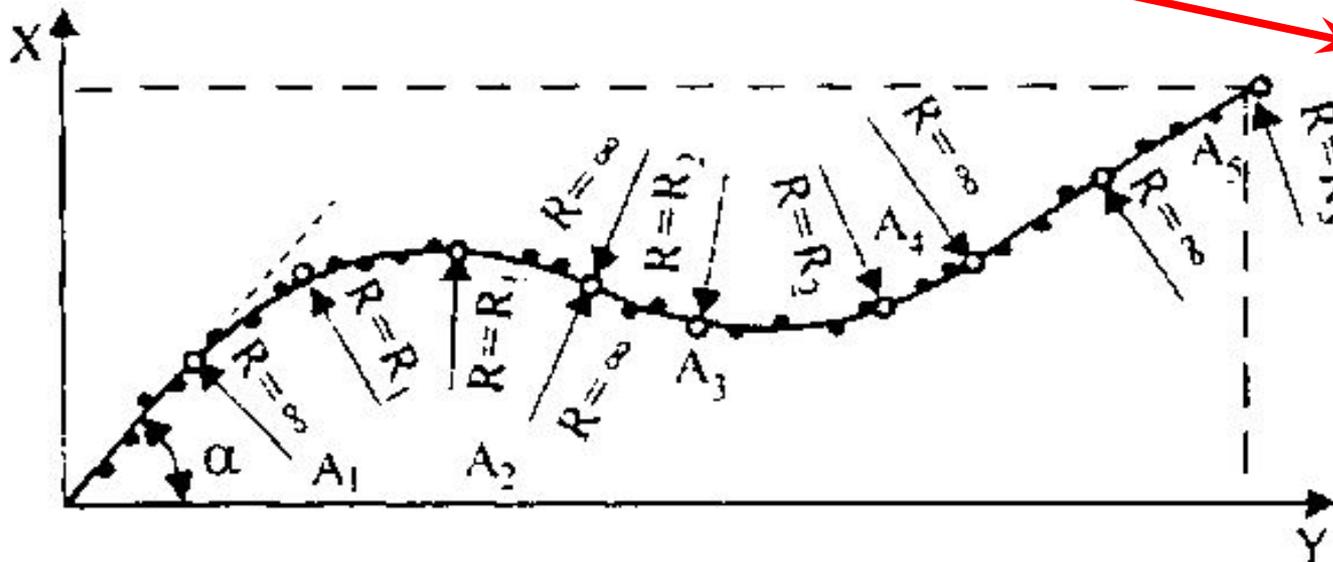
задание координат  
последовательных точек

последующая

аналитическая аппроксимация,  
посредством алгебраических  
полиномов высоких степеней

точки снимаю с эскизного  
варианта трассы

точки заданные с эскизной линии  
рассматривают как «приближенные»,  
вблизи которых должна пройти трасса



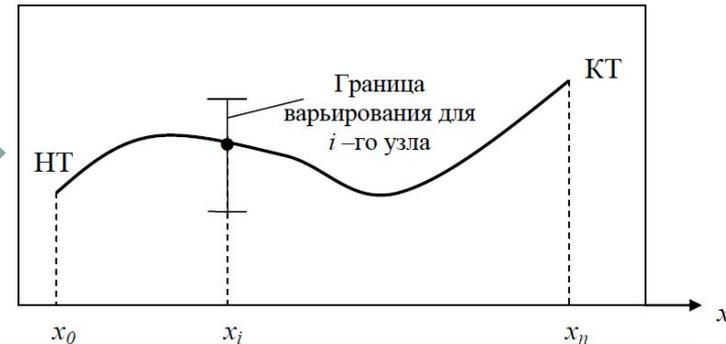
эскизная линия  
наносится на  
крупномасштабный  
план или аэроснимок  
от руки, либо с  
помощью гибкой  
линейки - сплайна

# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО МЕТОДУ «СГЛАЖИВАНИЯ ЭСКИЗНОЙ ЛИНИИ ТРАССЫ»

□ Задается дискретный аналог эскизной линии трассы с шагом 30-50 м.  
*Чем большим числом точек представлена трасса, тем более адекватным может быть ее сплайновый аналог;*

□ Строится начальное приближение сплайна, для которого дискретные точки эскизной линии являются узлами интерполирования. Линия сплайна выдается на экран.

□ В режиме графического диалога задаются ограничения слева и справа в целом для всей трассы и индивидуально для некоторых узлов сплайна



□ Осуществляется автоматизированное сглаживание начального сплайна;

□ Для сплайна проверяются условия кривизны, т.е. определяется соответствие минимальных значений радиусов нормам проектирования ( $R_{min} \geq R_{доп}$ ). Если условие не выполняется, то происходит перемещение узлов сплайна в пределах заданной полосы варьирования.