

2 ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ САПР

2.1 *Причины, по которым требуются коренные изменения в технологии проектно-изыскательских работ*

2.2 *Отличительные особенности производства изыскательских работ для нужд автоматизированного проектирования*

2.3 *Полоса варьирования и аналитический метод её построения*

2.4 *Замкнутая технология проектно-изыскательских работ*

2.1 Причины, по которым требуются коренные изменения в технологии проектно-изыскательских работ

Использование систем автоматизированного проектирования требует коренных изменений во всей традиционной технологии сбора и переработки проектно-изыскательской информации. Это вызвано следующими обстоятельствами.

1. При традиционном способе проектирования изыскания проводятся в пределах узкой полосы (60-200 м) вдоль априори выбранного варианта автомобильной дороги. В случае автоматизированного проектирования ведется многовариантная проработка основных инженерных решений, следовательно, объем исходной информации значительно возрастает. Информация собирается в пределах широкой полосы варьирования.

2. Учитывая сжатые сроки проектирования, такая информация просто физически не может быть получена и обработана в таком огромном объеме с помощью традиционного изыскательского оборудования. Более того, требуется специальная обработка этой информации для того, чтобы ввести в компьютер.

3. Традиционные технологии изысканий имеют невысокую точность.

Таким образом, автоматизированное проектирование автомобильных дорог является малоэффективным действием без использования современных изыскательских технологий.

2.2 Отличительные особенности производства изыскательских работ для нужд автоматизированного проектирования

Отличительные особенности производства изыскательских работ для нужд автоматизированного проектирования автомобильных дорог состоят в следующем:

- получение информации в широкой *полосе варьирования*, ширина которой может достигать 1/3 длины трассы;

- использование методов аэроизысканий (40-60 % от общего объема изыскательских работ);

- применение электронного геодезического оборудования, т.е. приборов автоматически регистрирующих результаты измерений на носители информации в виде, пригодном для непосредственного ввода в компьютер;
- широкое применение геофизических методов при инженерно-геологических обследованиях (электроразведка, радиолокационная подповерхностная съемка и т.д.).

2.3 Понятие полосы варьирования и аналитический метод её построения

Полоса, в пределах которой могут пройти конкурирующие варианты трассы, называется *полосой варьирования*. Выбор её размеров является ответственной задачей. Назначение излишне широкой полосы приводит к неоправданному увеличению объемов проектно-изыскательских работ и сильно осложняет поиск оптимального варианта. Недостаточно широкая полоса может не охватить оптимальный вариант трассы.

За рубежом выбору полосы варьирования уделяется очень большое внимание, т.к. в ходе последующего проектирования удается находить проектные решения, строительная стоимость которых уменьшается почти на 10%, по сравнению со стоимостью остальных вариантов. В США в связи с этим затраты на изыскания и обоснование зоны варьирования составляет порядка 50% от суммы затрат на весь комплекс изыскательских работ.

Рассмотрим аналитический метод, позволяющий определить границы полосы варьирования. Пусть требуется построить автомобильную дорогу из пункта *A* в пункт *B*.

1. На основании имеющихся топографических карт, материалов аэросъемки, материалов предшествующих изысканий выбирается полоса, которой охватывается заведомо большая территория, чем это требуется для установления наилучшего направления трассы. Для определенности считаем, что это прямоугольник (см. рис. 2.1).

2. Из рассмотрения исключают объекты и участки местности, проход трассы через которые либо нецелесообразен, либо вовсе невозможен (промышленные предприятия, населенные пункты, заповедники, оборонные объекты и т.п.).

3. Разбивают эту полосу на участки местности, в пределах которых возведение 1 погонного метра (пм) земляного полотна имеет одинаковую укрупненную стоимость. Стоимость участка дороги может быть различной по следующим причинам: по различным физико-механическим свойствам грунтов; из-за наличия высокоценных земель, болот, оползней; по сложности рельефа и из-за предыдущих техноген-

ных воздействий. Предположим, что таких участков – 4 и они имеют укрупненные стоимости C_I , C_{II} , C_{III} и C_{IV} соответственно номерам участков.

4. На границах между участками расставляют узлы – вершины ломаного хода вариантов трассы. Количество узлов на первой границе – I , на второй – J , на третьей – N .

5. Строят отрезки x_i , соединяющие начало трассы A с узлами первой границы; $i=1,2,\dots,I$.

5. Из каждого узла первой границы строят отрезки, соединяющие их с узлами второй границы. В итоге, получают множество ломаных линий, состоящих из двух отрезков x_i и x_{ij} , где x_{ij} – отрезок, соединяющий i -й узел на первой границе с j -м узлом на второй границе; $j=1, 2, \dots, J$.

6. В каждый образовавшийся угол поворота трассы вписывают горизонтальные кривые минимальных радиусов, задаваемых в зависимости от категории проектируемой дороги.

7. Отбрасывают варианты, для которых минимально допустимые радиусы кривых вписаны быть не могут, и варианты, пересекающие исключенные участки местности.

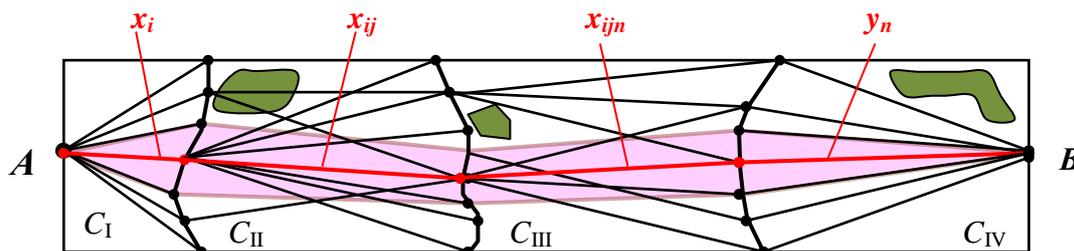


Рисунок 2.1 – Схема к построению полосы варьирования

8. Далее, последовательно достраивают трассы до 3-й границы и до точки B , выполняя пункты 6 и 7.

9. Оставшиеся варианты обсчитывают экономически, т.е. вычисляют стоимостной показатель для каждого варианта (целевую функцию):

$$K_{ijn} = C_I x_i + C_{II} x_{ij} + C_{III} x_{ijn} + C_{IV} y_n \quad (2.1)$$

где x_i – длина отрезка, соединяющего начало трассы A с i -м узлом первой границы; x_{ij} – длина отрезка, соединяющего i -й узел первой границы с j -м узлом второй границы; x_{ijn} – длина отрезка, соединяющего j -й узел второй границы с n -м узлом третьей границы; $n = 1, 2, \dots, N$; y_n – длина отрезка, соединяющего n -й узел третьей границы с концом трассы B .

10. Находят самый оптимальный вариант трассы по правилу:

$$K^* = \min(K_{111}, K_{112}, \dots, K_{ijn}, \dots, K_{IJN}).$$

и для дальнейшего проектирования оставляют те варианты, у которых строительная стоимость K_{ijn} не превышает 15% от K^* .

Оставшиеся варианты образуют полосу варьирования. В ее пределах уже производится детальный сбор изыскательской информации.

2.4 Замкнутая технология проектно-изыскательских работ

Технологию проектно изыскательских работ можно подразделить на 3 этапа: полевые работы, камеральные работы и проектирование. Изобразим ее в виде схемы.



Рисунок 2.2 – Замкнутая технология проектно-изыскательских работ

Полевые работы осуществляются с помощью различных современных геодезических приборов (тахеометры, цифровые нивелиры и теодолиты, спутниковые геодезические системы GPS).



Рисунок 2.3 – Электронный тахеометр

Электронные тахеометры – наиболее универсальные и самые популярные в мире приборы. Они объединяют в себе возможности электронных теодолитов и дальномеров. Приборы снабжены устройствами хранения и обработки данных, имеют встроенное программное обеспечение для решения различных прикладных геодезических задач (рис. 2.3).

Большая доля изыскательских работ (40-60 % от общего объема изыскательских работ) приходится на *аэроизыскания*, когда трассирование дорог ведут по стереоскопической модели (наложение снимков

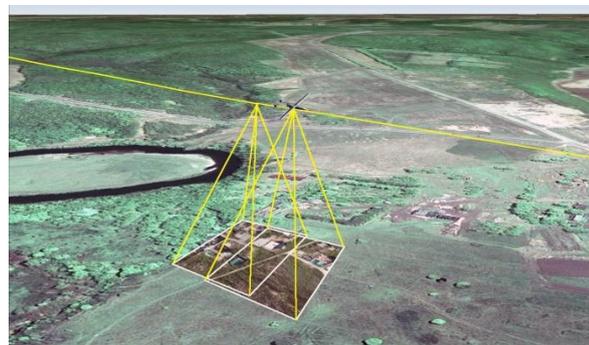


Рисунок 2.4 – Аэроизыскания

с созданием стереоэффекта). Для трассирования используют съемку в масштабе 1:12000 - 1:20000 с высоты 700-1000 м, в трудных условиях - 1:17000 - 1:25000 с высоты 1-2 км.

Спутниковые геодезические системы GPS – приборы для определения пространственных координат по результатам обработки сигналов, получаемых с искусственных спутников земли систем NAVSTAR (США) и ГЛОНАСС (Россия). Они позволяют работать в любое время суток и любую погоду.

Геофизические изыскания. Здесь широко применяются *георадары*. В землю излучается электромагнитная волна, которая отражается от разделов сред и различных включений.

Метод *электроразведки* основан на измерении кажущихся сопротивлений грунтов по глубине ($\rho_2 > \rho_1$). Два заземления (штыря) подключаются к полюсам источника постоянного тока. Прибором измеряется разность потенциалов между ними. Чем дальше друг от друга штыри, тем больше глубина исследования (рис. 2.6).



Рисунок 2.5 – Георадар

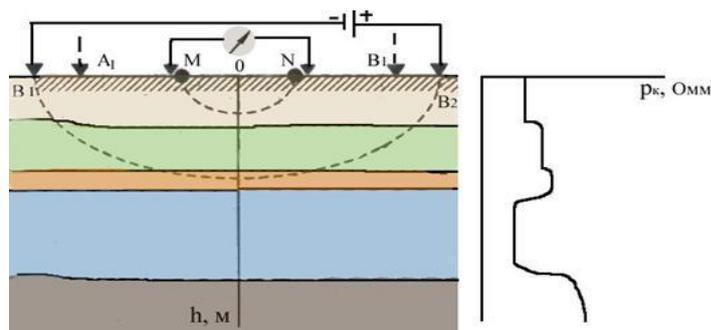


Рисунок 2.6 – Метод электроразведки

Камеральные работы и проектирование выполняют на компьютере.

Камеральные работы включают в себя:

- прием данных;
- вычисление и уравнивание;
- создание топоплана;
- построение объемной геологической модели.

Этапы проектирования включают в себя проектирование автомобильной дороги и ее элементов.

Технология начинается с полевых работ, затем идут камеральные работы, а

затем – проектирование. Этот процесс показан на схеме (рис. 2.2) стрелками. Результаты работы на компьютере выводятся на принтер и графопостроитель. При этом результатами камеральных работ являются различные ведомости, каталоги, схемы, чертежи топопланов и разрезов. Результатом проектирования является проектная документация. Затем результаты проектирования выносятся на местность, и начинается 2-й этап полевых работ.

Применение такой единой замкнутой технологической цепочки **приносит максимальный экономический эффект**. Хранение данных и обмен информацией между блоками происходит в электронном виде.



Рисунок 2.7 – Ввод геодезической информации в программу IndorCAD