

Лекция 1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Выполнение инженерных изысканий автомобильных дорог, подготовка проектной и рабочей документации производится в соответствии с выданным заказчиком заданием на выполнение инженерных изысканий и подготовку проектной документации.

Состав и содержание задания на проектирование должны быть достаточными для обоснования технико-экономических показателей объемов, сроков и стоимости выполнения проектных работ. В составе и содержании разделов задания на подготовку проектной и (или) рабочей документации описывают полный перечень работ, выполняемых проектной организацией, и определяют требования к их выполнению [39].

В техническое задание на проектирование автомобильной дороги входят:

1. *Основная цель и задачи подготовки проектной документации.*

Цели и задачи вытекают из основного понятия (определения) автомобильной дороги.

Основанием для проектирования служит задание заказчика на проведение проектно-изыскательских работ и реквизиты одного из документов, в соответствии с которыми принято решение о подготовке проектной документации на строительство (капитальный ремонт) автомобильной дороги:

- ☐ федеральная целевая программа;
- ☐ программа развития субъекта Российской Федерации;
- ☐ комплексная программа развития муниципального образования;
- ☐ ведомственная целевая программа и другие программы.

2. *Источник финансирования реализации проектной документации.*

Проектирование осуществляют за счет средств федерального бюджета, регионального бюджета, бюджета местных органов и иных предусмотренных законодательством РФ источников финансирования, а также средств юридических и физических лиц, в том числе средств, привлеченных в порядке и на условиях, которые предусмотрены законодательством РФ о концессионных соглашениях.

3. *Межремонтные сроки* капитального ремонта автомобильных дорог. Определяют в соответствии с Приказом Минтранса РФ от 01.11.2007 г. № 157 «Межремонтные сроки проведения капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог общего пользования федерального значения и искусственных сооружений на них».

4. *Ориентировочный лимит финансирования реализации проектной документации.* Принимают в соответствии с Постановлением Правительства

РФ от 23 августа 2007 г. № 539 «О нормативах денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог федерального значения и правилах их расчета»

5. *Эксплуатационная безопасность.* Определяется «Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений» и ФЗ № 196 от 10.12.1995 г. «О безопасности дорожного движения»

Участок автомобильной дороги, отнесенный к нормальному уровню ответственности, проектируют таким образом, чтобы в процессе ее эксплуатации опасные природные процессы и явления и (или) техногенные воздействия не создавали угрозу причинения вреда жизни или здоровью людей.

6. *Экологическая безопасность.* Проводят оценку экологического воздействия транспорта и разрабатывают раздел проектной документации «Мероприятия по охране окружающей среды» в соответствии с требованиями по составу проектной документации согласно Градостроительному кодексу РФ, Постановлению Правительства РФ «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» и «Рекомендациями по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов» .

7. *Основные технические параметры проектируемой дороги.*

Представляют в виде таблицы в техническом задании на проектирование и должны соответствовать нормативам.

8. *Применение инноваций.* Предусматривают возможность применения инновационных технологий, техники, конструкций и материалов, в том числе с использованием результатов патентного поиска, прошедших сертификацию соответствия в порядке, установленном Федеральным законом «О техническом регулировании», «Методическими рекомендациями по организации освоения инноваций при проектировании, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте, ремонте и содержании автомобильных дорог и искусственных сооружений на них в системе Федерального дорожного агентства».

Приводят оценку экономической эффективности освоения новых технологий, техники и материалов в соответствии с ОДМ «Руководство по оценке экономической эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса».

9. *Экономическая эффективность проектных решений.*

Выполняют сравнение вариантов проектных решений (не менее трех) по экономической эффективности капитальных вложений с учетом транспортно-эксплуатационных расходов за период службы дорожной

одежды в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов».

Принятая структура и состав технического задания имеют ориентировочные показатели. Это затрудняет выполнение оценки уровня технических решений в проекте, степени их проработки и использования инновационных решений. Всё предопределяется квалификацией проектной организации. На наш взгляд, уровень технических решений в проектах должен задаваться заказчиком на стадии подготовки технического задания (ТЗ). Пункты ТЗ носят общий характер, не конкретизированы и их можно исключить, указав техническую категорию и её административную принадлежность.

В ТЗ необходимо отразить:

- потребительские качества дороги;
- уровень безопасности;
- уровень удобства движения;
- уровень загрузки дороги движением;
- срок службы дороги;
- срок службы дорожной одежды;
- возможные стадии повышения технического уровня;
- уровень надежности дорожной одежды в конце эксплуатации дорожной одежды.

Следует указать технические показатели, которые должны быть приняты при проектировании:

- минимальные радиусы горизонтальных кривых;
- схему проектирования трассы (полигональная, клотоидная, полиномиальная);
- максимальный продольный уклон;
- извилистость трассы;
- схему устройства виражей и закруглений;
- расчетную схему увлажнения грунта рабочего слоя;
- методы регулирования водно-теплового режима дорожных конструкций;
- конструкции земляного полотна;
- конструкции укрепления обочин и остановочных полос;
- конструкции укрепления откосов земляного полотна;
- систему поверхностного и глубинного водоотводов;
- конструкции водопропускных сооружений;
- систему управления дорожным движением как в период строительства, так и при эксплуатации дороги;

- типы пересечений и примыканий с другими дорогами;
- тип дорожной одежды и тип покрытия;
- варианты конструкций дорожной одежды для летнего и зимнего строительства.

Применение предлагаемого перечня показателей автомобильных дорог позволит отслеживать качество проектных работ и своевременно выполнять корректировку решений с технической стороны, а не только по стоимостным показателям.

Лекция 2 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Инженерно-геодезические изыскания выполняются с целью получения комплекса материалов и данных, характеризующих рельеф, гидрографию, почвенный и растительный покровы, населенные пункты, дорожную сеть, здания и сооружения, и другие характерные топографические элементы изучаемой территории, необходимые для проектирования объектов и выполнения других видов изысканий

В состав инженерно-геодезических изысканий входят следующие основные виды работ [44]:

- создание опорных геодезических сетей;
- создание и (или) обновление инженерно-топографических планов в масштабах 1:5000 – 1:200, в том числе в цифровой форме, съемка подземных коммуникаций и сооружений;
- трассирование линейных объектов;
- инженерно-гидрографические работы;
- геодезические наблюдения за деформациями и осадками зданий и сооружений, движениями земной поверхности и опасными природными процессами;
- специальные геодезические и топографические работы при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Создание инженерно-топографического **плана в цифровом виде** осуществляют при наличии задания застройщика или технического заказчика

Обновление инженерно-топографических планов в цифровом (векторном) и графическом форматах следует выполнять с использованием материалов и данных:

- государственного картографо-геодезического фонда РФ;
- федеральной государственной информационной системы территориального планирования;
- информационной системы обеспечения градостроительной деятельности;

- исполнительных и контрольных геодезических съемок инженерных коммуникаций и сооружений;
- дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ);
- топографической съемки.

На участках местности, где общие изменения ситуации и рельефа составляют более 35 %, топографические планы составляют заново

Лекция 3 ТРАССИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Трассирование линейных объектов выполняется в составе инженерно-геодезических изысканий трасс линейных объектов, как правило, в два этапа – камеральное и полевое

Камеральное трассирование должно содержать:

- сбор, анализ и компьютерную обработку – оцифровку существующих фондовых картографо-геодезических материалов (топографических карт и планов в цифровом и графическом видах в масштабах 1:1 000 000 – 1:100 000), в том числе аэро- и космических снимков, землеустроительных, лесоустроительных карт и планов, материалов инженерных изысканий прошлых лет, данных по государственным и опорным геодезическим сетям;
- предварительный выбор вариантов прохождения трассы;
- создание топографических (ситуационных) планов и карт в масштабах 1:25 000 – 1:10 000 с существующими границами лицензионных участков, особо охраняемых природных территорий, землепользователей и землевладельцев, муниципальных районов и субъектов РФ с нанесенными вариантами прохождения трассы;
- обоснование выбора трассы.

Камеральное трассирование и предварительный выбор конкурентоспособных вариантов прохождения трассы автомобильных дорог должны производиться по цифровым, векторным или растровым топографическим картам, цифровым аэрофотоснимкам (в масштабе, как правило, 1:25 000) или по цифровым топографическим планам (в масштабе, как правило, 1:10 000). При этом используются имеющиеся в наличии материалы космической съемки, результаты цифровой аэрофотосъемки и (или) воздушного лазерного сканирования местности

Полевое трассирование должно содержать:

- создание планово-высотной геодезической опорной сети;
- полевое трассирование (вынос намеченной трассы на местность) с нивелированием оси трассы и поперечников в характерных местах изменения рельефа местности, закрепление трассы временными знаками;

- создание планово-высотного съемочного обоснования с включением пунктов опорной геодезической сети;
- создание и (или) обновление инженерно-топографических планов полосы местности вдоль трассы, участков переходов через водоемы и водотоки, железные и автомобильные дороги, площадок под отдельные сооружения и др.;
- составление технического отчета (с текстовыми и графическими приложениями).

Лекция 4 ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММЫ

К прикладным программам, помимо самих САПР, можно отнести:

- векторизаторы;
- программы обработки геодезических данных, данных дистанционного зондирования;
- системы управления базами данных (СУБД);
- системы управления проектно-конструкторской документацией (СУПКД) и др.

Векторизаторы

Гибридные технологии основанные на совместном использовании материалов съемки и существующего картоматериала позволяют значительно сократить трудозатраты на создание цифровой модели.

Программы трансформации, предназначенные для обработки растровых файлов, полученных в результате сканирования картографического материала, выполняют функции устранения нелинейных искажений растров, обусловленных деформацией исходного документа или погрешностью сканирования, позволяют объединять несколько фрагментов в единое растровое поле, осуществляют топографическую привязку к прямоугольной системе координат и позволяют экспортировать в файлы растровых подложек распространенных программных продуктов: CREDO, ARCVIEW, MAPINFO и др.

Дигитализация в программных комплексах осуществляется с предоставлением сервисных функций, дальнейшая обработка материалов аналогична обработке данных изысканий.

Перспективным направлением в области инженерных изысканий является **цифровая фотограмметрия**. Отечественная разработка PHOTOMOD (конкурирующая на рынке с разработками Intergraph и Helava) предназначена для получения пространственных данных о снимаемом объекте в виде цифровых моделей рельефа, ортофотопланов, двухмерных и трехмерных векторных объектов на основе оптических изображений этого

объекта, как правило фотографий. Эти изображения могут получаться наземными камерами, аэрокамерами, с космических аппаратов.

Технологическая цепочка включает:

- сканирование исходных материалов съемки на обычном или специализированном фотограмметрическом сканере;
- компенсация искажений, вносимых обычным сканером;
- поступление данных на вход модуля фототриангуляции, где производятся необходимые измерения и уравнивание;
- обработка соответствующим модулем-конвертором, преобразующим результаты в 3D – векторы, DEM или DTM – файлы, одиночные ортофото, ортофотомазаичные изображения, обеспечивающим передачу данных в CAD и GIS- системы.

При решении инженерных изысканий большая часть работы происходит с использованием модуля DTM. Поддерживается автоматизированное построение горизонталей и ручной режим корректировки, а также доступен инструмент – структурной линии, что позволяет получать качественные и интуитивно понятные цифровые модели. В модуле предусмотрено специально трехмерное окно, в котором построенная модель может быть визуализирована как трехмерный объект, с которым могут производиться различные геометрические трансформации, повороты и масштабирование.

Технология воздушного лазерного сканирования для крупномасштабных топографических съемок с созданием по результатам трехмерной цифровой модели местности, несмотря на принципиальную новизну, может рассматриваться как логическое продолжение развития безотражательных технологий.

В настоящее время на рынке имеется несколько коммерческих моделей трехмерных лазерных сканирующих и моделирующих систем наземного базирования.

Система состоит из портативного, работающего в автоматическом режиме, пульсового лазера и полевого персонального компьютера со специализированным программным обеспечением. Для сканирования пользователь направляет лазер в сторону объекта, встроенная система визуализации выводит на экран компьютера изображение, позволяющее оператору контролировать поле зрения сканера. Оператор уточняет область сканирования, устанавливает разрешение и запускает процесс сканирования.

Прибор автоматически сканирует выбранную область при помощи оптико- механических систем, быстро проводящих лазером по измеряемой области.

Типовая система способна проводить работы по получению трехмерной цифровой модели с точностью от долей миллиметров до пяти сантиметров на расстоянии от нескольких десятков метров до 2500 м за время от нескольких секунд до десятков минут.

Снимаемая поверхность регистрируется с одновременным выводом на дисплей в виде массива точек, имеющих три координаты и показатели интенсивности отражения, образуя трехмерную растровую модель снимаемого объекта.

Разработанное программное обеспечение позволяет соединять сканы, полученные с различных точек, а также строить традиционную модель с созданием триангуляционной сети.

Точечные массивы и векторная трехмерная модель могут передаваться в ACAD, 3D Studio Max, другие САПР и ГИС-системы.

Лазерное сканирование.

Система состоит из портативного, работающего в автоматическом режиме, пульсового лазера и полевого персонального компьютера со специализированным программным обеспечением. Для сканирования пользователь направляет лазер в сторону объекта (система с полем зрения 360x180 градусов – условно в сторону объекта), встроенная система визуализации выводит на экран компьютера изображение, позволяющее оператору контролировать область сканирования. Оператор, по необходимости уточняет область сканирования, расстояние между точками (разрешение) и запускает процесс сканирования, после чего прибор автоматически сканирует выбранную область при помощи оптико-механических систем, быстро «проводящих» пульсирующим лазерным пучком сканера по измеряемой области.

Типовая система способна проводить работы по получению трехмерной цифровой модели с точностью от долей миллиметров до 5 см на расстоянии от нескольких десятков до 2500 метров за время от нескольких секунд до десятков минут. Поле зрения от 40x40 до 360x180 градусов и подходит для моделирования местности и инженерных объектов.

Система не требует отражателей, так как используется безотражательный принцип работы. Трехмерная конфигурация снимаемой поверхности регистрируется с одновременным выводом на дисплей в виде массива точек, имеющих три координаты и как правило показатели интенсивности отражения и/или «истинного цвета». Таким образом создается трехмерная растровая модель снимаемого объекта.

ПО позволяет визуализировать объект, перемещать и проводить измерения между любыми точками или поверхностями. Каждая точка может

быть окрашена по различным признакам: интенсивность отраженного сигнала, истинный цвет, других параметров (высотной отметки, удаленности точки и т.п.). Экспорт в САПР и ГИС (AutCAD, MicroStation, 3DstudioMax, ArcGIS)

По результатам съемки возможно построение триангуляционной модели. Процесс занимает немного времени, что позволяет получить трехмерное изображение в полевых условиях.

Недостатки:

- большой объем занимаемой памяти (до 18 МБ на один «скан» при поле зрения 360x180 градусов при угловом разрешении 0,1 градус) – векторная 20-500кБ

- медленное манипулирование

Преимущества:

- получается сразу же после сканирования
- стоит дешевле

Целесообразность – в некоторых случаях достаточно и необходимо по временным и материальным затратам иметь растровую модель. Контроль формы в процессе строительства, вычисления объемов (например, выработки карьеров), проведение измерений на недоступных участках и т.п.

Преимущества перед тахеометрической съемкой:

- Мгновенная трехмерная визуализация
- Высокая точность
- Более полные результаты
- Быстрый сбор данных
- Обеспечение безопасности при съемке труднодоступных и опасных объектов.

Материальные затраты на небольших участках сопоставимы с традиционными методами, на большой площади или протяженности – ниже.

Стоимость комплекта наземного базирования 150 000\$

Лекция 5 ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Переход на сквозную технологию проектирования обусловил новый подход к различным стадиям проектных работ.

Наиболее отсталой долгое время оставалась традиционная технология производства изыскательских работ, которая в конце концов стала неприемлемой для обеспечения современного качественного проектирования

автомобильных дорог и во многом являлась сдерживающим фактором для дальнейшего развития проектно-сметного дела.

Внедрение GPS-технологий, аэрокосмических изысканий, электронной фотограмметрии, электронной тахеометрии, аэро- и электронной гидрометрии, лазерного сканирования, ультразвукового эхолотирования, геофизических методов инженерно-геологической разведки ГИС-технологий и т.д. позволяют получать качественно новые массивы информации, которые имеют компактный вид хранения и могут многократно использоваться и модифицироваться в зависимости от поставленных целей.

В большинстве случаев организации, выступающие заказчиком геодезических работ, требуют сдачу материалов в цифровом виде, уже сейчас многие предприятия убедились на своем опыте, что «безбумажные» геодезические технологии обеспечивают значительное увеличение производительности и сокращают временные затраты как непосредственно на проведение полевых работ, так и при камеральной обработке.

Использование интеллектуальных приборов таких как **электронные тахеометры**, имеющих встроенное программное обеспечение, открывают следующие возможности : выполнение обратной засечки, наблюдение и уравнивание теодолитного хода, определение высот недоступных объектов, измерения со смещениями, выполнение обмеров, вычисление площадей, съемка поперечников, создание собственных алгоритмов проведения измерений и т.д. Встроенная память или сменные карты памяти позволяют хранить информацию , которая в дальнейшем в автоматизированном режиме передается в обрабатывающие программные комплексы

Современные **GPS приборы** используются для картографирования и управления данными в различных областях применения, они позволяют замерять точечные, линейные и площадные объекты, записывать сопутствующую этим объектам дополнительную информацию, интегрировать полевые данные с необходимой ГИС базой данных или создавать основу для новой. GPS приборы позволяют получать измерения сантиметровой точности в течении нескольких секунд.

Например, такой приемник как Trimble Total Station 5700 позволяет непрерывно регистрировать «сырые» данные приблизительно в течение 600 часов с интервалом записи 15 секунд от шести спутников. Имеющийся USB-порт позволяет вести обмен данными с компьютером со скоростью один мегабит в секунду.

Крупные компании-производители геодезического оборудования анонсируют создание собственных программных продуктов, которые предназначены для выполнения традиционного уравнивания сетей (включая

GPS наблюдения, и наблюдения, выполненные электронными тахеометрами и цифровыми нивелирами), осуществляют контроль качества полученных данных, позволяют экспортировать и импортировать данные в программы дорожного проектирования, а также создают цифровые модели местности, в том числе методом дигитализации с использованием картографического материала в качестве подложки.

Обеспечение комплексной обработки измерений, включающей синтаксический и семантический контроль данных с одновременным анализом точности измерений, автоматизированное распознавание методов съемки и вычисление предварительных координат с поиском грубых ошибок измерений в сетях и полигонах, выявление избыточных измерений позволяет создавать адекватные модели местности.

В настоящее время сбор геологической и гидрологической информации является очень трудоемким процессом.

При разведке карьеров, обследовании участков под искусственные сооружения, изыскании трасс автомобильных дорог зачастую буровые работы выполняются вручную, так как не каждая установка механического бурения может быть доставлена на объект. Кроме того, выполнив буровые работы через 100-300 м, изыскатели, только основываясь на своем опыте, могут судить об изменении геологического строения грунтового массива между двумя скважинами.

Избежать вышеуказанные трудности и погрешности можно используя **геофизический метод подповерхностной радиолокации**, позволяющий получить геологическую и гидрологическую информацию неразрушающими высокопроизводительными методами. При этом грунтово-геологический разрез фиксируется непрерывным. После обработки и интерполяции радарограммы в камеральных условиях представляются границы подошвы и кровли различных грунтов разреза, а также положение уровня грунтовых вод.

Работа радиолокационного прибора подповерхностного зондирования (георадара) основана на использовании классических принципов радиолокации. Передающей антенной прибора излучаются сверхкороткие электромагнитные импульсы (единицы и доли наносекунды), имеющие 1,0-1,5 периода квазигармонического сигнала и широкий спектр излучения.

Выбор длительности импульса определяется необходимой глубиной зондирования и разрешающей способностью прибора. Для формирования зондирующих импульсов используется возбуждение широкополосной передающей антенны перепадом напряжений (ударный метод возбуждения).

Излучаемый в исследуемую среду импульс отражается от неоднородностей, имеющих отличную от среды диэлектрическую

проницаемость или проводимость, принимается приемной антенной, усиливается в широкополосном усилителе, преобразуется в цифровой вид при помощи аналого-цифрового преобразователя и запоминается для последующей обработки. После обработки полученная информация отображается на индикаторе.

В геологии георадары применимы для построения геологических разрезов, определения положения уровня грунтовых вод, толщины льда, глубины и профиля дна рек и озер, границ распространения полезных ископаемых в карьерах, положения карстовых воронок и пустот.

Лекция 6 ОСОБЕННОСТИ АЭРОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА

Аэрофотосъемка с БПЛА (беспилотный летательный аппарат) принципиально не отличается от съемки с «больших самолетов», но имеет определенные особенности, которые мы далее рассмотрим. Полет БПЛА, как правило, производится с крейсерской скоростью 70 – 110 км/ч (20 – 30 м/с) в диапазоне высот 300 – 1500 м. Для съемки обычно используются неметрические бытовые камеры с размером матрицы 10 – 20 мегапикселей. Фокусное расстояние камер обычно составляет около 50 мм (в 35 мм эквиваленте), что соответствует размеру пикселя на местности (GSD) от 7 до 35 см.

Часто снимки с БПЛА обрабатываются простыми нестрогими методами (аффинное преобразование снимков на плоскость). В результате пользователь получает накладки, которые помимо низкой точности могут содержать разрывы контуров на стыках соседних снимков. Результаты соответствуют по точности ортофотопланам масштабов от 1:500 до 1:2000 в зависимости от высоты съемки.

Для строгой фотограмметрической обработки данных аэросъемки и получения максимально точных результатов необходимо, чтобы снимки в одном маршруте имели тройное перекрытие, а перекрытие между снимками соседних маршрутов при площадной съемке составляло не менее 20 %.

Полет БПЛА не устойчив, на него влияют порывы ветра, турбулентность и другие возмущающие факторы. Если съемку с обычных самолетов планируют с перекрытием вдоль маршрута 60 %, а между маршрутами 20 – 30 %, то проектировать съемку с БПЛА следует с перекрытием вдоль маршрутов 80 %, а между маршрутами – 40 %, чтобы по возможности исключить разрывы в фототриангуляционном блоке.

Основным недостатком является то, что бытовые камеры изначально не откалиброваны – неизвестны их точные фокусные расстояния, главная точка,

дисторсия. При этом нелинейные искажения оптики (дисторсия), допустимые при бытовой съемке, могут составлять до нескольких десятков пикселей, что на порядок снижает точность результатов обработки. Однако такие камеры могут быть откалиброваны в лабораторных условиях, что позволяет получать точности обработки, практически такие же, как и для профессиональных малоформатных фотограмметрических камер.

Предпочтительней устанавливать на такие камеры объективы с фиксированным фокусным расстоянием. При съемке следует выставлять фокусировку на бесконечность и отключать функцию «автофокуса».

Если при съемке использовался двухдиапазонный GPS-приемник в дифференциальном режиме (или PPP-обработка данных GPS), то требуется минимальное число опорных точек для получения наиболее точных результатов обработки, обычно достаточно 1 –2 точки на 100 снимков.

Использование БПЛА в качестве аэросъемочной платформы имеет большие перспективы при съемке небольших по протяженности площадных объектов и при съемке линейных объектов. Данные с БПЛА позволяют получать качественные картографические материалы (пространственные данные).