

Введение. Опорные инженерно- геодезические сети

Лекция 1.

Литература

- 1. Авакян, В. В. Прикладная геодезия. Технологии инженерно-геодезических работ / В. В. Авакян. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.
- 2. СН 1.02.01- 2019 Строительные нормы Республики Беларусь. Инженерные изыскания для строительства. Утв. и введены в действие постановлением Министерства архитектуры и строительства от 26 декабря 2019 г. № 74.
- 3. СН 1.03.02- 2019 Строительные нормы Республики Беларусь. Геодезические работы в строительстве. Основные положения. Утв. и введены в действие постановлением Министерства архитектуры и строительства от 29 ноября 2019 г. № 64.

План лекции

- 1. Предмет и задачи прикладной геодезии.
- 2. Состав инженерно-геодезических работ.
- 3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.
- 4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.
- 5. Системы координат и поверхность относимости в инженерно-геодезических работах.
- 6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.
- 7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

1. Предмет и задачи прикладной геодезии

В прикладной геодезии изучаются:

- методы топографо-геодезических изысканий;
- методы вынесения проектов сооружений в натуру (на местность).

Процесс возведения объектов строительства, зданий и сооружений условно делят на несколько этапов, тесно связанных друг с другом:

- изыскания и экономическое обоснование строительства;
- проектирование инженерного сооружения;
- собственно строительство;
- эксплуатация возведённого объекта.

1. Предмет и задачи прикладной геодезии

На этапе топографо-геодезических изысканий:

- строятся опорные планово-высотные сети;
- производятся крупномасштабные топографические съёмки; трассируются линейные сооружения;
- производится привязка геологических выработок, гидрологических створов и др.

На основе инженерно-геодезических изысканий составляются топографические планы и профили в необходимых масштабах.

1. Предмет и задачи прикладной геодезии

Проектирование инженерных сооружений производится на топографических планах **крупных масштабов**.

В процессе проектирования сооружений геодезистами решаются задачи:

горизонтальной и вертикальной планировки,

разрабатываются проекты производства геодезических работ (обосновываются приборы и методы геодезического обеспечения строительства сооружения).

1. Предмет и задачи прикладной геодезии

Вынесение проектов инженерных сооружений в натуру носит название **«разбивка сооружений»**.

В процессе строительства геодезистами решаются задачи:

- построения разбивочных сетей,
- вынесения на местность разбивочных осей и
- элементов конструкций,
- обеспечение соответствия геометрических параметров здания или сооружения его проектным размерам,
- контролируется качество производства строительного-монтажных работ.

1. Предмет и задачи прикладной геодезии

В процессе возведения сооружений, а также в период их эксплуатации возникают задачи наблюдений за осадками и деформациями оснований зданий и сооружений.

2. Состав инженерно-геодезических работ

Инженерно-геодезические изыскания для строительства выполняются с целью получения **топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности.**

Инженерно-геодезические изыскания включают:

- геодезические,
- топографические,
- аэрофотосъемочные,
- стереофотограмметрические,
- инженерно-гидрографические,
- трассировочные работы,
- геодезические стационарные наблюдения,
- кадастровые и другие специальные работы и исследования,
- геодезические работы в процессе строительства, эксплуатации и ликвидации предприятий, зданий и сооружений

2. Состав инженерно-геодезических работ

В процессе инженерно-геодезических изысканий осуществляется:

- построение опорных геодезических сетей, включая геодезические сети специального назначения для строительства;
- обновление топографических и инженерно-топографических планов;
- создание инженерно-топографических планов, профилей и других топографо-геодезических материалов и данных, предназначенных для обоснования проектной подготовки строительства (градостроительной документации, обоснований инвестиций в строительство, проектов и рабочей документации);

2. Состав инженерно-геодезических работ

В процессе инженерно-геодезических изысканий осуществляется:

- создание и ведение геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий, государственных кадастров;
- создание и обновление тематических карт, планов и атласов специального назначения (в графической, цифровой, фотографической и иных формах);
- создание топографической основы и получение геодезических данных для выполнения других видов инженерных изысканий.

2. Состав инженерно-геодезических работ

Обобщённо инженерно-геодезические работы по прикладной геодезии для целей проектирования и строительства сооружений можно разделить на следующие составные части:

- топографо-геодезические изыскания площадок строительства и трасс;
- инженерно-геодезическое проектирование;
- геодезические разбивочные работы;
- геодезическая выверка конструкций и технологического оборудования;
- наблюдения за деформациями сооружений и их оснований.

2. Состав инженерно-геодезических работ

Топографо-геодезические изыскания – наиболее распространённый вид геодезических работ, который входит в состав строительного проекта.

Топографо-геодезические изыскания заключаются в построении на данной территории плановых и высотных опорных и съёмочных сетей; топографической съёмки территории; трассировании линейных сооружений; геодезической привязке геологических выработок, точек геофизической разведки и др.

2. Состав инженерно-геодезических работ

Инженерно-геодезическое проектирование состоит в проектировании и оценке проектов геодезических сетей, в проектировании трасс линейных сооружений в плане и по высоте, разработке Проектов Производства Геодезических Работ для конкретных строительных объектов, геодезической подготовки проектов для перенесения их на местность; решении задач горизонтальной и вертикальной планировки и др.

2. Состав инженерно-геодезических работ

Разбивка сооружений является основным видом геодезических работ при вынесении проекта на местность.

В состав работ по разбивке сооружений входит построение разбивочной основы строительной площадки, внешней и внутренней разбивочных сетей зданий, основные и детальные разбивочные работы в процессе строительства, исполнительные съёмки и пр.

2. Состав инженерно-геодезических работ

Геодезическая выверка строительных конструкций и технологического

оборудования производится в плане, по высоте и по вертикали и является наиболее точным видом инженерно-геодезических работ и осуществляется специально разрабатываемыми методами и приборами.

Наблюдения за деформациями зданий и сооружений выполняются для уникальных и высотных зданий как в процессе их строительства, так и по его завершении. Наблюдения включают измерения осадок оснований и фундаментов, определение плановых смещений и кренов и производятся высокоточными геодезическими методами и приборами.

2. Состав инженерно-геодезических работ

- **Этапы геодезических работ на строительной площадке:**
- построение разбивочной основы строительной площадки;
- вынос в натуру и закрепление главных и (или) основных осей сооружения;
- геодезические разбивки нулевого цикла – работы по сооружению подземной части здания (котлована, свайного поля, фундамента, технического подполья, гаражей и других подземных сооружений и их перекрытий);
- прокладка трасс подземных коммуникаций в плане и по высоте; геодезические работы при возведении надземной части здания (построение внутренней разбивочной сети здания на исходном горизонте, перенос разбивочных осей и отметок на вышележащие монтажные горизонты, построение разбивочных осей на монтажных горизонтах, детальная разбивка мест положения конструкций, контроль установки конструкций);
- вынос в натуру проекта вертикальной планировки (дорог, площадок, насыпей и выемок и др.)

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

Геодезические работы в строительстве осуществляются в соответствии с нормативно-технической документацией для строительства: строительные нормы (СН); государственные стандарты (ГОСТ), технические кодексы установившейся практики (ТКП) и другие инструкции.

В этих документах указываются методы и способы производства геодезических работ, их точность для этапов строительства, видов сооружений и их особенностей.

Геодезические работы в строительстве в Республике Беларусь выполняются в соответствии со строительными нормами «СН 1.03.02-2019 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. Основные положения».

Строительные нормы распространяются на геодезические работы при возведении, реконструкции и ремонте существующих зданий, сооружений и их частей и устанавливает основные положения по их проведению.

Строительные нормы не распространяются на выполнение геодезических работ на крупных энергетических сооружениях и при монтаже технологического оборудования.

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

- В соответствии с Кодексом Республики Беларусь об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности от 17 июля 2023 г.

№ 289-З документация в строительстве подразделяется на:

- Разрешительную документацию на строительство;
- Предпроектную (предынвестиционную) документацию;
- Проектную документацию. Специальные технические условия;
- Госстройэкспертизу.

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

- **Проектная документация.** Возведение, реконструкция, модернизация, техническая модернизация, капитальный ремонт, снос объекта, ремонтно-реставрационные работы **осуществляются в установленном порядке на основе разработанной, согласованной, прошедшей госстройэкспертизу (при необходимости) и утвержденной проектной документации,** когда ее разработка является обязательной.

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

- **Не является обязательной разработка проектной документации на:**
- снос физическими лицами нежилых капитальных построек на предоставленных земельных участках;
- строительство, осуществляемое в целях ликвидации либо предупреждения аварийных и чрезвычайных ситуаций;
- возведение садовых домиков, хозяйственных строений и сооружений на земельных участках, предоставленных для коллективного садоводства;
- возведение дач, хозяйственных строений и сооружений на земельных участках, предоставленных для дачного строительства;
- возведение и реконструкцию многоквартирных жилых домов и (или) нежилых капитальных построек пятого класса сложности.

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

Разработчики проектной документации несут ответственность

за соответствие разработанной проектной документации требованиям, установленным актами законодательства.

В проектной документации должны быть предусмотрены обязательные для осуществления строительной деятельности мероприятия, связанные с (со):

- обеспечением эксплуатационной надежности объекта и его безопасности для жизни и здоровья физических лиц;
- исключением причинения вреда окружающей среде и здоровью физических лиц при осуществлении строительной деятельности;

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

- снятием, сохранением и использованием плодородного слоя почвы при выполнении строительных работ;
- рекультивацией земель;
- обеспечением защиты работников объектов, имеющих в обращении аварийно-, химически опасные вещества, объектов использования атомной энергии, а также работников организаций, попадающих в зоны повышенной опасности (зоны возможного химического заражения, зоны планирования срочных защитных мер, зоны предупредительных мер, зоны возможного катастрофического затопления);
- принятием иных мер по охране окружающей среды и здоровья физических лиц.

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

- В проектной документации определяется жизненный цикл объекта, в том числе сроки проведения ремонтов.
- К проектным работам, которые выполняются на недвижимых материальных историко-культурных ценностях, относится комплекс работ по разработке научно-проектной документации.
- Проектная документация разрабатывается в одну или две стадии по выбору заказчика, застройщика.
- Проектная документация на объекты первого–четвертого классов сложности разрабатывается заказчиком, застройщиком, разработчиком проектной документации при наличии документов, дающих право на осуществление архитектурной, градостроительной и строительной деятельности.

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

- Проектная документация может оформляться в электронном виде.
- Требования к проектной документации, оформляемой в электронном виде, в том числе к форматам файлов, их содержанию и структуре, порядок формирования и комплектования проектной документации в электронном виде устанавливаются Советом Министров Республики Беларусь.
- В случае, если для разработки проектной документации по отдельным объектам отсутствуют технические нормативные правовые акты, разрабатываются **специальные технические условия.**

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

- **Специальные технические условия** – документ, разработанный в процессе научно-исследовательской работы, утвержденный заказчиком, застройщиком, содержащий обязательные технические требования, включая общие требования законодательства об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов, и отражающий особенности изыскательских работ, разработки проектной документации, возведения, реконструкции и эксплуатации объекта.

3. Основные нормативные документы. Проектная и нормативная документация.

- **К нормативной документации относятся:**
- Государственные стандарты;
- Строительные нормы;
- Строительные правила;
- Технические кодексы установившейся практики.

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

Плановая опорная геодезическая сеть создается методом спутниковых геодезических определений, а также методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии и их сочетаниями.

- Выбор методов построения опорных геодезических сетей зависит от размеров (площади) объекта, условий местности, требуемой точности определения координат, экономической целесообразности и др.

4. Классификация и
технические
характеристики
опорных
геодезических сетей.
Методы построения
плановых опорных
геодезических сетей.
Построение опорных
сетей спутниковыми
методами.

В состав инженерно-геодезических изысканий входят работы по построению (развитию) опорных геодезических сетей 3 и 4 класса, 1 и 2 разряда и нивелирных сетей II, III и IV класса.

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

Геодезической основой при инженерно-геодезических изысканиях служат в плановом положении:

- пункты высокоточной геодезической сети (ВГС);
- пункты спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1);
- пункты астрономо-геодезических сетей 1 и 2 классов (АГС – 1 и АГС - 2);
- пункты геодезической сети сгущения (ГСС), созданной в развитие АГС;

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

- пункты геодезической сети сгущения, созданной в развитие СГС 1;
- геодезические сети сгущения 3 и 4 классов, пункты опорных геодезических сетей, включая пункты геодезических сетей специального назначения, пункты триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1 и 2 разрядов;

4. Классификация и
технические
характеристики
опорных
геодезических сетей.
Методы построения
плановых опорных
геодезических сетей.
Построение опорных
сетей спутниковыми
методами.

- пункты постоянно действующих спутниковых сетей базовых станций;
- пункты съемочных сетей, геодезической разбивочной основы строительства и др.;

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

В ВЫСОТНОМ ПОЛОЖЕНИИ:

- реперы и марки нивелирования государственной нивелирной сети I, II, III и IV класса;
- пункты геодезических сетей, указанные ранее, высоты которых, определены геометрическим, спутниковым или тригонометрическим нивелированием, выполненным с использованием современных методов и оборудования.

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

Работы по сгущению сети опорных геодезических пунктов, как правило, осуществляются **спутниковыми методами**.

Геодезическая основа сгущается до плотности, необходимой для выполнения инженерных изысканий.

В зависимости от целей и задач изысканий и условий местности программой работ устанавливаются плотность пунктов, тип закрепления, методы и средства измерений.

4. Классификация и
технические
характеристики
опорных
геодезических сетей.
Методы построения
плановых опорных
геодезических сетей.
Построение опорных
сетей спутниковыми
методами.

Применение **спутниковых геодезических методов** для создания (развития) опорных геодезических сетей является в настоящее время наиболее распространенным, так как, наряду с высокой точностью получаемых результатов, является экономичным и существенно сокращает сроки выполнения работ.

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

В случае **определения координат пунктов опорной геодезической сети спутниковыми методами**, количество исходных пунктов, включаемых в сеть, должно быть **не менее четырех**.

Высоты центров пунктов опорной геодезической сети следует определять преимущественно **методом геометрического нивелирования** или соответствующим по точности **тригонометрическим** или **методом спутниковых геодезических определений**.

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

Требования к точности определения планового положения пунктов опорной геодезической сети

| Вид сети | СКП определения координат относительно исходных пунктов в плане, мм, не более | СКП взаимного положения смежных пунктов в плане, мм, не более | СКП взаимного положения смежных пунктов по высоте, мм, не более |
|--|---|---|---|
| 1. Спутниковая геодезическая сеть сгущения; сеть постоянно действующих базовых станций | 20 | 15 | 25 |
| 2. Полигонометрия, триангуляция, трилатерация 4 класса; сети, создаваемые спутниковыми методами | 20 | 25 | — |
| 3. Полигонометрия, триангуляция, трилатерация 1-го разряда; сети | 50 | 30 | — |
| 4. Полигонометрия, триангуляция, трилатерация 2-го разряда, сети сгущения, создаваемые спутниковыми методами | 50 | 40 | — |

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

- **Исходными для развития (создания) опорных геодезических сетей** должны быть пункты и реперы **высших по точности классов (разрядов)**. Как исключение, при условии отсутствия в районе работ пунктов и реперов сетей высших классов (разрядов), допускается привязка к пунктам сети класса (разряда) не ниже создаваемой сети.
- **Существующие геодезические пункты** при изысканиях должны включаться в развиваемые опорные и съемочные геодезические сети.

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

- **При использовании спутниковых геодезических методов** для определения координат и высот пунктов опорных геодезических сетей должны соблюдаться следующие условия:
- удаленность пунктов от высоковольтных линий электропередач не менее 100м;
- угол между горизонтом и препятствием должен быть не более 15° .

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

- **Плотность пунктов** опорных геодезических сетей для производства инженерно-геодезических изысканий устанавливается в программе работ и должна составлять **на территориях городов, поселков городского типа и промышленных площадок не менее четырех пунктов триангуляции и полигонометрии на 1 км² в застроенной части и одного пункта на 1 км² на незастроенных территориях.**

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

- Для обеспечения **инженерных изысканий и строительства** в городах и на промышленных объектах **плотность опорных сетей может быть доведена до восьми пунктов на 1 км².**
- **Плотность опорных геодезических сетей** для съемок **в масштабе 1:5000** территорий вне населенных пунктов должна быть доведена не менее, чем до **одного пункта на 7-10 км²**, а для съемок **в масштабе 1:2000** - **до одного пункта на 2 км².**

4. Классификация и технические характеристики опорных геодезических сетей. Методы построения плановых опорных геодезических сетей. Построение опорных сетей спутниковыми методами.

Камеральная обработка результатов полевых измерений включает :

- обработку полевых материалов (запись с регистрирующих устройств или проверку полевых журналов, составление ведомости результатов измерений и др.);
- вычисление невязок и анализ их соответствия допускам;
- уравнивание результатов измерений и оценка точности полученных значений;

4. Классификация и
технические
характеристики
опорных
геодезических сетей.
Методы построения
плановых опорных
геодезических сетей.
Построение опорных
сетей спутниковыми
методами.

Камеральная обработка результатов полевых измерений включает :

- вычисление координат и высот определяемых пунктов и составление каталогов;
- подготовку отчетных материалов, предусмотренных программой работ.

Уравнивание координат и высот опорной геодезической сети должно производиться по способу наименьших квадратов с использованием современной компьютерной техники и программного обеспечения с выводом на печать исходной информации, результатов уравнивания и оценки точности измерений.

5. Системы координат и поверхность относимости в инженерно-геодезических работах

Координаты и высоты пунктов (точек) геодезических сетей следует вычислять в **местных системах прямоугольных координат** и в **Балтийской системе высот 1977 года**.

5. Системы координат и поверхность относимости в инженерно-геодезических работах

При выполнении инженерно-геодезических изысканий в населенных пунктах, на площадках действующих промышленных комплексов, предприятий и организаций, расположенных за пределами населенных пунктов, должна быть **сохранена ранее принятая система координат и высот.**

В иных случаях, как правило, применяется **система координат 1963г.**

5. Системы координат и поверхность относимости в инженерно-геодезических работах

При обработке результатов геодезических измерений необходимо осуществить выбор **поверхности относимости**, т. е. поверхности, на которую следует спроектировать измеренные элементы сети до их уравнивания.

Для Государственных геодезических сетей такой поверхностью является **поверхность референц-эллипсоида Красовского**.

Для целей редуцирования в измеренные линейные величины геодезических сетей вводятся поправки – **редукции**.

5. Системы
координат и
поверхность
относимости в
инженерно-
геодезических
работах

В качестве **поверхности относимости** вместо поверхности эллипсоида Красовского **принимают другую поверхность, имеющую высоту, равную или близкую средней высоте проектируемого сооружения**

5. Системы координат и поверхность относимости в инженерно-геодезических работах

Поправка за редуцирование базисной стороны АВ (рис. 1) на поверхность относимости представляет собой величину

$$\Delta_H = AB - A_0B_0,$$

которая вычисляется по формуле:

$$\Delta_H = -\frac{S(H_m - H_0)}{R_m} \quad (1)$$

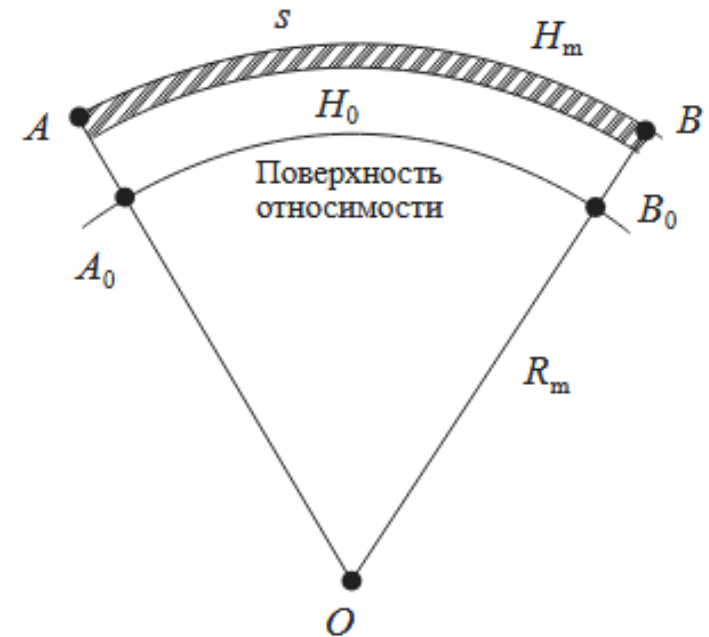


Рис. 1

5. Системы координат и поверхность относимости в инженерно-геодезических работах

где S – длина измеренной стороны сети;

H_m – средняя отметка измеренной стороны;

H_0 – отметка поверхности относимости;

R_m – средний радиус кривизны земного эллипсоида (6370 км).

Формулу (1) можно представить в следующем виде

$$\frac{\Delta_H}{S} = -\frac{(H_m - H_0)}{R_m}$$

Эта поправка не окажет существенного влияния на линейные размеры сети и не приведёт к искажениям её масштаба, если

$$\frac{\Delta_H}{S} \leq \frac{1}{200\,000}$$

5. Системы
координат и
поверхность
относимости в
инженерно-
геодезических
работах

Тогда

$$H_0 = -R_m \frac{\Delta_H}{S} = -\frac{6370000}{200000} = -31,85 \text{ м}$$

Таким образом, если разность отметок местности и поверхности относимости **меньше ~30 м, то поправку Δ_H можно не учитывать.**

5. Системы координат и поверхность относимости в инженерно-геодезических работах

В качестве **поверхности относимости** принимают **средний уровень строительной площадки**, а на трассах метрополитена – **средний уровень оси туннеля** и т.д.

Поправку за редукцию на поверхность относимости нужно учитывать и в тех случаях, когда в качестве исходных сторон инженерных сетей используются стороны **государственных сетей – спутниковых, триангуляции, полигонометрии и других.**

5. Системы координат и поверхность относимости в инженерно-геодезических работах

Чтобы относительные поправки в длины линий инженерных сетей при переходе от сферической поверхности Земли на плоскость в проекции Гаусса **не превышали $1/200\ 000$** , расстояние от осевого меридиана зоны до строительной площадки не должно быть более 20 км. Если это расстояние **больше 20 км**, то необходимо выбирать **новый осевой меридиан местной системы координат**, проходящий по возможности ближе к середине осваиваемой территории.

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Высотная опорная геодезическая сеть создается методом геометрического нивелирования в виде сетей II, III и IV классов в зависимости от площади или протяженности объекта и его назначения.

При создании высотной опорной сети с точностью нивелирования IV класса допускается применение спутниковых геодезических методов.

При этом число исходных нивелирных пунктов, полученных из геометрического нивелирования не ниже IV класса должно быть не менее пяти.

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Высотная привязка опорных геодезических пунктов IV класса, 1 и 2 разрядов производится **геометрическим нивелированием IV класса, техническим нивелированием или методом спутниковых геодезических определений.**

Основные требования к точности измерений в высотной опорной геодезической сети в зависимости от класса нивелирования, приведены в таблице

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

| Класс нивелирования | Допустимые невязки в ходах и полигонах (f, мм) | СКП измерения превышения на станции (мм, не более) | СКП определения отметок нивелирных пунктов относительно исходных пунктов в самом слабом месте (мм, не более) |
|---------------------|--|--|--|
| II | $5\sqrt{L}$ | 0,3 | 10 |
| III | $10\sqrt{L}$ | 1,5 | 20 |
| IV | $20\sqrt{L}$ | 3,0 | 30 |

6. Высотные
опорные инженерно-
геодезические сети.
Тригонометрическое
нивелирование.

Нивелирная сеть создается в виде отдельных ходов, системы ходов (полигонов) или в виде самостоятельной сети и привязывается не менее чем к **двум исходным нивелирным знакам (реперам) высшего класса.**

Допускается производить привязку нивелирных ходов IV класса к реперам ранее проложенного нивелирования IV класса.

6. Высотные
опорные инженерно-
геодезические сети.
Тригонометрическое
нивелирование.

Длины нивелирных ходов в зависимости от класса нивелирования

для разных районов работ **не должны превышать величин,**

указанных в таблице

| Класс нивелирования | Длина нивелирного хода между исходными пунктами, км | | Длина нивелирного хода между узловыми точками, км | |
|------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|
| | Застроенная территория | Незастроенная территория | Застроенная территория | Незастроенная территория |
| II класс | 25 | 25 | 15 | 20 |
| III класс | 15 | 20 | 10 | 15 |
| IV класс | 10 | 15 | 5 | 10 |

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

- **Нивелирование IV класса** выполняют нивелирами, которые должны удовлетворять следующим требованиям:
 - - увеличение трубы не менее 25х;
 - - цена деления цилиндрического контактного уровня не более 25" на 2 мм;
 - - погрешность самоустановки линии визирования у нивелиров с компенсатором не более 0,5 угл.сек.

Перед началом и во время выполнения полевых работ нивелиры исследуются и поверяются

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

- При нивелировании IV класса применяются трехметровые шашечные рейки типа РН-3 с круглыми уровнями.
- Для привязки к стенным маркам используется подвесная рейка с сантиметровыми делениями.
- Перед началом и по окончании полевых работ нивелирные рейки исследуются при помощи контрольной линейки (определяется средняя длина метра комплекта реек).
- Случайная погрешность дециметровых и метровых интервалов реек не должна превышать 1 мм.

6. Высотные
опорные инженерно-
геодезические сети.
Тригонометрическое
нивелирование.

- **Нивелирование IV класса выполняется в одном направлении способом "средней нити".**
- Отсчеты по рейкам надлежит выполнять по средней и одной из крайних нитей - по черной стороне реек и по средней нити - по красной стороне реек

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

- **Оптимальная длина луча визирования** - 100 м. В случае использования нивелира с увеличением трубы зох и более при спокойном изображении допускается увеличивать длину визирного луча до 150 м.
- **Неравенство расстояний** от нивелира до реек на станции не должно превышать 5 м, а накопление их в секции - 10 м.
- **Высота луча визирования** над подстилающей поверхностью допускается не менее 0,2 м.

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

- При перерывах в работе наблюдения заканчивают на постоянном репере. Разрешается заканчивать нивелирование на трех костылях (колях), забитых в дно ям глубиной 0,3 м. После перерыва выполняют нивелирование на последней станции, а при необходимости, и на предпоследней.
- При этом **расхождения между значениями превышений** до и после перерыва должны быть **не более 5 мм.**

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

- **Расхождения в превышениях**, полученных по черной и красной сторонам реек на станции, **не должны превышать 5 мм** с учетом разности высот нулей пары реек.
- При большем расхождении наблюдения на станции **повторяют**, предварительно **изменив положение нивелира по высоте не менее чем на 3 см**.
- **Вычисление превышений** на станции и в секции между постоянными знаками (реперами) производится с округлением **до 1 мм**.
- В превышения по секциям вводятся поправки за среднюю длину метра пары реек.

6. Высотные
опорные
инженерно-
геодезические
сети.
Тригонометрическое
нивелирование.

- **Уравнивание нивелирования IV класса** выполняется способом узлов или полигонов с вычислением высот реперов **с точностью до 0,001 м.**
- Невязки в ходах и полигонах не должны превышать допусков, предусмотренных в таблице

6. Высотные
опорные
инженерно-
геодезические
сети.
Тригонометрическое
нивелирование.

В результате нивелирования IV класса должны быть представлены материалы:

- - ведомость обследования марок и реперов;
- - схема ходов нивелирования;
- - полевые журналы нивелирования;
- - материалы исследования нивелиров и компарирования реек;
- - ведомость превышений;

6. Высотные
опорные
инженерно-
геодезические
сети.
Тригонометрическое
нивелирование.

- - материалы вычислений и оценки точности;
- - абрисы нивелирных знаков;
- - каталог высот нивелирных знаков;
- - акты сдачи нивелирных знаков на наблюдения за сохранностью;
- - пояснительная записка.

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Тригонометрическое нивелирование.

Тригонометрическое нивелирование производят с целью определения высот пунктов геодезической сети или точек местности путём измерения расстояний между двумя точками и угла наклона линии, образованной этими точками.

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

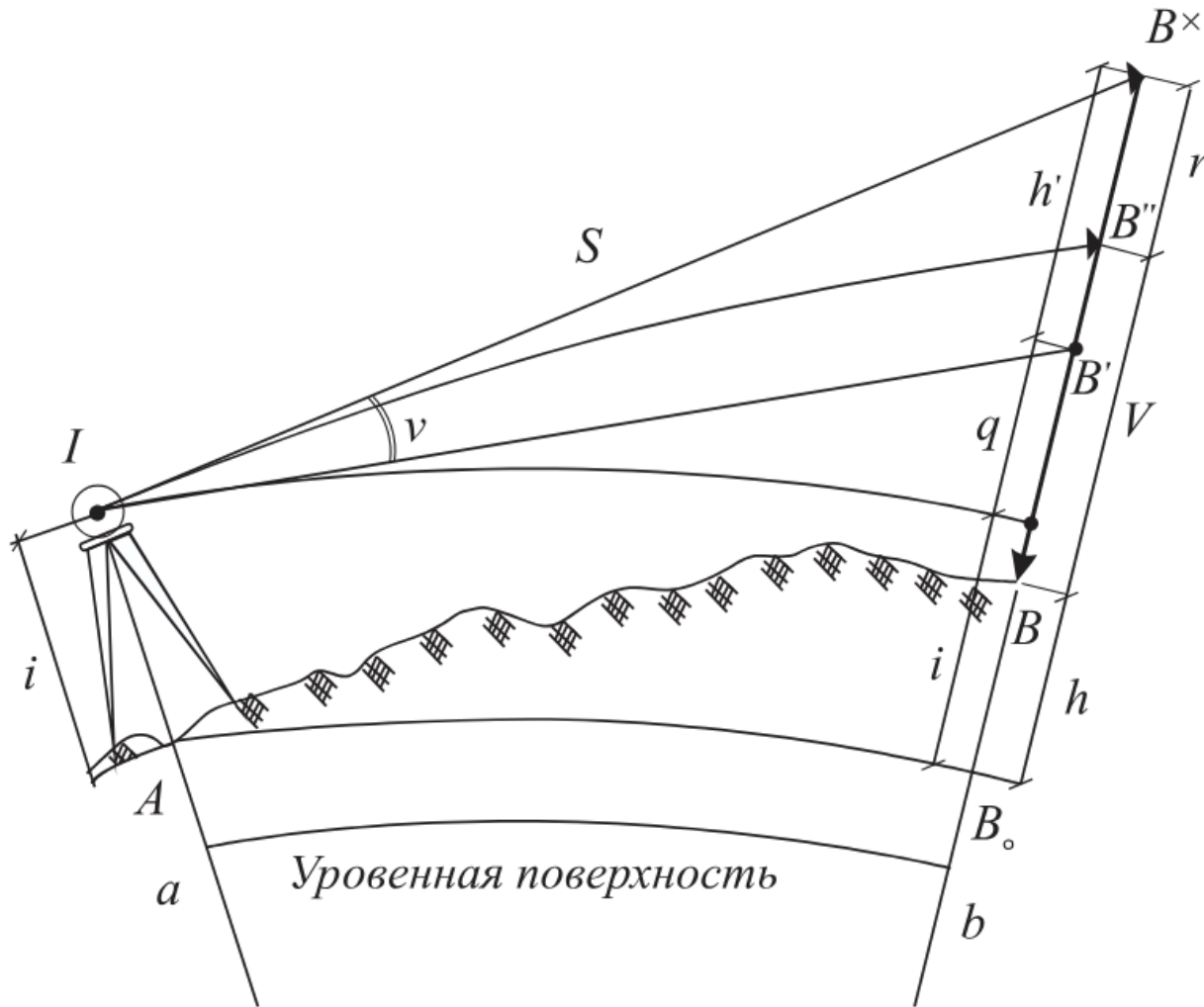
Метод тригонометрического нивелирования позволяет определять с одной установки прибора **превышения между точками, расположенными на значительном,** исчисляемом километрами и десятками километров **расстоянии** друг от друга.

Метод является **намного производительнее и экономичнее геометрического.**

По точности получаемых результатов он **существенно уступает методу геометрического нивелирования.**

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Схема тригонометрического нивелирования



6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

- На рисунке:
- A и B – центры геодезических пунктов, расположенных на высоте $H_1 = aA$ и $H_2 = bB$ над некоторой уровенной поверхностью ab , принятой за начало счёта высот.
- Из рисунка:

$$H_B = H_A + h$$

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Величина h есть превышение точки B над точкой A .

Для определения h , измерены расстояние S и угол наклона линии v .

Для этого в точке A установлен электронный тахеометр, а в точке B – отражатель. Высота отражателя - V , а высота тахеометра - i .

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Вследствие влияния кривизны земли горизонтальная плоскость, относительно которой измеряется угол наклона в точке A , займёт положение IB' , а отрезок q на отвесной линии в точке B есть результат влияния кривизны земли на измеряемые превышения.

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Под влиянием земной рефракции визирный луч, направленный на изображение отражателя, пойдёт по рефракционной кривой IB'' , и наблюдатель будет видеть отражатель смещённым в положение B_x .

Отрезок $B''B_x = r$ называется **поправкой за рефракцию**.

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Если выполняется одностороннее тригонометрическое нивелирование, т. е. угол наклона линии к горизонту ν и расстояние S измеряются только на пункте A .

Тогда разность высот (превышение) h между точками A и B определится из выражения:

$$h = S \sin \nu + (i - V) + 0,43 \frac{S^2}{R}.$$

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Эта формула получена при некоторых допущениях и упрощениях

- не принято во внимание влияние уклонов отвесных линий.

Это влияние учитывается введением **поправки за уклонение отвесной линии в точке А** при проектировании результатов измерений на поверхность референц-эллипсоида.

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

Поправка за уклонение отвесных линий может быть значительной.

Так, если составляющая уклонения отвеса будет иметь значения **5"** или **15"**, то поправка за уклонение отвесной линии составит на расстоянии **5 км** соответственно **0,12 м** и **0,36 м**.

Поправки за кривизну земли и рефракцию достаточно заметно влияют на конечный результат нивелирования. Так, поправка за кривизну Земли составляет **0,71 м** для расстояний в **3 км**, а для расстояний **5 км** уже **1,96 м**.

6. Высотные опорные инженерно-геодезические сети. Тригонометрическое нивелирование.

При точных работах одинаково тщательно следует определять и учитывать влияние **кривизны Земли, рефракции, уклонов отвесных линий.**

7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

При проектировании нивелирные ходы стремятся располагать по шоссейным или грунтовым просёлочным дорогам, избегая участков местности с большими уклонами, болотами и торфяниками.

На территориях городов нивелирные трассы намечают вдоль улиц с небольшим движением транспорта и пешеходов.

7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

Пункты высотного обоснования закрепляются нивелирными знаками (грунтовыми реперами и стенными реперами и марками).

Нивелирные знаки (марки и реперы) закладывают в стены капитальных зданий, построенных не менее чем за 2 года до закладки знака.

Марки закладывают на высоте от 1,5 до 1,7 м, а реперы — на высоте от 0,3 до 0,6 м над поверхностью земли (тротуара, отмостки и т. д.).

7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

Грунтовые реперы закладывают только при отсутствии капитальных зданий.

В качестве грунтовых реперов также используют устойчивые пункты полигонометрии и строительной разбивочной сети.

Марки и реперы, установленные в стенах, нивелируют не ранее чем через 3 сут, а грунтовые — через 10 сут после их закладки.

7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

Проекты высотных сетей составляют, руководствуясь требованиями действующих инструкций в отношении предельных длин ходов и плотности пунктов.

Поэтому в большинстве случаев при построении высотного геодезического обоснования для топографических съёмок в крупных масштабах и разбивочных работ массового гражданско-жилищного и промышленно-заводского строительства

необходимость в оценке качества проектов высотных сетей не возникает.

7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

Нивелирование IV класса в качестве высотного обоснования, сети сгущения нивелировок более высокого класса, вполне **удовлетворяет по точности** требованиям топографических съёмок самых крупных масштабов при любой высоте сечения рельефа.

7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

Нивелирные сети I и II классов практически **не используются** для обеспечения разбивочных работ на объектах строительства, они имеют специальное назначение и создаются для производства высокоточных работ, таких как строительство метрополитенов, крупных мостовых переходов и водопроводов, а также для наблюдения за осадками и деформациями инженерных сооружений.

7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

Характерная особенность инженерно-геодезического нивелирования II-IV классов является **уменьшение длин ходов и расстояний между реперами.**

7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

Кроме нивелирования II-IV классов в инженерно-геодезической практике широко используется **техническое нивелирование.**

Сети технического нивелирования прокладываются в виде отдельных ходов, систем ходов и полигонов с узловыми точками. **Каждый нивелирный ход опирается своими концами на реперы высших классов или на узловые точки.** В особых случаях могут проектироваться «висячие» ходы, которые, при этом, прокладываются в прямом и обратном направлениях.

7. Проектирование и оценка проектов высотных сетей.

Оценка проектов геодезических сетей, в частности высотных сетей, может быть выполнена в программной среде CREDO или с использованием другого ПО. Исходными данными для оценки могут явиться длины ходов или количество установок нивелира (станций) между реперами и узловыми точками, а также погрешность измерения превышения на станции или средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода в зависимости от класса нивелирования.

- СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !