

А.Ю.Михайлов



ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА



УДК 69.658.(035.5)
ББК 65.9
М 69

ФЗ №436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11
---------------	---

Рецензент

Пименов В.А - к.т.н., доцент кафедры промышленного
и гражданского строительства ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный технический университет»

Михайлов А.Ю.

М 69 Геодезическое обеспечение строительства. Учебное посо-
бие / А.Ю. Михайлов.—М.: Инфра-Инженерия, 2017. – 274 с.

ISBN 978-5-9729-0169-2

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обуче-
ния специальности «Промышленное и гражданское строительство»
направления 08.03.01 «Строительство» при изучении ими дисципли-
ны профессионального цикла «Геодезическое обеспечение строи-
тельных работ».

В учебном пособии рассматриваются практические вопросы гео-
дезического обеспечения строительства с использованием современ-
ных технологий, приводятся примеры решения задач и задачи для са-
мостоятельного решения с целью закрепления изученного материала.

Учебное пособие призвано оказать помощь студентам при под-
готовке к сдаче промежуточной аттестации по теоретическому кур-
су, может быть полезно преподавателям, слушателям курсов повы-
шения квалификации и начинающим геодезистам.

УДК 69.658.(035.5)
ББК 65.9

© Михайлов А.Ю., автор, 2017
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2017

ISBN 978-5-9729-0169-2

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	6
Глава 1. Общие положения	
1.1. Термины, определения и условные знаки	7
1.2. Нормативные документы	13
1.3. Современные геодезические приборы и оборудование	19
1.3.1. Спутниковые технологии в прикладной геодезии	19
1.3.2. Электронные тахеометры	25
1.3.3. Теодолиты	33
1.3.4. Построители плоскостей	40
1.3.5. Нивелиры	43
1.4. Геодезические сети.....	47
1.4.1. Общие сведения о геодезических сетях	47
1.4.2. Традиционные способы построения плановых геодезических сетей	51
1.4.3. Спутниковые способы построения плановых геодезических сетей	66
1.4.4. Высотные геодезические сети	75
1.5. Городская полигонометрия.....	80
1.5.1. Общие сведения о городской полигонометрической опорной сети	80
1.5.2. Восстановительные системы ственных знаков	84
1.5.3. Ориентирные системы ственных знаков	87
1.5.4. Привязка полигонометрических ходов к ственным знакам	90
1.5.5. Привязка полигонометрических ходов к пунктам геодезической сети	92
1.5.6. Определение и учёт элементов приведения	100
1.5.7. Обработка результатов измерений	103
Глава 2. Геодезические работы в промышленном и гражданском строительстве	
2.1. Геодезические разбивочные работы	106
2.1.1. Состав и принципы разбивочных работ	106
2.1.2. Проект производства геодезических работ	108
2.1.3. Нормы точности разбивочных работ	114
2.1.4. Способы подготовки разбивочного чертежа объекта	119
2.1.5. Традиционные способы выноса проекта	123
2.1.6. Примеры решения задач по выносу проекта в натуру.....	134

Пример 1. Вынос одной точки полярным способом	134
Пример 2. Вынос двух точек полярным способом	135
Пример 3. Вынос в натуру основной оси здания способом засечек с одной опорной точки	137
Пример 4. Подготовка разбивочного чертежа при наличии строительной сетки	139
Пример 5. Вынос в натуру основной оси здания полярным способом с двух опорных точек	140
Пример 6. Прямая угловая засечка по измеренным углам (формула Юнга)	142
Пример 7. Прямая угловая засечка по дирекционным углам (формула Гаусса)	144
Пример 8. Оценка точности способа прямой угловой засечки	145
Пример 9. Обратная геодезическая засечка (задача Потенота)	147
Пример 10. Оценка точности обратной геодезической засечки	150
Пример 11. Комбинированная засечка	152
Пример 12. Оценка точности комбинированной засечки	155
Пример 13. Определение обратной засечкой двух точек по двум исходным пунктам (задача Ганзена)	159
Пример 14. Линейная геодезическая засечка	162
Пример 15. Оценка точности линейной геодезической засечки	164
Пример 16. Передача координат с вершины знака на землю ...	166
Пример 17. Лучевой метод определения положения дополнительных пунктов	169
Пример 18. Определение координат точек разомкнутого теодолитного хода с координатной привязкой	173
2.1.7. Современные способы выноса проекта	178
2.1.8. Вынос проекта красных линий, осей улиц и проездов	185
2.1.9. Вынос проекта трасс подземных коммуникаций	189
2.1.10. Геодезическое обеспечение разработки котлованов	193
2.1.11. Геодезические работы при сооружении насыпей и выемок	195
2.1.12. Детальная разбивка ленточных фундаментов.....	197
2.1.13. Геодезические работы при монтаже фундаментов	201
2.1.14. Детальная разбивка свайных фундаментов	206
2.1.15. Геодезические работы при возведении надземной части зданий и сооружений	209

2.1.16. Передача отметок на монтажный горизонт	219
2.1.17. Геодезические работы при монтаже сборных конструкций	221
2.1.18. Геодезические работы при возведении многоэтажных зданий из сборных железобетонных конструкций	227
2.1.19. Геодезические работы при монтаже подкрановых балок и рельсов мостовых кранов	230
2.2. Геодезические наблюдения за осадками, смещениями и деформациями зданий и сооружений	232
2.2.1. Общие сведения о деформациях и причинах их возникновения	232
2.2.2. Требования к размещению высотных и плановых деформационных знаков	238
2.2.3. Способы измерений вертикальных перемещений	244
2.2.4. Упрощенные наблюдения за быстро протекающими осадками	249
2.2.5. Способы измерений горизонтальных перемещений	252
2.2.6. Автоматизация наблюдений за осадками зданий и сооружений	256
2.2.7. Особенности наблюдений за деформациями высотных зданий и сооружений	257
Приложение 1. Проект производства геодезических работ	261
Приложение 2. Акт приемки разбивочной основы для строительства	270
Список использованных источников	271

Глава 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Термины, определения и условные знаки

Абрис – схематический чертеж участка местности.

Базисная сеть – система треугольников, служащая для перехода от длины геодезического базиса к длине стороны триангуляции тригонометрическим способом.

Базисная сторона – сторона треугольника триангуляции, длина которой определена из непосредственных измерений и служит исходной для определения длин других сторон.

Высота сечения рельефа – заданное расстояние между соседними секущими уровнями поверхностями при изображении рельефа горизонталями.

Генеральный план – подробный чертеж проекта строительного объекта с рельефом местности, сооружениями, элементами благоустройства и указанием их расположения. Является исходным документом, на основе которого осуществляется детальное проектирование и строительство отдельных сооружений объекта.

Геодезическая сеть – сеть закреплённых точек земной поверхности, положение которых определено в общей для них системе геодезических координат.

Геодезический знак - устройство или сооружение, обозначающее положение геодезического пункта на местности.

Геодезический базис – линия, длина которой получена из непосредственных измерений и служит для определения длины стороны геодезической сети.

Геодезическая засечка – определение координат точки по элементам, измеренным или построенным на ней или на исходных пунктах. Прямая засечка – засечка, выполненная с исходных пунктов. Обратная засечка – засечка, выполняемая на определяемой точке. Комбинированная засечка – засечка, выполняемая на определяемой точке и с исходных пунктов.

Геодезический пункт – пункт геодезической сети (например, пункт триангуляции).

Геодезический ход – построение в виде ломаной линии.

Геодезическая сеть сгущения – геодезическая сеть, создаваемая в развитие геодезической сети более высокого порядка.

Главные оси (оси симметрии) – две взаимно перпендикулярные линии, относительно которых здание или сооружение располагается симметрично.

Горизонтальное проложение – длина проекции линии на горизонтальную плоскость.

Государственная геодезическая сеть – геодезическая сеть, обеспечивающая распространение координат на территории государства и являющаяся исходной для построения других геодезических сетей.

Детальная высотная разбивка – комплекс работ, включающий перенесение проектных отметок на конструкции от рабочих реперов монтажного горизонта. Выполняется способом геометрического нивелирования с технической точностью.

Детальные разбивочные работы – процесс разбивки промежуточных осей, параллелей основным осям и ориентирных рисок, фиксирующих проектное положение конструкций на монтажном горизонте.

Деформация – процесс изменения положения и геометрии сооружения в пространстве в горизонтальной или вертикальной плоскости.

Дирекционный угол – угол между проходящим через данную точку направлением и линией, параллельной оси абсцисс по ходу часовой стрелки.

Заложение – расстояние на карте между двумя последовательными горизонталями по заданному направлению.

Зенит – точка пересечения отвесной линии или нормали к поверхности земного эллипсоида с небесной сферой.

Инженерные изыскания – вид деятельности, обеспечивающей комплексное изучение природных и техногенных условий строительства, составление прогнозов взаимодействия этих объектов с окружающей средой, обоснование их инженерной защиты с целью разработки проектов возводимых зданий и сооружений.

Исполнительные съёмки – процесс определения планового и высотного положения окончательно закрепленных конструкций и элементов здания и разбивочных осей. Они завершают каждый этап строительно-монтажных работ и геодезических построений. Выделяют текущие и окончательные исполнительные съемки.

Исходный горизонт – условная плоскость, проходящая по поверхности несущих конструкций подземной части зданий (фундаментов или перекрытия нулевого цикла).

Исходный геодезический пункт – геодезический пункт, относительно которого определяются соответствующие характеристики положения других геодезических пунктов.

Исходная сторона геодезической сети – сторона геодезической сети с заданным направлением и длиной, относительно которой определяются эти характеристики других сторон.

Калька высот – документ на кальке, предназначенный для хранения полученной в процессе топографической съемки информации о рельефе.

Калька контуров – документ на кальке, предназначенный для хранения полученной в процессе топографической съемки информации о ситуации.

Каталог координат геодезических пунктов – систематизированный список геодезических пунктов, расположенных на площади, ограниченных листом или листами топографической карты определённого масштаба, где приведены сведения о геодезической сети.

Кронштадтский футшток – в России принята *Балтийская система высот*. Счет абсолютных отметок ведут от уровенной поверхности, проходящей через нуль *Кронштадтского футштока*, закреплённого на опоре Синего моста.

Марка центра геодезического пункта – деталь центра геодезического пункта, имеющая метку, к которой относят его координаты.

Местная система прямоугольных координат – при строительстве различных объектов часто используют условные системы координат, это могут быть главные или основные оси зданий или сооружений.

Монтажный горизонт – условная плоскость, проходящая по поверхности перекрытия каждого последующего этажа или опорного яруса надземной части здания.

Монтажные оси – оси технологического оборудования, которые разбивают и проверяют относительно основных осей. Делят на основные (оси технологических линий, основных агрегатов и машин) и вспомогательные (многоопорных валов, клетей и др.).

Нивелирный репер – геодезический знак, закрепляющий пункт нивелирной сети.

Обноска – ряд вкопанных в землю столбов с прибитой к ним обрезной доской толщиной 40–50 мм, расположенной перпендикулярно линии основных осей. Бывает сплошной, створной, скамеечной. При использовании вместо деревянных столбов и досок металлических стоек и горизонтальных штанг получают инвентарную металлическую обноску.

Ориентирный пункт – пункт, закрепляющий на местности направление с геодезического пункта.

Ориентирные риски – риски в виде черты 5 – 10 см, наносимые на горизонт и фиксирующие плановое положение конструкций в продольном и поперечном направлениях.

Основные оси – оси, образующие контур здания или сооружения в плане.

Оценка эксплуатационной надежности – комплекс работ, выявляющий текущее состояние зданий и сооружений на основе геодезических и не геодезических методов.

План – чертеж, на котором в уменьшенном и подобном виде изображена горизонтальная проекция небольшого участка земной поверхности. Если на плане изображена только ситуация, его называют *контурным*. Если кроме ситуации на план нанесен и рельеф, такой план называют *топографическим*.

Пикет трассы – точка оси трассы, предназначенная для закрепления заданного интервала.

Проект вертикальной планировки – технический документ, определяющий преобразование рельефа местности для инженерных целей.

Проектная отметка – высота точки относительно исходного уровня.

Профиль – вертикальный разрез поверхности Земли по заданному направлению.

Рабочие чертежи – масштабные изображения составных элементов сооружения, размеров в плане и по высоте частей объекта и геометрических связей между ними. Это технические документы, которые непосредственно используются на строительной площадке при размещении и установке отдельных деталей сооружения.

Разбивочная ось – ось сооружения, по отношению к которой в разбивочных чертежах указываются данные для выноса в натуру сооружения или его частей.

Разбивочные работы – процесс переноса геодезическими методами проекта сооружения на местность (в натуру) с последующим закреплением полученных точек.

Разбивочная сеть – геодезическая сеть, создаваемая для перенесения проекта в натуру.

Разбивочный чертеж – чертеж, содержащий все необходимые данные для перенесения отдельных элементов сооружения в натуру.

Рельеф – сочетание неровностей земной поверхности.

Система координат – для определения положения точки в геодезии применяют пространственные, геодезические и плоские прямоугольные координаты.

Ситуация – совокупность находящихся на земной поверхности населённых пунктов, лесов, дорог, каналов, рек и инженерных коммуникаций.

Створ – вертикальная плоскость, проходящая через две данные точки.

Сторона треугольника триангуляции – сторона треугольника триангуляции, длина которой определена из базисной сети.

Строительная сетка – вид наиболее часто используемой в строительстве разбивочной основы, как наиболее удобной для определения планового положения точек в прямоугольной системе координат. Представляет собой сетку квадратов или прямоугольников на генеральном плане со сторонами, равными 50, 100 или 200 м. Выбор формы сетки в основном зависит от конфигурации и типа строящегося объекта.

Строительство – понятие «строительство» включает в себя новое строительство, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение.

Точка нулевых работ – точка, в которой проектная и фактическая отметка одинаковы.

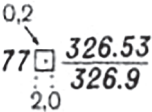
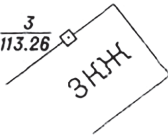
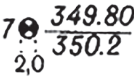
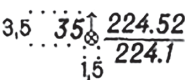
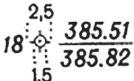
Уклон – это есть отношение превышения между точками к горизонтальному заложению между ними: $i = h / d$.

Уклоны могут измеряться в долях, процентах и промилях. В тех случаях, когда имеют дело уклонами, измеренными в градусах, обычно называют углами наклона.

Уровенная поверхность – поверхность, на которой потенциал силы тяжести Земли всюду имеет одно и то же значение.

Т а б л и ц а 1.1

Условные знаки

	Пункт геодезической сети сгущения и ее номер при обозначении на планах масштаба 1:1000 и 1:500.
	Пункт геодезической сети сгущения при размещении на стенах зданий для масштаба плана 1:1000 и 1:500.
	Репер грунтовый (в числителе дроби – отметка головки, в знаменателе – отметка земли, слева – номер знака).
	Репер строительный, для планов масштаба 1:1000 и 1:500.
	Реперы и марки стенные, для планов масштаба 1:1000 и 1:500.
	Пункты закрепления разбивочной сетки для строительства поперечников и осей зданий и сооружений
	Строения жилые огнестойкие (кирпичные, каменные, бетонные и др.) 1) одноэтажные; 2) выше одного этажа.
	Точки плановых съемочных сетей долговременного закрепления на местности
	Точки плановых съемочных сетей долговременного закрепления в стенах зданий

1.2. Нормативные документы

Геодезические работы в строительстве осуществляются в соответствии с нормативно-технической документацией. Такой документацией являются своды правил (СП), строительные нормы и правила (СНиП), государственные стандарты (ГОСТ), технические условия (ТУ) и другие документы. В них указываются методы и способы производства геодезических работ, их точность для различных этапов строительства, видов сооружений и их особенностей.

Обобщенно инженерно-геодезические работы при возведении зданий и сооружений условно можно разделить на составные части:

- топографо-геодезические изыскания площадок строительства и трасс под линейные сооружения;
- инженерно-геодезическое проектирование;
- геодезические разбивочные работы;
- геодезическое обеспечение работ при монтаже конструкций и технологического оборудования;
- наблюдения за деформациями сооружений и их оснований.

Строительные нормы и правила (СНиП) – в них отражаются основные положения по проектированию и строительству всех видов зданий и сооружений, выбора конструкций и инженерного оборудования, определения сметной стоимости строительства.

При проектировании и строительстве инженерных сооружений кроме отмеченных нормативных актов используются также СП (своды правил), ТУ (технические условия), ВСН (ведомственные строительные нормы), РДС (руководящие документы в строительстве), ТСН (территориальные строительные нормы), СТП (стандарты предприятий строительного комплекса), а также инструкции и другие нормативные документы.

Государственные стандарты – межгосударственные стандарты СНГ, принимаемые Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС), имевшие до недавнего время обязательный характер.

Постановление Правительства Российской Федерации **«О лицензировании отдельных видов деятельности»** от 11 февраля 2002 г. № 135.

Этим Постановлением Правительства РФ было ограничено количество ведомств, лицензирующих геодезические и картографиче-

ские работы, но не упрощен сам процесс лицензирования. Лицензии на геодезические и картографические работы выдавались в различных ведомствах: Роскартография – на виды работ в составе геодезической и картографической деятельности; Госстрой России – на инженерно-геодезические работы в составе инженерных изысканий; Госгортехнадзор России – на маркишейдерские работы.

С 1 января 2009 года выдача строительных лицензий прекращена в связи с введением Закона «О саморегулируемых организациях» от 1 декабря 2007 года № 315.

Федеральный Закон «**О саморегулируемых организациях**» от 1 декабря 2007 года № 315.

Главная идея закона о СРО – переложить контрольные и надзорные функции за деятельностью субъектов в конкретной области с государства на непосредственных участников рынка.

Саморегулируемые организации (СРО) в строительной области разделяют на следующие виды:

- СРО в **проектировании** (СРО проектировщиков);
- СРО в **строительстве** (СРО строителей);
- СРО **инженерных изысканий**.

Свидетельство о допуске к определенному виду или видам работ выдается саморегулируемой организацией без ограничения срока и территории его действия.

Надзор за деятельностью СРО в проектировании, СРО в строительстве и инженерных изысканий осуществляет Ростехнадзор.

В Российской Федерации с 2003 года вступил в действие закон «**О техническом регулировании**» № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 года.

В связи с чем, своды правил, СНиП, ГОСТ, ГОСТ Р в отношении которых выполняется технический регламент, т.е. не включенные в перечень обязательных, с 1 сентября 2011 года должны применяться добровольно. Нормативные документы, обязательные к применению:

ГОСТ Р 51872-2002. **Документация исполнительная геодезическая**. Правила выполнения. Дата введения 1 июля 2002 г.

Государственным стандартом устанавливаются требования к составу, содержанию, оформлению, контролю, порядку приема и хранения геодезической исполнительной документации при строительстве, реконструкции, расширении, капитальном ремонте зданий и сооружений. Положения настоящего стандарта подлежат применению

государственными органами управления и надзора, организациями и лицами – участниками строительства, а также выполняющими исполнительные и контрольные съемки в строительстве.

ГОСТ Р 50.2.024-2002 ГСИ. Теодолиты и другие геодезические угломерные приборы. Методика поверки. Дата введения 1 декабря 2002 г.

Рекомендации устанавливают методы и средства первичной и периодической поверок теодолитов по ГОСТ 10529 и других геодезических угломерных приборов (тахеометров, геодинетров, астроинверсалов и др.) отечественного и зарубежного производства, соответствующих указанным рекомендациям в части определения погрешности ГУП при измерении горизонтальных и вертикальных углов.

ГОСТ Р 50.2.023-2002 ГСИ. Нивелиры. Методика поверки. Дата введения 1 декабря 2002 г.

Настоящие рекомендации предусматривают использование эталонного компаратора для поверки нивелиров.

Рекомендациями устанавливаются методы и средства первичной и периодической поверок нивелиров высокоточных, точных, технических по ГОСТ 10528 отечественного и зарубежного производства. Межповерочный срок устанавливается 1 год.

РД 11-02-2006 Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения (с изменениями на 26 октября 2015 года).

Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2006 года N 1128.

Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов

В инструкции изложены современные требования и указания по технологии фотограмметрических и других камеральных процессов при создании цифровых топографических карт и планов в масштабах 1:25 000, 1:10 000, 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. В ней рассмотрена общая система проведения работ и установлены основные технические требования к их производству. Дата введения 1 августа 2002 г.

Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS

В документе описан порядок проведения работ по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с помощью аппаратуры глобальных навигационных спутниковых систем. Кроме того, рассмотрены порядок проведения проектирования, реконсцировки, спутниковых определений различными методами и даны общие рекомендации по предварительной вычислительной обработке. Дата введения 1 марта 2002 г.

Инструкция о порядке предоставления в пользование и использования материалов и данных федерального картографо-геодезического фонда

Инструкция устанавливает порядок предоставления в пользование, использования и учета материалов и данных федерального картографо-геодезического фонда, опубликована в «Российской газете» № 161 28 августа 2002 г.

Инструкция по составлению и изданию каталогов геодезических пунктов

В инструкции изложены требования к структуре, содержанию и оформлению каталогов координат геодезических пунктов, процессы и порядок составления и издания каталогов. Инструкция предназначена для учреждений министерств и ведомств, выполняющих составление и издание каталогов координат геодезических пунктов государственной геодезической сети и пунктов геодезических сетей сгущения. Дата введения 1 марта 2002 г.

СП 126.13330.2012 Геодезические работы в строительстве
Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84

Свод правил распространяется на производство геодезических работ, контроль точности геометрических параметров возводимых конструкций, мониторинг их смещаемости и деформативности.

При строительстве линейных сооружений, линий электропередачи, связи, трубопроводов и других объектов технической инфраструктуры, а также автомобильных, железных дорог, тоннелей, гидротехнических сооружений должны учитываться требования действующих нормативных документов.

При расчете точности выполнения измерений для монтажа технологического оборудования, мониторинга несмещаемости и де-

формативности возводимых конструкций в процессе производства работ, необходимо соблюдать дополнительные требования, предусмотренные проектной документацией, СНиП 12-03 Часть 1 и СНиП 12-04 Часть 2.

СП 11-104-97 Свод правил по инженерным изысканиям для строительства

Свод правил по инженерно-геодезическим изысканиям для строительства разработан в развитие обязательных положений и требований СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» и устанавливает общие технические требования, правила производства инженерно-геодезических изысканий, состав и объем отдельных видов изыскательских работ, выполняемых на соответствующих этапах (стадиях) освоения и использования территории (проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации предприятий, зданий и сооружений).

Настоящий документ устанавливает состав, объемы, методы и технологию производства инженерно-геодезических изысканий и предназначен для применения юридическими и физическими лицами, осуществляющими деятельность в области инженерных изысканий для строительства на территории Российской Федерации.

СНиП 10-01-94 Система нормативных документов в строительстве. Основные положения

Настоящие нормы и правила определяют основные цели, принципы и общую структуру Системы нормативных документов в строительстве, требования к нормативным документам, их содержанию, построению, изложению и оформлению, порядок разработки, принятия и применения.

Нормативные документы Системы подразделяются на государственные федеральные документы, документы субъектов Российской Федерации и производственно-отраслевые документы субъектов хозяйственной деятельности. С учетом требований ГОСТ Р 1.0 в составе Системы разрабатывают следующие документы.

Федеральные нормативные документы: строительные нормы и правила Российской Федерации – СНиП;

Государственные стандарты Российской Федерации в области строительства - ГОСТ Р;

Сводные правил по проектированию и строительству – СП;

Руководящие документы Системы – РДС;

Нормативные документы субъектов Российской Федерации: Территориальные строительные нормы - ТСН, Производственно-отраслевые нормативные документы, стандарты предприятий (объединений) строительного комплекса и стандарты общественных объединений - СТП и СТО.

В качестве федеральных, применяют также межгосударственные нормативные документы, введенные в действие на территории Российской Федерации.

СНиП 11-01-95 *Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений*

Инструкция устанавливает порядок разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений на территории Российской Федерации и предназначена для применения заказчиками (инвесторами), органами государственного управления и надзора, предприятиями, организациями, объединениями, иными юридическими и физическими лицами (в том числе зарубежными) – участниками инвестиционного процесса. Порядок разработки проектной документации для строительства объектов за границей, устанавливается отдельными нормативными документами.

1.3. Современные геодезические приборы и оборудование

1.3.1. Спутниковые технологии в прикладной геодезии

Спутниковые геодезические измерения выполняют с помощью аппаратуры, работающей по сигналам спутников навигационных систем GPS (*Global Positioning System*, США) и ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система, Россия). В Европейском союзе ведутся работы по созданию еще одной системы – GNSS-2 «GALILEO».

Несмотря на то, что изначально спутниковые технологии были направлены исключительно на военные нужды, сегодня они широко используются в гражданских целях и в быту. Например, приемники GPS продаются во многих магазинах, торгующих электроникой (мобильные телефоны, смартфоны, наручные часы, онбордеры и т.д.). С помощью спутниковых технологий можно определять точные координаты точек и границы земельных участков; создавать электронные карты; осуществлять воздушную, морскую и наземную навигацию; осуществлять сотовую связь; производить наблюдения за тектоническими процессами и обеспечивать индустрию развлечений (игры).

Существенным недостатком использования любой радионавигационной системы является то, что при определённых условиях сигнал может не доходить до приёмника, или приходиться со значительными искажениями или задержками. Например, практически невозможно определить своё точное местонахождение в глубине железобетонного здания, в подвале или в тоннеле. Уровень приёма сигнала от спутников может серьёзно ухудшиться под плотной листвой деревьев или из-за очень большой облачности. Нормальному приёму сигналов могут повредить помехи от многих наземных радиисточников, например, при преднамеренно создаваемых помехах «глушилками».

GPS реализована и эксплуатируется министерством обороны США и поэтому есть полная зависимость от этого органа в получении другими пользователями точного сигнала.

Спутниковая навигационная система включает в себя: подсистему космических аппаратов; подсистему контроля и управления; подсистему аппаратуры потребителей.

Подсистема космических аппаратов состоит из 24 искусственных спутников Земли, обращающихся вокруг Земли по орбитам, близким к круговым, на высоте около 20000 км. В любом месте Земли на высоте более 15° над горизонтом одновременно видны от 4 до 8 спутников.

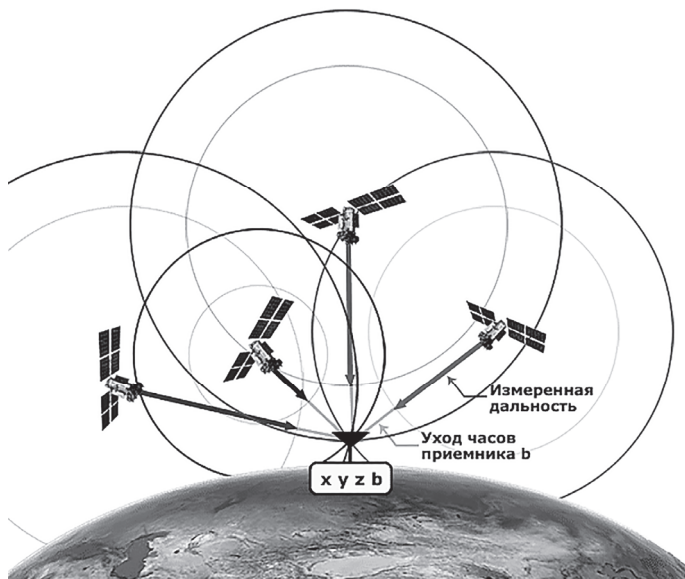


Рис. 1.1. Принцип работы спутниковой системы Глонасс

Спутники принимают и хранят информацию с наземных станций, а также непрерывно излучают для пользователей измерительные радиосигналы, данные о времени, свои координаты и другие данные. Для спутниковых определений установлены свои геодезические пространственные координаты с началом в центре масс Земли. Навигационное сообщение представляет собой файл, включающий следующие данные: коэффициенты полинома для вычисления ошибки часов спутника, элементы орбиты для вычисления пространственных прямоугольных координат спутника, параметры для вычисления ионосферной поправки, приближенные элементы орбит всех спутников и др.

Определение местоположения с помощью спутников основано на измерении расстояний от спутников до приемника, по скорости и времени распространения радиоволн.

Подсистема контроля и управления состоит из главной контрольной станции, станций слежения, управляющих станций. Подсистема предназначена для управления, информационного обеспечения спутников и контроля правильности их функционирования.

Станции слежения, наблюдая за движением спутников, выполняют траекторные измерения, результаты которых сообщают на главную контрольную станцию. На главной контрольной станции по данным, полученным со станций слежения, вычисляют прогнозируемые параметры орбит спутников и другие элементы, входящие в текст навигационного сообщения.

Управляющие станции загружают подготовленную информацию на спутники.

Подсистема аппаратуры потребителей – это множество средств, выполняющих прием информации со спутников, измерение параметров, связывающих положение аппаратуры пользователя с расположением спутников, и их обработку.

В результате обработки получают координаты аппаратуры потребителя и, если требуется, и вектор скорости движения. Аппаратура, входящая в состав геодезического спутникового приемника, имеет общую массу от 4 до 8 кг, рабочий диапазон температур от -20° до $+60^{\circ}$, продолжительность непрерывной работы аккумулятора 6 – 8 часов. Измерения в геодезии выполняют комплектом, состоящим из двух и более геодезических спутниковых приемников.

Если измерить дальности до трех спутников, то зная их координаты, методом линейной засечки можно определить координаты точки стояния приемника. Однако, в силу разного рода причин, определенное расстояние до спутника будет содержать погрешности (псевдодальность). Поэтому, чтобы правильно вычислить координаты по псевдодальностям, производят измерения расстояний как минимум до четырех спутников.

Методы определения местоположения с помощью спутниковых технологий можно разделить на абсолютные и относительные.

К абсолютным методам относят кодовые измерения, применяющиеся при решении задач навигации, к относительным методам – фазовые измерения, использующиеся в геодезии.

Кодовые измерения применяются при решении задач навигации. Координаты объекта, определяемые по результатам кодовых измерений, имеют точностью около 3 м. В геодезических работах

кодовые измерения играют вспомогательную роль – служат для определения приближенных координат пунктов сети.

Фазовые измерения в геодезических работах являются основными, обеспечивая возможность построения геодезических сетей высокой точности.

Сущность метода заключается в измерении разности фаз между колебаниями, принятыми от спутника, и колебаниями такой же частоты, выработанными в приемнике.

Расстояние между спутником и приемником непрерывно изменяется, отчего изменяется и сдвиг по фазе $N + \Phi$. В приемнике спутниковых сигналов предусмотрено измерение непрерывно изменяющейся разности фаз Φ и подсчет числа переходов ее через ноль, изменяющих целое число волн в расстоянии. Это число прибавляется к измеряемой величине Φ , отчего суммарный сдвиг по фазе оказывается неправильной дробью, а неизвестное число N остается постоянным для всех расстояний от пункта p до спутника s . Определение целого числа N называется разрешением его неоднозначности.

Разности фаз измеряют с высокой точностью, соответствующей долям миллиметра. Однако вычислить координаты приемника с указанной точностью не удастся из-за ошибок орбиты, влияния ионосферы и других причин. Точность фазовых измерений реализуют, применяя метод относительного определения положения пунктов. Результаты одновременных наблюдений одного и того же спутника в двух пунктах содержат значительные, но общие, близкие по величине погрешности. Поэтому разности результатов измерений от них практически свободны и позволяют с высокой точностью определять разности координат X, Y, Z двух пунктов, то есть трехмерный вектор $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$, их соединяющий. Следовательно, зная координаты X, Y, Z одного пункта, можно, определить разности координат $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ до другого и вычислить его координаты.

Практическая реализация данного метода осуществляется следующим образом. Необходимо иметь не менее двух спутниковых приемников. Один из них устанавливается на пункте с известными координатами (базовая станция), а другой – на точке, координаты которой необходимо определить. Наблюдая в течение некоторого времени одновременно с двух станций одни и те же спутники, получают приращение координат относительно базовой станции с погрешностью от 0,5 до 2,0 см.

Спутниковые технологии определения координат имеют ряд существенных преимуществ перед традиционными методами. Но, в то же время, на закрытой и полузакрытой местности (лес, городские кварталы) применять их довольно трудно. В таких случаях спутниковые методы сочетают с традиционными методами.

Точность относительных определений зависит от времени наблюдения, поэтому различают три основных методики: статическую, кинематическую и динамическую.

Спутниковая геодезическая аппаратура обеспечивает возможность работы в различных режимах.

В режиме «Статика» одновременные измерения на двух или нескольких пунктах выполняются неподвижными приемниками. Один из приемников принимают за базовый. Положение остальных приемников определяется относительно базового. Измерения в режиме «Статика» выполняют, как правило, на больших расстояниях между пунктами (свыше 15 км). Время наблюдений зависит от расстояния между пунктами, числа спутников, состояния ионо- и тропосферы, требуемой точности и составляет обычно не менее 1 ч.

Режим «Быстрая статика» позволяет сократить продолжительность измерений, благодаря возможности применения на линиях до 15 км активных алгоритмов разрешения неоднозначности. Продолжительность наблюдения в этом режиме составляет 5–20 мин.

Режим «Реокупация» используется, когда нет одновременной видимости на необходимое число спутников. Тогда измерения выполняют за несколько сеансов, накапливая нужный объем данных. На этапе компьютерной обработки все данные объединяют для выработки одного решения.

Режим "Кинематика" служит для определения координат передвижной станции в ходе ее перемещения. При работе в этом режиме необходимо, чтобы приемники на базовой и передвижной станциях поддерживали непрерывный контакт со спутниками в течение всего времени измерений. До начала движения выполняют инициализацию – разрешение неоднозначности фазовых измерений.

Режим "Стой-иди" – такая разновидность кинематического режима, когда передвижную станцию перемещают с точки на точку, делая на каждой точке остановку и выполняя для повышения точности несколько эпох измерений в течение 5–30 с. Значения средних квадратических погрешностей определения положения, мм, принято характеризовать формулой:

$$m = a + b \cdot D$$

где D – расстояние между базовым и подвижным приемниками, км. Значения параметров a и b приведены в табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1.2

Параметры точности определения положения

Режим измерений	Аппаратура			
	двухчастотная		одночастотная	
	a , мм	b , мм/км	a , мм	b , мм/км
Статика	5	1	10	2
Быстрая статика	5...10	1	10	2
Реокупация	10...20	1	10...20	2
Кинематика	10...20	1	20...30	2
Стой–иди	5...10	1	10...20	2

На российском рынке достаточно широко представлены спутниковые приемники различного класса и назначения производства ряда известных зарубежных фирм: Leica (Швейцария), Trimble (США), Spectra Precision, Sokkia, Nikon и Topcon (Япония), Carl Zeiss (Германия), Geotronics (Швеция), South (Корея), Sercel (Франция) и др. Одно из требований, предъявляемое временем к GPS оборудованию - это возможность использования различных навигационных систем, которые действуют сейчас: GPS, ГЛОНАСС и перспективные Galileo.



Рис.1.2. Внешний вид приемников GPS

GPS-приемники для режима RTK, - единственный способ в реальном времени получить координаты точек на местности с уровнем точности до сантиметра.

1.3.2. Электронные тахеометры

Электронный тахеометр представляет собой геодезический прибор, объединяющий теодолит, светодальномер и микро-ЭВМ, что позволяет выполнять угловые, а также линейные измерения и осуществлять совместную обработку результатов этих измерений.

Функции электронного тахеометра может выполнять прибор, получаемый путем установки на оптический или электронный теодолит малогабаритного автоматизированного топографического светодальномера (возможность такой установки предусмотрена на всех современных топографических светодальномерах) в этом случае регистрацию результатов угловых и линейных измерений выполняют отдельно, обработку выполняют на внешней ЭВМ.

Некоторые ведущие производители спутниковых систем, такие как Trimble или Magellan/Ashtech (США), рассматривают электронные тахеометры как геодезические системы вторичного значения, заведомо отдавая предпочтение спутниковым системам реального времени (RTK) как первостепенным геодезическим системам. Так, например, первый электронный тахеометр фирмы Trimble (США), по замыслу создателей предназначался для дополнения возможностей спутниковых систем RTK.

Другие ведущие производители электронных тахеометрических систем, такие, например, как Spectra Precision (Швеция/Германия), Leica (Швейцария), Sokkia, Topcon, Nikon, Pentax (Япония) и другие рассматривают их как геодезические системы первичного значения, функциональные возможности которых могут дополняться возможностями спутниковых приемников.

Таким образом, две основные концепции развития геодезических систем определяют появление новых электронных тахеометров и систем. Какая концепция будет преобладать в будущем, какие принципиально новые системы поступят на рынок геодезического оборудования, покажет время.

Современные тахеометры существенно различаются не только своими техническими характеристиками, конструктивными особенностями, но и прежде всего ориентацией на конкретного пользователя или определенную сферу применения. Поэтому тахеометры можно также классифицировать по их предназначению для решения конкретных задач. В целом, с помощью электронного тахеометра можно решать следующие задачи:

- сгущение геодезической сети методом полигонометрии;
- измерение сторон в трилатерации;
- создание планово-высотного обоснования;
- привязка снимков;
- топографическая крупномасштабная съемка местности;
- инженерно-геодезические изыскания;
- вынос проекта в натуру и геодезическое обеспечение монтажных работ при возведении зданий и сооружений;
- кадастровые работы и т.п.



Рис. 1.3. Внешний вид электронного тахеометра Topcon и станции с интегрированным GPS Leica Viva SmartStation

По принципу работы с отсчетными устройствами электронные тахеометры условно можно разделить:

- с визуальным отсчетом углов;
- с электронным отсчетом (Total station - универсальные станции).

В первом случае снимаемые визуально отсчеты по шкаловому микрометру или оптическому микрометру вводят в процессор ручным набором на клавиатуре, а во втором углы в цифровом виде выводятся на табло. Измерение линейных величин выводится на табло автоматически во всех случаях.

Автоматическое считывание углов выполняется путем их перевода в электрические сигналы при помощи аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Применяют в основном два вида АЦП - *кодовый* и *инкрементальный*.