

Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации

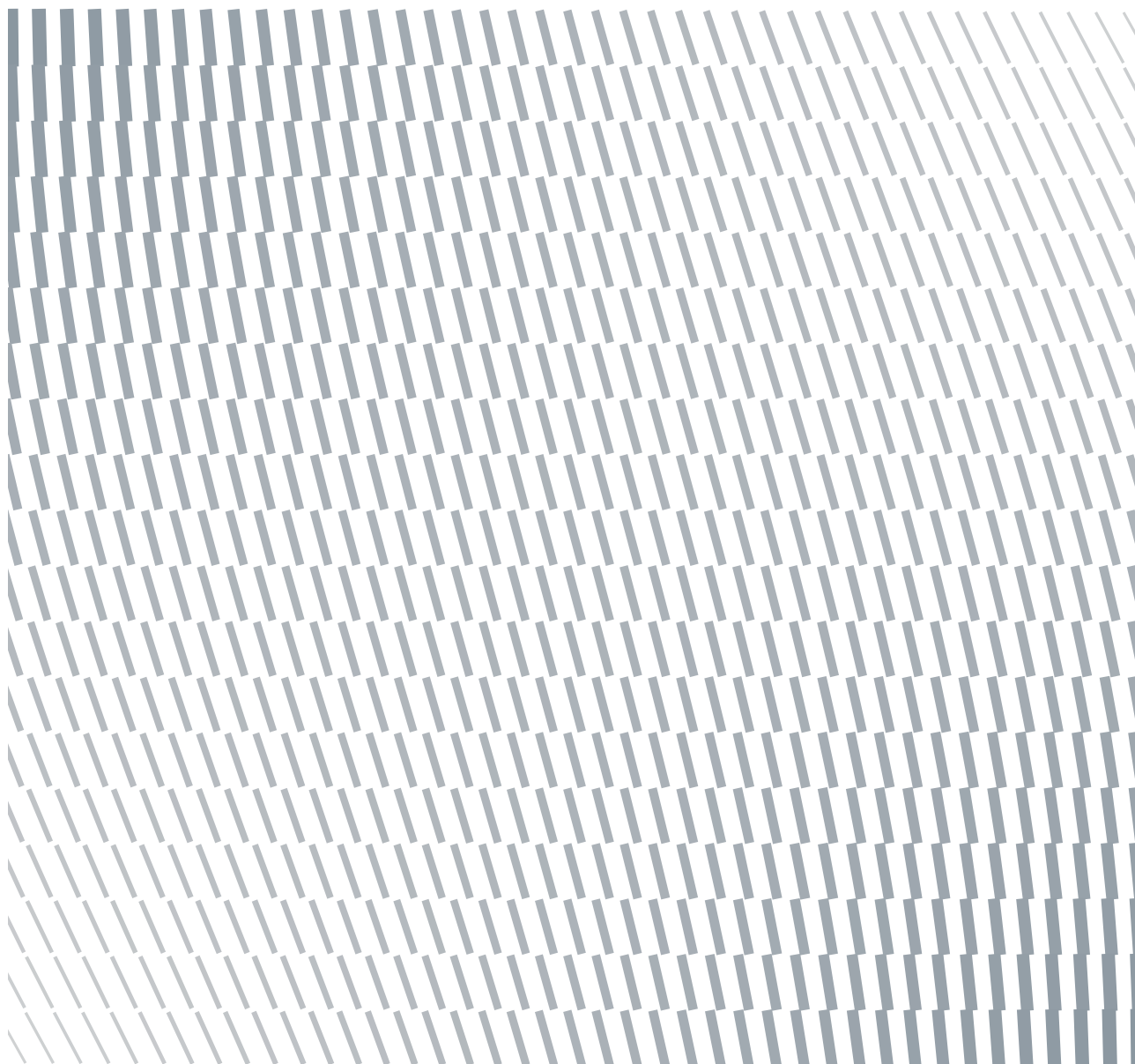
Московский
государственный
университет геодезии
и картографии
(МИИГАиК)

С.В. Швец

Автоматизация топографических съёмок

методические указания по выполнению
контрольной работы по направлению подготовки
21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование»
заочная форма обучения

МОСКВА 2024



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК)

С.В. Швец

Автоматизация топографических съемок

методические указания по выполнению контрольной работы
по направлению подготовки 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование»
заочная форма обучения

МИИГАиК
Москва
2024

УДК 528.42
ББК 26.112.3
Ш35

Рецензенты:

д-р пед. наук, доцент **М.В. Литвиненко** (МИИГАиК)

Швец, Сергей Владимирович

Ш35 Автоматизация топографических съемок / С.В. Швец : методические указания по выполнению контрольной работы по направлению подготовки 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование», заочная форма обучения. — Москва : МИИГАиК, 2024. — 76 с. : ил.

В пособии изложены методические указания по выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование».

УДК 528.42
ББК 26.112.3

Электронное учебное издание

Швец Сергей Владимирович

Автоматизация топографических съемок

Публикуется в авторской редакции

Верстка *Е.Д. Журавлева*

Рассмотрено и одобрено на заседании

Редакционно-издательского совета МИИГАиК

2024 г.

Электронная версия учебно-методического пособия размещена
на сайте МИИГАиК www.miigaik.ru

© МИИГАиК, 2024

© Коллектив авторов, 2024

Содержание

Введение	4
Требования к знаниям и умениям студента	4
Условие допуска к защите	4
Методические указания по выполнению контрольной работы	5
1 Автоматизация топографических съемок. Общие сведения	6
1.1 Нормативные ссылки	6
1.2 Термины и определения	6
1.3 Требования инструкции для проведения топографической съемки. Общие сведения	9
1.4 Содержание топографических планов	13
1.5 Проектирование топографо-геодезических работ	15
1.6 Содержание модели местности	15
1.7 Принципиальная схема цифрового моделирования местности	17
1.8 Классификация и кодирование топографо-геодезической информации	18
2 Тахеометрический метод съемки	22
2.1 Назначение электронных тахеометров. Устройство, функциональные возможности и технические характеристики электронного тахеометра Leica TS03	22
2.2 Подготовка электронного тахеометра к началу работы. Основные функциональные и управляющие клавиши	27
2.3 Поверки и юстировки	35
2.4 Проложение тахеометрического хода	46
2.5 Обратная линейно-угловая засечка	53
2.6 Особенности съемки застроенных территорий	59
2.7 Экспорт данных из тахеометра	63
3 Векторизация растровых изображений	67
3.1 Трансформирование растровых изображений	67
3.2 Оцифровка растровых изображений в ТИМ Credo «Топография»	70
4 Требования к оформлению контрольной работы	74
Литература	75
Приложение А	76

Введение

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ И УМЕНИЯМ СТУДЕНТА

Согласно учебному плану для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование», предусматривается выполнение контрольной работы по курсу «Автоматизация топографических съемок», которую студенты выполняют самостоятельно до прибытия на сессию и присылают преподавателю на проверку.

По результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения контрольной работы студент должен:

Знать	методы получения и обработки топографической информации; классификаторы топографических объектов; существующее программное обеспечение для топографо-геодезических задач
Уметь	создавать и обновлять топографические планы; выполнять программно-математическую обработку накопленной топографической информации

УСЛОВИЕ ДОПУСКА К ЗАЩИТЕ

По результатам проверки студент может получить следующие оценки:

1. Работа допущена к защите.
2. Работа допущена к защите с исправлениями.
3. Работа не допущена к защите.

Порядок допуска к защите контрольной работы во время очных занятий на сессии:

Результат проверки	Действия студента
Работа допущена к защите без исправлений	Сделав исправления в работе, где это указано преподавателем, студент не присылает повторно работу на проверку, а приносит исправленную работу на очные занятия в распечатанном виде для защиты
Работа допущена к защите с исправлениями	
Работа не допущена к защите	Сделав исправления в работе, где это указано преподавателем, студент присылает работу на проверку повторно, до тех пор, пока работа не будет допущена к защите без исправлений или с незначительными исправлениями

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа предусматривает выполнение **двух заданий**:

1. Реферат по применяемому студентом прибору для топографической съемки (тахеометр, цифровой нивелир, ГНСС-оборудование, сканер).
В случае, если студент выполняет камеральные работы, прибор выбирается самостоятельно, используя информацию сети интернет. При создании реферата руководствоваться схемой из раздела «Работа с тахеометром Leica TS03» данного учебно-методического пособия.
2. Векторизация растровых изображений. Студенту необходимо составить ситуационный план местности по прилагаемому растровому файлу. Исходные данные: фрагмент плана масштаба 1 : 2000 (Air0001.bmp). Трансформирование файла Air0001.bmp выполнить по точкам пересечения координатных линий.
Координаты юго-западной точки $X = 2000 + 1000 \times i$; $Y = 3000 + 1000 \times i$,
где i — две последние цифры вашего индивидуального шифра студента.

В ходе выполнения контрольной работы необходимо последовательно решить перечисленные выше задачи контрольной работы.

Цель контрольной работы: знакомство с современными приборами для производства топографической съемки, их техническими характеристиками, выполнением поверок и работам по съемке.

Задачи контрольной работы:

- изучить нормативную документацию, ссылки на которую приведены в главе 1 данных методических указаний;
- изучить теоретическую информацию, представленную в главе 1 методических указаний;
- изучить устройство, технические характеристики, поверки и производство тахеометрической съемки с применением тахеометра Leica TS03 — глава 2;
- изучить процесс трансформации и векторизации растровых изображений — глава 3.

1 Автоматизация топографических съемок. Общие сведения

Одним из основных результатов научно-технического прогресса в области топографических съемок нужно считать появление автоматизированных технологий сбора, обработки и интерпретации информации об объектах топографических съемок. Эти технологии основаны на использовании совместимых современных автоматизированных электронных и электронно-оптических измерительных приборов, программ для передачи данных и измерений в ЭВМ в необходимых формах, программ для обработки результатов съемок, хранения, а также программ и устройств для печати цифровых карт на различных материалах.

1.1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В пособии использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 28441-99 Картография цифровая. Термины и определения.
- ГОСТ 22268-76 Геодезия. Термины и определения.
- ОСТ 68-14-99 Виды и процессы геодезической и картографической производственной деятельности. Термины и определения.
- ОСТ 68-15-01 Измерения геодезические. Термины и определения.

1.2 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Топографический план	Картографическое изображение на плоскости в ортогональной проекции в крупном масштабе ограниченного участка местности, в пределах которого кривизна уровенной поверхности не учитывается
Топографическая съемка	Комплекс работ, выполняемых с целью получения съемочного оригинала топографической карты или плана, а также получение топографической информации в другой форме
Тахеометрическая съемка	Топографическая съемка, выполняемая при помощи тахеометра
Теодолитная съемка	Топографическая съемка, выполняемая при помощи теодолита и мер длины или дальномеров
Съемочная точка	Точка, с которой выполняют съемку данного участка местности
Съемочный пикет	Точка, положение которой определяют относительно съемочной точки в процессе съемки данного участка местности
Абрис	Схематический чертеж участка местности

Цифровая (картографическая) модель	Логико-математическое представление в цифровой форме объектов картографирования и отношений между ними
Цифровая модель местности (ЦММ)	Цифровая картографическая модель, содержащая данные об объектах местности и ее характеристиках
Цифровая модель объектов местности	Цифровая модель местности, содержащая информацию о плановом и высотном положении объектов местности, кроме рельефа
Цифровая модель рельефа (ЦМР)	Цифровая модель местности, содержащая информацию о ее рельефе
Цифровой план	Цифровая картографическая модель, содержание которой соответствует содержанию плана определенного вида и масштаба
Электронный план	Цифровая картографическая модель, визуализированная или подготовленная к визуализации на экране средствами отображения информации в специальной системе условных знаков, содержание которой соответствует содержанию плана определенного вида и масштаба
Графическая копия цифрового (электронного) плана	Графическое изображение на твердом носителе, содержание которого адекватно содержанию цифрового (электронного) плана
Графическая среда пользователей электронных карт (планов)	Совокупность средств программного, технологического, информационного и лингвистического обеспечения работ с цифровой картографической информацией
Условный знак электронной карты	Картографический условный знак, предназначенный для отображения объекта электронной карты
Библиотека условных знаков (электронных карт)	Систематизированный набор формализованных описаний условных знаков электронных карт
Библиотека шрифтов (электронных карт)	Систематизированный набор формализованных описаний символов, применяемых для отображения характеристик объектов, их географических названий и пояснительных подписей электронных карт
Система классификации и кодирования (для цифрового картографирования)	Совокупность методов и правил распределения множества объектов цифрового картографирования по классификационным группам
Классификатор картографической информации (для цифрового картографирования)	Классификатор, содержащий систематизированный перечень наименований и кодов объектов цифровых карт и их характеристик
Правила цифрового описания (картографической информации)	Система единых требований к формализованному цифровому описанию картографической информации

Слой (цифровой картографической информации)	Совокупность объектов цифровой или электронной карты, объединенная каким-либо признаком или группой признаков
Объект цифровой (электронной) карты	Структурная единица цифровой (электронной) карты, характеризующая конкретный объект карты или местности и его признаки. Примечание: Подпись является объектом цифровой или электронной карты
Площадной объект (цифровой [электронной] карты)	Объект цифровой (электронной) карты, метрическое описание которого представлено последовательностью координат точек его замкнутого контура
Линейный объект (цифровой [электронной] карты)	Объект цифровой (электронной) карты, метрическое описание которого представлено последовательностью координат его точек
Точечный объект (цифровой [электронной] карты)	Объект цифровой (электронной) карты, метрическое описание которого представлено координатами одной точки
Комплексный объект (цифровой [электронной] карты)	Объект цифровой (электронной) карты, состоящий из совокупности объектов
Код объекта (цифровой карты)	Буквенно-цифровая комбинация, однозначно соответствующая объекту цифровой карты
Код характеристики объекта (цифровой карты)	Буквенно-цифровая комбинация, однозначно соответствующая признаку, характеризующему объект цифровой карты
Характер локализации объекта (цифровой карты)	Вид геометрического представления объекта цифровой карты
Код характера локализации объекта (цифровой карты)	Буквенный или цифровой код, однозначно соответствующий характеру локализации объекта цифровой карты
Пространственно-логические связи (объектов цифровой [электронной] карты) (ПЛС)	Совокупность данных о топологических отношениях между объектами цифровой (электронной) карты
Векторная форма представления (цифровой картографической информации)	Способ представления метрической картографической информации в виде последовательности векторов
Растровая форма представления (цифровой картографической информации)	Способ представления цифровой картографической информации в виде матрицы, элементами которой являются коды цветов картографического изображения

Цифрование картографического материала	Преобразование картографической информации в цифровую форму
Векторизация цифровой картографической информации	Преобразование цифровой картографической информации из растровой формы представления в векторную
Автоматизированная (картографическая) генерализация	Генерализация цифровой картографической информации, выполняемая на ЭВМ в диалоговом режиме
Геодезические работы	Категория полевых и камеральных работ, основным назначением которых является сбор данных для определения фигуры, размеров, гравитационного поля Земли, координат точек земной поверхности и их изменений во времени
Топографические работы	Категория полевых и камеральных работ, основным назначением которых является топографическая съемка с целью получения оригиналов топографических карт и планов
Топографо-геодезические работы	Категория геодезических и топографических работ, выполняемых по единому проекту или плану
Картографические работы	Категория работ, основным назначением которых является создание картографической продукции по результатам съемки или по исходным картографическим материалам. Примечание: К картографическим работам относятся также создание цифровых и электронных карт и цифровые технологические процессы сбора, обработки и представления цифровой картографической информации, связанной географически и используемой в ГИС
Геодезический прибор	Средство геодезических измерений, предназначенное для получения измеряемой величины в установленном диапазоне в форме, доступной для непосредственного восприятия
Топографический прибор	Геодезический прибор, предназначенный для выполнения наземной топографической съемки
Горизонтирование (средства геодезических измерений)	Операция по совмещению вертикальной оси средства измерений с отвесной линией и (или) приведение визирной оси зрительной трубы в горизонтальное положение
Центрирование (средства геодезических измерений)	Операция по совмещению вертикальной оси средства измерений с отвесной линией, проходящей через пункт относимости геодезических измерений

1.3 ТРЕБОВАНИЯ ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Методы топосъемки, содержание топопланов, методы их составления и обновления определяются соответствующими нормативными документами (инструкциями).

Различают съемки для создания топографических планов (карт) крупных масштабов (1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000) и мелких (1:10000, 1:25000 и мельче).

Для удобства читателей далее приводятся некоторые сведения из инструкции по крупномасштабной съемке.

Съемке и отображению на топографических планах подлежат все элементы ситуации и рельефа, предусмотренные действующими условными знаками. Для решения отдельных отраслевых задач могут создаваться специализированные топографические планы.

При создании специализированных топографических планов допускается отображение на плане не всей ситуации местности, применение нестандартных сечений рельефа, снижение или, наоборот, повышение требований к точности изображения контуров или рельефа местности.

Топографические планы масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 создаются путем топографических съемок или картосоставлением (кроме масштаба 1 : 500) по материалам топографических съемок, как правило, более крупного масштаба.

Топографические съемки выполняются следующими методами:

- стереотопографическим;
- комбинированным аэрофототопографическим;
- наземным фототопографическим (фототеодолитная съемка);
- спутниковым;
- лазерной локации (сканерная съемка);
- тахеометрическим или теодолитным.

Высота сечения рельефа на топографических планах устанавливается, как правило, в соответствии с данными таблицы 1.

ТАБЛИЦА 1

Высота сечения рельефа на топографических планах

Характеристика участка местности и максимальные доминирующие углы наклона	Масштаб топографической съемки				
	1 : 200	1 : 500; 1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000	1 : 10000
Спланированные территории и участки с твердым покрытием с углами наклона до 2°	0,25; 0,5	0,25; 0,5	0,25; 0,5	0,5; 1,0	—
Равнинный с углами наклона до 2°	0,25; 0,5	0,5; 1,0	0,5; 1,0	0,5; 1,0	1,0; 2,0
Всхолмленный с углами наклона до 4°	—	0,5; 1,0	0,5; 1,0; 2,0	1,0; 2,0	2,0; 2,5
Пересеченный с углами наклона до 6°	—	0,5; 1,0	1,0; 2,0	2,0; 5,0	2,5; 5,0
Горный и предгорный с углами наклона свыше 6°	—	1,0; 2,0	2,0; 2,5	2,0; 5,0	5,0; 10,0

Для изображения характерных деталей рельефа, не выражающихся горизонталями основного сечения, следует применять дополнительные горизонтали (полугоризонтали) и вспомогательные горизонтали.

Полугоризонтالي обязательно проводят на участках, где расстояния между основными горизонталями превышают 2,5 см на плане.

Средние погрешности (ошибки) в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм, а в горных и залесенных районах — 0,7 мм. На территориях с капитальной и многоэтажной застройкой предельные погрешности во взаимном положении на плане точек ближайших контуров (капитальных сооружений, зданий и т. п.) не должны превышать 0,4 мм.

Средние погрешности съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать по высоте:

- 1/4 принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до 2° ;
- 1/3 при углах наклона от 2° до 6° для планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000 и до 10° для планов масштабов 1 : 1000 и 1 : 500;
- 1/3 при сечении рельефа через 0,5 м на планах масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000.

На лесных участках местности эти допуски увеличиваются в 1,5 раза. В районах с углами наклона свыше 6° для планов масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000 и свыше 10° для планов масштабов 1 : 1000 и 1 : 500 число горизонталей должно соответствовать разности высот, определенных на перегибах скатов, а средние погрешности высот, определенных на характерных точках рельефа, не должны превышать 1/3 принятой высоты сечения рельефа.

Геодезической основой крупномасштабных съемок служат:

- 1) **государственные геодезические сети:** триангуляция и полигонометрия 1, 2, 3 и 4 классов; нивелирование I, II, III, IV классов;
- 2) **геодезические сети сгущения:** триангуляция 1 и 2 разрядов, полигонометрия 1 и 2 разрядов; техническое нивелирование;
- 3) **съемочная геодезическая сеть:** плановые, высотные и планово-высотные съемочные сети или отдельные пункты (точки), а также точки фотограмметрического сгущения.

В исключительных случаях топографические съемки допускается выполнять только на съемочном обосновании, если на участке или вблизи него на расстоянии до 5 км отсутствуют пункты государственной геодезической сети и если на участке в ближайшее время не будут развиваться топографические съемки.

Съемки в городах выполнять только на съемочном обосновании не разрешается.

Самостоятельные съемочные сети ориентируются по дирекционному углу, определенному со средней квадратической погрешностью $1'$.

На участках съемок масштабов 1 : 5000, 1 : 2000 площадью до 5 км² разрешается ориентировать съемочные сети по магнитному азимуту.

Координаты и высоты пунктов (точек) геодезических сетей вычисляются в принятых системах прямоугольных координат на плоскости в проекции Гаусса, в трехградусной зоне и в Балтийской системе высот.

Примечание: При выполнении инженерно-геодезических изысканий на территории городов съемка, как правило, выполняется в местной (городской) системе координат.

В технических проектах (программах) на съемку вопросы системы координат и высот специально оговариваются и согласовываются с органами государственного геодезического надзора.

Плотность геодезических сетей определяется масштабом съемки, высотой сечения рельефа, а также необходимостью обеспечения геодезических, маркшейдерских, мелиоративных, землеустроительных и других работ как для целей изысканий и строительства, так и при дальнейшей эксплуатации сооружений, коммуникаций и т. д. (оговаривается в проекте).

Сгущение геодезической основы, как правило, производится от общего к частному, от высшего класса (разряда) к низшему. Следует стремиться к сокращению многоступенчатости геодезических построений и развивать на местности одноклассные (одноразрядные) сети на основе применения современных дальномерных и угломерных геодезических приборов и вычислительной техники. Необходимая плотность сети при одноклассных (одноразрядных) построениях достигается уменьшением длин сторон.

При создании геодезической основы крупномасштабных съемок исходными пунктами для развития построений данного класса (разряда) могут служить, как правило, только пункты геодезических построений высших по точности классов (разрядов).

Средняя плотность пунктов государственной геодезической и нивелирной сети для создания съемочного геодезического обоснования топографических съемок, как правило, должна быть доведена:

- на территориях, подлежащих съемкам в масштабе 1 : 5000, до одного пункта триангуляции или полигонометрии на 20–30 км² и одного репера нивелирования на 10–15 км²;
- на территориях, подлежащих съемкам в масштабе 1 : 2000 и крупнее, до одного пункта триангуляции или полигонометрии на 5–15 км² и одного репера нивелирования на 5–7 км²;
- на застроенных территориях городов и подлежащих к застройке в ближайшие годы плотность пунктов государственной геодезической сети должна быть не менее одного пункта на 5 км².

Дальнейшее увеличение плотности геодезической основы крупномасштабных съемок достигается развитием геодезических сетей сгущения и съемочного обоснования.

Плотность геодезической основы должна быть доведена развитием геодезических сетей сгущения в городах, прочих населенных пунктах и на промплощадках не менее чем до 4-х пунктов триангуляции и полигонометрии на 1 км² в застроенной части и 1 пункта на 1 км² на незастроенных территориях.

Для обеспечения инженерных изысканий и строительства в городах и на промышленных объектах плотность геодезических сетей может быть доведена до 8-ми пунктов на 1 км².

Плотность геодезической основы для съемок в масштабе 1 : 5000 территорий вне населенных пунктов должна быть доведена не менее чем до 1 пункта на 7–10 км², а для съемок в масштабе 1 : 2000 — до 1 пункта на 2 км².

Развитием съемочных геодезических сетей достигается плотность, обеспечивающая непосредственное выполнение съемки.

Съемочная сеть развивается от пунктов государственных геодезических сетей, геодезических сетей сгущения 1 и 2 разрядов и технического нивелирования.

Пункты съемочной сети определяются проложением теодолитных (тахеометрических) ходов, спутниковыми методами, прямыми, обратными и комбинированными засечками. При развитии съемочной сети одновременно определяются, как правило, положения точек в плане и по высоте.

Высоты точек съемочной сети определяются геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Предельные погрешности положения пунктов плановой съемочной сети, в том числе плановых опознаков, относительно пунктов государственной геодезической сети и геодезических сетей сгущения не должны превышать на открытой местности и на застроенной территории 0,2 мм в масштабе плана и 0,3 мм — на местности, закрытой древесной и кустарниковой растительностью.

Точки съемочного обоснования, как правило, закрепляются на местности временными знаками: деревянными кольями, столбами, металлическими штырями, трубами. Если эти точки предполагается использовать в дальнейшем для других целей, их закрепляют постоянными знаками.

Контроль и приемка выполненных работ при крупномасштабных топографических съемках осуществляется в соответствии с требованиями действующей «Инструкции о порядке контроля и приемки геодезических, топографических и картографических работ» или ведомственных инструкций по контролю.

1.4 СОДЕРЖАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

На топографических планах масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 достоверно и с необходимой степенью точности и подробности в зависимости от масштаба плана изображаются:

- пункты триангуляции, полигонометрии, трилатерации, грунтовые реперы и пункты съемочного обоснования, закрепленные на местности (наносятся по координатам). На планах масштаба 1 : 5000 могут не показываться пункты геодезических сетей сгущения в стенах зданий, а также стенные реперы и марки;
- здания и постройки жилые и нежилые с указанием их назначения, материала (для огнестойких) и этажности. Постройки, выражающиеся в масштабе плана, изображают по контурам и габаритам их цоколей;
- архитектурные выступы и уступы зданий и сооружений отображаются, если величина их на плане 0,5 мм и более;

- **промышленные объекты:**
 - комплексы строений и сооружений заводов, фабрик, электростанций, шахт, карьеров, торфоразработок и т. д.;
 - буровые и эксплуатационные скважины, нефтяные и газовые вышки, цистерны, наземные трубопроводы, линии электропередачи высокого и низкого напряжения, колодцы и сети подземных коммуникаций;
 - объекты коммунального хозяйства;
 - из подземных трубопроводов обязательному изображению на планах масштаба 1 : 5000 (кроме застроенной территории) подлежат только нефте-, газо- и водопроводы, положение которых на плане наносится по координатам прокладок, по показаниям приборов поиска подземных коммуникаций или непосредственным изображением, когда их местоположение хорошо читается на местности;
 - на планах масштабов 1 : 2000–1 : 500 подземные трубопроводы и прокладки показываются в том случае, если имеется исполнительная съемка соответствующего масштаба или специальное задание на съемку подземных коммуникаций;
- **железные, шоссейные и грунтовые дороги всех видов и сооружения при них:** мосты, туннели, переезды, переправы, путепроводы, виадуки и т. п.;
- **гидрография:** реки, озера, водохранилища, площади разливов, приливно-отливные полосы и т. д. Береговые линии наносятся по фактическому состоянию на момент съемки или на межень;
- **объекты гидротехнические и водного транспорта:** каналы, канавы, водоводы и водораспределительные устройства, плотины, пристани, причалы, молы, шлюзы, маяки, навигационные знаки и др.;
- **объекты водоснабжения:** колодцы, колонки, резервуары, отстойники, естественные источники и др.;
- **рельеф местности** с применением горизонталей, отметок высот и условных знаков обрывов, скал, воронок, осыпей, оврагов, оползней, ледников и др. (формы микрорельефа изображаются полугоризонталями или вспомогательными горизонталями с отметками высот местности);
- **растительность:** древесная, кустарниковая, травяная, культурная растительность (леса, сады, плантации, луга и др.), отдельно стоящие деревья и кусты. При создании планов масштабов 1 : 1000 и 1 : 500 по дополнительным требованиям каждое дерево может быть снято инструментально с показом его породы знаком и надписью (подеревная съемка);
- **грунты и микроформы земной поверхности:** пески, галечники, такыры, глинистые, щебеночные, монолитные, полигональные и другие поверхности, болота и солончаки;
- **границы:** политико-административные, землепользований и заповедников, различные ограждения. Границы районов и городских земель наносятся по координатам имеющихся поворотных пунктов границ или по имеющимся ведомственным картографическим материалам.

На топографических планах помещаются **собственные названия** населенных пунктов, улиц, железнодорожных станций, пристаней, лесов, песков, солончаков, вершин, перевалов, долин, балок, оврагов и других географических объектов.

1.5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Выполнению топографической съемки должно предшествовать составление технического проекта (программы) работ.

Технический проект содержит текстовую, графическую и сметную части. В текстовой части проекта отражаются следующие вопросы:

- целевое назначение проектируемых работ;
- краткая физико-географическая характеристика района работ;
- сведения о топографо-геодезической обеспеченности района работ;
- обоснование необходимости и способов построения планово-высотной основы и выбор масштаба съемки;
- организация и сроки выполнения работ, мероприятия по технике безопасности и охране труда;
- перечень топографо-геодезических, картографических и других материалов, подлежащих сдаче по окончании работ.

В графической части проекта содержатся:

- схема обеспечения района работ исходными геодезическими данными, топографическими и картографическими материалами с указанием границ проектируемой съемки;
- проект планово-высотной геодезической сети;
- картограмма расположения участков топографических съемок с разграфкой листов планов.

В сметной части проекта приводится расчет необходимых затрат на выполнение проектируемых работ.

Согласно «Инструкции о государственном геодезическом надзоре» топографо-геодезические работы производятся только после утверждения технического проекта в установленном порядке и согласования его с организациями, выдающими разрешения на производство этих работ.

По завершении работ составляется технический отчет.

1.6 СОДЕРЖАНИЕ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

Модель местности состоит из модели объектов местности (ситуации) и модели рельефа.

Модель ситуации формируется из моделей топографических объектов и отношений между ними. За топографический объект принимается элемент местности природного

или искусственного происхождения, имеющий кроме геометрических характеристик, т.е. пространственного расположения на местности, еще и смысловые характеристики, представляющие собой информацию о функциональных, технических или природных качествах объекта.

Топографический объект (ТО) может быть простым или комплексным. Каждый ТО обладает присущим ему набором свойств. Для создания модели ситуации используется метрическая, синтаксическая, семантическая и структурная информация.

Метрическая информация — каталог координат съёмочных точек, пикетов.

Синтаксическая информация — идентификаторы объектов, типы соединений точек в контуре, списки номеров съёмочных пикетов, формирующих контур объекта.

Семантическая информация — смысловая информация (характеристики объектов). Например, высота деревьев, название улиц, скорость течения реки и т. п.

Структурная информация описывает отношения между объектами. Например, пространственные отношения (ПЛС): примыкание (крыльцо – здание), пересечение (труба под дорогой), вложение (поляна в лесу).

На основе имеющейся информации о локализации формируются модели точечных, линейных и площадных объектов.

Моделирование рельефа выполняется, в основном, для обеспечения решения задач инженерного характера (построение профилей, вычисление объемов земляных работ, создание проектов вертикальной планировки и т. д.) Цифровая модель рельефа состоит из дискретной информации о высотах точек земной поверхности и математических методов, обеспечивающих вычисление высоты произвольной точки, принадлежащей области моделирования по ее плановым координатам. Таким образом, классифицировать модели рельефа можно как по структуре дискретной информации о рельефе, т. е. по типу распределения съёмочных точек, так и по математическим методам вычисления высот.

Существует 3 типа распределения съёмочных точек:

- **регулярное:** съёмочные точки распределяются в узлах регулярной сетки (например, при нивелировании по квадратам);
- **структурное:** съёмочные точки распределены с учетом характера рельефа, т. е. на структурных линиях и в точках локальных экстремумов;
- **хаотическое:** съёмочные точки распределены произвольным образом.

Примером может служить сканерная съёмка.

Следовательно, можно говорить о регулярной, структурной и хаотической моделях рельефа.

Математические методы получения высот точек можно разделить на два класса:

- методы, обеспечивающие точное прохождение аппроксимирующей поверхности через съёмочные точки (интерполяция на многогранниках, например, триангуляция Б.Н. Делоне, полиномиальные сплайны);
- методы, сглаживающие аппроксимирующую поверхность (ряды, сглаживающие сплайны, кусочно-полиномиальные методы).

В настоящее время, в большинстве программных комплексов топографо-геодезического назначения (например Credo, Geonics, ГИС «Панорама») для аппроксимации рельефа используется триангуляция Делоне. В этом методе аппроксимирующей поверхностью является многогранник, вершинами которого являются съемочные пикеты, а грани имеют вид неправильных плоских треугольников. Данный метод может использоваться для регулярных, структурных и хаотических моделей. Однако в случае нерегулярной модели приходится решать нетривиальную задачу — построение сети непересекающихся треугольников.

1.7 ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ

СБОР ИНФОРМАЦИИ И МЕТОДЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ

Тахеометрический	Съемка с применением электронных тахеометров
Картометрический	Цифрование и векторизация
Лазерная локация	Съемка с использованием лазерного сканера
Фотограмметрический	Аэрокосмическая съемка с компьютерной обработкой (ЦФС)
Спутниковый	Съемка с использованием спутниковых приемников

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Для создания ЦММ используются информационно-программные комплексы (ИПК).

Основные компоненты ИПК:

Компонент	Примечание
База данных (БД)	Содержит факты и количественные данные, связанные определенной структурой
Система управления базой данных (СУБД)	Программный комплекс, обеспечивающий взаимодействие с БД. В частности, содержит сведения о структуре и содержании БД, позволяющие найти и понять смысл информации, хранящейся в БД

Два этих компонента образуют банк данных, который служит основой ЦММ. Другие компоненты ИПК: классификатор и конструктор топографических объектов, модуль экспортно-импортных операций.

Цифровая обработка включает в себя:

- вычисление координат съемочных точек, пикетов;
- формирование контуров;
- логическая обработка информации БД;
- моделирование ТО и отношений между ними;
- моделирование рельефа.

ГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ЦММ

Как правило, цифровые топопланы создаются с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР) или ГИС. В первом приближении, САПР — программный комплекс для выполнения расчетно-графических работ. В качестве примера можно назвать AutoCAD.

Основные процессы создания топоплана:

1. Генерализация (отбор и обобщение контуров, обобщение качественных и количественных показателей элементов ситуации).
2. Выделение независимых моделей. Например:
 - рельефа местности;
 - коммуникаций;
 - зданий и сооружений;
 - гидрографии;
 - почвенно-растительного покрова.
3. Операции с условными знаками.
4. Вывод на печать.

1.8 КЛАССИФИКАЦИЯ И КОДИРОВАНИЕ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Классификация и кодирование топографо-геодезической информации используется для автоматизации сбора, хранения, обработки и выдачи топографических данных о местности.

Таксономия (от греч. taxis — расположение, строй, порядок и nomos — закон) — теория классификации и систематизации.

Классификатор, или классификационная схема (от лат. classis — разряд и facere — делать) — систематизированный перечень поименованных объектов, каждому из которых соответствует уникальный код. Систематизация (классификация, группировка) объектов производится путем их распределения в классификационные группы в соответствии с их общими признаками.

Существуют национальные, отраслевые и системные классификаторы.

Системные классификаторы используются отдельным предприятием (организацией, фирмой) для применения в рамках своей автоматизированной системы (АС). Они содержат информацию, необходимую для решения задач в конкретной АС и отсутствующую в национальном или отраслевом классификаторе. Примерами АС могут служить электронные тахеометры, т. е. автоматизированные системы сбора топографо-геодезической информации, а также системы автоматизированного проектирования (САПР). Классификатор является кодовым языком автоматизированных систем.

В качестве примера использования системного классификатора в тахеометрах фирмы Leica Geosystems рассмотрим одну строку файла, полученного в результате передачи данных из тахеометра в компьютер:

110006 + 00000302 21.103 + 25512570 32..00 + 0000637233..00 + 0000114781..00 + 0019384182..00 + 00185595 83..00 + 00002647

Строка состоит из последовательности шестнадцатиразрядных слов (включая пробел, в качестве разделителя слов). Каждое слово состоит из двух частей. В первой части (6 позиций) содержится служебная информация, включая код информации (две первые позиции), а во второй содержится собственно информация. Расшифровать данную запись можно следующим образом:

- 110006 + 00000302 — это 6-я запись в файле, и она относится к пикету 302;
- 21.103 + 25512570 — отсчет по горизонтальному кругу $255^{\circ}12'57,0''$;
- 32..00 + 00006372 — горизонтальное проложение 6,372 м;
- 33..00 + 00001147 — превышение + 1,147 м;
- 81..00 + 00193841 — восточная координата 193,841 м;
- 82..00 + 00185595 — северная координата 185,595 м;
- 83..00 + 00002647 — отметка высоты 2,647 м.

Наряду с системными классификаторами при топоъемке для сбора синтаксической и семантической информации могут и часто используются отраслевые классификаторы.

В отраслевых классификаторах применяется два метода классификации: иерархический и фасетный. Выбор между этими двумя методами зависит от особенностей конкретной предметной области.

Под иерархическим методом классификации понимается метод, при котором заданное множество объектов последовательно делится на подчиненные (дочерние) подмножества, постепенно конкретизируя объект классификации. При этом основанием деления служит некоторый выбранный признак. Совокупность получившихся групп при этом образует иерархическую древовидную структуру.

При построении классификации выбор последовательности признаков зависит от вероятности обращения к тому или иному признаку. При этом наиболее вероятным обращениям должны соответствовать высшие уровни классификации. Например:

РИС. 1.1

Иерархический метод классификации



Фасетный метод классификации подразумевает параллельное разделение множества объектов на независимые классификационные группы, которые образуются путем комбинации значений, взятых из соответствующих фасетов.

Например, в классификаторе «Сибгеоинформ» классификация выполняется по 6 параллельным основаниям:

- 1) хозяйственная сущность объекта (здание, дорога) или природная сущность (река, лес);
- 2) функциональные или природные качества (кран подъемный, дерево лиственное);
- 3) особенность конструкции или природного строения (три этажа, лес редкий);
- 4) назначение объекта (гараж, склад угля);
- 5) состояние (здание строящееся, забор разрушенный);
- 6) материал (гараж металлический) или порода (дерево — сосна, кустарник — вереск).

Классификатор «Сибгеоинформ» представляет собой систему таблиц. Объекты даны в алфавитном порядке, а коды по принципу частоты появления объекта. Например:

ТАБЛИЦА 2

Сводная (в скобках код фасета)

Код	Объект	Функция, качество (1)	Особенность (2)	Значение (3)
012	Граница	02 — административная 03 — хозяйственная 05 — грунта 06 — растительности 08 — смены покрытия	01 — закрепленная 02 — незакрепленная	12 — района 13 — квартала 14 — города 6 — поселка 17 — земле
011	Дерево	01 — лиственное 02 — хвойное	01 — фруктовое 02 — широколист 03 — мелколист 04 — отд.стоящее	01 — ориентир 02 — культурно-историческое

ТАБЛИЦА 3

Состояние (4)

Для природных объектов	Для искусственных объектов
04 — засоренный (ная, ное) 05 — заросший (шая, шее) 06 — старый (рая, рое)	09 — действующий(щая) 10 — заброшенный(ная) 13 — недействующий(щая) 15 — полуразрушенный(ная) 18 — разрушенный(ная) 20 — строящийся(щаяся)

ТАБЛИЦА 4
Материал (5)

Для искусственных объектов	Для природных объектов растительности
02 — асфальт 04 — бетон 26 — кирпич 29 — металл	53 — береза 61 — ель 89 — тополь 92 — яблоня

Имеются дополнительные фасеты 6 и 7 (Геом. и Физ.-тех. характеристики), а также фасет 8 (Информация) с подфасетами: дата, имя собственное, точка объекта (бровка, центр люка, цоколь, ...) и т. д.

Пример использования фасетного классификатора «Сибгеоинформ»: Отдельно стоящая ель, имеющая ориентирное значение — 11 (1,02; 2,04; 3,01; 5,61).

Данная запись является кодовым обозначением объекта и содержит, в общем случае, код объекта, номер этого объекта в массе однотипных, коды характерных для данного объекта признаков и коды значений этих признаков.

2 Тахеометрический метод съемки

Современные электронные тахеометры (ЭТ) условно можно разделить на простейшие, универсальные и роботизированные.

Простейшие ЭТ — приборы с минимальной автоматизацией и ограниченным программным обеспечением. Такие тахеометры обеспечивают точность измерения углов 5–10", линий $(3 + 5 \times 10 - 6 \times D)$ мм.

Универсальные ЭТ – приборы с расширенными возможностями. Они оснащены большим числом встроенных программ. Обеспечивается точность измерения углов 1–5", линий $(2 + 3 \times 10 - 6 \times D)$ мм.

Роботизированные ЭТ — тахеометры с сервомоторами, обладающие всеми возможностями предыдущей группы. Наличие сервомоторов, встроенных радиокommunikационных устройств, а также систем автоматического слежения за отражателями позволяет отнести эти приборы к категории тахеометров — роботов.

2.1 НАЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ. УСТРОЙСТВО, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА LEICA TS03

Электронный тахеометр представляет собой комбинацию электронного теодолита и светодальномера с ЭВМ, в которую загружено необходимое программное обеспечение.

На рисунке 2.1 показаны основные детали электронного тахеометра Leica TS03.

РИС. 2.1

Основные детали электронного тахеометра Leica TS03



Для выполнения измерений, а также управления тахеометром и программным обеспечением служит жидкокристаллический дисплей и клавиатура с алфавитно-цифровыми и функциональными клавишами.

Программное обеспечение тахеометров позволяет разделять полученную информацию по проектам (отдельные файлы), использовать разные режимы работ и решать вычислительные и прикладные задачи в полевых условиях, например, проводить вычисления координат и высот точек местности при выполнении топографической съемки непосредственно в поле, а также при разбивочных работах — переносе на местность высот и координат проектных точек. Полученные в процессе съемки данные хранятся в памяти тахеометра и могут быть переданы на компьютер. В свою очередь, проектные данные могут быть переданы из компьютера в тахеометр для последующего выноса на местность.

В электронных тахеометрах используются те же принципы измерения расстояний, что и в светодальномерах. Измерения могут проводиться в трех режимах: на призменные отражатели, установленные на вехе или штативе, на светоотражательные пленки, в безотражательном режиме на выбранные точки поверхности. Точность измерения зависит от технических возможностей модели тахеометра и от внешних параметров: температуры, давления, влажности и т. п. Диапазон измерения расстояний также зависит от режима работы тахеометра: на отражатель или безотражательный.

Дальность измерений в безотражательном режиме напрямую зависит от отражающих свойств поверхности, на которую производится измерение. Например, расстояние, измеренное на светлую гладкую поверхность, в несколько раз превышает расстояние, измеренное на темную поверхность. Однако необходимо с осторожностью относиться к результатам измерений в безотражательном режиме, проводимым при наличии растительности на участке съемки, поскольку неизвестно, от какого объекта отразится луч, и до какого объекта будет измерено расстояние. При сомнениях необходимо всегда использовать отражатель.

Точность угловых измерений современных тахеометров от половины угловой секунды ($0^{\circ}00'00,5''$) до $7''$; расстояний — от $0,5 \text{ мм} + 1 \text{ мм} \times D_{\text{км}}$ до $5 \text{ мм} + 5 \text{ мм} \times D_{\text{км}}$. Точность линейных измерений в безотражательном режиме — от $2 \text{ мм} + 2 \text{ мм} \times D_{\text{км}}$ на расстоянии до 500 метров.

Электронные тахеометры широко применяются для различных геодезических работ. Геодезические приборы с применением безотражательного режима дальномера незаменимы в тех случаях, когда необходимо получить данные о недоступных высотах и расстояниях, например: о высоте провиса проводов линий электропередач или размерах деталей фасадов зданий.

Электронные тахеометры, имеющие большие графические дисплеи и возможности хранения большого объема данных, позволяют комфортно выполнять полевые работы, требующие ввода большого объема графической и семантической информации, например, при топографических съемках местности и при обновлении существующей в электронном виде информации об объектах.

Современные электронные тахеометры имеют широкие возможности автоматизации различного вида геодезических работ, в том числе и топографических съемок. Возможности каждого прибора зависят от его модификации и программного обеспечения.

Перед началом работы с любым электронным тахеометром необходимо пройти инструктаж по технике безопасности, изучить технические характеристики прибора и инструкцию по эксплуатации.

Технические характеристики электронного тахеометра Leica TS03
(безотражательный)

Средняя квадратическая ошибка (СКО) измерения угла одним приемом в зависимости от модели		2", 3", 5"
Увеличение зрительной трубы		30 ^x
Лазерный целеуказатель Лазерный центрир, точность		5 мм на 1,5 м
Измерение расстояний (дальномер R500)		
	Одна призма	до 3 500 м
	Без отражателя	до 500 м
	Измерения на отражатель в режиме P-Long при $D > 4,0$ км	$> 10\,000$ м
Точность линейных измерений (время измерений)		
<i>На призму:</i>		
	точный режим	$1\text{ мм} + 1,5\text{ мм} \times D_{\text{км}}$ м (~ 2,4 с)
	точно и быстро	$1,5\text{ мм} + 2\text{ мм} \times D_{\text{км}}$ (~ 2,0 с)
	трекинг	$3\text{ мм} + 1,5\text{ мм} \times D_{\text{км}}$ (< 0,15 с)
	усреднение	$1\text{ мм} + 1,5\text{ мм} \times D_{\text{км}}$
	$D > 4,0$ км (режим P-Long)	$5\text{ мм} + 2\text{ мм} \times D_{\text{км}}$ (~ 2,5 с)
<i>В безотражательном режиме</i>		$2\text{ мм} + 2\text{ мм} \times D_{\text{км}}$ (~ 3с)
Размер лазерного пятна (без отражателя)		
	на расстоянии 30 м	7 мм × 10 мм
	на расстоянии 50 м	8 мм × 20 мм
	на расстоянии 100 м	16 мм × 25 мм
Компенсатор		
	двухосевой (жидкостно-электрический);	
	диапазон компенсации	$\pm 4'$
Дисплей		3,5 дюйма; 640 × 480 пикселей; VGA; черно-белый; с подсветкой (5 уровней)
Подсветка сетки нитей (10 уровней)		

Клавиатура	расширенная, буквенно-цифровая (28 клавиш), односторонняя
Боковая клавиша измерений (триггер)	двухпозиционная программируемая на 2 функции
Встроенное программное обеспечение FlexField	
Установленные прикладные программы	установка и съемка, вынос в натуру, обратная засечка, передача отметки, площадь (плоскость и поверхность), объем 3D, косвенные измерения, недоступная высота (отметка недоступной точки), скрытая точка, смещение (сдвиг), проверка задней точки
Дополнительные программы (опция)	Базовая дуга, Базовая плоскость, Координатная геометрия CoGO, Road 2D, Ход, Road 3D, Tunnel, Mining
Память	2ГБ (800МБ для записи/хранения); около 90 000 измерений
Коммуникации	1 × RS-232C; 2 × USB; SD-карта
Питание	аккумулятор GEB361 Li-Ion, 11.1 В, 5.6 Ач; время для полной зарядки аккумулятора 6,5 ч. (ЗУ GKL311) и 3,5 ч. (ЗУ GKL341)
Время работы (от аккумулятора GEB361)	до 30 часов
Масса прибора с подставкой	5,1 кг
Диапазон рабочих температур	от –20 °С до +50 °С
Пыле - и влагозащищенность IP66	

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

Необходимо применять приборы только для измерения горизонтальных и вертикальных углов, измерения расстояний, записи результатов, использования прикладных программ.

Запрещенные действия:

- работа с тахеометром без проведения инструктажа исполнителей по технике безопасности;
- работа вне установленных для прибора пределов допустимого применения.
- отключение систем обеспечения безопасности;
- снятие этикеток с информацией о возможной опасности;

- открытие корпуса прибора, например, с помощью отвертки, за исключением случаев, специально оговоренных в инструкциях для проведения конкретных операций;
- использование незаконно приобретенного прибора;
- работа с тахеометром, имеющим явные повреждения или дефекты;
- визирование непосредственно на Солнце;
- неадекватное обеспечение безопасности на месте проведения работ (например, при измерениях на стройплощадках, дорогах и т. п.);
- умышленное наведение лазерного визира прибора на людей;
- операции по мониторингу машин и других движущихся объектов без должного обеспечения безопасности на месте работ.

Внимание! Запрещенные действия способны привести к травмам и материальному ущербу. В обязанности лица, отвечающего за тахеометр, входит информирование окружающих о возможных рисках и мерах по их недопущению. Приступать к работе разрешается только после прохождения пользователем надлежащего инструктажа по технике безопасности.

ОКРУЖАЮЩИЕ УСЛОВИЯ

Тахеометр предназначен для использования в условиях, пригодных для постоянного пребывания человека; он не пригоден для работы в агрессивных или взрывоопасных средах.

Из-за риска получить электрошок очень опасно использовать вешки с отражателем и удлинители этих вех вблизи электросетей и силовых установок, таких как, например, провода высокого напряжения или электрифицированные железные дороги.

Всегда добивайтесь того, чтобы место проведения работ было безопасным для их выполнения. Придерживайтесь норм техники безопасности, направленных на снижение травматизма и обеспечения безопасности дорожного движения.

Используйте зарядное устройство, подходящее для вашей батареи. В случае если на прибор или батарею попадет вода, то немедленно вытрите ее и просушите прибор.

Меры предосторожности при использовании лазерного дальномера:

- Необходимо принять должные меры для того, чтобы лазерный луч не попадал на поверхности с высокой отражающей способностью (зеркальные и металлические поверхности, окна и т. п.). Особое внимание следует обращать на плоские и вогнутые зеркальные поверхности.
- Старайтесь не смотреть в направлении лазерного луча вблизи призм или сильно отражающих поверхностей, когда дальномер включен в режиме лазерного визира или выполняет измерения. Наведение на отражатель нужно выполнять только с помощью зрительной трубы.
- Следует принять все меры для того, чтобы луч лазера не попадал в глаза людей напрямую или через оптику других приборов.

Прямое попадание лазерного луча в глаза может быть вредным (с невысоким травматическим риском для глаз), особенно если попадание луча в глаза является умышленным. Луч может вызывать кратковременное ослепление и остаточное изображение на сетчатке, особенно при низком уровне окружающей освещенности. Риск получения травмы от луча лазерных приборов класса 3R ограничен благодаря тому, что:

- 1) случайное попадание луча в глаза очень редко может происходить в наихудшей ситуации, например, при прямом попадании в зрачок;
- 2) конструктивно предусмотрен предел безопасности максимально допустимого воздействия лазерного излучения (MPE);
- 3) срабатывает естественный рефлекс на яркий свет лазерного луча видимого диапазона.

Длина лазерного луча должна ограничиваться областью, в которой присутствие и работа людей контролируется в целях их защиты от лазерного излучения.

Лазерный луч должен по возможности проходить значительно выше, либо ниже уровня глаз.

Реечнику, особенно при низком уровне окружающей освещенности (туннели, строящиеся здания внутри), рекомендуется применять защитные очки.

2.2 ПОДГОТОВКА ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА К НАЧАЛУ РАБОТЫ. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ КЛАВИШИ

Подготовка прибора к работе начинается в камеральных условиях с настройки выводимой на дисплей информации, общих настроек прибора, выбора режима измерения углов и линий, настройки типов используемых отражателей и пр.

На рис. 2.2.1 показана панель управления тахеометра TS03.

Назначение функциональных клавиш представлено в таблице 2.1.

РИС. 2.2.1

Панель управления тахеометра Leica TS03



ТАБЛИЦА 2.1

Назначение функциональных клавиш

№	Клавиша	Описание
1	 вкл./выкл.	Если прибор выключен, включает прибор при нажатии в течение 2 с. Если прибор включен, включает меню «Варианты питания» при нажатии в течение 2 с
2	 «Страница»	С ее помощью можно переходить от одной страницы экрана к другой
3	 «Избранное»	Обеспечивает быстрый доступ к операциям измерения
4	 1 2	Пользовательские клавиши 1 и 2. Программируемые на функцию из меню Избранное
5		Навигационные клавиши. С их помощью можно перемещать полосу выбора в пределах окна и строку ввода в конкретном поле меню
6	OK ENTER	Служат для подтверждения операции ввода и перехода к следующему полю на дисплее
7	 ESC	При быстром нажатии ESC переход к следующему более высокому уровню. Выход из текущего окна или режима редактирования без сохранения сделанных изменений. При долгом нажатии ESC возврат в Главное меню. Выход из текущего окна или режима редактирования без сохранения сделанных изменений
8	 Home (на главный экран)	Возвращает в главное меню
9		Клавиши, которым прописаны определенные функции. Они отображаются в нижней части экрана
10		Алфавитно-цифровая панель для ввода текстовых или цифровых данных

При включении прибора проводится загрузка программного обеспечения и выводится на экран информация, необходимая для приведения прибора в рабочее положение, для чего отображается электронный уровень и включается лазерный отвес (рис. 2.2.2). (При просмотре рисунков экрана тахеометра не следует обращать внимание на значки режимов в верхней части экрана).



Нажатием на кнопку  «Страница» можно перейти на страницу регулировки яркости лазерного отвеса (в зависимости от внешнего освещения). Если солнечный день, то яркость отвеса необходимо добавить для лучшей видимости, а если работать приходится при низкой освещенности — убавить.

Центрирование и горизонтирование прибора на местности осуществляется так же, как и теодолита:

- прибор закрепляется на штативе;
- штатив вместе с прибором приближенно устанавливается над точкой;
- винтами подставки луч лазерного отвеса приводится в центр пункта;
- изменением длины ножек штатива прибор грубо горизонтируется по круглому уровню;
- винтами подставки луч лазерного отвеса приводится в центр пункта;
- изменением длины ножек штатива прибор точно горизонтируется по электронному уровню;
- при необходимости два последних пункта повторяются.

Прибор считается установленным, когда луч лазерного отвеса находится в центре пункта, а около изображений электронного уровня появились «галочки» (рис.2.2.3).



После установки прибора нажмите кнопку F4 «Далее».

Центрирование и горизонтирование прибора в условиях лаборатории на кронштейне осуществляется следующим образом:

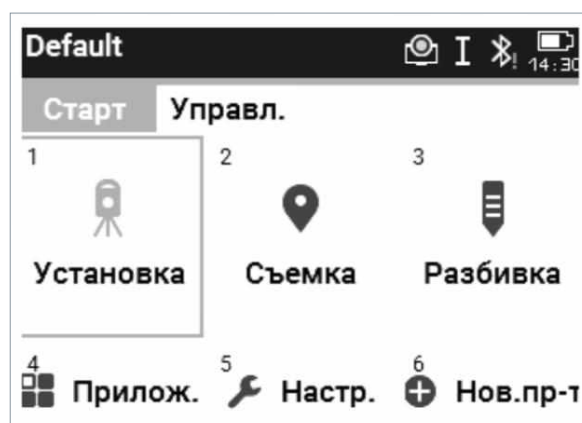
- устанавливаем прибор на кронштейне и закрепляем его станovým винтом, не затягивая винт до конца;
- приводим круглый уровень в нуль-пункт винтами подставки;
- ослабляем становой винт и, двигая прибор по кронштейну, совмещаем луч лазерного центрира с точкой, на которую выполняется центрирование;
- закрепляем прибор и приводим электронный уровень в нуль-пункт;
- при необходимости два последних пункта повторяются.

Вернуться к экрану уровня можно нажатием «Польз.Клавиши 1».

После установки прибора нажмите кнопку F4 «Далее».

На экране по умолчанию отображается «Главное меню». **Главное меню** — это начальная страница для доступа к различным функциям инструмента (рис. 2.2.4).

РИС. 2.2.4
Главное меню



Описание функций Главного Меню, страница Старт:

- **Установка.** Приложение для определения координат станции и ориентирования станции при ее установке.
- **Съёмка.** Приложение для начала измерений.
- **Разбивка.** Приложение для выноса в натуру проектных точек.
- **Прилож.** Для выбора и начала работы с другими приложениями.
- **Настр.** Изменение настроек EDM (Electronic Distance Measurement — светодальномер), параметров передачи данных и общих настроек прибора. Доступ к системным средствам прибора, таким как поверки и юстировки, пользовательские параметры запуска, настройки PIN-кода, ключи лицензий, информация о системе и инструменты для загрузки встроенного ПО.
- **Нов.пр.** Создание нового проекта.

Описание функций Главного Меню, страница Управл.:

- **Проект.** Выбрать, создать, просмотреть или удалить проекты. Проект представляет собой набор данных различных типов, например, информацию о твердых точках, измерениях и кодах. Проект определяется своим именем и именем пользователя. Система сама присваивает проекту дату и время его создания.
- **Тв.Точки.** Просмотреть, создать, редактировать или удалить твердые точки. Твердые точки могут иметь плановые координаты и высоту, а также отдельно плановые координаты или высоту. Выбрать код из списка. Просмотреть все снимки экрана, связанные с твердой точкой.
- **Изм.данные.** Просмотреть, редактировать или удалить результаты измерений. Эти результаты хранятся во встроенной памяти, их поиск можно выполнять по имени точки или путем просмотра списка всех точек проекта. Можно редактировать идентификатор точки, высоту призмы, код и свойства кода.
- **Передача.** Экспорт и импорт данных.
- **Удал Пр-т.** Удалить из памяти выбранные проекты, а также твердые точки и результаты измерений из данного проекта или из всех проектов. Очистку памяти отменить невозможно. После подтверждения этой операции все данные будут удалены без возможности восстановления.
- **USB-флеш.** Просмотр, удаление, переименование и создание папок и файлов на USB-накопителе.
- **SD-карта.** Для просмотра, удаления, переименования и создания папок и файлов, хранящихся на SD-карте.
- **Внут.Память.** Для просмотра, удаления и переименования папок и файлов, хранящихся во внутренней памяти инструмента. Внутренняя память инструмента имеет такую же структуру папок, как и USB-флеш.
- **Коды.** Создать, просмотреть, редактировать или удалить коды. Любому коду можно задать описание до 8 атрибутов и длиной до 16 символов.
- **Форматы.** Просмотр и удаление форматных файлов.
- **Скриншоты.** Просмотреть, удалить, связать, отвязать, добавить эскиз к снимку экрана, который был сохранен ранее.

Для начала работы необходимо создать новый проект (файл), в котором будут храниться данные по объекту работы. Для этого в главном меню нужно выбрать пункт «6 Нов пр.» или войти в меню «Управл. (Управление файлами)» — Проект и нажать кнопку «Новый» (рис.2.2.5).

Ввести имя проекта, предварительно нажав на клавишу «ОК». К имени проекта нужно добавлять уникальное имя, позволяющее быстро находить проект. Дата создания проекта указывается автоматически (рис.2.2.6).

РИС. 2.2.5

Создание нового проекта

Упр-е проект. 13:57

Основн.

Имя проекта

Проект

Оператор

Примечание 1

Примечание 2

Дата 11.02.2021

Время 13:57:01

Пред | | Далее

РИС. 2.2.6

Заполнение данных проекта

Упр-е проект. 14:04

Основн.

Имя проекта

Проект 11022021

Оператор MIIGAIAK

Примечание 1 MU TS03

Примечание 2

Дата 11.02.2021

Время 14:04:48

Пред | | Далее

При вводе имени проекта функциональные клавиши позволяют менять параметры ввода и редактирования. После ввода данных проекта нажимаем на кнопку F4, проект появляется в памяти (рис. 2.2.7).

РИС. 2.2.7

Добавление проекта в память

Упр-е проект. 14:04

Основн.

Имя проекта

Проект 11022021

Оператор MIIGAIAK

Примечание 1 MU TS03

Примечание 2

Дата 11.02.2021

Время 14:04:48

Пред | | Далее

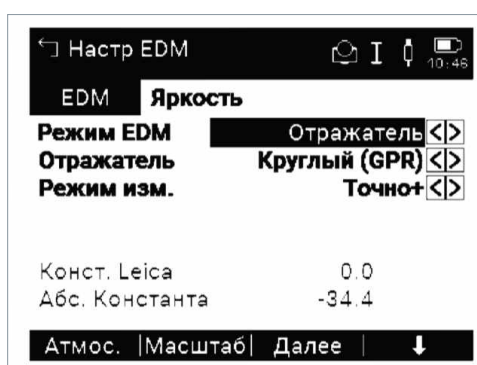
Для установки проекта в качестве текущего необходимо нажать кнопку «Далее».

Внимание! Если перед началом работы не задать новый проект, то все данные будут записаны в предыдущий открытый проект и произойдет путаница.

При работе с тахеометром возможно использование различных типов отражателей, в том числе от разных производителей с различными значениями постоянной. Постоянная отражателя (Константа, OFFSET) — характеристика отражателя, определяющая разницу измеренного и фактического расстояния до вертикальной оси отражателя. При использовании стандартного отражателя Leica GPR111 или GPR121 постоянная, учитываемая прибором Leica, 0,0 мм. Мини-призма GMP101 или GMP111 — постоянная + 17,5 мм. При использовании пленки постоянная + 34,4 мм. Тип отражателя задается с помощью страницы EDM. Вход на страницу: [Главное меню] → [Настр.] → [Основн.] → [EDM] (рис. 2.2.8.).

РИС. 2.2.8

Задание типа отражателя

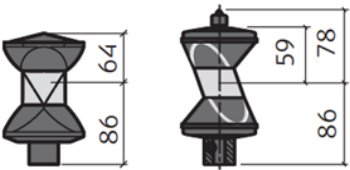
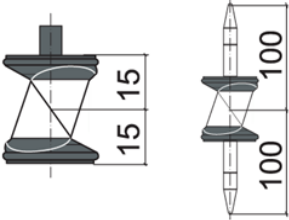


Модель отражателя и постоянная указаны на корпусе отражателя. Модели отражателей и их константы представлены в таблице 2.2.

ТАБЛИЦА 2.2

Модели отражателей и их константы

Модель отражателя	Внешний вид	Константа
Круглый (GPR)		Стандартная призма GPR121; GPR111. Конст. Leica: 0,0 мм
Мини (GMP) Мини0 (GMP111-0)		GMP111 Конст. Leica: + 17,5 мм GMP111-0 Конст. Leica: 0,0 мм

Модель отражателя	Внешний вид	Константа
360° (GRZ4)		GRZ4/GPZ122 Конст. Leica: + 23,1 мм
360°Mini (GR Z101)		GRZ101 Конст. Leica: + 30,0 мм
Пленка (GZM)		Конст. Leica: +34,4мм
360° (MPR122)		MPR122 Конст. Leica: + 28,1 мм
Без отражателя	Без призмы	Конст. Leica: + 34,4 мм
Пользовательский отражатель 1/2	Пользователь может задать использование двух типов отражателей. Константы могут быть введены в мм	

В таблице 2.3 приведены постоянные приборные поправки в сочетании тахеометр-отражатель для фирм Leica и Sokkia.

ТАБЛИЦА 2.3
Постоянные приборные поправки

Отражатели	Тахеометры	
	Конст. Leica	Абс.константа Sokkia
Leica стандарт	0,0	–34,4
Leica мини	+17,5	–16,9
Leica 360	+23,1	–11,3
Пленка	+34,4	0,0
Sokkia –40	–5,6	–40
Sokkia –30	+4,4	–30

Если используются отражатели не Leica, то необходимо создать (Пользовательский отражатель 1 или 2) и ввести постоянную согласно таблице 2.3.

При выборе стандартных отражателей Leica (рис. 2.2.8) поля (Конст. Leica) и (Абс. Константа) являются не редактируемыми. При выборе (Тип отражателя Пользовательский 1 или 2) поля становятся редактируемыми для установки заданной константы. Значение должно вводиться только в мм.

2.3 ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ

Современные электронные геодезические приборы производятся с высокой надежностью для обеспечения высокого качества измерений. Однако влияние внешних условий, таких как резкие перепады температуры, сотрясения и удары при транспортировке, способны вызвать разюстировку прибора и понизить точность измерений. По этой причине необходимо выполнять поверки и юстировки приборов. В электронных приборах некоторые юстировки проводятся электронным способом путем введения поправок, а некоторые механическим регулировками.

Можно поверять и юстировать электронным способом (введением поправок):

- коллимационную ошибку;
- место нуля и электронный уровень;
- продольную и поперечную ошибки компенсатора;
- ошибку положения оси вращения зрительной трубы.

Можно поверять и юстировать механическим способом:

- круглый уровень инструмента и трегера;
- лазерный отвес;
- винты штатива.

Поверки необходимо выполнять в следующих ситуациях:

- перед первым использованием тахеометра;
- перед выполнением работ особо высокой точности;
- после длительной транспортировки;
- после длительных периодов работы или хранения;
- если окружающая температура и температура, при которой проводилась последняя калибровка, различаются более чем на 10 °С.

ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ПОВЕРОК И ЮСТИРОВОК

Перед началом выполнения поверок установите инструмент на штатив или кронштейн и закрепите его. Штатив необходимо устанавливать в месте с сухим устойчивым грунтом, чтобы он не менял своего положения в процессе поверок.

Для уменьшения влияния внешних условий:

- необходимо защитить прибор от солнечных лучей зонтом или установить его под навесом;
- прибор не должен подвергаться вибрациям от проезжающего транспорта и перемещений наблюдателя;
- проверки производятся при спокойном состоянии воздуха и отсутствии атмосферной турбулентции. Летом обычно такие условия можно получить рано утром или при пасмурной погоде.

Прибор перед началом поверок должен быть горизонтирован по электронному уровню.

Перед началом поверок необходимо заранее уравнивать температуру тахеометра с температурой окружающей среды. На каждый градус Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) разницы между температурой хранения и текущей температурой требуется около двух минут, но не менее 15 минут.

ВЫПОЛНЕНИЕ ПОВЕРОК И ЮСТИРОВОК ТАХЕОМЕТРА

1. Поверка оси круглого уровня на алидаде горизонтального круга тахеометра

Условие:

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения тахеометра $UU//ZZ$ (рис. 2.3.1).

РИС. 2.3.1

Условие поверки оси круглого уровня на алидаде горизонтального круга тахеометра



Выполнение поверки:

С помощью подъемных винтов приводим пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Поворачиваем алидаду горизонтального круга на 180° . Если пузырек остался в нуль-пункте (или не выходит за пределы круга), то условие выполнено, в противном случае необходимо выполнить юстировку.

Юстировка:

В случае невыполнения условия с помощью юстировочных винтов перемещаем пузырек по направлению к нуль-пункту на половину дуги отклонения (рис. 2.3.2).

РИС. 2.3.2
Юстировка



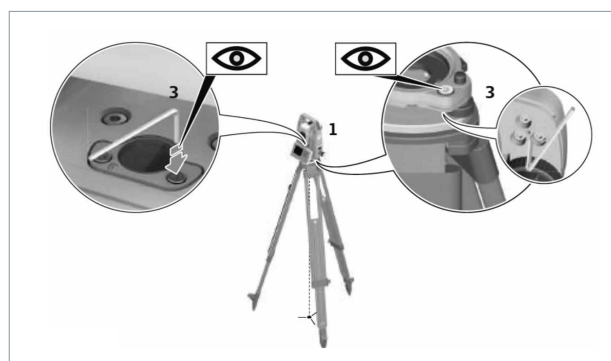
Примечание: выполнить проверку круглого уровня прибора и подставки также можно и с использованием электронного уровня (электронный уровень отъюстируется автоматически при определении места нуля).

Выполнение проверки:

1. Закрепите подставку на штативе или кронштейне и установите на него прибор.
2. При помощи подъемных винтов подставки отгоризонтируйте прибор по электронному уровню (для активации электронного уровня включите инструмент).
3. Пузырьки круглых уровней прибора и подставки должны быть в нуль-пункте. Если пузырек какого-либо из круглых уровней не находится в нуль-пункте, то выполните следующее (рис.2.3.3):
 - прибор: если пузырек выходит за пределы круга, вращайте юстировочные винты до приведения пузырька в нуль-пункт;
 - подставка: если пузырек выходит за пределы круга, с помощью юстировочных шпилек приведите его в нуль пункт.

РИС. 2.3.3

Если пузырек какого-либо из круглых уровней не находится в нуль-пункте



Вращение юстировочных винтов:

- влево: пузырек будет перемещаться по направлению к юстировочному винту;
 - вправо: пузырек будет перемещаться по направлению от юстировочного винта.
4. Повторите п. 3 для инструмента и подставки до тех пор, пока оба круглых уровня не будут отъюстированы.
После завершения юстировки винты должны быть затянуты.

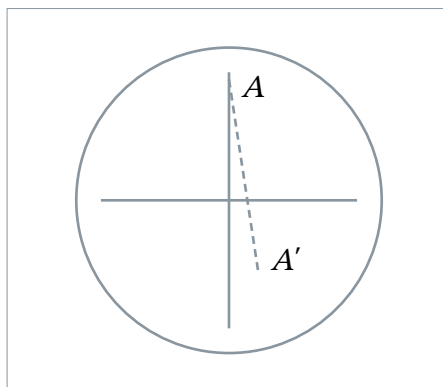
2. Проверка положения нитей сетки

Условие:

Вертикальная нить сетки нитей зрительной трубы тахеометра должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы, а горизонтальная нить сетки — ей параллельна.

РИС. 2.3.4

Условие проверки положения нитей сетки



Выполнение проверки:

Наводим вертикальную нить на точку и медленно поднимаем или опускаем трубу (прибор должен быть отгоризонтирован). Если изображение точки не сходит с вертикальной нити (или сходит не более чем на две толщины нити), то условие выполнено.

Юстировка:

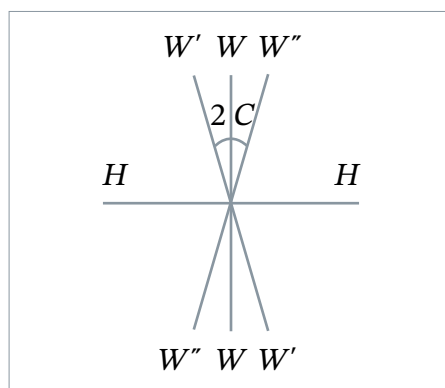
В случае невыполнения условия исправление осуществляется в сертифицированном центре.

3. Проверка положения визирной оси (определение 2С)

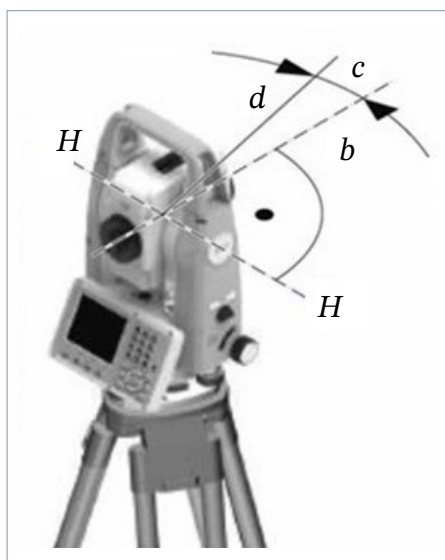
Условие:

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы $WW \perp HH$ (рис. 2.3.5 и 2.3.6).

Условие поверки положения визирной оси (определение $2C$)



Поверка положения визирной оси на тахеометре



Примечание. HH — ось вращения трубы; b — перпендикуляр к оси вращения трубы; c — коллимационная ошибка; d — линия визирования.

Выполнение поверки:

1. Проверьте горизонтирование тахеометра по электронному уровню.
2. Выберите «Настр.» из Главного меню.
3. На странице «Инструм.» выберите «Юстировки».
4. Выберите «Коллим. ошибка» (рис.2.3.7).
5. Наведите трубу на неподвижную точку, находящуюся от инструмента на расстоянии примерно 100 метров и не более 5° от горизонтальной плоскости (рис. 2.3.8).
6. Нажмите «Запись», чтобы произвести измерения на точку.
7. Смените круг и повторно выполните визирование на ту же точку (для контроля качества наведения на дисплей будут выводиться разности отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам).

8. Нажмите «Запись» для проведения измерений на точку. Прежние и вновь полученные значения коллимационной ошибки и их СКО будут выведены на дисплей

Примечание: реальное СКО нового значения коллимационной ошибки будет при завершении второго и последующих приемов).

9. Для повышения точности определения коллимационной ошибки рекомендуется сделать несколько приемов (не менее трех). Для выполнения второго приема нажмите «Доп.» и выполните наблюдения на ту же точку при двух положениях круга (п.5–п.8). Допуск на коллимационную ошибку 9".
10. Окончательное значение коллимационной ошибки будет вычисляться как среднее из значений коллимационной ошибки всех выполненных приемов.

РИС. 2.3.7

Коллим. ошибка

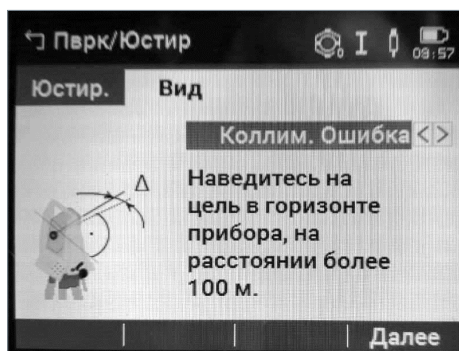
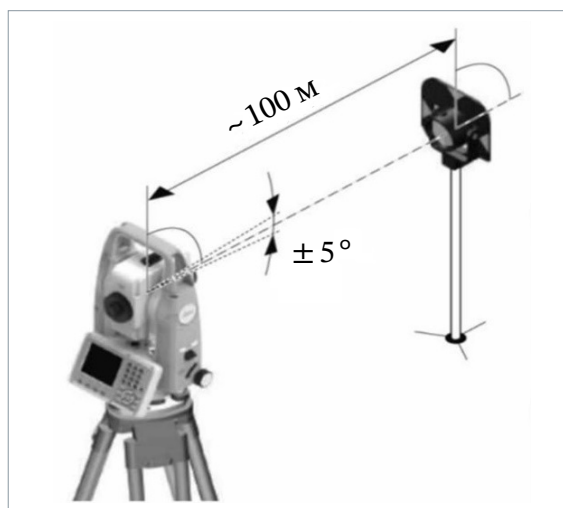


РИС. 2.3.8

Наведение трубы на неподвижную точку



Нажмите «Далее», чтобы сохранить юстировки.

Нажмите «ESC» для выхода без сохранения новых юстировок.

На дисплее могут отображаться важные для работы сообщения и предупреждения (табл. 2.4).

ТАБЛИЦА 2.4

Важные для работы сообщения и предупреждения

Сообщения	Описание
Для поверки выбран неподходящий вертикальный угол!	Вертикальный угол отклоняется от линии визирования. Наведитесь на точку. Подтвердите получение этого сообщения
Недопустимые значения! Оставлены прежние величины!	Вычисленные значения не отвечают установленным допускам. Прежние значения оставлены без изменения, а измерения нужно повторить. Подтвердите получение этого сообщения
Для поверки выбран неподходящий горизонтальный угол!	Горизонтальный угол при втором круге отличается более чем на 5° . Наведите на точку с точностью не хуже 5° . Подтвердите получение этого сообщения
Превышен предел по времени! Повторите поверку!	Интервал времени между измерениями превысил 15 минут. Повторите процесс измерений. Подтвердите получение этого сообщения

4. Поверка вертикального круга (определение места нуля)

Условие:

Место нуля вертикального круга должно быть постоянным и равным нулю.

Выполнение поверки:

1. Проверьте горизонтирование тахеометра по электронному уровню.
2. Выберите «Настр.» из Главного меню.
3. На странице «Инструм.» выберите «Юстировки».
4. Выберите «Место нуля» и далее выполняйте поверку аналогично п.5–п.10 предыдущей поверки.

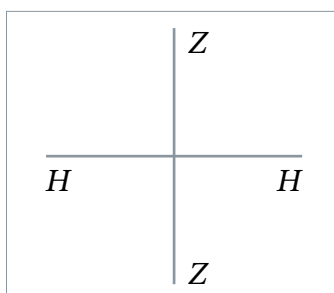
5. Поверка положения оси вращения зрительной трубы

Условие:

Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения тахеометра ($HH \perp ZZ$).

РИС. 2.3.9

Условие поверки положения оси вращения зрительной трубы

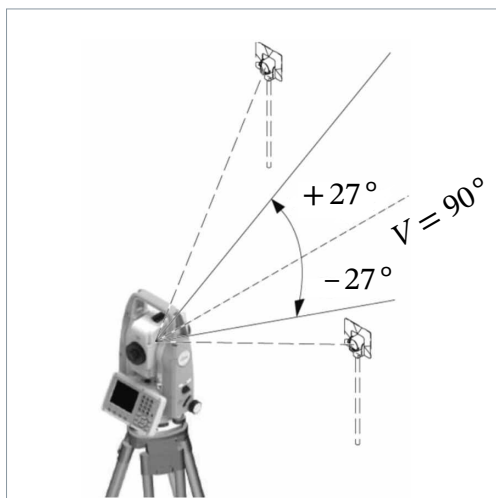


Выполнение проверки:

1. Проверьте горизонтирование тахеометра по электронному уровню.
2. Выберите [Настройки] → [Инструменты] → [Юстировки] → [НаклОсиЗрТрубы].
3. Наведите на точку, расположенную на расстоянии примерно 100 м от инструмента, и вертикальный угол на которую составляет минимум 27° (рис. 2.3.10). В условиях лаборатории измерения проводятся на марки (при соблюдении требований к величине вертикального угла и не соблюдении к расстоянию).
4. Нажмите «Запись» для проведения измерений на точку.
5. Смените круг и выполните визирование на ту же точку (для контроля качества наведения на дисплей выводятся разности отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам).
6. Нажмите «Запись» для проведения измерений на точку. Прежнее и новое значения угла наклона оси вращения зрительной трубы будут выведены на дисплей (на дисплее будет также представлена СКО прежнего значения угла наклона оси вращения трубы. СКО нового значения будет получено только после второго и следующих приемов).
7. Для повышения точности определения угла наклона оси вращения трубы рекомендуется сделать несколько приемов (не менее трех). Для выполнения второго приема нажмите «Доп.» и выполните наблюдения на ту же точку при двух положениях круга (п.3–п.6).
8. Окончательное значение угла наклона оси вращения трубы будет вычисляться как среднее из значений этого угла всех выполненных приемов.

РИС. 2.3.10

Наведение на точку, расположенную на расстоянии примерно 100 м от инструмента, и вертикальный угол на которую составляет минимум 27°



Нажмите «Далее», чтобы сохранить юстировки.

Нажмите «ESC» для выхода без сохранения новых юстировок.

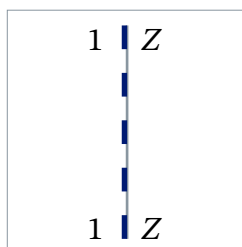
6. Поверка лазерного центрира тахеометра

Условие:

Ось лазерного центрира $W_1 W_1$ должна совпадать с осью вращения тахеометра ZZ .

РИС. 2.3.11

Условие поверки положения лазерного центрира тахеометра

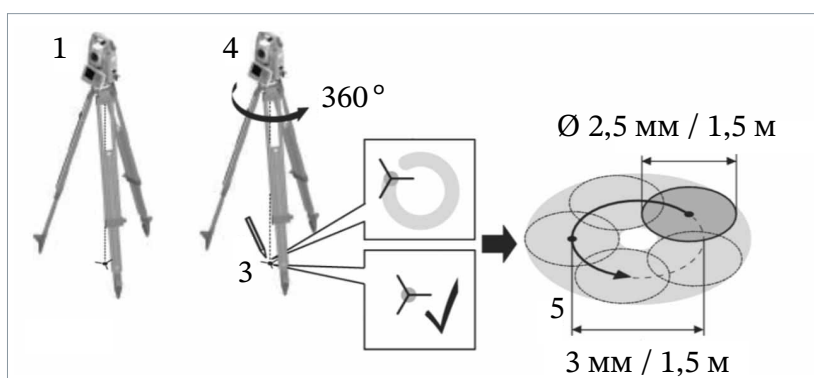


Выполнение поверки:

1. Установите штатив с тахеометром на высоте примерно 1,5 м от земли и выполните горизонтирование прибора. Положите под прибор лист белой бумаги (желательно с миллиметровыми делениями).
2. При включении прибора выводится на экран информация, необходимая для приведения прибора в рабочее положение, для чего отображается электронный уровень и включается лазерный отвес. Лазерный отвес можно также включить в любом приложении с использованием клавиши .
3. На листе бумаги под тахеометром отметьте точкой положение центра красного лазерного пятна (при высоте прибора 1,5 м диаметр этого красного пятна составит примерно 2,5 мм). Медленно поверните прибор на 360° , следя при этом за смещениями лазерного пятна от отмеченной точки, допуск — 1,5 мм при высоте прибора 1,5 м (максимально допустимый диаметр описываемой пятном окружности не должен превышать 3 мм).

РИС. 2.3.12

Выполнение поверки лазерного центрира тахеометра



Юстировка:

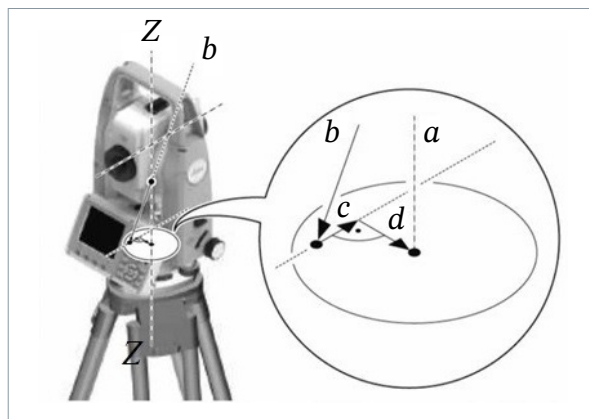
В случае невыполнения условия исправление осуществляется в сертифицированном центре.

7. Юстировка компенсатора тахеометра

Схема ошибок компенсатора приведена на рисунке 2.3.13.

РИС. 2.3.13

Выполнение поверки лазерного центра тахеометра



Примечание. ZZ — механическая вертикальная ось прибора, называемая также его осью вращения; b — отвесная линия; c — продольная составляющая (l) ошибки компенсатора; d — поперечная составляющая (t) ошибки компенсатора

Ошибки компенсатора (l , t) появляются тогда, когда вертикальная ось прибора занимает отвесное положение, но нуль-пункт компенсатора и круглого уровня не совпадают. Процедура калибровки обеспечивает электронную настройку точки нуля компенсатора.

Продольная составляющая направлена вдоль зрительной трубы, а поперечная — поперек. Они задают оси компенсатора.

На вертикальные углы влияет продольная составляющая (l).

Поперечная составляющая ошибки индекса компенсатора (t) подобна углу наклона оси вращения зрительной трубы. Влияние этой ошибки на точность измерения горизонтальных углов равно нулю в плоскости горизонта и возрастает с увеличением угла наклона линии визирования.

Выполнение определения ошибок компенсатора и его юстировка:

1. Проверьте горизонтирование тахеометра по электронному уровню.
2. Выберите [Настройки] → [Инструменты] → [Юстировки] → [Компенсатор].
3. Нажмите «Запись» для измерений при первом круге.
4. Поверните прибор примерно на 180° и переведите трубу через зенит.

Нажмите «Запись» для измерений при другом круге.

Если одна или несколько ошибок больше заданных пределов, процедуру придется повторить. Все измерения текущего приема будут отменены, усреднение результатов с предыдущими приемами измерений выполняться не будет.

5. Измерения на цель.

Средние квадратические отклонения. Средние квадратические отклонения вычисляются по второму повторному ходу.

Примечание: в лабораторных условиях при поверке компенсатора необходимо обеспечить неподвижность основания (кронштейна), на котором

установлен прибор. В дневное время, при работе метрополитена данное условие соблюдения сложно, поэтому данную поверку можно не проводить или проводить на улице, при этом использовать штатив.

8. Поверка оси круглого уровня вешки отражателя

Условие:

Ось круглого уровня должна быть параллельна геометрической оси вешки отражателя $UU//Z_1Z_1$ (рис. 2.3.14).

РИС. 2.3.14

Условие поверки оси круглого уровня вешки отражателя

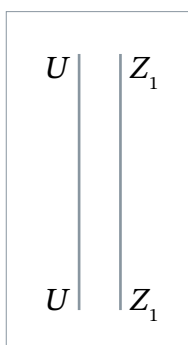
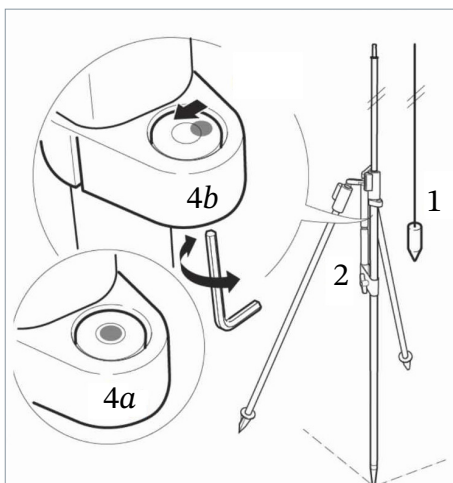


РИС. 2.3.15

Выполнение поверки оси круглого уровня вешки отражателя



Выполнение поверки:

1. В помещении или месте, защищенном от ветра, подвесьте нитяный отвес.
2. С помощью бипода установите веху параллельно отвесу.
3. Проверьте положение пузырька круглого уровня на вехе.
Если пузырек уровня находится в нуль-пункте, то условие выполнено.
Если пузырек не находится в нуль-пункте, приведите его в нуль-пункт, вращая шпилькой юстировочные винты. По завершении юстировки

все юстировочные винты должны быть примерно одинаково затянуты, ни один из них не должен иметь свободного хода.

Примечание: также можно выполнить установку вехи в отвесное положение с помощью отъюстированного тахеометра, устанавливая веху по вертикальной нити сетки нитей зрительной трубы.

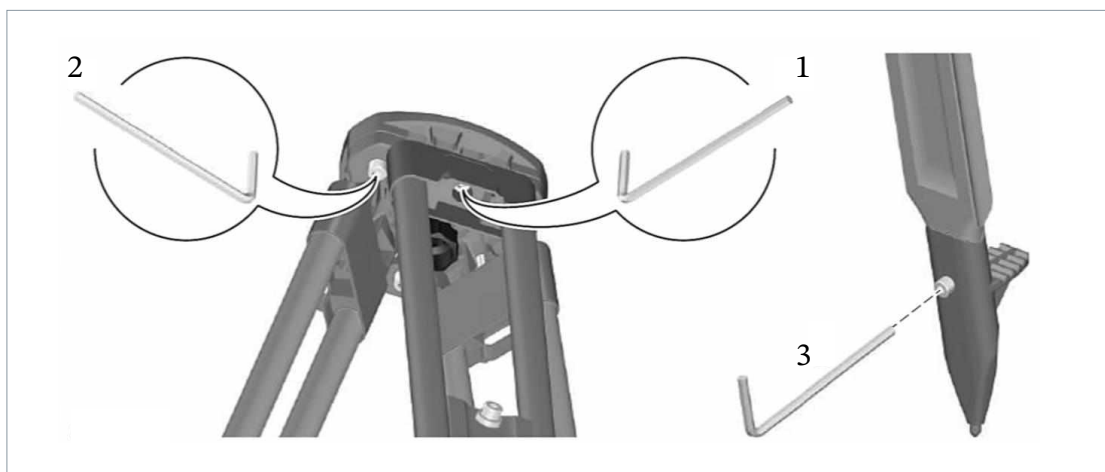
Уход за штативом:

Соединения между металлическими и деревянными частями штатива должны быть без зазоров и шатания.

1. С помощью торцевого ключа слегка затяните винты крепления ножек к головке штатива.
2. Затяните винты головки штатива так, чтобы при его снятии с точки ножки оставались раздвинутыми.
3. Плотнo затяните винты в нижней части ножек штатива.

РИС. 2.3.16

Уход за штативом



2.4 ПРОЛОЖЕНИЕ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОГО ХОДА

Под **горизонтальной (теодолитной) съемкой** понимают съемку ситуации без отображения рельефа местности.

Под **топографической (тахеометрической) съемкой** понимают съемку ситуации и рельефа местности.

Для выполнения съемки необходимо иметь на местности точки (пункты) с известным положением. Для определения положения этих точек прокладываются ходы.

Теодолитным ходом будем называть замкнутый или разомкнутый многоугольник (ломанную линию), в котором измерены горизонтальные углы между сторонами и длины сторон; вертикальные углы измеряют только для приведения измеренных длин сторон к горизонту (для вычисления горизонтальных проложений сторон хода). В результате проложения теодолитного хода получают плановые координаты точек хода x_i и y_i .

Тахеометрическим ходом будем называть замкнутый или разомкнутый многоугольник (ломаную линию), в котором измерены горизонтальные углы между сторонами, длины

сторон и вертикальные углы. В результате проложения тахеометрического хода получают плановые координаты x_i и y_i , а также высоты H_i точек хода, определяемые тригонометрическим нивелированием.

Рассмотрим проложение теодолитного хода на примере аудитории 9.

Рекогносцировка

Необходимо выбрать точки теодолитного хода (съёмочные точки), с которых будет наилучшая видимость всей аудитории для производства съёмки, а также взаимная видимость. После этого на листе бумаги составляется абрис, как показано на рис. 2.4.13 (в конце главы).

Установка прибора и подставок на точках

На выбранной первой точке теодолитного хода на кронштейне установите прибор и отгоризонтируйте его (см. главу 2). В точках 2 и 3 на кронштейнах установите подставки с отражателями и отгоризонтируйте их по круглым уровням. Отражатели направьте на прибор и проверьте в настройках прибора тип используемых отражателей.

Выполнение измерений:

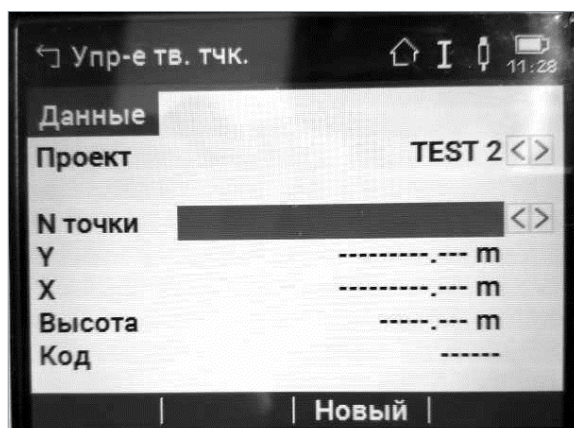
1. Создайте проект. Как создавать проект, рассмотрено в главе 2.
2. Введите координаты точки стояния. Для этого из главного меню перейдите на страницу «Управл.» и откройте пункт «Тв.точки» (рис.2.4.1).
3. Нажмите [F3] → [Новый] (рис. 2.4.2).

РИС. 2.4.1

Страница управление



РИС. 2.4.2
Создание нового проекта



4. Введите номер точки (станции) 201 и координаты в условной системе координат (рис. 2.4.3). Нажмите кнопку «Далее».
5. Из главного меню войдите в приложение «Установка» для установки станции (рис.2.4.4) и нажмите «Далее». Выберите «Ориент. по Углу» (рис.2.4.5) и нажмите «Далее».

РИС. 2.4.3
Номер станции

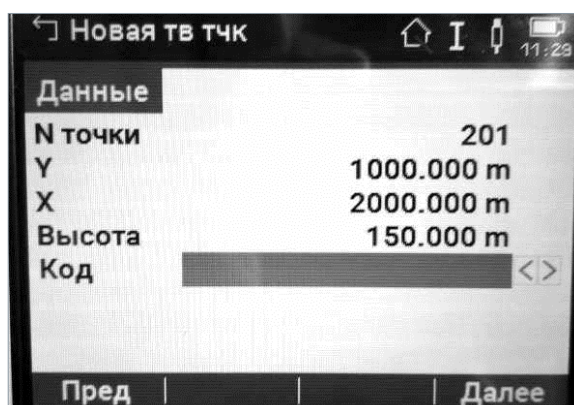


РИС. 2.4.4
Установка станции

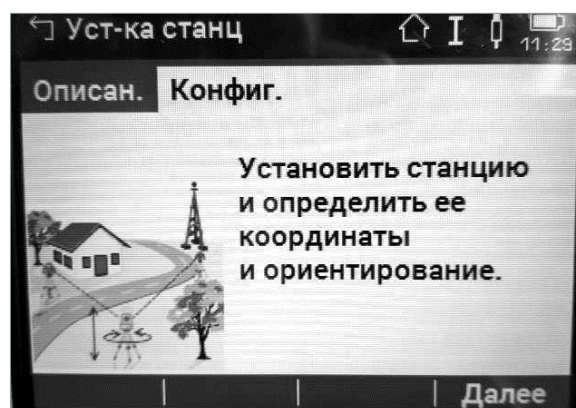
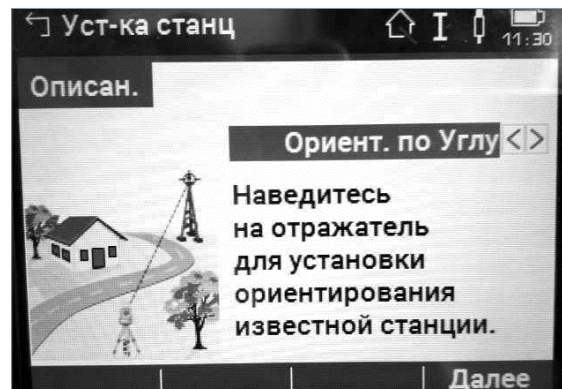


РИС. 2.4.5
Ориентирование станции



6. Нажмите [F2] → [Список] (рис.2.4.6) и выберите из каталога станцию 201 с известными координатами (рис. 2.4.7).
7. Нажмите «Далее» и установите на экране высоту прибора $h_{инст.} = 1,500$ м; в данном случае высота прибора не играет роли, так как не используется в вычислениях (рис. 2.4.8). Нажмите «Далее».

РИС. 2.4.6
Список станций

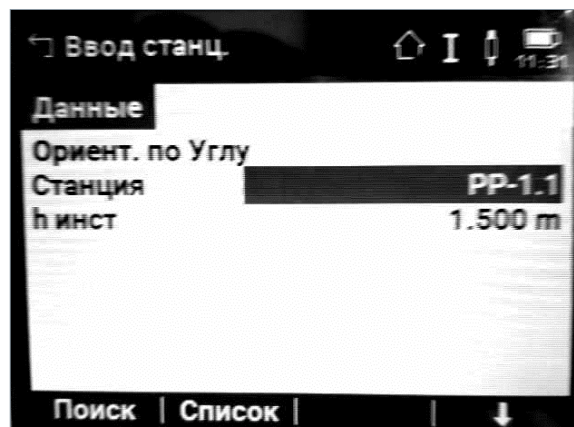


РИС. 2.4.7
Выбор из каталога станции 201 с известными координатами

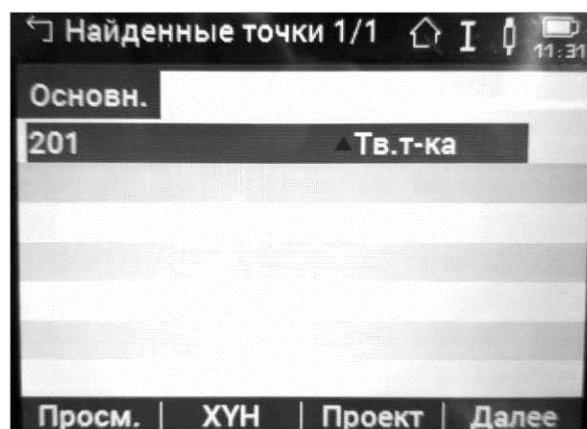
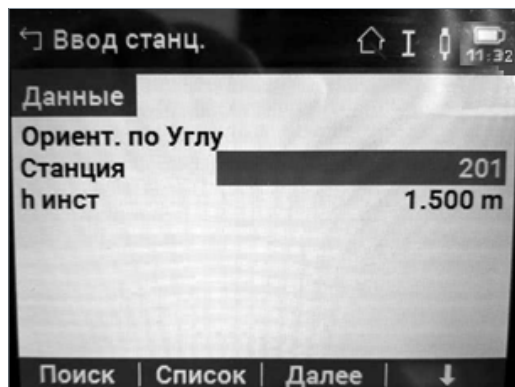


РИС. 2.4.8

Установка на экране высоты прибора



8. Наведитесь на точку 202 (на центр отражателя), укажите номер этой точки, высоту отражателя $h_{отр.} = 1,500$ м и обнулите отсчет по горизонтальному кругу клавишей F3 [$H_z = 0$] (рис. 2.4.9). Нажмите на «Уст-ка». Появится сообщение, что станция и ориентировка установлены.
9. После установки станции из главного меню перейдите в приложение «Съемка» (рис. 2.4.10).

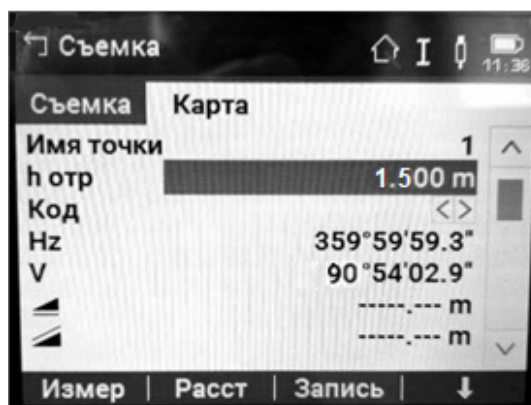
РИС. 2.4.9

Обнуление отсчета по горизонтальному кругу клавишей



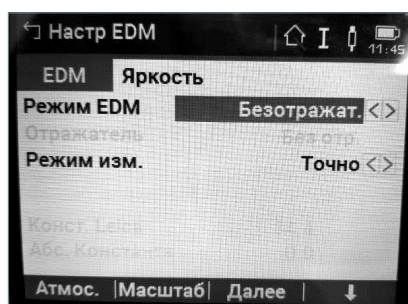
РИС. 2.4.10

Приложение съемка



10. Укажите имя точки 202, выполните измерения на эту точку, нажав на «Расст». Далее необходимо нажать на «Запись», прибор запишет полученные результаты в память. После этого нумерация точки изменится на следующую — 203.
11. Наведитесь на точку 203 и выполните измерения.
12. После измерений в теодолитном ходе (на точки 202 и 203) переходите к съемке аудитории, переключив тахеометр на безотражательный режим работы. Переключение выполняется нажатием на клавишу [F4] и выбором страницы «EDM» (рис. 2.4.11). Для удобства измерений можно включить лазерный визир на странице «Яркость». При пользовании безотражательного режима и лазерного визира соблюдайте технику безопасности.

РИС. 2.4.11
Страница «EDM»



Примечание: при наличии в аудитории посторонних измерения в безотражательном режиме и использование лазерного визира запрещено. В этом случае выбрать режим измерения на призму и все измерения проводить в этом режиме.

Нумерацию пикетов следует начинать с 1. Записывать измерения по съемке в тетрадь не нужно, измерения сразу сохраняются в память прибора, нажатием клавиши «Измер». Необходимо вести за правильностью нумерации пикетов на абрисе.

13. Результаты съемки в графическом виде можно посмотреть переключением на страницу «Карта» (рис. 2.4.12).

РИС. 2.4.12
Страница «Карта»



14. После завершения съемки на первой станции перейти на станцию 202 и повторить пункты 5–12, выполнив ориентирование на переднюю точку хода 203.
15. Также необходимо выполнить измерения на 203 станции (ориентирование на переднюю точку хода 201).

ПРИМЕР ЗАПИСИ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЗАМКНУТОМ ТЕОДОЛИТНОМ ХОДЕ

ТАБЛИЦА 2.5

Результаты измерений на станциях

201:	$\beta_{201-202} = 0^{\circ}00'00''$ (нач. направление) $\beta_{201-203} = 153^{\circ}06'32''$	$S_{201-202} = 5,001$ м $S_{201-203} = 8,978$ м
202:	$\beta_{202-201} = 0^{\circ}00'00''$ (нач. направление) $\beta_{202-203} = 17^{\circ}19'57''$	$S_{202-201} = 5,004$ м $S_{202-203} = 13,615$ м
203:	$\beta_{203-202} = 0^{\circ}00'00''$ (нач. направление) $\beta_{203-201} = 9^{\circ}32'38''$	$S_{203-202} = 13,613$ м $S_{203-201} = 8,975$ м

Значения углов поворота:

$$\beta_{1 \text{ прав.}} = 153^{\circ}06'32'';$$

$$\beta_{2 \text{ прав.}} = 17^{\circ}19'57'';$$

$$\beta_{3 \text{ прав.}} = 9^{\circ}32'38''.$$

Контроль качества измерения углов:

$$\sum \beta_{\text{прав.}} = \beta_{1 \text{ прав.}} + \beta_{2 \text{ прав.}} + \beta_{3 \text{ прав.}} = 179^{\circ}59'07'';$$

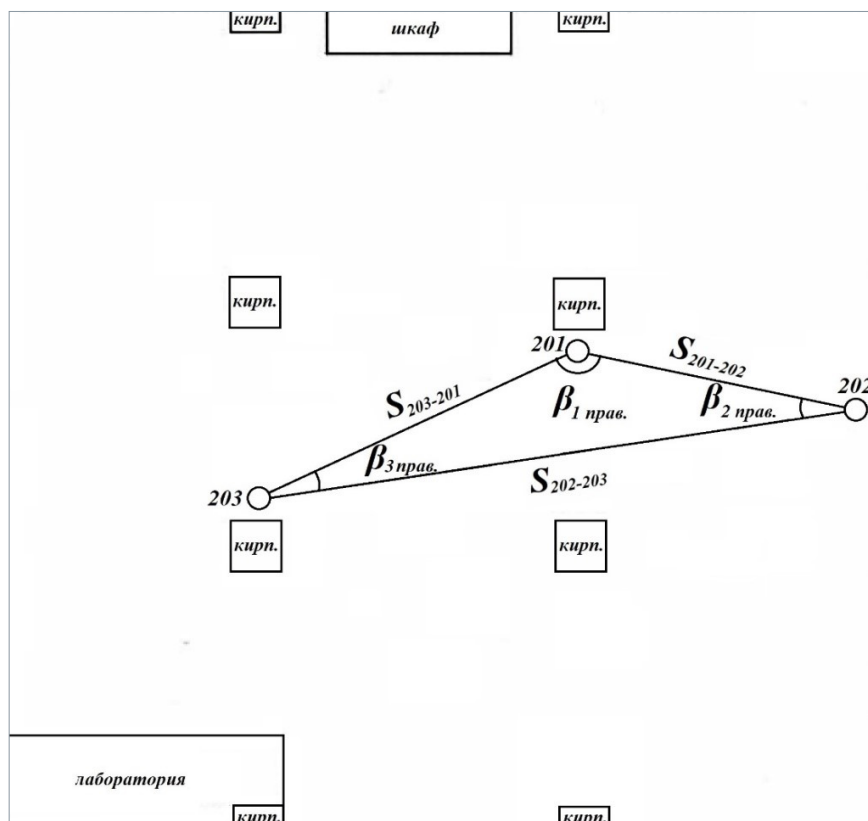
$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{прав.}} - 180^{\circ} = 179^{\circ}59'07'' - 180^{\circ} = -0^{\circ}00'53''.$$

Значения длин линий хода:

$$S_{\text{ср. 201-202}} = \frac{S_{201-202} + S_{202-201}}{2} = \frac{5,001 \text{ м} + 5,004 \text{ м}}{2} = 5,002 \text{ м};$$

$$S_{\text{ср. 202-203}} = \frac{S_{202-203} + S_{203-202}}{2} = \frac{13,615 \text{ м} + 13,613 \text{ м}}{2} = 13,614 \text{ м};$$

$$S_{\text{ср. 203-201}} = \frac{S_{203-201} + S_{201-203}}{2} = \frac{8,975 \text{ м} + 8,978 \text{ м}}{2} = 8,976 \text{ м}.$$



2.5 ОБРАТНАЯ ЛИНЕЙНО-УГЛОВАЯ ЗАСЕЧКА

В курсе «Геодезия» рассматриваются разные виды привязок к отдаленным пунктам государственной геодезической сети, такие как прямые и обратные угловые засечки [6].

Обратная линейно-угловая засечка (ОЛУЗ) — это способ получения координат точки стояния прибора, при наблюдении не менее двух пунктов с известными координатами. Для повышения точности используются наблюдения трех и более пунктов.

Обратная линейно-угловая засечка нашла широкое применение в современном геодезическом производстве с началом распространения электронных тахеометров с возможностью выполнения расчетов в автоматическом режиме.

Преимущества обратной линейно-угловой засечки состоят в:

- отсутствие необходимости проложения ходов к району работ;
- отсутствие необходимости иметь закрепленные пункты непосредственно в районе работ. Это особенно важно на строительных площадках, так как пункты находящиеся непосредственно на площадке со временем будут уничтожены;
- прибор устанавливается в любом удобном для работы месте, с учетом видимости на исходные пункты;
- требования к геометрии сети не такие жесткие, как при угловых засечках.

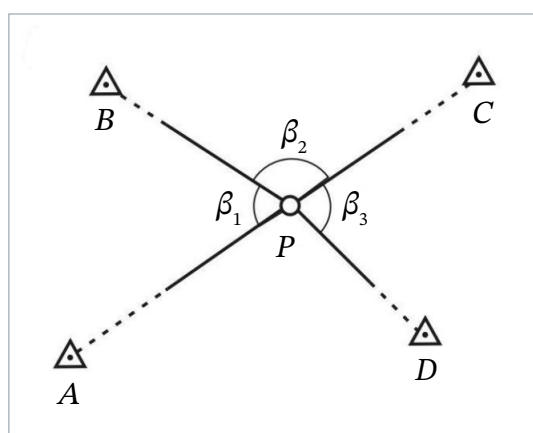
Для построения обратной линейно-угловой засечки можно принять следующие требования:

- угол между направлениями на известные пункты должен быть не менее 30° и не более 150° ;
- определяемый пункт располагать примерно посередине между известными пунктами или ближе к одному из пунктов.
- при возможности число известных пунктов можно увеличивать до трех и более, но не в ущерб времени выполнения работ.

На рисунке 2.5.1 показана схема обратной линейно-угловой засечки.

РИС. 2.5.1

Схема обратной линейно-угловой засечки



Прибор устанавливается на определяемом пункте P . Производятся отсчеты по горизонтальному кругу и измеряются расстояния на пункты A, B, C, D . После чего запускается программа расчета, в результате которого получаются координаты пункта P и выполняется оценка точности.

ЗАДАНИЕ №5:

Определить координаты точки стояния прибора с помощью линейно-угловой засечки с точностью не менее 5 мм. На примере аудитории 9.

Порядок выполнения:

1. Установить прибор на кронштейн, прикрепленный к колонне.
2. Выбрать марки (4 шт.), на которые будут производиться измерения, с учетом выше указанных требований.
3. Создать проект, ввести в память прибора координаты выбранных марок. Для экономии времени следует вводить только координаты выбранных марок, а не весь список. Каталог координат марок 9-й аудитории в прил. 1.
4. Произвести измерения на выбранные марки, вычислить координаты прибора и проконтролировать оценку точности. Координаты прибора должны быть определены с точностью не хуже 5 мм.

Создание проекта и ввод координат твердых точек уже рассмотрено в предыдущих главах. Рассмотрим выполнение измерений в ОЛУЗ и оценку точности.

В главном меню выбрать [Установка станции] → [Обратная Засечка] и нажать «Далее» (рис. 2.5.2). Ввести наименование точки стояния и высоту прибора (рис. 2.5.3).

РИС. 2.5.2

Обратная засечка

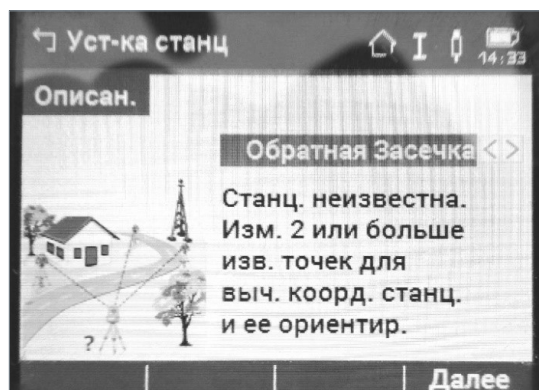
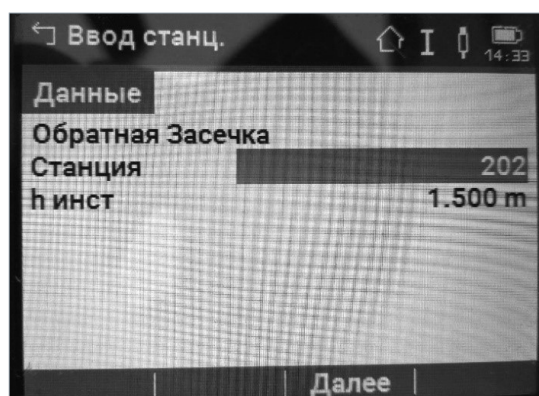


РИС. 2.5.3

Наименование точки стояния и высота прибора



Выбрать точку ориентирования, введя ее номер или выбрав из списка (рис. 2.5.4 и 2.5.5).

РИС. 2.5.4

Выбор точки ориентирования через ввод ее номер

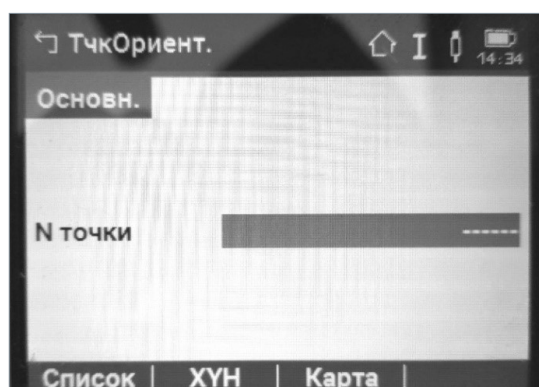
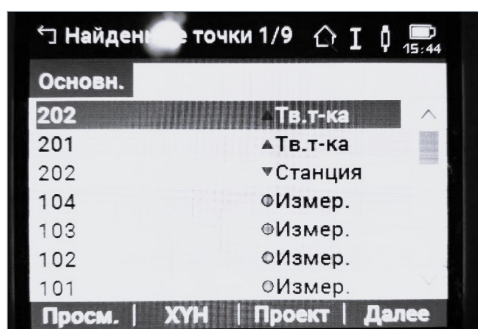


РИС. 2.5.5

Выбор точки ориентирования из списка



Навестись на выбранную точку и провести измерения, нажав на клавишу «Измер» (рис. 2.5.6).

РИС. 2.5.6

Измерения на выбранной точке



После измерений на экране будет представлена точность определения координат точки (рис. 2.5.7). Однако при измерении только на одну точку координаты точки стояния не могут быть вычислены, так как необходимо выполнить измерения минимум на две исходные точки. Поэтому надо измерить больше точек, что и делается нажатием клавиши [F1] (рис. 5.8).

РИС. 2.5.7

Точность определения координат

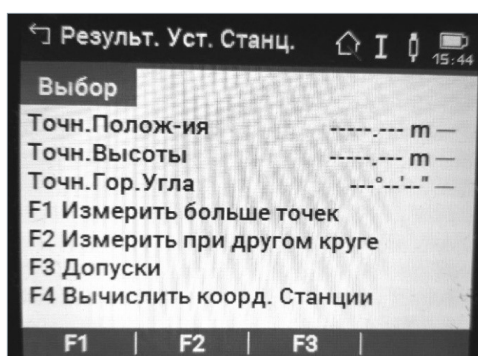
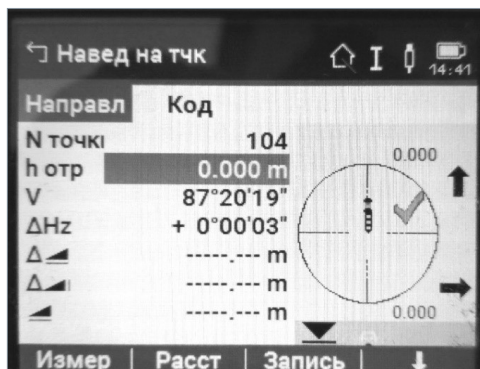


РИС. 2.5.8
Измерение точек



После выполнения измерений на все четыре исходные марки, нажатием клавиши [F4] выполняется вычисление координат станции (рис. 2.5.9 и 2.5.10).

РИС. 2.5.9
Вычисление координат станции

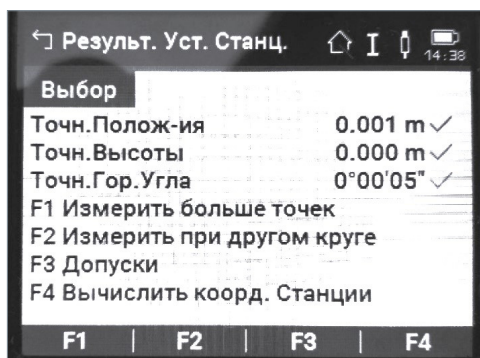
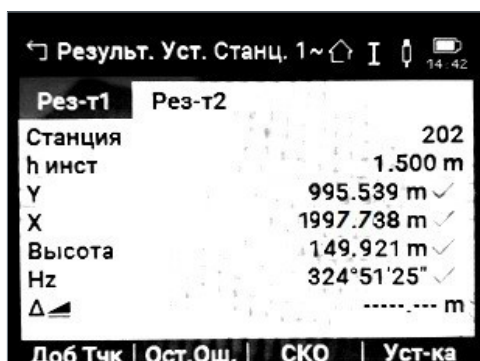


РИС. 2.5.10
Вычисление координат станции



Нажатием на клавишу [F3] можно просмотреть средние квадратические ошибки определения координат станции и угловых измерений (рис. 2.5.11). Нажатием [F2] можно просмотреть остаточные погрешности и определение качества точек в плане и по высоте. Остаточная погрешность вычисляется как разность между вычисленным и измеренным значением (рис. 2.5.12).

РИС. 2.5.11

СКО определения координат станции и угловых измерений

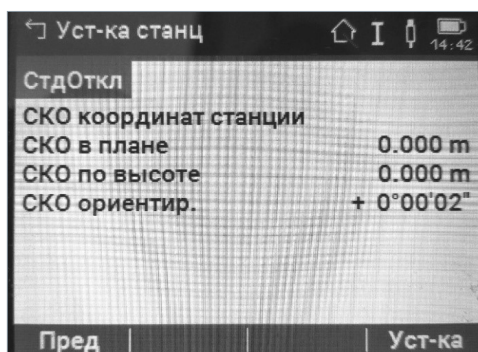
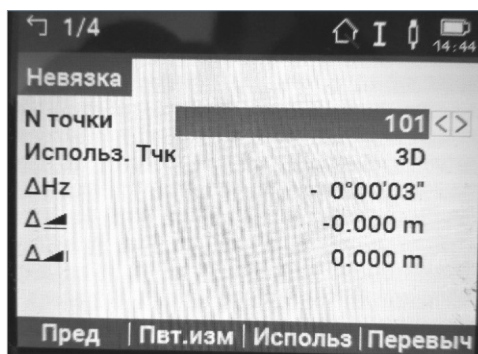


РИС. 2.5.12

Остаточная погрешность



Если полученные результаты удовлетворительные, необходимо нажать на клавишу «Установка». Прибор выведет сообщение, что станция установлена.

После установки станции можно переходить к следующим задачам, например, к съемке или выносу в натуру.

В том случае, когда твердые точки импортируются в тахеометр из текстового файла, необходимо удостовериться, что разделителем целой и дробной части координат является точка. Например, при экспорте из программного комплекса КРЕДО, при выборе формата экспорта из библиотеки (формат NEh), разделителем целой и дробной части является запятая. При импорте такого файла в тахеометр, ПО прибора не воспримет запятую в качестве разделителя целой и дробной части и импортирует координаты и высоты с округлением до целых метров. Для замены запятых достаточно открыть файл экспорта в текстовом редакторе «Блокнот», нажать [Правка] → [Заменить] и заменить все запятые на точки. Сохранить файл.

2.6 ОСОБЕННОСТИ СЪЕМКИ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Плотность (густота) пунктов государственной геодезической сети (ГГС) и геодезических сетей сгущения (ГСС) недостаточна для производства сплошной съемки местности¹.

Для сгущения геодезической плановой и высотной основы создают геодезическое съемочное обоснование (съемочную сеть), при этом плотность пунктов должна обеспечивать выполнение съемки заданного масштаба и заданной высоты сечения рельефа.

Развитие съемочного обоснования осуществляется от пунктов ГГС и ГСС, в частности, в виде теодолитных и тахеометрических ходов. Высоты пунктов (точек) съемочного обоснования (съемочных сетей) определяют методами геометрического и тригонометрического нивелирования.

Тахеометрические ходы, опирающиеся каждым из своих концов на два исходных пункта, называются ходами с угловой привязкой. Схема таких ходов приведена в [8]. Практические навыки проложения ходов с угловой привязкой отрабатываются в течении учебной геодезической практики I курса.

Тахеометрические ходы, опирающиеся каждым из своих концов на один исходный пункт, называются ходами с координатной привязкой. Схема и порядок вычислений координат пунктов таких ходов приведены в [5]. Также определение координат начальной точки тахеометрического хода может быть выполнено с помощью обратной линейно-угловой засечки.

Как было сказано выше, под тахеометрической съемкой понимают съемку ситуации и рельефа местности. Поэтому пункты ГГС и ГСС, используемые для развития съемочного обоснования, должны иметь три координаты: x_i , y_i , H_i .

Порядок проложения тахеометрического хода с координатной привязкой:

1. В удобном месте с точки зрения последующей съемки и безопасности проведения работ забивается деревянный кол, арматура или дюбель (в зависимости от покрытия). Это первая промежуточная точка хода. С этой точки хода должна обеспечиваться видимость на исходный пункт.
2. Прибор устанавливается на первой промежуточной точке хода. Создается проект работ (разд. 2). В проект вводятся координаты исходных пунктов, которые могут быть загружены заранее через USB. Измеряется высота прибора с точностью 0,5 см.
3. Выполняется ориентирование по углу (разд. 4). При этом вводится высота отражателя в соответствующее поле. При наблюдении на исходный пункт, расположенный в земле, вешка устанавливается непосредственно на центр пункта, на отверстие диаметром 2 мм, к которому отнесены координаты пункта. Перед началом измерений необходимо проверить высоту вешки рулеткой, не доверяя нанесенной на вешку шкале.
При использовании стенных пунктов с горизонтальным расположением отверстия (рис.2.6.1) нужно воспользоваться безотражательным режимом измерений, наводя перекрестие сетки нитей на центр пункта и устанавливая высоту наведения 0,000 м.

¹ **Примечание:** пункты ГГС и ГСС представляют собой закрепленные на местности или в стенах зданий и сооружений репера и марки.

РИС. 2.6.1

Стенных пунктов с горизонтальным расположением отверстия



При использовании стенных пунктов с вертикальным расположением отверстия (круглые или с горизонтальной площадкой) (рис.2.6.2) можно воспользоваться светоотражающей маркой, наклеенной на кусочек пластика. В этом случае помощник совмещает вертикальную черту на марке с центром пункта, а высота наведения измеряется от центра пункта до горизонтальной черты на марке (рис. 2.6.3).

РИС. 2.6.2

Стенные пункты с вертикальным расположением отверстия
(круглые или с горизонтальной площадкой)

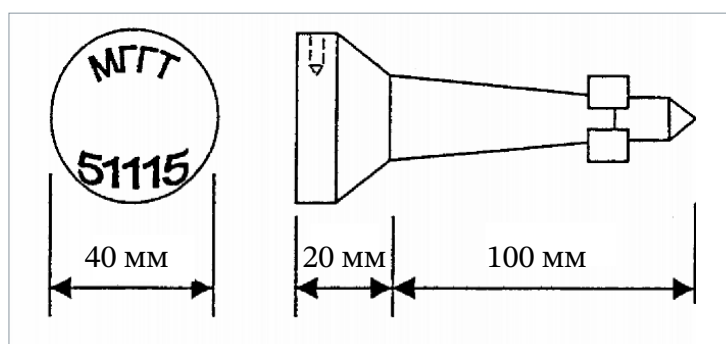
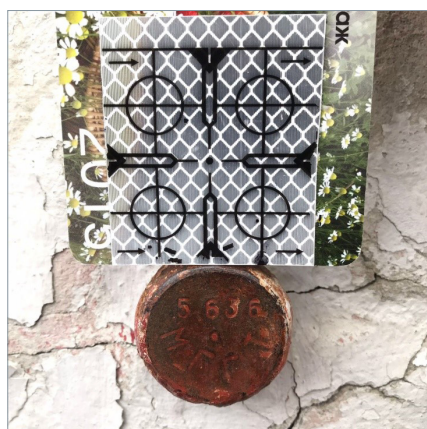


РИС. 2.6.3

Светоотражающая марка



После измерений на исходный пункт измерения проводят на следующую (вторую) промежуточную точку хода, закрепленную на местности.

При этом используют вешку с отражателем.

Примечание: опытными работниками практикуется способ проложения тахеометрического хода с использованием штативов с подставками и отражателями без закрепления точек хода на местности.

При этом тахеометр и отражатели меняются местами, а штативы с подставками остаются на местах. Такой способ быстрее и точнее, однако требует точного выполнения всеми членами бригады действий по проложению хода, ведь в случае, если любой штатив будет сбит до окончания измерений, весь ход придется переделывать заново.

4. После выполнения измерений на пункте хода переходят непосредственно к съемке местности (если проложение хода выполняется одновременно со съемкой). Пример расположения пикетных точек при съемке ситуации и рельефа показан на рисунке 2.6.4.

РИС. 2.6.4

Расположения пикетных точек при съемке ситуации и рельефа



Пример абриса приведен на рис. 2.4.13.

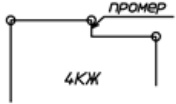
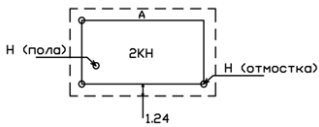
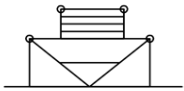
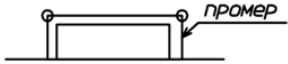
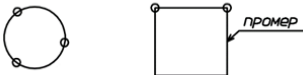
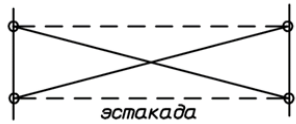
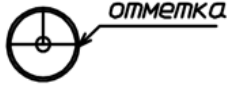
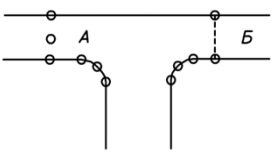
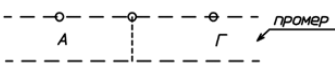
Правила съемки некоторых типовых объектов на застроенной территории приведены в таблице 2.6 [3]. Расположение пикетов показано в примерах кружками.

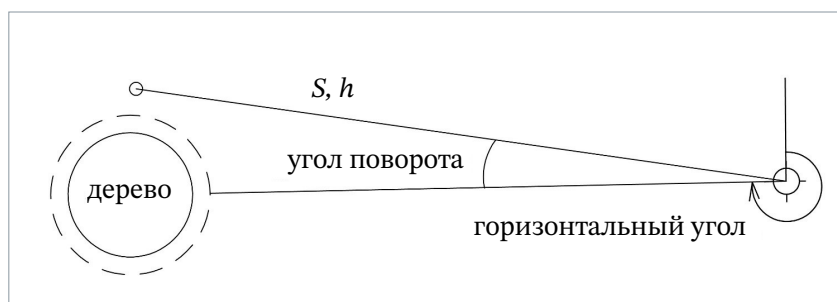
Использование безотражательного режима дальномера ускоряет производство съемки, однако надо помнить, что при наличии на пути сигнала посторонних объектов, таких как листва или ветки, отражение может произойти от этих объектов. При сомнениях нужно использовать отражатель.

При выполнении подеревной съемки необходимо учитывать толщину ствола и пристволовое поднятие подстилающей поверхности. Например, при съемке масштаба 1:500 точность съемки четких контуров составляет 0,4 мм в масштабе плана, то есть 0,2 м относительно ближайших точек съемочного обоснования. Таким образом, съемку дерева толщиной более 20 см необходимо осуществлять со смещением. Для этого устанавливаются отражатель рядом с деревом, вне пристволового поднятия, по центру дерева, по дуге окружности, центром которой является прибор, как показано на рисунке 2.6.5.

ТАБЛИЦА 2.6

Правила съемки некоторых типовых объектов на застроенной территории

Наименование объекта	Местоположение пикетов	Пример
Строение	По контуру строения с учетом выступов более 0,5 м в масштабе плана	
Отмостка	Ширина отмостки определяется промером. Кроме этого определяют отметку высоты пола первого этажа и отметку отмостки на углу здания	
Крыльцо закрытое	По углам лестницы и крыльца	
Прямоугольник	По углам прямоугольника	
Вентиляторы и запасные выходы	Три пикета на круглый, два пикета и промеры на прямоугольный объект	
Эстакада, трубопровод	Контур показывают по проекции на землю. Метод съемки опор зависит от их формы и размеров	
Люки, колодцы	В плане определяют центр люка, высоту по обечайке, отметка лотка. (В условиях учебного процесса вскрытие колодцев не проводится)	
Проезды, с бордюрным камнем	По поперечным профилям не реже чем через 20 м и в точках излома, а также на оси проезда. При наличии бордюра определяются отметки верха и низа	
Тротуары и дорожки с твердым покрытием, без бордюрного камня	Пикеты по одной стороне с обязательным промером ширины	



Наводят тахеометр на отражатель и нажимают на клавишу «F2- Расст», при этом прибор произведет измерения на отражатель, но данные записаны не будут. Далее необходимо повернуть зрительную трубу наводящим винтом горизонтального круга на центр ствола, при этом значение горизонтального угла изменится, а расстояние и вертикальный угол останутся прежними. Нажать кнопку «Запись». В результате в память прибора будет записано положение центра дерева и отметка без приставочного поднятия.

Проложение тахеометрического хода заканчивается измерениями на конечный твердый пункт или пункты. После завершения работ данные переносятся на съемный носитель информации для последующей обработки.

2.7 ЭКСПОРТ ДАННЫХ ИЗ ТАХЕОМЕТРА

Измерения и координаты проекта, а также другие данные можно экспортировать из памяти инструмента. Экспорт данных осуществляется с помощью:

- USB-флеш накопителя;
- SD-карты памяти;
- настраиваемого интерфейса (Bluetooth, RS232, WLAN).

Наиболее простым и доступным является перенос данных с помощью USB-флеш-карты. Для этого карта вставляется в разъем, расположенный на правой колонке прибора под крышкой. Для передачи данных должна быть использована промышленная USB-флеш-карта (поставляемая с прибором) с набором определенных папок в корневом каталоге. Данную проблему легко решить, один раз скопировав папки с промышленной USB-флеш-карты на свою.

Подключение USB-флеш-карты:

1. Откройте крышку коммуникационной панели (см. рис. 2.1.1).
2. Порт USB расположен под верхней частью коммуникационного блока.
3. Вставьте USB-накопитель в разъем USB.
4. Колпачок промышленной USB-флеш Leica может храниться на крышке коммуникационной панели.
5. Закройте крышку коммуникационного блока и поверните до упора рычажок для закрытия.

Экспорт данных:

1. Выберите страницу «Управ.» в главном меню, далее «Передача данных» и «Экспорт». Появится экран экспорта данных (рис. 2.7.1).

В первой строке выбирается тип носителя, на который предполагается экспортировать данные.

Вторая строка — тип данных проекта, которые будут экспортированы (только измерения, только координаты или измерения и координаты), рис. 2.7.2.

РИС. 2.7.1

Экран экспорта данных

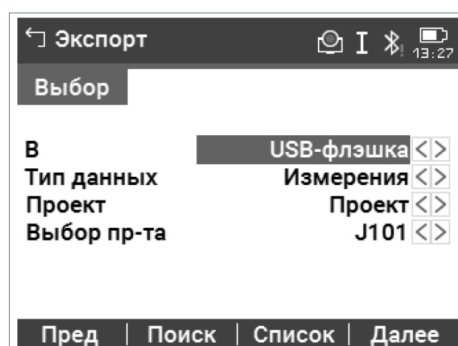
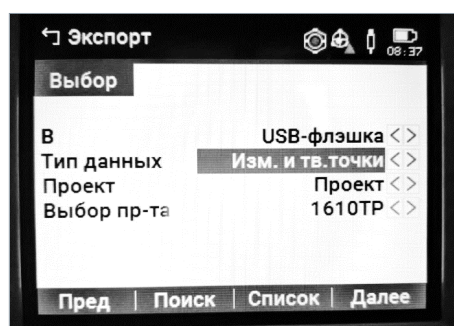


РИС. 2.7.2

Задание типа данных



Третья строка позволяет экспортировать один проект или все проекты. Выбор конкретного проекта осуществляется с помощью клавиш «Поиск» или «Список» (рис. 2.7.3).

РИС. 2.7.3

Выбор проекта через список

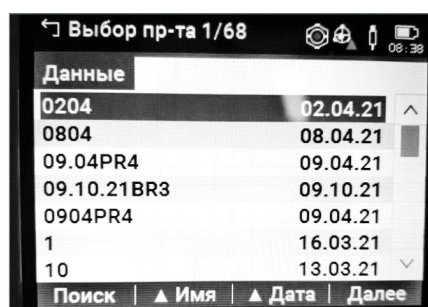
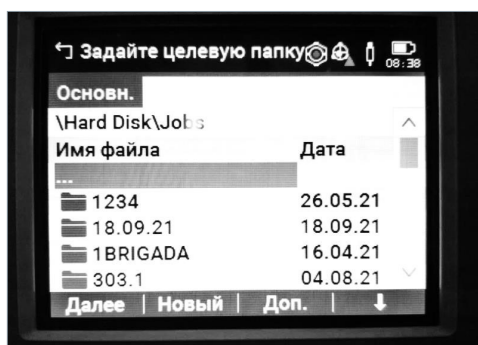


РИС. 2.7.4

Выбор проект через поиск



2. После выбора проекта нажмите «Далее».
На следующем экране необходимо выбрать папку на USB-карте, куда будут экспортироваться данные или создать ее (рис. 2.7.5).

РИС. 2.7.5

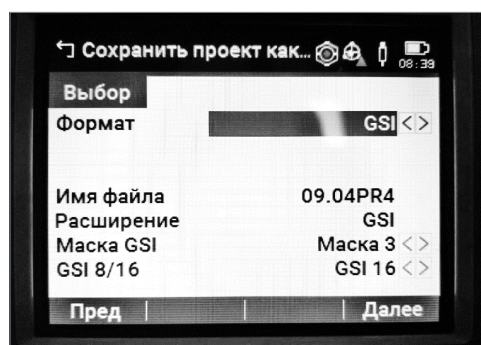
Выбор папки для экспорта



3. После выбора папки экспорта нажмите кнопку «Далее» и выберите формат файла экспорта (рис.2.7.6).

РИС. 2.7.6

Выбор формата для экспорта



Можно выбрать несколько форматов файлов в зависимости от выбора типа данных:

- **GSI:** LeicaGeo Serial Interface. Фиксированный формат, который представлен в виде двух вариантов:
 - **GSI 8:** 81..00+12345678 — 8 значащих цифр в координатах;
 - **GSI 16:** 81..00+1234567890123456 — 16 значащих цифр в координатах.
- **Маска GSI.** Задание GSI-маски для вывода данных, т.е. какие данные будут записаны.
 - **Маска 1:** PtID, H_z , V , SD , ppm + mm, высота отражателя, высота инструмента.
 - **Маска 2:** PtID, H_z , V , SD , E , N , H , высота отражателя.
 - **Маска 3:**
 - ID станции, E , N , H , h_i (станции);
 - ID станции, Ori , E , N , H , высота инструмента;
 - PtID, E , N , H (Контроль);
 - PtID, H_z , V (Установка направления);
 - PtID, H_z , V , SD , ppm + mm, высота отражателя, E , N , H (Измерение).

В качестве примера рассмотрим одну строку файла, полученного в результате передачи данных из тахеометра в компьютер:

ПРИМЕР

```
110006+00000302 21.103+25512570 32..00+0000637233..00+0000114781..00+  
0019384182..00+00185595 83..00+00002647
```

Строка состоит из последовательности шестнадцатиразрядных слов (включая пробел, в качестве разделителя слов). Каждое слово состоит из двух частей. В первой части (6 позиций) содержится служебная информация, включая код информации (две первые позиции), а во второй содержится собственно информация. Расшифровать данную запись можно следующим образом:

- 110006+00000302 — это 6-я запись в файле и она относится к пикету 302;
- 21.103+25512570 — отсчет по горизонтальному кругу $255^{\circ}12'57,0''$;
- 32..00+00006372 — горизонтальное проложение 6,372 м;
- 33..00+00001147 — превышение +1,147 м;
- 81..00+00193841 — восточная координата 193,841 м;
- 82..00+00185595 — северная координата 185,595 м.

3 Векторизация растровых изображений

3.1 ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

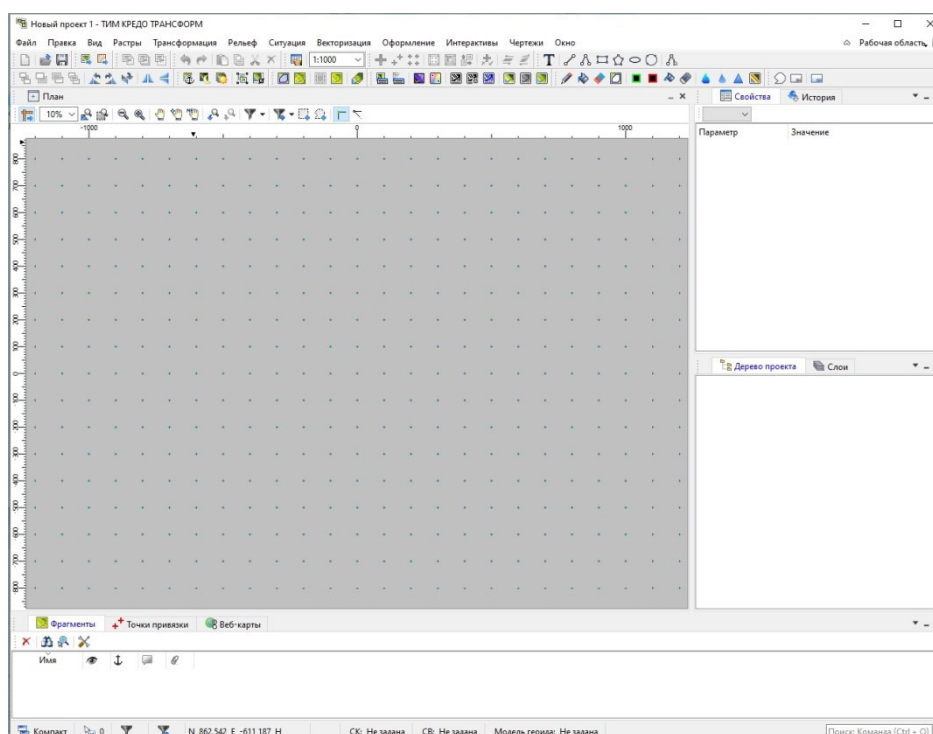
При формировании ЦММ геодезисты нередко используют материалы топо съемок прошлых лет. При этом часто им приходится иметь дело не с оригиналами топопланов, а с их бумажными копиями. Как известно, с изменением температуры и влажности бумага деформируется, причем неравномерно. Также, при снятии копий путем фотографирования «с рук» сложно выдержать центральную проекцию, которая и сама по себе дает искажения. Поэтому, прежде чем использовать отсканированную копию бумажного плана или цифровой снимок, изображение необходимо трансформировать.

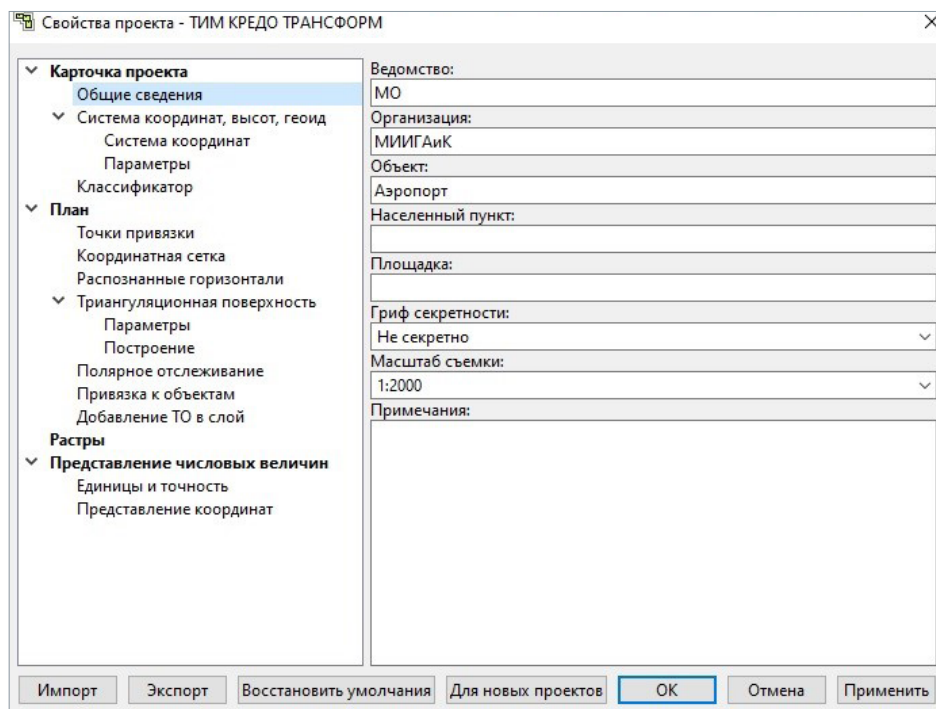
Для выполнения этой процедуры применяют специальное программное обеспечение (ПО). В качестве такого ПО можно использовать, например, модуль Transform программного комплекса Тим Credo.

После запуска модуля на выполнение создайте новый проект «Создать новый проект» (рис. 3.1.1). Выполните настройки проекта, как показано на рисунке 3.1.2. План масштаба 1:2000.

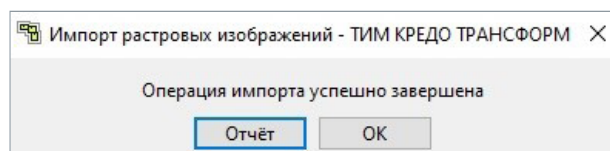
РИС. 3.1.1

Создание нового проекта





Импортируйте в проект файл с растровым изображением (Air0001.bmp), командой Импорт → Импорт растров без привязки (рис.3.1.3).



Трансформирование файла Air0001.bmp выполняется по точкам пересечения координатных линий.

Координаты юго-западной точки:

$$X = 2000 + 1000 \times i;$$

$$Y = 3000 + 1000 \times i,$$

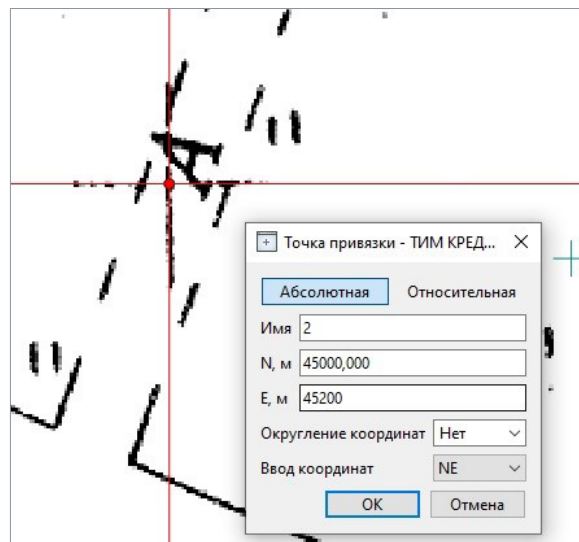
где i — две последние цифры шифра.

В пункте меню «Трансформация» выберите «Создать точку привязки». При этом перекрестие указателя будет «прилипать» к тем точкам на растре, которые программа распознает как подходящие для привязки. Переключение режима распознавания осуществляется клавишей F3. Последовательно наводя курсор на точки с известными координатами

(кресты координатной сетки) и нажимая ЛКМ, добавьте в проект опорные точки. Кресты координатной сетки при масштабе 1 : 2000 располагаются с шагом 200 метров (рис.3.1.4).

РИС. 3.1.4

Добавление опорных точек



Перед трансформацией проверьте и отредактируйте координаты в диалоговом окне «Точки привязки». Точка 6 нуждается в редактировании (рис.3.1.5).

РИС. 3.1.5

Редактирование координат точек

Имя	N, м	E, м	B, м	L, м	тип точки	подтверждена	dE, м	dN, м	dS, м
1	45000,000	45000,000			Опорная	Да	-0,256	-0,327	0,415
2	45000,000	45200,000			Опорная	Да	-0,218	0,141	0,260
3	45000,000	45400,000			Опорная	Да	0,149	0,096	0,177
4	45200,000	45000,000			Опорная	Да	0,626	0,354	0,719
5	45200,000	45200,000			Опорная	Да	-0,191	-0,103	0,217
6	45200,000	45400,465			Опорная	Да	0,217	-0,070	0,228
7	45400,000	45200,000			Опорная	Да	-0,327	-0,091	0,340
8	45400,000	45400,000			Опорная	Да	1,391	0,273	1,418

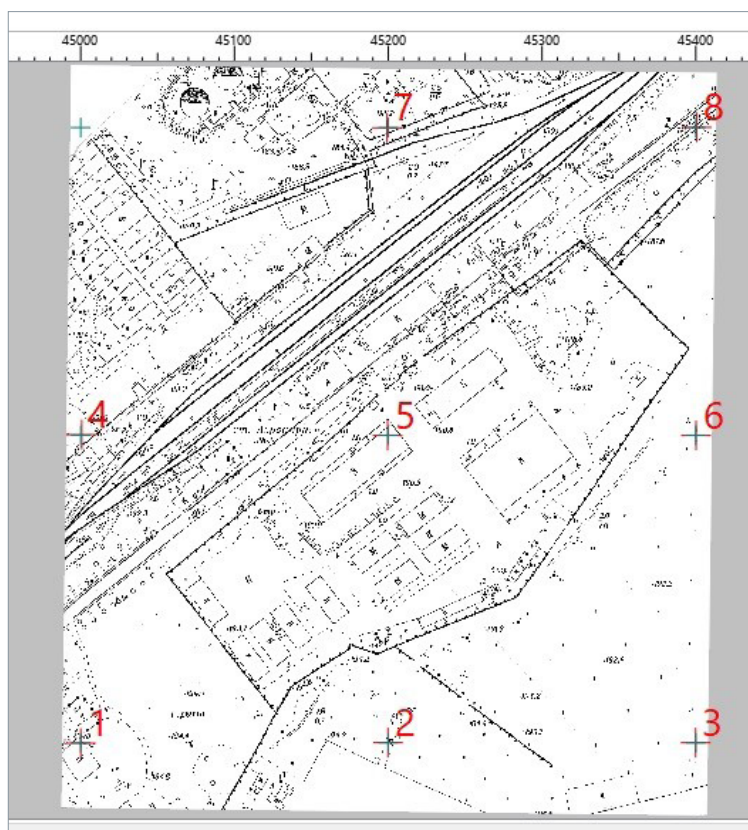
По окончании редактирования точек в пункте меню «Трансформация» выберите «Аффинная трансформация». После нажмите кнопку «Показать все».

При анализе искажений растра следует обращать внимание на значение отклонений по приращениям координат dE и dN и масштаба dS . Если величина отклонения более чем в 1,5 раза превысит средневесовое значение точек по фрагменту, то в списке появится предупреждающий знак (!). В этом случае рекомендуется отредактировать эту точку или удалить ее.

По окончании трансформирования сохраните проект (*.tmd) (рис.3.1.6).

РИС. 3.1.6

Проект с выполненным трансформированием



3.2 ОЦИФРОВКА РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТИМ CREDO «ТОПОГРАФИЯ»

ПОДГОТОВКА ПРОЕКТА

В меню выберите «Создать набор проектов».

В меню «Установки» выберите «Свойства набора проектов» и в пункте «Масштаб» установите масштаб съемки 1 : 2000.

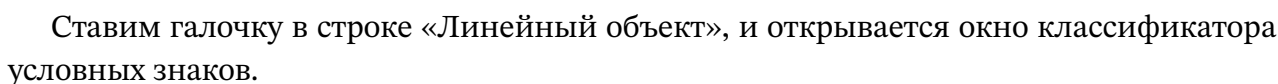
В меню «Данные» откройте «Растровые подложки», далее «Импорт подложки» выберите свой проект с расширением *.tmd (рис.3.2.1).



Команды для создания цифровой модели местности находятся в главном меню, вкладка Построения. При отрисовке какого-либо элемента ситуации автоматически создается соответствующий слой. Все объекты ситуации создаются в соответствии с Условными знаками для топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500.

Создадим линейный объект — линию железной дороги: Построения → объекты по линии. В открывшемся окне «Параметры» нужно выбрать тип построения линии — Сплаинами, т. к. ЖД — это плавная линия. После построения линии по пикетам и ее завершения двойным щелчком по последнему пикету, в окне «Параметры» указывается тип линейного объекта (рис. 3.2.2).

Задание типа линейного объекта



Открываем вкладку Топоплан → Дороги и сооружения при них → Железные дороги и сооружения при них и выбираем условный знак «ЖД-ось».

Для завершения построения на панели инструментов окна «Параметры» нажимаем кнопку «Применить построение».

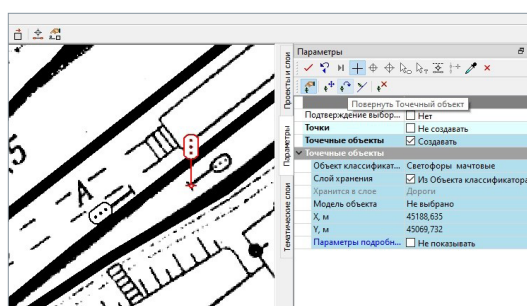
Изменить параметры линейного объекта, редактировать или удалить его можно с помощью меню: Построения → Редактирование объектов.

Рассмотрим построение точечного объекта на примере светофоров на ЖД: Построения → Точечный объект → По курсору. В открывшемся окне «Параметры» и выбираем объект классификатора (откроется меню «Открыть тематический объект»).

После выбора объекта классификатора будет доступно редактирование этого объекта. Развернем условный знак вдоль изображения светофора на растре. (рис. 3.2.3).

РИС. 3.2.3

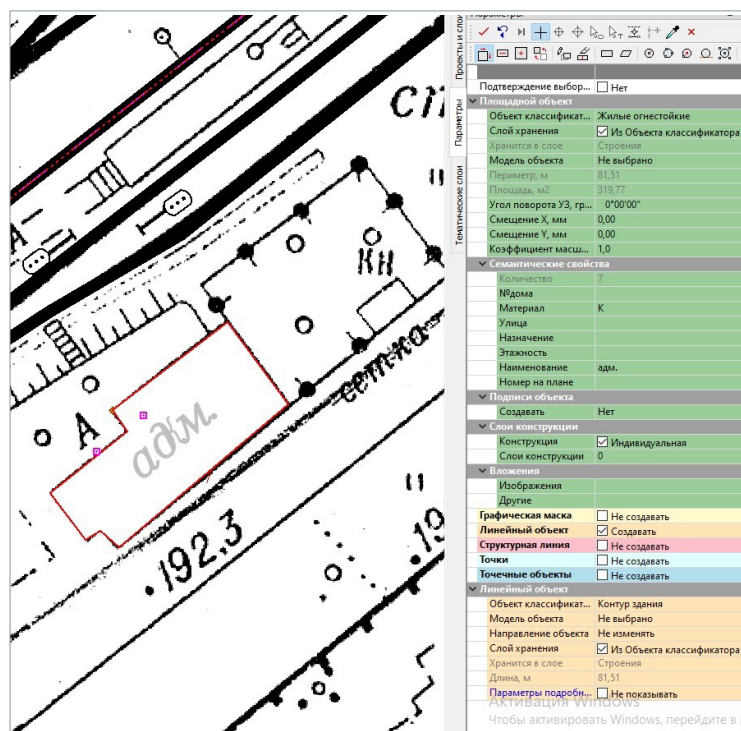
Поворот условного знака вдоль изображения светофора на растре



Рассмотрим процесс создания площадного объекта. Для отрисовки здания, показанного на растре, воспользуемся командами: Построения → Площадной объект и создадим здание. Характеристики здания показаны на рисунке 3.2.4.

РИС. 3.2.4

Характеристики здания



4 Требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа оформляется на листах формата А4 в рукописном или печатном виде. На титульном листе должна быть указана следующая информация: название работы, специальность, курс, фамилия, имя и отчество студента, его шифр. Пример титульного листа к контрольной работе представлен в [приложении А](#). Приведенные в тексте работы рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и подписаны.

При оформлении контрольной работы в печатном виде необходимо придерживаться следующего:

1. Шрифт: Times New Roman.
2. Размер шрифта: 14.
3. Межстрочный интервал 1,5.
4. Отступы перед абзацем: 0.
5. Отступы после абзаца: 0.
6. Выравнивание по ширине.

Результат векторизации топографической съемки оформляется согласно [2] в части как условных знаков, так и зарамочного оформления.

Работы, не оформленные в соответствии с указанными требованиями, преподавателем не рассматриваются.

Отчет по выполнению контрольной работы №1 должен содержать:

1. Титульный лист контрольной работы.
2. Формулировку задания контрольной работы и исходные данные варианта работы, сформированные в соответствии с шифром студента.
3. Реферат по электронному средству топографической съемки.
4. Топографический план, полученный в результате векторизации.

Несоблюдение указанных требований к содержанию отчета рассматривается как ошибка, и работа признается не допущенной к защите.

Литература

1. ГКИНП 02-033-82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500.
2. Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5000 1 : 2000 1 : 1000 1 : 500.
3. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей (утв. Приказом ГУГК СССР от 14.01.1991 № 6 п).
4. ГКИНП 02-262-02 Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS.
5. Справочные материалы компании CREDO-DIALOG [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://credo-dialogue.ru/tsentr-zagruzki/dokumentatsiya.html>.
6. Сомов С.В. Автоматизация топографических съёмок. Учебно-методическое пособие. Часть 1. — М.: МИИГАиК, 2011. — 56 с.
7. Таран В.В., Владимирова М.Р., Шве́ц С.В., Калинина И.В. Проектирование планово-высотного геодезического обоснования для составления карт и планов крупных масштабов: учебное пособие. — М.: МИИГАиК, 2019. — 72 с.
8. Методические указания «Учебная полевая геодезическая практика I курса». Шве́ц С.В., Мосолкова И.Ю., Таран В.В. — М.: Изд. МИИГАиК, 2016, — С. 41.
9. Коробочкин М.И., Калинова Е.В., Тихонов А.Д. Математическое моделирование геопространственных данных. Учебник. — М.: ГУЗ, 2017. — 396 с.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК)

Заочный факультет

Кафедра геодезии

Контрольная работа № 1

по курсу «Автоматизация топографических съемок»

Работу выполнил:

Студент: _____

ФИО

Шифр: _____

Специальность: _____

Курс: _____

Москва 20__г.