

Электронный архив УГЛТУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

С.А. Чудинов

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ
РАБОТЫ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ
И ПРОЕКТИРОВАНИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Учебное пособие

Екатеринбург
2019

УДК 528.48 (075.8)

ББК 26.1я73

Ч84

Рецензенты:

кафедра мировой экономики и логистики ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), доктор экономических наук Е.В. Кошкаров;

Дмитриев В.Н. – доктор технических наук, профессор, генеральный директор ООО «Уральский дорожный научно-исследовательский центр»

Чудинов, С.А.

Ч84 Инженерно-геодезические работы при изысканиях и проектировании автомобильных дорог: учеб. пособие / С.А. Чудинов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2019. – 110 с.

ISBN 978-5-94984-713-8

Учебное пособие включает описание устройства современных геодезических приборов и их функциональных возможностей при проведении изыскательских работ и геодезическому сопровождению строительства автомобильных дорог.

Предназначено для обучающихся направлений 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство». Материалы учебного пособия могут использоваться обучающимися и преподавателями на практических занятиях и при организации самостоятельной работы в виде дополнительных заданий. В пособие включены примеры производственной деятельности ОАО «ГИПРОДОРНИИ» по проведению инженерно-геодезических изысканий.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 528.48 (075.8)

ББК 26.1я73

ISBN 978-5-94984-713-8

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2019

© Чудинов С.А., 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение</i>	5
<i>Глава 1. Технологии дистанционного зондирования местности</i>	6
<i>Глава 2. Геометрическое нивелирование трассы</i>	16
2.1. Подготовка трассы для нивелирования	16
2.1.1. Реконгосцировка трассы. Закрепление вершин углов поворотов	17
2.1.2. Ориентирование трассы. Измерение углов поворотов	17
2.1.3. Определение основных элементов круговых кривых	20
2.1.4. Разбивка пикетов по трассе	21
2.1.5. Вынос пикетов на кривую. Детальная разбивка кривых ...	23
2.1.6. Съёмка дорожной полосы. Построение плана трассы	25
2.2. Геометрическое нивелирование трассы	27
2.2.1. Основные инструменты, принадлежности и условия для геометрического нивелирования	27
2.2.2. Поверки и юстировка нивелира 3Н-5Л	30
2.2.3. Методика, техника и последовательность нивелирования трассы	32
2.2.4. Обработка журналов нивелирования	34
2.2.5. Построение продольного и поперечного профилей	37
2.3. Проектирование продольного профиля	40
<i>Глава 3. Теодолитно-тахеометрическая съёмка</i>	44
3.1. Сущность съёмки и виды работ	44
3.2. Теодолиты Т30 и 2Т30	44
3.2.1. Устройство теодолитов Т30 и 2Т30	45
3.2.2. Основные поверки теодолита	47
3.3. Реконгосцировка местности и закрепление пунктов теодолитных ходов	49
3.4. Измерение длин линий	50
3.5. Измерение горизонтальных и вертикальных углов	53
<i>Глава 4. Электронные тахеометры Leica</i>	55
4.1. Общие сведения	55
4.2. Термины и сокращения	57
4.3. Модели	59
4.4. Программа Leica Geo Office	59
4.5. Концепция работы системы тахеометров Leica	60
4.6. Комплектация	62
4.7. Компоненты	63

4.8. Функционал пользовательского интерфейса	64
4.8.1. Клавиатура	64
4.8.2. Дисплей	66
4.8.3. Принципы работы в интерфейсе	67
4.8.4. Иконки на дисплее	70
4.9. Правила работы с тахеометром	72
4.9.1. Установка тахеометра	72
4.9.2. Запуск приложений для съемки	73
4.9.3. Требования к технологии проведения съемочных работ ...	74
4.9.4. Поверки и юстировки	76
4.10. Правила транспортировки	78
4.11. Технические характеристики тахеометра	79
4.11.1. Угловые измерения	79
4.11.2. Измерение расстояний до отражателей (режим IR)	79
4.11.3. Измерение расстояний без применения отражателей (режим RL)	81
4.11.4. Измерение расстояний – большие дальности (LO)	82
4.11.5. Автоматическое распознавание отражателя (ATR)	83
4.11.6. Расширенный поиск отражателя (PowerSearch – PS)	85
4.12. Основные функциональные операции	85
4.12.1. Установка прибора	85
4.12.2. Настройка напоминания	88
4.12.3. Метод установки «Задать азимут»	89
4.12.4. Метод установки «Опорная ЗПТ»	93
4.12.5. Метод установки «Передача ориентировки и отметки»	95
4.12.6. Метод установки «Обратная засечка (Обратная засечка по Гельветру)»	98
4.12.7. Метод установки «Привязка в локальной системе координат»	99
4.12.8. Получение результатов привязки методом наименьших квадратов и Робастных вычислений	100
<i>Список нормативно-информационной литературы</i>	<i>104</i>
<i>Приложение. Образцы ведения записей измерений и вычислений при проведении теодолитно-тахеометрической съемки</i>	<i>105</i>
<i>Журнал измерения углов и длин линий</i>	<i>105</i>
<i>Вычисление координат точек съёмочного обоснования</i>	<i>106</i>
<i>Вычисление отметок точек теодолитного хода</i>	<i>107</i>
<i>Журнал тахеометрической съемки</i>	<i>108</i>
<i>Абрис тахеометрической съёмки</i>	<i>109</i>

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных разделов курсов «Инженерное обеспечение строительных процессов», «Геоинформационные системы в строительстве», «Информационное обслуживание производственных процессов» является изучение современных приборов и технологий проведения инженерно-геодезических изысканий и геодезического сопровождения производства строительно-монтажных работ. Данное учебное пособие преследует цель научить обучающихся использованию современного геодезического оборудования в технологиях изысканий и дорожного строительства.

Особое внимание в работе уделено изучению устройства современных геодезических приборов и их функциональным возможностям при проведении изыскательских работ и геодезическому сопровождению строительства автомобильных дорог.

Глава 1

ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ

Традиционно инженерно-геодезические изыскания при проектировании автомобильных дорог проводятся в соответствии с нормативными документами: СП 47.13330.2010; СП 11-104-97 [1, 2]. В последние годы для повышения эффективности, производительности и качества изысканий при исследовании наземных объектов применяют методы спутниковой навигации и лазерного сканирования.

Лазерное сканирование – это технология дистанционного зондирования поверхности, которая позволяет на расстоянии от исследуемого объекта собирать информацию о нем с помощью лазерного луча. На сегодняшний день это наиболее прогрессивная технология для получения трехмерных моделей существующих объектов, поскольку по сравнению с традиционными методами изысканий дает возможность снизить трудозатраты и улучшить качество и полноту полученных измерений.

Для инженерных изысканий могут использоваться следующие технологии дистанционного зондирования поверхности Земли (ДЗЗ):

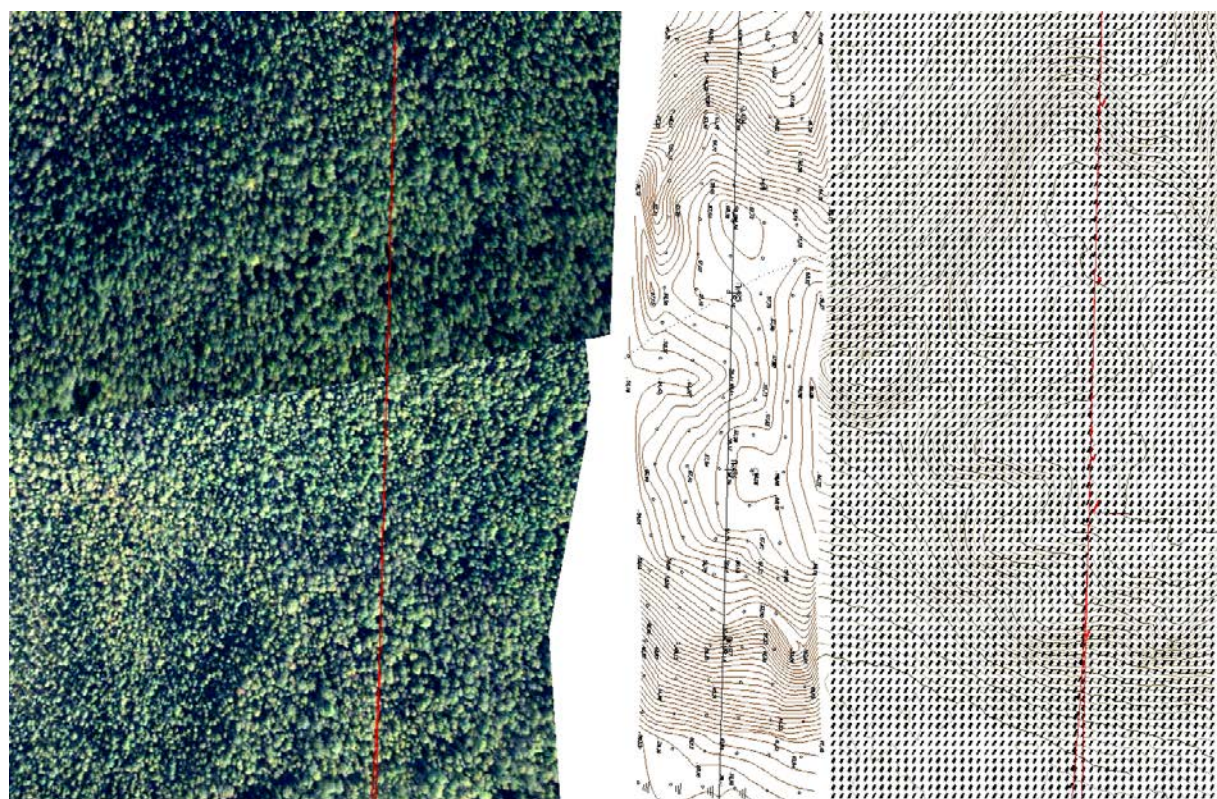
- воздушная лазерная локация (ВЛЛ);
- наземная лазерная локация (НЛЛ).

Впервые в дорожной отрасли воздушная лазерная локация была использована ОАО «ГИПРОДОРНИИ» в 2003 году на трассе автомобильной дороги «г. Ханты-Мансийск – пос. Горноправдинск – а/д г. Тюмень – г. Ханты-Мансийск» протяженностью 154 км, шириной 600 м, плотностью точек, отраженных от поверхности земли, – 3 точки на 1 м² [3]. За одну неделю были проведены полевые работы, которые обычно выполняются в течение года, и получена трехмерная модель местности высокого качества.

Рис. 1.1 демонстрирует изображение одного и того же участка трассы проектируемой автомобильной дороги, полученные в результате аэрофотосъемки, полосовой тахеометрической съемки и съемки рельефа методом воздушной лазерной локации. Пример наглядно показывает, что, по сравнению с результатами ручной съемки, плотность точек лазерных отражений и ширина ВЛЛ-съемки обеспечивают на цифровой модели местности, даже при наличии сплошной зашумленности, повышенную достоверность отражения рельефа.

Технология дистанционного зондирования Земли была применена на автомобильной дороге «пос. Пурпе – пос. Тарко-Сале – пос. Новозаполярный – ГНПС-1» («Заполярье») [4]. Протяженность

трассы автомобильной дороги составила 462 км, ширина съёмки – 500 м, плотность точек, отраженных от поверхности Земли, – не менее одной на 1 м².



Аэрофотосъемка

*Полосовая
тахеометрическая
съёмка рельефа*

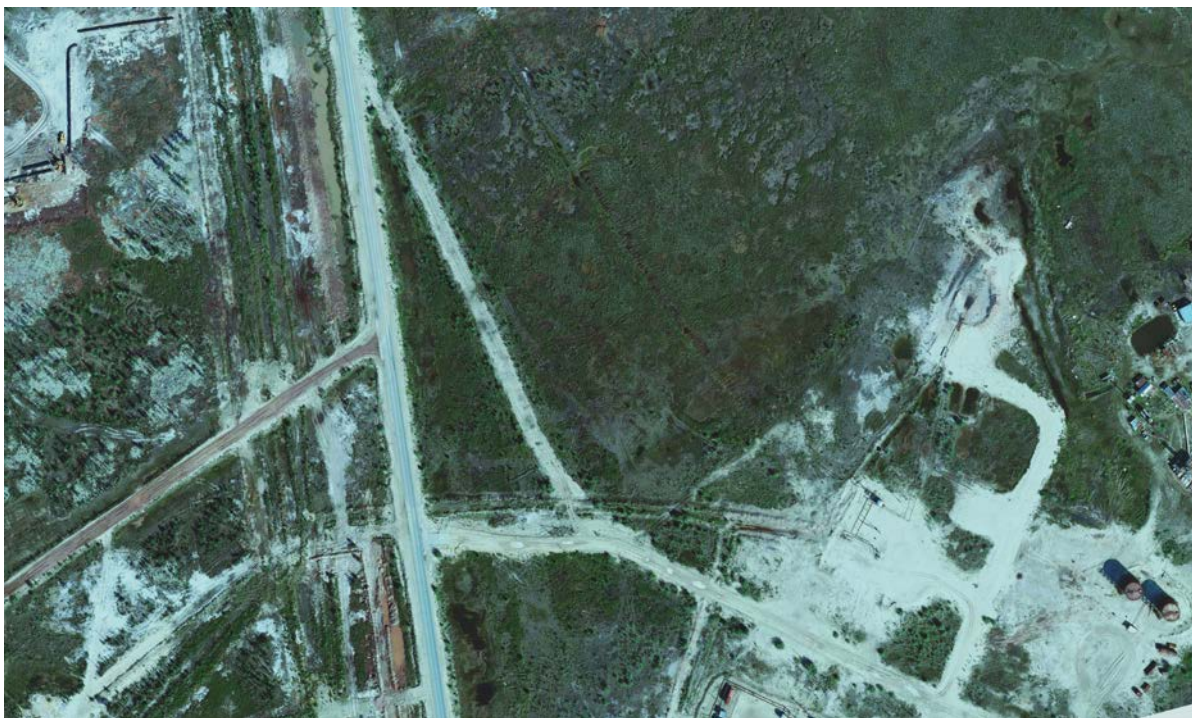
*Съёмка рельефа
методом воздушной
лазерной локациии*

Рис. 1.1. Цифровая обработка результатов аэрофотосъемки местности

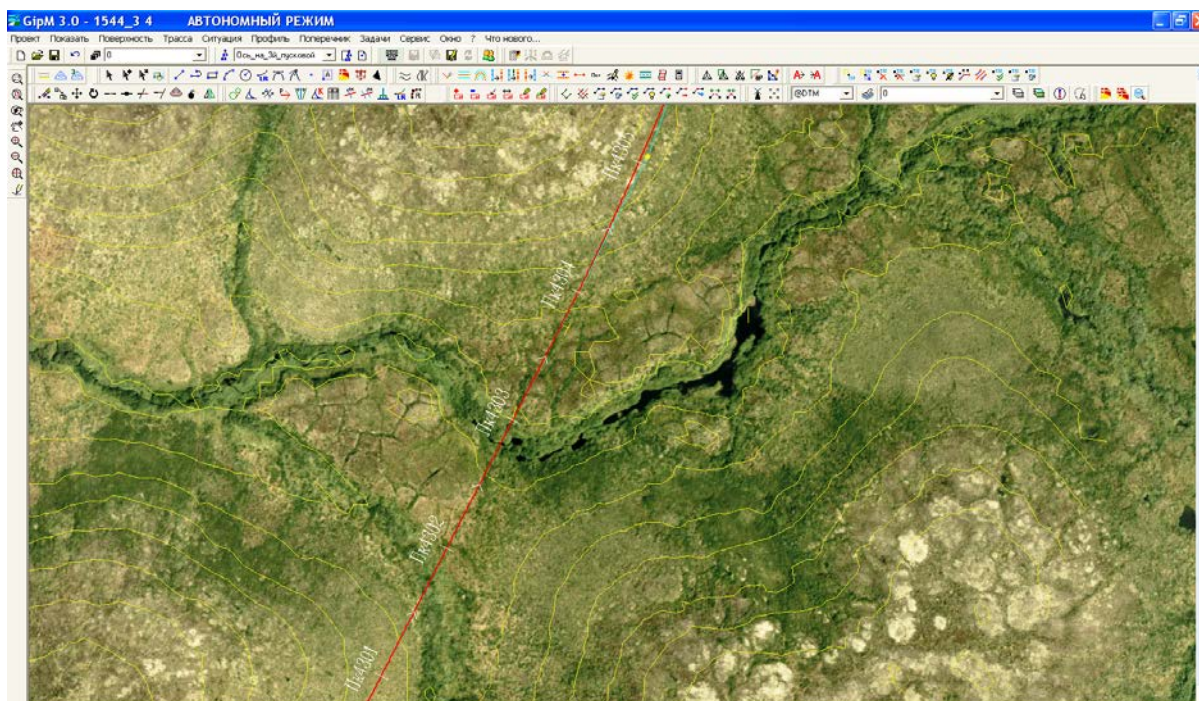
Для выполнения работ был использован воздушный бортовой лазерный сканер ALS-60 и цифровая фотокамера RCD-30 (60 Мегапикселей). Съёмка производилась с борта вертолётa Ми-8. Антенна GPS-приемника была установлена на хвостовой балке вертолётa. Планово-высотная привязка объекта к государственной геодезической сети, как и координирование геодезической опорной сети трассы автомобильной дороги, были выполнены методами спутниковой геодезии. Всего на объекте было задействовано до 20 GPS-приемников.

Для создания цифровой модели местности в САПР GIP-M на основе ортофотоплановой мозаики с высотной составляющей был специально разработан уникальный модуль пакетной загрузки растров ортофотомозаики. Модуль оснащен разрешаемой детализацией ортофотопланов, что позволяет загружать в GIP-M информацию о 20–30 км полосы трассирования автодороги.

На основе цифровой модели местности (ЦММ) по ортофотопланам (рис. 1.2) была выполнена детальная трассировка автомобильной дороги.



а



б

Рис. 1.2. Модель местности:
а – элемент ортофотоплана местности; *б* – элемент цифровой модели местности

Точность трассирования составила 10–15 см. При трассировании строился предварительный и проектный профиль, оценивались уклоны, рабочие отметки, вырабатывались варианты оптимального проложения трассы на пересечении водотоков, болот, озер, мерзлотных полей и сложных рельефных форм. Далее была выполнена отрисовка топографических планов масштаба 1:2000, разработаны окончательные профили, сформирован технический отчёт.

Метод ВЛЛ был применён и для полосовой съёмки местности по трассе автомобильной дороги «г. Ивдель – г. Ханты-Мансийск» на участке 620...740 км в составе автомобильного коридора «г. Пермь – г. Серов – г. Ивдель – г. Ханты-Мансийск – г. Нижневартовск – г. Томск» [5, 6]. Трасса связывает северный куст уральских городов с Советским районом Ханты-Мансийского автономного округа (рис. 1.3), не имевших ранее между собой круглогодичного автомобильного сообщения, проложена вдоль существующего коридора магистрального газопровода, железной дороги с подъездами к поселкам.



Рис. 1.3. Схема участка автомобильной дороги «г. Ивдель – г. Ханты-Мансийск»

Особенность проектно-изыскательских работ на объекте состояла в применении дистанционного зондирования (ДЗЗ) в виде воздушной лазерной локации (ВЛЛ) до начала выноса трассы в натуру. Высокая информативность полученного материала позволила провести детальное трассирование, что невозможно выполнить по картам этого

района масштаба 1:25000, и свела к минимуму полевую корректуру трассы.

Протяженность съемки ВЛЛ составила 145 км, ширина – 300 м. Привязка двух базовых станций для обработки ВЛЛ проводилась GPS Topcon Legasy-E от пунктов государственной геодезической сети. Лётно-съёмочные работы по методу ВЛЛ выполнялись с вертолёта МИ-8 в течение двух дней.

Фрагмент совмещённого плана аэрофотосъёмки и топографической съёмки на основе ВЛЛ представлен на рис. 1.4.

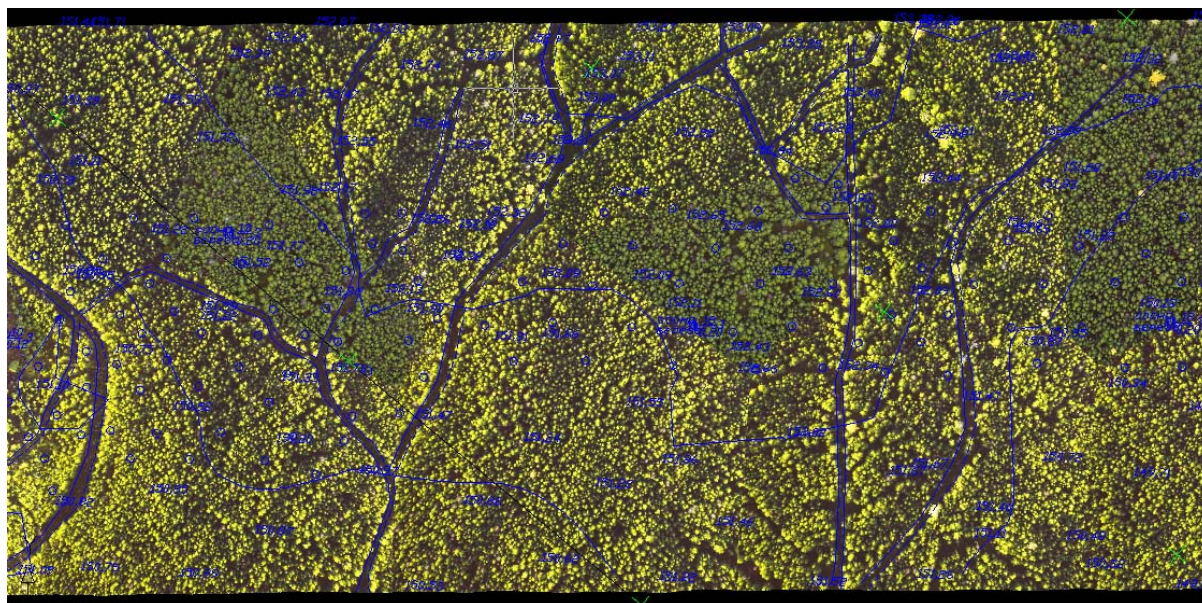


Рис. 1.4. Фрагмент совмещённого плана аэрофотосъёмки и топографической съёмки на основе ВЛЛ

Применение на этом объекте метода ВЛЛ позволило значительно повысить качество и информативность цифровой модели местности и сократить до полугода сроки полевых работ с выносом в натуру и закреплением трассы. В качестве недостатков данного метода выявилось, что ВЛЛ необходимо проводить по опорным точкам, помимо базовых станций, и дополнительно выполнять съёмку урезом водотоков, так как при съёмке методом ВЛЛ сплошные завалы из деревьев на небольших таёжных речках воспринимаются как поверхность земли.

Рассмотрим опыт ОАО «ГИПРОДОРНИИ» в применении технологии наземной лазерной локации [7]. Успешными оказались проектно-изыскательские работы методом наземной лазерной локации (НЛЛ) для съёмки мостового перехода через р. Тромъеган на

участке км 125 – км 175 автомобильной дороги «г. Сургут – г. Кога-лым – граница ХМАО» (рис. 1.5).

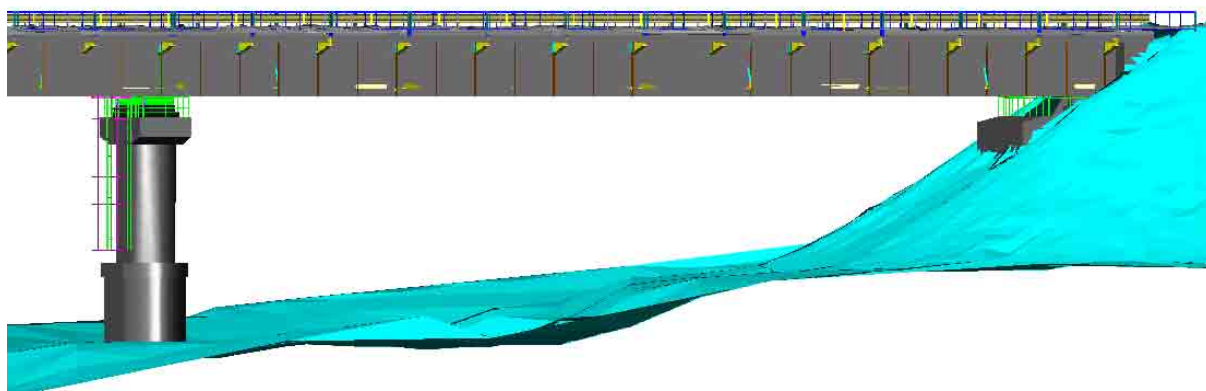


Рис. 1.5. Фрагмент модели моста через р. Тромъеган, построенной на основе данных НЛЛ

Длина реконструируемого моста составила около 220 м. В результате съемки был получен достоверный и полный материал для принятия проектного решения. Этот материал позволил отказаться от реконструкции моста и обосновать необходимость строительства нового мостового перехода рядом с существующим. Любые другие методы не позволили бы провести детальную и точную съемку всех конструктивных элементов моста и прилегающей к нему территории.

Мостовой переход через р. Демьянка на автомобильной дороге «г. Тюмень – г. Ханты-Мансийск – км 429», был снят также методом НЛЛ (рис. 1.6, 1.7). Длина реконструируемого моста составила около 260 м.

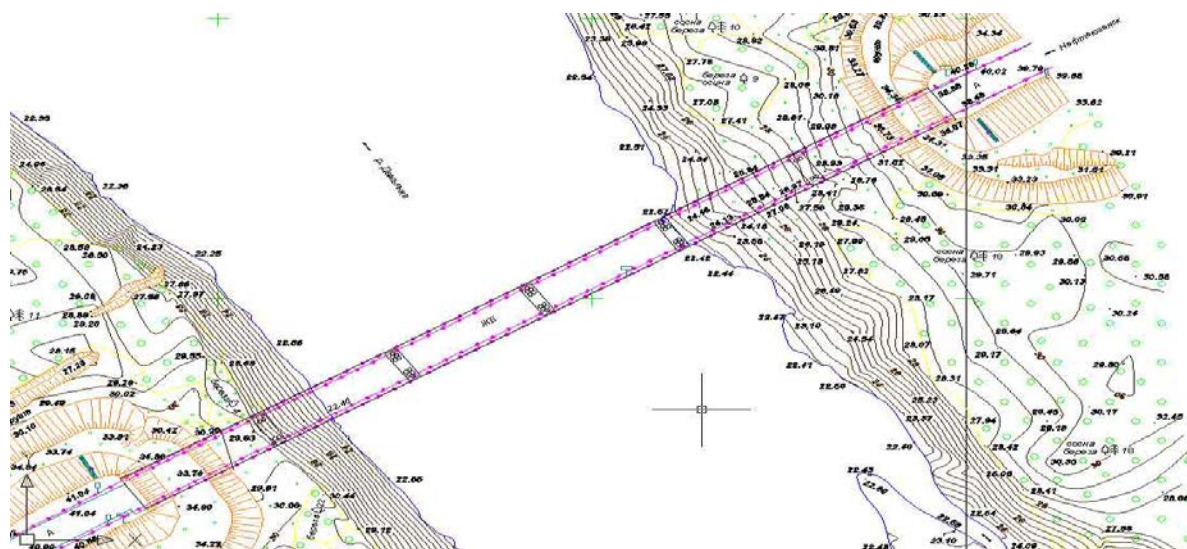


Рис. 1.6. План моста через р. Демьянка

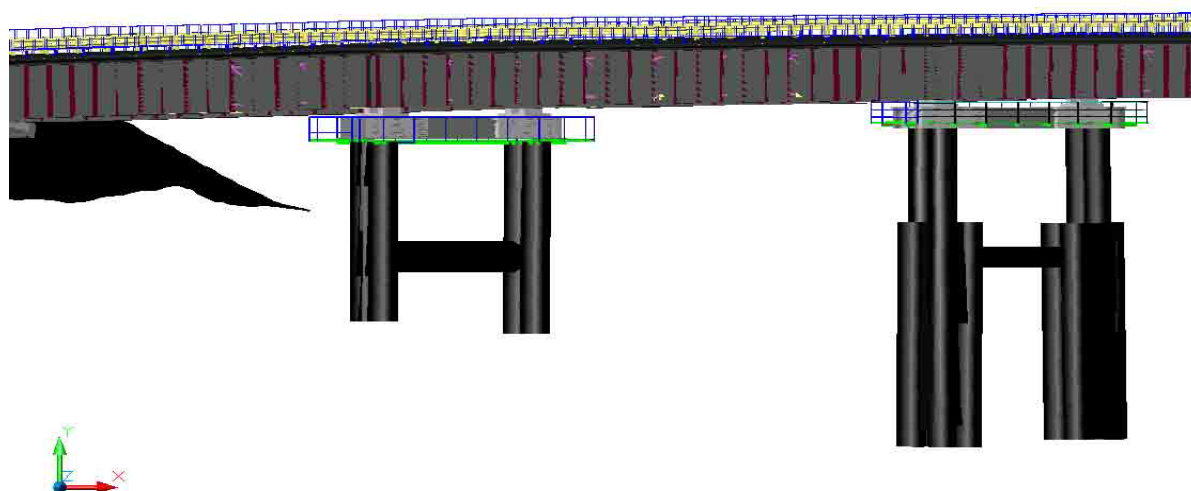


Рис. 1.7. Фрагмент модели моста через р. Демьянка, построенной на основе данных НЛЛ

При реконструкции автомобильной дороги «г. Тюмень – г. Ханты-Мансийск – участок 96–168 км», была выполнена исполнительная съёмка методом НЛЛ. Ширина полосы съёмки составила 60 м, длина участка – 70 км. Съёмку проводили наземным сканером, базирующимся на автомобиле (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Процесс съёмки НЛЛ

Расстояние между точками съемки составило около 100 м с дополнительными станциями на водопропускных трубах и других сложных участках. Привязка базовых станций для обработки НЛЛ проводилась GPS Topcon Legacy-E (рис. 1.9) от пунктов государственной геодезической сети.



Рис. 1.9. Ровер GPS Topcon Legacy-E

Опыт применения НЛЛ показал высокую информативность цифровой модели местности (рис. 1.10), что особенно важно при съемке сложных по конфигурации локальных объектов: мостов, путепроводов, развязок, резервов грунта, АБЗ и других объектов дорожной инфраструктуры и сервиса.

Необходимо отметить следующие преимущества метода наземного лазерного сканирования перед тахеометрической съемкой и другими наземными видами съемки:

- мгновенная трехмерная визуализация;
- высокая точность;
- несравнимо более полные результаты;

- быстрый сбор данных;
- обеспечение безопасности при съемке труднодоступных и опасных объектов.

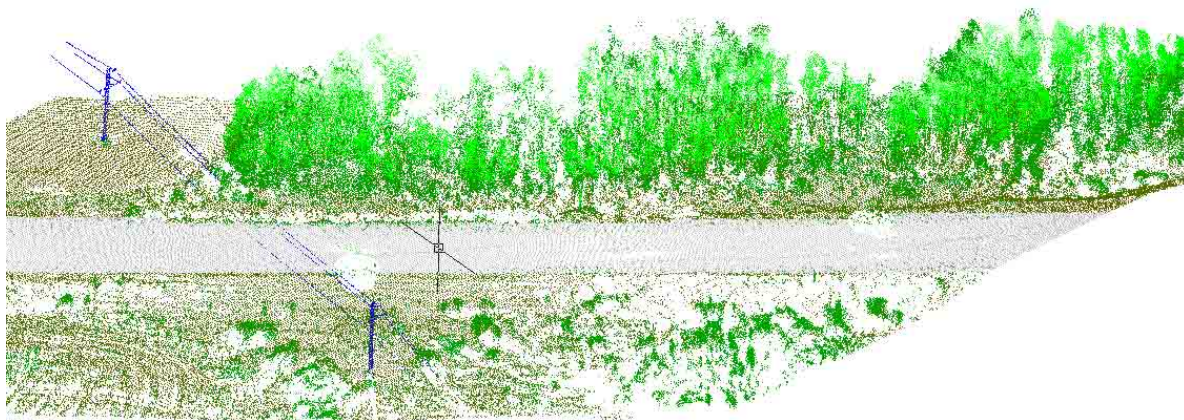


Рис. 1.10. Фрагмент изометрии цифровой модели местности, построенной на основе данных НЛЛ

Материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами трехмерного наземного лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с затратами при использовании традиционных методов съемки, а на участках большой площади или протяженности эти затраты меньше. Даже при сопоставимых расходах на съемку полнота и точность результатов наземного лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов на этапах проектирования, строительства и эксплуатации объекта.

Наземное лазерное сканирование и моделирование аналогичны фотограмметрическим методам, но позволяют получать координаты с одной точки стояния и контролировать измерения непосредственно в полевых условиях. Причем по сравнению с фотограмметрическими методами при одинаковом удалении от снимаемого объекта обеспечивается более высокая точность измерений. Большим преимуществом наземного лазерного сканирования считается упрощенная схема привязки к системе координат, а также возможность настройки некоторых моделей сканеров на фиксацию первого и (или) последнего отражения, что позволяет разделять отраженный сигнал от растительности и поверхности земли – «пробивать» растительность.

Стоимостные и временные характеристики затрат на изыскания однозначно демонстрируют преимущество наземного лазерного сканирования. При отсутствии необходимости векторизации трехмерного растра работа с результатами наземного лазерного сканирования может выполняться в режиме реального времени, что при фотограмметрических способах невозможно.

Таким образом, результаты проделанных работ продемонстрировали следующие преимущества метода лазерного сканирования:

1) многократное сокращение полевых работ. За неделю выполняется годовой объем полевых съемочных работ (для трасс длиной около 150 км). Лётно-съёмочные работы занимают 1–2 дня, остальное время используется на привязку базовых GPS-станций для ВЛЛ;

2) вертолётная заброска специалистов для обеспечения GPS-привязки параллельно ВЛЛ-съёмке позволяет вести работы даже в самых удаленных и труднодоступных районах;

3) ВЛЛ-съёмка выполняется без рубки визирной просеки, соответственно исключается необходимость оформления соответствующих разрешений: лесорубочного билета, сдачи готовой просеки лесничествам и так далее;

4) получение цифровой модели местности до начала основных полевых работ по выносу трассы в натуру, геологических и гидрологических изысканий. Это даёт возможность детального трассирования автомобильной дороги, а также быстрого и технически обоснованного согласования трассы с заказчиком и землевладельцами;

5) ширина полосы ВЛЛ-съёмки ограничена только рентабельностью. Например, порядок цены ВЛЛ-съёмки шириной полосы 300 м такой же, как для наземной съёмки шириной 100 м. Соответственно возрастает информативность ЦММ всей зоны трассирования автомобильной дороги.

ВЛЛ даёт топографическую основу для проектирования всей придорожной инфраструктуры в пределах 300-метровой зоны трассирования: сосредоточенных карьеров грунта с подъездными дорогами, пересечений и примыканий автомобильных дорог, переустраиваемых наземных коммуникаций, искусственных сооружений, объектов жизнеобеспечения, объектов автообслуживания и других.

Также стоит отметить, что в 2012 году по материалам цифровой модели местности в САПР GIP-M на основе ортофотоплановой мозаики с высотной составляющей ОАО «ГИПРОДОРНИИ» была внедрена комплексная методика трассирования. Был обоснован и внедрён метод наземного лазерного сканирования для съёмки искусственных сооружений в целях принятия проектных решений по их реконструкции. Перечисленные изыскательские работы показали высокую техническую и экономическую эффективность методов воздушного и наземного лазерного сканирования по параметрам применяемой съёмки. Инновационный метод лазерного сканирования обладает безусловным преимуществом перед традиционными фотограмметрическими способами съёмки.

Глава 2

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

Одним из основных разделов курса «Инженерное обеспечение строительства» является геометрическое нивелирование трассы. Работа по геометрическому нивелированию трассы включает в себя все виды геодезических работ, которые выполняются при проектировании трассы автомобильных дорог.

Данная работа преследует цель научить студентов на практике выбирать наиболее целесообразное направление трассы, ориентировать ее, определять основные элементы и главные точки закруглений, проводить разбивку пикетов, выполнять геометрическое нивелирование по пикетам, обрабатывать результаты нивелирования, строить профиль трассы и проектировать по нему.

Особое внимание в работе уделено практическому изучению устройства геодезического прибора – нивелира, его поверок, методики и техники нивелирования, математической и графической обработке материалов нивелирования.

Объект для выполнения геометрического нивелирования и объем полевых работ определяется преподавателем.

2.1. Подготовка трассы для нивелирования

При подготовке трассы для нивелирования рекомендуется следующий порядок выполнения работ.

1.1. Рекогносцировка трассы. Закрепление вершин углов поворотов.

1.2. Ориентирование трассы. Измерение углов поворотов.

1.3. Расчет основных элементов круговых кривых на закруглениях.

1.4. Разбивка пикетов по трассе.

1.5. Вынос пикетов на кривую. Детальная разбивка кривых.

1.6. Съёмка дорожной полосы. Построение плана трассы.

2.1.1. Рекогносцировка трассы. Закрепление вершин углов поворотов

После получения задания на нивелирование трассы весь состав бригады осматривает участок, устанавливает местонахождение исходного репера с известной геодезической высотой в начале трассы (НТ), закрепляет кольшком начальный пикет ПК 0, предварительно отмечает вешками вершины углов поворотов трассы, определяет участки трассы, на которых, сообразуясь с рельефом, следует разбить поперечники для последующего их нивелирования. Окончательно вершины углов поворота трассы (ВУП) закрепляют кольшками (рис. 2.1). Рядом устанавливают кольшек-сторожок, на котором подписывают порядковый номер угла поворота (УП №...), группу, номер бригады.

2.1.2. Ориентирование трассы. Измерение углов поворотов

Для ориентирования трассы по сторонам света определяется дирекционный угол начального направления трассы или буссолью измеряется его магнитный азимут. Для этого угломерный инструмент устанавливают над ПК 0 (рис. 2.1).

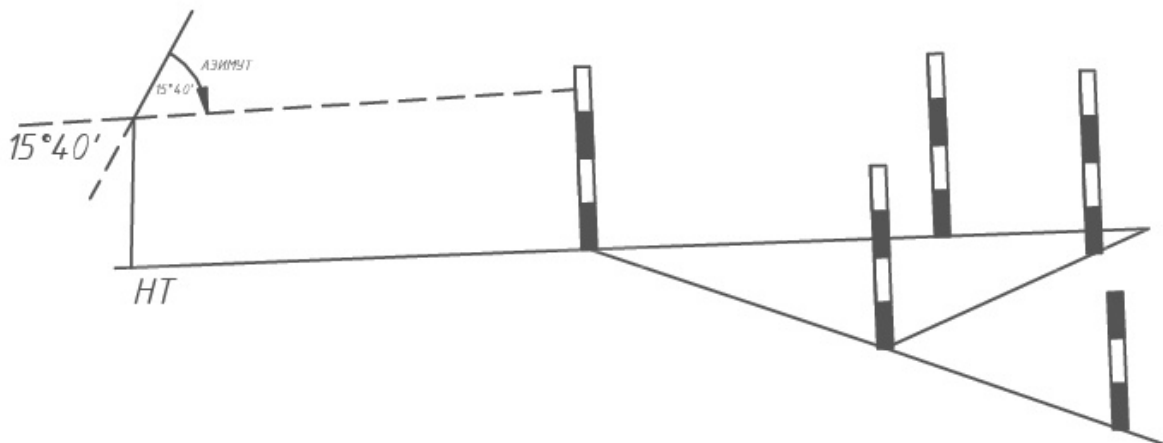


Рис. 2.1. Схема ориентирования трассы

Углы поворота трассы также измеряются буссолью или теодолитом. Азимуты всех последующих направлений трассы определяются по правилу: азимут последующего направления трассы равен азимуту

предыдущего направления плюс правый угол или минус угол поворота трассы, то есть:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \varphi_{прав} \quad (1)$$

или

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n - \varphi_{лев} \quad (2)$$

Контроль правильности вычислений дирекционных углов всех прямых участков трассы осуществляется по формуле:

$$\alpha_{конеч} - \alpha_{начальн} = \sum \varphi_{прав} - \sum \varphi_{лев} \quad (3)$$

Разность между вычислениями и измеренными азимутами не должна превышать 1° .

По азимутам (дирекционным углам) всех прямых участков трассы вычисляются их румбы. Румб – это горизонтальный острый угол ($0 \dots 90^\circ$), отсчитываемый от заданного направления до ближайшего (северного или южного) направления меридиана (табл. 2.1)

Таблица 2.1

Связь между дирекционными углами и румбами направлений

Четверть		Дирекционный угол α , градусы	Румб r , градусы
Номер	Название		
1	СВ	$0^\circ 00' - 90^\circ 00'$	$r = \alpha$
2	ЮВ	$90^\circ 00' - 180^\circ 00'$	$r = 180^\circ 00' - \alpha$
3	ЮЗ	$180^\circ 00' - 270^\circ 00'$	$r = \alpha - 180^\circ 00'$
4	СЗ	$270^\circ 00' - 360^\circ 00'$	$r = 360^\circ 00' - \alpha$

Значения всех измеренных и вычисленных дирекционных углов (азимутов), углов поворота и румбов прямолинейных участков трассы записываются в соответствующие графы ведомости углов поворота, прямых и кривых (табл. 2.2) и в пикетной книжке.

Таблица 2.2

Ведомость углов поворота, прямых и кривых

№ УП	Углы поворота (УП)		Основные элементы кривых, м								НК, м	ПК	+	КК, м	+	Длина прямых Р, м	Расстояние между ВУ S, м	Дирекционные углы, α	Румбы ф. град
	Верш. УП	Ф лев. град	Р	Т	К	Б	Д	ПК	Д	ПК									
НТ	0	0													466,77	540	127°00'	ЮВ :53°00'	
УП1	5	40	400	73,23	144,86	6,65	1,6	4	66,77	6	11,6			474,91	581,6	147°45'	ЮВ:32°15'		
УП2	11	20	100	33,46	64,58	5,45	2,34	10	86,54	11	51,1			848,88	882,34	110°45'	ЮВ:69°15'		
КТ	20	0												1790,58	2003,94				
Сумма:				106,7	209,44		3,94												

Линейный контроль:

$$\sum 2Т - \sum К = \sum Д = 213,38 - 209,44 = 3,94$$

$$КТ = \sum Р + \sum К = 1709,54 + 209,44 = 2000,0$$

$$КТ = \sum S + \sum Д = 1709,54 + 209,44 = 2000,0$$

Угловой контроль:

$$\alpha_{к} - \alpha_{н} = \sum \varphi_{прав} - \sum \varphi_{лев} = 110°45' - 127°00' = 20°45' - 37°00' = - 16°45'$$

2.1.3. Определение основных элементов круговых кривых

К основным элементам круговых кривых относятся: тангенс (Т), кривая (К), биссектриса (Б) и домер (Д) (рис. 2.2).

Т – тангенс, расстояние от вершины угла поворота (ВУП) до начала (НKK) или конца (KKK) круговой кривой;

К – кривая, длина круговой кривой от НКК до КKK;

Б – биссектриса, расстояние от ВУП до точки «середины круговой кривой» (СКК) по биссектрисе горизонтального угла между смежными прямыми участками трассы;

Д – домер, величина, показывающая, на сколько длина двух тангенсов (2Т) больше длины кривой (К).

Основные элементы круговых кривых вычисляются по следующим формулам:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} (\varphi/2), \quad (4)$$

$$K = \pi \cdot R \cdot (\varphi/180^\circ), \quad (5)$$

$$B = R \cdot (\sec (\varphi/2) - 1), \quad (6)$$

$$D = 2T - K. \quad (7)$$

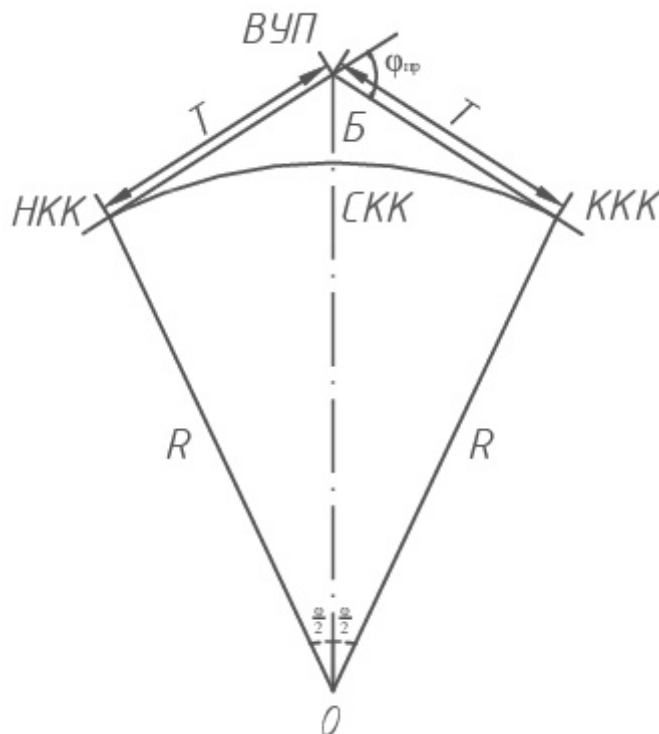


Рис. 2.2. Основные элементы и главные точки круговой кривой

2.1.4. Разбивка пикетов по трассе

Разбивка пикетов по трассе заключается в измерении протяженности всей трассы с разбивкой ее на участки по 100 метров в горизонтальном положении. Начальная и конечная точки каждого 100-метрового участка называются пикетами (ПК). При разбивке пикетов начальную точку трассы (НТ) обозначают ПК 0, от нее вдоль трассы отмеряют 100 м и конец 1-го 100-метрового участка обозначают ПК 1, конец 2-го участка – ПК 2 и т.д. При такой нумерации номер ПК соответствует числу сотен метров от начала трассы до данного пикета.

При разбивке пикетов также отмечают отдельными точками характерные места трассы, не совпадающие с пикетами: перегибы поверхности земли, места положения поперечников и вершин углов поворота, начало и конец закруглений и т.п. А на этих точках, называемых плюсовыми, пишут номер предыдущего пикета и расстояние от него до плюсовой точки (ПК 1+30). Таким образом, устанавливают пикетажное положение всех плюсовых точек, вершин углов поворотов и главных точек кривых.

Разбивка пикетов ведется по створу прямолинейных участков трассы поэтапно от НТ до ВУ1 до ВУ2 и т.д. от вершин последнего угла поворота до конца трассы (КТ).

Это сопряжено с тем, что при разбивке пикетов на углах поворота счет истинных расстояний ведется по направлению кривых, а измерения линий выполняются по касательным к кривым, то есть по тангенсам. Так как длина двух тангенсов больше длины кривой на величину домера, то правильное положение любой точки трассы на прямолинейных участках за вершинами углов поворота можно получить только с учетом величины соответствующих домеров. Достигается это тем, что величина домера вычитается из пикетажного значения вершины угла поворота. Практически же величина домера откладывается от вершины угла поворота в створе следующего прямолинейного участка трассы. Дальнейшая разбивка пикетов от конца домерного отрезка до вершины следующего угла поворота выполняется обычными измерениями.

За вершиной следующего угла поворота работы по разбивке пикетов выполняются аналогично предыдущему: от вершины угла откладывается величина соответствующего ему домера, а от конца домерного отрезка до вершины следующего угла поворота разбивка пикетов выполняется обычно и так далее.

Правильность разбивки пикетов по трассе контролируется расчетом пикетажного положения главных точек круговых кривых на каждом повороте с использованием основных элементов круговых кривых:

$$\text{НКК} = \text{ВУП} - T; \quad (8)$$

$$\text{ККК} = \text{НКК} + K; \quad (9)$$

$$\text{СКК} = \text{НКК} + K/2. \quad (10)$$

Контроль:

$$\text{ККК} = \text{ВУП} + T - D; \quad (11)$$

$$\text{СКК} = \text{ККК} - K/2. \quad (12)$$

Результаты расчетов заносятся в ведомость углов поворота, прямых и кривых (табл. 2.2), а главные точки кривых находят и закрепляют колышками на трассе. Точки НКК и ККК находят, отложив от ВУ величины соответствующих тангенсов, либо непосредственно отмечают их пикетажные положения, используя близлежащие пикеты.

Середину кривой СКК находят, разделив при помощи угломерного прибора угол НКК-ВУ-ККК пополам и отложив на его биссектрисе от вершины угла соответствующей биссектрисы Б.

Для контроля вычислений длины трассы используют формулы:

$$\text{КТ} = L_{mp} = \sum P + \sum K \quad (13)$$

или

$$\text{КТ} = L_{mp} = \sum S - \sum D, \quad (14)$$

где $\sum P$ – сумма прямых вставок между смежными закруглениями;

$\sum K$ – сумма кривых всех закруглений, м;

$\sum S$ – сумма расстояний между вершинами углов поворота трассы, м;

$\sum D$ – сумма домеров закруглений, м.

На участках трассы, где рельеф измеряется наиболее резко в поперечном направлении, разбивают поперечники по 25 м в обе стороны. Концы поперечников и места перегибов земной поверхности на них закрепляют колышками и сторожками с указанием расстояния влево и вправо от трассы.

2.1.5. Вынос пикетов на кривую. Детальная разбивка кривых

Перед нивелированием трассы все пикеты, оказавшиеся при их разбивке на тангенсах, переносят на круговую кривую. Вынос пикетов на кривую обычно выполняется способом прямоугольных координат. За ось X системы координат принимается направление тангенсов, за ось Y – направление радиусов закруглений, начало координат – в точках НК и КК (рис. 2.3).

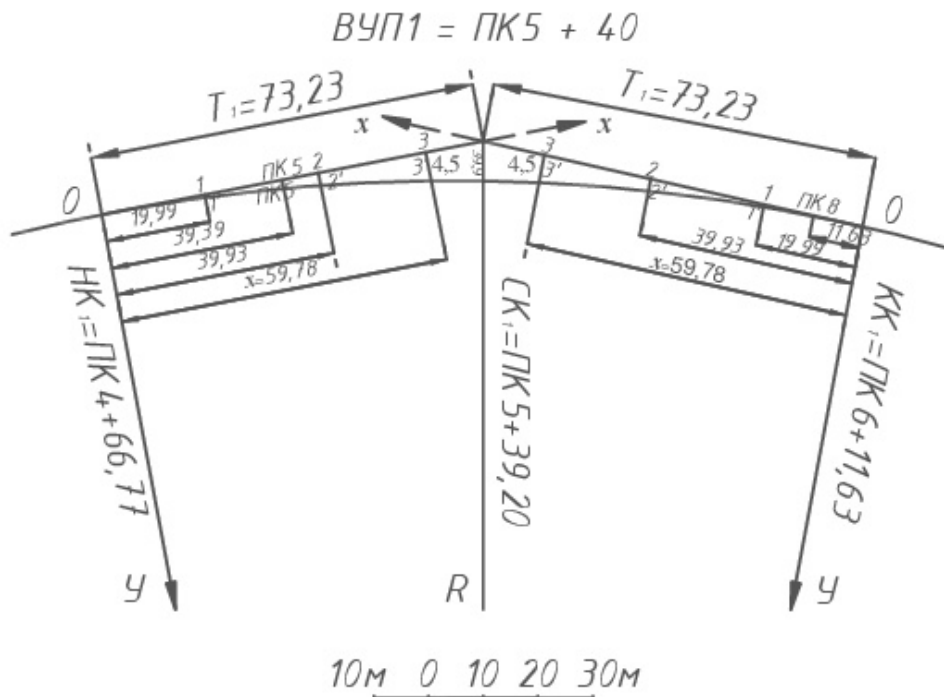


Рис. 2.3. Детальная разбивка круговой кривой и вынос пикетов на кривую

До пикета, который необходимо вынести на кривую, определяют расстояние «к» по тангенсу от НК или от КК в зависимости от того, на каком из тангенсов находится пикет – перед ВУ или за ней. Для кривой длины «к» вычисляют соответствующий ей центральный угол γ :

$$\frac{\gamma}{\langle\langle k \rangle\rangle} = \frac{360^\circ}{2\pi R} = \frac{\varphi}{K}, \quad (15)$$

$$\gamma = \frac{\langle\langle k \rangle\rangle \cdot 180^\circ}{R \cdot \pi} = \frac{\langle\langle k \rangle\rangle}{K} \cdot \varphi \quad (16)$$

где: «к» – длина кривой от НК до выносимого пикета;

K – длина всей круговой кривой от НК до КК;

φ – угол поворота;

R – радиус закругления.

Затем по таблицам [1] или по формулам определяют прямоугольные координаты точек, которые позволяют длину данного отрезка отложить по дуге кривой:

$$X = 2 \cdot \sin \gamma, \quad (17)$$

$$Y = R \cdot (1 - \cos \gamma). \quad (18)$$

При построении точек на местности по этим координатам от НК или КК вдоль тангенсов откладывают абсциссы X , строят перпендикуляры к тангенсам в этих точках и откладывают по ним ординаты Y .

Детальная разбивка кривой заключается в определении и закреплении на ней ряда точек, расположенных на равных небольших расстояниях друг друга. Чем больше радиус закругления, тем больше это отрезки кривой. Основная цель разбивки – детально обозначить закругление на местности. Разбивку обычно ведут от НК и от КК до ее середины СК.

Расчеты по детальной разбивке кривой выполняются по тем же формулам, что и расчеты по выносу пикетов на кривую. Поэтому их обычно совмещают, а результаты представляют в единой ведомости (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Ведомость выноса пикетов и детальной разбивки кривой

Номера точек	Расстояние по кривой, м	Местоположение		X	Y	k-X
		ПК	+			
НК ₁	0	4	66,77	0	0	0
1	20	4	86,77	19,99	0,50	0,01
ПК5	33,23	5	00,00	33,19	1,38	0,04
2	40	5	06,77	39,93	2,00	0,07
3	60	5	26,77	59,78	4,49	0,22
СК ₁	72,43	5	39,20	72,04	6,53	0,39
КК ₁	0	6	11,63	0	0	0
ПК6	11,63	6	00,00	11,63	0,17	0
1	20	5	91,63	19,99	0,50	0,01
2	40	5	71,63	39,93	2,00	0,07
3	60	5	51,63	59,78	4,49	0,22
СК ₁	72,43	5	39,20	72,04	6,53	0,39

Отличие состоит в том, что при выносе пикетов на кривую в расчетах принимается то расстояние по кривой, которое вычисляется по взаимному положению начала координат (НК и КК) и выносимого пикета, а при детальной разбивке кривой мы сами задаемся произвольной, но постоянной длиной отрезка по кривой. Основной этап детальной разбивки кривой и выноса пикетов на кривую заключается в вычислении прямоугольных координат X и Y этих точек трассы по формулам (17, 18) или в их выборе из таблиц. Величина $(K-X)$, называемая «кривая без абсциссы», вычисляется и используется для упрощения измерительных работ при закреплении точек на местности.

2.1.6. Съёмка дорожной полосы. Построение плана трассы

Одновременно с разбивкой пикетажа и определением основных элементов круговых кривых в масштабе 1:1000–1:5000 ведут пикетажную книжку (рис. 2.4), в которую вносятся все данные, касающиеся разбивки трассы: положение на трассе пикетов и плюсовых точек, их обозначение, условно стрелками показывают углы поворота, номера и положения их вершин, все элементы кривых, румбы каждого прямолинейного участка трассы, положение поперечников.

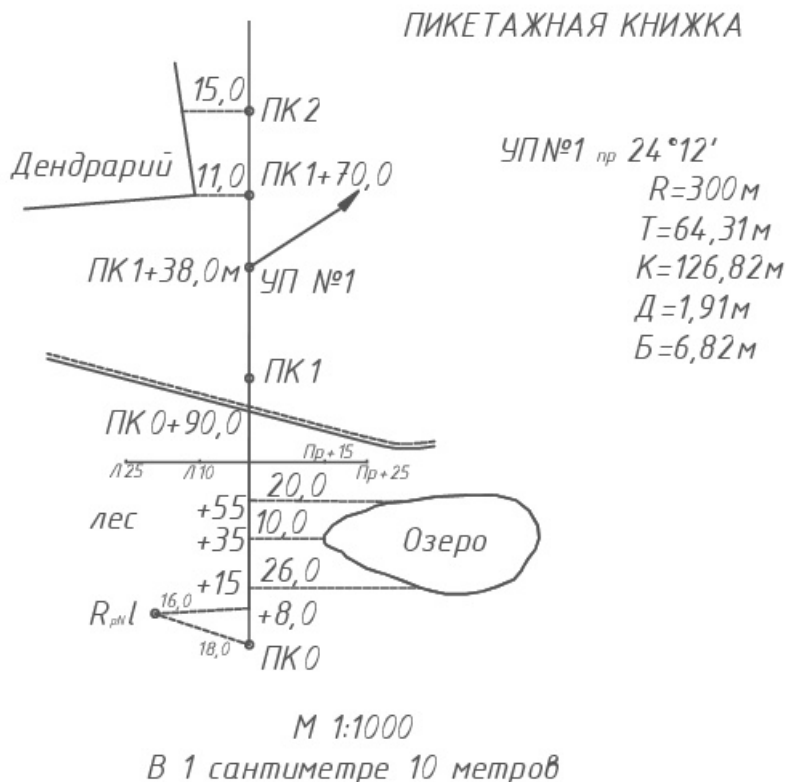


Рис. 2.4. Образец ведения пикетажной книжки

Съемку ситуации в полосе шириной по 25 м вправо и влево от трассы ведут способом перпендикуляров, а в полосе 25...50 м в обе стороны от трассы – глазомерно. В пикетажной книжке показывают границы естественных и искусственных лесных, сельскохозяйственных и других природных угодий, водные объекты, все виды дорог и тропинок, линии электропередач и связи, прочие объекты, которые могут иметь значение при проектировании и отводе земель для сооружения.

План трассы составляется в масштабе 1:5000 по данным пикетажной книжки и ведомости углов поворота, прямых и кривых (рис. 2.5). Прямолинейные участки трассы на план наносятся по их румбам и расстояниям между вершинами углов поворотов.

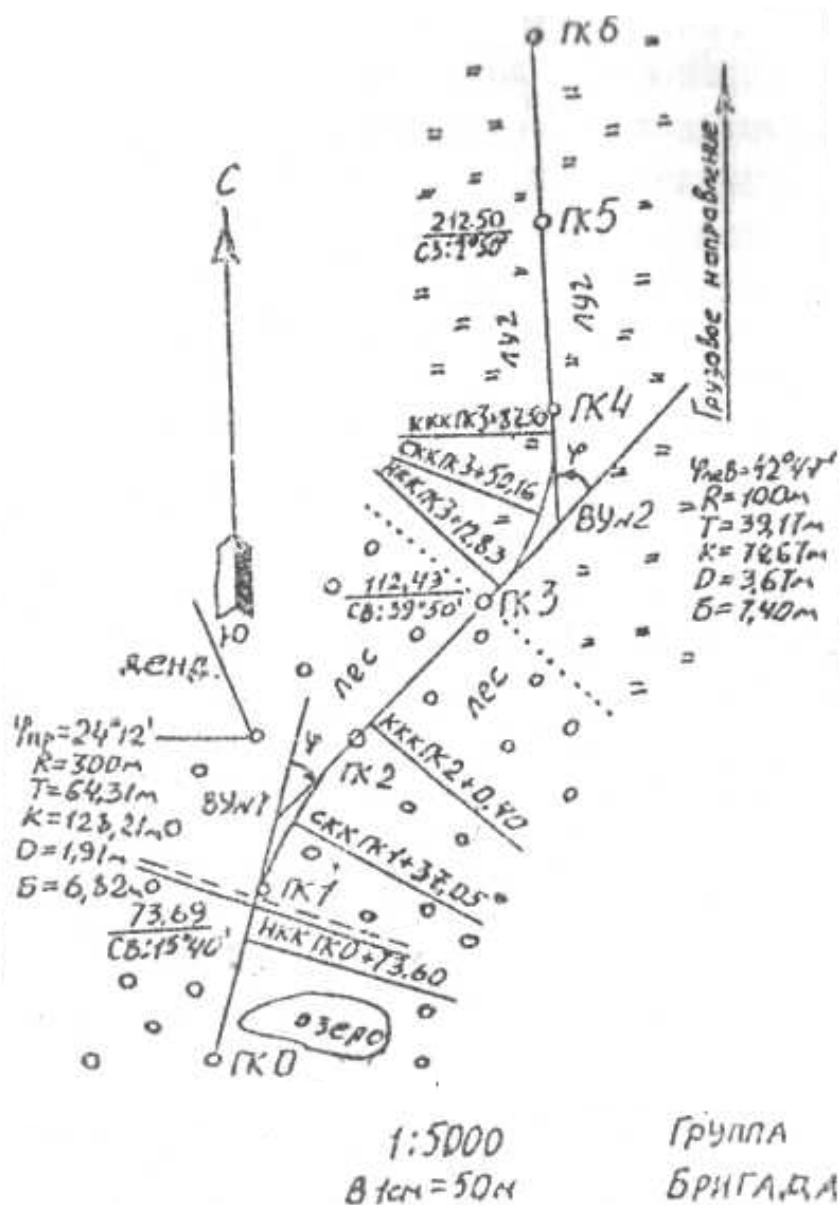


Рис. 2.5. План трассы

2.2. Геометрическое нивелирование трассы

2.2.1. Основные инструменты, принадлежности и условия для геометрического нивелирования

Геометрическое нивелирование выполняется геодезическими инструментами – нивелирами в комплекте с нивелирными рейками.

Основными условиями выполнения геометрического нивелирования являются:

- 1) горизонтальное положение визирной оси зрительной трубы нивелира;
- 2) вертикальное положение реек, устраиваемых на точках, нивелирование которых необходимо выполнить.

В настоящее время для технического нивелирования в инженерной геодезии наибольшее применение имеют глухие нивелиры, в том числе глухой нивелир ЗН-5Л, у которых зрительная труба и цилиндрический уровень наглухо скреплены между собой.

Малогобаритный нивелир ЗН-5Л относится к нивелирам технической точности. Нивелир имеет зрительную трубу прямого изображения с внутренней фокусировкой. Для снижения влияния одностороннего нагрева на величину угла i зрительная труба и цилиндрический уровень помещены внутри корпуса 12 (рис. 2.6, а) верхней части прибора. Объектив 11 зрительной трубы выведен наружу, на его оправу можно надеть линзовую насадку для визирования на рейку, расположенную ближе 1,2 м.

Вращением диоптрийного кольца 1 (рис. 2.6, б) окуляр устанавливают по глазу до появления четкого изображения сетки нитей. Кремальерой 2 зрительную трубу фокусируют при наведении на рейку. На верхней плоскости корпуса 12 (рис. 2.6, а) имеется продольный прилив А, выполняющий роль механического визира для предварительного наведения нивелира на рейку.

Цилиндрический уровень подсвечивается белым экраном 4. Зеркало 2 служит для удобства наблюдения за положением пузырька уровня. Угол i (непараллельность оси цилиндрического уровня визирной оси зрительной трубы) приводят к нулю юстировкой уровня с помощью двух гаек 3, доступ к которым открыт через окно.

Верхняя часть нивелира связана с корпусом подставки 10 безлюфтовым пружинным шарниром и может наклоняться относительно подставки с помощью элевационного винта 3 (рис. 2.6, б). Осевая система нивелира расположена внутри корпуса 10 (рис. 2.6, а), снабжена

червячной передачей и фрикционным устройством, позволяющим свободно вращать нивелир вокруг оси и в то же время выполнять точное наведение на рейку без ограничения угла поворота. Рукоятки наводящего винта 9 расположены по обе стороны прибора, что делает одинаково удобной работу как правой, так и левой рукой.

На верхней плоскости корпуса находится круглый уровень 6 для установки оси нивелира в отвесное положение. Юстировку круглого уровня выполняют винтами 5. Между корпусом подставки и пластиной 8 в нивелире 3Н-5Л расположен металлический лимб 4 (рис. 2.6, б), который можно вращать, взявшись за накатанный поясик и установить в требуемое положение. Отсчет по лимбу берут с помощью индекса 5. При вращении нивелира лимб остается неподвижным.

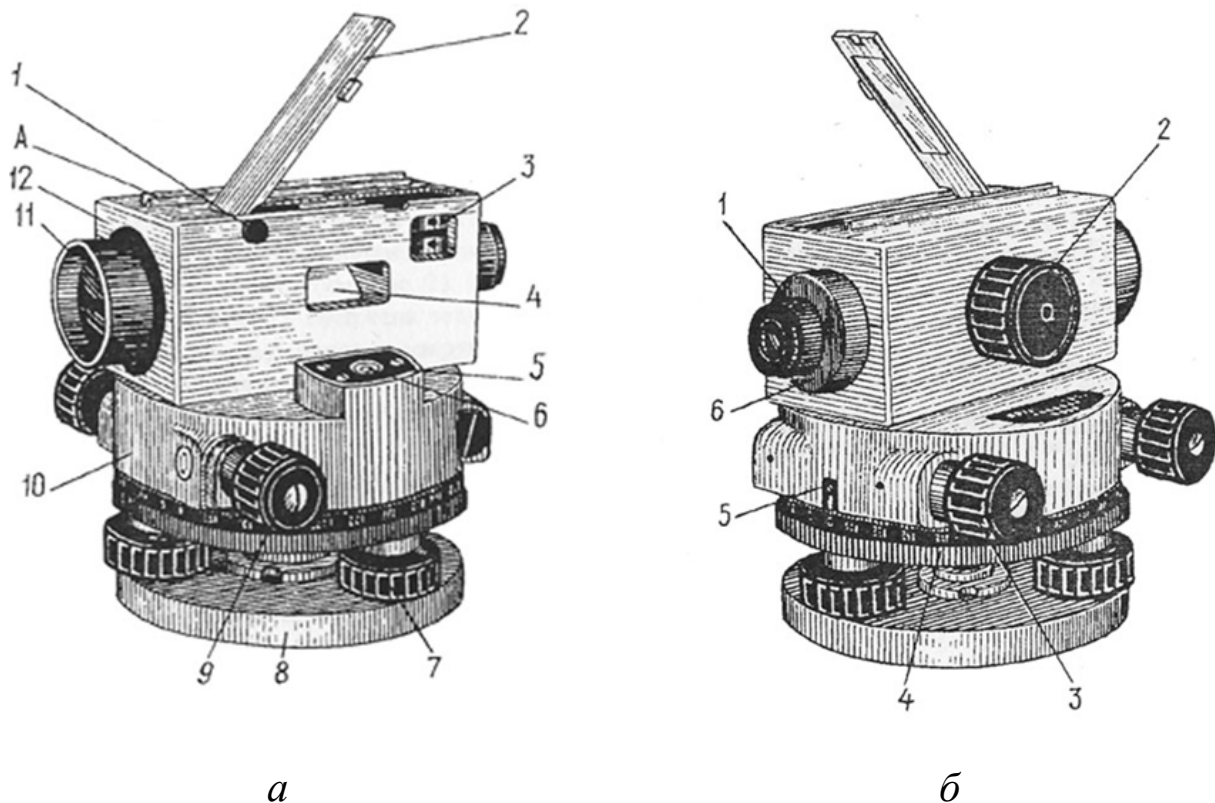


Рис. 2.6. Внешний вид нивелира 3Н-5Л:
 а – вид справа: 1 – заглушка; 2 – зеркало; 3 – юстировочная гайка;
 4 – белый экран; 5 – юстировочные винты круглого уровня; 6 – круглый уровень;
 7 – подъемный винт; 8 – пластина подставки; 9 – наводящий винт;
 10 – корпус подставки; 11 – объектив; 12 – корпус;
 А – продольный прилив (механический визир)
 б – вид слева: 1 – диоптрийное кольцо; 2 – кремальера; 3 – элевационный винт; 4 – металлический лимб; 5 – индекс; 6 – гайка

Предварительная установка нивелира 3Н-5Л в рабочее положение осуществляется по круглому уровню выведением его пузырька на середину ампулы с помощью подъемных винтов.

Окончательная установка нивелира или готовность к взятию отсчетов по рейкам достигается выведением пузырька цилиндрического уровня на середину (в нуль-пункт) с помощью элевационного винта.

При производстве геометрического нивелирования используются двухсторонние рейки, на одной стороне которых нанесены сантиметровые деления черного и белого цвета, а на другой – красного и белого. Начало счета по черной стороне рейки – от нуля, а по красной от 4600, 4700 или 4783. Поэтому отсчеты по красной и черной сторонам рейки, взятые на одном и том же пикете, будут разными, но разность отсчетов по черной и красной сторонам рейки должна равняться постоянному числу, равному началу оцифровки красной стороны рейки. Это условие является контролем взятия правильных отсчетов по рейкам на каждой из нивелируемых точек.

В комплект входят две рейки. Целесообразно, чтобы обе они имели одинаковую оцифровку, то есть имели одно и то же контрольное число.

Отсчёт по шкале шашечных реек проводится в миллиметрах (рис. 2.7). Единицы миллиметров оцениваются глазомерно. Рейки могут быть двухсторонними или односторонними. При использовании односторонних реек контроль измерений можно выполнять повторным нивелированием с другим горизонтом прибора. Изображение цифр может быть как прямым, так и обратным. Однако рейку следует устанавливать так, чтобы направление шкалы было всегда снизу вверх.

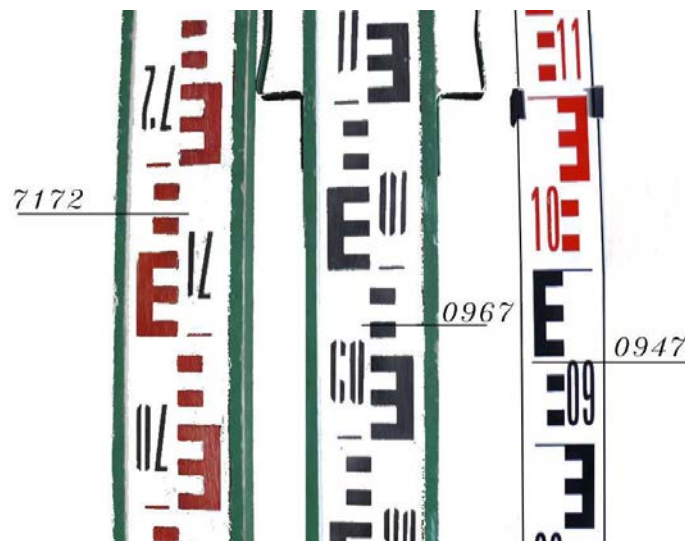


Рис. 2.7. Изображение цифр нивелирных реек

2.2.2. Поверки и юстировка нивелира 3Н-5Л

Нивелир 3Н-5Л имеет следующие основные оси:

- основную ось или ось вращения прибора,
- визирную ось зрительной трубы, которая проходит через заднюю узловую точку объектива и перекрестье сетки нитей,
- ось цилиндрического уровня, которая проходит по касательной к внутренней поверхности ампулы в точке «0»-пункта,
- ось установочного уровня, которая проходит по нормали к внутренней поверхности ампулы уровня в точке «0»-пункта.

Для эффективной работы с прибором до начала нивелирования выполняют необходимые проверки.

I. Проверка по круглому уровню.

Требуемое условие. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Проверка условия. Контур пузырька установочного уровня располагается концентрично сетке уровня с помощью подъемных винтов, и верхняя часть прибора со зрительной трубой поворачивается на 180° . Если пузырек при этом выходит за пределы малого ограничительного кольца, то условие считается невыполненным.

Порядок исправления. На половину дуги смещения пузырек возвращается исправительными винтами уровня, а на другую половину возвращается подъемными винтами. После этого верхняя часть прибора вновь поворачивается на 180° . Если наблюдается отклонение пузырька, то проводят вторичное исправление.

II. Проверка по сетке нитей.

Требуемое условие. Средняя горизонтальная нить должна быть перпендикулярна оси вращения прибора.

Проверка условия. Прибор приводится в рабочее положение и производятся отсчеты по рейке для левого и правого концов средней горизонтальной нити. Отсчеты должны совпадать.

Порядок исправления. Окулярную трубку с сеткой нитей вращают вокруг геометрической оси до выполнения требуемого условия. Для обеспечения возможности вращения следует освободить, а затем закрепить винты, которыми окулярная трубка крепится к основному корпусу трубы.

III. Проверка по главному условию.

Требуемое условие. Для нивелира с уровнем при трубе – визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня (определение угла i).

Проверка условия. На местности, на расстоянии 50...70 м друг от друга выбираются и закрепляются два пункта. В качестве таких пунктов можно принять две неподвижные нивелирные рейки. Устанавливают нивелир в створе двух реек точно посередине между ними. Затем следует нивелир привести в рабочее положение, навести на одну рейку, элевационным винтом вывести пузырек цилиндрического уровня на середину и взять отсчет a_1 по рейке. Навести нивелир на вторую рейку, вывести пузырек уровня на середину и взять отсчет b_1 (рис. 2.8).

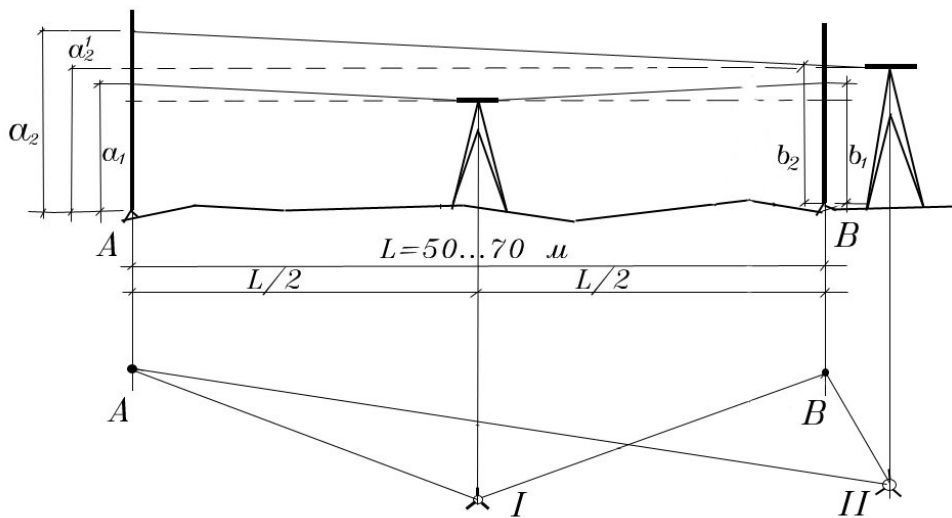


Рис. 2.8. Схема выполнения проверки по главному условию

Далее следует перенести нивелир и расположить его за передней рейкой на расстоянии 2...4 м от нее и несколько в стороне от створа, чтобы можно было наблюдать как первую, так и вторую рейку. Взять отсчеты: a_2 , по дальней и b_2 по ближней рейкам, не забывая при этом каждый раз выводить пузырек уровня на середину элевационным винтом. Вычисленное значение a_2' для дальней рейки по формуле (19) не должно отличаться от фактического отсчета a_2 более чем на 4 мм.

$$a_2' = (a_1 - b_1) + b_2. \quad (19)$$

Отсчёты « a » и « b » следует проводить по двум сторонам рейки или при двух горизонтах прибора.

Если действительное значение угла i больше нормируемого, выполняют юстировку.

Порядок исправления. Параллельность оси цилиндрического уровня визирной оси зрительной трубы достигается юстировочными гайками 3 (рис. 2.6, а). Шпилькой из комплекта нивелира, отпуская

одну гайку и затягивая другую, вывести пузырек цилиндрического уровня на середину, после того как элевационным винтом по дальней рейке установлен отсчет, равный a_2' . Для контроля поверку повторяют.

2.2.3. Методика, техника и последовательность нивелирования трассы

Сущность нивелирования заключается в определении превышений между нивелирными точками. Нивелирование по пикетам выполняется с целью построения профиля, то есть вертикального разреза земной поверхности вдоль трассы или вдоль оси любого линейного сооружения.

Нивелирование трассы обычно проводят по пикетам способом «из середины», когда нивелир устанавливается (приводится в рабочее положение) на равных расстояниях от начальной и конечной точек, нивелирование которых возможно с данной установки нивелира, называемой станцией. Эти точки называются связующими (рис. 2.9).

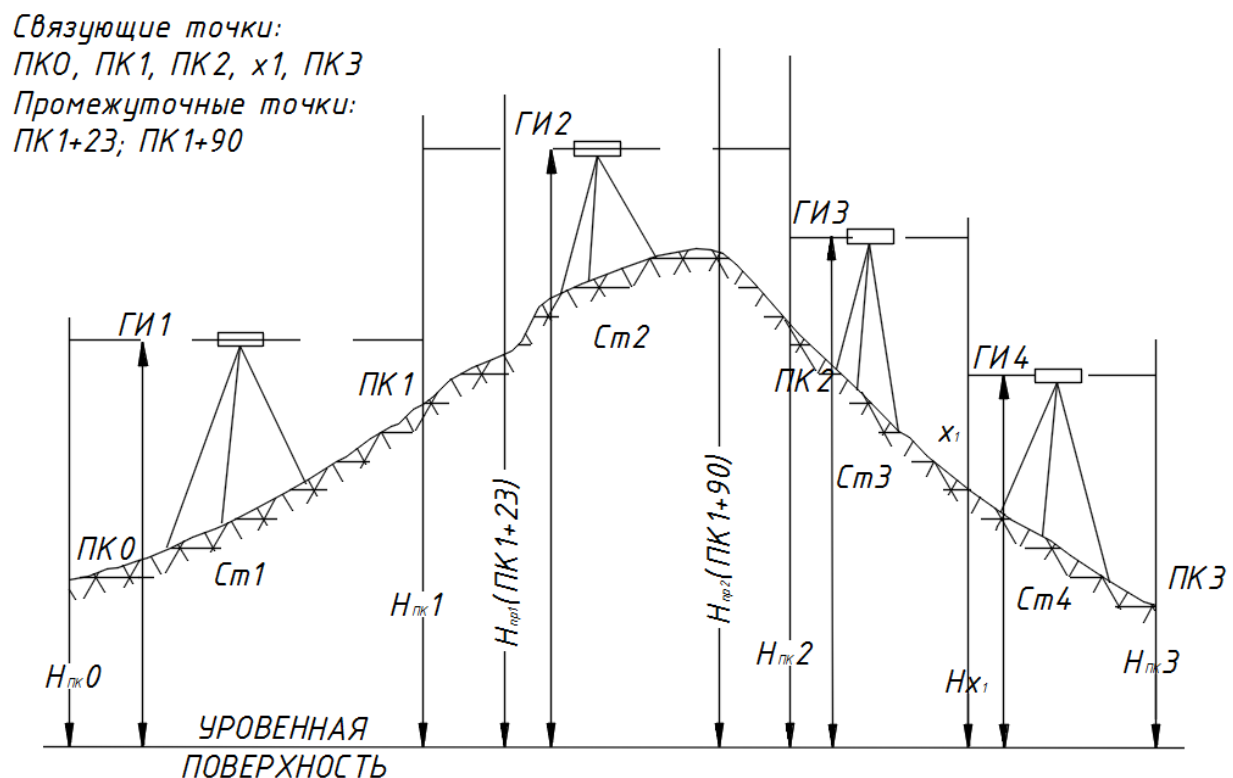


Рис. 2.9. Схема выбора станций и определения горизонта инструмента (ГИ)

После установки нивелира на правильно выбранной станции зрительную трубу наводят на рейку, установленную на задней связующей точке и берут отсчеты по черной ($Z_ч$) и красной ($Z_{кр}$) сторонам рейки.

Отсчеты записывают в журнал нивелирования и сразу вычисляют контрольное число рейки ($P_з$) как разницу между отсчетами по красной и черной рейками: $Z_{кр} - Z_ч = P_з$. Если контрольное число рейки, полученное по отсчетам, отличается от действительного числа контрольного числа больше чем на ± 4 мм, то нивелирование задней связующей точки повторяют. Если же разница не превышает ± 4 мм, то зрительную трубу нивелира наводят на переднюю связующую точку, берут отсчеты по черной ($П_ч$) и красной ($П_{кр}$) сторонам рейки, записывают их в журнал, вычисляют контрольное число рейки $П_{кр} - П_ч = P_n$, сопоставляют его с действительным контрольным числом передней рейки. Если разница превышает ± 4 мм, то нивелирование передней связующей точки повторяют. Если эта разница меньше ± 4 мм, то считается, что нивелирование связующих точек на данной станции выполнено достаточно точно, и приступают к вычислению превышений между этими связующими точками как разности отсчетов по черной и красной сторонам задней и передней реек:

$$\begin{aligned} h_ч &= Z_ч - П_ч, \\ h_{кр} &= Z_{кр} + П_{кр}. \end{aligned} \tag{20}$$

Если превышение между парой связующих точек, полученное по черной и по красной сторонам реек, отличается более чем на ± 4 мм, то нивелирование на данной станции повторяют заново.

Если эта разница $h_ч - h_{кр} \leq \pm 4$ мм, то приступают к нивелированию поперечников, промежуточных точек на данной станции, а если их нет, то переходят на новую, следующую по трассе станцию и продолжают нивелирование по аналогии с описанным выше для предыдущей станции.

На следующей станции нивелирование начинают с последней связующей точки предыдущей станции. Поэтому при выборе места установки нивелира на любой следующей станции обязательным условием является видимость на предыдущую связующую точку.

Нивелирование промежуточных точек рекомендуется выполнять только по одной черной стороне рейки.

Когда трасса проходит по местности с большими перепадами высот и определить превышение между соседними пикетами с одной станции не предоставляется возможным, то между пикетами временно закрепляют «икс-точки» (X_m).

Нивелирование по X -точкам проводится также, как по связующим точкам: отсчеты берутся по обеим сторонам реек и на каждой станции определяют два значения превышений: по черной и красной сторонам реек.

При наличии реперов с известными геодезическими высотами в начало и конце трассы ее нивелирование проводится только в одном – прямом направлении с обязательной привязкой к этим реперам.

Если имеется только один репер, то нивелирование трассы выполняется в прямом и обратном направлениях с обязательной двойной привязкой к этому реперу: от репера по трассе до конечного пикета и обратно по трассе до этого же репера. В обратном нивелирном ходе нивелируются только связующие точки трассы: пикеты и X -точки.

2.2.4. Обработка журналов нивелирования

В процессе нивелирования все полученные отсчеты и контрольные вычисления записываются в журнал технического нивелирования установленной формы (табл. 2.4). Журнал заполняется так, чтобы каждая его левая страница начиналась отсчетом на переднюю связывающую точку (Π) любой станции. Такая запись облегчает выполнение постраничного контроля.

Рекомендуется такая последовательность обработки результатов геометрического нивелирования трассы по пикетам:

1. Проверка записей и зарисовок, сделанных в полевом журнале.
2. Проверка вычислений превышений между связующими точками, полученных дважды в результате нивелирования по черной и красной сторонам реек:

$$\begin{aligned} h_u &= Z_u - \Pi_u, \\ h_{кр} &= Z_{кр} + \Pi_{кр}, \\ h_{cp} &= \frac{h_u + h_{кр}}{2}. \end{aligned} \tag{21}$$

3. Выполнение постраничного контроля по связующим точкам.

Таблица 2.4

Журнал технического нивелирования

№ станции	№ пикетов	Отсчеты по рейке		промеж.	Превышения			Поправки к средним превышениям	Горизонт инструмента	Высота пикетов	№ пикетов
		задние	передние		вычисл.	сред.	исправл.				
1	ПК 0	2149							88,393	ПК 0	
		6848			470	470	469	-1			
	ПК 1		1679		470				88,862	ПК 1	
			6378								
2	ПК 1	3234									
		7932						92,083			
	+27			1008					91,075	+27	
	+90			1769					90,314	+90	
	ПК 2		2205		1029	1028	1026	-2	89,888	ПК 2	
			6965		1027						
3	ПК 2	0478									
		5180									
	X		1598		-1120	-1120	-1121	-1	88,767	X	
			6300		-1120						
4	X	0088									
		4786			-3805	-3806	-3807	-1			
	ПК 3		3893		-3807				84,960	ПК 3	
			8593								
	Σ	30695	37551		-6856	-3428	-3433	-5			

Контроль $\Sigma 3 - \Sigma \Pi = \Sigma h = 2 \Sigma h_{\text{ср}}$; $\Sigma h_{\text{испр}} = H_k - H$

На каждой и по всему журналу нивелирования подсчитываются:

- суммы всех задних отсчетов $\sum Z$ по обеим сторонам реек;
- суммы всех передних отсчетов $\sum П$ по обеим сторонам реек;
- алгебраические суммы всех превышений $\sum (h_{\text{ч}} + h_{\text{кр}})$, полученных и по черным и по красным сторонам реек;
- алгебраические суммы всех средних превышений $\sum h_{\text{ср}}$.

Постраничный контроль должен отвечать условию:

$$\sum Z - \sum П = \sum (h_{\text{ч}} + h_{\text{кр}}) = 2 \sum h_{\text{ср}} \quad (22)$$

4. Вычисление и распределение невязки нивелирного хода.

Фактическую невязку нивелирного хода fh_{ϕ} , выполненного в прямом и обратном направлениях, вычисляют по формуле

$$\sum h_{\phi} = \sum h_{\text{пр}} - \sum h_{\text{обр}}, \quad (23)$$

где $\sum h_{\text{пр}}$ – сумма средних превышений между связующими точками в прямом ходе, мм;

$\sum h_{\text{обр}}$ – сумма средних превышений между связующими точками в обратном ходе, мм.

Эту невязку (мм) сопоставляют с допустимой невязкой, которая вычисляется по формуле

$$fh_{\phi} \leq 50 \sqrt{L} \text{ (км)}, \quad (24)$$

где L – мм, длина хода в километрах в одном направлении.

Если $fh_{\phi} > fh_{\phi}$, то проверяют вычисления, а при необходимости повторяют нивелирование.

Если $fh_{\phi} < fh_{\phi}$, то половину фактической невязки распределяют с противоположным знаком поровну во все средние превышения прямого хода и вычисляют исправленные превышения:

$$h_{\text{испр}} = h_{\text{ср}} \pm \Delta h. \quad (25)$$

5. Вычисление геодезических высот связующих точек выполняют с использованием исправленных превышений и известной высоты начального репера или пикета (H_n):

$$\begin{aligned} H_{\text{нк}0} &= H_n + h_{0\text{испр}}. \\ H_{\text{нк}1} &= H_{\text{нк}0} + h_{1\text{испр}}. \end{aligned} \quad \text{и т. д.} \quad (26)$$

Проверку правильности вычислений высот всех связующих точек проводят по выражению:

$$\sum h_{испр} = H_{к} - H_{н} , \quad (27)$$

где $\sum h_{испр}$ – алгебраическая сумма исправленных превышений;

$H_{н}, H_{к}$ – высота начальной и конечной точек нивелирного хода по трассе.

6. После вычислений высот связующих точек приступают к вычислению высот всех промежуточных точек. Для этого определяют горизонт инструмента ГИ, то есть высоту визирного луча на данной станции – горизонт инструмента на станции равен высоте связующей точки плюс отсчет по рейке на этой же точке (рис. 2.9):

$$ГИ_{СТ} = H_{з} + a_{з} \quad (28)$$

$$ГИ_{СТ} = H_{п} + a_{п}$$

Из рис. 2.9 следует, что любой промежуточной точки на данной станции равна горизонту инструмента минус отсчет по рейке на этой же промежуточной точке:

$$H_i = ГИ_i - a_i . \quad (29)$$

2.2.5. Построение продольного и поперечного профилей

Для наглядного графического представления результатов нивелирования по трассе профили строят на миллиметровой бумаге по данным пикетажного и нивелирного журналов по вычисленным высотам пикетов, связующих и промежуточных точек.

При построении продольного профиля вертикальный масштаб (M_v) принимается в 10 раз крупнее горизонтального (M_h). Обычно $M_v = 1:500$ (в 1 см 5 м), $M_h = 1:5000$ (в 1 см 50 м). При этом пользуются установленной типовой сеткой профиля, графы которого рекомендуется заполнять в определенном порядке (рис. 2.10).

1. В строке ПИКЕТ в горизонтальном масштабе профиля откладываются 100-метровые отрезки, концы которых нумеруются 0, 1, 2, 3, ... и т.д., соответственно.

2. Одновременно в строке РАССТОЯНИЕ вертикальными линиями в масштабе отмечают плюсовые точки, высоты которых определены при нивелировании трассы.

Сумма расстояний между плюсовыми точками в пределах любого пикета должна равняться 100 м.

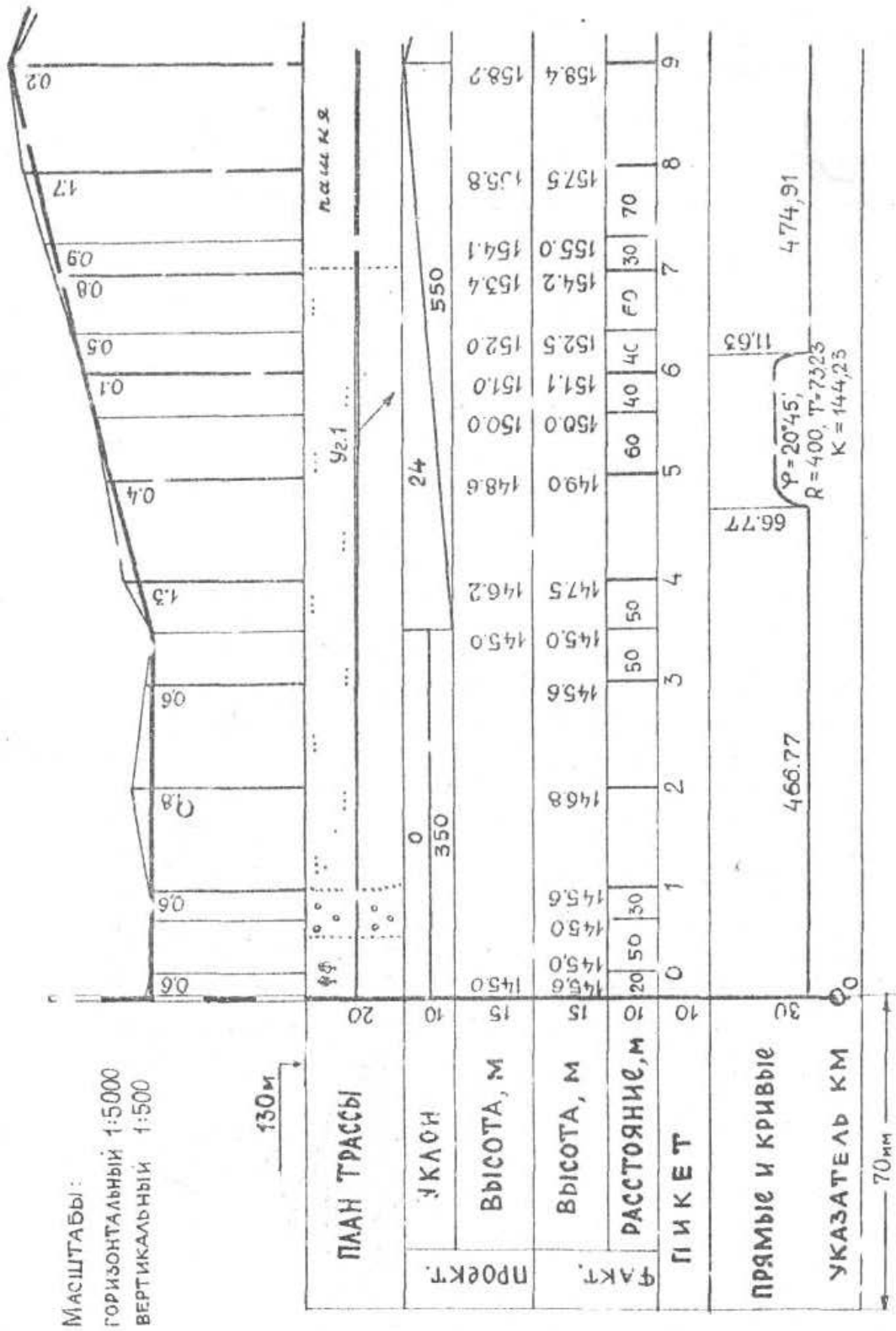


Рис. 2.10. Продольный профиль трассы

3. В самой нижней строке ПРЯМЫЕ И КРИВЫЕ строят условный план трассы, представляющий чередование прямолинейных участков трассы и закруглений на ее поворотах.

Строго на своих местах в привязке к пикетам в соответствии с ведомостью прямых и кривых (см. табл. 2.2) показывают протяженность (длину) и ориентировку (румбы) прямых участков трассы, а также расположение и главные элементы кривых.

Закругления изображают дугами:

– дуга, обращенная выпуклостью вверх, означает поворот трассы вправо (конец дуги направлен вниз, вправо);

– дуга, обращенная выпуклостью вниз, означает поворот влево (конец дуги направлен вверх, влево).

Над или под дугами записывают значения основных элементов соответствующей кривой: радиус закругления, угол поворота, длину тангенса и кривой.

Точки начала и конца каждой кривой соединяют вертикальными линиями с графой ПИКЕТ и рядом с этими линиями записывают расстояния до начала соответствующих пикетов, в пределах которых находятся данные линии. Ниже условного ПЛАНА ТРАССЫ представляются километровые указатели через каждые 10 пикетов.

4. Посередине строки ПЛАН ТРАССЫ проводят прямую линию, условно представляющую трассу. Полосу шириной по 50 м в обе стороны вдоль трассы заполняют топографической ситуацией из пикетажной книжки.

5. В строку ВЫСОТА (ФАКТ.) из журнала нивелирования напротив всех пикетов и плюсовых точек выписывают их высоты.

6. По высотам пикетов и плюсовых точек строят продольный профиль с таким расчетом, чтобы для наглядности самая низкая точка профиля была выше линии условного горизонта примерно на 4...5 см.

От линии условного горизонта в масштабе 1:500 откладывают вверх по ординатам отрезки, равные разности между высотой наносимой на профиль точки, и высотой условного горизонта. Полученные точки соединяют между собой ломаной линией, которая и представляет профиль трассы.

Оставшиеся две строки УКЛОН и ВЫСОТА (ПРОЕКТ.) заполняют данными из следующего разд. «Проектирование продольного профиля».

Построение поперечных профилей обычно выполняют на том же листе миллиметровки. Масштабы поперечников (вертикальный

и горизонтальный) 1:500, сетка профиля упрощенная, содержит следующие графы (рис. 2.11):

- пикеты, расстояния;
- высота земной поверхности;
- профиль.

Построение поперечных профилей осуществляется в полной аналогии с построением продольного профиля.

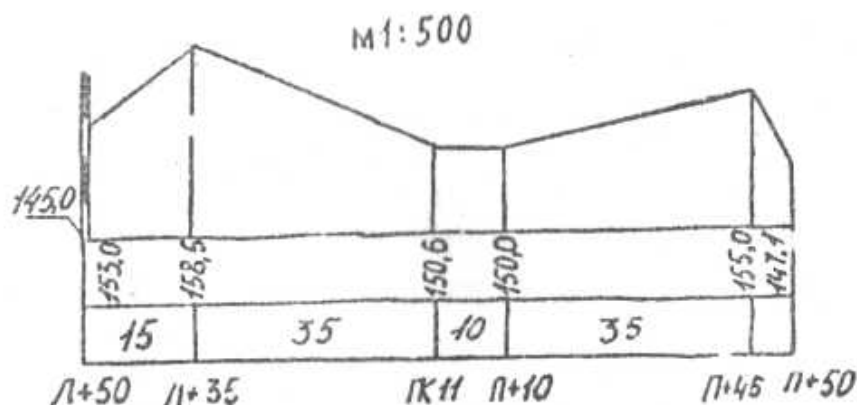


Рис. 2.11. Поперечный профиль

2.3. Проектирование продольного профиля

Проектирование продольного профиля выполняется с целью выравнивания, то есть сглаживания фактического профиля земной поверхности вдоль трассы для повышения эксплуатационных характеристик проектируемой дороги. Суть проектирования заключается в нанесении проектной линии на фактический профиль и в расчете параметров этой проектной линии, которая будет представлять высотное положение оси будущей дороги.

Линию проектного профиля строят на фактическом продольном профиле, руководствуясь следующими техническими условиями проектирования и строительства соответствующих сооружений [2]:

- минимальная длина прямых вставок между прямыми 50 м;
- минимальный шаг проектирования 100 м (наименьшее расстояние, на котором выдерживается один и тот же уклон);
- минимальный радиус круговой кривой 100 м, максимальный – 1000 м;
- максимальный проектный уклон трассы 0,070 (70 ‰);
- минимум земляных работ и возможное равенство объемов подрывок и подсыпок;

- отсутствие горизонтальных площадок в выемках;
- горизонтальная проектная линия – в границах водных объектов.

Проектная линия профиля – ломаная линия, состоящая из отрезков прямых разной длины и уклонов.

Начало и конец каждого участка проектной линии целесообразно намечать на пикетах или в плюсовых точках, имеющих фактические высоты.

Сопряжение проектных участков профиля, то есть конец предыдущего участка и начало следующего участка образуют переломы проектной линии. Эти точки переломов являются объектами повышенного внимания, так как от правильности расчета их параметров зависит верность расчетов параметров каждого следующего участка проектной линии.

Параметрами проектной линии являются:

α – длина каждого участка проектной линии, имеющего данный постоянный уклон;

H_{np} – проектная высота начала и конца участка, а также других точек на протяжении участка;

i – проектный уклон участка;

h_p – рабочие отметки на всех точках трассы;

TNP – точки нулевых работ по трассе.

После нанесения проектной линии на профиль места перелома проектного профиля отмечают в строке УКЛОНЫ (ПРОЕКТ.) (см. рис. 2.10) вертикальными прямыми, делящими эту графу на прямоугольники. Внутри прямоугольников в соответствии с направлением уклона каждого участка проектной линии подводят диагонали вверх или вниз, показывающие объем или спуск на профиле. Если уклон равен нулю, то посередине прямоугольника проводят горизонтальную линию. Над каждой диагональю записывают величину уклона i , выраженную в тысячных, а под ней – длину проектного участка в метрах (рис. 2.10).

Длина каждого проектного участка определяется пикетажным положением его начала и конца.

Проектная высота начала первого участка обычно принимается равной фактической высоте данной точки (НТ, ПК0), значение которой округлено в большую сторону до целых метров.

Проектная высота конца первого участка для предварительных расчетов принимается равной фактической высоте данной точки, а затем вычисляется, уточняется по определенному значению уклона этого участка.

Проектный уклон участка вычисляется по формуле

$$i = \frac{H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}}{d} = \frac{h}{d}. \quad (30)$$

Уклон i вычисляется до 0,0001, округляется до 0,001 и по округленному его значению вычисляется проектная высота конца участка.

$$H_{\text{кон}} = H_{\text{нач}} + id. \quad (31)$$

Проектная высота начала любого следующего участка принимается равной уточненной проектной высоте конца предыдущего участка.

Проектные высоты промежуточных точек на протяжении данного участка вычисляются по аналогичной формуле (32) и подписываются против каждой точки в соответствующей строке:

$$H_n = H_{n-1} + id_n. \quad (32)$$

Рабочие отметки на всех точках вычисляют как разницу между проектными и фактическими высотами земной поверхности в одних и тех же точках:

$$h_p = H_{np} - H_{ф}. \quad (33)$$

Положительные величины рабочих отметок означают высоту насыпи, их пишут над проектной линией, отрицательные – глубину выемки, их пишут под проектной линией.

Точкой нулевых работ называется точка пересечения проектной линии профиля с фактической, то есть с земной поверхностью. В этой точке рабочая отметка равна нулю, так как в ней находится граница между выемкой и подсыпкой грунта (рис. 2.12).

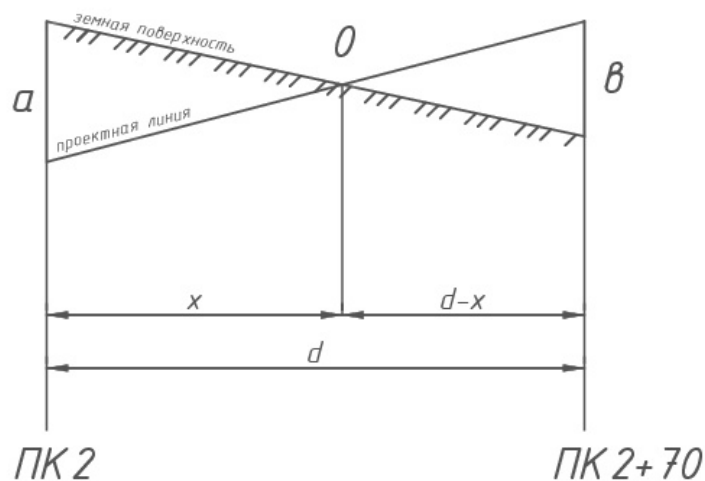


Рис. 2.12. Определение положения точки нулевых работ

Горизонтальное расстояние от точек нулевых работ до ближайшего пикета или плюсовой точки определяется из подобия треугольников:

$$\frac{x}{a} = \frac{d-x}{b}; \quad x = \frac{a \cdot d}{a+b}, \quad (34)$$

где a и b – рабочие отметки в точках;
 d – расстояние между этими точками.

Глава 3 ТЕОДОЛИТНО-ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

3.1. Сущность съемки и виды работ

Теодолитная съемка относится к горизонтальным или контурным съемкам, в результате которой может быть получен план с изображением на нем только ситуации местности, без рельефа.

Прокладываемый теодолитный ход является съемочным обоснованием для тахеометрической съемки.

Тахеометрическая съемка является вертикально-горизонтальной съемкой, при которой с одной установки инструмента определяют пространственные полярные координаты точки с достаточной для инженерно-технических задач точностью.

Пространственными полярными координатами точки являются:

– угол наклона ν , измеряемый при помощи вертикального круга теодолита;

– расстояние D , определяемое дальномером;

– горизонтальный угол β , измеряемый при помощи горизонтального круга теодолита.

В комплекс работ по созданию съемочной опорной сети и тахеометрической съемки входят следующие виды работ:

– поверки инструментов;

– рекогносцировка местности и закрепление пунктов теодолитных ходов;

– измерение длин линий;

– измерение горизонтальных и вертикальных углов;

– камеральные работы по вычислению координат пунктов теодолитного хода;

– тахеометрическая съемка;

– камеральные работы по обработке журнала тахеометрической съемки;

– составление и вычерчивание топографического плана.

3.2. Теодолиты Т30 и 2Т30

Основным инструментом для производства теодолитной и тахеометрической съемок являются теодолиты Т30 и 2Т30.

3.2.1. Устройство теодолитов Т30 и 2Т30

Основные элементы теодолита Т30 показаны на рис. 3.1. При визировании на предмет используется зрительная труба теодолита. Фокусирование трубы первоначально осуществляется вращением диоптрийного кольца: добиваются резкого изображения сетки нитей, а затем вращением кремальеры достигают резкого изображения предмета.

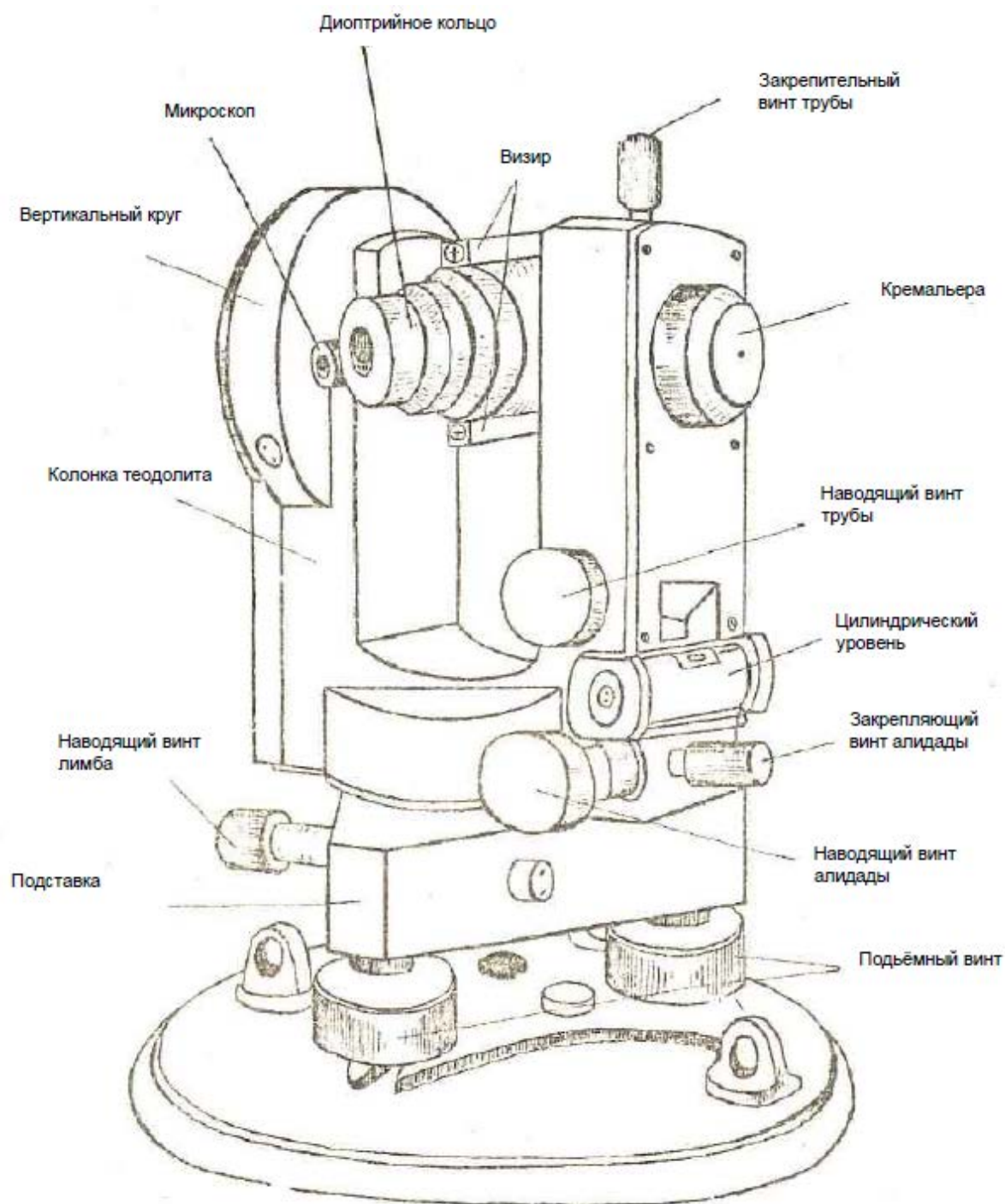


Рис. 3.1. Устройство теодолита Т30

Точное наведение трубы на предмет осуществляется с помощью центра сетки нитей, рис. 3.2. Короткие штрихи сетки, расположенные выше и ниже центрального штриха, называются дальномерными и служат для измерения расстояний по рейке.

Наводящие винты трубы и алидады (см. рис. 3.1) служат для точного наведения трубы на предмет в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Указанные винты работают только при зажатых закрепительных винтах трубы и алидады.

Если требуется навести трубу на предмет с заданным или меняющимся отсчетом по лимбу горизонтального круга, то пользуются закрепительными и наводящим винтами лимба. Ось закрепительного винта лимба расположена перпендикулярно к оси наводящего.



Рис. 3.2. Сетка нитей зрительной трубы

Вертикальный и горизонтальный круги теодолита разделены штрихами по окружности через 1° . Каждое градусное деление оцифровано. В микроскоп передаются одновременно изображения вертикального и горизонтального кругов (рис. 3.3). Отсчет и оценку доли наименьшего деления круга проводят по неподвижному индексу.

Вертикальная ось теодолита устанавливается в отвесное положение с помощью подъемных винтов по цилиндрическому уровню.

Теодолит 2Т30 конструктивно незначительно отличается от теодолита Т30. На зрительной трубе при вертикальном круге слева от наблюдателя вместо верхнего визира установлен цилиндрический уровень, позволяющий устанавливать визирную ось в горизонтальное положение при выполнении нивелирования.

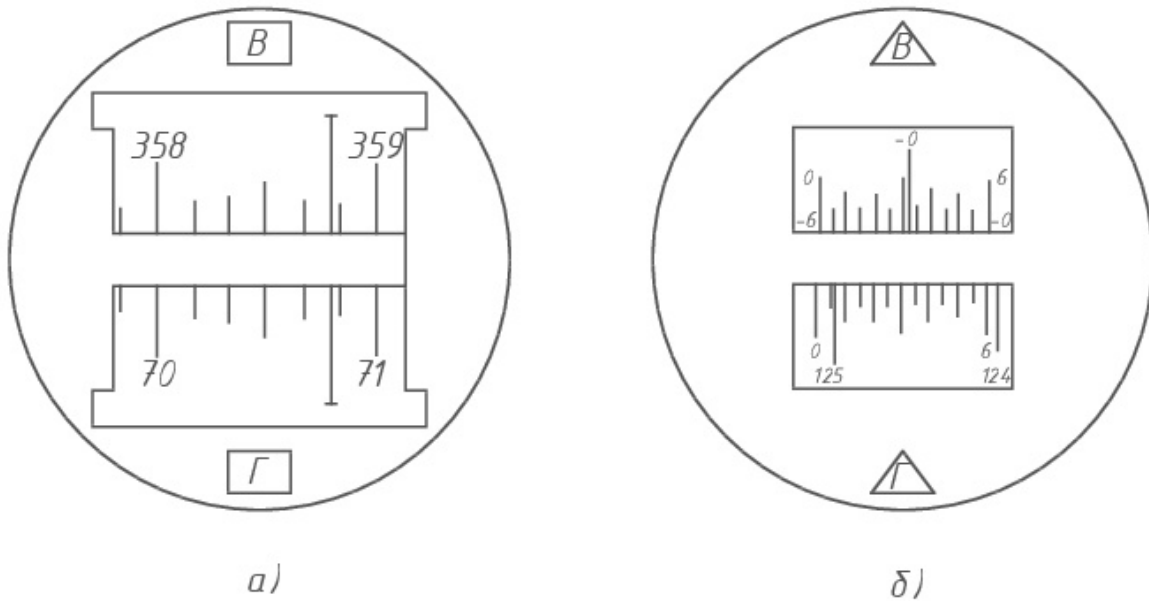


Рис. 3.3. Поле зрения микроскопа:

а) теодолит Т30:

- отсчет по вертикальному кругу $358^{\circ}43'$;
- отсчет по горизонтальному кругу $70^{\circ}48'$.

б) теодолит 2Т30П:

- отсчет по вертикальному кругу минус $0^{\circ}28'$;
- отсчет по горизонтальному кругу $125^{\circ}06'$

Цена деления горизонтального и вертикального кругов теодолита 2Т30 составляет 1° . Горизонтальный круг имеет круговую оцифровку от 0 до 360, а вертикальный круг – секторную от 0 до 75 и от 0 до минус 75. Для взятия отсчетов по вертикальному и горизонтальному кругам использовано шкаловое отсчетное приспособление. При этом отсчет берется по подписанному градусному штриху делений вертикального и горизонтального лимбов. Если на шкалу вертикального круга проектируется отрицательный градусный штрих, то отсчет берется по шкале от 0 к минус 6, то есть справа налево, а при положительных углах наклона по шкале – от 0 к 6 (рис. 3.3, б).

3.2.2. Основные поверки теодолита

Поверки и юстировка теодолита выполняются в следующей последовательности.

1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения инструмента.

При выполнении этой поверки уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов и, вращая их в противоположные стороны, приводят пузырек уровня на середину. Поворачивают алидаду на 180° . Если пузырек уровня при этом отклонится от середины более чем на одно деление, проводят юстировку. Для этого исправительными винтами уровня пузырек перемещают на половину дуги отклонения, после чего двумя подъемными винтами выводят пузырек уровня на середину. Затем алидаду поворачивают на 90° и третьим подъемным винтом приводят уровень на середину. Поверку повторяют.

2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы. Несоблюдение этого условия влечет за собой коллимационную ошибку, под которой понимается угол между визирной осью и перпендикуляром к оси вращения зрительной трубы.

Зрительную трубу наводят на удаленную точку при двух положениях вертикального круга (лево и право) и берут отсчеты по горизонтальному кругу $КЛ_1$ и $КП_1$.

Для исключения эксцентриситета горизонтального круга берут еще два отсчета $КЛ_2$, и $КП_2$, предварительно повернув алидаду на 180° . Значение коллимационной ошибки C вычисляют по формуле

$$C = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4}. \quad (35)$$

Если полученная, коллимационная ошибка превышает 1, то проводят юстировку теодолита. Для этого вычисляют отсчет, равный $КП_2 + C$, наводящим винтом алидады устанавливают его на горизонтальном круге, а боковыми исправительными винтами сетки нитей перемещают ее до совмещения с наблюдаемой точкой.

3. Ось вращения трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Центр сетки нитей зрительной трубы наводят на высоко расположенную точку и, закрепив горизонтальный круг, наклоняют трубу примерно до горизонтального положения и отмечают на стене проекцию центра сетки нитей.

Переводят трубу через зенит и получают вторую проекцию этой же точки.

Если проекции точки не совпадают менее чем на двойную ширину биссектора сетки нитей, то условие выполнено. В противном случае теодолит подлежит исправлению в мастерской.

4. Вертикальный штрих сетки нитей при вертикальном положении оси вращения теодолита должен занимать отвесное положение.

Установив вертикальную ось вращения теодолита в отвесное положение, наводят центр сетки нитей на какую-нибудь точку и вращают трубу вокруг ее горизонтальной оси. Если при этом вертикальная сетка нитей не сходит с изображения точки, то условие считается выношенным. В противном случае разворачивают оправу пластинки с сеткой нитей, предварительно слегка ослабив винты, скрепляющие окуляр с корпусом трубы, так, чтобы данное условие выполнялось. После этого необходимо повторить поверку.

5. Определение места нуля вертикального круга и приведение его к значению, близкому к нулю.

Место нуля (МО) есть отсчет по лимбу вертикального круга при горизонтальном положении визирной оси в момент нахождения пузырька уровня горизонтального круга в нуль-пункте.

При двух положениях вертикального круга наводят центр сетки нитей на хорошо видимый предмет и оба раза берут отсчеты по шкале вертикального круга. Значение МО определяют по формулам:

$$\text{для теодолита ТЗ0} \quad MO = \frac{KL + KP \pm 180^\circ}{2}, \quad (36)$$

$$\text{для теодолита 2ТЗ0} \quad MO = \frac{KL + KP}{2}. \quad (37)$$

Вычисление вертикальных кругов удобнее производить при МО, близкого к нулю. Для исправления положения МО на вертикальном круге устанавливают отсчет КЛ-МО. При этом средний штрих сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. Совмещения его с точкой добиваются вращением вертикальных исправительных винтов сетки.

Для контроля поверку повторяют. Допустимое значение МО 2'...3'. При выполнении этой поверки следят, чтобы пузырек уровня находился на середине.

3.3. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов теодолитных ходов

Осмотр участка, на котором будут прокладываться теодолитные ходы, проводят под руководством преподавателя.

Точки теодолитного хода выбирают таким образом, чтобы между ними была взаимная видимость, профиль местности не затруднял бы измерения линий лентой и чтобы с каждой точки был хороший обзор

для последующей съемки подробностей. При предварительном выборе точек теодолитного хода пользуются тремя деревянными вешками.

Стороны хода не должны быть менее 80 м и более 200 м. При небольшой площади участка длины линий целесообразно выбирать примерно равными 100 м.

Окончательно выбранные точки закрепляют на местности деревянными колышками длиной 20...25 см на уровне земли и обозначают сторожками, на которых указывают номера вершин хода, группы и бригады.

В верхние торцы колышков забивают гвоздь или обозначают на них перекрестия штрихов, которые будут являться центрами пунктов теодолитного хода.

После рекогносцировки и закрепления точек бригада приступает к измерению длин линий, горизонтальных и вертикальных углов полигона.

3.4. Измерение длин линий

Измерение линий проводят строго в створе между двумя соседними вешками, в прямом (L_1) и обратном (L_2) направлениях.

Расхождение результатов двух измерений не должно превышать допустимой величины:

$$\frac{L_1 - L_2}{L_{cp}} \leq \frac{1}{200} \div \frac{1}{100} \quad (38)$$

Линии измеряют по ходу часовой стрелки, начиная от точки 1 к точке 2 (рис. 3.4). На точку 2 ставится веха. Передний мерщик с пятью шпильками идет в направлении точки 2. Задний мерщик втыкает шпильку на уровне точки 1 и, надев на нее вырез в начале ленты, удерживает ленту и, ориентируясь на веху, направляет передний мерщик по створу линий 1, 2.

Когда лента будет растянута на всю ее длину и определится в створе место передней шпильки, последняя втыкается в землю через вырез на переднем конце ленты. Затем оба мерщика снимают ленту со шпилек и идут вперед, причем передний оставляет свои шпильки воткнутыми в землю, а задний мерщик вынимает шпильки и несет с собой.

Подойдя к передней шпильке, задний мерщик зацепляет за нее вырез ленты и снова направляет передний в створ измеряемой линии. Далее все действия повторяются. Для облегчения счета уложенных

лент третий член бригады ведет счет лишь числу передач комплекта (5 шт.) шпилек задним мерщиком переднему, одновременно записывая результаты измерения и составляя абрис.

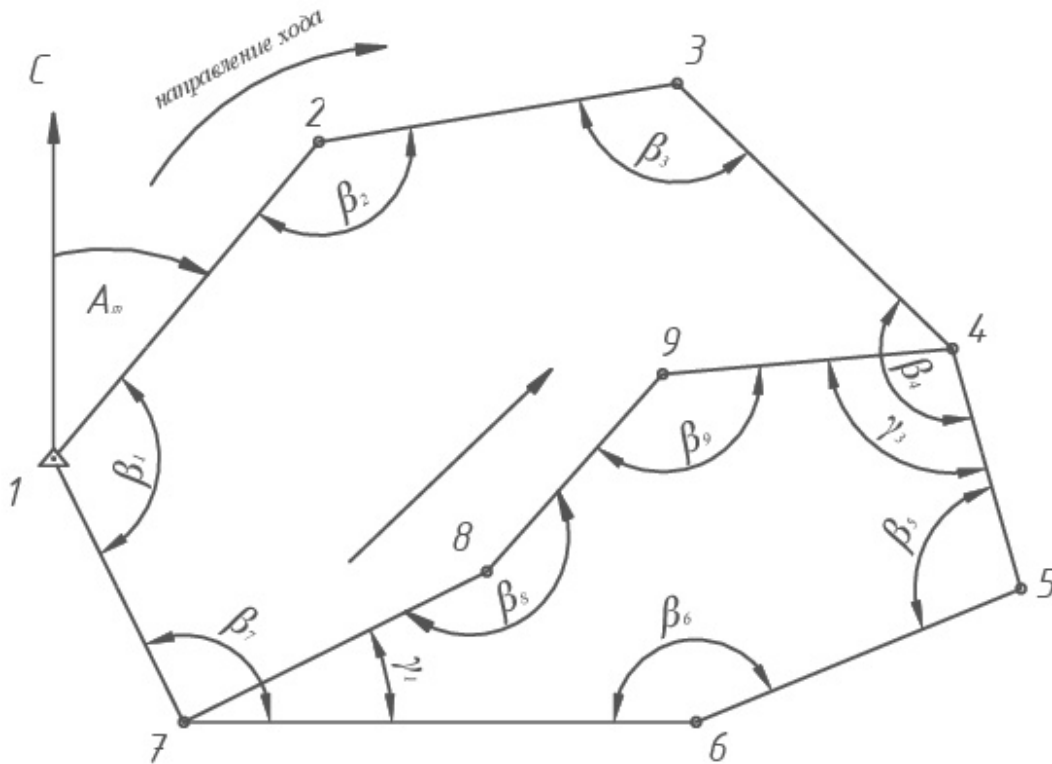


Рис. 3.4. Схема теодолитного хода

Образец ведения абриса показан в журнале измерений углов и длин линий (прил.).

Измеряемая линия на своем протяжении может иметь различные углы наклона. Поэтому в каждый отрезок измеряемой линии с углом наклона более 2° вводится соответствующая поправка за угол наклона по формуле

$$L_0 = L_{cp} - \Delta L_n, \quad (39)$$

где $\Delta L_n = 2L_{cp} \cdot \sin^2 \frac{\nu}{2}$ выбирается по таблице поправок за наклон линий к горизонту или вычисляется горизонтальное проложение по формуле

$$L_c = L_{cp} \cdot \cos \nu. \quad (40)$$

Углы наклона ν могут быть измерены эклиметром, горным компасом или теодолитом.

Образец ведения записей и обработка результатов линейных измерений приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Ведомость горизонтальных проложений

Номер линии	Прямой ход, L_1 (м)	Обратный ход, L_2 (м)	Контр. измерение, L_3 (м)	Средняя длина линии $L_{ср}$ (м)	Угол наклона ν	Попр. за наклон, ΔL_H (м)	Горизонт. проложение $L_{сг}$ (м)	Расхождение	
								абсолют.	относит.
1-2	125,45	125,51	-	125,48	$3^\circ 10'$	-0,19	125,29	0,06	$\frac{1}{2100}$
2-3	171,68	171,60	-	171,64	$2^\circ 30'$	-0,16	171,48	0,08	$\frac{1}{2150}$
3-4	136,16	139,20	139,15	138,18	0°		139,18	0,05	$\frac{1}{2800}$

3.5. Измерение горизонтальных и вертикальных углов

На всех точках замкнутого и диагонального теодолитных ходов измеряют горизонтальные и вертикальные углы. Углы на полигоне измеряют внутренние, правые или левые по ходу. На каждой станции инструмент устанавливают в рабочее положение, то есть центрируют его над вершиной измеряемого угла при помощи шнурового отвеса с точностью до 5 мм, и ось вращения инструмента приводят в отвесное положение по цилиндрическому уровню горизонтального круга подъемными винтами.

Измерение горизонтальных и вертикальных углов начинают при круге «право» и «лево». На две смежные вершины теодолитного хода выставляют вешки с метками, установленными на высоте инструмента, которые втыкаются в землю строго в створе линии за колышком. На заднюю вежу наводят трубу теодолита. Сначала вешку вводят в объектив теодолита при открепленном зажимном винте алидады и, закрепив его, наводящим винтом алидады вертикальную нить сетки совмещают с вешкой, а горизонтальную нить наводят по возможности на самый низ вехи для избегания ошибок из-за ее наклона. При таком положении проводят отсчет по шкале горизонтального круга микроскопа.

Затем наводящим винтом зрительной трубы совмещают горизонтальную нить с меткой, определяющей высоту инструмента на станции. При приведенном на середину пузырьке уровня на алидаде горизонтального круга проводят отсчет по шкале вертикального круга микроскопа.

Открепив зажимной винт алидады, зрительной трубой визируют на переднюю точку и берут отсчеты по шкалам горизонтального и вертикального кругов микроскопа. При этом все операции выполняются аналогично описанным при наведении на заднюю точку.

Разность отсчетов по шкале горизонтального круга (задний минус передний) при *КП* или *КЛ* даст величину горизонтального угла β_1 из полуприема.

Второй полуприем начинают с перевода трубы через зенит и установки на лимбе отсчета, отличного от начального (при наведении на заднюю точку) примерно на 90° . При втором положении трубы углы измеряют аналогично описанному выше.

Разность отсчетов по шкале горизонтального круга микроскопа при втором положении трубы даст величину измеренного угла β_2

из второго полуприема. Разность углов из двух полуприемов не должна превышать двойную точность инструмента:

$$\beta_1 - \beta_2 \leq 2t, \text{ то есть } 1'. \quad (41)$$

Окончательное значение угла принимается как среднее из двух полуприемов:

$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}. \quad (42)$$

Одновременно с измерением горизонтальных углов, как указывалось выше, измеряются и вертикальные углы, которые необходимы для расчета длины горизонтальной проекции измеренных линий и для расчета высот точек полигона методом тригонометрического нивелирования. Углы наклона ν линий могут быть вычислены по формулам:

$$\nu = \frac{KL - KP \pm 180^\circ}{2}, \quad (43)$$

$$\nu = KL - MO, \quad (44)$$

$$\nu = MO - KP. \quad (45)$$

В случае, если высоту инструмента, отмеченную на вешке, не видно, при измерении вертикальных углов визируют на верх вешки и обязательно измеряют и записывают длину вехи и высоту инструмента, что впоследствии необходимо для вычисления превышений между точками.

Образцы ведения записей измерений и вычислений при проведении теодолитно-тахеометрической съемки приводится в приложении.

Глава 4 ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХЕОМЕТРЫ LEICA

4.1. Общие сведения

К высокоточным современным и высокопроизводительным геодезическим средствам измерений относится новое поколение приборов, позволяющих выполнить все измерения в автоматизированном режиме. Такие измерительные приборы снабжены встроенными вычислительными средствами и запоминающими устройствами, создающими возможность регистрации и хранения результатов измерений, дальнейшего их использования на компьютерах для обработки. Применение компьютеров пятого поколения предполагает интеллектуализацию компьютеров, то есть возможность работы с ними непрофессионального пользователя на естественном языке, в том числе в речевой форме.

Речевой ввод топографо-геодезической информации в полевых условиях обеспечивает улучшение условий труда и уменьшение числа ошибок наблюдения. Скорость ввода информации измерений значительно увеличивается по сравнению с вводом при помощи клавишей.



Для автоматизации полевых измерений при производстве топографической съемки и других видов инженерно-геодезических работ созданы высокоточные электронные тахеометры. Электронный тахеометр содержит угломерную часть, сконструированную на базе кодового теодолита, светодальномер и встроенную ЭВМ. С помощью угломерной части определяются горизонтальные и вертикальные углы, светодальномера – расстояния, а ЭВМ решает различные геодезические задачи, обеспечивает управление прибором, контроль результатов измерений и их хранение.

Принцип работы электронных тахеометров основывается либо на фазовом методе, либо в более современных моделях на импульсном методе. Первый метод заключается в разности фаз между проецируемым и возвращёнными лучами, второй – на времени, за которое лазерный луч проходит от тахеометра к отражателю и возвращается назад.

Примером современных тахеометров может служить электронный тахеометр Leica TPS1200, принцип работы которого рассмотрим в этой главе.

В зависимости от типа дальномера TPS1200 тахеометр может оснащаться одним из двух типов зрительной трубы, которые имеют практически одинаковые возможности, но имеются отличия в их

некоторых технических параметрах. В центре объектива трубы первого типа можно видеть элемент прямоугольной формы, а в трубе второго типа этот элемент имеет округлую форму. Отличия технических параметров двух типов зрительных труб отмечаются приведенными далее пиктограммами.

	Описание
	<p>Зрительная труба первого типа</p> <ul style="list-style-type: none"> • При измерениях на отражатель в режиме "IR" тахеометром с трубой этого типа используется широкий инфракрасный лазерный луч, выходящий из объектива. • Тахеометры с безотражательным дальномером могут также работать в режимах "RL" и "LO". При этом используется узкий луч красного лазера видимого диапазона.
	<p>Зрительная труба второго типа</p> <ul style="list-style-type: none"> • При измерениях на отражатель в режиме "IR" тахеометром с трубой второго типа используется широкий луч красного лазера видимого диапазона, выходящий из объектива. • Тахеометры с безотражательным дальномером могут также работать в режимах "RL" и "LO". При этом используется узкий луч красного лазера видимого диапазона.

Система электронного тахеометра состоит из следующих основных компонентов, обеспечивающих работу тахеометра: TPS1200; RX1200; LGO (рис. 4.1).

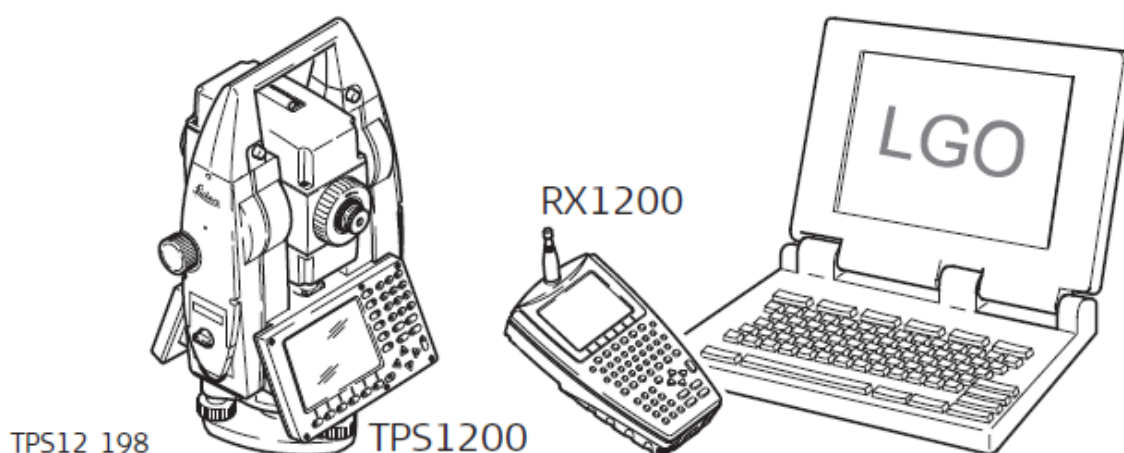


Рис. 4.1. Устройства, входящие в систему электронного тахеометра

Общие сведения об основных компонентах системы электронного тахеометра:

Компонент	Общие сведения
TPS1200	<ul style="list-style-type: none"> • Инструмент для измерений, вычислений и записи данных. • Имеется несколько моделей различной точности. • Интегрированная система GNSS для SmartStation. • В комбинации с RX1200 поддерживается дистанционное управление. • Возможно подключение к программе LGO для просмотра данных, обмена ими и управления записями.
RX1200	Многофункциональный контроллер для дистанционного управления тахеометром TPS1200.
LGO	Офисный программный пакет, включающий набор утилит и приложений для просмотра данных, обмена ими и управления записями.

4.2. Термины и сокращения

Термины и сокращения, используемые при работе с электронным тахеометром

Термин/Аббревиатура	Описание
TPS	T otal S tation P ositioning S ystem - Электронный тахеометр
GNSS	G lobal N avigation S atellite S ystem - общее название спутниковых систем навигации GPS, ГЛОНАСС, SBAS
RCS	R emote C ontrol S urveying - система дистанционного управления
LGO	LEICA G eo O ffice - программный пакет работы с данными
EDM	<p>Electronic Distance Measurement - лазерный дальномер</p> <p>Термин EDM относится к встроенному в тахеометр лазерному устройству, позволяющему измерять расстояния.</p> <p>Доступны три метода измерений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Режим IR. Измерения на отражатели. • Режим RL. Позволяет выполнять измерения без использования отражателей. • Режим LO. Измерения на большие расстояния с помощью красного лазера видимого диапазона с использованием отражателей.

Термин/Аббревиатура	Описание
PinPoint	Термин PinPoint относится к технологии безотражательных измерений больших расстояний за счет применения более узкого лазерного пучка. В этом режиме доступны два субрежима: R100 и R300.
EGL	E lectronic G uide L ight - маячок Маячок EGL облегчает наведение трубы на отражатель. Он состоит из двух светодиодов разного цвета, закрепленных на зрительной трубе. Благодаря им реечник может определять направление перемещения вешки с отражателем для ее установки на линию визирования.
Motorised	Термин M otorised означает, что инструмент оборудован сервоприводами, которые выполняют вращение инструмента вокруг его оси и вращение зрительной трубы.
ATR	A utomatic T arget R ecognition ATR означает наличие в инструменте сенсора, позволяющего точно наводить трубу на отражатель.
Automated	Тахеометры с ATR именуется как A utomated. При наличии ATR доступны три режима: <ul style="list-style-type: none"> • Нет: Автоматическое наведение и отслеживание отражателя выключено. • ATR: автоматическое точное визирование на отражатель. • ЗАХВ: автоматическое слежение за перемещениями отражателя.
PowerSearch	Термин P ower S earch означает, что в тахеометре установлен специальный сенсор для быстрого поиска места установки отражателя.
SmartStation	Комплектация TPS1200 с возможностью использования системы GNSS, включающая необходимые для этого аппаратные и программные средства, называется SmartStation. В состав SmartStation включена Smart-антенна, Адаптер Smart-антенны и блок с клипсой и антенной для устройства связи, а также Крышка коммуникационного блока. SmartStation предоставляет дополнительные возможности для определения координат установки тахеометра и выполнения измерений. Использование данных GNSS и функциональность SmartStation обеспечивается возможностями приборов серии GPS1200.

Термин/Аббревиатура	Описание
Smart-антенна	Smart-антенна с интегрированным устройством Bluetooth является компонентом системы SmartStation. Эта антенна может закрепляться на вешке, подсоединиться к приемнику GNSS или контроллеру.
RadioHandle	RadioHandle - это компонент системы RCS. В транспортировочную ручку встроены радиомодем со своей антенной.
Крышка коммуникационного блока	Крышка коммуникационного блока со встроенным устройством Bluetooth является элементом системы SmartStation. При наличии RadioHandle она является также компонентом системы RCS.

4.3. Модели

В зависимости от комплектации и функциональных возможностей электронные тахеометры имеют ряд моделей.

Модель	Описание
TC1200	Базовая модель электронного тахеометра.
TCR1200	R означает возможность безотражательных измерений.
TCRM1200	RM означает возможность безотражательных измерений и наличие сервоприводов.
TCA1200	A означает наличие средств автоматизации.
TCP1200	P : наличие сенсора для поиска отражателя, сервоприводов и средств автоматизации измерений.
TCRA1200	RA : возможность безотражательных измерений и наличие средств автоматизации измерений.
TCRP1200	RP : возможность безотражательных измерений, наличие средств автоматизации измерений, сервоприводов и сенсора для поиска отражателя.

4.4. Программа Leica Geo Office

Программа Leica Geo Office (LGO) может работать с данными инструментов GPS1200 и TPS1200. Ее можно также использовать для обработки данных со всех тахеометров серии Leica TPS.

- LGO имеет графический пользовательский интерфейс с поддержкой стандартных операций ОС Windows.
- Поддерживаются операционные системы: Windows® XP, Windows® 2000.
- LGO имеет следующие функциональные возможности.

Возможности	Описание
Стандартные функции	Обмен данными между компьютером и тахеометром, управление данными, включая их просмотр редактирование, составление отчетов, создание и управление списками кодов объектов, создание и использование форматных файлов для конвертирования данных, загрузки/удаления системного и прикладного программного обеспечения.
Дополнительные функции	Преобразование координат, пост-обработка данных GPS и ГЛОНАСС, обработка нивелирных измерений, уравнивание сетей, экспорт данных GIS- и CAD-форматов.

4.5. Концепция работы системы тахеометров Leica

Все тахеометры серии TPS1200 используют одни и те же принципы программной поддержки.

Программное обеспечение	Общие сведения
Системное программное обеспечение	Содержит в себе главные функции тахеометра. Его также называют встроенным ПО. Программы Съёмка и Установка входят в состав системного ПО и не могут быть удалены. Английский язык является базовым и не может быть удален из системы.
Программное обеспечение языковой поддержки	На TPS1200 могут применяться различные языки. Это программное обеспечение также называют системным языком. Одновременно в тахеометре может храниться до трех разных языков - английский и еще два других. Английский язык является базовым и не может быть удален из системы. Один из языков выбирается в качестве активного.

Программное обеспечение	Общие сведения
Прикладные программы	<p>Для работы с тахеометром предусмотрен набор прикладных программ решения различных задач.</p> <p>Некоторые из этих программ уже загружены в инструмент и не требуют лицензионного ключа, а другие приложения можно приобрести отдельно и активизировать с помощью лицензионного ключа.</p>
Пользовательское программное обеспечение	<p>Пользовательское программное обеспечение может создаваться в среде GeoC++. Сведения о GeoC++ можно получить у представителей Leica Geosystems.</p>

Все встроенные программы хранятся в системной RAM тахеометра. Загрузить программное обеспечение в инструмент можно способами, представленными ниже.

- Из программной среды LGO через последовательный порт компьютера на карту CompactFlash, которая затем устанавливается в тахеометр для копирования в системную RAM.

- Карта CompactFlash вставляется в соответствующий слот компьютера или в устройство чтения карт OMNI, ПО копируется на карту, после чего с этой карты ПО переносится в системную RAM тахеометра.

Данные хранятся в базе данных проектов в выделенном месте устройства памяти, которым может служить карта CompactFlash или внутренняя память (при ее наличии).

Гнездо для карты CompactFlash является стандартным. CF-карту можно вставлять в гнездо и извлекать из него. Имеются карты различного объема памяти.

Отключение соединительных кабелей или извлечение карты CompactFlash во время измерений может привести к потере данных. Всегда необходимо пользоваться главным меню TPS1200 для операции извлечения карты CF-карты и выключения тахеометра до отсоединения подключенных к нему кабелей.

Экспорт данных

Данные могут экспортироваться из проектов в различных ASCII-форматах. Формат экспорта определяется в Менеджере форматов системы Leica Geo Office. Рекомендуется воспользоваться системой интерактивной помощи LGO для получения дополнительной информации о форматах файлов для экспорта.

Импорт данных

Данные могут импортироваться в форматах ASCII, DXF, GSI8 или GSI16.

Обмен необработанными данными между картой CompactFlash, внутренней памятью тахеометра и программой LGO может выполняться следующими способами.

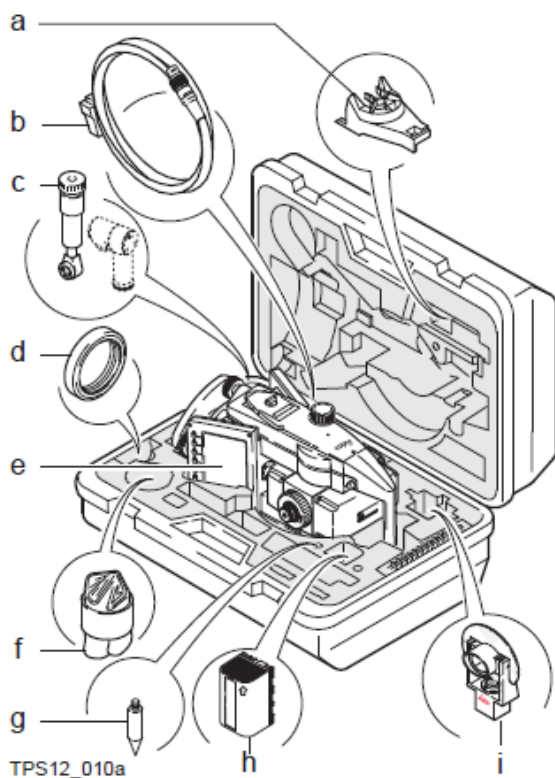
- С карты CompactFlash или из внутренней памяти инструмента через последовательный порт компьютера – в проект системы LGO.

- С карты CompactFlash при помощи устройства чтения карт, например OMNI, который поставляется Leica Geosystems, на компьютер – в проект системы LGO.

Накопитель OMNI Leica Geosystems предназначен для переноса данных с PC-карты. Для других устройств чтения и записи PC-карт может потребоваться специальный адаптер.

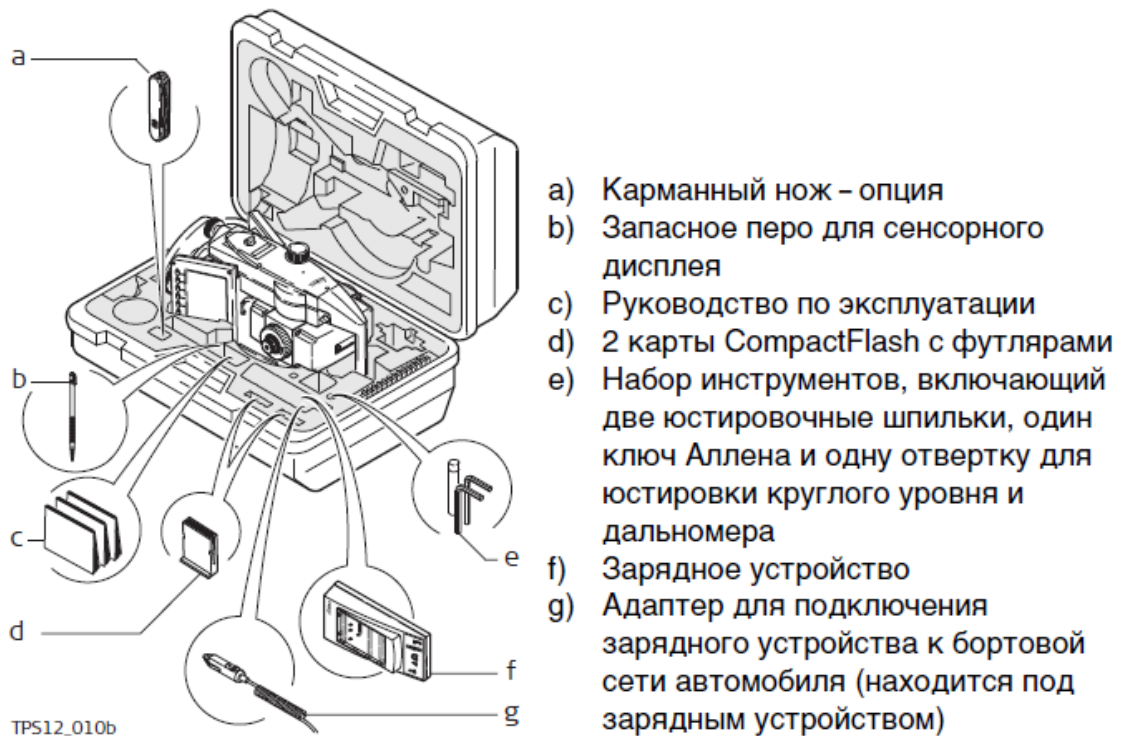
4.6. Комплектация

Электронные тахеометры Leica имеют следующий набор принадлежностей (рис. 4.2, а, б):



- a) Скоба под трегер для измерения высоты инструмента
- b) Кабель GEV102 для передачи данных
- c) Диагональная насадка на окуляр GFZ3 или насадка GOK6 (для наблюдений при больших углах наклона трубы) – опции
- d) Противовес для насадок на окуляр – опция
- e) Тахеометр со стандартной транспортировочной ручкой или с RadioHandle, перо для сенсорного дисплея и трегер
- f) Чехол для инструмента и бленда объектива
- g) Наконечник для мини-призмы
- h) Внутренний аккумулятор: GEB221
- i) Мини-призма и держатель

a



б

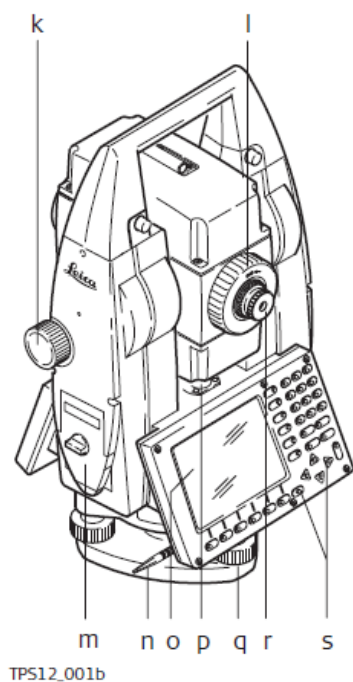
Рис. 4.2, а, б. Комплектация тахеометров Leica

4.7. Компоненты

Электронные тахеометры Leica имеют следующие компоненты (рис. 4.3).



а



- k) Микрометренный винт вертикального круга
- l) Фокусировочное кольцо
- m) Батарейный отсек
- n) Перо для сенсорного дисплея
- o) Дисплей
- p) Круглый уровень
- q) Подъемный винт трегера
- r) Сменный окуляр
- s) Клавиатура

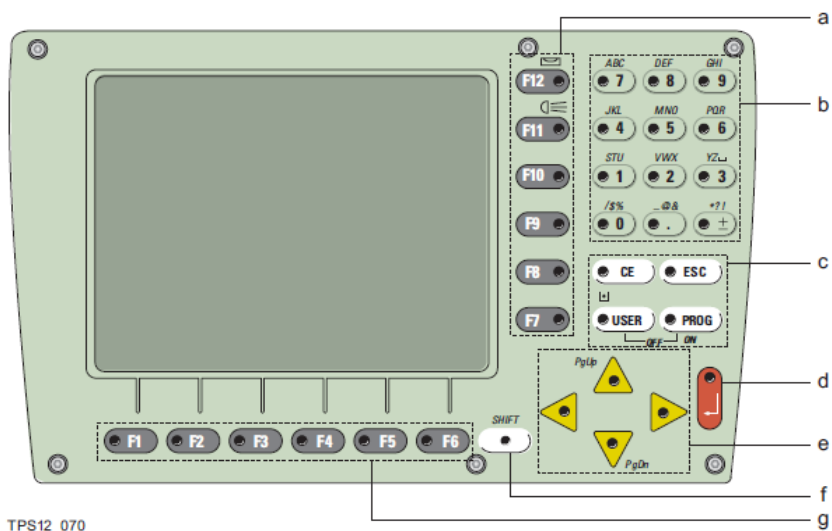
б

Рис. 4.3, а, б. Компоненты тахеометров Leica

4.8. Функционал пользовательского интерфейса

4.8.1. Клавиатура

Общий вид клавиатуры представлен на рис. 4.4.



- a) Кнопки F7-F12
- b) Алфавитно-цифровые кнопки
- c) CE, ESC, USER, PROG
- d) ENTER
- e) Стрелочные кнопки
- f) SHIFT
- g) Функциональные кнопки F1-F6

Рис. 4.4. Общий вид клавиатуры тахеометров Leica

Назначение кнопок на клавиатуре тахеометров Leica

Кнопки	Назначение
Кнопки быстрого доступа F7-F12	<ul style="list-style-type: none"> • Определяемые пользователем кнопки для запуска конкретных команд или открытия нужных окон.
Алфавитно-цифровые кнопки	<ul style="list-style-type: none"> • Служат для ввода цифр и символов.
CE	<ul style="list-style-type: none"> • Очистка всего поля с введенной пользователем информацией. • Удаление последнего введенного пользователем символа.
ESC	<ul style="list-style-type: none"> • Выход из открытого на данный момент окна или меню без сохранения сделанных изменений.
USER	<ul style="list-style-type: none"> • Вызов пользовательского меню.
PROG (ON)	<ul style="list-style-type: none"> • Служит для включения тахеометра. • При включенном инструменте эта кнопка используется для выбора нужной прикладной программы.
ENTER	<ul style="list-style-type: none"> • Выбор выделенной на дисплее строки и переход в соответствующее окно или меню. • Запуск редактирования полей для ввода информации. • Открытие списков выбора.
SHIFT	<ul style="list-style-type: none"> • Переключение между первым и вторым уровнями функциональных кнопок.
Стрелочные кнопки	<ul style="list-style-type: none"> • Служат для перемещения фокуса по дисплею.
Функциональные кнопки F1-F6	<ul style="list-style-type: none"> • Эти кнопки соответствуют шести дисплейным клавишам, которые выводятся в нижнюю часть дисплея при открытии окна.
PROG + USER	Выключение тахеометра.
SHIFT F12	Вызов меню СТАТУС Уровень и лазерный отвес.
SHIFT F11	Вызов из меню Настройка... Подсветка, Дисплей, Бипы, Текст страницы Подсв..
SHIFT USER	Вызов меню УСК.УСТАН. / Изменить настройки на:.
SHIFT ▲	Пролистывание страниц вверх.
SHIFT ▼	Пролистывание страниц вниз.

4.8.2. Дисплей

Общий вид дисплея представлен на рис. 4.5.

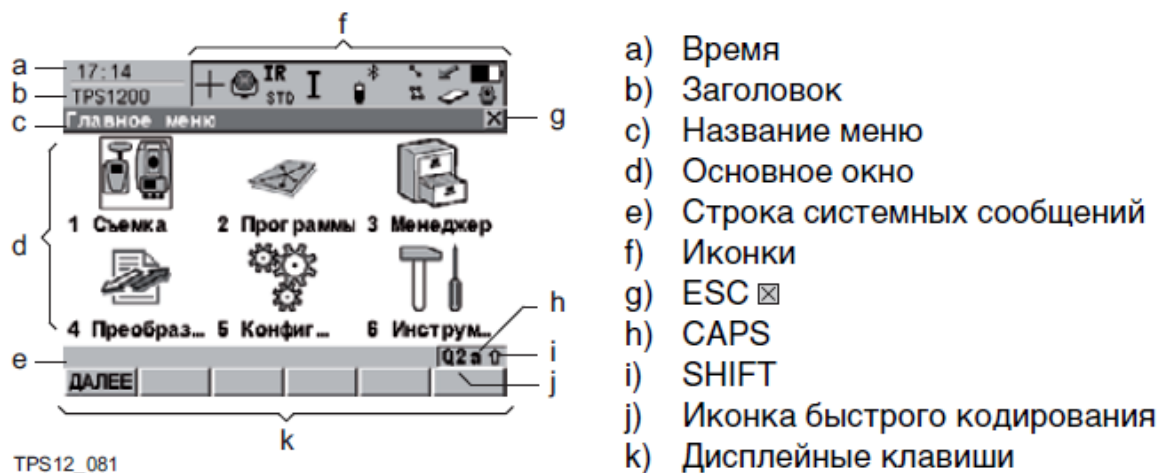


Рис. 4.5. Общий вид дисплея тахеометров Leica

Описание элементов дисплея

Элемент	Описание
Время	Текущее местное время.
Заголовок	Индикация открытого раздела Главное меню после нажатия на PROG или USER .
Название меню	Индикация открытого раздела меню.
Основное окно	Это рабочая область окна.
Строка системных сообщений	Здесь в течение 10 секунд выводятся сообщения системы.
Иконки	Эти иконки позволяют судить о текущем статусе инструмента. Более подробная информация о них приведена в разделе "2.4 Иконки". Эта дисплейная кнопка доступна только на сенсорных дисплеях.
ESC ☒	Эта дисплейная кнопка доступна только на сенсорных дисплеях. Она выполняет те же функции, что и кнопка ESC клавиатуры. Отмена последнего действия пользователя.
CAPS	Эта кнопка служит для перехода к верхнему регистру клавиатуры. В некоторых окнах переключение регистра возможно с помощью кнопок ВЕРХН (F5) и НИЖН (F5) .
Иконка SHIFT	Эта иконка показывает статус кнопки SHIFT для того, чтобы выбирать первый или второй уровень дисплейных кнопок. Такая возможность доступна только на сенсорном дисплее, при этом они выполняют те же функции, что и кнопка SHIFT .

Элемент	Описание
Иконка быстрого кодирования	Индикация включения функции быстрого кодирования. На нее можно нажимать для включения и отключения функции для отмены быстрого кодирования только на сенсорном дисплее.
Дисплейные клавиши	Эти клавиши (F1-F6) позволяют запускать нужные программы. Прописанные под эти клавиши функции зависят от конкретного приложения. Они напрямую доступны только на сенсорном дисплее.
Полоса прокрутки	С ее помощью можно пролистывать содержимое окна вверх и вниз.

4.8.3. Принципы работы в интерфейсе

Пользовательским интерфейсом можно пользоваться как с помощью клавиатуры, так и сенсорного дисплея, оснащенного специальным пером.


Принципы работы с клавиатурой и сенсорным дисплеем одни и те же, за исключением процедур выбора и ввода информации.

Основные операции при работе в интерфейсе тахеометров Leica представлены в схемах.

Включение инструмента

Нажмите на кнопку **PROG** пару секунд.

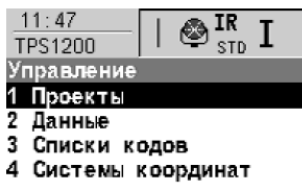
Выключение инструмента

Шаг	Действия
	Тахеометр можно выключать только из окна TPS1200 Главное меню .
1	Нажмите одновременно и удерживайте нажатыми кнопки USER и PROG .
2	Нажмите ДА (F6) для выключения или на НЕТ (F4) для отмены выключения.

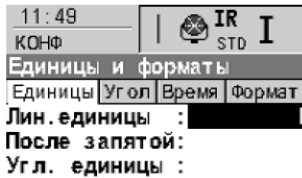
Блокировка и разблокировка клавиатуры

Назначение	Действия
Блокировка	Для того, чтобы заблокировать клавиатуру, нажмите на SHIFT в течение 3 секунд. На дисплее появится сообщение 'Клавиатура заблокирована'.
Разблокировка	Для разблокирования клавиатуры нажмите на SHIFT в течение 3 секунд. На дисплее появится сообщение 'Клавиатура разблокирована'.


Выбор из меню

Индикация	Действия
	<p>Для выбора раздела меню имеется несколько способов:</p> <p>Наведите указатель на нужный раздел. Нажмите на ENTER или ДАЛЕЕ (F1).</p> <p>или</p> <p>Введите полный номер, указанный перед нужным разделом. Нажатие ENTER или ДАЛЕЕ (F1) при этом не требуется.</p> <p>или</p> <p>Нажмите пером на нужный раздел.</p>


Выбор страницы

Индикация	Действия
	<p>Для выбора страницы нажмите на:</p> <p style="text-align: center;">СТР. (F6).</p> <p>или</p> <p>Нажмите пером на название нужной закладки.</p>

Редактирование величин в полях ввода

Индикация	Действия
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выделите нужное поле ввода. 2. Введите цифры или буквы для перезаписи содержимого этого поля. 3. Нажмите на ENTER или на область вне поля ввода.

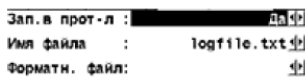
Редактирование отдельных символов в поле ввода

Индикация	Действия
	<p>Символы можно вставлять или заменять новыми. Действия в обоих этих случаях одинаковы.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выделите нужное поле ввода. 2. Нажмите на кнопку ENTER клавиатуры. Будет активизирован режим редактирования с возможностью ввода новых символов и перезаписи прежних. 3. На сенсорном дисплее можно просто нажимать пером на символы, которые нужно изменить. 4. Введите нужный символ. 5. Нажмите на ENTER или на область вне поля ввода.

Вид и выбор из списка



Списки выбора могут иметь разную форму.

Закрытый список выбора

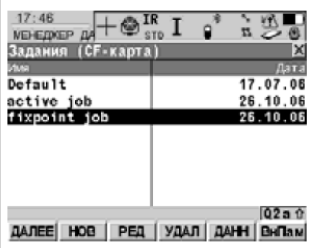

Индикация	Описание	Действия
	<p>Треугольник справа означает наличие дополнительных опций.</p>	<p>Используйте клавиши ◀ ▶ для передвижения по списку или нажимайте на треугольник.</p>

Нажмите на кнопку **ENTER** или пером на нужный раздел для доступа к списку выбора. Список выбора может открываться в виде простого или полного диалогового окна.

Простой список

Индикация	Описание	Действия
	<ul style="list-style-type: none"> Список выбора предоставляет разделы для выбора нужного. При необходимости можно вывести окошко поиска. При необходимости можно вывести на экран линейку скроллинга. 	<ul style="list-style-type: none"> Выделите нужный раздел и нажмите на ENTER. Для выхода без выполнения каких-либо действий, нажмите на ESC или на , либо нажмите пером вне окошка.

Диалоговое окно со списком

Индикация	Описание	Действия
	<ul style="list-style-type: none"> Список выбора займет весь экран. Выводится поле для поиска. При необходимости можно вывести на экран линейку скроллинга. Доступны функции добавления, редактирования и удаления строк. Более подробные сведения о диалоговых окнах со списками выбора приведены в соответствующих разделах различных руководств. 	<ul style="list-style-type: none"> Выберите нужный раздел и нажмите на ДАЛЕЕ (F1). Для выхода без выполнения каких-либо действий нажмите на ESC или на .

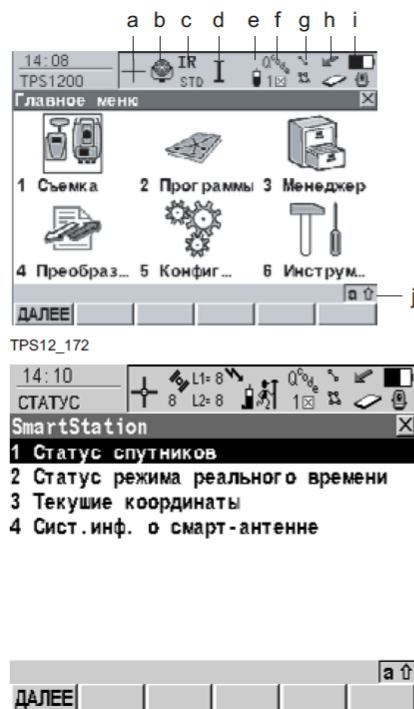
Ввод специальных символов

Шаг	Действия
1	Выделите нужное поле ввода.
2	Нажмите на кнопку ENTER клавиатуры.
3	Используйте стрелочные кнопки для выбора нужного набора символов.
4	Нажмите на функциональную кнопку, соответствующую нужному набору символов.
5	Нажмите на кнопку, соответствующую нужному символу.
6	Повторяйте шаги 4. и 5. для ввода символов из того же набора.
7	ENTER .

4.8.4. Иконки на дисплее

Иконки на дисплее индицируют текущий статус работы инструмента. Общий вид иконок представлен на рис. 4.6.

Положение иконок на экране



- a) ATR/LOCK/PS
- b) Отражатель
- c) EDM
- d) Компенсатор/КЛ/КП (I/ II)
- e) RCS
- f) Bluetooth
- g) Линия/Полигон
- h) Флэш-карта/Внутренняя память
- i) Аккумулятор
- j) **SHIFT**
- k) Быстрое кодирование
- a) Статус GNSS-позиционирования
- b) Число доступных спутников
- c) Число используемых спутников
- d) Устройство режима реального времени и статус этого режима, статус Интернет-соединения
- e) Режим позиционирования
- f) Bluetooth
- g) Линия/Полигон
- h) Флэш-карта/Внутренняя память
- i) Аккумулятор
- j) **SHIFT**
- k) Быстрое кодирование

Рис. 4.6. Общий вид иконок на дисплее тахеометров Leica

Описание каждой иконки на дисплее


Специальные иконки для TPS

Иконка	Описание
ATR/LOCK/PS	Текущие настройки режимов ATR/LOCK/PS автоматического распознавания цели, ее поиска и захвата.
Отражатель	Тип используемого в данное время отражателя.
EDM	Текущие настройки дальномера.
Иконка	Описание
Компенсатор/КЛ/КП (I/ II)	Индикация того, что компенсатор выключен или вышел за рабочие пределы, либо текущего положения вертикального круга (I или II).
RCS	Настройки RCS.

Специальные иконки для GPS

Иконка	Описание
Статус GNSS-позиционирования	Индикация текущего статуса определения местоположения. Появление этой иконки на дисплее означает, что GPS приемник начал прием сигналов.

Специальные иконки для GPS

Иконка	Описание
Число доступных спутников	Здесь показывается количество теоретически доступных спутников (по альманаху) над заданным по углу над горизонтом уровнем.
Число используемых спутников	<p>Это количество спутников, которые включены в получение решения.</p> <p> Количество используемых спутников может отличаться от числа доступных. Это объясняется тем, что сигналы с некоторых из доступных спутников имеют слишком высокий уровень шума для использования их в получении решения.</p>
Устройство режима реального времени и статус этого режима	Здесь показывается сконфигурированное для режима реального времени устройство и его статус.
Статус Интернет-соединения	Приемник подключен к Интернету.
Режим позиционирования	Индикация установленного на данный момент режима позиционирования.

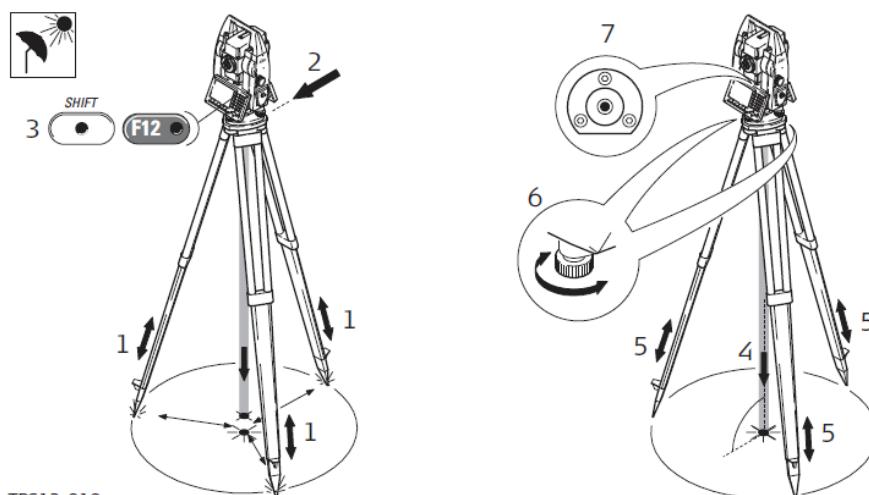
Иконки общего назначения

Иконка	Описание
Bluetooth	Статус всех портов Bluetooth и Bluetooth-соединений.
Линия/Полигон	Количество линейных и площадных объектов из активного проекта, открытых в настоящее время.
Флэш-карта/Внутренняя память	<p>Состояние флэш-карты и внутренней памяти (при ее наличии).</p> <ul style="list-style-type: none"> Для флэш-карты занятое информацией место показывается по семи уровням. При наличии встроенной памяти занятое данными место индицируется по девяти уровням.
Аккумулятор	Текущий статус и заряд аккумулятора. Уровень зарядки показывается в процентах и графически для всех подключенных аккумуляторов. При подключении внешнего аккумулятора внутренний источник питания используется до полной разрядки, после чего питание автоматически переключается на внешний аккумулятор.
SHIFT	Статус клавиши SHIFT .
Быстрое кодирование	Индикация включения функции быстрого кодирования. На нее можно нажимать для включения и отключения этой функции только на сенсорном дисплее.

4.9. Правила работы с тахеометром

4.9.1. Установка тахеометра

При установке тахеометра необходимо провести следующие действия.



TPS12_019

Шаг	Действия
	Защитите тахеометр от прямых солнечных лучей во избежание общего перегрева и одностороннего нагрева.
1	Выдвиньте ножки штатива на удобную для вас длину. Установите штатив в более-менее центрированное положение над твердой точкой.
2	Установите на штатив тахеометр с трегером в надежном положении.
3	Нажмите на PROG и удерживайте эту кнопку нажатой пару секунд для включения тахеометра. Нажмите на SHIFT (F12) для открытия меню СТАТУС Уровень и Лазерный отвес и включения лазерного отвеса.
4	Изменяя положение ножек штатива (1) и вращая подъемные винты (6), наведите пятно лазерного отвеса (4) на твердую точку.
5	Работая с ножками штатива, приведите в нульпункт круглый уровень (7).
6	Вращением подъемных винтов (6) точно отnivelлируйте тахеометр по электронному уровню.
7	Точно отцентрируйте тахеометр над точкой (4), передвигая трегер по головке штатива (2).
8	Повторяйте шаги 6 и 7 до достижения точного центрирования и горизонтирования тахеометра.

4.9.2. Запуск приложений для съемки

Для запуска приложений для съемки тахеометром требуется выполнение следующих шагов:

Запуск

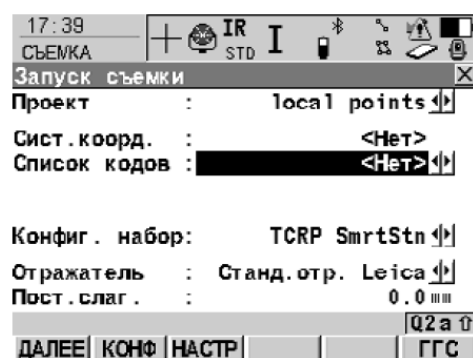
Откройте **Главное меню: Съемка**.

или

Нажмите на **PROG** и выберите **Съемка, ДАЛЕЕ (F1)**.

СЪЕМКА

Запуск съемки



ДАЛЕЕ (F1)

Служит для подтверждения внесенных изменений и перехода в следующее окно. Все выбранные параметры станут активными.

Нажмите на **КОНФ (F2)**

для открытия окна **СЪЕМКА Конфигурация**.

НАСТР (F3)

открывает окно **НАСТР Настройка станции** для установки и ориентирования тахеометра.

Кнопка **ГГС (F6)**

служит для выбора системы координат.

Описание строк

Строка	Назначение	Описание
<Проект:>	Список выбора	Имя активного проекта. В меню Главное меню: Менеджер\Проекты можно выбрать любой из имеющихся проектов.
<Сист. координат:>	Вывод	Система координат, связанная на данный момент с выбранным проектом.
<Список кодов:>	Список выбора	Если в выбранном проекте нет ни одного списка кодов, то в пункте Главное меню: Менеджер\Списки кодов можно выбрать любой из предлагаемых списков кодов.
	Вывод	Если коды уже имеются в выбранном проекте, то в том случае, когда эти коды были скопированы из списка кодов системной RAM, будет показано имя этого списка кодов. Если же коды не были считаны из списка кодов системной RAM, а введены вручную, то будет показано имя активного проекта.

Строка	Назначение	Описание
<Наборы настроек:>	Список выбора	Имя активного набора настроек. Все конфигурационные наборы из Главное меню: Менеджер\Наборы настроек доступны для выбора. Тахеометр имеет целый ряд доступных для конфигурирования пользователем параметров и функций. Это позволяет выполнять различные настройки по индивидуальным предпочтениям. Индивидуально настроенные параметры и функции объединяются в конфигурационные наборы (наборы настроек).
<Отражатели:>	Список выбора	Активный на данный момент отражатель. Любой отражатель из списка, показанного в окне Главное меню: Менеджер\Отражатели , можно задать как активный.
<Пост. слаг.:>	Вывод	Значения постоянного слагаемого для всех отражателей из списка.

Нажмите на **ДАЛЕЕ (F1)** для доступа в окно **СЪЕМКА Запуск съемки:**

Проект и выбора проекта, для которого будут выполняться измерения. После этого нажмите на **ВСЕ (F1)**, либо на **РАССТ (F2)**, либо на **ЗАП (F3)**.

4.9.3. Требования к технологии проведения съемочных работ

Очень короткие расстояния могут измеряться без использования отражателя до поверхностей с хорошей отражательной способностью. Необходимо учитывать, что при измерениях на отражатель в расстояния вводится постоянное слагаемое, заданное для активного отражателя.

На надежность измерений, проводимых с помощью красного лазера, может влиять наличие различных объектов, расположенных на пути распространения лазерного луча. Это объясняется тем, что при безотражательных измерениях фиксируется первый отраженный сигнал, достаточный по своей интенсивности для вычисления расстояния.

Например, нужно измерить расстояние до полотна шоссе. Во время измерений по нему проезжает автомобиль, а кнопка **РАССТ (F2)** или **ВСЕ (F1)** была уже нажата, поэтому результатом

измерения может стать расстояние до борта этой машины. Таким образом, будет измерено расстояние до автомобиля, а не до полотна шоссе (рис. 4.7).

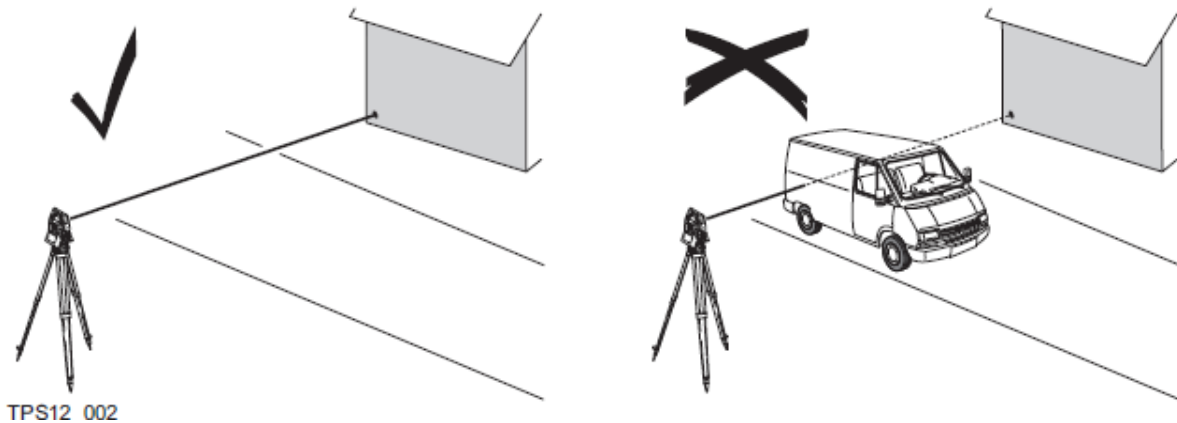


Рис. 4.7. Пример ошибки при безотражательных измерениях

При использовании красного лазера для измерения больших дальностей на отражатель появление какого-либо объекта на расстоянии до 30 метров от положения тахеометра после нажатия на кнопку **РАССТ (F2)**, **ВСЕ** или **(F1)** результат может оказаться ошибочным из-за высокой интенсивности лазерного сигнала.

По требованиям техники безопасности при использовании лазеров и для обеспечения точности режим измерений больших дальностей разрешается применять только на отражатели, установленные на расстоянии более 1000 метров от тахеометра. Точные измерения на отражатели должны выполняться только в режиме IR.

После запуска дальномер будет выполнять измерения до ближайшего объекта, расположенного в данный момент на пути распространения лазерного луча. При наличии временных препятствий на пути лазерного луча (таких как проезжающий автомобиль, завеса сильного дождя, плотный туман или сильный снегопад) результатом измерений может стать расстояние до таких препятствий.

Не следует одновременно выполнять измерения двумя тахеометрами одного и того же объекта, поскольку это может привести к смешиванию отраженных сигналов.

Тахеометры, оборудованные системой ATR, обеспечивают автоматическое измерение углов и дальностей на отражатели. Наведение на призмы отражателя выполняется по оптической оси зрительной

трубы. После запуска линейных измерений тахеометр будет автоматически наведен на центр отражателя. Измерение вертикальных и горизонтальных углов, а также расстояний будет выполнено до центра отражателя. Режим захвата цели (Lock) позволяет тахеометру автоматически следить за перемещениями отражателя.

Как и все инструментальные погрешности, коллимационная ошибка системы АТР должна периодически поверяться и юстироваться.

Если процесс измерений запущен в момент, когда отражатель перемещался, может появиться неоднозначность в результатах измерения углов и дальностей, что способно привести к получению недостаточно точных результатов.

В случаях, когда положение отражателя изменяется слишком быстро, система слежения может потерять его. Старайтесь соблюдать пределы скорости движения отражателя, указанные в технических характеристиках тахеометра.

4.9.4. Поверки и юстировки

Инструменты Leica разрабатываются, производятся и юстируются для обеспечения наивысшего качества измерений. Однако резкие перепады температуры, сотрясения и удары способны вызвать изменения юстировок и понизить точность измерений.

По этой причине настоятельно рекомендуется периодически выполнять поверки и юстировки. Их можно выполнять в полевых условиях. Эти процедуры сопровождаются подробными инструкциями, которым нужно неукоснительно следовать. Некоторые инструментальные погрешности могут юстироваться механическим путем.

Перечисленные ниже инструментальные погрешности можно поверять и юстировать с помощью электроники:

l, t	Продольная и поперечная погрешности индекса компенсатора
i	Место нуля
c	Коллимационная ошибка
a	Погрешность положения оси вращения трубы
ATR	Погрешность индекса АТР по горизонтали и вертикали (опция)

Если компенсатор и система поправок в горизонтальные углы активны в текущих настройках тахеометра, то все измеренные углы

будут автоматически корректироваться. Выберите **Главное меню: Конфиг...\Настройки инструмента...\Компенсатор** для просмотра текущих настроек.

Просмотр текущих значений инструментальных погрешностей можно посмотреть через Главное меню: **Инструм...\ Поверки и юстировки**.

Механически можно юстировать:



Круглый уровень инструмента и трегера
Красный лазер видимого диапазона для безотражательных измерений (опция)
Лазерный отвес
Оптический отвес (опция)
Винты Аллена на штативе



Круглый уровень инструмента и трегера
Лазерный отвес
Оптический отвес (опция)
• Винты Аллена на штативе

Правила обеспечения высокой точности полевых измерений

- Периодически поверять и юстировать тахеометр.
- При проведении поверок необходимо выполнять измерения с максимальной точностью.

- Выполнять измерения при двух положениях вертикального круга, поскольку многие инструментальные погрешности компенсируются при осреднении результатов, полученных при двух кругах.

Перед выпуском тахеометра инструментальные погрешности определяются и приводятся к нулю в заводских условиях. Как уже отмечалось, значения этих погрешностей изменяются во времени, поэтому настоятельно рекомендуется заново определять их в следующих ситуациях:

- перед первым выходом в поле;
- перед выполнением работ особо высокой точности;
- после трудной или длительной транспортировки;
- после длительного периода полевых работ;
- после долгого хранения;
- если окружающая температура и температура, при которой проводилась последняя калибровка, различаются более чем на 20 °С.

Погрешности, юстируемые электроникой

Инструментальная погрешность	Гориз. углы	Верт. углы	Исключается при измерениях при двух кругах	Автоматически компенсируется при должной юстировке
с - Коллимационная ошибка	✓	---	✓	✓
а - Наклон оси вращения трубы	✓	---	✓	✓
l - Продольная ошибка индекса компенсатора	---	✓	✓	✓
t - Поперечная ошибка индекса компенсатора	✓	---	✓	✓
i - Место нуля	---	✓	✓	✓
Коллимационная ошибка ATR	✓	✓	---	✓

4.10. Правила транспортировки

Способы переноски тахеометра в полевых условиях:

- в своем контейнере;
- или на штативе в вертикальном положении.

При перевозке в автомобиле контейнер с тахеометром должен быть надежно зафиксирован во избежание воздействия ударов и вибрации. Обязательно используйте контейнер для перевозки и надежно закрепляйте его на борту.

При транспортировке по железной дороге, на судах или самолетах обязательно используйте полный комплект Leica Geosystems для упаковки и транспортировки либо аналогичные средства для защиты тахеометра от ударов и вибрации.

При транспортировке или перевозке аккумуляторов лицо, ответственное за тахеометр, должно убедиться, что при этом соблюдаются все национальные и международные требования к таким операциям. Перед транспортировкой рекомендуется связаться с представителями компании, которая будет этим заниматься.

4.11. Технические характеристики тахеометра

4.11.1. Угловые измерения

Точность угловых измерений

Модель	Стандартное отклонение измерения горизонтальных и вертикальных углов по ISO 17123-3		Последний знак на дисплее	
	["]	[мград]	["]	[мград]
1201	1	0.3	0.1	0.1
1202	2	0.6	0.1	0.1
1203	3	1.0	0.1	0.5
1205	5	1.5	0.1	0.5

Характеристики угловых измерений: абсолютные, непрерывные, при двух кругах.

4.11.2. Измерение расстояний до отражателей (режим IR)

Диапазон измерений расстояния

Отражатель	В условиях А		В условиях В		В условиях С	
	[м]	[фут]	[м]	[фут]	[м]	[фут]
Стандартная призма	1800 4500 ¹⁾	6000 14700 ¹⁾	3000 8000 ¹⁾	10000 26200 ¹⁾	3500 >8000 ¹⁾	12000 >26200 ¹⁾
Триплекс из трех призм	2300	7500	4500	14700	5400	17700
Призма 360°	800	2600	1500	5000	2000	7000
360° Мини-призма	450	1500	800	2600	1000	3300
Мини-призма	800	2600	1200	4000	2000	7000
Отраж. полоска 60 x 60 мм	150	500	250	800	250	800

Наименьшее измеряемое расстояние 1.5 м
5.0 м ¹⁾

- ¹⁾ Эти данные относятся к ТСА1201М, автоматизированному электронному тахеометру для измерения больших дальностей и мониторинга на больших расстояниях.

Атмосферные условия:

А – Плотная дымка, видимость до 5 км; либо сильная освещенность и значительные колебания воздуха;

В – Легкая дымка, видимость порядка 20 км; средняя освещенность, слабые колебания воздуха;

С – Пасмурная погода, отсутствие дымки, видимость до 40 км; отсутствие колебаний воздуха.

Измерения расстояний могут проводиться до отражающих полосок в пределах всего диапазона дальности без необходимости в дополнительной оптике.

Точность измерений

(параметры указаны для измерений на стандартную призму)

Программа измерений	Стандартное отклонение, ISO 17123-4, стандартная призма	Стандартное отклонение, ISO 17123-4, отражающая полоска	Обычное время измерения [сек]
Стандартная	2 мм + 2 ppm	5 мм + 2 ppm	1.5
Быстрая	5 мм + 2 ppm	5 мм + 2 ppm	0.8
Слежение	5 мм + 2 ppm	5 мм + 2 ppm	< 0.15
Осреднение	2 мм + 2 ppm	5 мм + 2 ppm	-

Препятствия на пути распространения луча, сильные колебания воздуха и движущиеся объекты могут ухудшить указанные выше параметры точности. Результаты выводятся на дисплей до 0,1 мм.

Характеристики измерений расстояний



Принцип: Фазовые измерения
 Тип: Коаксиальный, инфракрасный лазер класса 1
 Длина волны несущей: 780 нм
 Измерительная система: Специальная частотная система на базе 100 МГц \cong 1.5 м



Принцип: Фазовые измерения
 Тип: Коаксиальный, красный лазер видимого диапазона, класс 1R
 Длина волны несущей: 660 нм
 Измерительная система: Системный анализатор на основе 100 MHz - 150 MHz

4.11.3. Измерение расстояний без применения отражателей (режим RL)

Диапазон измерений

Тип	Полутоновой эталон Kodak	В условиях D		В условиях E		В условиях F	
		[м]	[фут]	[м]	[фут]	[м]	[фут]
R100	Белая сторона, отр.способность 90%	140	460	170	560	>170	>560
R100	Серая сторона, отр.способность 18%	70	230	100	330	>100	>330
R300	Белая сторона, отр.способность 90%	300	990	500	1640	>500	>1640
R300	Серая сторона, отр.способность 18%	200	660	300	990	>300	>990

Диапазон измерений:

от 1.5 м до 760 м

Вывод на дисплей:

до 760 м

Атмосферные условия:

D – ярко освещенные объекты, сильные колебания воздуха;

E – объекты в тени, пасмурная погода;

F – в подземных условиях, ночью и в сумерки.

Точность измерений

Стандартные измерения	Стандартное отклонение, по ISO 17123-4	Обычное время измерений [сек]	Максимальное время измерений [сек]
Безотражательные 1.5 - 500 м	3 мм + 2 ppm	3 - 6	12
Безотражательные >500 м	5 мм + 2 ppm	3 - 6	12

Объекты в тени, при пасмурном небе.

Препятствия на пути распространения луча, сильные колебания воздуха и движущиеся объекты могут ухудшить указанные выше параметры точности.

Результаты выводятся на дисплей до 0.1 мм.

Характеристики измерений расстояний:



Измерительная система R100: Специальная частотная система на базе 100 МГц \cong 1.5 м
 Измерительная система R300: Системный анализатор на основе 100 МГц - 150 МГц
 Тип: Коаксиальный, красный лазер видимого диапазона, класс 3R
 Длина волны несущей: 670 нм



Измерительная система: Системный анализатор на основе 100 МГц - 150 МГц
 Тип: Коаксиальный, красный лазер видимого диапазона, класс 3R
 Длина волны несущей: 660 нм

Размеры лазерного пятна

Расстояние [м]	Примерные размеры лазерного пятна [мм]
20	7 x 14
100	12 x 40
200	25 x 80
300	36 x 120
400	48 x 160
500	60 x 200

4.11.4. Измерение расстояний – большие дальности (LO)

Диапазон измерений (одинаков для дальномеров R100 и R300)

Отражатель	В условиях А		В условиях В		В условиях С	
	[м]	[фут]	[м]	[фут]	[м]	[фут]
Стандартная призма	2200	7300	7500	24600	>10000	>32800

Дальность измерений на призму: Более 1000 м
 Вывод на дисплей: До 12000 м

Атмосферные условия:

А – плотная дымка, видимость до 5 км; либо сильная освещенность и значительные колебания воздуха;

В – легкая дымка, видимость порядка 20 км; средняя освещенность, слабые колебания воздуха;

С – пасмурная погода, отсутствие дымки, видимость до 40 км; отсутствие колебаний воздуха.

Точность измерений

Стандартные измерения	Стандартное отклонение, по ISO 17123-4	Обычное время измерений [сек]	Максимальное время измерений [сек]
Большие дальности	5 мм + 2 ppm	2.5	12

Препятствия на пути распространения луча, сильные колебания воздуха и движущиеся объекты могут ухудшить указанные выше параметры точности. Результаты выводятся на дисплей до 0.1 мм.

Характеристики измерений расстояний



Принцип:

Фазовые измерения

Тип:

Коаксиальный, красный лазер видимого диапазона, класс 3R

Длина волны несущей:

670 нм



Принцип:

Фазовые измерения

Тип:

Коаксиальный, красный лазер видимого диапазона, класс 3R

Длина волны несущей:

660 нм

4.11.5. Автоматическое распознавание отражателя (ATR)

Диапазон расстояний для режимов ATR и LOCK

Отражатель	Дальности в режиме ATR		Дальности в режиме Lock2)	
	[м]	[фут]	[м]	[фут]
Стандартная призма	1000	3300	800	2600
Призма 360°	600	2000	500	1600
360° Мини-призма	350	1150	300	1000
Мини-призма	500	1600	400	1300
Отраж. полоска 60 x 60 мм	55	175	невозможно	

²⁾ Активизация режима захвата цели (Lock) и работа в этом режиме не рекомендуется для тахеометра TCA1201M.

Минимальные расстояния измерений:

Призма 360° – ATR: 1,5 м;

Призма 360° – LOCK: 5 м.

Точность измерений

Точность, с которой в режиме (ATR) определяется положение отражателя, зависит от нескольких факторов: собственной точности устройства ATR, угловой точности инструмента, типа отражателя, режима измерений и условий наблюдений. Точность самого ATR характеризуется величиной ± 2 мм. Начиная с некоторых расстояний, в ошибке измерений начинает превалировать погрешность угловых измерений, превышающая точность работы устройства ATR.

Ниже приведены значения стандартного отклонения ATR для двух разных типов отражателей, величин расстояний и инструментальной точности:

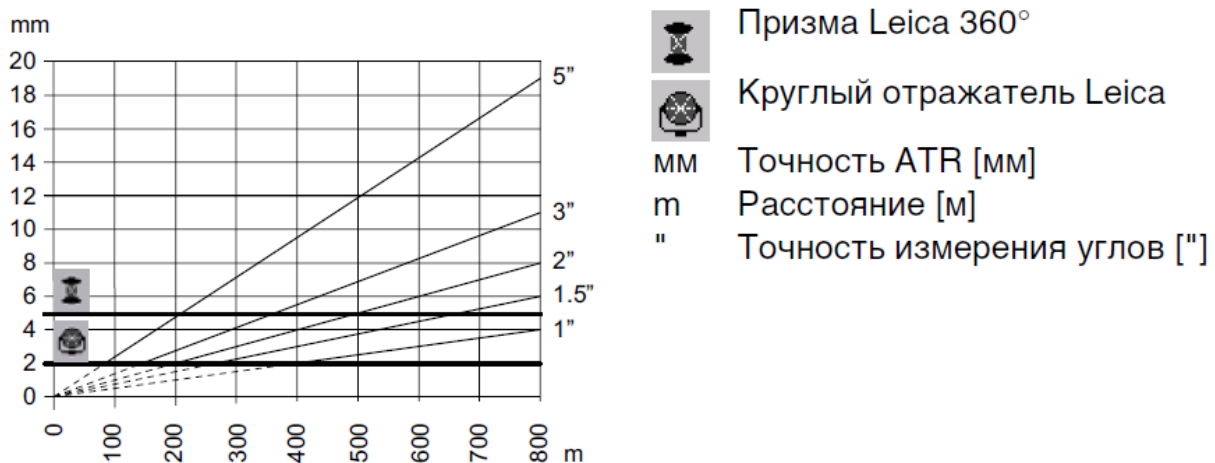


Рис. 4.8. График зависимости значения стандартного отклонения ATR от типа отражателя, величины расстояния и инструментальной точности

Максимальная скорость движения отражателя для его захвата (режим LOCK)

Максимальная тангенциальная скорость 5 м/сек на 20 м;
25 м/сек на 100 м

Максимальная радиальная скорость в <Режим слежения> 4 м/сек

Поиск

Обычное время поиска в поле зрения 3 сек

Поле зрения 1°30'/1, 66°

Возможность настройки поискового окна да

Характеристики

Принцип Цифровая обработка изображений

Тип Инфракрасный лазер класса 1

4.11.6. Расширенный поиск отражателя (PowerSearch – PS)

Диапазон расширенного поиска

Отражатель	Диапазон расширенного поиска (PS)	
	[м]	[фут]
Стандартная призма	200	650
Призма 360°	200*	650*
Мини-призма	100	330

*При оптимальной ориентировке отражателя относительно тахеометра. При работе вблизи вертикальных пределов "веера" или в неблагоприятных атмосферных условиях максимальное расстояние может быть меньшим.

Минимальные расстояния

Призма 360° 5 м

Поиск

Обычное время поиска <10 сек

Область поиска по умолчанию Hz: 400°, V: 40°

Возможность настройки поискового окна да

Характеристики

Принцип Цифровая обработка изображений

Тип Инфракрасный лазер класса 1

4.12. Основные функциональные операции

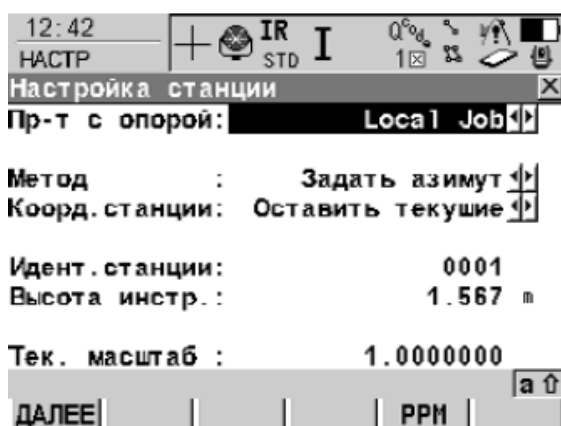
4.12.1. Установка прибора

Основные операции, необходимые для установки тахеометров Leica

Шаг	Описание
1	PROG. С помощью клавиши PROG осуществляется вход в меню TPS1200 Программы.
2	Выберите пункт Установка и нажмите ДАЛЕЕ (F1).
3	Нажмите кнопку ДАЛЕЕ (F1) для перехода на страницу НАСТР Настройка станции.

*Описание страницы **Настройка станции***

Вид страницы зависит от выбора варианта в полях <Метод:> и <Коорд. станции:>. Объяснение всех полей приведено ниже.



ДАЛЕЕ (F1)

принять изменения. Все выполненные настройки становятся активными.

МАСШ (F4)

Переход на страницу КОНФ TPS-поправки, к закладке Геомет PPM.

ppm (F5)

Переход на страницу КОНФ TPS-поправки, к закладке Атмосф PPM.

SHIFT КОНФ (F2)

Переход к конфигурации программы Установка.

SHIFT ИНДИВ (F5) и SHIFT ПУСК (F5)

Переключение между вводом индивидуального имени станции и запуском процесса именованя точек в соответствии с выбранным шаблоном идентификатора. Поле доступно для вариантов настройки <Метод: Обратная засечка> и <Метод: Обр. зас. Гельмерта>.

*Описание полей на странице **Настройка станции***

Поле	Варианты настройки	Описание
<Пр-т с опорой:>	Список выбора	Имя файла активного проекта. Координаты опорных точек и станций выбираются из проекта с опорой.
<Метод:>	Список выбора Задать азимут, Опорная ЗПТ,	Выбор метода привязки станции. Для получения более подробной информации см. раздел "11.6 Метод привязки - Задать азимут". Для получения более подробной информации см. раздел "11.7 Метод установки - Опорная ЗПТ".

Поле	Варианты настройки	Описание
	<p>Передача ор & Н,</p> <p>Обратная засечка,</p> <p>Обр. зас. Гельмерта или</p> <p>Привяз. в лок СК.</p>	<p>Для получения более подробной информации см. раздел "11.8 Метод Установки – Передача ориентировки и отметки".</p> <p>Для получения более подробной информации см. раздел "11.9 Метод установки – Обратная засечка/Обратная засечка по Гельмерту".</p> <p>Для получения более подробной информации см. раздел "11.9 Метод установки – Обратная засечка/Обратная засечка по Гельмерту".</p> <p>Для получения более подробной информации см. раздел "11.10 Метод Установки – Привязка в локальной системе координат".</p>
<Коорд. станции:>	<p>Из файла проекта</p> <p>Из файла тв. т-к</p> <p>Оставить текущие</p> <p>Из GPS</p>	<p>Поле доступно при выборе следующих методов привязки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <Метод: Задать азимут>, или • <Метод: Опорная ЗПТ> и • <Метод: Перед ориент и Н>. <p><Идент. станции:> выбирается из файла <Проект:>.</p> <p><Идент. станции:> выбирается из файла <Проект с опорой>.</p> <p>В поле <Идент. станции:> выводится текущее системное значение имени станции.</p> <p>В поле <Идент. станции:> вводится пользователем имя станции. Координаты станции определяются из GPS-наблюдений с помощью SmartStation.</p>
<Н исх. станции:>	<p>Польз. ввод или Превыш.точки#1</p>	<p>Поле доступно при выборе варианта <Метод: Привяз. в лок. СК>.</p> <p>Для варианта <Н исх. станции: Польз. ввод> отметка станции вводится пользователем и используется для вычисления высоты измеренной точки.</p>

Поле	Варианты настройки	Описание
<Идент. станции:>	Вывод, или Вводится пользователем, или Список выбора	Для варианта <Н исх. станции: Превыш. точки#1> первой измеренной точке присваивается отметка 0 и высота станции вычисляется относительно этой точки. Имя (идентификатор) текущей станции.
<Высота INSTR.:>	Вводится пользователем	Текущая высота инструмента.
<Текущий масштаб:>	Вывод	Текущее значение масштаба, вычисленное на основе геометрических поправок (геометр. ppm). Текущий масштаб = геометр. ppm * 10 ⁻⁶ + 1.

Заключительный шаг

ДАЛЕЕ (F1) – переход к последовательности страниц, которая определяется настройкой в поле <Метод:>.

4.12.2. Настройка напоминания

Если активизирована функция напоминания, на экране появляется страница, позволяющая пользователю проверить текущие установки станции перед продолжением выполнения съемки. При появлении данной страницы пользователь имеет возможность выбирать из трех вариантов действий:

- сохранить текущие параметры станции и продолжить выполнение программы **Съемка**;

- создать новую станцию, выполнив программу **Установка**;

- проверить (повторить) ориентировку на заданную точку.

Функция напоминания доступна из всех программ за исключением:

- **АТК** – створы;

- **Выбор Системы координат (СК)**;

- **Установка**;

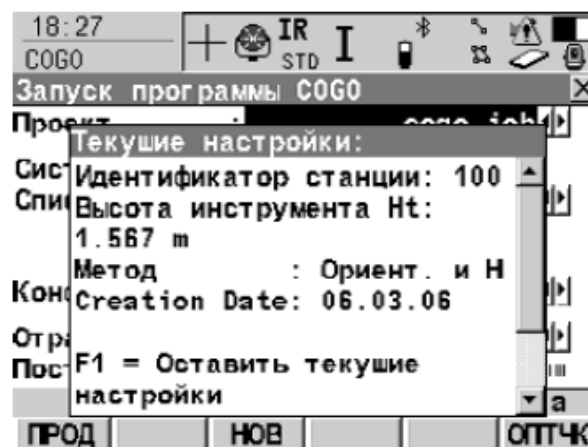
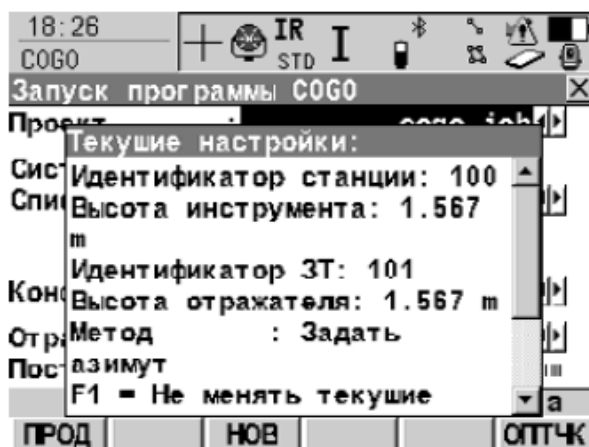
- **Тах. ход**.

Если активизирована функция напоминания, информация о текущей станции отображается на дисплее всякий раз, когда кнопка **ДАЛЕЕ (F1)** будет нажата на странице **Запуск** любой допустимой программы.

Страница напоминания о текущих настройках имеет следующий вид:

Напоминание для метода привязки
Задать азимут,
Опорная ЗПТ,

Напоминание для метода привязки
- Передача ор. и Н
Обратная засечка
Обратная засечка по Гельмерту
Привязка в локальной системе
координат



4.12.3. Метод установки «Задать азимут»

Метод привязки станции «Задать азимут» подходит и для электронного тахеометра TPS1200, и для электронного тахеометра с интегрированным GPS приемником SmartStation.

Для работы данным методом следует учитывать следующие требования:

- при работе с тахеометром TPS1200 координаты станции должны быть заданы. Прибор устанавливается на станции и может быть сориентирован как на точку с известными координатами, так и на точку, координаты которой неизвестны. При выполнении наведения на ориентирную точку может быть задано истинное или условное значение ориентирного направления (азимута или дирекционного угла);

- при работе со SmartStation координаты станции неизвестны и определяются с помощью GPS-наблюдений в реальном времени. Прибор устанавливается на станции и может быть сориентирован как

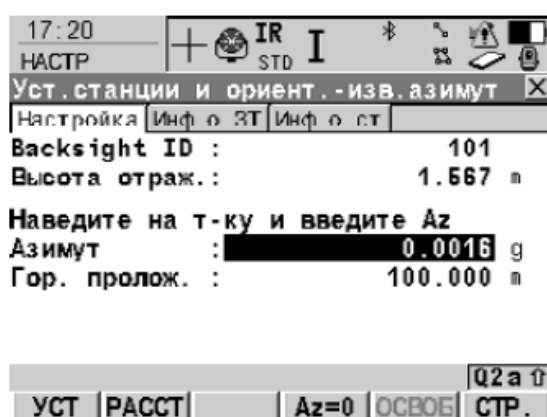
на точку с известными координатами, так и на точку, координаты которой неизвестны. При выполнении наведения на ориентирную точку может быть задано истинное или условное значение ориентирного направления (азимута или дирекционного угла).

При использовании для установки данного метода автоматически отмечается функция «скорректировать позже», поэтому все угловые измерения, выполненные с данной станции, всегда автоматически корректируются.

Основные шаги привязки станции по методу «Задать азимут»

Шаг	Описание
1	Нажмите клавишу PROG для перехода к меню Программы .
2	Выберите пункт меню Установка .
3	Нажмите кнопку ДАЛЕЕ (F1) для перехода на страницу НАСТР Настройка станции .
4	Убедитесь, что выбран вариант <Метод: Задать азимут> . Введите номер пункта установки инструмента в поле <Идент. станции:> . Введите высоту инструмента в поле <Высота инстр.:> .
5	ДАЛЕЕ (F1) - переход на страницу УСТАНОВКА Уст. станции и ориент. - изв. азимут .

Описание функций экранных кнопок



УСТ (F1)

Подтвердить выполнение установки и ориентировки станции и выйти из программы Установка.

РАССТ (F2)

Измерить расстояние до точки, которая будет принята за ориентирную. Измерение расстояния до ориентирной точки **НЕ ЯВЛЯЕТСЯ** обязательным при выполнении установки станции и задании ее ориентировки **УСТ (F1)**. В процессе установки контроль по измеренному расстоянию **НЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ УСТ (F1)**.

Аз=0 (F4)

Кнопка доступна на закладке **Настройка**. Позволяет задать нулевой отсчет на ориентирное направление <Азимут: 0>. Это значение не будет принято системой до тех пор, пока не будет нажата кнопка **УСТ (F1)**.

ЗАКРП (F5) или СВОБ (F5)

Кнопка доступна на закладке **Настройка**, если модуль АТР отключен, то есть выполнена настройка <АТР: НЕТ>, **ЗАКРП (F5)** фиксирует текущий отсчет по горизонтальному кругу в поле <Азимут:>, позволяя исполнителю сначала задать значение в поле <Азимут:> и только потом выполнить наведение. Затем следует освободить зафиксированный отсчет в поле <Азимут:>, нажав кнопку **СВОБ (F5)**.

SHIFT ИНДИВ (F5) и SHIFT ПУСК (F5)

Кнопка доступна на закладке **Настройка**. Переключение между вводом индивидуального имени задней ориентирной точки и запуском процесса именованя точек в соответствии с выбранным шаблоном идентификатора.

Описание полей и вариантов настройки

Поле	Варианты настройки	Описание
<Идент. ЗПТ:>	Вводится пользователем	Номер задней точки в соответствии с шаблоном.
<Высота отраж.:>	Вводится пользователем	Заданное в активном наборе настроек значение высоты отражателя.
<Азимут:>	Вводится пользователем	Текущее значение отсчета по горизонтальному кругу. Если ввести в поле какое-либо значение и нажать

Поле	Варианты настройки	Описание
		клавишу ENTER или нажать кнопку Aз=0 (F4) , это значение будет отображено в поле и оно будет изменяться при вращении прибора. Это значение не будет принято системой до тех пор, пока не будет нажата кнопка УСТ (F1) .
<Гор. пролож.:>	Вывод	Нажмите кнопку (F2) , чтобы измерить расстояние до выбранной ориентирной точки.

Для перехода к закладке **Инф. ЗТ** следует нажать кнопку **СТР (F6)**.

Описание полей

Поле	Варианты настройки	Описание
<Имя ЗПТ:>	Вывод	Имя задней точки, введенный на странице УСТАНОВКА Настройка станции .
<Код точки:>	Список выбора	Код задней точки.
<Описан. кода:>	Вывод	Краткое описание кода.

Для перехода к закладке **Инф. о ст.** следует повторно нажать кнопку **СТР (F6)**.

Описание полей

Поле	Варианты настройки	Описание
<Идент. станции:>	Вывод	Идентификатор станции, введенный на странице УСТАНОВКА Настройка станции .
<Высота INSTR.:>	Вводится пользователем	Высота инструмента.
<Код точки:>	Список выбора	Код станции.
<Описан. кода:>	Вывод	Краткое описание кода.
<Y станции:>	Вывод	Координата Y станции.
<X станции:>	Вывод	Координата X станции.
<H станции:>	Вывод	Высота станции.

Поле	Варианты настройки	Описание
<Текущий масштаб:>	Вывод	Отображается коэффициент геометрической коррекции. Значение зависит от варианта, заданного на странице TPS-поправки , на закладке Геомет PPM .

Для установки станции и ориентировки следует нажать кнопку **УСТ (F1)**.

4.12.4. Метод установки «Опорная ЗПТ»

Метод привязки станции «Опорная ЗПТ» подходит и для электронного тахеометра TPS1200, и для электронного тахеометра с интегрированным GPS-приемником SmartStation.

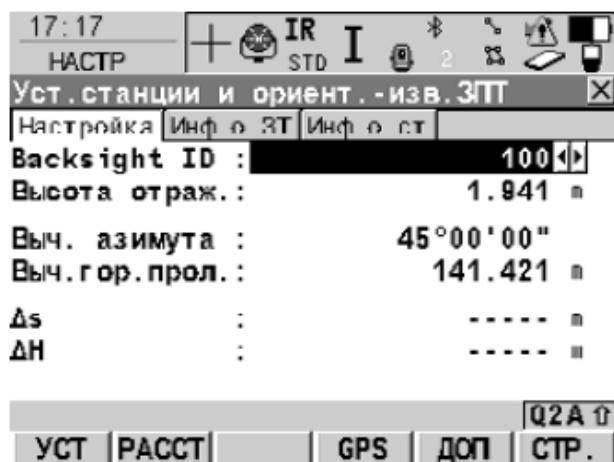
Требования для работы данным методом

1. При работе с тахеометром TPS1200 координаты станции должны быть заданы. Выполняется установка прибора и ориентирование визирной оси на известную заднюю точку.
2. При работе со SmartStation координаты станции неизвестны и определяются с помощью GPS-наблюдений в реальном времени. Выполняется установка прибора и ориентирование визирной оси на известную заднюю точку.

Основные шаги привязки станции по методу «Опорная ЗПТ»

Шаг	Описание
1	Нажмите клавишу PROG для перехода к меню Программы .
2	Выберите пункт меню Установка .
3	Нажмите кнопку ДАЛЕЕ (F1) для перехода на страницу НАСТР Настройка станции .
4	Убедитесь, что выбран вариант <Метод: Опорная ЗПТ> . Введите номер пункта установки инструмента в поле <Идент. станции:> . Введите высоту инструмента в поле <Высота инстр.:> .
5	ДАЛЕЕ (F1) - переход на страницу УСТАНОВКА Уст. станции и ориент. - опорная ЗПТ .

Функции кнопок и свойства полей подобны описанным в разд. 4.12.3. Различия представлены ниже.



УСТ (F1)

Подтвердить выполнение установки и ориентировки станции и выйти из программы Установка.

РАССТ (F2)

Измерить расстояние до задней точки.

ДОП (F5)

Отображает изменения измеренных значений азимута, горизонтального проложения и высоты. Кнопка доступна на закладке **Настройка**.

Описание полей и вариантов настройки

Поле	Варианты настройки	Описание
<Идент. ЗПТ:>	Список выбора	Идентификатор задней ориентирной точки. Любые точки, как имеющие все три координаты, так и имеющие только плановые координаты, могут быть выбраны в качестве задней точки <Из файла тв. т-к:>.
<Высота отраж.:>	Вводится пользователем	Заданное в активном наборе настроек значение высоты отражателя.
<Выч. азимут:>	Вывод	Вычисленное по координатам значение дирекционного угла со станции на заднюю точку привязки.
<Выч. гор. прол.:>	Вывод	Вычисленное значение горизонтального проложения от станции до задней точки привязки.
< Δs :> и < ΔH :>	Вывод	Разность между вычисленными и измеренными значениями горизонтального проложения и высоты от станции до задней точки привязки.

Поле	Варианты настройки	Описание
<Гор. пролож:> и <Н:>	Вывод	Значение выводится на экран после измерения расстояния, то есть после нажатия кнопок РАССТ (F2) и ДОП (F5) . Измеренные горизонтальное проложение до точки привязки и высота.

Для установки станции и ориентировки следует нажать кнопку **УСТ (F1)**.

4.12.5. Метод установки «Передача ориентировки и отметки»

Метод установки станции «Передача ориентировки и отметки» подходит и для электронного тахеометра TPS1200, и для электронного тахеометра с интегрированным GPS-приемником SmartStation.

Требования для работы данным методом

1. При работе с тахеометром TPS1200 координаты станции должны быть заданы. Прибор установлен и сориентирован на одну или более опорные задние точки.

2. При работе со SmartStation координаты станции неизвестны и определяются с помощью GPS-наблюдений в реальном времени. Прибор установлен и сориентирован на одну или более опорные задние точки.

3. И для тахеометра TPS1200, и для SmartStation ориентировка может быть определена визированием на одну или более известные точки (максимальное количество визирных целей – 10). На визирные цели могут быть выполнены только угловые измерения или и угловые, и линейные измерения. Отметка станции также может быть получена путем передачи с известных точек привязки.

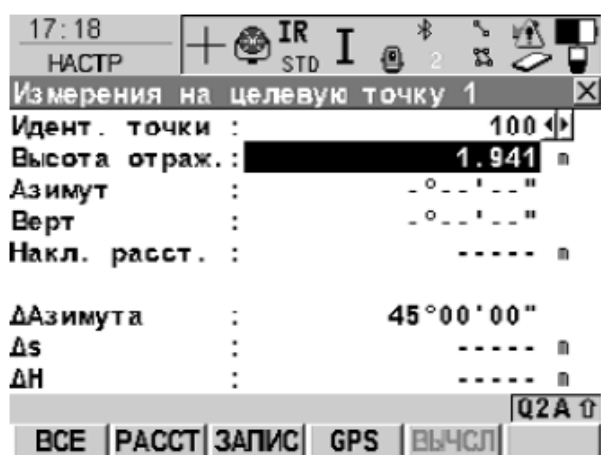
Основные шаги привязки станции по методу «Передача ориентировки и отметки»

Шаг	Описание
1	Нажмите клавишу PROG для перехода к меню Программы .
2	Выберите пункт меню Установка .
3	Нажмите кнопку ДАЛЕЕ (F1) для перехода на страницу НАСТР Настройка станции .

Шаг	Описание
4	Убедитесь, что выбран вариант <Метод: Передача ор. и Н>. Введите номер пункта установки инструмента в поле <Идент. станции:>. Введите высоту инструмента в поле <Высота INSTR.>.
5	Нажмите кнопку ДАЛЕЕ (F1) для перехода на страницу НАСТР Измерения на целевую точку 1 .

Символ «XX» на странице **УСТАНОВКА Измерения на целевую точку XX** означает порядковый номер визирной цели, на которую выполнены измерения.

Описание функций экранных кнопок



ВСЕ (F1)

Выполнение угловых и линейных измерений на точку привязки и запись результатов.

РАССТ (F2)

Измерение расстояния и вывод результата на экран.

ЗАП (F3)

Запись в активный проект результатов измерений, отображенных на экране.

ВЫЧ (F5)

Кнопка доступна, когда собрано достаточное количество данных для выполнения вычислений.

SHIFT НАЙТИ (F2)

Кнопка доступна, когда собрано достаточное количество данных для выполнения вычислений. Позволяет направить отражатель на выбранную точку привязки.

SHIFT К-ТЫ (F4)

Кнопка доступна, когда собрано достаточное количество данных для выполнения вычислений. Выполнить наведение на заданную визирную цель.

Описание полей и вариантов настройки

Поле	Варианты настройки	Описание
<Идент. точки:>	Список выбора	Имя привязочной точки, на которую выполняются измерения. Любые точки <Из файла тв. т-к:> могут быть выбраны, за исключением точек класса НЕТ .
<Высота отраж.:>	Вводится пользователем	Заданное в активном наборе настроек значение высоты отражателя.
<Азимут:> и <Верт:>	Вывод	Текущие отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам.
<Накл. расст.:>	Вывод	Измеренное наклонное расстояние выводится на экран после нажатия кнопки РАССТ (F2) .
<ДАзимута:> и <Дс:>	Вывод	На дисплей выводится разность между вычисленными значениями дирекционного угла или горизонтального проложения и текущими отсчетом по горизонтальному кругу или горизонтальным проложением.
<ДН:>	Вывод	Разность между данным и измеренным значением высоты точки привязки.

В случае, если нужно выполнить измерения на следующую цель, следует нажать кнопку **ВСЕ (F1)** для выполнения угловых и линейных измерений и записи результатов или **ЗАП (F3)** для записи текущих измерений.

Если наблюдалось достаточное количество целей, то следует нажать кнопку **ВЫЧ (F5)** для получения результатов привязки станции.

Максимальное количество точек привязки для измерений и вычислений – 10. При достижении этого максимального числа измеренных целей страница **УСТАНОВКА Результаты (Метод наим. квадр.)** появится автоматически после нажатия кнопки **ВСЕ (F1)**. На странице **УСТАНОВКА Дополнительная информация** могут быть удалены измеренные точки и можно вернуться на страницу **УСТАНОВКА Измерения на целевую точку XX** для выполнения измерений на новые точки привязки.

4.12.6. Метод установки «Обратная засечка (Обратная засечка по Гельмерту)»

Метод установки «Обратная засечка (Обратная засечка по Гельмерту)» может быть использован только при работе с тахеометром TPS1200, но не со SmartStation.

Требования для работы данным методом

1. При работе с тахеометром TPS1200 координаты станции неизвестны. Координаты станции и ориентировка могут быть определены визированием на одну или более известные точки (максимальное количество визирных целей – 10). На визирные цели могут быть выполнены только угловые измерения или и угловые, и линейные измерения.

2. Для обработки обратной засечки применяются метод наименьших квадратов и робастный метод вычислений координат. Для обработки обратной засечки по Гельмерту используется метод Гельмерта.

Основные шаги установки станции по методу «Обратная засечка (Обратная засечка по Гельмерту)»

Шаг	Описание
1	Нажмите клавишу PROG для перехода к меню Программы .
2	Выберите пункт меню Установка .
3	Нажмите кнопку ДАЛЕЕ (F1) для перехода на страницу НАСТР Настройка станции .
4	Выберите один из вариантов <Метод: Обратная засечка> и <Метод: Обр. зас. Гельмерта> . Введите номер пункта установки инструмента в поле <Идент. станции:> . Введите высоту инструмента в поле <Высота инстр.:> .
5	Нажмите кнопку ДАЛЕЕ (F1) для перехода на страницу НАСТР Измерения на целевую точку 1 .

Вид экрана подобен виду страницы **УСТАНОВКА Измерения на целевую точку XX** при использовании метода привязки **<Метод: Передача ориентировки и отметки>**. (см. разд. 4.12.5).

4.12.7. Метод установки «Привязка в локальной системе координат»

Метод установки «Привязка в локальной системе координат» может быть использован только при работе с тахеометром TPS1200, но не со SmartStation, и может быть использован для вычисления всех трех координат или только плановых координат станции, а также для вычисления ориентировки горизонтального круга по угловым и линейным измерениям на две точки привязки.

Первая точка привязки задает начало локальной (условной) системы координат. Вторая точка привязки совместно с первой всегда задает направление оси X или Y в локальной системе координат (в зависимости от активного набора настроек).

Важные особенности метода установки:

- все координаты вычисляются в локальной системе координат;
- первая точка привязки всегда задает начало локальной системе координат: $X = 0$, $Y = 0$, $H = 0$ (если требуется);
- вторая точка привязки совместно с первой всегда задает направление оси X или Y в локальной системе координат.

Основные шаги привязки станции по методу «Привязка в локальной системе координат»

Шаг	Описание
1	Нажмите клавишу PROG для перехода к меню Программы .
2	Выберите пункт меню Установка .
3	Нажмите кнопку ДАЛЕЕ (F1) для перехода на страницу НАСТР Настройка станции .
4	Убедитесь, что выбран вариант <Метод: привязка в лок. СК> . Введите номер пункта установки инструмента в поле <Идент. станции:> . Введите высоту инструмента в поле <Высота инстр.:> .
5	Нажмите кнопку ДАЛЕЕ (F1) для перехода на страницу НАСТР Измерения на целевую точку 1 .

Вид экрана подобен виду страницы **УСТАНОВКА Измерения на целевую точку XX** при использовании метода привязки **<Метод: Передача ориентировки и отметки>** (см. разд. 4.12.5).

4.12.8. Получение результатов привязки методами наименьших квадратов и Робастных вычислений

Для получения результатов привязки станции в месте установки тахеометра методами наименьших квадратов и Робастных вычислений требуется нажать кнопку **ВЫЧ (F5)** на странице **УСТАНОВКА Измерения на целевую точку XX**.

*Описание функций кнопок, имеющих отношение к закладкам **К-ты станц.** и **Сигма***



УСТ (F1)

Установить данные, выбранные в поле <Задать:>.

КООРД (F2)

Просмотр другого типа координат

РОБСТ (F3) или МНКв (F3)

Вывод на экран попеременно результатов вычислений, полученных робастным методом или по методу наименьших квадратов.

ИНФО (F4)

Вывод на экран дополнительной информации.

ИЗМ (F5)

Выполнить измерения на дополнительные точки привязки.

SHIFT Элл Н (F2) или SHIFT ОРТО (F2)

Переключение между эллипсоидальными и ортометрическими высотами.

SHIFT ДрРеш (F5)

Кнопка доступна если получены два решения. Вывод на экран одного из двух решений попеременно.

Описание полей и вариантов настройки

Поле	Варианты настройки	Описание
<Идент. станции:>	Вводится пользователем	Идентификатор станции.
<Число точек:>	Вывод	Количество точек, использованных при вычислениях.
<Задать:>	Y, X, H, Ориент., Y, X, H Y, X, Ориент. H, Ориент., H или Ориент.	Выбранный вариант параметров станции будет задан и записан в систему. Все остальные значения определяются на основе данных текущих параметров станции.
<Высота инстр.:>	Вывод	Текущая высота инструмента.
<Y станции:> и <X станции:>	Вывод	Отображаются координаты X и Y станции, выбранные из файла твердых точек или вычисленные.
<H станции:>	Вывод	Отображается вычисленная отметка станции.
<Нов. Азимут>	Вывод	Новое значение ориентирного направления, отсчет по горизонтальному кругу будет меняться при вращении прибора.

Для перехода на закладку **Сигма** следует нажать на кнопку **СТР (F6)**.

Описание полей и вариантов настройки в закладке Сигма

Поле	Варианты настройки	Описание
< σY :>, < σX :>, < σH :> и < σ гор. ориент.:>	Вывод	Средние квадратические ошибки вычисленных координат, высоты и ориентировки станции.
<Тек. масштаб:> и <Тек. ppm:>	Вывод	Вычисленный масштабный коэффициент/ppm из решения обратной засечки или при передаче отметки и ориентировки.
<Текущий масштаб:>	Вывод	Текущее значение масштаба, вычисленное на основе геометрических поправок (геометр. ppm).

Для перехода к закладке **Код стан** следует повторно нажать на кнопку **СТР (F6)**.

Для перехода к закладке **УСТАНОВКА Дополнительная информация**, **Статус** следует нажать на кнопку **ИНФО (F4)**.

*Функции кнопок, имеющих отношение к закладке **Статус***

Идент. точки	Менить	ΔГориз. [g]
1	3D	-0.0007
2	3D	0.0002
3	3D	0.0000
4	3D	0.0002

ПОВТ (F1)

Перевычислить данные, относящиеся к станции, и обновить все значения.

ИСП (F3)

Определить, будет ли данная точка привязки использоваться в вычислениях как точка, имеющая все три координаты, только плановые координаты, или не будет использоваться вообще. Вариант использования выбирается в колонке **Применить**.

УДАЛ (F4)

Удаление точки из списка измеренных визирных целей и исключение ее из вычислений параметров станции.

ДОП (F5)

Просмотр дополнительной информации.

SHIFT ИЗМ (F5)

Выполнение измерений на дополнительные точки привязки.

Описание информации колонок

Колонка	Описание
!	Символ! информирует, что какая-либо из величин расхождений по измеренным углам, расстояниям или высоте, превышает допуск.
Имя п-та	Имя измеренной точки привязки.
Исп.	Показывает, будет ли и каким образом данная точка привязки использоваться в вычислении параметров станции. Возможные варианты 3D, 2D, 1D и НЕТ.

Колонка	Описание
ΔГор, ΔРасст, ΔН, ΔУ, ΔХ	Тип информации в данной колонке будет меняться при нажатии кнопки ДОП (F5) . Разности между вычисленными и измеренными значениями горизонтального угла, наклонного расстояния от станции до точки привязки и высоты точки привязки над станцией. Если точка привязки не имеет координат, будет выводиться символ -----. Разности, превышающие заданный допуск, помечаются символом *.

Для повторного вычисления параметров станции следует нажать клавишу **ПОВТ (F1)**.

СПИСОК НОРМАТИВНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 47.13330.2010. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Принят и введен в действие с 1 ноября 1996 г. В качестве строительных норм Российской Федерации постановлением Минстроя России от 29 октября 1996 г. № 18-77.

2. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Принят и введен в действие с 1 января 1998 г. впервые.

3. Отчеты по инженерным изысканиям УралГИПРОДОРНИИ ОАО «ГИПРОДОРНИИ», автодорога г. Ханты-Мансийск пос. Горноправдинск – г. Тюмень – г. Ханты-Мансийск, 2002–2004 гг.

4. Отчеты по инженерным изысканиям «Строительство автомобильной дороги пос. Пурпе – пос. Тарко-Сале – пос. Новозаполярный – ГНПС-1 («Заполярье»), 2012 г.

5. Отчеты по инженерным изысканиям УралГИПРОДОРНИИ ОАО «ГИПРОДОРНИИ», автодорога г. Ивдель – г. Ханты-Мансийск на участке 620–740 км в составе автокоридора г. Пермь – г. Томск, 2005–2006 гг.

6. Отчеты по инженерным изысканиям УралГИПРОДОРНИИ ОАО «ГИПРОДОРНИИ», а/д г. Пермь – г. Екатеринбург – а/д Подъезд к г. Екатеринбургу от а/д Урал, 2007 г.

7. Инновационные технологии проектирования и строительства автомобильных дорог: монография / Неволин Д.Г., Дмитриев В.Н., Чудинов С.А. и др. – Екатеринбург, УрГУПС, 2015. – 192 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Образцы ведения записей измерений и вычислений
при проведении теодолитно-тахеометрической съемки**

Журнал измерения углов и длин линий

Точки стояния	Точки визирования	Отсчёт по горизонтальному кругу		Горизонтальный угол		Отсчёт по вертикальному кругу		Угол наклона		Длина линий, м	Абрис
		°	'	Измеренный	Средний	°	'	°	'		
1	7	270	15	КЛ			358	21	-1	1 - 2	
	2	36	54			3	11	+3	125,45		
	7	185	42	21							
2	2	312	20	КП	233	21,5	181	39		125,51	
	2	233	22	22			176	48		125,48	
	1	121	28	КЛ			356	48	-3	11,5	
2	3	350	34				2	36	+2	2-3	
	1	21	35	54			183	11		171,68	
	3	250	42	53	130	53,5	177	23		171,60	
				130						171,64	

Вычисление координат точек съёмочного обоснования

№ точек	Горизонтальные углы		Дирекционные углы (румбы)	Гориз. проложения (М)	Приращения координат (м) вычисленные			Приращения координат (м) исправленные			Координаты (м)		
	Измер.	Исправ.			°	'	''	+	-	ΔX	+	-	ΔY
1	129	01	СЗ 65 294	97,20	+40,71	-2	-88,26	+40,69	-88,25			1000,00	1000,00
2	103	21	СВ 11 11	167,56	+164,24	-3	+33,17	+164,21	+33,18			1040,69	911,75
3	161	37	СВ 29 29	137,80	+119,54	-3	+68,49	+119,53	+68,50			1204,90	944,93
4	86	42	ЮВ 50 123	108,88	-59,46	-2	+91,21	-59,48	+91,22			1324,43	1013,43
5	183	38	ЮВ 60 119	97,07	-47,75	-2	+84,51	-47,77	84,52			1217,18	1189,17
6	100	16	ЮЗ 19 199	158,44	-149,63	-3	-52,11	-149,66	-52,10			1067,52	1137,07
7	135	25	ЮЗ 63 243	152,80	-67,50	-2	-137,08	-67,52	-137,07			1000,00	1000,00
1	Замкнутый геодезический ход												
	P = 919,75 f _x = +0,17 f _y = -0,07												
	F _{абс} = √(f _x ² + f _y ²) = 0,18 м												
	f _{абс} = $\frac{1}{P} \leq \frac{1}{2000}$												
	Диагональный ход												
1	74	32,5	303	06								1000,00	1000,00
9	212	52,0	СВ 9 9	99,89	+98,57	-1	+16,20	+98,56	+16,20			1098,56	1016,20
8	149	59,5	СВ 42 42	102,36	+75,85	-2	+68,93	+75,83	+68,92			1174,39	1085,20
5	110	56,0	СВ 12 12	92,65	+90,57	-1	+19,53	+90,56	+19,53			1264,95	1104,65
4			303	06									
	Σβ изм. = 9000°02,0'												
	Σβ теор. = 9000° f _β = 2'												
	f _β доп. = 1' √Π = 2,7'												

Вычисление отметок точек теодолитного хода

№ точек	Измеренные вертикальные углы		Измеренные длины линий (м)	Превышения, (м)			Поправки, (см)	Уравненные превышения	Отметки точек	
	°			Замкнутый теодолитный ход	среднее	Уравненные превышения				
	прямо	обратно								
1								45,00		
2	26	+1	28	97,23	-2,42	+2,48	-2,45	-2,44	42,56	
3	+6	30	-6	30	+19,09	-19,09	+19,09	+19,10	61,66	
4	-2	16	+2	14	-5,46	+5,38	-5,42	-5,41	56,25	
5	+3	14	-3	12	+6,15	-6,08	+6,12	+6,13	62,38	
6	-2	28	+2	29	-4,18	+4,21	-4,20	-4,19	58,19	
7	-0	44	+0	46	-2,02	+2,12	-2,07	-2,06	56,13	
1	-4	10	+4	10	-11,13	+11,13	-11,13	-11,13	45,00	
$P = 922,09$ $\Sigma h_{\text{ср}} = \square_h = 0,06$ $\square_{\text{здол.}} = \pm 20 \sqrt{\alpha} = \pm 19 \text{ см}$										
<p style="text-align: center;">Диагональный ход</p>										
1	+4	20	-4	21	100,17	+7,57	-7,59	+7,58	+7,56	45,00
9	+2	11	-2	09	102,84	+3,90	-3,84	+3,87	+3,85	52,56
8	+3	42	-3	42	92,84	+5,99	-5,99	+5,99	+5,97	56,41
5	$P = 295,44$ $\Sigma h_h = + 0,06$ $f_{\text{здол.}} = \pm 11 \text{ см}$									

Журнал тахеометрической съемки

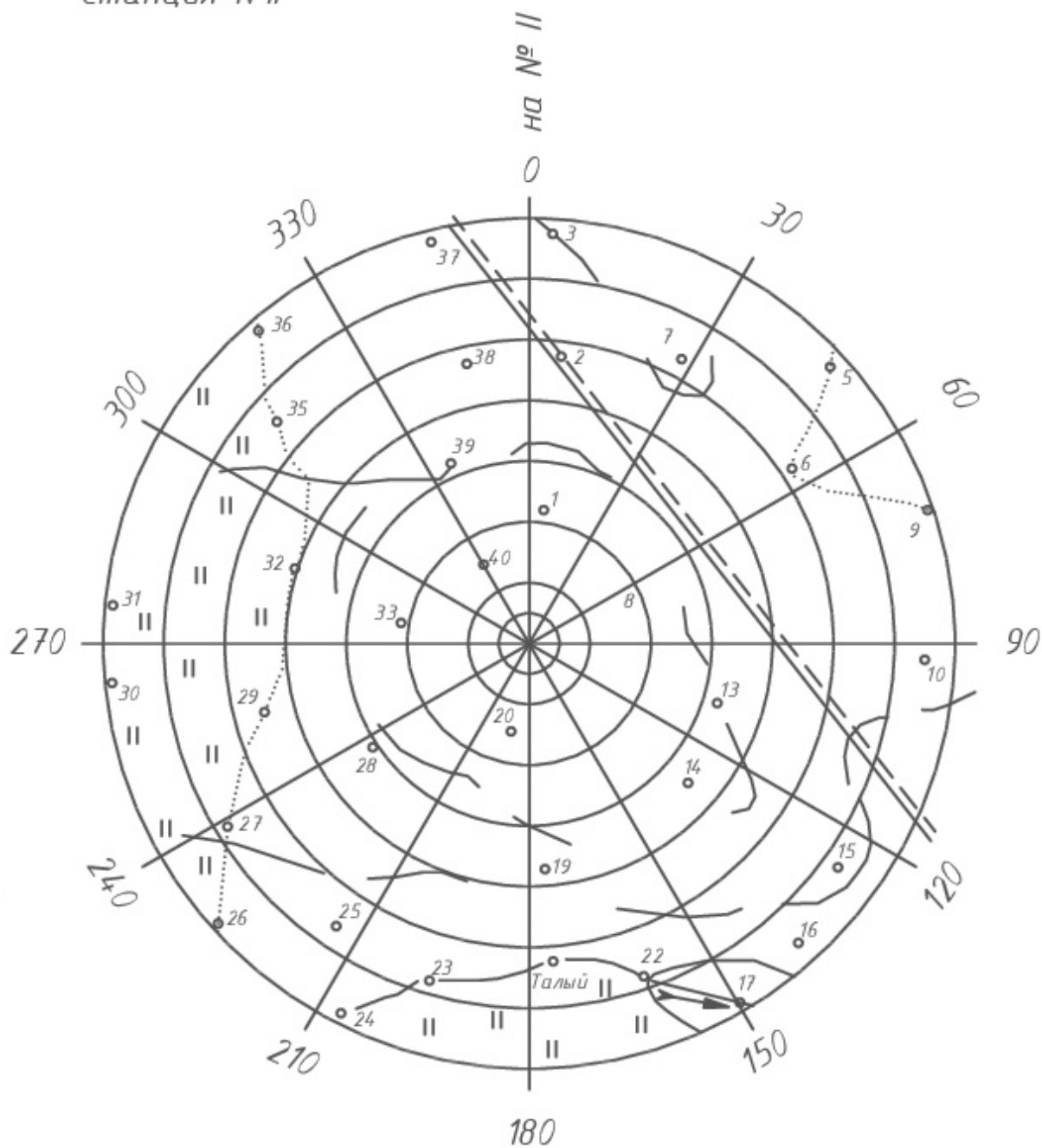
Станция III Отметка станции 211,60 м М.О. = 0 °02'

i = 1,42 Наблюдал _____
« _ » _____ 20 _ г.

№ точки наблюдения	Отсчет по горизонтальному кругу		Расстояние по дальномеру	Высота визирования, V	Отсчет по вертикальному кругу		Угол наклона	Табличная величина превышения, U	Горизонтальное проложение	Превышение $h = U + i - V$	Отметка точка наблюдения
	°	'			°	'					
11	0	00	-								211,60
1	3	50	62,3	1,42	357	03	-2	-3,22	62,3	-3,22	208,38
2	45	08	96,3	1,42	357	00	-3	-5,07	96,0	-5,07	206,53
3	49	31	72,5	1,42	357	00	-3	-3,82	72,3	-3,82	207,78
4	57	18	84,8	1,42	356	59	-3	-5,12	84,6	-5,12	206,48
5	103	16	92,1	1,42	356	52	-3	-5,08	91,8	-5,08	206,52
6	180	32	78,9	1,42	357	29	-2	-3,50	78,4	-3,50	208,10

Абрис тахеометрической съёмки

Станция №II



Учебное издание

Чудинов Сергей Александрович

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ
РАБОТЫ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ
И ПРОЕКТИРОВАНИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**



Редактор Л.Д. Черных
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

Подписано в печать 28.08.2019
Уч.-изд. л. 4,7 Усл. печ. л. 6,51
Тираж 300 экз. (1-й завод 35 экз.)
Заказ № 6729

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»
620062, РФ, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2
Тел.: 8 (343) 362-91-16