

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА  
(МИИТ)»**

---

Кафедра «Геодезия, геоинформатика и навигация»

Л.Л. ЗАИКИНА, А.Д. ТИХОНОВ, Р.А. ГУРСКИЙ

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ**

Учебно-методическое пособие  
по прохождению учебно-геодезической практики

Москва – 2017

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА  
(МИИТ)»**

---

Кафедра «Геодезия, геоинформатика и навигация»

Л.Л. ЗАИКИНА, А.Д. ТИХОНОВ, Р.А. ГУРСКИЙ

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ**

Учебно-методическое пособие

для студентов строительных специальностей

Москва – 2017

УДК 528.3  
З 17

Заикина Л.Л., Тихонов А.Д., Гурский Р.А. Инженерная геодезия: Учебно-методическое пособие по прохождению учебно-геодезической практики. – М.: РУТ (МИИТ), 2017. – 82 с.: ил.12.

В учебно-методическом пособии рассмотрены виды геодезических работ, проводимых на практике по получению первичных профессиональных умений и навыков научно-исследовательской деятельности (геодезическая), порядок их проведения, обработки и способы контроля измерений.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов строительных специальностей, проходящих учебно-геодезическую практику, и является дополнением к курсу «Инженерная геодезия и геоинформатика», изучаемому в семестре.

Рецензент: доц. кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундамены» РУТ (МИИТ)  
Н.И. Инкин.

© РУТ (МИИТ), 2017

## **Введение**

Программой дисциплины «Инженерная геодезия и геоинформатика» для студентов предусмотрено прохождение учебной геодезической практики (Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) на учебном полигоне.

Строительство автомобильных и железных дорог, аэродромов и искусственных сооружений на них требует от техников-строителей глубоких знаний по инженерной геодезии. Поэтому студенты строительных специальностей должны иметь хорошую геодезическую подготовку, хорошо знать геодезические приборы, применяемые на производстве, уметь выполнять топографическую съёмку, нивелирование трассы линейного сооружения, составлять план, профиль и свободно пользоваться ими, умело решать геодезические задачи в процессе проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений.

Вышеперечисленные вопросы инженерной геодезии изучаются студентами в процессе лекций и лабораторных занятий. Учебная практика имеет целью закрепить знания студентов в условиях, максимально приближенных к производственным.

Состав заданий установлен в соответствии с программой курса для каждой специальности. При выполнении заданий необходимо выполнить требуемый объем полевых работ, провести математическую обработку результатов полевых измерений, по результатам обработки выполнить соответствующие чертежи.

Все работы, на практике, выполняются побригадно. В состав задания на выполнение работ по учебной геодезической практике включены и индивидуальные

задания для членов бригады. Также в состав работ могут быть включены научно-исследовательские работы (НИР) по согласованию преподавателя и бригады студентов.

По результатам исследований в конце практики проводится студенческая конференция, которая способствует повышению знаний студентов по инженерной геодезии.

## **1. Состав работ**

Этапы учебно-геодезической практики.

1. Собрание по практике (учебная группа студентов делится на бригады по 4 – 7 человек, в каждой из бригад назначается бригадир, студенты проходят инструктаж по технике безопасности).
2. Получение геодезических приборов (каждая бригада получает необходимые геодезические приборы и выполняет их поверки).
3. Выполнение геодезических работ (в зависимости от факультета назначаются виды геодезических работ, которые необходимо выполнить и обработать).
4. Составление отчета по практике.
5. Сдача геодезических приборов.
6. Индивидуальная защита отчета для получения оценки.
7. Студенческая конференция по итогам практики.

В зависимости от специальности студентов состав заданий может дополняться или изменяться. Ниже приведен список основных работ.

1. Поверки геодезических приборов (теодолит, нивелир).

2. Топографическая съемка участка местности для составления плана в масштабе 1:500 (1:1000):

- рекогносцировка участка и закрепление на местности точек съемочного обоснования;
- измерения для создания планового обоснования участка;
- измерения для создания высотного обоснования участка;
- тахеометрическая съемка местности;
- математическая обработка результатов полевых работ и оформление соответствующих журналов;
- построение топографического плана участка.

3. Трассирование железной дороги:

- рекогносцировка участка и закрепление на местности вершин углов поворота трассы;
- определение радиуса поворота и вычисление значений элементов круговой кривой;
- разбивка пикетажа (включая вынос пикетажного положения кривых) со съемкой местности способом перпендикуляров;
- прямой нивелировочный ход;
- обратный нивелировочный ход;
- поперечное нивелирование трассы;
- математическая обработка результатов полевых измерений и оформление соответствующих журналов;
- построение продольного профиля, плана и необходимого количества поперечных профилей по трассе.

4. Нивелирование поверхности по квадратам:

- закрепление на местности вершин квадратов;
- нивелирование вершин квадратов;

- математическая обработка результатов полевых измерений и оформление соответствующих журналов;
  - составление отчетной расчетно-графической документации (план участка, картограмма земляных работ, ведомость подсчета объемов земляных работ).
5. Решение инженерно-геодезических задач:
- разбивочные работы (вынос в натуру осей здания);
  - определение высоты объекта;
  - вынос в натуру точки с проектной отметкой;
  - детальная разбивка круговой кривой.
6. Для конференции по итогам практики выступление с презентацией на заданную тему.

## **2. Общие указания по выполнению работ на учебной практике**

### **Основные требования**

На практике работы выполняются по бригадному методу. Каждой бригаде выдается индивидуальное задание на проведение тахеометрической съемки участка местности, трассированию и выполнению других геодезических работ. По результатам проведенных работ составляется отчет.

Перед выполнением работ студенты должны изучить теоретическую часть курса. Каждая бригада работает самостоятельно, выполняя указанные работы отдельными частями. Прежде чем приступить к выполнению того или иного вида работ (полевых или камеральных) нужно разобраться в теоретическом материале, изучить инструкции и нормативные документы.

Главная задача студентов на учебной практике – научиться самостоятельно выполнять основные виды работ, необходимые при изысканиях дорог, принимать решения на основе конкретных заданий, эффективно использовать полученные знания и навыки.

### **Оформление материалов отчета по учебной практике**

Пояснительная записка отчета оформляется на стандартных листах бумаги формата А4 (297 x 210). Текстовая часть выполняется на компьютере. Необходимые схемы, рисунки и чертежи выполняются или «от руки» или на компьютере с использованием графических программ. В записке могут использоваться фотоснимки.

Текст в компьютерном наборе имеет размер шрифта 12, одинарный межстрочный интервал, интервал между абзацами – 0. Отступ первой строки абзаца – 0,7 см.

Перед заголовком оставляется две пустых строки, после заголовка (перед текстом) – одна.

Номер листа указывается в нижней части (выравнивание – от центра).

Титульный лист является первым листом пояснительной записки.

Текст пояснительной записки должен быть конкретным и грамотным. В записке должны быть описания выполненных работ.

Части, разделы и параграфы нумеруются соответственно порядку проведения работ. На все формулы, таблицы и рисунки в тексте пояснительной записки должны быть ссылки, которые даются в круглых скобках. Ссылки на литературные источники даются в квадратных скобках.

Буквенные обозначения и числовые коэффициенты расшифровываются непосредственно под формулами с указанием размерности величин.

Листы записки раскладываются и нумеруются в следующем порядке:

- титульный лист установленного образца, номер на титульном листе не указывается (Приложение 1);
- бланк задания на выполнение работ (если есть);
- содержание пояснительной записки;
- непосредственно текст, рисунки, схемы, журналы и т.п.;
- список использованных источников;
- чертежи (топографический план местности, профили по трассе и др.).

## **Состав пояснительной записки**

### **Общая часть.**

Дневник геодезической практики (краткое содержание проведенных работ за каждый рабочий день).

Сведения о сроках и месте прохождения практики, состав бригады, цель работы, сроки проведения основных видов работ.

### **Техника безопасности и охрана труда при проведении геодезических работ.**

В разделе должна содержать информация о правилах техники безопасности и охране труда до начала работ, во время работы, в аварийных ситуациях и после окончания работ.

### **Оборудование.**

В разделе дается описание приборов, используемых при проведении работ, порядок выполнения полевых поверок приборов и результат поверок.

### **Создание планово-высотного обоснования.**

Описание всех видов работ, необходимых для создания планово-высотного обоснования (если в бригаде более 5 человек, то описывается отдельно плановое и отдельно высотное обоснование), правила заполнения журналов и ведомостей. Полевые и камеральные контроли.

### **Тахеометрическая съемка участка местности.**

Описание всех видов работ, необходимых для составления топографического плана местности, правила заполнения журналов и ведомостей.

### **Трассирование линейного объекта.**

Описание всех видов работ при трассировании железной дороги. Правила заполнения журналов и ведомостей. Построение плана, продольного и поперечных профилей по трассе.

### **Нивелирование поверхности.**

Описание всех видов работ, правила заполнения журналов и ведомостей при нивелировании по квадратам.

### **Решение инженерно-геодезических задач.**

Каждая задача оформляется на отдельном листе А4. Указывается название задачи, вычерчивается схема измерений с буквенным обозначением измеряемых и вычисляемых величин. Приводятся необходимые формулы, а также результаты измерений и вычислений.

### **Список использованных источников.**

Приводится список использованных литературных источников и интернет-ресурсов.

## **Оформление полевых журналов**

Все записи при работе в поле ведутся в журналах, установленных для конкретного вида работ. Титульные листы журналов оформляются ручкой. Все полевые записи ведут карандашом. Неправильные записи зачеркивают и подписывают рядом правильные значения. Исправления недопустимы.

### **В полевых журналах должны быть указаны:**

- номера всех страниц;

- вид и дата производства работ;
- марка и номер инструмента;
- фамилия и роспись исполнителя;
- роспись начальника изыскательской партии о текущей проверке;
- оглавление заполняется по мере заполнения журнала;
- исправления и пользование резинкой в записях не допускается (кроме пикетажного). Ошибочная запись зачеркивается одной чертой и правильная запись делается строкой ниже.

### **Журналы тахеометрической съемки**

- на каждой станции проверяется МО;
- указание круга, при котором производилась съемка;
- наличие абриса с нанесением реечных точек;
- наличие контроля на станцию ориентирования в начале и по окончании работ;
- росписи проверяющих вычисление отметок;
- подсчет и увязка превышений при вычислении высотных отметок станции.

### **Угломерные журналы**

- наличие наблюдаемых и вычисленных румбов;
- пикетажное положение вершины угла и элементы кривой;
- абрис измеряемого угла;
- расстояния между станциями и ВУ по дальномеру.

### **Пикетажные журналы**

- схемы закрепления трассы с эскизами знаков и реперов;

- направление пересекаемых дорог и их поперечный профиль;
- на пересечениях малых (периодических) водотоков указать род грунта в русле водотока;
- направление склонов;
- промеры до ближайших опор при пересечении линий ЛЭП.

### **Журналы технического нивелирования**

- наличие ежедневной проверки нивелира;
- наличие пикетного положения и расстояния от трассы всех реперов, а также эскизов, особенно временных реперов с их описанием;
- роспись проверившего вычисление промежуточных отметок.

## **Оформление графической части**

Все листы графической части отчета оформляются выполняются карандашом (или в туши) с соблюдением правил, предъявляемых к геодезическим чертежам (рамки, штампы, форматы, шрифты и условные обозначения). Можно выполнять данный вид работ с использованием соответствующих графических программ (например AutoCAD, CREDO). Однако, при выполнении работ в первый раз, часто приходится исправлять чертеж, что в ручную бывает сделать проще.

## **Инструкция по технике безопасности для студентов, проходящих учебную практику на геодезическом полигоне**

Студенты обязаны выполнять следующие правила по технике безопасности:

1. Не ходить по территории без обуви. Во избежание солнечных ожогов и ударов необходимо проявлять осторожность при работе на полигоне и не ходить без головных уборов.

2. Работая топором, нужно быть внимательным, чтобы не нанести травму себе или кому-либо из товарищей.

3. При измерении линий осторожно носить и пользоваться шпильками. Не оставлять шпильки и вешки лежащими в траве во избежание травм ног.

4. Колышки, обозначающие точки, следует забивать в уровень поверхности земли или выше на 2 – 3 см. При этом колышки должны располагаться по краям тропинок или дорожек.

5. При переходах с точки на точку штатив должен переноситься, со сложенными ножками и в вертикальном положении.

6. Купание в водоемах во время работы на геодезическом полигоне строго запрещено. Нарушители удаляются с полигона.

7. Во время работы и отдыха не рекомендуется заходить в места, заросшие лесом или кустарником во избежание укуса клещом. В течение рабочего дня желательно через 1,5 – 2 часа осматривать друг друга.

8. Добираться до места работы и обратно рекомендуется общей группой с преподавателем. Не рекомендуется задерживаться на полигоне до позднего времени.

9. Между полигоном и геобазой проходит шоссе. Пересекать шоссе необходимо по специальной зебре, после полной остановки приближающихся машин.

10. Не разрешается покидать полигон во время работы без разрешения преподавателя.

11. Не разрешается выходить на полигон без сопровождения преподавателя.

12. Проживание студентов в палатках на территории геодезического полигона не разрешается.

13. Категорически запрещается распивать спиртные напитки и находиться в нетрезвом состоянии на полигоне. Нарушители удаляются с полигона и отчисляются с практики.

14. Бережно относиться к зеленым насаждениям на территории полигона.

15. На территории полигона соблюдать чистоту. После принятия пищи отходы и мусор складывать в отведенное место.

16. Категорически запрещается разведение костров на всей территории полигона. Нарушители удаляются с полигона.

17. Запрещается курение в жилых и камеральных помещениях. Курить можно только в специально отведенных для этого местах. Нарушители удаляются с полигона.

18. На территории полигона есть вероятность встретить диких животных (лосей). При встрече с ними следует вести себя спокойно и не приближаться к ним. Фотографирование со вспышкой может напугать лося и привести к непредсказуемым последствиям.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ НА УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ**

#### **Получение со склада геодезических приборов и проверка их работоспособности**

На геобазе каждой бригаде выделяется отдельный шкаф для хранения оборудования.

Для выполнения программы учебной геодезической практики каждая бригада должна получить в геокамере следующие геодезические приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т30 или 4Т30П.
2. Нивелир типа НЗ (уровенный) или типа НЗК (с компенсатором).
3. Штатив (2 штуки).
4. Становой винт.
5. Нитяной отвес.
6. Мерную ленту с набором шпилек или рулетку.
7. Две нивелирные рейки.
8. Две вешки.

Все полученные приборы должны быть осмотрены, желательно в присутствии преподавателя, с точки зрения их технического состояния. При обнаружении каких-либо неисправностей или некомплектности, прибор должен быть возвращен в геокамеру для его ремонта или замены. После осмотра проводятся поверки приборов.

#### **Визуальный осмотр теодолита 2Т30 (4Т30П) при получении.**

1. Установить теодолит вместе с футляром на штатив и закрепить его винтом. Снять футляр, для чего открыть замки, отжав пружины-фиксаторы и повернув рукоятки замков по направлению стрелок.

2. Открепить закрепленные винты алидады и зрительной трубы и вращением от руки проверить плавность вращения алидады и зрительной трубы. Закрепив винты алидады и зрительной трубы и открепив винт лимба, проверить надежность закрепления лимба. Закрепив винт лимба, проверить надежность закрепления лимба, алидады и трубы.

3. При закрепленном положении закрепительных винтов проверить работу наводящих винтов лимба, алидады и трубы. При их вращении труба должна плавно перемещаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях, при вращении наводящих винтов как по ходу, так и против хода часовой стрелки.

4. Наблюдением через зрительную трубу проверить работу фокусирующих устройств трубы. Для этого вращением диоптрийного кольца сфокусировать сетку нитей, то есть добиться резкости ее изображения. После этого вращением кремальеры добиться резкого изображения как удаленных, так и близко лежащих предметов. Если при этом кремальера вращается вхолостую и добиться резкости изображения не удастся, необходимо повернуть опорный винт, расположенный в отверстии на кремальере.

5. Проверить качество изображения отсчетных шкал в микроскопе. Для этого вращением круглого зеркальца добиться полного освещения шкал и вращением диоптрийного кольца микроскопа четкого их изображения. Четкость изображения штрихов шкал и оцифровки должна сохраняться по всему полю изображения микроскопа.

6. Проверить плавность вращения подъемных винтов. Если винты имеют тугий ход, необходимо пригласить из геокамеры учебного мастера для их регулировки.

7. Проверить целостность исправительных винтов цилиндрического уровня и сетки нитей.

8. Перед укладкой теодолита в футляр установить все наводящие винты в среднее положение, зрительную трубу поставить вертикально объективом вниз. Совместить красные метки на колонке теодолита и на его основании так, чтобы шпонка футляра вошла в паз основания и, слегка нажимая на футляр сверху, закрыть на замки, вращая их рукоятки против стрелки.

Теодолит ТЗ0П упаковывается в транспортный кейс боком в соответствии с инструкцией.

### **Визуальный осмотр нивелира Н-3 при получении.**

1. Проверить комплектность принадлежностей нивелира, находящихся в упаковочном ящике.

2. Вынуть нивелир из ящика и установить на штативе, закрепив станковым винтом.

3. Открепить закрепительный винт зрительной трубы и проверить плавность вращения трубы вокруг вертикальной оси.

4. Закрепить винт зрительной трубы, проверить работу наводящего винта нивелира.

5. Проверить качество оптики зрительной трубы, для чего вращением окулярного кольца установить резкость сетки нитей и с помощью кремальеры отфокусировать трубу на дальние и близкие точки.

6. Привести с помощью подъемных винтов пузырек круглого уровня на середину и, после этого, проверить работу элевационного винта, совместив изображения концов пузырька цилиндрического уровня, видимых в поле зрения окуляра.

### **Штатив.**

Ножки раздвижного штатива шарнирно соединены с головкой штатива специальными болтами. Необходимо

проверить, чтобы эти болты были хорошо закреплены и не шатались. Регулировку болтов выполняют гаечным ключом. При выдвижении ножек штатива не следует делать больших усилий, так как можно сорвать стопорные приспособления.

Штатив необходимо держать в вертикальном положении, чтобы при выдвижении ножек не нанести себе травму. Если ножки не выдвигаются, нужно ослабить сцепление, слегка покачивая их вправо и влево, держась за наконечники. После выдвижения ножек необходимо закрепить их стопорными винтами и проверить надежность закрепления.

Для прикрепления теодолита к головке штатива имеется становой винт. Внутри винта должен находиться крючок для подвешивания нитяного отвеса. На одной из ножек штатива должен располагаться пенал с крышкой для нитяного отвеса.

Для переноса штатива на значительные расстояния должны быть специальные ремни, которые стягивают ножки штатива.

### **Мерная лента со шпильками.**

Мерная лента выдается намотанной на кольцо и закрепленной специальными винтами. Для осмотра ленты винты вывертываются и убираются. Ленту разворачивают два студента. Один из них вращает кольцо с лентой, а второй, взяв ленту за ручку постепенно отходит, растягивая ленту. Студент с кольцом, разматывая ленту, внимательно осматривает ее, следя, чтобы на ленте не было следов ржавчины, надломов, грозящих разрыву ленты. Если на ленте обнаруживаются склепанные места, необходимо проверить качество клепки и в случае ненадежной или неправильной (внахлест) клепки ленту следует заменить. Свертывается лента в обратном порядке.

Проверить количество шпилек, их должно быть 6 штук. Толщина шпилек должна соответствовать диаметру вырезов на концах ленты, в которые вставляются шпильки при измерении линий местности. Если шпильки изогнуты, то необходимо их выпрямить молотком.

### **Рулетка.**

Рулетка представляет собой стальное полотнище шириной 1 – 2 см и длиной от 20 до 50 м. Наиболее удобная для работы длина ленты – 50 м. Полотно рулетки скреплено с крестовиной, на которую оно намотано.

При получении рулетки студенты вдвоем разматывают рулетку на ровной поверхности, следя за тем, чтобы полотно рулетки не перегибалось, и осматривают ее на предмет разрывов и соединений.

### **Нивелирные рейки.**

В комплекте с нивелиром выдаются две двухсторонние нивелирные рейки. При получении реек необходимо проверить, чтобы начало счета (у пятки рейки) по красным сторонам обеих реек было одинаковым (например 4785 или 4685).

### **Вешки.**

Вешки заводского изготовления должны быть раскрашены желтыми и красными шашками. На одном конце вешки обязательно должен быть заостренный металлический наконечник для установки вешки на наблюдаемой точке.

### **Нитяной отвес.**

Нитяной отвес представляет из себя нить с заостренным грузиком на конце. Для изменения длины отвеса при

центрировании теодолита на нити отвеса помещается пластинка с двумя отверстиями. Свободный конец нити проходит через нижнее отверстие пластинки, далее через крючок на станомом винте и закрепляется на верхнем отверстии пластинки. При перемещении пластинки вдоль нити меняется длина отвеса. Конец отвеса должен находиться как можно ближе к точке, над которой центрируется прибор.

### Поверки теодолита 2Т30 (4Т30П)

Поверки выполняются в такой последовательности.

**1. Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к основной оси прибора.**

Поверку выполняют в такой последовательности. Теодолит устанавливают на штативе так, чтобы уровень был расположен по направлению двух любых подъемных винтов и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня в нуль-пункт, затем поворачивают горизонтальный круг теодолита на  $180^\circ$ . Если пузырек остался на середине или отклонился не более чем на одно деление, уровень исправен, если более чем на одно деление — неисправен.

Для устранения неисправности пузырек перемещают исправительными винтами уровня к нуль-пункту на одну половину дуги отклонения, подъемными винтами — на вторую. После выполнения поверки удостоверяются, что теодолит сохраняет рабочее положение. Для этого горизонтальный круг поворачивают на  $90^\circ$ , приводят пузырек цилиндрического уровня на середину и поворачивают горизонтальный круг в произвольном направлении. Если при различных положениях круга

относительно подъемных винтов пузырек остался на середине, поверка считается выполненной.

**2. Ось вращения теодолита должна совпадать с осью вращения горизонтального лимба или быть ее параллельной.**

Прибор устанавливают в рабочее положение, освобождают лимб и вращают на  $360^\circ$ . Пузырек на уровне должен остаться в нуль-пункте.

Если условие не выполняется, то ремонт производится в мастерской.

**3. Вертикальная нить сетки зрительной трубы должна быть отвесна, а горизонтальная – перпендикулярна к ней.**

Поверку выполняют в такой последовательности. Вертикальную ось вращения теодолита приводят в отвесное положение. На расстоянии 8...10 м от теодолита закрепляют отвес. Вертикальную нить сетки нитей наводят на отвес, затем медленно опускают трубу. Если вертикальная нить сетки совпадает с нитью отвеса, теодолит исправен, если отклонилась от отвеса — неисправен.

Чтобы исправить соотношение осей, снимают с окулярного колена трубы колпачок, ослабляют исправительные винты сетки и поворачивают диафрагму так, чтобы вертикальная нить сетки совместилась с нитью отвеса.

При нарушении условия поверки визируют только перекрестием сетки нитей. После выполнения этой поверки повторно делают вторую поверку.

**4. Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.**

Несоблюдение этого условия вызывает коллимационную ошибку, которая выражается углом

между визирной осью и перпендикуляром к оси вращения трубы.

Поверку выполняют в такой последовательности. Приводят прибор в рабочее положение. Наводят центр сетки нитей на удаленную, ясно видимую точку, закрепляют лимб и алидаду и берут отсчет  $A_1$  по горизонтальному кругу при положении вертикального круга справа от трубы (КП). Отпускают зажимной винт зрительной трубы и переводят трубу через зенит и после поворота алидады на  $180^\circ$  вновь наводят центр сетки нитей на ту же точку при расположении вертикального круга слева от трубы (КЛ). Берут повторный отсчет  $A_2$ . Если отсчеты  $A_1$  и  $A_2$  равны или отличаются не более чем на двойную точность отсчетного устройства, теодолит исправен, если больше — неисправен.

Чтобы устранить неисправность, из отсчетов  $A_1$  и  $A_2$  находят среднее значение:  $A = (A_1 + A_2) / 2$ . Микрометренным винтом устанавливают на горизонтальном круге средний отсчет  $a$  (изображение точки сместится от вертикальной нити). Снимают с окулярного колена трубы колпачок, ослабляют вертикально расположенные винты и вращением боковых исправительных винтов смещают сетку до совпадения перекрестия сетки нитей с точкой визирования. После юстировки закрепляют винты.

Можно измерять угол и при нарушенном соотношении осей. В этом случае отсчеты берут при двух положениях трубы — левом и правом (Л и П) и из этих отсчетов определяют среднее.

**5. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к основной оси вращения прибора.**

Поверку выполняют в такой последовательности. Теодолит устанавливают на расстоянии 8...10 м от стены здания. Вертикальную ось вращения приводят в отвесное

положение. Трубу наводят на точку, высоко расположенную на здании, и закрепляют горизонтальный круг. Трубу плавно опускают до горизонтального положения. На стене отмечают проекцию точки. Переводят трубу через зенит, опускают закрепительный винт алидады и снова наводят на ту же точку. Проецируют точку на тот же уровень и закрепляют. Если проекции точки совпадают, теодолит исправен, если не совпадают — неисправен.

Условия этой поверки гарантируются заводом-изготовителем. При нарушении условия прибор направляют в мастерскую для ремонта.

При работе с нарушенным соотношением осей выполняют следующее. Измерения делают только при двух положениях круга. При подъеме трубы до  $30^\circ$  и расстоянии до проектируемой точки до 20 м допускается несовпадение проекций до 30 мм; за окончательный результат принимают среднее из двух наведений.

Примечание: Поверки теодолита 4Т30П выполняются аналогичным образом.

### **Поверки нивелира НЗ (НЗК)**

Поверки выполняются в такой последовательности.

**1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.**

Вращением подъёмных винтов приводят пузырёк уровня на середину (нуль-пункт). Верхнюю часть нивелира поворачивают на  $180^\circ$ . Если пузырёк не сместился, то условие выполнено. В противном случае юстировочными винтами уровня перемещают пузырек в нуль-пункту на половину дуги отклонения, затем подъёмными винтами приводят на середину. После этого нивелир поворачивают

на  $180^\circ$ , и если пузырёк опять сместился с середины, исправление повторяется.

**2. Горизонтальный средний штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к оси вращения прибора.**

Нивелир устанавливают в рабочее положение и на расстоянии 20 – 30 м устанавливают рейку. Берут отсчет по рейке крайней правой и крайней левой частью центральной нити. Отсчеты должны быть равны. Если отсчеты отличаются, то с помощью исправительных винтов сетки нитей ее устанавливают в правильное положение.

**3.1. Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня (нивелиры с цилиндрическим уровнем).**

Проверку выполняют двойным нивелированием по способу вперёд точек А и В, прочно закреплённых металлическими костылями на расстоянии 50 – 70 м. одна от другого на местности. Если визирная ось зрительной трубы не параллельна оси цилиндрического уровня, то в отсчёты по рейке войдёт погрешность  $X$  (рис. 1).

Как видно из рисунков фактические отсчёты  $b_1$  и  $b_2$  по рейке должны быть исправлены, а в данном случае изменены на величину погрешности  $X$ . Таким образом правильные отсчёты по рейкам будут:

$$b'_1 = b_1 - x, \quad b'_2 = b_2 - x.$$

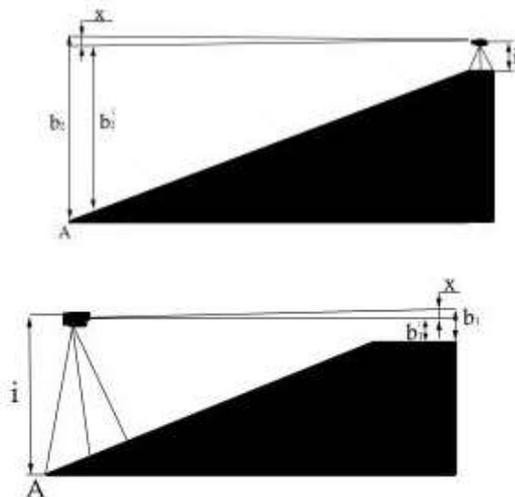


Рис. 1. Двойное нивелирование точек А и В

С учётом этих равенств превышение точки В над точкой А, полученное дважды с учётом фактических отчётов выразится по формулам:

$$\text{На первой станции: } h = i - b_1 + x, \quad (1)$$

$$\text{На второй станции: } h = b_2 - x - i_2. \quad (2)$$

В связи с тем, что с обеих станций определялось превышение между одними и теми же точками А и В, левые части формул (1) и (2) равны между собой.

$$i - b_1 + x = b_2 - x - i_2$$

Откуда погрешность за несоблюдение основного геометрического условия нивелира:

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}$$

Для установления допустимости погрешности  $x$  вычисляют угол  $i$ , характеризующий невыполнение основного геометрического условия, по формуле:

$$i = \frac{xc}{S},$$

где  $S$  – расстояние между точками,  $r=206\ 265''$

Если величина угла  $i$  превышает  $15''$  у точных или  $45''$  у технических нивелиров, то поправляют не параллельность осей. Для этого сначала вычисляют правильный отсчёт по рейке на второй станции  $b_2 - x = b'_2$ . Затем (у нивелира) исправляют положение оси уровня следующим образом: приводят горизонтальную нить сетки на исправленный отсчёт, после чего вертикальными исправленными векшами цилиндрического уровня совмещают изображение концов пузырька уровня. Для контроля поверку нужно повторить.

**3.2. Для нивелира НЗК** (нивелир с компенсатором без цилиндрического уровня)

**Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальна.**

Поверка выполняется аналогично нивелиру НЗ. В случае необходимости исправление производят смещением сетки нитей. Для этого ослабляют боковые и верхние крепежные винты сетки нитей, и с помощью нижнего винта выставляют правильный отсчет. Эта операция требует большой аккуратности, и проводится обязательно в присутствии преподавателя.

### **Электронный тахеометр**

Студентам хорошо проявившем себя в семестре, по согласованию с преподавателем может выдаваться электронный тахеометр.

Электронный тахеометр выдается в комплекте со штативом и отражателем для проведения тахеометрической съемки. Работа с прибором проходит после изучения инструкции для пользователя и под контролем преподавателя.

Инструкцию к тахеометру SokkiaSET 530R можно найти на сайте <http://www.gspland.com/>.

Электронный тахеометр должен быть поверен и отъюстирован перед производством работ. Перед

поверками необходимо внимательно изучить методику из проведения и юстировки по руководству к эксплуатации конкретной модели тахеометра.

При работе с тахеометром выполняются следующие поверки.

1. Поверка уровней круглого и цилиндрического.
2. Поверка оптического центрира.
3. Поверка компенсатора наклона вертикальной оси прибора.
4. Определение коллимационной ошибки и места нуля вертикального круга.
5. Определение постоянной поправки (К) дальномера электронного тахеометра.
6. Определение постоянной поправки отражателя.
7. Рабочая ось электронного дальномера должна совпадать с визирной осью зрительной трубы.
8. Рабочая ось указателя створа должна совпадать с визирной осью зрительной трубы тахеометра.

## **Правила обращения с геодезическими приборами в процессе полевых измерений**

### **Теодолит 2Т30.**

1. Переноска теодолита от места хранения до участка работы должна производиться только в футляре и в чехле, выполненном в виде рюкзака.

2. Перед установкой теодолита необходимо выдвинуть ножки штатива, закрепить их винтами и поставить штатив над точкой так, чтобы плоскость его головки располагалась горизонтально, а высота соответствовала росту наблюдателя. Для устойчивости прибора ножки штатива не должны быть расположены близко друг от друга, а

наконечники штатива слегка утоплены в землю с помощью упоров, имеющих в нижней части штатива.

3. При установке теодолита на штатив необходимо, не снимая футляра, закрепить его становой винт. После снятия футляра следует проверить, чтобы все наводящие винты находились в среднем положении. При работе с этими винтами нельзя применять усилий.

4. Если подъемные винты вращаются с трудом, слегка ослабить становой винт. После окончания работы с подъемными винтами становой винт снова закрепить, не затягивая его слишком туго.

5. При переходе на короткие расстояния (с точки на точку) теодолит разрешается переносить закрепленным на штативе. При этом трубу теодолита поворачивают объективом вниз, все крепежные винты закрепляются, ножки штатива сдвигаются вместе и держатся в вертикальном или слегка наклонном положении. Переносить штатив с теодолитом в горизонтальном положении не допускается.

6. При перерыве в работе нельзя оставлять теодолит без присмотра. В случае кратковременного дождя необходимо закрыть теодолит футляром или прикрыть его зонтом. В случае продолжительного дождя работа прекращается. Если на теодолит попала влага, при возвращении на базу его необходимо протереть сухой мягкой тряпкой и дать просохнуть, после чего убрать в футляр.

7. После окончания полевых измерений теодолит укладывается в футляр и в чехол-рюкзак. Переносить теодолит на склад и хранить его там без футляра не допускается.

### **Нивелир Н-3.**

1. Все перечисленные правила обращения с теодолитом 2Т30 в процессе полевых измерений, в основном, относятся и к нивелиру.

2. Перед совмещением концов пузырька цилиндрического уровня видимых в поле зрения окуляра предварительно, наблюдая в осветительное окно, необходимо элевационным винтом привести пузырек цилиндрического уровня примерно на середину трубки уровня. Окончательное приведение

пузырька уровня на середину производится смещением концов пузырька уровня элевационным винтом при рассмотрении их в окуляр.

### **Электронный тахеометр.**

Подготовка тахеометра к работе включает:

- поверки и юстировки прибора, оптического центрира отражателя или уровня на вехе для призмы;
- зарядку аккумуляторов;
- в режиме памяти выбор файлов исходных данных и файлов для записи результатов измерений; очистку рабочих файлов от старой информации.

### **Мерная лента.**

1. Держать ленту в развернутом виде можно только при измерении линий местности. В остальных случаях она должна быть намотана на кольцо.

2. При переноске ленты, намотанной на кольцо, следует держать ее не за ручку ленты, а за кольцо.

3. При размотке ленты и при измерении линий местности категорически не допускается образование петель на ленте во избежание ее поломки.

4. При измерении линий местности лентой шпильки необходимо втыкать в землю отвесно и на достаточную

глубину, чтобы при натяжении ленты они не наклонялись и не смещались со своего положения.

5. После работы в мокрую погоду ленту, перед свертыванием, необходимо протереть сухой тряпкой.

### **Нивелирные рейки, вешки.**

1. Не разрешается сидеть на нивелирных рейках. Необходимо предохранять деления шкалы рейки от стирания о грунт.

3. Нельзя кидать вешки, так как при ударе о грунт вешки легко переламываются.

### **Порядок подготовки приборов для сдачи их на склад**

1. После окончания полевых работ студенты, по разрешению преподавателя – руководителя практики сдают приборы в геокамеру. Перед сдачей приборов необходимо:

- мягкой тряпкой протереть от пыли теодолит и нивелир, футляр теодолита и упаковочный ящик нивелира также требуется привести в порядок;

- очистить от грязи и пыли металлические части штатива и вешек, протереть влажной тряпкой нивелирные рейки;

- мерную ленту, шпильки и топор очистить от ржавчины песком и протереть тряпкой, смоченной маслом.

2. За утерю или поломку геодезических приборов и оборудования студенты несут материальную ответственность. Если виновный в утере или поломке не обнаружен, материальную ответственность несут все члены бригады на равных основаниях.

3. При полном расчете студенческой бригады с геокамерой заведующий геодезической лабораторией делает запись в специальном журнале. При отсутствии

такой записи зачет по геодезической практике студентам данной бригад не ставиться.

#### 4. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ НА УЧЕБНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

##### Вешение линий

Перед измерением длины линии на её концах устанавливают веши. Если длина линии превышает 100 м или на каких-то её участках не видны установленные веши, то в их створе ставят дополнительные веши (створом двух точек называют проходящую через них вертикальную плоскость). Вешение обычно ведут «на себя». Наблюдатель становится на провешиваемой линии у веши А (рис. 2. а), а рабочий по его указаниям ставит вешу 1 так, чтобы она закрыла собой вешу В. Таким же образом последовательно устанавливают веши 2, 3 и т. д.

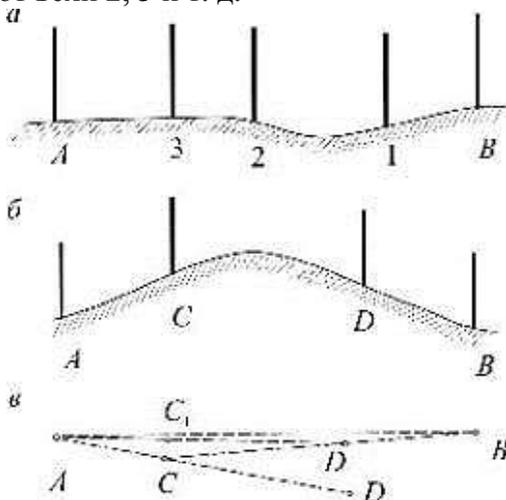


Рис. 2. Вешение линии: а – «на себя»; б – через препятствие; в – то же (вид в плане).

Установка вех в обратном порядке, то есть «от себя», является менее точной, так как ранее выставленные вехи закрывают видимость на последующие.

Если точки А и В недоступны или между ними расположена возвышенность (рис. 2, б, в), то вехи ставят примерно на линии АВ на возможно большем расстоянии друг от друга, но так, чтобы в точке С увидеть вехи В и D, а в точке D - вехи А и С. При этом рабочий в точке С по указаниям рабочего в точке D ставит свою веху в створ линии AD. Затем рабочий в точке D по указаниям рабочего в точке С переносит свою веху в точку D1, то есть в створ точек С и В. Затем из точки С веху переносят в точку С1 и так далее до тех пор, когда обе вехи окажутся в створе АВ.

### **Измерение горизонтальных углов**

Измерению горизонтального угла предшествует установка теодолита в рабочее положение, которая складывается из следующих действий: центрирование прибора, приведение плоскости лимба в горизонтальное положение, установка трубы для наблюдений.

Центрирование выполняется при помощи нитяного отвеса. Перемещением штатива вместе с теодолитом добиваются, чтобы отвес находился примерно над точкой, обозначающей вершину измеряемого угла. После этого, нажимая ногой на упоры, имеющиеся в нижней части штатива, уточняют положение отвеса, одновременно следя за тем, чтобы головка штатива была примерно горизонтальна. Окончательного совмещения острия отвеса с точкой достигают перемещением теодолита по головке штатива, открепив предварительно становой винт, после чего этот винт снова закрепляют.

Приведение плоскости лимба в горизонтальное положение (вертикальной оси прибора в отвесное положение) выполняется с помощью подъемных винтов при подставке и фиксируется по уровню, расположенному на алидаде горизонтального круга.

Установка трубы для наблюдений складывается из установки трубы по глазу вращением диоптрийного кольца и по предмету - с помощью кремальеры.

Измерение горизонтального угла выполняется способом приемов. Измеряются обычно правые по ходу углы. Закрепив лимб, вращением алидады наводят зрительную трубу на правую веху, причем наведение делается на нижнюю часть вехи. Взяв отсчет по горизонтальному кругу (а), вращением алидады зрительную трубу наводят на левую веху и берут отсчет (с). Величина измеряемого угла  $\beta = a - c$ . Выполненные действия составляют один полуприем. Между полуприемами переводят трубу через зенит и смещают лимб примерно на  $90^\circ$ . Закрепив лимб и открепив алидаду, снова наводят трубу на правую и левую вехи. Расхождение между двумя значениями угла, полученными в каждом полуприеме, не должно превышать двойной точности отсчетного устройства. Для теодолита 2Т30 предельная величина расхождения равна  $1'$ . При удовлетворении этого условия находят среднее значение угла из двух полуприемов.

### **Измерение углов наклона**

Для измерения угла наклона наводят горизонтальную нить сетки на определяемую точку при двух положениях вертикального круга слева и справа от трубы, беря отсчеты по шкале вертикального круга (КЛ и КП). При наведении

на точку необходимо следить, что бы пузырек уровня при алидаде горизонтального круга был на середине.

По полученным отсчетам вычисляют место нуля (M0) вертикального круга и угол наклона( $v$ ) по формулам

$$M0 = \frac{КЛ+КП}{2};$$
$$v = КЛ - M0; \quad v = M0 - КП.$$

### **Измерение линий местности 20-метровой мерной лентой**

Измерение линий местности мерной лентой выполняют два мерщика - передний и задний. При первом укладывании ленты передний мерщик берет в левую руку ручку ленты и пять штук шпилек, обращенных колечками в правую сторону. Шестая шпилька и кольцо, на которое надеваются шпильки, должны находиться у заднего мерщика. В начале измерений задний мерщик втыкает в землю свою шпильку у начальной точки, вставляет вырез ленты в шпильку и выставляет переднего мерщика в створ так, чтобы конец ленты проектировался на вешку в конце линии. Передний мерщик энергично встряхивает ленту и, натянув ее, берет правой рукой шпильку, вставляет ее в вырез ленты и втыкает в землю. После этого задний мерщик вынимает свою шпильку и надевает ее на кольцо. Лента протягивается вперед по линии, задний мерщик вставляет вырез ленты в шпильку, воткнутую в землю, снова выставляет переднего мерщика в створ линии. Далее работа выполняется аналогично.

Передний мерщик выставляет шпильки, а задний их собирает и надевает на кольцо. Если у заднего мерщика набирается 6 шпилек, то это означает, что измерено 100 метров. В этом случае следует передача 5 шпилек

переднему мерщику и измерения продолжаютя. У конца линии по ленте отсчитывается остаток, т.е. расстояние от последней шпильки до конца линии. При измерении остатка необходимо проверить, чтобы нулевой штрих ленты был сзади, т.е. у заднего мерщика. Кроме того, следует быть внимательным при фиксировании цифр 6 и 9, обращая внимание на соседние цифры.

Общая длина измеренной линии может быть подсчитана по формуле:

$$D = 100N + 20n + r,$$

где  $N$  – число передач по 5 шпилек

$n$  – число шпилек у заднего мерщика, не считая шпильки, находящейся в земле при последней ленте;

$r$  – остаток.

Каждая линия измеряется два раза (в прямом и обратном направлениях). Расхождение в полученных значениях длин линий не должно превышать  $1/2000$  длины для средних условий измерений.

В случае недопустимого расхождения линия измеряется еще раз и неверный результат отбраковывается.

### **Измерение линий местности рулеткой**

Между начальной и конечной точками измеряемой линии должна быть прямая видимость. Эти точки обозначают на местности и устанавливают на них вехи А и В. Укладка рулетки в створе производится на глаз. Если длина линии более 200 м, то она предварительно провешивается, т.е. в створе линии ставятся дополнительные вехи. При этом наблюдатель становится в двух-трех метрах от вехи А и указывает помощнику места установки дополнительных вех так, чтобы они находились

в створе линии А-В. Вешение производится методом «на себя». Количество промежуточных вех зависит от длины линии и условий видимости. Если поверхность земли ровная рулетку укладывают по земле, при существенных неровностях рулетку держат на весу или на головках штативов, а положение концов проектируется на поверхность земли нитяными отвесами, при этом под середину рулетки ставят подпорку для уменьшения погрешности за провисание.

При измерении первого уложения все шпильки находятся у переднего мерщика. После измерения линии необходимо проверить число шпилек, оставшихся у переднего и заднего мерщиков, чтобы избежать ошибок при определении числа уложений.

Длина линии вычисляется по формуле:

$$D = n \cdot l_0 + r$$

где  $n$  – число уложений (число шпилек у заднего мерщика);  $l_0$  – длина рулетки;  $r$  – остаток или домер от последней шпильки до второй точки.

### **Измерение расстояний нитяным дальномером.**

При использовании нитяного дальмера теодолита горизонтальные проекции линий местности определяются по формуле:

$$d = k \cdot n \cdot \cos 2v,$$

где  $k$  – коэффициент дальмера (обычно  $k = 100$ );  
 $n$  – отсчет, соответствующий числу делений дальномерной рейки, видимых в трубу между дальномерными нитями.

## **Определение превышений методом тригонометрического нивелирования**

В начале линии устанавливают теодолит, отмечают на дальномерной рейке высоту прибора и ставят её в конце линии. По дальномерной рейке снимают отсчёт  $n$  между дальномерными нитями и измеряют угол наклона линии  $\nu$  наведением на метку, соответствующую высоте прибора, при круге справа и слева от трубы. Превышение между точками начала и конца линии найдётся по формуле:

$$h = \frac{1}{2} k \cdot n \cdot \sin 2\nu$$

Затем теодолит и рейку меняют местами и определяют превышение в обратном направлении.

Прямое и обратное превышения не должны отличаться по абсолютной величине более, чем на  $0,04 \cdot D$ , где  $D$  – длина линии в сотнях метров.

## **Определение превышений методом геометрического нивелирования**

Нивелир устанавливают примерно на равных расстояниях от измеряемых точек и приводят его в рабочее положение. Для установки прибора в рабочее положение необходимо:

- привести ось вращения нивелира в отвесное положение с помощью круглого уровня;
- установить зрительную трубу «по глазу» (диоптрийным кольцом) и по рейке (кремальерой).

Порядок работы на станции:

1. Отсчет по черной стороне задней рейки ( $a_ч$ )
2. Отсчет по черной стороне передней рейки ( $b_ч$ ).
3. Отсчет по красной стороне передней рейки ( $b_{кр}$ ).

4. Отсчет по красной стороне задней рейки ( $a_{кр}$ ).

Перед каждым отсчетом по рейке обязательно производится совмещение изображений концов пузырька цилиндрического уровня элевационным винтом. Разница отсчетов ( $a_{кр}$ ) – ( $a_ч$ ), и ( $b_{кр}$ ) – ( $b_ч$ ),, должна быть равна значению пятки рейки  $\pm 2$  мм. Отсчеты по рейке записывают в журнал установленной формы.

Превышения вычисляются по формулам:

$$h_ч = a_ч - b_ч ,$$

$$h_{кр} = a_{кр} - b_{кр} .$$

Контроль измерений на станции:  $|h_ч - h_{кр}| \leq 4$  мм. Если разность превышений в допуске, то вычисляют среднее превышение, округляя его до целых миллиметров

$$h_{a-b} = \frac{h_ч + h_{кр}}{2} .$$

### **Работа с электронным тахеометром**

Работу на станции начинают с установки и приведения прибора в рабочее положение. Для этого ставят штатив над точкой, вдавливают его ножки, регулируя их высоту, чтобы головка штатива была горизонтальной. Тахеометр ставят на штатив, закрепляют станковым винтом. Проводят центрирование и горизонтирование прибора с помощью встроенного оптического центрира, подъемных винтов, уровня. Измеряют высоту тахеометра от марки центра пункта до метки высоты прибора.

Для съемки, прокладки теодолитного хода, построений засечками призму отражателя устанавливают на веху, которая в отвесное положение приводится по круглому уровню.

Основные методы работы с электронными тахеометрами являются общими для большинства моделей

поэтому производство измерений рассмотрим на базе SET530R.

Прибор включают, он автоматически проводит самодиагностику и просит ввести пароль. Появляется режим статуса, из которого входят в режим конфигурации, если требуется ввести константы прибора и условия наблюдений. Затем устанавливают экран измерений. Сначала вводят в прибор данные о станции. Для этого активизируют клавишу ЗАП режима измерений, появится экран ЗАПИСЬ с указанием номера рабочего файла и названием данных. Выбирают курсором строку ДАННЫЕ О СТАНЦИИ, нажимают ENTER (ВВОД), в появившемся окне нажимают клавишу РЕДКТ.

Для ввода в обозначенные строки набирают следующие данные:

- имя точки (Т);
- высота инструмента (Выс И);
- код станции;
- оператор;
- дата;
- время;
- погода (ясно, облачно, пасмурно, дождь и т. д.);
- ветер (нет, легкий, сильный, умеренный и др.);
- температура;
- давление;
- атмосферная поправка.

Набранные значения проверяют, нажимают клавишу ДА, данные будут введены. Нажимают ESC для возвращения в экран ЗАПИСЬ и регистрации результатов измерений. Атмосферную поправку вводят только при высокоточных измерениях, в остальных случаях она принимается по умолчанию нулевой, а температура и давление — стандартными.

Измерения начинают с визирования на пункт начального ориентирования. Наводящими винтами трубы и алидады совмещают изображение центра сетки нитей с центром визирной марки или отражателя, установленных над пунктом.

Для измерения и записи результатов в указанный рабочий файл проводят следующие операции.

- В экране ЗАПИСЬ курсором выбирают УГЛЫ, нажимают клавишу ESC до возвращения в экран измерений. В нем нажимают клавишу Уст 0, когда она будет мигать, нажимают повторно. Будет выставлен нулевой отсчет по ГК на начальное направление. Нажимают клавишу ЗАП.

- В экране ЗАПИСЬ выбирают РАССТОЯНИЯ. Через ESC возвращаются в экран измерений, нажимают клавишу РАССТ. На экране отобразятся: наклонное расстояние S, вертикальный угол Z, отсчет по ГК. Нажимают клавишу ЗАП, затем РЕДКТ. В появившемся трафарете набирают: Т - имя (номер точки): ВЫС Ц. — высоту цели; код точки, если используется кодирование. Набранные данные проверяют. Они будут введены после нажатия ДА.

- Визируют на переднюю точку хода. В экране ЗАПИСЬ выбирают РАССТОЯНИЯ, проводят измерения (клавиша РАССТ экрана измерений). Нажимают клавишу ЗАП, затем РЕДКТ. Набирают имя точки визирования, высоту цели, код точки.

- С этой же станции проводят съемку пикетов или иных точек объекта полярным способом. Для записи в рабочий файл однотипных точек, когда высота отражателя на вехи постоянна, а номер точек можно автоматически увеличивать на единицу, используют режим записи АВТО. Для его активизации в экранах ЗАП/РАССТ и ЗАП/УГЛЫ нажимают клавишу АВТО. Веху с отражателем ставят на первый снимаемый пункт, визируют на него, нажимают

клавишу РАССТ, вводят его номер. Номера остальных точек будут увеличены на единицу автоматически.

Измерения пунктов можно выполнять в режиме координат, нажав клавишу КООРД экрана измерений. В этом режиме также действует запись АВТО. Однако для этого режима предварительно должны быть введены (или извлечены из файла исходных данных) координаты станции и точки начального ориентирования. Следует иметь в виду, что допущенные ошибки в координатах исходных точек в этом режиме войдут в координаты всех снятых пикетов.

### **Обработка результатов измерений при съемке электронным тахеометром.**

Для обработки информация полевых измерений передается из электронного тахеометра в компьютер. Обмен информацией «тахеометр — компьютер» и обратно выполняют с помощью индивидуальных программ передачи данных, прилагаемых к комплекту прибора, или универсальных программ, используемых для обработки. Из универсальных программ в РФ распространена CREDO DAT.

## **5. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА УЧАСТКА МЕСТНОСТИ**

Съемка строительного участка выполняется с целью получения топографической основы для проектирования зданий или сооружений и подготовки геодезических данных для вынесения их на местность.

Основными этапами работ при топографической съемке являются:

- рекогносцировка участка;
- закрепление на местности вершин углов поворота теодолитных ходов;
- измерение горизонтальных углов и углов наклона линий в ходах;
- измерение длин линий в прямом и обратном направлениях;
- привязка теодолитного хода к геодезической сети;
- определение превышений между точками хода;
- съемка ситуации и рельефа,
- камеральная обработка результатов измерений и составление плана.

### **Полевые работы при топографической съемке**

**Рекогносцировка участка и закрепление на местности точек съемочного обоснования.**

В процессе рекогносцировки (осмотра) студенты знакомятся с участком местности, подлежащем съемке, намечают положение вершин углов поворота основного и диагонального теодолитных ходов, выявляют наличие пунктов опорной геодезической сети. В вершинах ходов забиваются колышки на уровне поверхности земли. Вокруг

кольшка делается окопка в виде круга, квадрата или треугольника. Во время рекогносцировки составляется схема расположения вершин теодолитных ходов и схема их привязки к опорной геодезической сети (рис. 3).

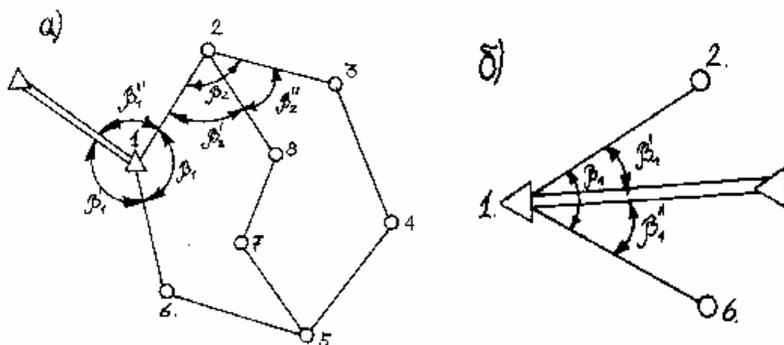


Рис. 3. Схема вершин теодолитного хода и схема привязки его к опорной геодезической сети

### Измерение горизонтальных углов и сторон теодолитных ходов.

В теодолитных ходах измеряются правые по ходу горизонтальные углы при обходе полигона по часовой стрелке. Для этого зрительную трубу теодолита наводят сначала на заднюю, а затем на переднюю вехи и из отсчета на заднюю веху вычитают отсчет на переднюю. Наведение делается на нижнюю часть вехи. Каждый угол измеряется двумя полуприемами. Расхождение в углах между полуприемами не должно превышать удвоенной точности прибора. При большем расхождении запись в журнале аккуратно зачеркивается, лимб смещается на произвольное число градусов и измерения повторяются.

Параллельно с измерением горизонтальных углов измеряются стороны теодолитных ходов.

Измерения производятся стальной 20-метровой лентой или рулеткой в прямом и обратном направлениях. Расхождение прямого и обратного значения длин линий не должно превышать 1/2000 при средних условиях измерений. Для определения горизонтальных проекций линий измеряются углы наклона ( $v$ ) каждой линии.

Измерение угла наклона производится путём наведения зрительной трубы на метку, соответствующую высоте прибора и сделанную на вехе, устанавливаемой в конце линии. Каждую линию измеряют с двух сторон. Контроль: значения приближенно равны по модулю, знак – противоположный.

Результаты измерений записываются в журнал установленной формы.

### **Определение превышений между точками хода геометрическим нивелированием.**

Нивелир устанавливают примерно на равных расстояниях от измеряемых точек и приводят его в рабочее положение. Измерения проводят по черной и красной сторонам реек.

Перед каждым отсчетом по рейке обязательно производится совмещение изображений концов пузырька цилиндрического уровня элевационным винтом.

Контроль измерений на станции:  $|h_{ч} - h_{кр}| \leq 4$  мм. Если разность превышений в допуске, то вычисляют среднее превышение, округляя его до целых миллиметров

$$h_{a-b} = \frac{h_{ч} + h_{кр}}{2}.$$

### **Определение превышений между точками хода тригонометрическим нивелированием.**

При создании высотной основы топографической съёмки участка определяют превышения между

вершинами углов поворота основного и диагонального ходов методом тригонометрического нивелирования. Для этого с каждой точки хода измеряются дальномерные расстояния и углы наклона на переднюю и заднюю точки хода. Углы наклона измеряются при положении вертикального круга слева и справа от зрительной трубы. Контролем правильности измерения углов наклона является постоянство места нуля в пределах двойной точности отсчёта.

Превышение между точками находится по формуле:

$$h' = \frac{1}{2}k \cdot n \cdot \sin 2v.$$

Если известно горизонтальное проложение линии  $d$  между точками хода, превышение может быть вычислено по формуле:

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} v.$$

Превышения вычисляются на микрокалькуляторе или определяются по тахеометрическим таблицам.

Если при измерении угла наклона невозможно сделать наведение на метку, расположенную на высоте прибора, наводят горизонтальную нить трубы вверх дальномерной рейки. В этом случае необходимо измерить рулеткой или рейкой высоту прибора  $i$  от колышка до оси вращения зрительной трубы и высоту визирования  $v$  с точностью до 0,01 м. Тогда превышение будет равно

$$h = h' + i - v.$$

Превышения определяются в прямом и обратном направлениях. Прямое и обратное превышения не должны отличаться по абсолютной величине более, чем на  $0,04 D$  см, где  $D$  – длина линии в сотнях метров.

Результаты измерений заносятся в журнал тахеометрической съёмки.

### Съемка ситуации.

Съемка ситуации производится следующими способами: перпендикуляров, полярным, угловых и линейных засечек. Результаты измерений при съемке ситуации заносят в абрис, составляемый для каждой стороны теодолитного хода.

Способ перпендикуляров применяется в основном при съемке вытянутых контуров, расположенных вблизи сторон теодолитного хода. Ближайшая к контуру сторона теодолитного хода (2-3 рис. 4) принимается за ось абсцисс, начало линии (точка 2) – за начало координат.

Из характерных точек, определяющих положение контура, на сторону опускаются перпендикуляры. Расстояние от точки 2 до основания перпендикуляра (абсцисса) и длина перпендикуляра (ордината) определяют положение каждой точки контура. Абсциссы измеряются стальной лентой, ординаты – рулеткой.

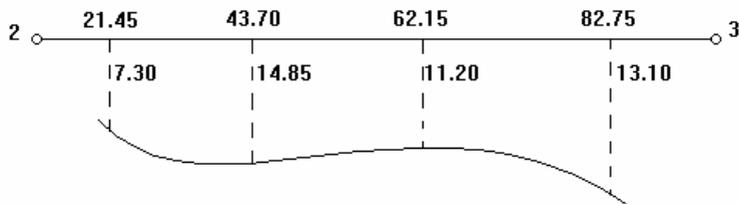


Рис. 4. Съемка ситуации способом перпендикуляров

Таблица 1

Допустимые расстояния при измерениях

Масштаб съемки	Длина перпендикуляра, м	
	«на глаз»	эккером
1 : 2000	8	60
1 : 1000	6	40
1 : 500	4	20

Перпендикуляры опускаются на линию на глаз или с помощью эскера. Длины перпендикуляров в зависимости от масштаба съемки не должны быть больше приведенных в табл. 1.

Полярный способ применяется для съемки контурных точек достаточно удаленных от точек теодолитного хода. Ближайшая к контуру линия принимается за полярную ось, начало линии – за полюс. Положение точек контура 1, 2, 3... (рис.5) определится полярными углами  $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$  и соответствующими расстояниями  $d_1, d_2, d_3 \dots$

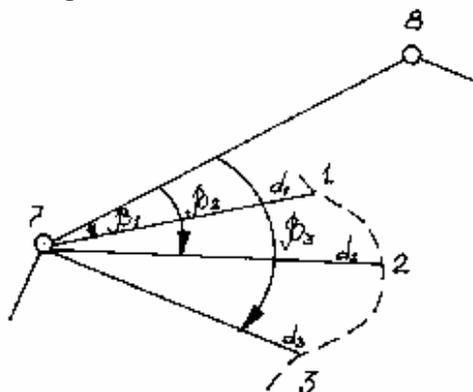


Рис. 5. Съемка ситуации способом полярных координат

Углы измеряются теодолитом одним полуприемом. Расстояния измеряются по дальномеру с точностью до 0,1 м. Перед измерениями лимб ориентируется по стороне хода. Для этого при положении вертикального круга слева от трубы совмещают нули алидады и лимба и вращением лимба наводят трубу теодолита на конечную точку стороны хода. Открыв алидаду, последовательно визируют на выбранные контурные точки, производя отсчеты по дальномеру и по горизонтальному кругу. Полученные отсчеты записывают в абрис теодолитной съемки.

Последнее наведение делается снова на начальное направление. Отсчет при этом не должен отличаться от нуля более 2'.

Способ линейных засечек применяется в условиях местности, удобной для линейных измерений. Положение точки контура в этом случае определяется как вершина треугольника, в котором известны длины сторон (рис. 6). Эти стороны измеряются лентой или рулеткой и записываются в абрис. Форма треугольника должна быть по возможности близка к равносторонней.

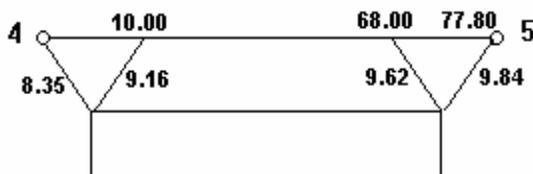


Рис. 6. Съемка ситуации способом линейных засечек

Способ угловых засечек применяется на открытых участках, где невозможно производить измерение расстояний. Положение контурной точки определяется горизонтальными углами  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  между стороной хода и направлениями на определяемую точку (рис. 7). Углы измеряются теодолитом одним полуприемом. Угол засечки должен быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ .

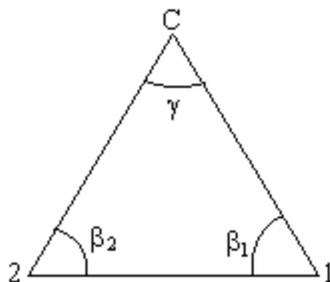


Рис. 7. Съемка ситуации способом угловых засечек

### **Съемка рельефа.**

Для съемки рельефа на местности выбираются пикетные точки на характерных перегибах рельефа. Эти точки не закрепляются, на них лишь ставится нивелирная рейка. Съемка производится полярным способом. Лимб теодолита ориентируется по передней станции. При наведении трубы на пикетную точку делается три отсчета: по нитяному дальномеру, по горизонтальному кругу, по вертикальному кругу. Все три отсчета берутся при рабочем положении круга слева. Отсчеты записываются в тахеометрический журнал. В абрисе дается примерное положение пикетов и стрелками показывается направление скатов.

### **Обработка результатов полевых измерений и составление топографического плана участка местности**

#### **Проверка полевых вычислений и определение поправок в измеренные длины линий.**

Камеральные работы при теодолитной съемке начинаются с проверки правильности вычислений в полевом журнале. После этого вычисляются средние значения длины каждой линии из результатов прямого и обратного измерений. В полученные значения линий  $D$  вводятся поправки за компарирование ленты и за наклон линии.

Горизонтальное проложение  $d$  вычисляется по формуле:

$$d = D + \Delta D_k - \Delta D_v,$$

где  $\Delta D_k$  – поправка за компарирование ленты,

$$\Delta D_v = 2D \cdot \sin^2(v/2).$$

Поправка за наклон может быть вычислена с помощью микрокалькулятора. Поправки вводятся, если  $v > 1^\circ$ .

### **Вычисление координат точек теодолитных ходов.**

Выполняют в ведомости координат теодолитного хода. Из теодолитного журнала в графу 2 ведомости выписывают измеренные углы замкнутого хода и подсчитывают угловую невязку  $f\beta$  по формуле:

$$f\beta = \sum \beta_{\text{изм}} - 180^\circ (n - 2) .$$

Полученную невязку сравнивают с предельно допустимой  $f\beta_{\text{пред}} = 1' n$ , где  $n$  – число углов хода. Если полученная невязка меньше или равна предельной, то ее распределяют поровну на все углы с противоположным знаком, округляя до  $1'$ . В противном случае углы должны быть измерены заново. Сумма исправленных углов должна быть точно равна теоретической сумме.

По данным привязки вычисляют азимут начальной стороны хода. Азимуты последующих сторон вычисляются по формуле:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{\text{испр.}}$$

Контролем правильности вычислений будет являться получение в конце вычислений азимут исходной стороны. По азимутам вычисляются румбы сторон хода.

Приращения координат (графы 7 и 8, ведомости) вычисляются по формулам:

$$\Delta x = d \cdot \cos r ;$$

$$\Delta y = d \cdot \sin r .$$

Знаки приращений координат определяются в зависимости от названия румба.

Невязки в приращениях координат для замкнутого хода найдутся по формулам:

$$f_x = \sum \Delta x ;$$

$$f_y = \sum \Delta y .$$

Для определения допустимости невязок подсчитывают абсолютную линейную невязку  $f_p$  в периметре:

$$f_{abc} = \sqrt{fx^2 + fy^2},$$

и относительную невязку  $f_{abc}/\Sigma d$ , которая должна быть меньше 1/2000.

Если полученные невязки допустимы, то они распределяются на приращения пропорционально длинам сторон с противоположным знаком с округлением до 0,01 м. Поправки в приращения вычисляются по формулам:

$$\delta x = -\frac{fx}{P}d_i, \quad \delta y = -\frac{fy}{P}d_i.$$

Сумма поправок должна быть равна невязке с противоположным знаком, а сумма исправленных приращений должна равняться нулю.

По координатам исходной точки, полученным в результате привязки хода к геодезической сети, и исправленным приращениям координат определяют координаты всех точек по формулам:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x_{испр.};$$

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y_{испр.}$$

Контролем правильности вычисления координат является получение в конце вычислений координат исходной точки.

Вычисление координат точек разомкнутого (диагонального) хода производят в той же последовательности, что и для замкнутого хода.

Угловая невязка находится в этом случае по формуле:

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{изм.} - [(\alpha_N - \alpha_K) + 180^\circ \cdot n]$$

где  $\alpha_N$  и  $\alpha_K$  – азимуты сторон, к которым примыкает разомкнутый теодолитный ход. После распределения невязки и вычисления исправленных значений углов находят азимуты и румбы сторон хода и вычисляют

приращения координат. Невязки в приращениях координат для разомкнутого хода находят по формулам:

$$\begin{aligned}f_x &= \sum \Delta x - (X_k - X_n); \\f_y &= \sum \Delta y - (Y_k - Y_n),\end{aligned}$$

где  $X_n, Y_n, X_k, Y_k$  – известные координаты начальной и конечной точек хода.

Дальнейшие вычисления координат выполняются так же, как и для замкнутого хода.

### **Вычисление отметок точек хода. Высотное обоснование полигона.**

Вычисление отметок точек хода выполняют в специальной ведомости, в которую выписывают из координатной ведомости горизонтальные расстояния, а из журнала тахеометрической съемки прямые и обратные превышения между точками хода. После этого вычисляют средние (по абсолютному значению) превышения, оставляя знак прямого превышения. Невязка в превышениях замкнутого хода будет равна  $f_h = \sum h_{сп}$ . Невязка разомкнутого (диагонального) хода  $f_h = \sum h_{сп} - (H_k - H_n)$ , где  $H_n$  и  $H_k$  – отметки точек, между которыми проложен ход.

Предельная невязка в превышениях подсчитывается по формуле:

$$f_{h_{пред}} = 0,04P / \sqrt{n} \text{ см,}$$

где  $P$  – длина хода;  $n$  – число станций.

Если полученная невязка допустима, то она распределяется на средние превышения с противоположным знаком пропорционально расстояниям между точками хода. Сумма исправленных превышений должна быть равна теоретической сумме. Отметки точек хода подсчитывается по формуле  $H_i = H_{i-1} + h_{испр}$ .

Для вычисления отметок пикетных точек в тахеометрический журнал выписывают полученные

отметки каждой станции ( $H_0$ ). Отметки пикетных точек на станции вычисляют по формуле:

$$H_{пкi} = H_0 + h_i.$$

### **Построение топографического плана.**

На листе чертежной бумаги с помощью линейки Дробышева (или ЛТ) строят координатную сетку со сторонами 10x10 см. Правильность построения сетки проводится сравнением длин сторон и диагоналей каждого квадрата при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки. Отклонение от номинального значения не должно превышать 0,2 мм. Координаты сетки подписываются таким образом, чтобы участок съемки поместился в пределах листа. В заданном масштабе на план наносят по координатам точки теодолитного хода, контролируя правильность их нанесения путем сравнения длин сторон хода, измеренных на плане, с их размерами, записанными в координатной ведомости.

Ситуация наносится на план в соответствии с абрисами теодолитной съемки. Пикеты наносят по измеренным горизонтальным углам и горизонтальным расстояниям с помощью транспортира и масштабной линейки. По отметкам станций и пикетных точек производят интерполирование. Соединяя точки с одинаковыми отметками, полученные при интерполировании, плавными линиями, получают изображение рельефа горизонталями.

План оформляется в строгом соответствии с условными знаками, утвержденными для данного масштаба плана.

Данный вид работы можно выполнять с использованием графических программ современных компьютеров (например программы AutoCAD).

## **6. ТРАССИРОВАНИЕ. ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ**

Трассирование – обозначение на местности или на бумаге (карте, плане, чертеже) горизонтальной проекции оси будущей дороги.

Выбор направления трассы является комплексной задачей, при решении которой детально рассматривают по основным показателям конкурирующие варианты автомобильной дороги (по строительной стоимости и приведенным затратам, транспортно-эксплуатационным расходам, материалоемкости, уровням удобства и безопасности движения и т.д.). Общее направление дороги устанавливают на основе экономических изысканий, в соответствии со схемами развития и размещения сети автомобильных дорог, размещения и развития производственных сил данного региона, схемами районной планировки и землеустройства.

При прокладке трассы учитывается рельеф и ситуация, особенно характер угодий, по которым проходит трасса. Эти параметры существенно влияют на стоимость дороги.

Трассирование ведут двумя звеньями: звено трассировщиков и звено угломерщиков.

### **Полевые работы при трассировании**

**Рекогносцировка участка и закрепление на местности вершин углов поворота трассы. Работа звена трассировщиков.**

В процессе рекогносцировки (осмотра) студенты знакомятся с участком местности, по которому пройдет трасса железной дороги, намечают положение вершин углов поворота трассы, выявляют наличие пунктов опорной

геодезической сети. В вершинах углов поворота забиваются колышки на урне поверхности земли. Вокруг колышка делается окопка в виде круга, квадрата или треугольника. Во время рекогносцировки составляется схема расположения вершин углов поворота и схема их привязки к опорной геодезической сети.

При трассировании определяют расстояния между вершинами углов поворота и створными точками. Это измерение выполняется вместе с угловыми измерениями (как в теодолитных ходах). Измерение можно выполнить лентами или оптическими дальномерами (нитяным дальномером).

### **Работа угломерного звена.**

Звено угломерщиков измеряет правый по ходу лежащий горизонтальный угол  $\beta$ . Для выполнения работ применяются одноминутные или 30-секундные теодолиты с увеличением зрительной трубы не менее 15 крат, имеющие нитяный дальномер; предпочтительно – наиболее портативные и высокопроизводительные, а также теодолиты-автоматы. При измерении углов расхождения между двумя полуприемами допускаются не более двойной точности инструмента.

Затем вычисляется угол поворота трассы  $\alpha$ . Угол поворота трассы – это угол между продолжением предыдущего направления трассы и последующим:

- если  $\beta \leq 180^\circ$ , то  $\alpha = 180^\circ - \beta$  это правый поворот.
- если  $\beta \geq 180^\circ$ , то  $\alpha = \beta - 180^\circ$  это левый поворот

На всех углах поворота трассы определяются по буссоли магнитные азимуты или румбы линий, образующих угол.

- предыдущий от ВУ1 к НТ
- последующий от ВУ1 к ВУ2

По румбу предыдущего направления и углу поворота трассы вычисляют румб последующего направления и сравнивают его с наблюдаемым.

Измеряют дальномерное расстояние последующего направления.

Измеряют угол наклона последующего направления.

Выполняют инструментальное вешение последующего направления. Вешение линии производится либо с помощью полевого бинокля, либо по теодолиту. Бинокль рекомендуется применять в равнинной местности; теодолит – в пересеченной и горной. В зависимости от сложности рельефа допускается сочетание вешения по биноклю и по теодолиту. При вешении с помощью бинокля каждая последующая веха устанавливается способом «на себя» в створе не менее, чем трех хорошо видимых вех, причем начальные вехи выставляются по теодолиту при измерении угла. При вешении с помощью теодолита (в условиях затрудненной видимости при прорубке просеки в лесу или при сложном рельефе), в створе длинных прямых предусматриваются промежуточные теодолитные стоянки, с которых осуществляется продолжение створа. Для устранения коллимационной ошибки наиболее удаленная веха выставляется дважды, при двух полуприемах, с окончательной установкой ее посередине между двумя первоначальными положениями. Теодолит, устанавливаемый затем взамен этой вехи, центрируется с точностью до 1 см.

Промежуточные вехи устанавливаются способом «на себя».

Задают направление биссектрисы угла.

По углу поворота и радиусу кривой определяют элементы кривой. Величины углов поворота и элементов закруглений вычисляются в угломерном журнале в поле.

### **Разбивка пикетажа.**

Разбивка пикетажа по трассе состоит в отложении по оси сооружения отрезков, равных 100 метров. Эти отрезки называют пикетами. Конец каждого пикета закрепляют кольшком и сторожкой (на асфальте – масляной краской) и подписывают. Начальную точку трассы обозначают ПК0, последующие – ПК1, ПК2 и так далее.

Для разбивки используется двадцатиметровая стальная лента и шесть шпилек.

Измерения производятся в одном направлении. При этом необходимо получать горизонтальные проложения линий, для чего на наклонных участках трассы ленте придают горизонтальное положение, поднимая один ее конец над поверхностью земли. Передача шпилек осуществляется после отложения стометрового отрезка, который закрепляется кольшком (пикетом) у шпильки, воткнутой в землю. Пикеты забиваются вровень с поверхностью земли и вырубается дерн вокруг него.

Перегибы рельефа отмечают кольшками, как и пикеты, но в их обозначении указывают номер предыдущего пикета плюс число метров до точки перегиба. Например: ПК 2+26, ПК 10+42 и т.д. Такие точки называются плюсовыми.

Одновременно с разбивкой пикетажа выполняют съемку полосы местности шириной 50 метров в обе стороны от оси, применяя простейшие способы (например, способ перпендикуляров, линейных засечек) и приборы (эккер, рулетка). Результаты съемки заносят в пикетажный журнал, который представляет собой книжку, сброшюрованную из миллиметровой бумаги (10 x 15 см). В нем показывают трассу в виде прямой линии посередине страницы, на которой в масштабе (обычно 1:1000) наносят все пикетные и плюсовые точки, углы поворота, поперечники, границы препятствий и ситуацию в обе стороны от оси.

Запись в пикетажном журнале ведется снизу вверх, чтобы правая и левая стороны страницы соответствовали правой и левой стороне трассы по ходу пикетажа. Углы поворота в журнале показывают в виде стрелок, направленных вправо или влево от средней осевой линии в зависимости от того, в какую сторону поворачивает трасса. Около углов поворота выписывают принятые элементы кривых: угол поворота (с указанием правый или левый); радиус, тангенс, кривую, биссектрису, домер; здесь же подсчитывают пикетажные значения начала, середины и конца кривой.

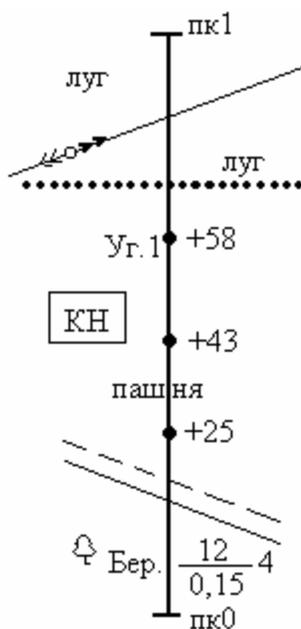


Рис. 8. Пример страница пикетажного журнала.

Ситуацию вдоль трассы (до 50-ти метров влево и вправо от оси) снимают инструментально, применяя способы

перпендикуляров, створов и полярных координат. Результат съемки в виде числовых данных и схематических зарисовок заносится в пикетажный журнал (рис.8).

### **Разбивка главных точек кривой**

Пикетаж разбивают до вершины угла (ВУ) поворота трассы. На углах поворота производят вставки кривых и пересчет по ним пикетажа. В качестве кривых могут применяться дуги окружностей (круговые кривые)

Основными элементами круговой кривой является угол поворота, радиус кривой  $R$ , выбираемый в зависимости от условий местности и категории дороги. При этом необходимо следить, чтобы между кривыми была прямая вставка длиной не менее 20 м. По радиусу  $R$  и углу поворота трассы определяют остальные элементы кривой:  $T$  – тангенс кривой;  $K$  – длину кривой;  $B$  – биссектрису кривой и  $D$  – домер (рис. 9).

Эти элементы определяют по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

$$K = \frac{2\pi R}{360} \alpha;$$

$$B = R \left( \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\alpha/2)} - 1 \right);$$

$$D = 2T - K,$$

$R$  – радиус кривой,  $\alpha$  – угол поворота трассы.

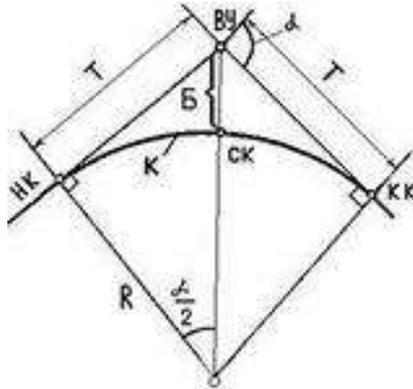


Рис. 9. Элементы круговой кривой

По приведенным формулам для аргументов  $R$  составлены таблицы кривых [доп. ист. 6]. Так как все элементы кривых пропорциональны радиусу  $R$ , то табличные данные, рассчитанные на определенный радиус ( $R = 1000$  м), могут быть приведены по величине любого радиуса  $R$  путем умножения на коэффициент  $R$ . Выполняют контроль определения элементов.

После определения элементов круговой кривой вычисляют пикетажное обозначение главных точек кривой по формулам:

$$\begin{aligned} \text{ПК}_{НК} &= \text{ПК}_{ВУ} - T; \\ \text{ПК}_{КК} &= \text{ПК}_{НК} + K; \\ \text{ПК}_{СК} &= \text{ПК}_{НК} + 0,5K \end{aligned}$$

Контрольными формулами являются:

$$\text{ПК}_{КК} = \text{ПК}_{ВУ} + T - Д.$$

Вычисления выполняют в пикетажном журнале. Начало кривой  $НК$  на местности находят путем откладывания от ближайшего закрепленного пикета расстояния, вычисленного по пикетажному значению. Полученную точку закрепляют колышком и сторожкой, подписывая на нем  $НК$ .

Конец кривой КК на трассе определяют в следующем порядке. От ВУ по направлению следующего участка трассы откладывают отрезок, равный Д, но считают, что пикетаж конца отрезка тот же, что и у ВУ. Затем от конца отрезка по направлению к следующему пикету откладывают отрезок (Т – Д), закрепляют кольшком конец кривой и подписывают на нем КК. Точки НК и КК показывают в пикетажном журнале и оформляют как плюсовые.

Для нахождения на местности середины кривой СК, по направлению биссектрисы, отмеченному ранее на местности от ВУ откладывают длину биссектрисы Б.

### **Вынос пикетов на кривую**

Пикеты, находящиеся на тангенсах (касательной к кривой), выносят на кривую. Для этого вычисляют длины отрезков Х и У, необходимые для выноса (рис. 10), используя для этого [доп. ист. 3].

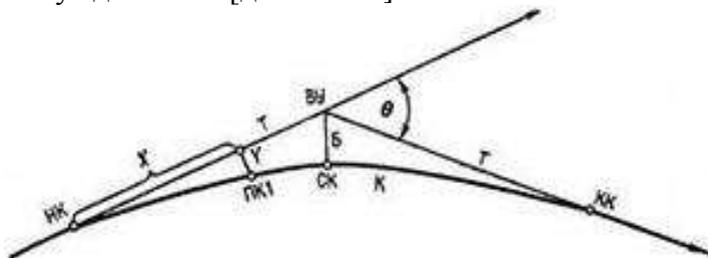


Рис. 10. Вынос пикета на кривую

Для известного радиуса R кривой и длины кривой от НК до значения полного пикета определяют Х и У по таблице «Прямоугольные координаты для детальной разбивки круговых кривых от тангенса» [доп. ист. 3].

На местности от НК по касательной в направлении ВУ откладывают отрезок Х, конец которого является

основанием перпендикуляра В полученной точке восставляют перпендикуляр длиной У. Конец перпендикуляра закрепляют колышком и подписывают соответствующее значение пикета..

## **Обработка результатов полевых измерений и составление плана трассы**

### **Проверка полевых вычислений.**

Камеральные работы при построении плана трассы начинаются с проверки правильности вычислений в полевом журнале. Данные из угломерного и пикетажного журнала переносятся в ведомость прямых и кривых трассы. В данной ведомости определяются азимуты (румбы) всех участков трассы. Последующие направления трассы могут быть определены по формуле:

$$A_i = A_{i-1} \pm \alpha$$

где  $A_i$  – азимут определяемого направления;  $A_{i-1}$  – азимут предыдущего направления;  $\alpha$  – угол поворота трассы.

Выполняются контроли длин прямых и кривых участков, расстояний между вершинами углов поворота и азимута начала и конца трассы.

### **Построение плана трассы.**

На листе чертежной бумаги формата А4 (297 мм x 210 мм) или кратном ему – А4хn (297 мм x n210 мм) отмечается точка начала трассы (НТ). Затем в произвольном направлении проводится линия, на которой в масштабе плана отмечается расстояние до первого угла поворота (ВУ). В полученной точке строится угол поворота трассы. На полученном направлении откладывается расстояние между первым и вторым углом поворота в масштабе плана,

отмечается точка ВУ2. Аналогично выполняются операции для следующих участков трассы и поворотов. При выполнении данной работы надо следить за тем, чтобы план трассы не вышел за пределы рамки листа.

Затем в полученные углы поворота вписывают соответствующие круговые кривые. Проектную линию трассы выполняют красным цветом. Участки от НК до ВУ и от ВУ до КК по тангенсам выполняют штриховой черной линией.

Ситуация наносится на план в соответствии с данными пикетажного журнала.

План оформляется в строгом соответствии с условными знаками, утвержденными для данного масштаба плана.

Данный вид работы рекомендуется выполнять с использованием графических программ современных компьютеров (например программы AutoCAD).

### **Геометрическое нивелирование. Продольное и поперечное нивелирование трассы автомобильной дороги**

Геометрическое нивелирование выполняется для проектирования сооружений линейного типа (дорог, каналов, газопроводов, водопроводных и тепловых сетей и т.п.), для составления проектов вертикальной планировки участков местности, подлежащих застройке, для передачи отметок от точек высотной геодезической сети на строительную площадку, для разбивки сооружений по высоте и установки конструкций в проектное положение.

**Полевые работы при продольном и поперечном нивелировании трассы автомобильной дороги.**

### **Нивелирование трассы.**

При нивелировании трассы различают "связующие" и "промежуточные" точки. Связующими точками являются все пикетные, а также "иксовые" точки, используемые при нивелировании крутых склонов, когда невозможно с одной постановки нивелира сделать отсчеты по рейкам, установленным на смежных пикетах. По связующим точкам осуществляется переход с одной нивелирной станции на соседнюю. К "промежуточным" точкам относятся все плюсовые точки.

Превышения между связующими точками определяют нивелированием из середины с контролем превышений, вычисленным по отсчетам по черным и красным сторонам реек.

На каждой странице журнала технического (продольного) нивелирования выполняется постраничный контроль:

$$\frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} = \Sigma h_i,$$

где  $a$  – задние отсчеты по рейке,  $b$  – передние отсчеты по рейке при нивелировании связующих точек,  $h_i$  – превышения между связующими точками.

Также при снятии отсчетов по черной и красной стороне рейки одной точки надо контролировать их разницу. Она должна быть равна пятки рейки  $\pm 2$  мм.

После определения превышений между связующими точками приступают к нивелированию промежуточных точек. Задний реечник последовательно ставит рейку на колышки всех плюсовых точек, имеющих между пикетами, уже пронивелированными с данной станции, при этом необходимо:

- не изменять высоту нивелира после выполнения отсчетов по связующим точкам;

- отсчеты на промежуточные точки делать только по черной стороне рейки;
- перед каждым отсчетом на промежуточные точки контролировать положение пузырька цилиндрического уровня.

Результаты измерений записывают в журнал установленной формы.

По окончании измерений на станции нивелир переносят на следующую станцию, передний реечник остается на своей точке (пикетной или иксовой), а задний реечник идет на следующий пикет и нивелирование продолжается.

### **Привязка трассы к реперам.**

Для контроля измерений и вычислений отметок начало и конец трассы должны быть привязаны к реперам высотной геодезической сети. Привязка заключается в измерении превышений между реперами и этими пикетами способом нивелирования из середины с контролем измерений по черным и красным сторонам реек.

### **Обратный нивелировочный ход.**

Обратный нивелировочный ход выполняется аналогично прямому только по связующим и иксовым точкам. В процессе работы выполняется постраничный контроль. Данные записываются в журнал установленной формы.

### **Обработка полевых измерений. Построение продольного профиля трассы и поперечников.**

### **Проверка полевых вычислений.**

Обработку результатов продольного нивелирования начинают с контроля полевых вычислений – постраничного контроля. Расхождение, вызываемое только ошибками округления, не должно превышать 2 мм.

### **Вычисления отметок связующих и промежуточных точек.**

Вычисления начинают с определения невязки хода

$$fh = \Sigma h_{\text{спр.}} - (H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}),$$

где  $\Sigma h_{\text{спр.}}$  – сумма средних превышений по всему ходу;

$H_{\text{нач.}}$ ,  $H_{\text{кон.}}$  – отметки реперов, к которым привязаны нулевой и конечный пикеты трассы.

Предельная допустимая невязка (для III класса нивелирования) определяется по формулам:

$$fh_{\text{пред}} = 10 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где  $L$  – длина хода в километрах.

Допустимой считается невязка

$$|fh| \leq fh_{\text{пред.}}$$

Невязку распределяют поровну на все превышения с противоположным знаком, округляя поправки до целых миллиметров. Контролем распределения невязки является равенство суммы поправок невязке хода с противоположным знаком.

Сумма исправленных превышений  $\Sigma h_{\text{испр.}}$  должна быть равна разности отметок конечных точек хода ( $\Sigma h_{\text{испр.}} = H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}$ ). После этого вычисляют отметки точек по формуле:

$$H_i = H_{i-1} + h,$$

где  $H_{i-1}$  - отметка предыдущей точки;

$H_i$  - отметка последующей точки;

$h$  - исправленное превышение между этими точками.

Отметки промежуточных точек вычисляют способом горизонта прибора (ГИ), определяемого на каждой станции, где есть промежуточные точки (рис. 11), по формуле

$$ГИ = H_A + a .$$

Отметка промежуточной точки

$$H_C = ГИ - c .$$

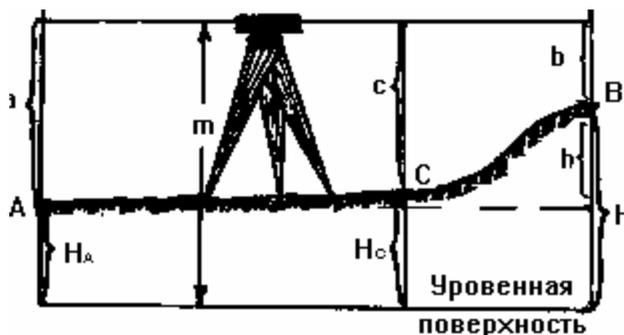


Рис. 11. Определение отметок промежуточных точек через горизонт инструмента

### Построение продольного профиля трассы и поперечников.

По результатам продольного нивелирования составляется профиль трассы. Профиль строится на миллиметровой бумаге формата 297 мм x 210 мм в заданном масштабе, удобном для проектирования. Вертикальный масштаб профиля принимается в 10 раз крупнее горизонтального. Сначала вычерчивается сетка профиля.

На построенной сетке профиля, в принятом горизонтальном масштабе, наносят пикеты и плюсовые точки, отчеркивая их вертикальными линиями в графе "расстояния". В этой же графе записывают расстояния между пикетами и плюсовыми точками. В графе "пикеты" пишут номера пикетов. Отметки точек, полученные по результатам нивелирования, выписываются из журнала в графу фактических отметок против соответствующих пикетных или плюсовых точек, округляя их до 0,01 метра.

Эти отметки в вертикальном масштабе откладывают от линии условного горизонта, выбираемой с таким расчетом, чтобы от нее до точки профиля с минимальной отметкой было не менее 5 – 6 сантиметров.

Полученные точки соединяют прямыми, образующими ломаную линию - профиль.

В графу "план трассы" из пикетажного журнала переносят результаты съемки ситуации. Ось трассы располагают в середине графы, а углы поворота показывают стрелками, направленными под произвольными углами вверх или вниз от оси, что соответствует повороту влево или вправо.

Обязательно приводится горизонтальный и вертикальный масштабы профиля.

Поперечники выполняются на отдельных листах бумаги формата 297 мм x 210 мм, в заданном масштабе, удобном для проектирования. Сначала вычерчивается сетка поперечного профиля. В графу «Расстояния» записывают расстояния вправо и влево от оси дороги, в графу «Отметки» – отметки вычисленных точек из журнала поперечного нивелирования. Эти отметки в вертикальном масштабе откладывают от линии условного горизонта, выбираемой с таким расчетом, чтобы от нее до точки профиля с минимальной отметкой было не менее 5 – 6 сантиметров. Полученные точки соединяют прямыми, образующими ломаную линию –поперечный профиль.

Данные виды работы рекомендуется выполнять с использованием графических программ современных компьютеров (например программы AutoCAD).

## **7. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ. РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАДАЧИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ**

### **Полевые работы**

Нивелирование поверхности по квадратам – это метод полной съемки рельефа, широко используемый благодаря своей простоте и точности проектирования земляных работ и приемке спланированных территорий.

На учебно-геодезической практике студентам задается небольшая территория (обычно 50×30 м), на которой необходимо разбить сетку квадратов (сторона квадрата 10 м) и выполнить геометрическое нивелирование вершин квадратов.

Обработка измерений и оформление работы производится аналогично проведенной в семестре расчетно графической работе «Нивелирование поверхности».

Вершины квадратов на местности закрепляют кольями. Ряды и столбцы сетки квадратов обозначают цифрами и буквами для удобства работы. Пример приведен на рис. 12.

Закрепление вершим можно проводить в разном порядке, один из вариантов приведен ниже. С помощью рулетки на местности закрепляют линию «а» и разбивают по ней точки «а1» – «аб». В вершинах «а1» и «аб» последовательно устанавливают теодолит и откладывают угол  $90^\circ$  для закрепления линий «1» и «б» (рулеткой размечают точки «1б», «1в», «1г» и «бб», «бв», «бг»). Растягивая рулетку между точками «1б» и «бб» размечают все точки по линии «б». Аналогично поступают с линиями «в» и «г». Для контроля устанавливают теодолит в точке «1г» и проверяют угол между линиями «1» и «г».

Одновременно с разбивкой квадратов производят съемку ситуации (промерами и засечками) и зарисовывают ее на абрисе рис. 12.

Для контроля высотных измерений геометрическое нивелирование рекомендуется проводить минимум с трех станций (см. рис. 12, нивелирный ход обозначен пунктирной линией со стрелкой на конце, станции обозначены цифрами в кругах), составляющих замкнутый нивелирный ход. Исходную точку задает преподаватель (репер в стороне от площадки или одна из вершин принимается за исходную). Превышения между связующими точками измеряют дважды, записывая отсчеты по черной и красной сторонам реек в журнал. На вершинах остальных квадратов измеряют только черные отсчеты и записывают их на абрис, подписывая, в скобках, номер станции с которой производилась съемка. После уравнивания средних превышений вычисляют отметки связующих точек, а затем через горизонт инструмента – промежуточных точек.

При составлении плана поверхности строят сетку квадратов, подписывают полученные в результате нивелирования отметки вершин, интерполируют отметки и проводят горизонтали. Удобство дальнейшего проектирования земляных работ по такому плану объясняется равномерным расположением отнивелированных точек в вершинах квадратов. Составляют картограмму земляных работ, указывают границу срезки и подсыпки – линию нулевых работ, а также объемы перемещаемых грунтов в кубометрах. Картограмма используется далее для расчетов потребной строительной техники, сроков и стоимости выполнения земляных работ.

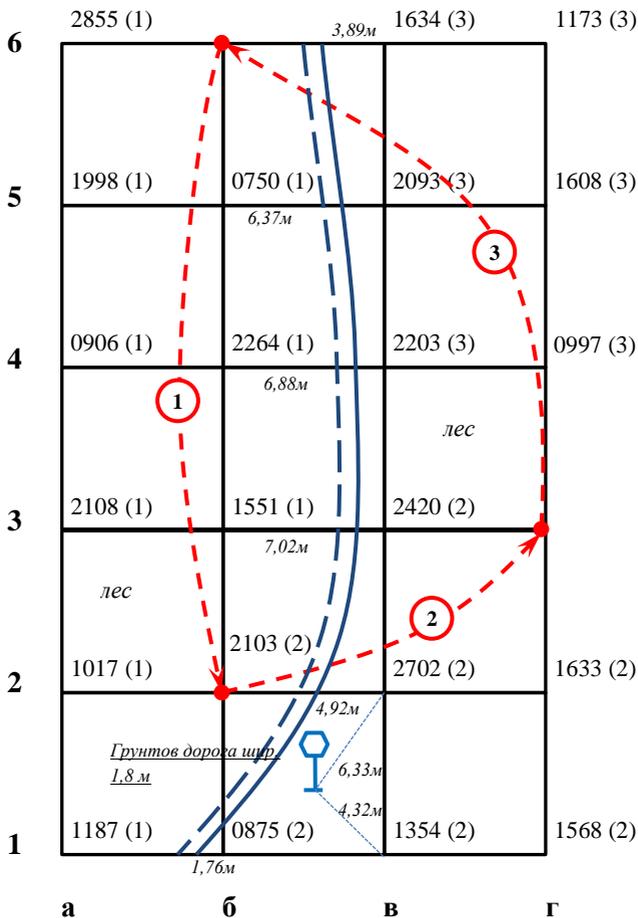


Рис. 12. Схема нивелировки по квадратам

### Обработка измерений

1. Для первичного контроля полевых измерений (должен выполняться в поле) вычисляют отсчет пятаки рейки, вычитая из красного отсчета черный. Контроль:

отсчет пятки рейки на каждой точке должен быть один и тот же (допускается разница не более 2 мм от фактической пятки рейки).

2. Для каждой станции вычисляют и записывают в графе «Превышения»:

$$h = 3 - П$$

отдельно по черной и красной сторонам реек (З и П – отсчеты по задней и передней рейкам соответственно). Если полученные превышения на одной станции расходятся не более чем на 4 мм, то в графе «Среднее превышение» записывают их среднее значение  $h_{\text{ср}}$ , округляя его до целых миллиметров.

3. Выполняют постраничный контроль: сложив все цифры в столбце «Отсчет задний» (за исключением пятки реек) результат записывают под столбцом; так же поступают со столбцами «Отсчет передний», «Превышение» и «Среднее превышение». Контроль: разница сумм столбцов «Отсчет задний» и «Отсчет передний» равна сумме столбца «Превышение» и приближенно равна (за счет округления может появляться расхождение в 1 – 2 мм) удвоенной сумме столбца «Среднее превышение».

4. Вычисляют практическую сумму измеренных превышений

$$\Sigma h_{\text{пр}} = \Sigma h_{\text{ср}}$$

суммируя вычисленные средние превышения по столбцу «Среднее превышение».

5. Теоретическая сумма превышений

$$\Sigma h_{\text{теор}} = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}},$$

вычисляемая как разность отметок конечной и начальной точек хода, в данном случае (для замкнутого нивелирного хода) равна нулю, т.к.  $H_{\text{кон}} = H_{\text{нач}}$ .

Невязка, но нивелирному ходу:

$$f_h = \Sigma h_{\text{пр}} - \Sigma h_{\text{теор}}$$

сравнивается с допустимым значением для III класса нивелирования (ГОСТ 24846-2012 табл. 3)

$$f_h^{\text{доп}} = 1,5 \text{ мм} \times \sqrt{n},$$

где  $n$  – число нивелирных станций.

Если  $|f_h| \leq |f_h^{\text{доп}}|$ , то можно продолжать вычисления. В противном случае следует искать ошибку в вычислениях или проводить повторные измерения.

6. Поправки вычисляются по формуле:

$$v = -f_h/n,$$

с округлением до 1 мм.

Контроль вычисления поправок:

$$\Sigma v = -f_h.$$

За счет округления, очень часто, контроль не сходится на 1 (2) мм. В этом случае допускается «подогнать» одно (два) значение в нужную сторону.

Вычисляют исправленные превышения

$$h^{\text{испр}} = h + v.$$

7. В графе «Отметки» вычисляют отметки связующих точек. На станции это делается по формуле:

$$H^{\text{посл}} = H^{\text{пред}} + h^{\text{испр}}.$$

Следующая станция начинается с точки, на которой закончилась предыдущая станция, поэтому высоту переписывают, и вычисляют далее. Контроль вычислений: на последней станции вычисленная высота начальной точки в точности равна исходной.

8. Горизонт инструмента (ГИ) для каждой станции вычисляют по отметкам задней (А) и передней (В) связующей точки

$$GI_1 = H_A + Z^{\text{черн}},$$

$$GI_2 = H_B + П^{\text{черн}},$$

где  $Z^{\text{черн}}$  и  $П^{\text{черн}}$  – отсчеты по черной стороне рейки для задней и передней точек. Если  $|GI_1 - GI_2| \leq 4$  мм, то вычисляют  $GI_{\text{ср}}$  как среднее арифметическое из  $GI_1$  и  $GI_2$ ,

с округлением до миллиметров.  $ГИ_{ср}$  подчеркивают, что бы показать, что его принимают за истинное значение.

9. Вычисление отметок промежуточных точек выполняется на схеме нивелировки по квадратам (рис. 12). Цифры, написанные возле вершин квадратов – это отсчеты по рейкам ( $c_i$ ) в миллиметрах, а цифры в скобках – номер станции, с которой проводилась съемка. Отметки вычисляют по формуле:

$$H_i = ГИ_{ср} - c_i.$$

Вычисляемые по этой формуле отметки записывают в соответствующих вершинах квадратов (под отсчетами по рейке). Отметки подписывают в метрах. Отметки связующих точек нивелирного хода берут из нивелирного журнала.

### **Составление плана поверхности**

План поверхности вычерчивается на листе чертежной бумаги размером 297x210 мм (формат А4) в масштабе 1:200 (1:500) при высоте сечения рельефа горизонталями 0,1 – 0,5 м (в зависимости от перепада высот на площадке).

1. На листе чертежной бумаги строят сетку квадратов со стороной 10 м в масштабе.

2. В углах квадратов (справа вверху) подписывают фактические отметки  $H_i$ , округляя их значения до 0,01 м. Высота цифр 2 мм.

3. Производят графическое или аналитическое интерполирование отметок поверхности при высоте сечения рельефа 0,5 м по всем сторонам квадратов, а также по их диагоналям, если это необходимо.

4. По интерполированным отметкам проводят горизонтали. Горизонтали, кратные высоте сечения умноженному на 10, утолщают и подписывают в разрывах.

Основание цифр в подписи горизонтали должно быть обращено вниз по уклону местности.

5. Выписывают зарамочное оформление, при этом указывают сверху название документа (План); ниже – способ съемки (Нивелирование поверхности по квадратам); снизу в середине – масштаб (численный и именованный) и ниже – высоту сечения рельефа (Сплошные горизонтали проведены через 0,5 м) и систему высот; снизу справа – данные об исполнителе (Составил ст. гр. СГС-111 Иванов А.И.).

### **Составление картограммы земляных работ**

Расчет объемов земляных работ выполняется проектировщиками на специально составленных картограммах, в которых по каждому квадрату площадки вычисляют рабочие отметки и объемы разрабатываемых грунтов (подсыпки или срезки). Картограмма земляных работ вычерчивается на листе чертежной бумаги размером 297x210 мм (формат А4) в масштабе 1:200 (1:500).

Для этого вида проектной документации рабочие ( $h^p$ ), проектные ( $H^{pp}$ ) и фактические ( $H_i$ ) отметки располагают в углах каждого квадрата однообразно:  $H^{pp}$  и  $H_i$  справа от угла квадрата сверху и снизу линии пересечения соответственно;  $h^p$  – слева сверху (рабочая отметка равна разности проектной и фактической отметок:  $h^p = H^{pp} - H_i$ ).

1. Производят оформление чертежа. Вверху указывают название документа, внизу – проектную отметку площадки ( $H^{pp} = \dots$  м) и суммарные объемы насыпи и выемки. Справа внизу дают сведения об исполнителе.

2. С целью соблюдения баланса земляных работ (равенства срезки и подсыпки грунта) вычисляют проектную отметку горизонтальной площадки, как среднее

арифметическое из средних отметок квадратов или по формуле:

$$H^{пр} = (\Sigma H_{угл} + 2\Sigma H_{смеж} + 4\Sigma H_{внутр})/4N,$$

где  $H_{угл}$  – значение отметок, встречающихся только в одном квадрате (угловые вершины площадки);  $H_{смеж}$  – значение отметок, общих для двух соседних квадратов;  $H_{внутр}$  – значение отметок, общих для четырех соседних квадратов;  $N$  – общее число квадратов.

3. Вычисляют рабочие отметки (разность проектной и фактической отметок) для всех вершин квадратов. Рабочие отметки срезки сопровождаются знаком минус, подсыпки знаком плюс.

4. Выполняют интерполирование рабочих отметок по тем сторонам квадратов, по которым знаки рабочих отметок меняются. Проводят линию нулевых работ как горизонталь с отметкой  $H_{пр}$ .

5. Полученные фигуры нумеруют. Порядок нумерации: слева направо по рядам квадратов, строчки идут сверху вниз. Вычисляют по каждой фигуре объем срезки или подсыпки грунта по формуле

$$V = h^{ср} \times P,$$

где  $h^{ср} = \Sigma h/k$  – средняя рабочая отметка по элементарной фигуре (треугольнику, квадрату и т.д.), м;  $P$  – площадь элементарной фигуры,  $m^2$ ;  $k$  – число вершин элементарной фигуры.

Объемы вычисляют до  $0,1 m^3$ . Расчет оформляют в виде таблицы с указанием суммы объемов насыпи и выемки.

Объемы указывают на картограмме для каждой фигуры со своим знаком.

## **Подготовка доклада с презентацией к конференции по итогам практики**

По итогам практики каждая бригада готовит сообщение с презентацией на заданную тему. Тема задается в начале практики и указывается в задании на практику.

Презентация должна содержать 5 – 10 слайдов, демонстрирующих положения доклада, а также работу бригады по данному виду геодезических работ. Доклад, по времени, должен быть не более 5 минут.

### **Дополнительные источники литературы для прохождения практики**

1. Горлов В.М. Свечников Л.Н. Мыльников С.А. Двести вопросов и ответов по охране труда на топографо-геодезических работах. Справочник. - М.: «Недра», 1986.
2. ГКИНП 02-033-82 Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.
3. ГКИНП (ГНТА)-03-010-03 Инструкция по нивелированию I, II, III и IV класса
4. Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений. ВСН 5 - 81 Минавтодор РСФСР. - М.: «Транспорт», 1983.
5. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. - М.: «Недра», 1989.
6. Ганьшин В. Н., Хренов Л. С. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА  
(МИИТ)»  
(РУТ (МИИТ))**

Институт пути, строительства и сооружений  
Кафедра «Геодезия, геоинформатика и навигация»

**ОТЧЕТ**

**по практике по получению первичных профессиональных  
умений и навыков, в том числе первичных умений и  
навыков научно-исследовательской деятельности  
(геодезическая, геологическая, гидравлическая)**

Группа: СЖД-111

Бригада № 1

Состав бригады:

Иванов И.В. – бригадир

Петров Н.С.

Сидоров А.А.

Руководитель практики

\_\_\_\_\_ Лёгкий В.В.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Москва 2017 г.

## Оглавление

Введение .....	3
1. Состав работ .....	4
2. Общие указания по выполнению работ на учебной практике .....	7
Основные требования .....	7
Оформление материалов отчета по учебной практике....	7
Состав пояснительной записки .....	9
Оформление полевых журналов .....	10
Оформление графической части .....	12
Инструкция по технике безопасности для студентов, проходящих учебную практику на геодезическом полигоне .....	13
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ НА УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ .....	15
Получение со склада геодезических приборов и проверка их работоспособности.....	15
Поверки теодолита 2Т30 (4Т30П).....	20
Поверки нивелира НЗ (НЗК) .....	23
Правила обращения с геодезическими приборами в процессе полевых измерений.....	27
Порядок подготовки приборов для сдачи их на склад ..	30
4. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ НА УЧЕБНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ.....	32
Вешение линий .....	32
Измерение горизонтальных углов .....	33
Измерение углов наклона .....	34
Измерение линий местности 20-метровой мерной лентой .....	35
Измерение линий местности рулеткой.....	36
Измерение расстояний нитяным дальномером. ....	37
Определение превышений методом тригонометрического нивелирования .....	38

Определение превышений методом геометрического нивелирования .....	38
Работа с электронным тахеометром .....	39
5. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА УЧАСТКА МЕСТНОСТИ.....	43
Полевые работы при топографической съемке.....	43
Обработка результатов полевых измерений и составление топографического плана участка местности .....	50
Построение топографического плана.....	54
6. ТРАССИРОВАНИЕ. ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ .....	55
Полевые работы при трассировании .....	55
Обработка результатов полевых измерений и составление плана трассы.....	63
Геометрическое нивелирование. Продольное и поперечное нивелирование трассы автомобильной дороги .....	64
Обработка полевых измерений. Построение продольного профиля трассы и поперечников. ....	66
7. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ. РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАДАЧИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ .....	70
Полевые работы.....	70
Обработка измерений.....	72
Составление плана поверхности.....	75
Составление картограммы земляных работ.....	76
Подготовка доклада с презентацией к конференции по итогам практики .....	78
Дополнительные источники литературы для прохождения практики.....	78

Учебно-методическое издание

ЗАЙКИНА ЛИДИЯ ЛЕОНИДОВНА,  
ТИХОНОВ АЛЕКСАНДР ДМИТРИЕВИЧ,  
ГУРСКИЙ РОМАН АЛЕКСАНДРОВИЧ

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ**

Учебно-методическое пособие  
по прохождению учебно-геодезической практики

---

Изд. 4-17

Тираж 50 экз.

---

Москва, Издательский центр Onebook