

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 07.06.2022 14:38:08  
Уникальный программный ключ:

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра экспертизы и управления недвижимостью, горного дела

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе  
О.П. Локтионова  
« 1 » 06 2022г.



## УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА

Методические рекомендации по прохождению практики «Учебной ознакомительной практики», «Учебной изыскательской практики» для студентов по направлениям подготовки: 21.03.02. «Землеустройство и кадастры», 08.03.01 «Строительство»

Курск 2022

УДК 528.48 (075.8)

Составители: Новикова Т.М.

Рецензент

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В.Ф. Гранкин*

**Методические указания по прохождению практики: «Учебная ознакомительная практика», «Учебной изыскательской практики»:**

Программа и методические указания по прохождению учебной практики для бакалавров направления подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры, профиль «Городской кадастр», 08.03.01 «Строительство», профиль «Экспертиза и управление недвижимостью» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Новикова Т.М. Курск, 2022, 50 с., ил. 20, Библиогр.: с.50.

Методические указания по прохождению практики: «Учебная ознакомительная практика», «Учебной изыскательской практики». Программа и методические указания по прохождению учебной практики для бакалавров направления подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры, профиль «Городской кадастр», 08.03.01 «Строительство», профиль «Экспертиза и управление недвижимостью». Они содержат программу, примеры, задания для прохождения учебной практики, а также формы документов для оформления отчёта по практике. Направлены на формирование у обучающихся умений и навыков по общекультурным и профессиональным компетенциям. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих бакалавров по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 08.03.01 «Строительство».

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной на заседании кафедры ЭиУНГД протокол № 8 от «29» апреля 2022 года.

Предназначены для студентов направления подготовки: 21.03.02. «Землеустройство и кадастры», 08.03.01 «Строительство»,

Текст печатается в авторской редакции.

Подписано в печать.                      Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л.                      . Уч.-изд.л.                      . Тираж 100 экз. Заказ. ~~1488~~ Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ	7
1.1 Программа практики	7
1.2 Проверка технического состояния оборудования и его подготовка к работе	8
1.3 Правила работы с геодезическими приборами	10
2. ПОДГОТОВКА ТЕОДОЛИТА И НИВЕЛИРА К РАБОТЕ	12
2.1 Устройство и поверки теодолита	12
2.2 Установка теодолита в рабочее положение	17
2.3 Устройство и поверки нивелира	18
2.4 Исследования нивелира	21
3. ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЁМКА	23
3.1 Создание опорной съёмочной сети	23
3.2 Съёмка объектов местности	35
3.3 Оформление результатов съёмки	37
4. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО КВАДРАТАМ	40
4.1 Обработка результатов полевых измерений нивелирования поверхности по квадратам	41
4.2 Вычисление и уравнивание превышений, постраничный контроль	42
4.3 Вычисление высот точек земной поверхности	43
4.4 Составление топографического плана участка местности	44
4.5 Составление картограммы земляных работ	46
4.6 Расчет объема земляных работ	45
4.7 Оформление работы	49
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	50

## ВВЕДЕНИЕ

Учебная практика является неотъемлемой частью учебного процесса, которая определена графиком выполнения учебного плана и соответствует требованиям ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению 21.03.02 Землеустройство и кадастры, профиля «Городской кадастр», 08.03.01 «Строительство», профиль «Экспертиза и управление недвижимостью».

В процессе прохождения практики студенты набирают необходимый материал, в соответствии с программой учебной практики.

«Учебная ознакомительная практика», «Учебная изыскательская практика» проводится после изучения теоретического курса и прохождения лабораторного практикума на втором курсе обучения дисциплины «Геодезия», «Инженерная геодезия» и позволяет углубить теоретические знания, приобрести практические навыки в работе с геодезическими инструментами при выполнении измерений на местности. В период прохождения практики обучающиеся осваивают также способы камеральной обработки полевого материала, получают навыки организации работ в бригаде, развивают свою самостоятельность и инициативность.

Перед выполнением геодезических работ на учебном полигоне практики студенты должны изучить правила по охране труда и технике безопасности, пожарной безопасности, выполнить проверки технического состояния оборудования, ознакомиться с заданием на прохождение практики и методикой выполнения запланированных работ.

Учебно-методическое руководство бригадой осуществляет преподаватель. Руководители практики определяют рабочие участки на местности, контролируют выполнение работ, соблюдение техники безопасности и охраны окружающей среды.

Количество студентов в бригаде зависит от оснащенности кафедры приборами, программы практики и составляет не более 5-6 человек. Состав бригады формируется студентами самостоятельно и не изменяется в течение практики.

Каждой бригаде отводится участок для выполнения полевых работ, определяется график их проведения. Ход выполнения и выполненные объемы работ записываются в дневник бригады.

Бригадир, назначенный членами бригады, получает под роспись необходимые приборы и оборудование, журналы измерений, бланки.

Перед выполнением очередного вида работ студенты самостоятельно изучают по рекомендованной литературе методику их выполнения, получают консультации преподавателя, распределяют обязанности в бригаде. В каждом виде работ студенты последовательно выполняют обязанности записывающего, непосредственного исполнителя (съемщика) и речника.

Журнал измерений заполняется аккуратно и четко карандашом без черновика непосредственно на полигоне. Исправления и подтирки не допускаются. Неверно записанная цифра зачеркивается и рядом пишется исправленная.

Бригадир обязан обеспечить учебную дисциплину в бригаде, ежедневно распределять обязанности в бригаде, организовывать получение и сдачу приборов и оборудования, заполнять дневник бригады, обеспечивать качественное выполнение заданий в установленные сроки.

Все члены бригады обязаны соблюдать правила техники безопасности и охраны окружающей среды, вовремя являться на практику и добросовестно выполнять свои обязанности, бережно относиться к полученным приборам, оборудованию, учебным пособиям.

До получения приборов студенты под руководством преподавателя изучают технику безопасности и правила поведения на практике. Инструктаж проводит ответственное лицо. Без изучения правил техники безопасности студенты к практике не допускаются.

Инструктаж студентов по технике безопасности завершается проверкой знаний каждого студента с записью в журнале по технике безопасности.

Рабочий день в полевых условиях длится 6 часов. Кроме того, студенты должны в тот же день провести обработку полученного фактического материала. По завершении всех предусмотренных работ бригада составляет отчет, который

представляется к защите.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ

### 1.1 Программа практики

Примерный план проведения работ представлен в таблице 1.

Таблица 1. - Примерный план проведения практики

№ п/п	Этапы практики	Содержание практики	Трудоемкость (час)
1	Подготовительный этап	Знакомство с правилами обращения с геодезическими инструментами и техникой безопасности производства геодезических работ. Распределение студентов по бригадам. Получение инструментов и принадлежностей. Осмотр и проверка инструментов. Поверки теодолита. Рекогносцировка местности.	12
2	Основной этап	<p><u>Плановое съёмочное обоснование.</u> Прокладка теодолитного ходов. Масштаб съёмки 1:500. Число точек в полигоне 5. Привязка теодолитного хода к геодезической сети полигона. Координирование углов капитальных зданий и контрольного пункта «G» полигона. Анализ точности результатов. В случае необходимости повторные наблюдения. Контрольные промеры длин лазерным дальномером.</p> <p><u>Высотное съёмочное обоснование.</u> Поверка главного условия нивелира. Геометрическое нивелирование всех точек теодолитного хода с привязкой к реперу. Вычисление высотных отметок. Анализ точности результатов. В случае необходимости повторные наблюдения.</p> <p><u>Камеральные работы по съёмочному обоснованию.</u> Проверка вычислений координат и высот. Нанесение определяемых пунктов на план М 1:500.</p> <p><u>Теодолитная съёмка.</u> Съёмка ситуации части участка (автодороги, тротуаров, отмопок, пешеходных тропинок ) с составлением абрисов. Обмеры здания.</p> <p><u>Тахеометрическая съёмка.</u> М 1:500,</p>	60

		<p>сечение рельефа горизонталями через 0,5м. Съёмка рельефа с густотой не менее 15 метров, сложных контуров здания, люков подземных коммуникаций, опор воздушных ЛЭП, деревьев. В границах обозначенных руководителем практики.</p> <p><u>Камеральные работы по теодолитной и тахеометрической съёмкам.</u> Вычисление отметок реечных точек. Нанесение на план ситуации, интерполирование горизонталей. Сканирование составительского оригинала топографического плана. Редактирование топографического плана в формате jpg.</p> <p><u>Нивелирование поверхности</u> (по квадратам). Масштаб 1:500, сечение рельефа горизонталями через 0,25 м. Число квадратов 25, сторона квадрата 20 м. Граница съёмки по заданию руководителя практики. Составление топографического плана участка местности.</p>	
3	Заключительный этап	<p>Оформление дневника практики. Составление отчета о практике. Подготовка графических материалов для отчета. Представление дневника практики и защита отчета о практике на промежуточной аттестации.</p>	36

## 1.2 Проверка технического состояния оборудования и его подготовка к работе

После инструктажа по технике безопасности каждая бригада должна получить в геокамере комплект геодезического оборудования: штатив, нитяной отвес, теодолит 2Т30 или 2Т30П, мерную ленту с набором мерных шпилек или рулетку длиной не менее 20 м, две нивелирные рейки, две или три вешки, топор или молоток. Полученные приборы должны быть осмотрены с целью проверки их технического состояния. При обнаружении неисправностей или некомплектности прибор должен быть возвращен в геокамеру для ремонта или замены.

### ***Проверка штатива (треноги)***

Необходимо проверить болты, соединяющие ножки с головкой штатива, они должны быть хорошо закреплены и не шатались. Регулировку болтов выполняют гаечным ключом. Чтобы

выдвинуть ножки, ослабляют крепежные (стопорные) винты на ножках штатива. При выдвижении ножек штатива не следует прилагать больших усилий, во избежание повреждения стопорных приспособлений. Чтобы при выдвижении ножек не нанести себе травму, штатив держат в вертикальном положении. Если ножки не выдвигаются, нужно слегка раскатать их, держась за наконечники. Выдвинутые ножки следует сразу закрепить стопорными винтами. Для прикрепления теодолита к головке штатива имеется становой винт. Внутри винта должен быть крючок для нитяного отвеса. Нитяной отвес следует хранить в пенале, размещенном на одной из ножек штатива. На ножке штатива должен быть закреплен переносной ремень и специальный ремень для стягивания ножек при переносе штатива на значительные расстояния.

### ***Проверка нитяного отвеса***

Нитяной отвес - заостренный грузик, привязанный к крепкой нити, на которой размещена специальная пластинка с двумя отверстиями для изменения длины отвеса. При центрировании прибора конец грузика должен находиться как можно ближе к точке, над которой устанавливается теодолит. Длина отвеса меняется перемещением пластинки вдоль нити. При этом пластинка должна быть правильно закреплена: свободный конец нити проходит через нижнее отверстие пластинки, потом через крючок на становой винте и закрепляется на верхнем отверстии пластинки.

### ***Проверка мерной ленты***

Для осмотра ленты вывертываются винты на кольце намотки. С лентой работают двое. Один студент вращает кольцо с лентой, а другой, взяв ленту за ручку, отходит, вытягивая ленту. На ленте не должно быть ржавчины, надломов, которые могут привести к разрыву ленты. Если обнаруживаются склепанные места, проверяют качество склепки.

Толщина земляных шпилек должна соответствовать диаметру вырезов на концах ленты, в которые вставляются шпильки при измерении длин линий. Если шпильки изогнуты, их выпрямляют молотком.

Количество шпилек должно быть 11 или 6 штук.

### **Проверка вешек**

Вешки должны быть раскрашены шашками красного и желтого или красного и белого цвета. На одном конце вешки должен быть заостренный металлический наконечник для установки вешки на наблюдаемой точке. Проверяется целостность вешек.

### **Проверка нивелирных реек**

Две двусторонние рейки типа РН-3000С или РН-3000 выдаются в комплекте с нивелиром. При получении реек из геокамеры следует проверить, чтобы «пятки» реек по красной стороне (начало отсчета) обеих реек были одинаковыми. Складные рейки нужно развернуть, опустить скобу вниз и проверить надежность вхождения фиксаторов в соответствующие отверстия



крепления.

### 1.3 Правила работы с геодезическими приборами

Теодолит переносится только в футляре или в чехле-рюкзаке.

- Штатив устанавливается так, чтобы плоскость его головки расположилась горизонтально, а высота соответствовала росту наблюдателя. Расстояния между ножками штатива не должны быть маленькими и должны обеспечивать устойчивость треноги. Наконечники слегка заглубляются в землю нажатием на упоры в нижней части штатива.

- Теодолит устанавливают на штатив в футляре, закрепляя его станковым винтом. После закрепления снимают футляр и проверяют, чтобы все наводящие винты были в среднем положении.

- Если подъемные винты вращаются туго, то нужно слегка ослабить становой винт. Закончив работать с подъемными винтами, снова закрепляют становой винт, но не слишком туго.

- Выполнять юстировку, работая юстировочными винтами, следует только в присутствии преподавателя или лаборанта. Перед ввинчиванием одного юстировочного винта другой винт должен быть слегка вывернут. Во избежание поломки винтов запрещается прилагать к ним большие усилия.

- Переносить теодолит на большие расстояния нужно в чехле в виде рюкзака. На короткие расстояния прибор разрешается переносить закрепленным на штативе, но только в вертикальном или слегка наклонном положении. При этом труба теодолита должна быть повернута объективом вниз, все закрепительные винты зафиксированы, а ножки штатива сдвинуты вместе.

- В случае продолжительного дождя полевая работа прекращается. Если на прибор попала влага, в помещении его протирают сухой мягкой тряпкой, дают просохнуть, а потом устанавливают в футляр. В случае кратковременного дождя прибор прикрывают зонтом или футляром.

- Геодезические приборы нельзя оставлять без присмотра. После окончания полевых работ теодолит и нивелир укладывается в футляры, а теодолит и в чехол-рюкзак.

- Мерная лента в развернутом виде может быть только при выполнении измерений на местности. В противном случае она должна быть намотана на кольцо.

- Ленту, намотанную на кольцо, при переносе нужно держать за кольцо, а не за ручку ленты.

- При измерении длин линий на местности не допускается образование петель на

ленте, которые приводят к поломке ленты.

- Во время измерений лентой шпильки следует втыкать в землю отвесно и достаточно глубоко, чтобы при натяжении ленты они не смещались.
- После работы в дождливых условиях мерная лента или рулетка должна быть тщательно протерта сухой тряпкой.
- Запрещается разбрасывать вехи, так как при ударе о грунт они могут быть сломаны.
- Необходимо проверять надежность крепления складных реек фиксаторами.
- Запрещается сидеть на нивелирных рейках и вешках.

Перед сдачей приборов в геокамеру необходимо протереть от пыли приборы, их упаковочные ящики и футляры; протереть влажной тряпкой нивелирные рейки; очистить от грязи и пыли металлические части штатива и вешек; мерную ленту, шпильки и топор очистить от ржавчины песком и протереть тряпкой, смоченной в масле.

Студенты несут материальную ответственность за утерю и порчу геодезического оборудования и приборов. К защите отчета по геодезической практике бригада допускается при наличии справки от заведующего геокамерой о сдаче всех приборов, оборудования и методических указаний.

## 2. ПОДГОТОВКА ТЕОДОЛИТА И НИВЕЛИРА

### 2.1 Устройство и поверки теодолита 2Т30 (или аналога)

Теодолит предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний по нитяному дальномеру, определения магнитных азимутов с применением ориентир-буссоли, а также для нивелирования горизонтальным лучом с помощью уровня при трубе. Он используется для создания съемочного обоснования, производства теодолитной и тахеометрической съемок, при проведении строительных работ и геодезического мониторинга объектов. Технические теодолиты марки 2Т30 (2Т30П) обеспечивают точность измерения углов со средней квадратической погрешностью 30" (рис.1).

Оптический теодолит теодолит 2Т30 (2Т30П) состоит из следующих основных частей: *Лимбы* - горизонтальный и вертикальный круги с нанесенными на боковой поверхности штрихами, оцифрованными через 1°. Горизонтальный лимб оцифрован от 0° до 360°, вертикальный - от 0° до +75° и от 0° до - 75°. На одной оси с лимбом размещена *алидада* с отсчетным устройством, с помощью которого производят отсчеты в поле зрения микроскопа.

*Уровни* (горизонтального круга и при трубе) предназначены для установки всего прибора или его частей, в частности лимбов, в определенное положение по отношению к отвесной линии. Уровни теодолита обычно цилиндрические. Горизонтальный лимб в рабочем состоянии должен занять горизонтальное положение.

*Зрительная труба* - предназначена для визуального наблюдения удаленных объектов наблюдений. В зависимости от марки теодолита изображение может быть «прямым» или «обратным». В окуляре трубы установлена сетка нитей. Получение четкого изображения сетки нитей осуществляется с помощью диоптрийного кольца окуляра.

*Микроскоп* (в приборе 2Т30- шкаловый микроскоп) применяется для снятия отсчетов по лимбам горизонтального и вертикального кругов (ГК и ВК). Для этой цели в поле зрения микроскопа введены одновременно два изображения - вертикальной и горизонтальной шкалы с ценой деления 10 угловых минут, на которые при наведении на цель передается изображение штриха на лимбах. По штриху, попавшему на шкалу, снимается отсчет по горизонтальному кругу (ГК) и по вертикальному кругу (ВК). Шкала вертикального круга оцифрована дважды: от положительного нуля до 60' и от отрицательного нуля до -60' . При этом отсчет в микроскопе по

ВК снимется влево или вправо от нуля по возрастанию в зависимости от того, с каким знаком («+» или «-») отразилось целое число в градусах. Отсчеты по обеим шкалам берутся с точностью, равной погрешности определения угла данным теодолитом, то есть 30".

Перед началом работ производится проверка теодолита и выполняются рабочие поверки, описанные в паспорте прибора. При прохождении практики студенты производят внешний осмотр теодолита и основные поверки, описанные ниже, но не определяют ренотсчетного микроскопа, не проверяют коллиматорный визир и не определяют погрешность ориентир - буссоли.

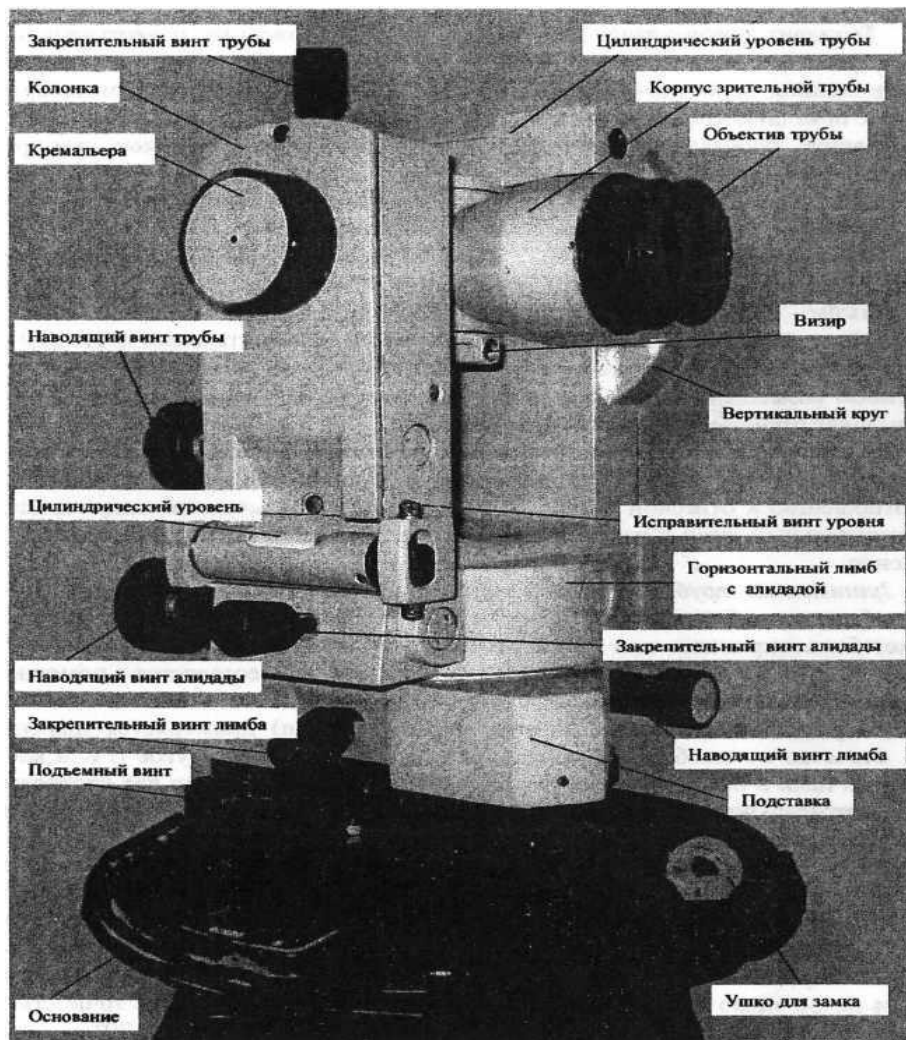


Рисунок 1. Теодолит 2Т30

На рис. 1 невидны окуляр зрительной трубы, окуляр микроскопа, окно и зеркало подсветки микроскопа.

### ***Проверка теодолита***

Теодолит вместе с футляром устанавливают на штатив и закрепляют становым винтом. Отжав пружины-фиксаторы и повернув рукоятки замков по направлению стрелок, снимают футляр.

Ослабляют винты алидады и зрительной трубы и проверяют плавность вращения алидады и зрительной трубы. Закрепив винты алидады и зрительной трубы, открепляют закрепительный

винт лимба и проверяют надежность закрепления лимба.

Проверяется работа наводящих винтов лимба, алидады и зрительной трубы при зафиксированном положении соответствующих крепежных винтов. При вращении наводящих винтов труба должна плавно перемещаться в горизонтальной и вертикальной плоскости как по ходу, так и против хода часовой стрелки.

Проверяется возможность хорошей фокусировки зрительной трубы. Для этого в первую очередь вращением диоптрийного кольца добиваются четкого изображения (резкости) сетки нитей. После этого вращением кремальеры (винта фокусировки) получают четкие изображения как удаленных, так и вблизи расположенных объектов. Если при этом кремальера вращается вхолостую и получить хорошее изображение не удастся, нужно повернуть винт в отверстия на кремальере, пользуясь юстировочной отверткой.

Проверяется качество изображения отсчетных шкал в микроскопе. Для этого вращением зеркальца на колонке нужно добиться хорошего освещения шкал и вращением диоптрийного кольца микроскопа добиться четкого их изображения. Четкость изображения штрихов шкал и оцифровки должна сохраняться по всему полю изображения микроскопа.

Проверяется плавность вращения подъемных винтов. Если они имеют тугий ход, то следует ослабить стеновой винт. Если причина не в чрезмерной натянутости стенового винта, то нужно заменить прибор.

Прежде, чем укладывать теодолита в футляр, необходимо установить все наводящие винты в среднее положение, а зрительную трубу поставить вертикально объективом вниз (рис. 1). Потом совмещают красные метки на колонке теодолита и на его основании так, чтобы футляр вошел в паз основания. Слегка нажимая на футляр сверху, вращают рукоятки против стрелки, закрывая замки.

Главное назначение поверок теодолита — проверка положения основных геометрических осей относительно друг друга. Основными осями теодолита являются вертикальная ось, горизонтальная ось, ось уровня горизонтального круга, визирная ось зрительной трубы. Перед работой необходимо выполнение следующих рабочих поверок теодолита.

**1) Поверка уровня при алидаде горизонтального круга.** Условие поверки — ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита. Поверка выполняется в такой последовательности.

Повернуть алидаду так, чтобы ось уровня разместилась параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта. Вращая эти винты в противоположные стороны, установить пузырек уровня на середину - в нуль-пункт. Повернуть алидаду на  $90^\circ$  и третьим винтом установить пузырек уровня на середину. Затем повернуть алидаду на  $180^\circ$  и оценить смещение пузырька от среднего положения. Если пузырек уровня останется на середине или отклонится не более чем

на одно деление, то условие выполнено. В противном случае следует выполнить юстировку цилиндрического уровня. Для этого подъемными винтами подставки нужно сместить пузырек к середине на 1/2 дуги отклонения. Другая половина отклонения устраняется юстировочными (исправительными) винтами цилиндрического уровня с помощью теодолитной шпильки. При исправлении уровня нужно помнить, что при заворачивании одного винта второй винт необходимо вывертывать. После юстировки поверку повторяют.

**2) Определение наклона сетки нитей зрительной трубы.** Условие поверки — вертикальная нить сетки должна быть параллельна вертикальной оси прибора. Поверка может быть выполнена по отвесу либо по наблюдаемой точке. При отвесном положении оси вращения прибора наводят вертикальную нить сетки трубы на нить отвеса, подвешенного на расстоянии 10-12 м. Действуя наводящим винтом трубы, проводят сеткой нитей по отвесу. Если вертикальная нить сходит с отвеса, то необходимо ослабить 4 крепежных винта, скрепляющих окуляр с корпусом трубы, и повернуть окуляр вместе с сеткой нитей в нужном направлении.

На учебной практике рекомендуется проверять сетку нитей по точке. Для этого после установки цилиндрического уровня в рабочее положение, наводят зрительную трубу на цель - хорошо различимую точку. Совмещают изображение точки с левым концом горизонтального штриха сетки нитей. Вращая наводящим винтом алидады, прослеживают в горизонтальной плоскости изображение цели - не сходит ли оно с правого конца штриха нити. Если точка смещается более чем на три ширины штриха, выполняют вышеописанную юстировку.

**3) Определение коллимационной погрешности.** Условие поверки - визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси прибора (оси вращения трубы). Неперпендикулярность этих осей, то есть коллимационная погрешность, определяется следующим образом:

- наводят зрительную трубу при положении теодолита «круг слева» (КЛ) на цель на расстояние не менее 50 м при приблизительно горизонтальном положении трубы, берут отсчет КЛ в микроскопе на горизонтальном лимбе;

- выполняют повторное наведение при положении теодолита «круг справа» (КП) и берут отсчет в микроскопе КП);

- ослабляют закрепительный винт горизонтального круга (лимба), поворачивают теодолит на 180° и снова закрепляют этот винт;

- ослабляют алидаду и наводят трубу на ту же цель при двух положениях круга и снимают показания  $КЛ_2$  и  $КП_2$  ;

- вычисляют коллимационную ошибку по формуле:

$$C = (КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ) / 4$$

- повторяют определение величины  $C$  и вычисляют ее среднее арифметическое

значение.

Если коллимационная погрешность превышает по модулю двойную точность отсчетного устройства (для 2ТЗ0 она составляет 1'), то ее исправляют. Юстировка (исправление):

- снимают колпачок окуляра, наводят зрительную трубу на удаленную визирную цель и снимают показания по горизонтальному кругу;

- вычисляют исправленное показание для горизонтального лимба:

$$КЛ_{испр} = КЛ - c \text{ или } КП_{испр} = КП + c$$

и устанавливают его наводящим винтом алидады. При этом перекрестье сетки нитей сойдет с наблюдаемой точки;

- юстировочными горизонтальными винтами сетки нитей совмещают перекрестье с изображением точки. После юстировки поверку повторяют и возвращаются к выполнению второй поверки.

#### 4) Определение места нуля вертикального круга.

«Место нуля» (МО) вертикального круга - отсчет по шкале вертикального круга, соответствующий горизонтальному положению визирного луча. Поскольку он не всегда равен 0°00', необходимо его определение при получении прибора. Для этого визируют на удаленную цель при двух положениях вертикального круга теодолита и снимают соответствующие показания КЛ и КП по вертикальному кругу в микроскопе трубы. Перед наведением нужно проверить положение пузырька уровня при алидаде горизонтального круга и в случае его смещения вывести в среднее положение. Вычисление места нуля (МО):

$$МО = (КЛ + КП) / 2$$

Место нуля определяют дважды и за окончательное значение принимают среднее арифметическое. Если МО превышает двойную точность (1'), то его исправляют.

Юстировка (исправление):

- снимают колпачок окуляра, наводят зрительную трубу на удаленную визирную цель и снимают показания по горизонтальному кругу;

- вычисляют исправленное показание для вертикального лимба:

$$КЛ_{испр} = КЛ - МО \text{ или } КП_{испр} = КП - МО$$

и устанавливают его наводящим винтом зрительной трубы. При этом перекрестье сетки нитей сойдет с наблюдаемой точки;

- юстировочными вертикальными винтами сетки нитей совмещают перекрестье с изображением точки.

После юстировки поверку повторяют и возвращаются к выполнению второй и третьей поверок.

#### 5) Определение наклона горизонтальной оси. Условие поверки - горизонтальная ось



прибора должна быть перпендикулярна вертикальной оси прибора.Ход выполнения поверки:

установить теодолит по уровню на расстоянии 2 - 3 м от стены;

- отметить на стене точку или укрепить марку под углом  $25^{\circ}$  -  $35^{\circ}$  к горизонту и навести на нее вертикальную нить сетки нитей зрительной трубы;

- наклонить зрительную трубу до линии горизонта  $\pm 1^{\circ}$  и отметить на стене точку по вертикальной нити сетки нитей;

- повернуть алидаду на  $180^{\circ}$  и при другом положении вертикального круга теодолита снова навести трубу на верхнюю точку;

- наклонить зрительную трубу вниз и определить смещение отмеченной точки относительно вертикальной нити сетки в долях ширины биссектора;

- повторить поверку и определить среднее арифметическое значение смещения нижней точки из двух определений.

При среднем значении смещения нижней точки более чем на ширину биссектора (что соответствует наклону горизонтальной оси, равному  $30''$ ) прибор возвращается заводу-изготовителю.

## **2.2 Установка теодолита в рабочее положение**

Перед выполнением теодолитных работ на станции прибор устанавливают в рабочее положение.

Установка теодолита в рабочее положение включает в себя центрирование над вершиной угла, горизонтирование (приведение плоскости лимба в горизонтальное положение) и установку зрительной трубы для наблюдений.

Центрирование теодолита может выполняться при помощи нитяного отвеса, оптического центрира либо лазерного центрира. Теодолит 2Т30 центрируется только с применением нитяного отвеса. Перемещают штатив с теодолитом так, чтобы отвес находился примерно над точкой, обозначающей вершину измеряемого угла. Затем, нажимая ногой на упоры штатива, уточняют положение отвеса, одновременно следя за тем, чтобы головка штатива была примерно горизонтальна. Окончательно совмещают острие отвеса с точкой, сдвигая теодолит по головке штатива, предварительно открепив становой винт. После выполнения действий по центрированию этот винт снова закрепляют.

Горизонтирование выполняется с помощью подъемных винтов теодолита и цилиндрического уровня. Двигая алидаду в горизонтальной плоскости, уровень размещают параллельно двум подъемным винтам и вращением этих винтов в разные стороны выводят пузырек уровня на середину. Затем уровень устанавливают по направлению на третий винт, то есть алидаду поворачивают на  $90^{\circ}$  и его вращением пузырек снова смещают на середину. После этих действий пузырек должен оставаться в нуль-пункте при любом положении алидады, если

теодолит предварительно был поверен. Установка трубы для наблюдений включает в себя установку трубы «по глазу» - вращением диоптрийного кольца для получения четкого изображения сетки нитей - и установку «по предмету» - с помощью кремальеры добиваются четкого изображения наблюдаемого объекта.

### 2.3 Проверка технического состояния нивелира и его подготовка к работе

Геодезические действия, в результате которых определяют превышения между точками, называют *нивелированием*. Нивелирование может быть геометрическим, выполняемым горизонтальным лучом визирования; тригонометрическим, выполняемым наклонным лучом визирования; физическим, основанным на закономерностях физики (барометрическим, гидростатическим, механическим).

*Геометрическое нивелирование* выполняют с помощью нивелирных реек и приборов, называемых *нивелирами*. Согласно действующим ГОСТ нивелиры изготавливают трех типов: высокоточные – Н-05; точные – Н-3 и технические – Н-10. В названии нивелира справа от буквы Н цифрой обозначают допустимую среднюю квадратическую погрешность измерения превышения на 1 км длины нивелирного хода.

В зависимости от того, каким способом визирный луч устанавливают в горизонтальное положение, нивелиры изготавливают в двух исполнениях: - с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе, с помощью которого осуществляется горизонтирование визирного луча; - с компенсатором – свободно подвешенная оптико- механическая система, которая приводит автоматически визирный луч в горизонтальное положение. В названии нивелира буква К означает компенсатор, а буква Л – лимб (для нивелиров Н-3К, Н-3КЛ).



Рисунок 2. Точный нивелир 3Н-3КЛ с компенсатором и лимбом: 1 – лимб; 2 – наводящий винт; 3 – кремальера; 4 – визир

Цифры на рейке подписаны в перевернутом виде, чтобы в зрительную трубу они давали прямое изображение, так как нивелир Н-3 (НВ-1) снабжен зрительной трубой с перевернутым изображением. Отсчеты по рейкам снимают с точностью до миллиметра (рис. 3).

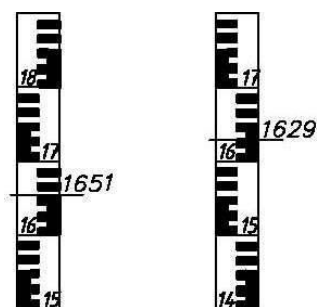


Рисунок 3. Отсчеты по рейкам

В настоящее время изготавливают преимущественно нивелиры прямого изображения.

Нивелир перед работой должен быть поверен. В результате **поверок** основные части инструмента приводят в такое взаимное положение, чтобы визирная ось трубы была горизонтальной при пузырьке уровня на середине, т.е. в нульпункте.

*Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.* Действуя тремя подъемными винтами, пузырек круглого уровня приводят в нульпункт (на середину). Поворачивают верхнюю часть нивелира на 180°. Если пузырек круглого уровня сместился за пределы кружка, то его перемещают ближе к середине на половину дуги отклонения вначале двумя подъемными винтами, а затем - исправительными винтами.

*Сетка нитей зрительной трубы не должна иметь перекоса,* т.е. одна из нитей сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира, а другая - отвесна. Поверяется перемещением нити сетки по неподвижной точке. Исправление может быть только в мастерской.

*Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы* – проверка главного условия нивелира. Выполняется нивелированием линии с ее концов. Выбирают линию длиной 60 – 70 м на местности с заметным превышением. Нивелир устанавливают на штативе над колышком в начале линии.

Измеряют высоту инструмента  $i_1$  рейкой с точностью до 1 мм. Пузырек контактного уровня устанавливают в нульпункт (на середину) вращением элевационного винта. Затем по средней нити берут отсчет  $b_1$  по рейке, установленной в конце линии. Аналогично нивелир устанавливают над второй точкой, измеряют высоту инструмента  $i_2$  и по рейке,

поставленной на колышек в начальной точке линии, берут отсчет  $b_2$ . Вычисляют погрешность  $x$ , характеризующую непараллельность оси уровня и визирной оси, по формуле:

$$x = b_1 + b_2 - i_1 + i_2 \leq 4 \text{ мм} \quad \text{---(2.1) 2} \quad 2$$

Если погрешность больше 4 мм, то главное условие не выполнено. Тогда находят правильный отсчет  $b = b_2 - x$  (алгебраически). Не изменяя положения нивелира и рейки, вращением элевационного винта устанавливают среднюю нить сетки на правильный отсчет; при этом пузырек контактного уровня сойдет с середины. Слегка ослабив горизонтальные исправительные винты, действуя вертикальными исправительными винтами уровня, приводят пузырек уровня на середину. Поверку повторяют. Исправительные винты после этого поджимают контргайками.

Для поверки главного условия нивелира-параллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня - можно применять другой способ.

Поверку выполняют двойным нивелированием одной и той же линии (рисунок 4).

Линию АВ длиной 50 – 70 м закрепляют кольями. Точно на середине линии в точке С устанавливают нивелир. Если визирная ось не горизонтальна, то в отсчеты на рейках А и В включены одинаковые погрешности  $x$ .

Превышение  $h_1$  определяют по формуле:

$$h_1 = a_0 - b_0 = (a_0 + x) - (b_0 + x), \quad (2.2)$$

где  $a_0$  и  $b_0$  – предполагаемые отсчеты по рейкам при горизонтальном луче визирования.

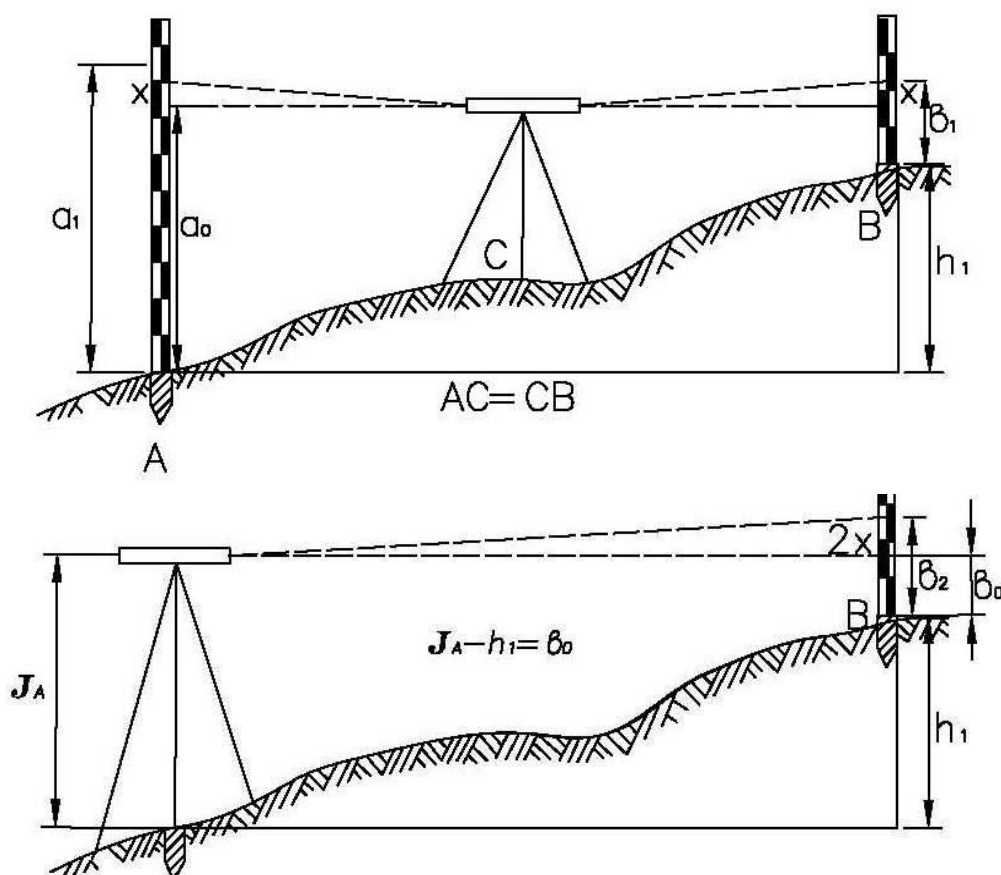


Рисунок 4. Поверка главного условия нивелира: а – нивелирование способом

«из середины», б – нивелирование способом «вперед».

Нивелирование способом «из середины» имеет большое преимущество, так как погрешности  $x$  вычитаются и превышение определено верно.

Затем, установив нивелир в точке  $A$  (или в точке  $B$ ), производят нивелирование способом «вперед». С помощью рулетки измеряют высоту инструмента  $J$  и определяют превышение  $h_2$  как разность высоты инструмента и отсчета по рейке  $b_2$ :

$$h_2 = J - b_2. \quad (2.3)$$

Если значения превышений  $h_1$  и  $h_2$  отличаются не более, чем на 3–5 мм, то условие выполнено. В противном случае отсчет  $b_o$ , который должен быть при горизонтальной визирной оси трубы, вычисляют по формуле:

$$b_o = J - h_1. \quad (2.4)$$

Вращая элевационный винт нивелира, устанавливают перекрестье сетки нитей на отсчет  $b_o$ , но при этом нарушается контакт концов пузырька уровня. Действуя вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня, устанавливают концы пузырька в контакт. Для контроля действия повторяют.

Превышения определяют преимущественно способом «из середины», что дает возможность исключить погрешности из-за негоризонтальности линии визирования, а также влияние кривизны Земли и рефракции; чем выше класс нивелирования, тем строже требование к равенству расстояний от прибора до реек.

## 2.4 Исследование нивелиров

*Определение цены деления цилиндрического уровня.* При определении цены деления цилиндрического уровня в 20–30 м от нивелира устанавливают рейку. Вращением элевационного винта, расположенного под окуляром зрительной трубы, перемещают пузырек контактного уровня в сторону от объектива на  $n$  делений от нуля от нуля и в этом положении по средней нити берут отсчет  $b_1$ ; затем вращением элевационного винта

перемещают пузырек уровня также на  $n$  делений от середины, но теперь в сторону окуляра, и снова по средней нити берут отсчет  $b_2$ . Расстояние  $d$  от нивелира до рейки измеряют

лентой или рулеткой. Цену деления уровня вычисляют по формуле:

$$\tau = \frac{(b_1 - b_2) \cdot \rho'}{2nd}, \quad (2.5)$$

где  $\rho' = 206265''$ ,  $b_1 - b_2$  - разность отсчетов соответствует изменению положения пузырька на  $2n$  делений.

Отсчет по рейке  $b_1$  можно брать при пузырьке на середине (в контакте), а  $b_2$  - при отклоненном положении пузырька от середины на  $n$  делений, тогда цена деления уровня равна:

$$\tau = \frac{(b_1 - b_2) \cdot \rho'}{dn}, \quad (2.6)$$

*Определение увеличения трубы.* Рейку устанавливают в 15-20 м от нивелира. Наблюдают, сколько делений, видимых невооруженным глазом, соответствует одному или нескольким делениям рейки, видимых в поле зрения трубы:

$$v = \frac{n}{N}, \quad (2.7)$$

где  $n$ - число делений по рейке;  $N$ - соответствующее число делений, видимых в поле зрения трубы.

### **3. ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЁМКА**

При производстве теодолитной съёмки последовательно выполняются следующие работы: рекогносцировка участка местности (визуальное обследование в полевых условиях территории съёмки); разбивка полигона; измерение магнитного азимута начального направления; измерение горизонтальных и вертикальных углов по направлениям полигона; измерение длин сторон полигона; съёмка контурных и отдельных объектов местности с оформлением абриса; камеральная обработка результатов измерений.

Индивидуальные задания даются преподавателем в полевых условиях путём разбивки опорного хода, координаты начальной точки хода определяются путём привязки к заложенному на территории реперу. Индивидуальные задания оформляются по форме приложения на стр.63.

#### **3.1. Создание опорной съёмочной сети**

Для создания геодезической основы топографической съёмки на местности закрепляется сеть точек, для которых определяются плановые, либо планово-высотные координаты. Количество пунктов такой сети, которая называется съёмочной сетью, зависит от масштаба съёмки и характера снимаемого рельефа местности. При съёмке значительных территорий и в соответствии с проектом производства геодезических работ (ППГР) для обеспечения съёмки координатами государственной или местной системы координат выполняется привязка к соответствующей сети. Во время учебной практики привязка к государственной геодезической сети (ГГС) не производится и для построения плана применяется условная система координат.

Съёмочные теодолитные ходы могут прокладываться в виде замкнутых ходов (полигонов) и в виде разомкнутых теодолитных ходов. В ходе учебной практики строится полигон с одной «твёрдой» точкой, имеющей координаты, заданные преподавателем.

#### **Полигон в системе прямоугольных координат**

*Разбивка полигона.* По результатам обследования местности выбирают местоположение точек хода с учетом физико-географических условий. При этом должна быть обеспечена видимость смежных точек хода, не должно быть препятствий для измерения расстояний, учитываются рекомендации для длин сторон полигона. Длины линий в теодолитных ходах рекомендуются не более 350 м и не менее 20 м и по возможности должны не очень отличаться по протяженности. Все точки закрепляют колышками на 2-3 см выше поверхности земли и, если в этом есть необходимость, отмечают

«сторожками» во избежание потери («сторожок», - дополнительный колышек высотой 40-60 см с написанным на нем номером точки). Схема расположения вершин теодолитных ходов приводится в журнале угломерной съемки (табл.1). На ней указывается последовательность нумерации точек и обозначения сторон полигона.

**Измерение горизонтальных углов.** Над точкой съёмочного обоснования устанавливают теодолит на штативе. В двух смежных точках за колышками ставятся вешки. После установки в рабочее положение прибор визируют по направлениям на вешки, установленные на точках (как можно ближе к поверхности земли для уменьшения погрешности наведения).

В замкнутых теодолитных ходах внутренние углы  $\beta_i$  измеряются способом приемов. Прием состоит из двух полуприемов. Измерение угла, произведенное при определенном положении вертикального круга (при «круге лево» КЛ или при «круге право» КП) относительно зрительной трубы, называется полуприемом. Угол, полученный в одном полуприеме, включает в себя ряд систематических приборных погрешностей - таких как коллимационная погрешность, погрешность за наклон оси вращения трубы и др. Эти погрешности исключаются при получении среднего арифметического значения из двух измерений угла при КЛ и КП.

Горизонтальный угол измеряется таким образом. Нужно закрепить горизонтальный круг (лимб), открепить закрепительные винты алидады и трубы, выполнить визирование на правую точку и закрепить алидаду и трубу. Точное наведение перекрестия сетки нитей на цель выполняется с помощью наводящих винтов алидады и зрительной трубы. Далее снимается отсчет по горизонтальному кругу, который записывается в журнал измерений (табл. 1). Ослабляются закрепительные винты алидады и трубы, производится визирование на левую точку, снимается и записывается отсчет. Горизонтальный угол определяется как разность отсчетов на правую и левую точку визирования, если смотреть внутрь измеряемого угла. Аналогично определяют угол во втором полуприеме - при КЛ или КП. Если отсчет на правую точку меньше отсчета на левую точку, то перед вычитанием к нему следует прибавить  $360^0$ . Результатом измерения горизонтального угла является среднее арифметическое значений из двух определений этого угла при КП и КЛ. Расхождение между углами из двух полуприемов не должно превышать двойной точности отсчетного устройства (для теодолита 2Т30 - одной минуты).

**Измерение вертикальных углов.** При измерении углов наклона сторон теодолитного хода перекрестие сетки нитей трубы наводят на высоту прибора (на метку, сделанную на вехе, либо на соответствующий отсчет на нивелирной рейке). Работая с прибором 2Т30 (2Т30П), отсчет снимают по верхней шкале с буквой «В» в поле зрения микроскопа, считая минуты от положительного нуля или от отрицательного нуля в зависимости от знака (плюс либо минус) у цифры на отсчетном штрихе микроскопа.



Таблица 1

## Журнал угломерной съемки

Дата

Наблюдатель

№ станции	№ точек визирования	Отсчеты по горизонтальному кругу		Угол из полуприема		Среднее значение угла $\beta$		Длина линии D, м	Угол наклона	Схема топографического полигона
		°	'	°	'	°	'			
I	КЛ: V II	286 202	58,7 05,9	84	52,8	84	52,7	113,8 113,6 113,7	0° 06'	
	КП: V II	106 22	58,6 06	84	52,6					
II	КЛ: I III	321 232	25,5 17,2	89	08,3	89	08,3	120,6 120,4 120,5	-0° 28,5'	
	КП: I III	141 52	25,5 17,2	89	08,3					
III	КЛ: II IV	11 215	35,0 12,3	156	22,7	156	22,6	71,6 71,4 71,5	-0° 47,5'	
	КП: II IV	191 35	35,1 12,3	156	22,8					
IV	КЛ: III V	190 118	21,0 11,3	72	09,7	72	09,6	96,6 96,8 96,7	-0° 47,5'	
	КП: III V	10 298	22,0 12,2	72	09,8					
V	КЛ: IV I	235 98	31,9 04	137	27,9	137	27,9	120,5 120,3 120,4	0° 25'	
	КП: IV I	55 278	31,9	137	27,9					

Углы наклона ( $v$ ) КЛ вычисляют по формулам:

$$v = (КЛ-КП)/2 ; v = КЛ - МО; v = МО - КП,$$

где КЛ и КП - отсчеты по шкале вертикального круга в микроскопе , МО — место нуля вертикального круга теодолита.

Результаты измерений записывают в журнал угломерной съемки.

Углы наклона входят в формулу для вычисления горизонтальных проложений сторон топографического полигона.

### ***Измерение длин сторон полигона***

Во время учебной практики измерения расстояний производят с помощью рулетки или мерной ленты дважды - в прямом и обратном направлениях. Расхождение при двух определениях длины линии не должно превышать 1/1500 при средних условиях измерений, 1/1000 - при неблагоприятных условиях (наличии высокой растительности, кочек, бугров и т.п.), 1/2000 - при благоприятных условиях.

Мерный прибор укладывается на земную поверхность при достаточно сильном натяжении в створе измеряемой линии. Створ предварительно закрепляется с помощью промежуточных вех либо контролируется вертикальной нитью теодолита.

Измеренные отрезки наклонных линий на местности записываются в угломерный журнал и в дальнейшем используются для расчета горизонтальных проложений (проекции на горизонтальную плоскость)

$$d = D \cos v, \tag{3.1}$$

где  $d$  – горизонтальное проложение,  $D$  - средняя измеренная длина линии,  $v$ - угол наклона измеренной линии. Вычисленные значения  $d$  заносят в графу 7 ведомости координат (табл. 2) и используются при вычислении приращений прямоугольных координат топографического полигона.

### ***Измерение магнитного азимута начального направления***

Топографический план должен быть ориентирован, как правило, по дирекционным углам, либо по азимутам. Поскольку во время учебной практики привязка к пунктам ГГС не выполняется, то в качестве углов ориентирования принимают магнитные азимуты либо дирекционные углы, рассчитанные от исходного магнитного азимута. В этом случае по заданному преподавателем магнитному склонению  $\delta$  и гауссову сближению меридианов  $\gamma$  дирекционный угол исходного направления вычисляется по формуле:

$$\alpha_{i-ii} = A_{i-ii} + (\pm ПН), \tag{3.2}$$

где  $A_{i-ii}$  - измеренный магнитный азимут исходного направления 1-2,  $ПН = (\pm \delta) - (\pm \gamma)$  - поправка направления.

Измерение магнитного азимута с помощью теодолита производится в следующей

последовательности.

Теодолит устанавливается в исходное положение над начальной точкой I полигона, закрепляется ориентир-буссоль (рис. 4) на вертикальном круге теодолита. Закрепляют лимб. При свободной алидаде, двигаясь вокруг вертикальной оси прибора, совмещают нулевой штрих шкалы алидады (нуль горизонтальной шкалы в микроскопе) с нулем лимба. Для точной установки применяют наводящий винт алидады.

Приводят магнитную стрелку в рабочее положение: отжимают ее от коробки буссоли с помощью арретира (закрепительного винта буссоли). Далее вращают лимб до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не займет центральное положение в коробке ориентир-буссоли. После этого закрепляют лимб, освобождают алидаду и визируют на цель

- вешку, мерную шпильку либо нивелирную рейку, установленную на точке II. Следует визировать как можно ближе к кольшку - основанию визирной цели. Снимают отсчет по горизонтальному кругу, который является магнитным азимутом исходного направления I- II.

### ***Камеральная обработка полигона***

В специальную ведомость (таблица 2) из журнала угломерной съемки (таблица 1) выписывают значения измеренных углов ( $\beta_{изм}$ ), длины линий, пересчитанные в горизонтальные проложения ( $d$ ), а также вычисленный дирекционный угол исходной стороны полигона ( $\alpha_{i-ii}$ ) и координаты исходной точки ( $X_I$  и  $Y_I$ ). В таблице 2 приведен пример заполнения ведомости. Исходные данные выделены жирным шрифтом.

#### *1). Увязка (уравнивание) углов полигона*

По данным графы 2 вычисляют как сумму измеренных углов полигона, и теоретическую сумму углов по формуле  $\Sigma\beta_{теор} = 180^\circ * (n - 2)$ , где  $n$  – количество измеренных углов. Определяется фактическая *угловая невязка* и *невязка допустимая* по формулам:

$$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор} \quad (3.3)$$

$$f_{\beta_{доп}} = 1 \sqrt{mm} \quad (3.4)$$

Если  $f_\beta$  не превышает  $f_{\beta_{доп}}$ , выполняют увязку углов, то есть вычисляют и распределяют поправки на значения измеренных углов. Угловая невязка распределяется поровну на все углы с обратным знаком. Поправку на каждый угол находят делением угловой невязки на количество углов:  $\bar{\delta} = -f_\beta / n$ .

Сумма распределяемых поправок должна равняться угловой невязке с обратным знаком. Если запись углов производится с точностью до  $0,1^1$ , то поправки

также округляют до 0,1' так, чтобы их сумма с обратным знаком равнялась угловой невязке  $f_{\beta}$

Исправленные углы  $\beta_{испр}$  в графе 4 получают суммированием измеренных углов с их поправками  $\bar{\delta}$ .

2). *Вычисление углов ориентирования сторон полигона.* Для определения дирекционных углов направлений полигона применяют формулу связи последующего и предыдущего дирекционного угла при условии, что измерялись справа по ходу лежащие внутренние углы полигона:  $\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_{n,n-1}$ ,

где  $\beta_{n,n-1}$  - справа по ходу измеренный угол между смежными направлениями.

Контролем расчета дирекционных углов по графе 4 является вычисленное в конце расчета значение  $\alpha_{i-ii} = \alpha_{v-i} + 180^\circ - \beta_1$ , которое должно совпасть со значением исходного дирекционного угла.

Если предполагается вести расчет приращений координат через румбы направлений, что не обязательно, то дирекционные углы переводят в румбы по формулам связи в зависимости от направления:

Северо-восточное – СВ ( $a = 0^\circ - 90^\circ$ );  $r = a$ ;

Юго-восточное – ЮВ ( $a = 90^\circ - 180^\circ$ );  $r = 180^\circ - a$ ;

Юго-западное – ЮЗ ( $a = 180^\circ - 270^\circ$ );  $r = a - 180^\circ$ ;

Северо-западное – СЗ ( $a = 270^\circ - 360^\circ$ ).  $r = 360^\circ - a$ .

### 3) *Вычисление приращений координат*

Для расчета приращений координат используют формулы прямой геодезической задачи:

$$\Delta X = d \cos \alpha = \pm d \cos r, \Delta Y = d \sin \alpha = \pm d \sin r. \quad (3.5)$$

Если для вычислений используются румбы, то знаки приращений координат принимаются в зависимости от названия четверти прямоугольной системы координат:

Диапазон дирекционного угла	Четверть направление	Знаки приращений координат	
$0^0 - 90^0$	I- СВ	+	+
$90^0 - 180^0$	II- ЮВ	-	+
$180^0 - 270^0$	III- ЮЗ	-	-
$270^0 - 360^0$	IV- СЗ	+	-

Алгебраическая сумма приращений координат в замкнутом ходе по обеим осям

координат ( $\Sigma\Delta X$  и  $\Sigma\Delta Y$ ) должна равняться нулю. Фактическая сумма приращений координат, не равная нулю, составляет линейную невязку  $f_{\Delta x}$  и  $f_{\Delta y}$ .

Для определения допустимости полученных невязок вычисляется относительная погрешность определения приращений координат:

$$f_{\text{отн.}} = f_s/P = 1/(P:f_s), \quad (3.6)$$

где  $P$  - периметр полигона.

Относительная погрешность не должна превышать допустимую:  $f_{\text{отн.}} \leq f_{\text{доп.}}$ . В этом случае выполняется увязка вычисленных приращений координат.

Допустимая относительная погрешность задается нормативно и при измерениях расстояний землемерной лентой или рулеткой принимается равной 1/2000 для благоприятных условий измерений, 1/1500 для средних условий, 1/1000 для неблагоприятных условий (высокая трава на земной поверхности, наличие кочек и т.п.).

#### 4) Увязка приращений координат

Увязка приращений координат заключается в введении поправок в вычисленные приращения координат, которые вводят пропорционально горизонтальным проложениям сторон:

$$\bar{\delta}_x = (-f_{\Delta x}/P) \cdot d; \quad (3.7)$$

Поправки округляются до 0,01 м. Записанные в графу 8 и 9 поправки по графам в сумме должны равняться соответствующим невязкам с обратным знаком.

Далее вычисляются исправленные приращения координат (графы 11 и 12). Поправки суммируются с соответствующими приращениями с учетом знаков приращений координат и поправок. Контролем расчета является равенство суммы исправленных приращений нулю по обоим графам.

#### 5) Вычисление координат точек полигона

Координаты точек полигона вычисляются последовательно, суммируя предыдущие координаты с соответствующими исправленными приращениями координат:

$$X_n = X_{n-1} + \Delta X_n, \quad Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_n, \quad (3.8)$$

Контролем вычислений является равенство вычисленных и заданных исходных значений первой точки полигона  $X_1$  и  $Y_1$ .

#### 6) Построение координатной сетки

Если наносится план небольшого размера, то координатную сетку можно

построить с помощью циркуля - измерителя и масштабной линейки.

Таблица 2

## Ведомость вычисления прямоугольных координат

№ точки	Углы измеренные β <sub>изм</sub>	Углы исправленные β <sub>испр</sub>	Дирекционные углы α	Румбы γ	Горизонтальные проложения d, м	Приращения координат, м				Приращения исправленные, м		Координаты точек, м	
						ΔX	Поправка	ΔY	Поправка	ΔX	ΔY	X	Y
I	-0,2' 84°52,7'	84°52,5'	112°00'	ЮВ: 68°00'	113,7	-42,6	+0,09	+105,4	+0,04	-42,51	+105,44	200,0 0	100,00
II	-0,3' 89°08,3'	89°08'	202°52'	ЮЗ: 22°52'	120,5	-111,0	+0,09	-46,8	+0,05	-110,91	-46,75	157,4 9	205,44
III	-0,2' 156°22,6'	156°22,4'	226°29,6'	ЮЗ: 46°29,6'	71,5	-49,1	+0,05	-51,8	+0,03	-49,05	-51,77	46,58	158,68
IV	-0,2' 72°09,6'	72°09,4'	334°20,2'	СЗ: 25°39,8'	96,7	+87,1	+0,07	-41,9	+0,04	+87,17	-41,86	-2,47	106,92
V	-0,2' 137°27,9'	137°27,7'	16°52,5'	16°52,5'	120,4	+115,2	+0,1	+34,9	+0,04	+115,3	+34,94	84,7	65,06
I			112°00'		P= 522,8	Σ+202,3 Σ-202,7	Σ= +0,4	Σ+140,3 Σ-140,5	Σ= +0,2	Σ+202,47 Σ-202,47	Σ+140,3 Σ-140,36	200,0 0	100,00
	Σβ <sub>изм</sub> = 540°11,1'	Σβ <sub>испр</sub> = 540°				fΔx=-0,4		fΔy=-0,2		fΔx=0	fΔy=0		

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n-2) = 180^\circ \cdot (5-2) = 540^\circ, \text{ где } n - \text{число углов}$$

$$f\beta_{\text{доп}} = 1' \cdot \sqrt{5} = \pm 2,23'; f\beta = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = 1,1'$$

$$f_s = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2} = 0,1414$$

$$f_{\text{отн. доп}} = 1/1000; f_{\text{отн}} = 1/(P \cdot f_s) = 1/(522,8 \cdot 0,1414) = 1/3697$$

На листе чертежной бумаги с помощью металлической линейки и остро заточенного карандаша проводят диагонали. От точки пересечения диагоналей по всем четырем направлениям откладывают равные отрезки. Концы отрезков соединяют прямыми линиями, на сторонах полученного прямоугольника откладывают отрезки длиной 5 см или 10 см циркулем - измерителем. Соединяют соответствующие отрезки противоположных сторон прямоугольника и получают сетку квадратов.

Контроль правильности построения координатной сетки - равенство длин сторон и диагоналей квадратов. Расхождения не должны превышать 0,2 мм.

При значительных размерах планов координатную сетку строят при помощи специальной линейки - *Линейки Дробышева* (ЛД-1).

Построенную сетку подписывают по осям  $X$  и  $Y$  в соответствии с масштабом плана так, чтобы участок разместился примерно по центру листа. Для этого необходимо выбрать соответствующее начало координат с учетом диапазона вычисленных значений координат.

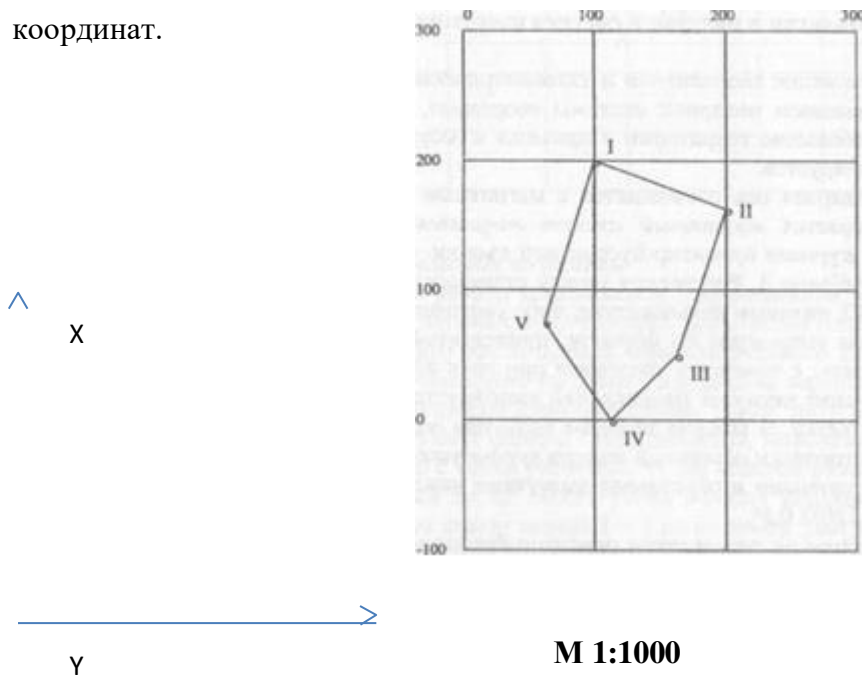


Рис. 5. Съёмочное обоснование в сетке прямоугольных координат

В таблице 2 точка 4 имеет самую маленькую координату  $X = - 2,47$ м. Поэтому на нижней линии координатной сетки в масштабе 1: 1000 должна быть поставлена цифра - 100, а на первой вертикальной линии цифра 0, поскольку самое малое значение  $Y=65,06$  м. (точка 5). Очевидно, что в данном примере следует разбить километровую координатную сетку линиями через 10 см, то есть в соответствии с масштабом 1:1000 - через 100 м (рис. 6).

При нанесении точек по координатам берут разность между значением координаты и ближайшей меньшей координатной линией, определяют расстояние точки от линии в



метрах, которое при помощи циркуля-измерителя и линейки линейного или поперечного масштабов откладывают по перпендикуляру к линиям сетки.

Нанесение точек полигона контролируется путем сравнения расстояний между ними, взятыми по плану, с соответствующими горизонтальными проложениями в табл.2. Расхождения не должны превышать 0,5 мм. Линии координатной сетки убирают ластиком, оставляя перекрестия в узлах квадратов размером 6х6 мм.

Построенный по координатам полигон является съемочным обоснованием (съемочной сетью, геодезической опорой) плана топографической съемки и используется для нанесения на бумагу снятых объектов местности.

### **Полигон в полярной системе координат.**

Съемочное обоснование теодолитной и тахеометрической съемки может быть создано с применением полярной системы координат, если результаты съемки охватывают небольшие территории и привязка к государственной системе координат не планируется.

Как правило, полярная ось совмещается с магнитным меридианом. На каждой станции измеряется магнитный азимут направлений на смежные станции с записью в журнале ориентир-буссольной съемки. Фрагмент такого журнала приведен в таблице 3. Расстояния между станциями измеряются рулеткой (мерной лентой), нитяным дальномером, либо светодальномером. Горизонтальные проложения вычисляют по формуле, приведенной в разделе 3.1.1. Углы наклона определяют с помощью теодолита при двух положениях вертикального круга. Измерение азимутов направлений выполняется последовательно по ходу часовой стрелки. В каждой вершине полигона определяют прямой азимут последующей стороны и обратный азимут предыдущей стороны.

Разность между прямыми и обратными азимутами каждого направления не должна превышать  $180^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$ .

Камеральные работы по результатам ориентир-буссольной съемки начинаются с математической обработки полевых данных и выполняются в следующей последовательности:

- вычисляют средние значения из прямых и обратных азимутов;
- переводят азимуты в румбы, так как накладку тахеометрического хода лучше делать по румбам;
- вычисляют средние значения из двойных измерений сторон;
- определяют горизонтальные проложения линий.

### ***Накладка полигона по румбам***

Графические работы выполняются с применением транспортира, измерителя,

масштабной линейки, треугольника, деревянной линейки, карандашей.

Через середину листа бумаги, предназначенного для составления плана, проводят тонко очиненным твердым карандашом вертикальную линию, которую принимают за направление меридиана. После этого легким уколом иголки измерителя обозначают первую точку полигона, положение которой выбирается произвольно, но с таким расчетом, чтобы полигон разместился симметрично относительно краев листа. Место укола обводят карандашом и рядом ставят номер точки. Затем строят линию 1 - 2 по ее румбу. Для этого транспортир укладывают так, чтобы его центр и градусный отсчет румба на дуге совпали с меридианом. Основание транспортира пойдет при этом по данному направлению. К основанию транспортира прикладывают треугольник, а к нему линейку. Убрав транспортир в сторону, передвигают треугольник вдоль неподвижной линейки до тех пор, пока катет, который был приложен к транспортиру, не совместится с первой точкой полигона. Прочерченная по этому катету линия и будет искомым направлением, на котором откладывают длину первой стороны и отмечают точку 2. Аналогично строят остальные стороны полигона. На рисунке показаны все возможные направления (4 варианта).

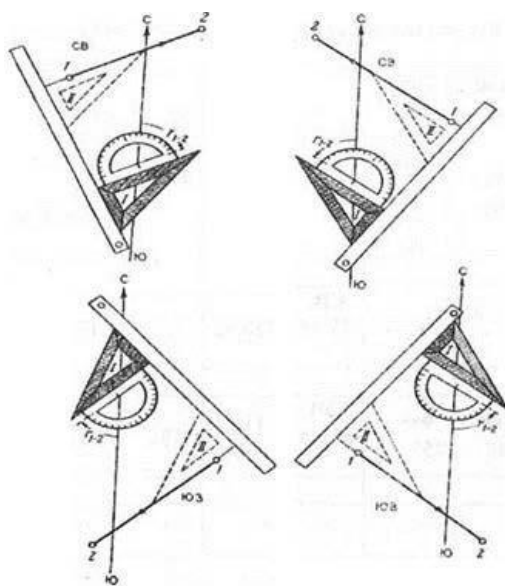


Рис. 7. Способы построения направлений по румбам

Увязка хода заключается в распределении линейной невязки путем смещения вершин полигона по линиям, параллельным невязке. Линейная невязка обнаруживается непосредственно на плане после накладки хода, поскольку конец последней линии обычно не совмещается с начальной точкой полигона, а располагается рядом с ней. На рисунке 8 пунктирными линиями показан наложенный по румбам полигон, который не замкнулся на величину отрезка 1 - Г. Длину этого отрезка, которую называют абсолютной линейной невязкой, определяют в метрах в соответствии с масштабом

плана.

Линейная невязка допустима, если ее отношение к периметру (P) полигона, являющееся относительной невязкой, будет меньше 1/200.

В этом случае полученная невязка недопустима. Это значит, что в измерениях линий и азимутов на местности или в построении их на бумаге допущена грубая ошибка.

Если линейная невязка допустима, то построенный полигон увязывают, то есть весь полигон перемещают так, чтобы конец последнего направления попал в начальную точку, а допущенные при этом искажения длин линий и румбов были минимальны.

В каждой вершине незамкнувшегося полигона (на рисунке 8 он изображен пунктирными линиями) проводят линии, параллельные линейной невязке I-I<sup>1</sup>, но идущие в направлении, обратном невязке, то есть в направлении от точки I<sup>1</sup> к точке I. Эти направления показаны стрелками.

Величины смещения в каждой точке являются частями линейной невязки и их вычисляют по формуле:

$$\bar{\delta} = (f_{\text{авс}}/P) \cdot l_p \quad (3.9)$$

где  $\bar{\delta}$  — величина смещения данной точки в метрах; P — периметр полигона;  $l_p$  — расстояние от начальной точки до определяемой точки полигона.

Последовательно соединяя прямыми линиями вновь полученные точки, включая точку I, получают замкнутый увязанный полигон, который на рисунке 9 показан сплошными линиями.

Рядом с каждой из линий полигона в виде дроби подписываются румб направления в числителе и величина горизонтального проложения в знаменателе так, как показано на рисунке 8 для направления I – II.

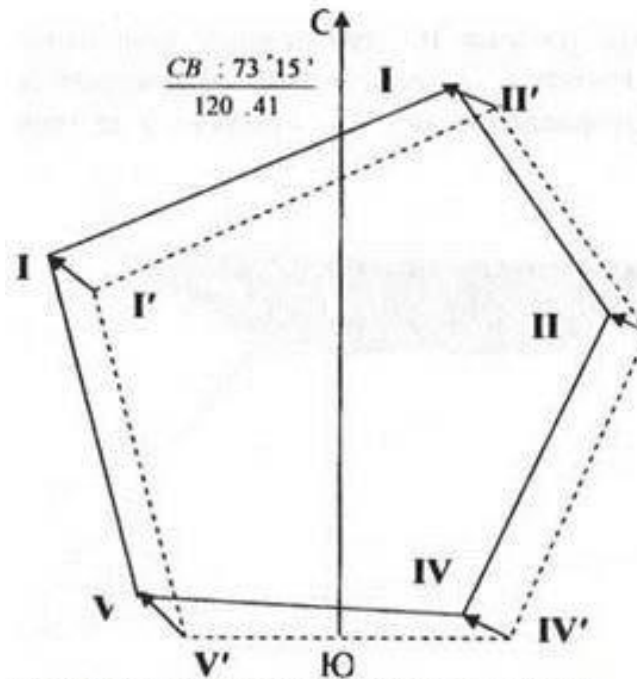


Рис.8. Схема смещений точек полигона

### 3.2 Съёмка объектов местности

Съёмку ситуации, то есть съёмку объектов, опирающуюся на теодолитный полигон съёмочного обоснования, производят различными способами в зависимости от условий местности и удобства производства измерений.

Способы съёмки ситуации

1) . *Способ перпендикуляров (прямоугольных координат)* целесообразно применять для съёмки вытянутых контуров при небольшом удалении от линии теодолитного хода. При этом измеряются отрезки по линии съёмочного обоснования и перпендикуляры к ним (на рисунке 9 - отрезки  $x_1, y_1, x_2, y_2$ ). Прямой угол строится

с

помощью теодолита, но при длине перпендикуляра до 8 м разрешается выносить угол «на глаз».

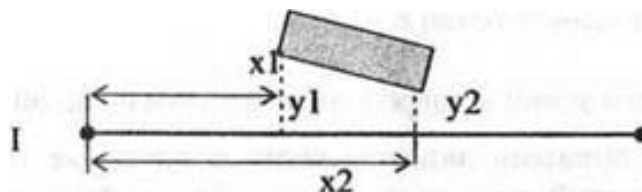


Рис. 9. Способ перпендикуляров

2). **Полярный способ** позволяет определять положение точки полярным горизонтальным углом и горизонтальным расстоянием. Угол измеряется теодолитом, расстояние - нитяным дальномером, рулеткой, мерной лентой, светодальномером. На рисунке 10 измеренные величины - углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  и горизонтальные расстояния  $r_1$  и  $r_2$  определяют положение двух точек на урзе воды относительно направления II - III, принятого за направление полярной оси:

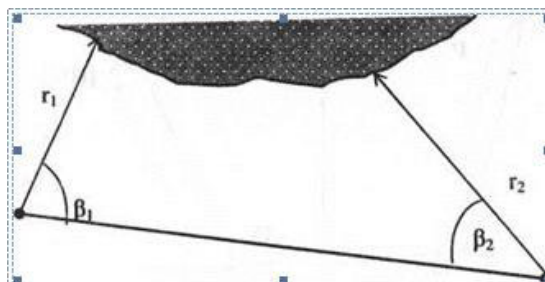


Рис. 10. Полярный способ съемки ситуации

3) **Способ угловых засечек** применяют в открытой местности при съемке удаленных объектов или там, где невозможно измерить расстояния. В этом случае положение точки определяется измерением двух горизонтальных углов, примыкающих к базисной (известной) стороне треугольника, которой является одна из линий съемочного обоснования (на рисунке 11 - линия III-IV).

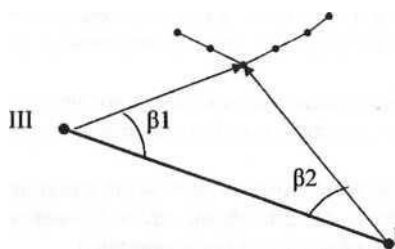


Рисунок 11. Угловая засечка

4) **Способ линейных засечек** применяется тогда, когда условия местности позволяют быстро выполнить линейные измерения рулеткой или нитяным дальномером от базисов на линии съемочного обоснования. На рисунке показана вспомогательная точка на расстоянии  $X$  от опорной точки  $Y$ , с которой выполнены замеры линий на местности ( $d_1, d_2$ ) до

снимаемого объекта столба линии электропередач (рис. 12).

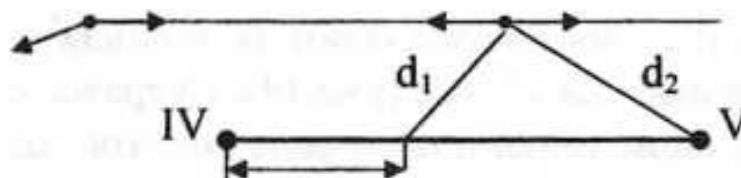


Рисунок 12. Способ линейных засечек

5) **Способ створов** предполагает измерения на линии съёмочного обоснования или на ее продолжении расстояний до характерных ситуационных точек. На рисунке 13 показаны длины отрезков  $a, b, c$  и  $d$ , измеренные от точки съёмочного обоснования IV до пересекаемых контуров.

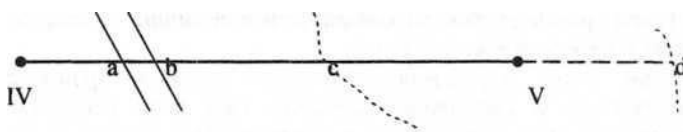


Рис.13. Применение способа створов

**Абрис** - схематический чертеж участка местности с результатами измерений и пояснительными надписями, выполняемый в поле, от руки и карандашом.

В период съемки абрисы вычерчивают на каждой станции, с которой велась съемка, либо составляется общий абрис, если снимаемый участок небольшого размера и количество объектов съемки невелико.

На рисунке 14 дан абрис теодолитной съемки, который использовался в нашем примере при построении планов теодолитной и тахеометрической съемок.

### 3.3. Оформление результатов съемки

Характерные точки местности наносятся на чертеж с полигоном разными приемами в зависимости от способа съемки.

При способе перпендикуляров от начала опорной линии на плане откладывают в масштабе расстояния до оснований перпендикуляров. В полученных точках при помощи треугольника восстанавливают перпендикуляры и откладывают на них отрезки, нанесенные на абрисе (рис. 14). Сверяясь с абрисом, соединяют линиями соответствующие точки и получают контуры зданий, угодий, дорог и т.д.

Точки, снятые полярным способом, наносят при помощи транспортира и измерителя. Транспортир прикладывают центром к вершине угла и размещают основание транспортира вдоль линии полигона, от которой измерялся угол. Прочерчивают без сильного нажима сторону откладываемого угла. Измеритель применяется для определения

длины отрезка (полярного расстояния) по масштабной линейке и нанесения его вдоль соответствующей стороны полярного угла.

При способе угловых засечек нанесение точек на план выполняют построением углов транспортиром на концах базисной линии. Пересечение сторон углов дает положение искомой точки.

Нанесение точек, определенных линейной засечкой производят при помощи измерителя и масштабной линейки. При этом решается задача построения треугольника, длины которых известны. При нанесении на бумагу снимаемая точка определится на пересечении двух дуг окружностей, прочерченных из точек обоснования с помощью циркуля.

Внимательно изучается абрис, чтобы не пропустить точку.

Значения углов и расстояний на план не вписываются.

На рисунке 15 приведён пример оформления плана теодолитной съёмки.

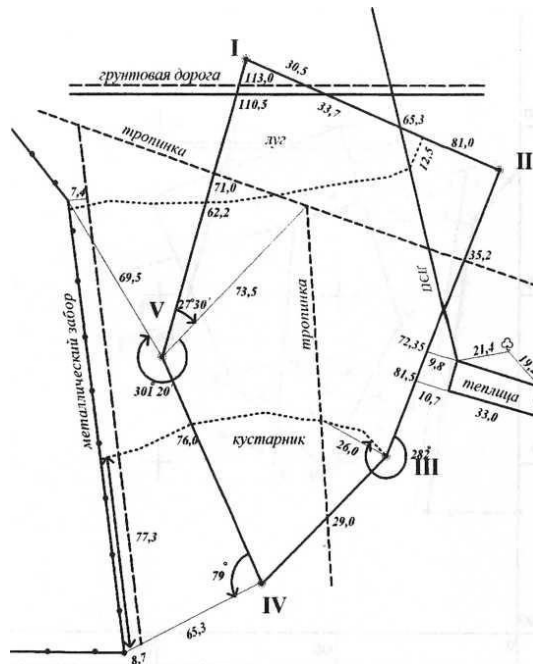
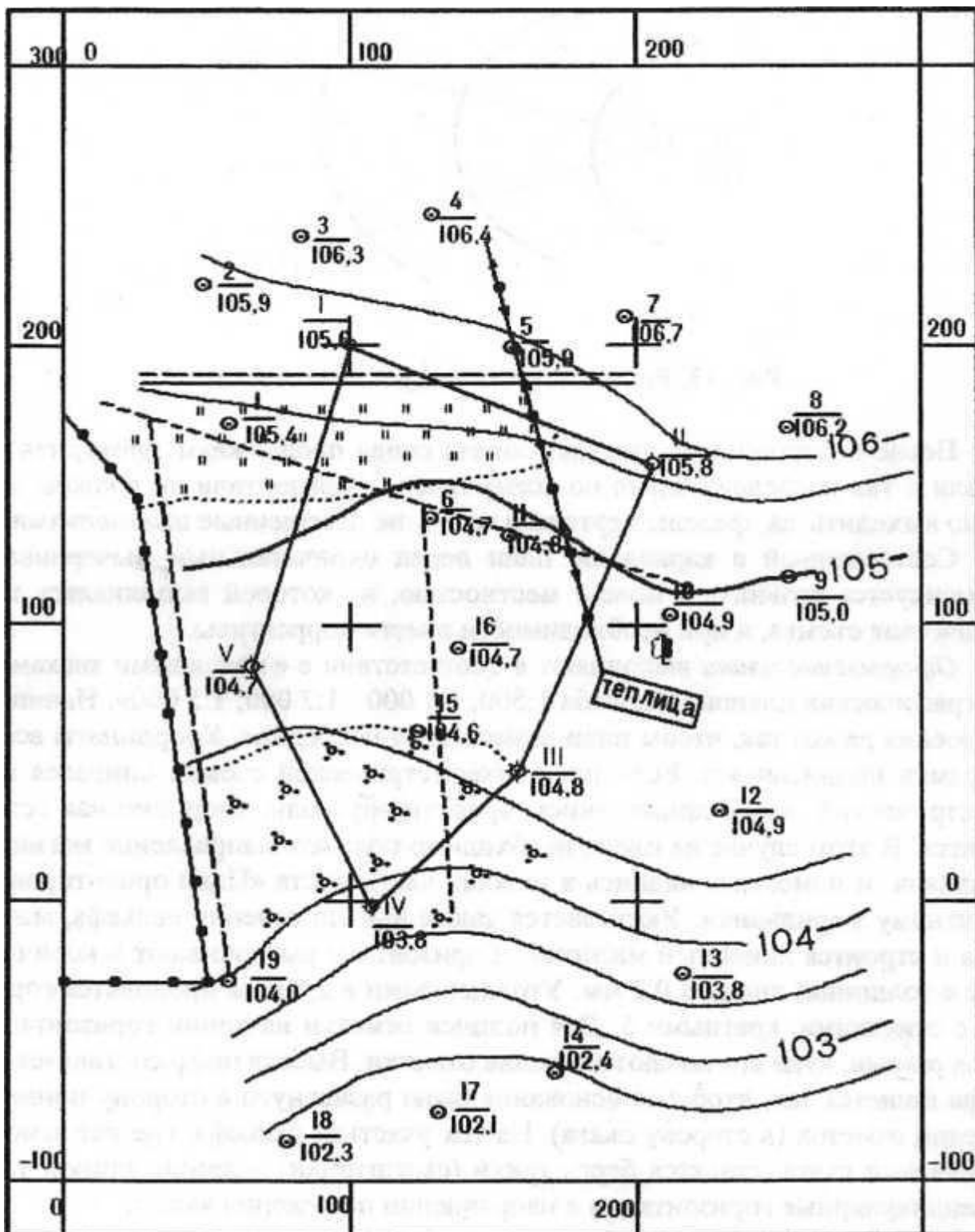


Рисунок 14 Абрис теодолитной съёмки





М 1:1000

В 1 см 10 м

Сплошные горизонталы проведены через 0,5 м

Рисунок 15. Пример оформления плана теодолитной съёмки

#### 4. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО КВАДРАТАМ

1. Обработать результаты полевых измерений нивелирования поверхности по квадратам.
2. Составить на листе ватмана топографический план участка местности.
3. Составить на листе ватмана картограмму земляных работ.
4. Рассчитать объемы земляных работ.
5. Оформить работу.

Каждому обучающемуся выдается полевой журнал-схема нивелирования участка местности (рис. 16), который представляет собой сетку квадратов со сторонами 10, 20 или 40 м в зависимости от варианта. В нем приведены результаты технического нивелирования поверхности участка, предназначенного для вертикальной планировки. У вершин квадратов выписаны отсчёты по рейкам (по чёрной и красной сторонам). Задана высотная отметка начального (конечного) репера (Rp I).

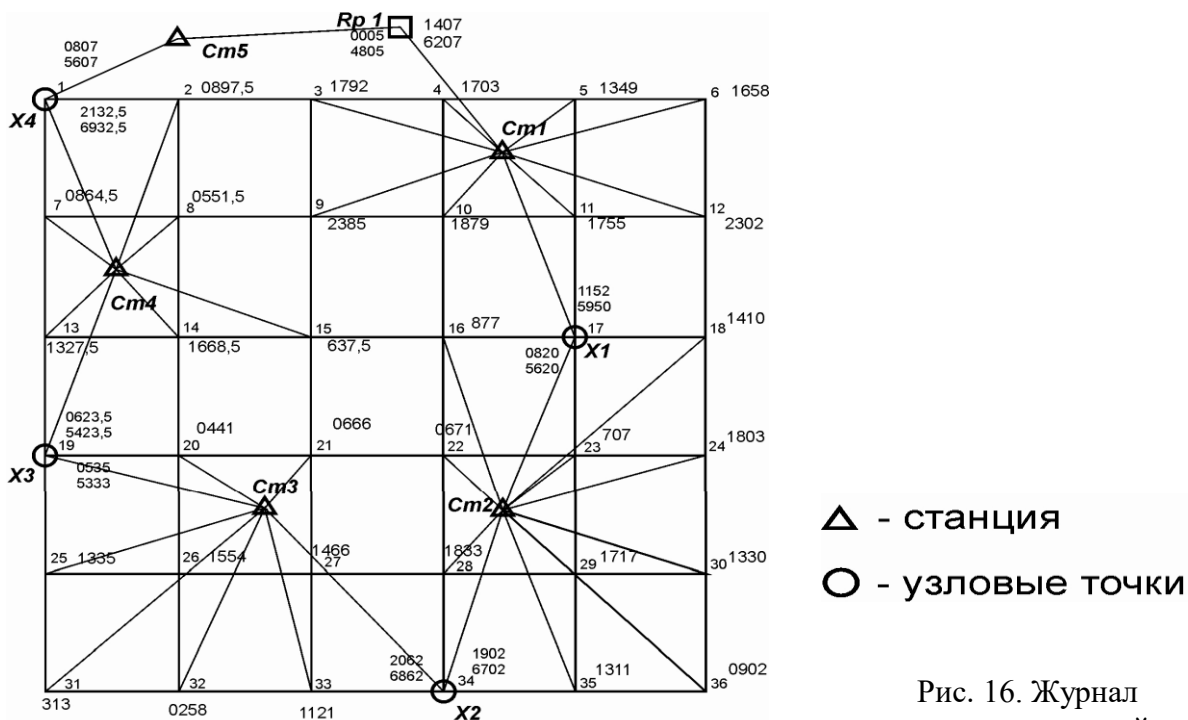


Рис. 16. Журнал полевых измерений

Нивелирование всех точек производилось с пяти станций, причём каждые две смежные станции имеют общие связующие точки. У связующих точек, которые образуют опорный ход, подписаны по две пары отсчётов (с предыдущей и последующей станций). Остальные точки – промежуточные.

Работа оформляется в виде отчета, на титульном листе которого проставляются номер варианта, группа, фамилия и инициалы студента.

Порядок камеральной обработки результатов нивелирования площади рассмотрен на примере результатов полевых измерений нивелирования поверхности по 25 квадратам (см. рис. 16).

#### **4.1 Обработка результатов полевых измерений нивелирования поверхности по квадратам**

Обработка полевых измерений заключается в уравнивании нивелирного хода и вычислении отметок всех вершин квадратов. Уравнивание замкнутого нивелирного хода, вычисление отметок связующих точек и горизонтов инструментов (ГИ) на станциях выполняют в журнале технического нивелирования установленной формы (табл. 3). Для этого из журнала полевых измерений технического нивелирования в графу 1 записывают номера станций, в графу 2 – номера «связующих» точек. В графы 3, 4 заносят отсчеты по передней и задней рейкам по черной и красной сторонам, в графу 5 – отсчеты по передней и задней рейкам только по черной стороне.

#### **4.2 Вычисление и уравнивание превышений, постраничный контроль**

Превышение между связующими точками по черной и красной сторонам рейки вычисляют по формуле

$$h_{\text{выч}} = a - b, \quad (4.1)$$

где  $h_{\text{выч}}$  – превышение вычисленное,  $a$  – отсчет по рейке задний,

$b$  – отсчет по рейке передний.

Превышение со своим знаком записывают в графу 6 журнала напротив отсчетов по передней рейке. Расхождения в дважды вычисленных превышениях в техническом нивелировании не должны быть больше 5 мм.

При выполнении этого требования определяют среднее значение из превышений по красной и черной сторонам реек и его записывают в графу 7. В том случае, когда при вычислении среднего превышения получают дробное значение (0,5 мм), то его округляют до ближайшего четного. Например: 2713 и 2712, среднее значение 2712,5, округленное значение 2712.

После вычисления всех превышений производят постраничный контроль. На каждой странице журнала отдельно складывают все задние отсчеты (графа 3), передние отсчеты (графа 4),

превышения вычисленные (графа 6) и средние (графа 7). При этом обязательно учитывают знак превышения. Результаты суммирования записывают в конце соответствующей графы.

Разность сумм граф 3 и 4 в итоге даст сумму вычисленного превышения (графа 6). На каждую связующую точку берут по два отсчета (один по черной стороне рейке, другой по красной), поэтому разность сумм по графам 3 и 4 даст двойное среднее превышение между связующими точками на данной странице журнала технического нивелирования (графа 7).

Для уравнивания вычисленных средних превышений складывают постраничные суммы средних превышений на протяжении всего нивелирного хода ( $\sum h_{\text{ср}}$ ). Теоретически сумма средних превышений замкнутого нивелирного хода равна нулю. Невязка ( $F_H$ ) определяется как

$$F_H = \sum h_{\text{ср}} . \quad (4.2)$$

Таблица 3

## Журнал технического нивелирования

№№ стан-ции	№№ пикетов	Отсчеты по рейке, мм			Превышения			Поправка к ср. превышениям, мм	Горизонт инструмента, ГИ, м	Высота пикетов, Н, м	При-мечание
		считанные			вычис-ленные $h_{\text{выч}}$	средние $h_{\text{ср}}$	исправ-ленные $h_{\text{испр}}$				
		задние a	перед-ние b	проме-жуточные c							
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
1	Rp 10	1407							196,507	<b>195,100</b>	
		6207									
	5			1349						195,158	
	6			1658						194,849	
	12			2302						194,205	
	11			1755						194,752	
	10			1879						194,628	
	9			2375						194,132	
	3			1792						194,715	
	4			1703						194,804	
	СТ1 (17)		1152		255	256				<b>195,356</b>	
			5950		257						
		Σ 7614	Σ 3551		Σ 512	Σ 256					

Допустимая высотная невязка нивелирного хода составит:

$$F_{H \text{ доп}} = 10 \sqrt{n}, \quad (4.3)$$

где  $n$  – число станций.

Если фактическая невязка  $F_H \leq F_{H \text{ доп}}$ , то она распределяется на все средние превышения поровну с обратным знаком. Полученные в результате этого исправленные превышения заносят в графу 8. Значение поправок проставляется в графе 9. При этом сумма поправок должна равняться фактической невязке хода с обратным знаком.

### 4.3 Вычисление высот точек земной поверхности

Отметки (высоты) связующих точек на станциях определяются по исправленным превышениям:

$$H_{\text{пер}} = H_{\text{задн}} + h_{\text{испр}}, \quad (4.4)$$

где  $H_{\text{пер}}$  – высота передней точки;  $H_{\text{задн}}$  – высота задней точки;

$h_{\text{испр}}$  – исправленное превышение.

Исходной является высота репера ( $H_{Rp1}$ ):  $H_{17} = H_{Rp1} + h_{\text{испр}}$  и т.д.

У вершин квадратов подписаны отсчёты только по чёрной стороне рейки (в миллиметрах). Расчёт высот этих точек выполняется по горизонту инструмента (ГИ). Горизонт инструмента рассчитывается по известным задней ( $H_{\text{задн}}$ ) и передней ( $H_{\text{передн}}$ ) высотам точек геодезического обособования:

$$\text{ГИ 2} = H_{\text{задн}} + a \approx H_{\text{передн}} + b, \quad (4.5)$$

где  $a$  и  $b$  – отсчеты по черной стороне рейки на задней и передней точках соответственно.

Расхождение в значениях горизонта инструмента, рассчитанных через заднюю и переднюю точки, не должно превышать 5 мм. При выполнении этого условия определяется среднее значение ГИ, которое записывается в графу 10 (см. табл. 1) в строку, соответствующую задней точке.

Отметки промежуточных точек определяются из выражения

$$H_{\text{пром}} = \text{ГИ}_{\text{ст}} - c, \quad (4.6)$$

где  $H_{\text{пром}}$  – отметка промежуточной точки;  
 $c$  – отсчет по рейке на промежуточной точке.

Следует отметить, что контроля правильности вычисления промежуточных точек нет, поэтому при их вычислении необходимо быть особо внимательным.



Метод построения горизонталей аналитической интерполяции заключается в следующем. Выберем на плане две вершины квадрата ( $A_1$  и  $A_2$ ), принадлежащих одному скату и имеющих отметки, например, 194,38 и 195,12. Нужно провести интерполяцию для построения горизонталей при высоте сечения, равной 0,5 м. Это значит, что искомые горизонталы должны иметь отметки, выраженные числами, через каждые 0,5 м, заключённые между отметками 194,38 и 195,12. Следовательно, между заданными точками  $A_1$  и  $A_2$  нужно найти точки, через которые пройдут горизонталы, имеющие отметки 194,50 и 195,00 м.

Для того чтобы достигнуть точки с отметкой 195,00, нужно от точки  $A_1$  (рис. 18) пройти такое наклонное расстояние по прямой  $A_1-A_2$ , проекция которого  $d_1$  соответствует изменению высоты на  $h_1 = 195,12 - 195,00 = 0,12$  м.

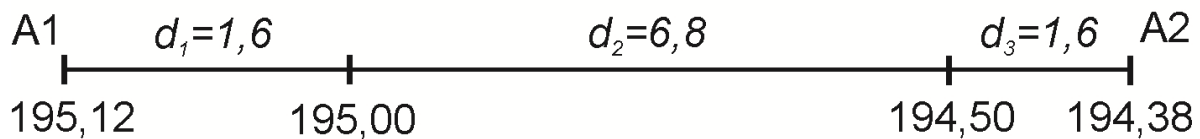


Рис. 18. Построение проекций точек для нанесения горизонталей

Величину  $d_1$  вычисляем по формуле

$$d_1 = h_1 / i, \quad (4.7)$$

где  $i$  – уклон линии  $A_1A_2$ , который определяют как отношение  $h$  к  $d$ .

Расстояние  $d$  от точки  $A_1$  до точки  $A_2$  равно 10 м (сторона квадрата). Превышение  $h$  точки  $A_1$  над точкой  $A_2$  вычисляют как разность отметок этих точек:  $h = 195,12 - 194,38 = 0,74$  м. Тогда  $i = 0,74 / 10 = 0,074$ , а  $d_1 = h_1$ :

$i = 0,12 / 0,074 = 1,6$  м. Если на линии  $A_1-A_2$  от точки  $A_1$  в масштабе плана отложить отрезок  $d_1 = 1,6$  м, то будет найдена проекция точки с отметкой 195,00 м. Чтобы достигнуть следующей искомой точки, имеющей отметку 194,50 м, т.е. отличающейся от предыдущей на высоту сечения рельефа, нужно от полученной точки пройти дальше по наклонной линии  $A_1-A_2$  такое расстояние, проекция которого  $d_2$  соответствует изменению отметки на 0,5 м:  $d_2 = h_2 / i = 0,5 / 0,074 = 6,8$  м.

Отложив от точки с отметкой 195,00 отрезок  $d_2 = 6,8$  м, выраженный в масштабе плана, находят проекцию точки с отметкой 194,50 м.

По аналогичной методике определяются точки, через которые пройдут горизонталы и для остальных сторон квадратов.

Графическая интерполяция основана на свойстве пучка параллельных линий делить пересекаемую прямую на части, пропорциональные промежуткам между этими линиями. Такой график называется палеткой. Изготавливается он на кальке в виде параллельных равноотстоящих линий, имеющих подписи соответственно принятой высоте сечения рельефа.



График накладывается на план, затем его поворачивают так, чтобы концы интерполируемой линии расположились между линиями графика соответственно своим отметкам. Места пересечения линий графика с прямой  $A_1-A_2$ , видимой сквозь кальку, надо наколоть иглой. Таким образом, на прямой  $A_1-A_2$  будут получены проекции точек с отметками 195,00 и 194,50 м.

Выполнив интерполяцию тем или иным способом, проводят горизонтали, для чего точки с одинаковой высотой, расположенные на сторонах квадратов, соединяют плавными кривыми.

Если противоположные стороны того или иного квадрата имеют уклоны разного знака, о чём судят по отметкам вершин, то обязательно указывается диагональ интерполирования, которая определит вид горизонталей. В нашем примере диагональ не нужна, так как уклоны противоположных сторон квадратов имеют одинаковые знаки.

#### 4.5 Составление картограммы земляных работ

Основным документом вертикальной планировки площадки является картограмма земляных работ. Для ее подготовки на листе бумаги, соответствующем размерам площадки, строится сетка квадратов, аналогичная сетке на плане или сетке нивелирования по квадратам, и в нее вписываются все фактические отметки вершин квадратов.

Проектная отметка с учетом баланса земляных работ вычисляется по следующей формуле:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (3.2)$$

где  $H_1$  – отметки вершин квадратов, принадлежащих только одному квадрату, на рис. 2 это следующие вершины: 1, 6, 31, 36;

$H_2$  – отметки вершин квадратов, принадлежащих двум квадратам, это вершины 2, 3, 4, 5, 7, 12, 13, 18, 19, 24; 25, 25, 30, 32, 33, 34, 35;

$H_3$  – отметки вершин квадратов, принадлежащих трем квадратам (в данном примере их нет);

$H_4$  – отметки вершин квадратов, принадлежащих четырем квадратам (8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29);

$n$  – число квадратов.

На картограмме земляных работ полученная проектная планировочная отметка  $H_0$  записывается выше фактической отметки (рис. 19).

№ вершины	Проектная отметка
Рабочая отметка	Фактическая отметка

Рис. 19. Оцифровка вершин квадратов

Разность проектной  $H_0$  и фактической  $H_i$  отметок дает рабочую отметку  $h_i$ , которая является числовым значением, показывающим величину на сыпи или выемки:

$$h_i = H_0 - H_i, \quad (4.8)$$

где  $H_0$  – проектная планировочная отметка,  $H_i$  – фактическая отметка.

Положительные рабочие отметки получают на участках, где необходимо выполнить насыпь земли, а отрицательные – выемку земли.

На тех сторонах квадратов, где рабочие отметки имеют разные знаки, находят положение точек нулевых работ (их рабочие отметки равны нулю). Его определяют расстоянием  $x$  до ближайшей вершины квадрата (рис. 19):

$$x = \frac{l}{|h_1| + |h_2|} |h_1|, \quad (4,9)$$

где  $l$  – размер стороны квадрата;

$h_1, h_2$  – рабочие отметки вершин квадрата, к которому принадлежит данная точка.

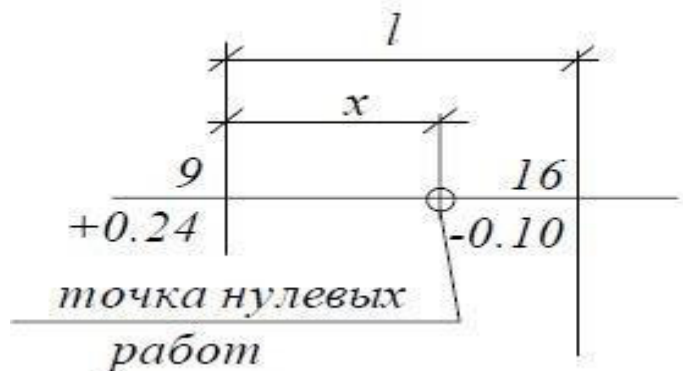


Рис. 19. Точка нулевых работ

Например, при  $l = 40$  м,  $h_1 = 0,24$  м,  $h_2 = -0,10$  м получим  $x_1 = 28,24$  м,  $x_2 = 11,76$  м.

Контроль:  $l = x_1 + x_2 = 28,24 + 11,76 = 40$  м.

Вычисленные расстояния записывают на картограмме земляных работ карандашом с округлением до  $0,1$  м.

Соединив точки нулевых работ, получают линию нулевых работ (проектные горизонтали с отметкой ноль). Эта линия вычерчивается красным цветом. Таким образом, проектируемая площадка будет разделена на две части: зону выемки и зону насыпи.

Далее на картограмме обозначают фигуры, являющиеся основанием земляных призм. Основанием призм могут быть «полные» квадраты, вершины которых имеют рабочие отметки с одним знаком, и «переходные», по которым проходит линия нулевых работ. «Переходные» квадраты разбиваются на треугольники, затем все фигуры нумеруют слева направо и сверху вниз арабскими цифрами (рис. 20).

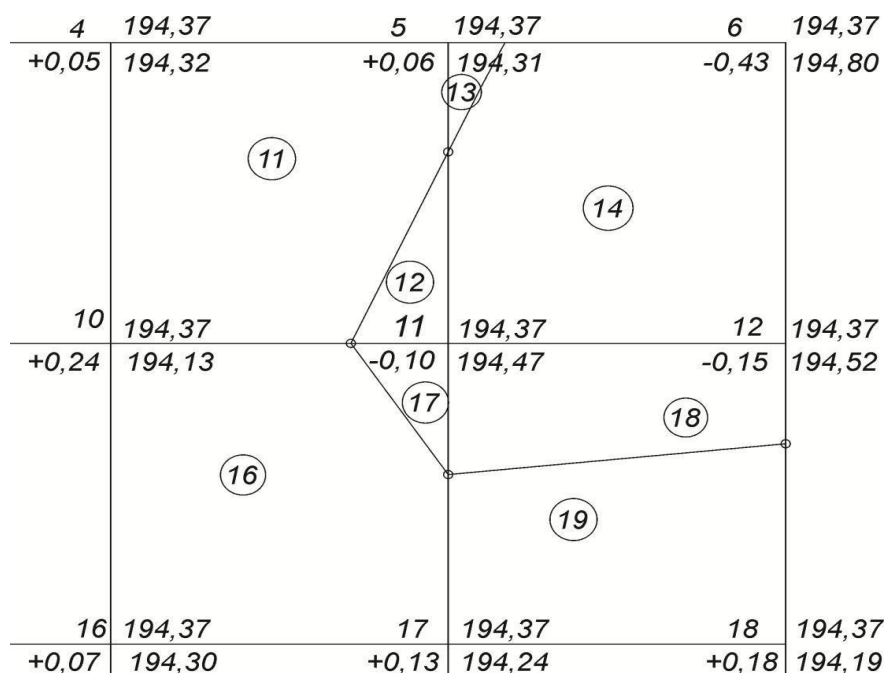


Рис. 20. Расчет объемов земляных работ

При оформлении картограммы земляных работ участки насыпи на картограмме штрихуют или окрашивают красным цветом, все остальные построения и надписи выполняют чёрным цветом.

#### 4.6 Расчет объема земляных работ

Объемы земляных работ определяют в каждом квадрате отдельно для вынимаемого и насыпаемого грунта. Объёмы земляных призм, составляющих «переходные» квадраты, вычисляют как произведение площади основания призмы (фигуры на картограмме) и средней рабочей отметки. Площадь треугольника равна полусумме произведения основания и высоты. Среднюю рабочую отметку ( $h_{\text{сред}}$ ) вычисляют по формуле

$$h_{\text{сред}} = \frac{\sum h_p}{3}, \quad (4.9)$$

где  $\sum h_p$  – сумма рабочих отметок в вершинах фигуры на картограмме.

Площадь «полных» квадратов  $S_k$  равна:

$$S_k = a^2, \quad (4.10)$$

где  $a$  – сторона квадрата (в нашем примере  $a = 40$  м).

Практическая суммарная площадь всех треугольников, составляющих «переходные» квадраты, из-за погрешностей определения длин линий по плану не совпадает с теоретической.

Невязку в площадях  $f_s$  вычисляют как разность практической ( $\sum S_{\text{пр}}$ ) и теоретической ( $\sum S_{\text{т}}$ ) суммы площади треугольников.

Распределение невязки выполняют с обратным знаком в площади треугольников пропорционально их площадям. Результаты вычислений записывают в табл. 2.

Далее подсчитывают объемы треугольных призм и «полных квадратов»:

$$V = S_{\text{снр}} h_{\text{сред}}. \quad (4.11)$$

Результаты вычислений записывают в графы 5, 6 табл. 2.

Таблица 4

Ведомость объемов земляных работ

№ площадей участков	Уравненные площади	Средние рабочие отметки		Объемы земляных работ	
		Насыпь +	Выемка -	Насыпь +	Выемка -
1	663,2	+0,06		+51,8	-
2	443,3	+0,15		+66,5	
3	343,5		-0,24		-82,4
4	200,8		-0,20		-40,2
	Σ			Σ	Σ

По причинам погрешности в определении проектной отметки, спрям- лении линии нулевых работ, графических погрешностей при вычислении объемов земляных работ возникает невязка, равная:

$$\Delta V = \Sigma V_T - \Sigma V_{np}, \quad (3.8)$$

где  $\Sigma V_{np}$  – практическая сумма положительных и отрицательных объемов;  $\Sigma V_T = 0$  – теоретическая сумма.

Если невязка не превышает 5 % (при слабых грунтах) общего объема земляных работ, то эту невязку необходимо распределить с обратным зна- ком пропорционально вычисленным объемам.

Суммарные значения  $V_n$  и  $V_v$  не должны отличаться более чем на 5 %.

Значения объёмов, округлённые до  $\text{м}^3$ , выписывают на картограмме в пределах соответствующих фигур.

#### 4.7 Оформление работы

Отчёт расчетно-графической работы должен содержать следующие документы:

- расчётно-пояснительную записку;
- журнал-схему геометрического нивелирования;
- журнал технического нивелирования;
- топографический план участка местности в горизонталях;
- картограмму земляных работ;
- ведомость вычислений объёмов земляных работ.

Все вышеперечисленные документы студенты выполняют на листах формата А4.

## **СПИСОК РЕКОМЕДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### ***Основная литература:***

1. Авакян, В. В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ : учебное пособие / В. В. Авакян. - 2-е изд. – Москва: Инфра-Инженерия, 2016. – 588 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444425> (дата обращения: 10.10.2021). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
2. Капустин, Владимир Корнелиевич. Съёмки с Disto : учебное пособие : [для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 120700 «Землеустройство и кадастры» и специальности 120303.65 «Городской кадастр» и предназначено для освоения дисциплины «Геодезия»] / В. К. Капустин, А. П. Дубяга ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 131 с.: табл.; 20 см. - Библиогр.: с. 122-123. - 100 экз. - ISBN 978-5-7681-1007-9: 180.00 р. - Текст: непосредственный.
3. Капустин, Владимир Корнелиевич. Съёмки с Disto : учебное пособие : [для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 120700 «Землеустройство и кадастры» и специальности 120303.65 «Городской кадастр» и предназначено для освоения дисциплины «Геодезия»] / В. К. Капустин, А. П. Дубяга ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 131 с. – Текст: электронный.
4. Попов, Владислав Николаевич. Геодезия: учебник / В. Н. Попов, С. И. Чекалин. - Москва: Горная книга, 2012. - 722 с. - Текст: непосредственный.  
Попов, В. Н. Геодезия: учебник / В. Н. Попов, С. И. Чекалин. – Москва: Горная книга, 2012. - 723 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229002> (дата обращения 19.10.2021) . - Режим доступа: по подписке. - ISBN 978-5-98672-078-4. - Текст: электронный.

### ***Дополнительная литература***

1. Практикум по геодезии: учебное пособие / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Воронежский государственный аграрный университет им. К. Д. Глинки; под ред. Г. Г. Поклада. - М.: Трикта, 2011. - 470 с. - Текст: непосредственный.
2. Куштин, Иван Федорович. Геодезия: учебно-практическое пособие / И. Ф. Куштин. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 909 с. - Текст: непосредственный.
3. Геодезия: учебник / Государственный университет по землеустройству; Государственный университет по землеустройству. - Москва: Академический проект, 2011. - 409 с. - Текст: непосредственный.