

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

**Н. А. Ковзик, Г. Л. Осипенко**

# **ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА**

Практическое руководство  
для студентов специальности 1-33 01 02  
«Геоэкология»

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2015

УДК 528.4(076)  
ББК 26.12я73  
К56

Рецензенты:

кандидат биологических наук Р. Н. Вострова;  
кандидат биологических наук Н. Г. Галиновский;

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
учреждения образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»

**Ковзик, Н. А.**

К56 Топографическая практика : практическое руководство /  
Н. А. Ковзик, Г. Л. Осипенко ; М-во образования РБ, Гом. гос.  
ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 42 с.  
ISBN 978-985-439-962-1

Практическое руководство разработано в соответствии с программой учебной топографической практики и содержит практические указания по проведению и организации работ в студенческих бригадах, сведения о правилах техники безопасности. Рассмотрены основные геодезические приборы и правила работы с ними. Приведены рекомендации по выполнению основных видов топографических съемок, разбивочных работ.

Адресовано студентам специальности 1-33 01 02 «Геоэкология».

**УДК 528.4(076)**  
**ББК 26.12я73**

**ISBN 978-985-439-962-1**

© Ковзик Н. А., Осипенко Г. Л., 2015  
© УО «Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины», 2015

# Содержание

Введение.....	4
1 Правила обращения с топографическими инструментами.....	5
2 Правила техники безопасности при прохождении топографической практики.....	7
3 Теодолитная съемка.....	9
4 Тахеометрическая съемка.....	18
5 Нивелирование поверхности.....	23
6 Мензуральная съемка.....	30
7 Глазомерная съемка.....	37
8 Оформление материалов отчета.....	41
Литература.....	42

## Предисловие

Учебная топографическая практика студентов специальности «Геоэкология» проводится после окончания первого курса. Ее основной целью является ознакомление с методами и техникой проведения топографо-геодезических работ, с видами и способами геодезических измерений, с методами выполнения картометрических и морфометрических работ, получение навыков работы в полевых условиях и камеральной обработки полученных данных.

Общими задачами практики являются: приобретение студентами навыков при работе с геодезическими приборами; овладение техникой геодезических измерений и построений; овладение навыками организации работ коллектива; воспитание сознательного отношения к порученному делу, инициативности и самостоятельности; развитие интереса к научным исследованиям.

Перед началом учебной практики вы знакомитесь со всем комплексом предстоящих топографо-геодезических работ. Приступая к их выполнению, вы должны изучить правила техники безопасности, исследовать приборы, уяснить методику выполнения задания и предъявляемые требования к качеству оформления расчетных и графических материалов.

Задачей учебной полевой практики по топографии является закрепление теоретических знаний, полученных в аудиторных условиях, совершенствование навыков работы с геодезическими инструментами. Практикой предусматривается: научиться правильно обращаться с геодезическими и мерными приборами; самостоятельно выполнять полевые топографо-геодезические работы; соблюдать определенную последовательность и точность выполнения работ; выработать производственные приемы и навыки. Во время практики вы должны овладеть основными видами съемок – теодолитной (угломерной), тахеометрической, геометрическим нивелированием и глазомерной съемками, научиться обрабатывать материалы съемок. Очередность выполнения отдельных видов съемок устанавливается в соответствии с программой практики.

Выполнение программы учебной практики по топографии начинается с подготовительного периода в стенах университета. В первый день практики, на котором вы знакомитесь с руководством практики, с районом практики, основными задачами и получаете инструктаж по технике безопасности. На собрании уточняются списки бригад.

Все виды съемок выполняются бригадами в составе 7–8 человек во главе с бригадиром, который следит за соблюдением установленного порядка и несет материальную ответственность за полученные на время практики

инструменты, приборы, учебные пособия и прочие материальные ценности.

## **1. Правила обращения с топографическими инструментами**

Топографические инструменты являются сложными дорогостоящими приборами, и малейшая небрежность в обращении с ними выводит их из строя. Перед выходом в поле руководитель практики проверяет у каждого студента знание основных правил ухода и обращения с топографическими инструментами, которые сводятся к следующему:

1. Нельзя применять усилий, когда прибор с трудом вынимается из ящика или металлического колпака, следует выявить и устранить причину этого.

2. Теодолит следует брать за подставку, а кипрегель – за колонку.

3. Отдельные, принадлежности в ящике (ключи, отвертки, шпильки, отвес) укладывать так, чтобы они не могли вывалиться из своих гнезд.

4. Не следует прилагать большое усилие при вращении какой-либо части инструмента: необходимо убедиться в том, что откреплены соответствующие закрепительные винты.

5. Вывинчивать и ввинчивать винты следует осторожно, медленно, без особых усилий. Микрометренными наводящими винтами следует пользоваться примерно в середине их рабочей части.

6. Оптика должна строго предохраняться от повреждений. Не разрешается касаться линз пальцами.

7. На небольшие расстояния прибор разрешается переносить привинченным к штативу, держа его на плече в положении, близком к вертикальному; вращающиеся части прибора должны быть закреплены зажимными винтами.

8. Ни в коем случае не оставлять инструмент без присмотра и не допускать к нему посторонних.

9. Оберегать приборы от дождя, сильного нагревания солнцем, грязи, пыли.

10. Использовать футляры, чехлы, штативы, рейки и другие принадлежности не по назначению запрещается.

11. Нельзя рейки и вешки бросать на землю; нельзя их применять для переноски инструментов; надо оберегать от повреждений раскрашенные плоскости реек.

12. При работе с мерной лентой оберегать ее от поломок. Разматывать (раскручивать) ленту вдвоем: один берет за конец ленты и двигается вперед, второй раскручивает ленту. При появлении спиралевидных завитков осторожно ликвидировать их в районе самого завитка, а не растяжением ленты за концы. Переносить ленту на значительное расстояние в развер-

нужном виде запрещается.

13. По окончании дневных работ для транспортировки к лагерю инструменты уложить в футляры и закрепить все крепежные винты. Ленту свернуть в кольцо.

14. Ежедневно после окончания работы в поле чистить инструменты снаружи. Пыль с металлических частей удалять мягкой салфеткой, линзы протирать кисточкой. Рабочую часть реек, а также ленты прочищать ветошью.

15. По окончании полевых работ все инструменты просмотреть, вычистить, смазать.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Перечислить основные правила обращения с инструментами.
- 2 Перечислить правила обращения с крепежными винтами.
- 3 Перечислить правила переноски инструментов.
- 4 Перечислить правила работы с мерной лентой.

## **2. Техника безопасности при проведении геодезических работ на практике**

1. Перед началом работ руководитель практики проводит общий инструктаж по технике безопасности.
2. На месте работы руководителем практики проводится специальный инструктаж по технике безопасности.
3. Доставка приборов и принадлежностей должна осуществляться только в штатных ящиках.
4. При движении по улицам и дорогам следует руководствоваться правилами дорожного движения.
5. При провозе реек, вешек, штативов в общественном транспорте их необходимо держать перед собой острыми концами вниз, следя за тем, чтобы острые концы ножек штативов и реек не травмировали пассажиров.
6. Запрещается одному студенту перевозить одновременно несколько предметов, например, рейки и вешки, штатив и теодолит и т. д.
7. Шпильки, молоток и другие мелкие принадлежности необходимо перевозить только в сумках или портфелях.
8. Запрещается передавать инструменты и принадлежности методом бросания.
9. При закреплении колышков запрещается находиться сзади и спереди забивающего.
10. Категорически запрещается наводить зрительные трубы геодезических приборов на солнце.
11. При обнаружении на объекте работ оголенных электрических проводов или открытых электrorаспределительных ящиков необходимо об этом сообщить руководителю практики и до его прихода обеспечить охрану опасного места.
12. Категорически запрещается непосредственное измерение высот подвесов проводов при помощи рейки или другим мерным прибором.
13. Запрещается поднимать с земли неизвестные предметы.
14. Запрещается лазить на деревья.
15. Рабочая одежда должна соответствовать погодным условиям, в жаркое время необходимо обеспечить защиту открытых участков тела от солнечных ожогов.
16. При работе в жаркое время необходимо обязательно иметь головной убор.
17. Категорически запрещается загорать и купаться в водоемах в течение рабочего дня.

18. Запрещается работать без обуви.

19. В жаркое время необходимо соблюдать режим употребления питьевой воды, запрещается употреблять спиртосодержащие напитки в течение рабочего дня.

20. Запрещается пить воду из неизвестных источников.

21. Перед употреблением пищи необходимо соблюдать правила личной гигиены.

22. Запрещается самовольно отлучаться с места работы во время рабочего дня.

23. Если произошел несчастный случай, студенты обязаны оказать первую помощь потерпевшему, если необходимо, вызвать врача и незамедлительно сообщить об этом руководителю практики.

## **Вопросы для самоконтроля**

1 Когда проводится инструктаж по технике безопасности?

2 В чем заключается инструктаж?

3 Как осуществляется доставка приборов и принадлежностей к месту практики?

4 Перечислить основные правила поведения в жаркую погоду.

5 Перечислить основные действия при оказании первой помощи в результате несчастного случая.



### 3. Теодолитная съемка

Теодолитная съемка заключается в определении на плане положения точек земной поверхности путем измерения углов теодолитом и длин линий стальной мерной лентой. Снятый теодолитом полигон (теодолитный ход) используется в качестве опорной сети для выполнения тахеометрической съемки. Комплект инструментов для проведения теодолитной съемки:

- 1) теодолит 2Т30 (со штативом);
- 2) буссоль;
- 3) мерная лента и 6 металлических шпилек;
- 4) вешки (4–5 шт.);
- 5) топорик, молоток;
- 6) колышки деревянные (10–12 шт.) высотой 25–30 см и столько же высотой 10–15 см);
- 7) журнал теодолитной съемки;
- 8) таблицы приращения координат;
- 9) карандаш и линейка.

Теодолитная съемка начинается с **проверки инструментов**. Прежде чем приступить к тому или иному виду съемки, полученные инструменты необходимо тщательно осмотреть и выполнить основные поверки. Основные поверки теодолита сводятся к соблюдению следующих условий:

1. Ось цилиндрического уровня ( $h - h$ ) при алидаде горизонтального круга ( $N - N$ ) должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения инструмента ( $M - M$ ). Ось уровня горизонтального круга ( $ГК$ ) устанавливают по направлению двух подъемных винтов, вращением которых в разные стороны пузырек уровня приводят к середине. Затем алидаду  $ГК$  поворачивают на  $90^\circ$  и, пользуясь третьим подъемным винтом, пузырек уровня  $ГК$  приводят к середине. Снова ось уровня  $ГК$  устанавливают по направлению двух подъемных винтов, вращением которых пузырек уровня приводят к середине. Затем алидаду  $ГК$  поворачивают на  $180^\circ$  и, если положение пузырька изменится, то вращением исправительного винта уровня пузырек перемещают к центру на половину отклонения. После того все операции повторяются несколько раз до тех пор, пока при повороте алидаду  $ГК$  на  $180^\circ$  пузырек уровня не будет сходиться с места (рисунок 1).

2. Визирная ось зрительной трубы ( $V - V$ ), (воображаемая линия, проходящая через точку пересечения креста нитей и оптический центр объектива) должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения зрительной

трубы ( $K - K$ ). Поверка этого условия сводится к определению и устранению «коллимационной ошибки». При положении  $KП$  и  $KЛ$  визируют на одну и ту же точку, расположенную примерно на одинаковой высоте с инструментом. Коллимационная ошибка ( $c$ ) определяется по формуле:

$$c = \frac{a_n - (a_l - 180)}{2}, \quad (1)$$

где  $a_n, a_l$  – отсчеты соответственно при  $KП$  и  $KЛ$ .

Условие поверки считается выполненным, если коллимационная ошибка ( $c$ ) не превышает двойной точности верньера, в ином случае вычисляется такой отсчет ( $a$ ), при котором горизонтальная ось вращения трубы перпендикулярна к направлению линии визирования на удаленную точку:

$$a = \frac{a_n + (a_l - 180)}{2}. \quad (2)$$

При  $KП$  на лимбе  $ГК$  устанавливается отсчет ( $a$ ). Действуя исправительными винтами сетки нитей, центр сетки совмещается с точкой визирования. Для контроля поверка повторяется.

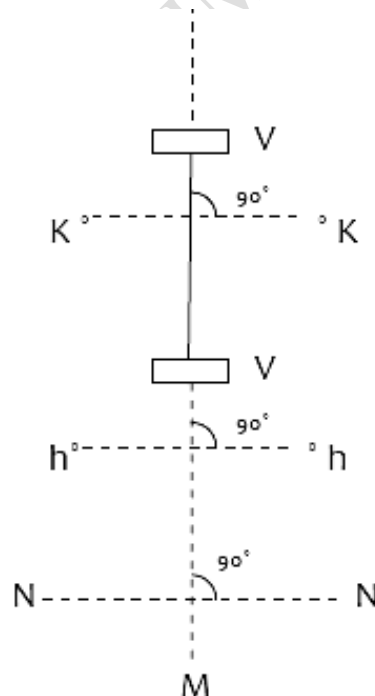


Рисунок 1 – Основные оси теодолита

3. Ось вращения зрительной трубы ( $K - K$ ) должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента ( $M - M$ ).

4. Вертикальная нить сетки нитей должна быть действительно вертикальной, т. е. должна находиться в вертикальной плоскости.

5. Место нуля ( $МО$ ) вертикального круга должно быть постоянным и близким нулю. Место нуля ( $МО$ ) это такой отсчет, при котором труба находится в горизонтальном положении, а пузырек уровня вертикального круга приведен к середине. Для вычисления  $МО$  при  $КП$ , а затем при  $КЛ$  наводят крест нитей зрительной трубы на одну и ту же удаленную точку, расположенную примерно выше инструмента. После каждого наведения пузырек уровня вертикального круга приводят к середине и берут отсчеты по вертикальному кругу. Место нуля вычисляется по формулам:

$$МО = \frac{КП + КЛ + 180}{2}; \quad (3)$$

$$v = КЛ - МО; \quad (4)$$

$$v = МО - КП - 180; \quad (5)$$

$$v = \frac{КЛ - КП - 180}{2}. \quad (6)$$

Но если величины  $КЛ$ ,  $КП$  и  $МО$  менее  $90^\circ$ , к ним прибавляют  $360^\circ$ , а затем выполняют алгебраические действия. Пользоваться этими формулами проще, если  $МО = 0$ . Для приведения  $МО$  к нулю пузырек уровня вертикального круга микрометрическим винтом алидады (уровня) приводится к середине, а микрометрическим винтом лимба устанавливается отсчет, равный месту нуля. Вращением микрометрического винта уровня вертикального круга совмещаются нули лимба и алидады. Исправительными винтами пузырек уровня вертикального круга приводится к середине, после чего делается повторное определение места нуля.

Следующим этапом теодолитной съемки является **рекогносцировка местности**. В нее включается:

- выбор места установки точек съемочного обоснования;
- закрепление этих точек геодезическими знаками.

При теодолитной съемке геодезическая опорная сеть создается в виде замкнутого полигона (теодолитного хода), который является основой для съемки ситуации. Количество вершин полигона составляет 4–6 (рисунок 2).

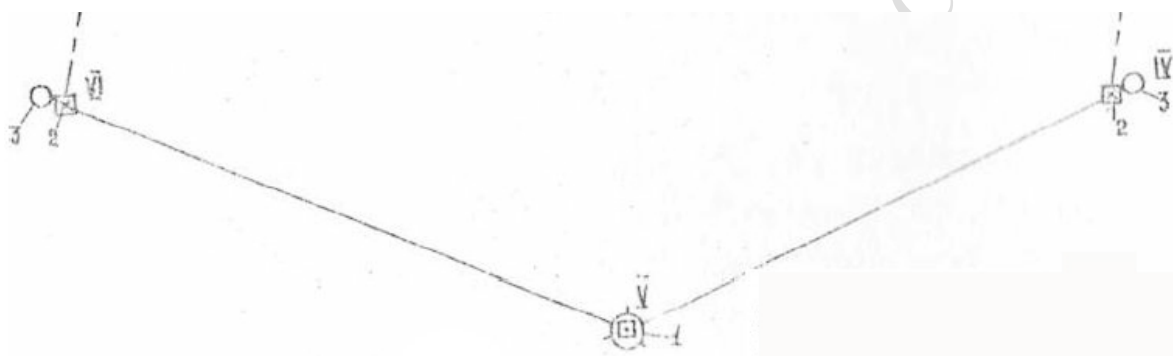


## Рисунок 2 – Оформление вершин полигона

При выборе на местности вершин углов (поворотных точек) нужно руководствоваться следующими правилами:

- 1) из каждой вершины полигона должна быть смежные точки;
- 2) расстояния между вершинами углов рекомендуется не менее 60 и не более 400 м.

Вершины углов на местности закрепляются кольями, причем один из них (короткий) забивается вровень с землей и на верхней части простым карандашом делается крест, по которому будет центрироваться теодолит. Рядом на расстоянии 5–10 см забивают второй колышек-сторожок, на котором пишут номер точки и номер бригады. Колышки окапывают неглубокой канавкой в форме треугольника со стороной 40–45 см, а нумерация вершин полигона ведется по ходу часовой стрелки (рисунок 3).



- 1 – теодолит над вершиной измеренного угла;  
2 – колышек в вершине угла; 3 – вешка

Рисунок 3 – Измерение горизонтальных углов

**Съемка опорной сети** заключается в измерении углов и длин сторон полигона. Результаты съемки простым карандашом записывают в журнал теодолитной съемки. Записи должны быть четкими, пользоваться резинкой или исправлять цифры запрещается. Число, в котором была допущена ошибка, зачеркивается и над ним пишется правильное. Категорически запрещается переписка полевых журналов «начисто».

**Измерение горизонтальных углов** производится двумя полуприемами с перестановкой лимба между полуприемами примерно на  $90^\circ$ . Порядок работы на станции сводится к следующему:

1 Теодолит центрируют в вершине измеряемого угла и приводят в рабочее положение. Но сторонам измеряемого угла в задней (IV) и передней (VI) точках устанавливают вешки таким образом, чтобы они стояли строго вертикально, за колышком, вплотную к нему, на линиях, исходящих из

вершины измеряемого угла (рисунок 3).

2 При *КП* «ловят» заднюю вежу (*IV* в поле зрения трубы, закрепляют зажимные винты лимба и алидады, а наводящими винтами совмещают крест нитей зрительной трубы с основанием вежи (рисунок 4), после чего берется отсчет по *ГК*.



Рисунок 4 – Наведение на вершину полигона

Затем зажимной винт алидады *ГК* ослабляют и визируют на основании вежи, установленной в передней точке (*VI*), действуя при этом только винтами алидады. Визирование, отсчеты и запись делаются так же, как и при наведении на заднюю вежу. На этом заканчивается первый полуприем.

3 Второй полуприем производится при положении *КЛ*. При этом перед началом измерений лимб поворачивают на произвольный угол. Порядок работы такой же, как и в первом полуприеме.

4 Не снимая с места инструмент, вычисляется значение горизонтального угла: отсчет «задний» минус отсчет «передний». Если «задний» отсчет меньше «переднего», то к нему прибавляют  $360^\circ$ . Из углов; вычисленных при первом и втором полуприемах, берется среднее, если они не отличаются друг от друга на величину большую, чем тройная точность прибора. В противном случае, измерение угла повторяется. Район прохождения практики представляет собой равнинную местность, где углы наклона линий теодолитного хода не превышают  $2^\circ$ , поэтому измеренные длины линий можно принимать за их горизонтальное положение. Результаты измерения простым карандашом заносят в журнал теодолитной съемки.

**Измерение длин линий** между вершинами углов полигона производят 20-метровой стальной лентой, с комплектом металлических шпилей. Измерение производят 2 человека, один из которых по направлению измерения считается задним, а другой – передним. Одна из шпилек остается у заднего мерщика, а 5 (или 10) – передние.

Задний втыкает шпильку по центру колышка и цепляет за нее свой конец ленты. Передний мерщик, натянув ленту за ручку, укладывает ее по

указанию заднего мерщика в створе измеряемой линии и втыкает в землю первую шпильку через прорезь крюка у своего конца ленты. После этого задний мерщик вытаскивает свою шпильку, а передний оставляет свою шпильку в земле и оба идут с лентой по направлению измеряемой линии.

Подойдя к оставленной в земле первой шпильке, задний рабочий цепляет за нее свой конец ленты и направляет по направлению измеряемой линии переднего мерщика, который, встряхнув ленту, укладывает ее на землю, натягивает за ручку и через прорезь в ленте втыкает в землю вторую шпильку. Далее измерения производят в том же порядке. Величину остатка линии менее 20 м определяют отсчетом целых метров по ленте, дециметров – по отверстиям, а число сантиметров оценивают на глаз.

Все линии должны измеряться в прямом и обратном направлении. Если расхождение между результатами прямого и обратного измерения не превышает 5 см на каждые 100 м длины линии, то берут среднее значение. Результаты измерения заносят в журнал теодолитной съемки.

**Съемка ситуации** производится одновременно с проложением теодолитных ходов и их измерением. Съемка ситуации может производиться одним из трех способов: полярным, перпендикуляров, засечек. При прохождении практики используется полярный способ, который применяется для съемки открытых пространств, часто недоступных для измерений лентой. Съемка ведется из точки, которая называется полюсом. Полюс может находиться в вершине угла или на линии теодолитного хода, но в этом случае необходимо измерить расстояние от полюса до вершины угла. Теодолит устанавливают в полюсе, приводят его в рабочее положение, при *КП* совмещают **нули** лимба и алидады *ГК* и, действуя только винтами лимба, совмещают центр сотки нитей зрительной трубы с основанием вехи в передней точке. В характерных точках снимаемого контура ставят вехи, которые визируют, действуя винтами алидады. Расстояние до выбранных точек измеряют мерной лентой, а угол между исходным направлением и направлением на выбранную точку измеряют по горизонтальному кругу. Результаты съемки записывают в специальную таблицу, которую вычерчивают на абрисе.

**4 Привязка теодолитного хода.** Для получения координат точек теодолитного хода в общегосударственной единой системе координат, а также для контроля измерений теодолитные ходы привязывают к пунктам триангуляции тригетерации или полигонометрии.

Привязка полигона осуществляется после съемки опорной сети. При *КП* прикрепляют к теодолиту буссоль, устанавливают его на тригопункт и приводят в рабочее положение. Совмещают нули лимба и алидады *ГК* и, пользуясь только винтами лимба, с помощью буссоли ориентируют теодолит относительно сторон света. В таком положении лимб закрепляют и,

пользуясь только винтами алидады, визируют на какую-либо твердую основу и берут отсчет по горизонтальному кругу. В результате получают магнитный азимут линии. Дирекционный угол ( $a$ ) линии определяют по формуле:

$$a = A_m + [(\delta) - (\sigma)], \quad (7)$$

где  $\delta$  – магнитное склонение;  
 $\sigma$  – сближение меридианов.

Значения  $\delta$  и  $\sigma$  для данной местности выдаются руководителем практики. Затем вычисляются дирекционные углы линий полигона.

**5 Обработка результатов теодолитной съемки.** Средние значения горизонтальных углов, горизонтальные приложения линий теодолитных ходов и дирекционный угол одной из сторон выписывают в соответствующие графы координатной ведомости. Порядок вычисления в ведомости следующий.

1 Находят угловую невязку по формулам:

а) для замкнутого полигона:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм.}} - 180 \cdot (n - 2); \quad (8)$$

б) для разомкнутого (диагонального) хода при измерении правых углов:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм.}} - (180n + A_{\text{нач.}} - A_{\text{кон.}}). \quad (9)$$

где  $\sum \beta_{\text{изм.}}$  – сумма измеренных углов;

$n$  – число углов или сторон;

$A_{\text{нач.}}$  – азимут (дирекционный угол) начальной линии;

$A_{\text{кон.}}$  – азимут (дирекционный угол) конечной линии.

2 Допустимость угловой невязки ( $f_{\beta \text{ доп}}$ ) определяют по формулам:

а) для замкнутого полигона:

$$f_{\text{доп.}} \leq 1,5' \cdot t \cdot \sqrt{n}; \quad (10)$$

б) для разомкнутого (диагонального) хода):

$$f_{\text{доп.}} \leq 1,5' \cdot \sqrt{n}, \quad (11)$$

где  $t$  – точность верньера.

3 Если угловая невязка допустима, то ее распределяют с обратным знаком, долями не больше одной минуты, в углы, образованные короткими сторонами полигона. Желательно поправки вводить в углы, в которых есть секунды, чтобы округлить их до целых минут.

4 По дирекционному углу (измеренному азимуту) одной из сторон

и исправленным углам вычисляют дирекционные углы всех сторон полигона по формуле:

$$a_{\text{посл.}} = a_{\text{пред.}} + 180 - \beta, \quad (12)$$

где  $a_{\text{посл.}}$  и  $a_{\text{пред.}}$  – дирекционный угол предыдущей и последующей линии;  
 $\beta$  – угол между этими линиями (обычно справа по ходу лежащий).

5 По дирекционным углам (азимутам) находят румбы (таблица 1).

Таблица 1 – Связь дирекционных углов и румбов по четвертям

Четверть	Дирекционный угол ( $\alpha$ )	Румб ( $r$ )		Знаки приращений	
		название	значение	$\Delta x$	$\Delta y$
I	0–90°	СВ	$\alpha$	+	+
II	90–180°	ЮВ	$180^\circ - \alpha$	–	+
III	180–270°	ЮЗ	$\alpha - 180^\circ$	–	–
IV	270–360°	СЗ	$360^\circ - \alpha$	+	–

6 Вычисляют горизонтальное проложение линий, угол наклона которых более 2°.

7 По румбам и горизонтальным проложениям, пользуясь таблицами приращения координат, вычисляют приращения координат ( $\Delta x$  и  $\Delta y$ ).

8 Определяют невязку в приращениях координат по формуле:

а) для замкнутого хода:

$$f \Delta x = \pm \sum \Delta x; \quad (13)$$

$$f \Delta y = \pm \sum \Delta y; \quad f \Delta x = \pm \sum \Delta y; \quad (14)$$

б) для разомкнутого (диагонального) хода:

$$f \Delta x = \pm \sum \Delta x - (x_{\text{кон.}} - x_{\text{нач.}}); \quad (15)$$

$$f \Delta y = \pm \sum \Delta y - (y_{\text{кон.}} - y_{\text{нач.}}), \quad (16)$$

где  $\sum \Delta x$ ,  $\sum \Delta y$  – суммы приращений координат;

$x_{\text{кон.}}$  и  $x_{\text{нач.}}$ ,  $y_{\text{кон.}}$  и  $y_{\text{нач.}}$  – координаты конечной и начальной точек.

9 Вычисляют абсолютную (линейную) невязку в приращениях координат по формуле:

$$f = \pm \sqrt{f \Delta x^2 + f \Delta y^2}. \quad (17)$$

10 Определяют допустимость абсолютной невязки в приращениях координат. Для этого вычисляют относительную невязку по формуле:



$$F = \frac{f}{p} = \frac{1}{p/f} \leq \frac{1}{2000}, \quad (18)$$

где  $p$  – периметр полигона, или длина хода, км.

Для района практики

$$F \leq \frac{1}{2000}. \quad (19)$$

11 Если относительная невязка ( $F$ ) допустима, то невязки в приращениях координат ( $\Delta x$  и  $\Delta y$ ) распределяют между всеми приращениями с обратным знаком, пропорционально длинам линий.

12 По условным координатам первой точки ( $x = 0,00$ ,  $y = 0,00$ ) вычисляют координаты всех вершин полигона:

$$x_{\text{посл.}} = x_{\text{пред.}} \pm \Delta x; \quad (20)$$

$$y_{\text{посл.}} = y_{\text{пред.}} \pm \Delta y \quad (21)$$

и заполняют координатную ведомость.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 В чем заключается теодолитная съемка?
- 2 Какие приборы и инструменты используются для данного вида съемки?
- 3 Перечислить основные поверки теодолита. Как они производятся?
- 4 В чем заключается работа по рекогносцировке местности?
- 5 По какому принципу выбираются вершины полигона?
- 6 Каким способом производится измерение горизонтальных углов при теодолитной съемке?
- 7 Как измеряются расстояния при теодолитной съемке?
- 8 Какими способами производится съемка ситуации?
- 9 В чем заключается полярный способ съемки ситуации?
- 10 Каким образом осуществляется привязка теодолитного хода?
- 11 Как определяют угловую невязку для замкнутого и разомкнутого полигонов?
- 12 Как вычисляют дирекционные углы сторон полигона?
- 13 Как определяют приращения координат и координаты вершин полигона?

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

## 4. Тахеометрическая съемка

Этот вид съемки производят обычно в тех случаях, когда необходимо составить план небольшого по площади участка местности в крупном масштабе. При тахеометрической съемке на местности производят с помощью теодолита и нивелирной рейки измерения длин линий, горизонтальных углов между ними и превышений точек. План участка составляют камеральным путем по данным полевых измерений. Для производства тахеометрической съемки необходимы следующие приборы и материалы:

- 1) теодолит-тахеометр;
- 2) нивелирные рейки (2 шт.);
- 3) журнал тахеометрической съемки;
- 4) тахеометрические таблицы;
- 5) транспортёр геодезический.

Обычно тахеометрическая съемка начинается с рекогносцировки местности, в процессе которой намечают и закрепляют колышками точки тахеометрического хода, которые служат плановым и высотным обоснованием съемки. В районе прохождения практики точками опорной сети служат точки замкнутого теодолитного хода, плановое положение которых (координаты) вычислены по результатам теодолитной съемки.

Порядок работы на станции при тахеометрической съемке следующий:

1 На станции (угловой точке полигона) устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение (центрируют, нивелируют) и проверяют положение  $MO$  средней нити креста нитей зрительной трубы (см. поверки теодолита). Если значение  $MO$  велико, то рекомендуется регулированием прибора привести его к нулю или сделать близким к нулю ( $MO = \pm 0,5 - 4$  минуты). Значение  $MO$  на каждой станции проверяют, и результат записывают в журнал тахеометрической съемки. Фактически значение  $MO$  на каждой станции должно быть постоянным.

2 С помощью рулетки или дальномерной рейки измеряют высоту инструмента. Для этого совмещают нули лимба и алидады вертикального круга ( $BK$ ), пузырек уровня  $BK$  приводят в положение «нуль-пункт» и устанавливают нивелирную рейку вертикально, нулем вниз на расстоянии 5–7 см от окуляра зрительной трубы теодолита. Наблюдая в объектив зрительной трубы, на рейке карандашом отмечают высоту инструмента, фиксируют ее на рейке резинкой или тесемкой, а результат записывают в журнал.

3 На передней и задней станциях, на колышки, вбитые вровень с землей, устанавливают нивелирные рейки нулями вниз.

4 Действуя винтами лимба  $GK$ , наводят трубу на рейку, устанавливают

в передней точке и определяют расстояние по дальномеру (рисунок 5). Наводят нить сетки, для которой определялось положение *МО* на точку визирования (верх рейки), пузырек уровня *ВК* приводят к середине и берут отсчет по вертикальному кругу.

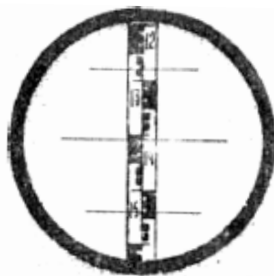


Рисунок 5 – Определение расстояния по нитяному дальномеру

5 Действуя только винтами алидады, визируют трубу на верх рейки в задней точке. Расстояние и вертикальный угол измеряют так же, как и при визировании на переднюю точку. Отсчет по горизонтальному кругу будет соответствовать горизонтальному углу.

6 Не снимая прибор со станции, приступают к съемке контуров ситуации рельефа местности, которая ведется полярным способом.

Реечные точки выбирают в характерных местах рельефа местности. Визирование осуществляют на пометку рейки, которая отвечает высоте инструмента на станции. Пузырек уровня *ВК* приводят к середине и берут отсчет: по дальномеру; по горизонтальному кругу; по вертикальному кругу. Нужно помнить, что прежде чем сделать отсчет по *ВК*, пузырек уровня *ВК* нужно привести в положение «нуль-пункт». Сделав измерения на одной станции, переходят на другую и производят аналогичные измерения. Результаты съемки записывают в журнал тахеометрической съемки и ведут кроки, т. е. на каждой станции одновременно со съемкой зарисовывают контуры ситуации, основные формы и линии рельефа и т. д. (рисунок 6).

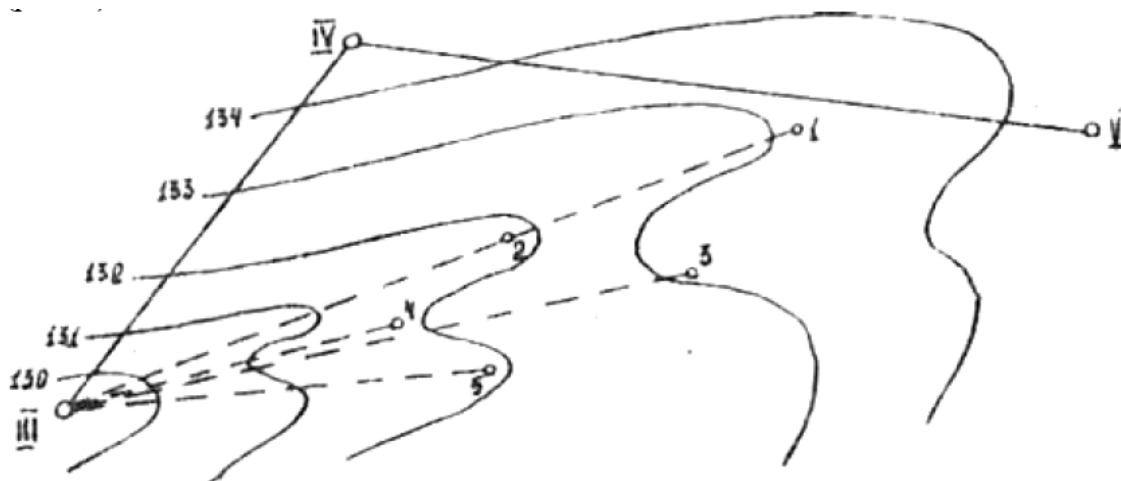


Рисунок 6 – Кроки (абрис)

**Камеральная обработка результатов тахеометрической съемки.** Вычисляют углы наклона по формулам (4)–(14), в зависимости от марки теодолита. Зная длину линий и углы наклона, по тахеометрическим таблицам определяют сначала только для станции превышения  $h$ . Причем прямое превышение (со станции 1 на станцию 2) должно отличаться от обратного (со станции 2 на станцию 1) только знаком. Расхождения допускаются не более 4 см на каждые 100 м длины линии. Если это условие выполнено, то берут среднее из значений превышений прямого и обратного хода, но ставят знак превышения прямого хода. Теоретически сумма всех превышений замкнутого полигона должна быть равна нулю. Поэтому невязка в превышениях замкнутого хода определяется по формуле:

$$f_{h\text{практ}} = \pm \sum h_{\text{ср}} . \quad (22)$$

Допустимость невязки в превышениях определяется по формуле:

$$f_{h\text{доп.}} \leq \frac{0,4 \cdot P}{\sqrt{n}} , \quad (23)$$

где  $P$  – периметр полигона, м;

$n$  – количество станций.

Если  $f_{h\text{практ}} \leq f_{h\text{доп.}}$ , то значение  $f_h$  распределяют с обратным знаком по всем средним превышениям (графа «поправки») и заполняют графу «увязание превышения». Зная отметку репера (задается руководителем), находят отметки всех станций:

$$N_{\text{посл.}} = N_{\text{пред.}} \pm h , \quad (24)$$

где  $N_{\text{посл.}}$  – отметка последующей станции;

$N_{\text{пред.}}$  – отметка предыдущей станции;

$h$  – превышение между этими станциями.

Аналогичным способом вычисляют превышения между станцией и рееч-

ными точками, снимаемыми с этой станции, а также отметки этих речных точек. После этого приступают к построению плана местности.

**Построение плана по результатам теодолитной и тахеометрической съемок.** Построение плана, участка местности по результатам полевых измерений производят в следующей последовательности:

1 Построение координатной сетки. Берут лист (формат А3) чертежной бумаги и линейку ЛД-1 (линейка Дробышева). Линейку кладут параллельно нижнему краю листа бумаги (рисунок 7) и по скошенному краю тонко отточенным карандашом проводят линию  $AB$ . На линию  $AB$  накладывают линейку, конец штриха 0 совмещают с точкой  $A$  и по скошенным краям окошек проводят дуги. Затем линейку кладут перпендикулярно к линии  $AB$ , совмещают конец штриха 0 с точкой  $B$  и проводят дуги по скошенным краям окошек. Далее конец штриха 0 совмещают с точкой  $A$  и по концу линейки засекают дугу  $D$ . Так получают правую верхнюю вершину сетки квадратов. Аналогично получают и левую верхнюю вершину  $C$ . Далее приступают к построению внутренних линий координатной сетки.

2 Выверенная сетка координат обводится голубой тушью (толщина линий – 0,1 мм), крайние линии сетки подписывают цифрами, близкими по своим значениям к самым большим и самым малым координатам точек (смотрят по координатной ведомости) с таким расчетом, чтобы полигон разместился на листе бумаги.

3 По данным координатной ведомости с помощью измерителя и масштабной линейки наносят на план точки теодолитного хода.

4 С помощью транспорта, масштабной линейки и измерителя с журнала тахеометрической съемки наносят все речные точки (рисунок 7). Подписывают отметки речных точек и станций.

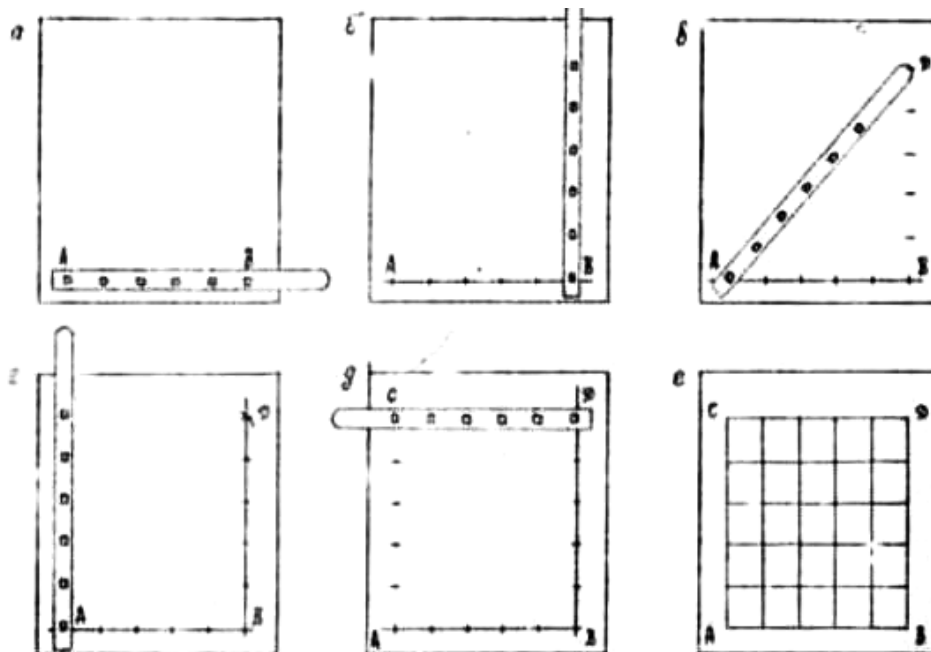


Рисунок 7 – Построение координатной сетки

5 Пользуясь «кроками», с помощью палетки проводят горизонтали. Высота сечения рельефа дается руководителем практики.

6 После нанесения на план вершин теодолитных ходов приступают к нанесению ситуации.

7 С помощью планиметра вычисляются площади сельхозугодий и общая площадь засятого полигона.

### ***Правила оформления плана***

1 Линии координатной сетки и надписи на ней выполняются голубой тушью. Толщина линий и надписей 0,1 мм. Высота букв 7 мм.

2 Расстояние между внутренней и внешней сторонами рамки берется 12 мм. Толщина линии внешней стороны рамки 1,5 мм.

3 Горизонтали и их обрывистые берега проводятся коричневой тушью. Толщина линий 0,1 мм. Высота надписей 5 мм.

4 Условные знаки вычерчиваются черной тушью (болота, реки, ручьи – голубым), придерживаясь установленных стандартов.

5 Все остальные построения и надписи выполняются черной тушью, придерживаясь следующих размеров:

- станции обводятся окружностями диаметром 1 мм, соединяются прямыми линиями толщиной 0,8 мм и пронумеровываются. Толщина цифр 0,5 мм, высота – 6 мм;

- речные точки и отметки станций подписываются тонким пером

(0,1 мм). Высота цифр 3 мм;

– румбы и длины линий подписываются пером 0,2 мм. Высота цифр 6 мм.

## **Вопросы для самоконтроля**

- 1 В каких случаях производится тахеометрическая съемка?
- 2 Какие измерения производятся при тахеометрической съемке?
- 3 Какие приборы и материалы используются для производства тахеометрической съемки?
- 4 Каков порядок работы на станции при проведении тахеометрической съемки?
- 5 Каким способом производится съемка ситуации при тахеометрии?
- 6 В чем заключается камеральная обработка результатов при тахеометрической съемке?
- 7 В какой последовательности производят построение плана участка местности по результатам полевых измерений?
- 8 Каким образом строится координатная сетка?



## 5. Нивелирование поверхности

Нивелирование – это измерение превышений и определение высотных координат точек на земной и водной поверхностях, точек наземных и подземных сооружений.

Практикой предусматривается проведение продольного нивелирования 4 класса. Направление и длина трассы задаются руководителем практики.

### *Инструменты и принадлежности:*

- 1) нивелир НВ-1;
- 2) мерная лента и 6 металлических шпилек;
- 3) вехи (4–5 шт.);
- 4) деревянные кольшки высотой 30 см – 20 шт., высотой 10 см – 10 шт.;
- 5) топорик;
- 6) нивелирные рейки (2 шт.);
- 7) журнал нивелирования;
- 8) пикетажная книжка;
- 9) теодолит с буссолью для измерения азимута трассы и углов поворота;
- 10) таблицы разбивки кривых.

Работы по нивелированию трассы включают в себя этапы, приведенные ниже.

### *Проверки нивелира.* Основные проверки нивелира сводятся к следующему:

1 Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира, эта проверка выполняется аналогично первой проверке теодолита.

2 Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора. Трубу наводят на рейку так, чтобы изображение ее было на краю поля зрения, и делают отсчет. Поворачивают трубу до перемещения изображения рейки к противоположному краю поля зрения трубы и берут отсчет. Полученные отсчеты должны быть равны. Неисправность устраняют поворотом сеточного кольца.

3 Визирная ось трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня. Ошибка за параллельность визирной оси и оси уровня компенсируется, т. к. нивелирование будет производиться способом «из середины».

*Рекогносцировка.* Включает в себя уточнение направления трассы на местности.

*Разбивка пикетажа.* Порядок работы на этом этапе сводится к следующему:

1 Выбирают на местности точку, которая будет началом будущей трассы, и закрепляют ее кольшками (ПК0).

2 Устанавливают на ПКО теодолит с прикрепленной буссолью, приводят его в рабочее положение и производят следующие измерения: азимут трассы; планово-высотную привязку к реперу (рисунок 8). Выполнение этого задания производится в присутствии преподавателя.

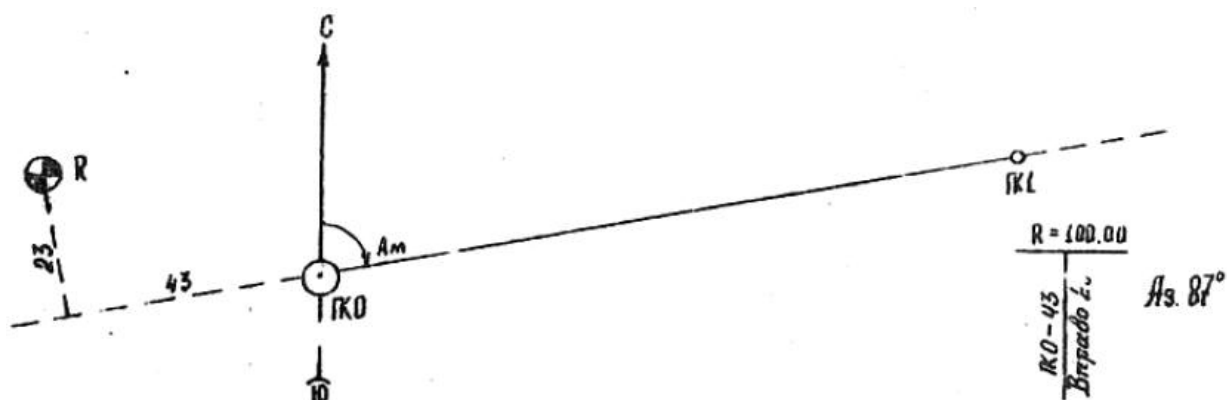


Рисунок 8 – Планово-высотная привязка к реперу

3 По направлению трассы через каждые 30–40 м устанавливают вешки (провешивание трассы), после чего 20-метровой лентой трассу разбивают на пикеты (отрезки длиной 100 м). Пикеты закрепляют колышками, один из которых (длиной 15–20 см) забивают вровень с землей, а рядом, впереди на ходу, на расстоянии 10–15 см забивают второй колышек – сторожок, который возвышается над поверхностью земли примерно на 20 см. На затесанной стороне сторожка, обращенной к точке, пишут номер пикета и номер бригады.

В местах резкого перегиба рельефа местности намечают «плюсовые» точки, которые закрепляют только сторожками (рисунок 9). На сторожке пишут номер заднего пикета и расстояние от него до этой точки со знаком плюс, поэтому эти точки называют «плюсовыми».

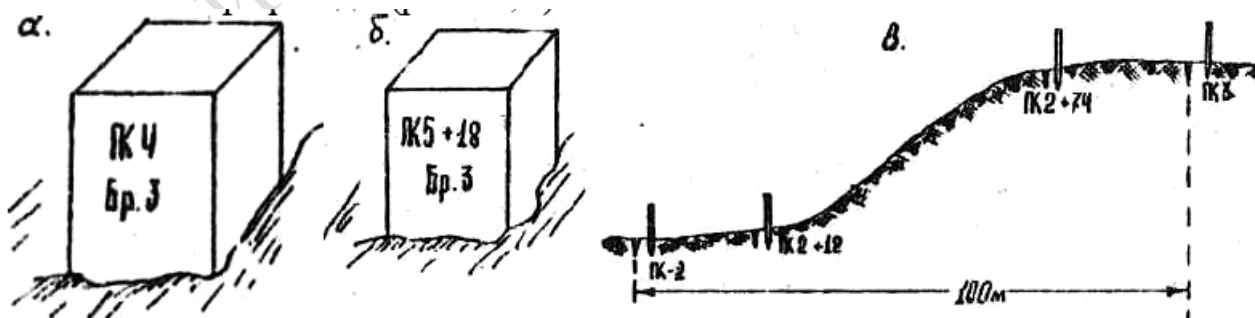


Рисунок 9 – Оформление пикетов

Для того чтобы определить характер местности, прилегающей к трассе, влево и вправо от нее (особенно на косогорах) к плюсовым точкам или

шкетам восстанавливают перпендикуляры (поперечники). Измеряют длину этих перпендикуляров и определяют пикетажное положение оснований (рисунок 10).

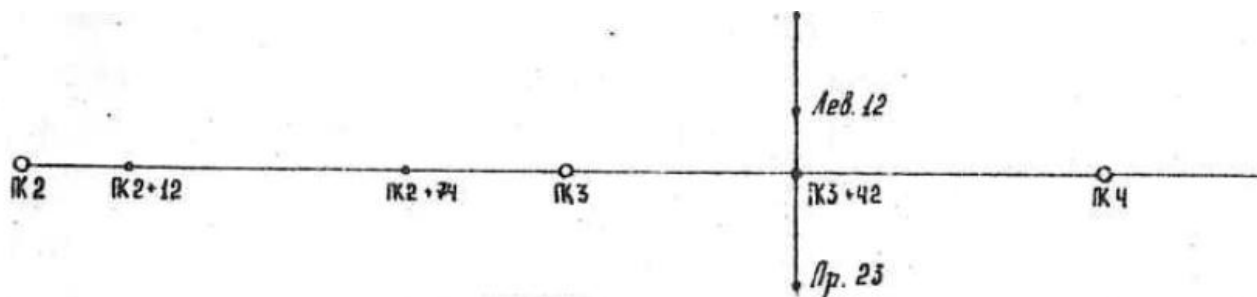


Рисунок 10 – Восстановление перпендикуляров

В местах поворота трассы измеряют с помощью теодолита угол поворота  $C$  и, зная радиус закругления  $R$ , ( $Q$  и  $R$  дает руководитель практики) с помощью «таблиц разбивки кривых» вычисляют основные характеристики кривой (рисунок 11):

- тангенс ( $T$ );
- кривую ( $K$ );
- биссектрису ( $B$ );
- домер ( $D$ ).

Пикетажные работы сопровождаются составлением пикетажной книжки (М 1:10000) – глазомерного абриса вдоль всей трассы (рисунок 11).

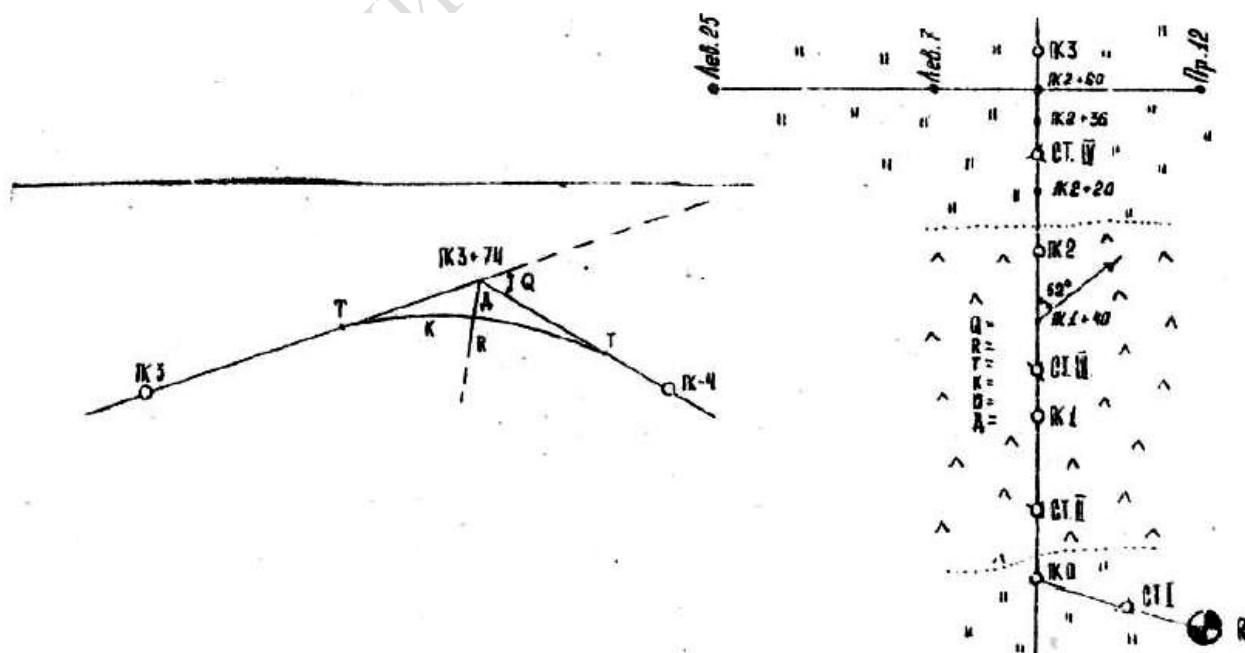
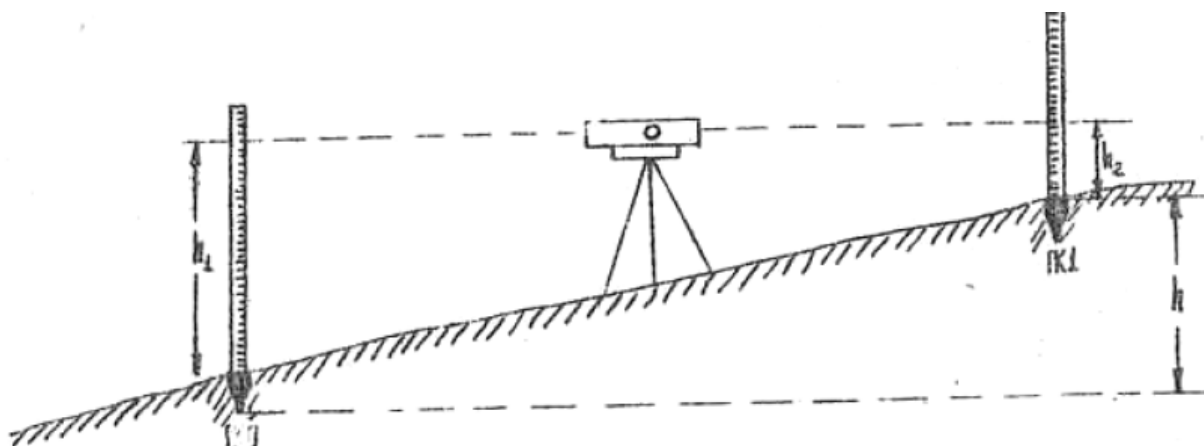


Рисунок 11 – Составление пикетажной книжки

**Нивелирование трассы.** Нивелирование трассы ведут способом из се-



редины (рисунок 12).

Рисунок 12 – Нивелирование из середины

Нивелир устанавливают посередине между пикетами (не обязательно строго в створе), на которые ставят нулями вниз нивелирные рейки черной стороной к нивелиру. Нивелир приводят в рабочее положение, зрительную трубку направляют сначала на заднюю по ходу измерения рейку (ПК0), а затем (рисунок 12) на переднюю, производя по средней нити визирования отсчеты на рейках (соответственно  $h_1$  и  $h_2$  предварительно приводя пузырек уровня в положение «нуль-пункт»).

Так как работы по нивелированию трассы в районе практики будут проводиться двусторонними рейками, то следующей операцией нивелирования является взятие отсчетов на эти же пикеты по красной стороне рейки. Так как работы по нивелированию трассы в районе практики будут проводиться двусторонними рейками, то следующей операцией нивелирования является взятие отсчетов на эти же пикеты по красной стороне рейки (рисунок 13).

Визируют и снимают отсчет сначала по задней рейке (ПК0), а затем по передней рейке (ПК1), записывая результаты в журнал нивелирования. При этом допустима разность отсчетов (задний минус передний) по черной стороне рейки и разность отсчетов (задний минус передний) по красной стороне рейки, которая не должна превышать 4 мм. Если это условие выполняется, то сразу же, не снимая инструмент со станции, нивелируют плюсовые точки и точки поперечника, причем отсчеты берут только по красной стороне рейки.

Пронивелировав трассу в одном направлении, приступают к нивелиро-

ванию в обратном направлении, которое необходимо для контроля прямого хода и получения невязки нивелирования.

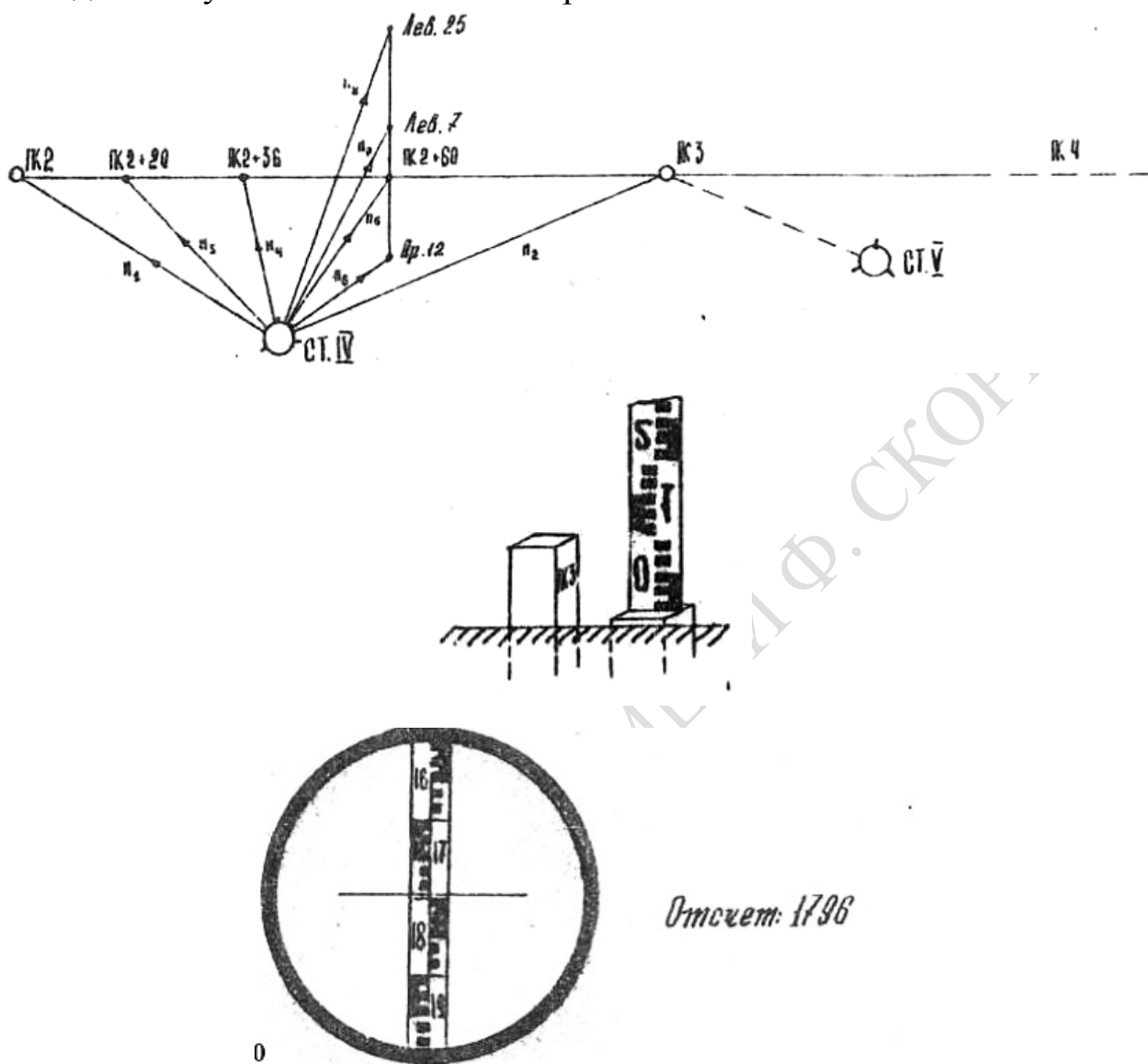


Рисунок 13 – Проведение работ по нивелированию

Прежде чем сделать отчет по рейке, необходимо пузырек уровня привести в положение «нуль-пункта».

При нивелировании трассы в обратном направлении нивелируют только пикетные точки по черной стороне рейки, а плюсовые точки и точки поперечника не нивелируют. Результаты измерений заносят в журнал геометрического нивелирования.

### **Обработка результатов нивелирования**

1 Вычитанием из  $\sum h_{\text{сп}}$  прямого хода  $\sum h_{\text{сп}}$  обратного хода, определяется невязка  $f_h$ .

2 Допустимость невязки определяется по формуле:

$$f_{h\text{доп.}} \leq 50 \text{ мм} \dots\dots \quad (25)$$

3 Если  $f_h \leq f_{h\text{доп.}}$ , то полученная невязка  $f_h$  с противоположным знаком распределяется по средним превышениям прямого хода, и в журнале нивелирования заполняется графа «исправленные превышения».

4 Отметки пикетов вычисляются по формуле:

$$H_{\text{посл.}} = H_{\text{пред.}} + h, \quad (26)$$

где  $H_{\text{посл.}}$  – отметка последующей точки;

$H_{\text{пред.}}$  – отметка предыдущей точки;

$h$  – исправленные превышения.

5 Отметки плюсовых точек и точек поперечника вычисляются через горизонт инструмента ( $ГИ$ ); значение которого вычисляется по формуле:

$$ГИ = H_{\text{пред.}} + \alpha, \quad (27)$$

где  $\alpha$  – отсчет по красной стороне рейки на заднюю точку;

$H_{\text{пред.}}$  – отметка предыдущей точки.

Тогда отметки плюсовых точек и точек поперечника вычисляются по формуле:

$$H = ГИ - b, \quad (28)$$

где  $b$  – отсчет по рейке на плюсовую точку.

**Построение профиля.** Профиль строится на миллиметровой бумаге, как правило, в двух разных масштабах – горизонтальном и вертикальном, который берут в 10 раз крупнее горизонтального. Строят профиль на основании нивелирного журнала и пикетажной книжки. Построение начинается с вычерчивания профильной сетки (рисунок 14).

Уклоны проектной линии	
Проектные отметки	
Отметки земли	
Расстояния	
Номера пикетов	
План трассы	
Ситуация	

Рисунок 14 – Профильная сетка

Все построения и надписи выполняются черной тушью за исключением

следующих компонентов:

- проектная линия, линии и значения уклонов в графе 1, рабочие отметки, проектные отметки выполняются красной тушью;
- отметки нулевых работ и их местоположение на профиле показываются голубой тушью.

Высота цифр во всех графах и на профиле берется 3 мм; высота букв на профильной сетке берется 4 мм.

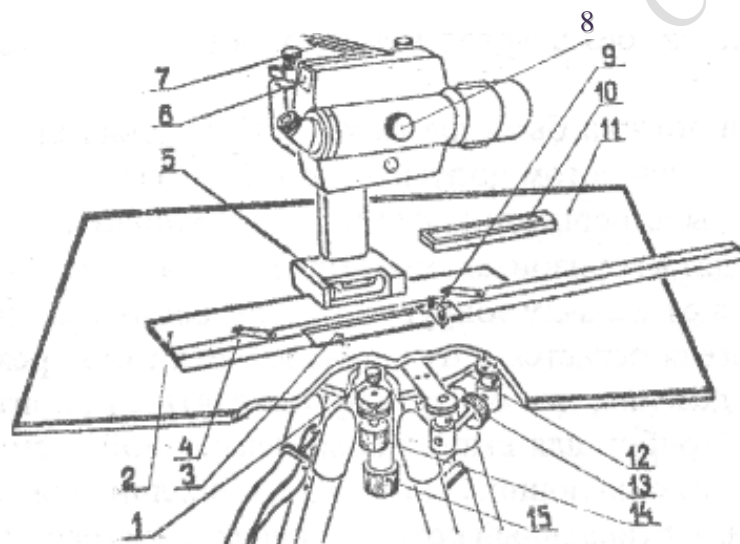
## **Вопросы для самоконтроля**

- 1 В чем заключаются работы по нивелированию поверхности?
- 2 Какие измерения производятся при геометрическом нивелировании?
- 3 Какие инструменты и принадлежности используются при нивелировании?
- 4 В чем заключаются основные проверки нивелира?
- 5 Что включает в себя рекогносцировка местности при нивелировании?
- 6 В чем заключается порядок работы при разбивке пикетажа?
- 7 В чем заключается нивелирование трассы способом из середины?
- 8 Какова допустимая разность отсчетов по черной и красной сторонам рейки при нивелировании?
- 9 С какой целью производится нивелирование трассы в обратном направлении?
- 10 В чем заключается обработка результатов нивелирования?
- 11 Каким образом производятся работы по построению профиля трассы нивелирования?

## 6. Мензуральная съемка

При мензуральной съемке план участка местности создается прямо в поле, т. е. результаты съемки ситуации и рельефа наносят на план на каждом пункте, где установлен прибор для съемки. Для выполнения мензуральной съемки применяют мензулу, кипрегель и рейку.

При мензуральной съемке горизонтальные углы не измеряют, а строят на планшете графически; для этого планшет должен быть ориентирован на местности. Над точкой  $A$  местности центрируют точку  $a$  планшета (рисунок 15). Планшет устанавливают в горизонтальное положение и ориентируют по линии  $AB$ . Наводят трубу кипрегеля на точку  $C$  местности и проводят карандашом по линейке кипрегеля направление на точку  $C$ .



- 1 – винт, 2 – линейка основная, 3 – линейка масштабная, 4 – линейка дополнительная, 5 – уровень, 6 – уровень зрительной трубы, 7 – зеркало уровня вертикального круга, 8 – маховичок трубки, 9 – штифт наколочный, 10 – буссоль, 11 – мензуральная доска, 12 – диск, 13 – винт наводящий, 14 – винт, 15 – винт закрепительный

Рисунок 15 – Комплект приборов для выполнения мензуральной съемки

Угол  $bac$  на планшете – это горизонтальный угол  $B'A'C'$ , т. е. искомый горизонтальный угол. Можно сказать, что плоскость планшета выполняет роль лимба с центром в точке  $a$ , а отсчет по лимбу заменяется прочерчиванием наблюдаемого направления (рисунок 16). Мензуральную съемку иногда называют углоначертательной.

Для определения планового положения точки  $C$  остается только измерить горизонтальное проложение линии  $AC$  и отложить его от точки  $a$  на прочерченном направлении в масштабе съемки. Затем измеряют



превышение точки  $C$  относительно точки  $A$ , вычисляют отметку точки  $C$  и подписывают ее на плане; съемка точки  $C$  закончена.

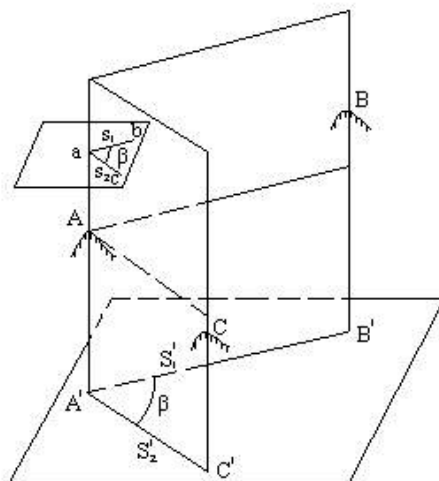


Рисунок 16 – Построение горизонтальных углов

Мензульная съемка выполняется полярным способом, при этом направление полярной оси задается направлением, по которому ориентирован планшет.

**Устройство мензулы.** Мензула состоит из штатива, подставки и планшета. Штатив обычно деревянный, укороченный, с нераздвижными ножками; можно использовать и обычный штатив для теодолита. Металлическая или деревянная подставка имеет подъемные винты, а также закрепительный и наводящий винты для вращения планшета вокруг оси подставки. Мензульный планшет – это доска размером 60 x 60 x 3 см; она имеет гнезда с резьбой для скрепления с подставкой. На планшет наклеивают чертежную бумагу высокого качества (ватман). В настоящее время применяют прикрепляемый к планшету струбцинами или гвоздями дюралевый лист, на котором наклеен ватман.

**Проверки мензулы.** Мензула должна быть устойчивой, без люфтов в винтах, в наконечниках ножек штатива и в других местах.

Верхняя поверхность планшета должна быть плоской. Это условие проверяется линейкой; просвет между линейкой и планшетом допускается 0,5–1,0 мм.

Плоскость планшета должна быть перпендикулярна оси вращения подставки. Подъемными винтами планшет приводят в горизонтальное положение и затем, освободив закрепительный винт, медленно вращают мензулу вокруг оси. Если условие выполняется, то пузырек уровня на линейке кипрегеля остается в нульпункте. Если пузырек уровня уклоняется от

нульпункта более трех делений, то мензулу нужно сдать в ремонт.

**Устройство кипрегеля.** Прибор для выполнения мензульной съемки называется кипрегелем. Кипрегель состоит из следующих основных частей: линейки, колонки, оси вращения трубы, зрительной трубы, вертикального круга. На линейке кипрегеля старых моделей имеются цилиндрический уровень и поперечный масштаб; линейка кипрегеля новых моделей раздвижная и без поперечного масштаба.

**Проверки кипрегеля.** Нижняя поверхность линейки должна быть плоской, а ее скошенное ребро – прямой линией. Для проверки прямолинейности скошенного ребра проводят по линейке линию, затем поворачивают кипрегель на  $180^\circ$  и проводят еще одну линию; эти линии должны совпадать или быть строго параллельны.

Ось цилиндрического уровня на линейке должна быть параллельна нижней плоскости линейки. Прочерчивают по линейке линию и приводят пузырек уровня в нульпункт; затем поворачивают кипрегель на  $180^\circ$  и ставят на планшет, прикладывая линейку к проведенной линии. Если пузырек сместился, то половину смещения устраняют подъемными винтами подставки, а вторую половину – исправительными винтами уровня.

Визирная линия трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы (проверка коллимационной ошибки). Наводят трубу на удаленную точку при КЛ и прочерчивают направление по линейке. Затем поворачивают кипрегель на  $180^\circ$ , переводят трубу через зенит, наводят ее на точку при КП и опять прочерчивают направление по линейке. Если обе линии совпадают, условие соблюдается. В противном случае проводят среднее направление, совмещают с ним линейку кипрегеля и исправительными винтами сетки нитей смещают вертикальную нить так, чтобы она проходила через изображение точки в поле зрения трубы.

Ось вращения трубы должна быть параллельна нижней плоскости линейки. Эта проверка соответствует проверке равенства подставок теодолита.

Вертикальная нить сетки нитей должна совпадать с коллимационной плоскостью кипрегеля, т. е. занимать вертикальное положение (это условие проверяется так же, как у теодолита).

Место нуля вертикального круга должно быть малым по величине (желательно  $0^\circ 0'$ ) и постоянным. Кроме выполнения проверок, нужно определить фактическое значение коэффициента нитяного дальномера.

Кипрегель-автомат в отличие от простого кипрегеля позволяет определять по дальномерному отсчету горизонтального проложения линии и превышения пикета относительно горизонта инструмента. У кипрегеля-автомата КН труба дает прямое изображение, номограммные кривые проходят по всему полю зрения трубы и основная кривая находится внизу поля зрения.

На трубе кипрегеля-автомата крепится цилиндрический уровень, кото-

рый дает возможность использовать кипрегель в качестве нивелира. Если местность вокруг точки установки мензулы не имеет больших перепадов высот, то превышения высотных пикетов можно определять через горизонт прибора. Для этого устанавливают пузырек уровня на трубе в нульпункт и берут отсчеты по рейке. Отметки пикетов вычисляют по формулам:

$$H_2 = H_{\text{ст}} + i, \quad H_{\text{пк}} = H_{\text{г}} - b, \quad (29)$$

где  $H_{\text{ст}}$  – отметка пункта установки мензулы (станции);

$i$  – высота прибора (расстояние по вертикали от центра пункта до оси вращения трубы кипрегеля);

$H_{\text{г}}$  – горизонт прибора;

$H_{\text{пк}}$  – отметка пикета;

$b$  – отсчет по рейке, установленной на пикете.

Использование кипрегеля в качестве нивелира требует, чтобы выполнялось главное условие нивелира: ось уровня при трубе должна быть параллельна визирной линии трубы. Это условие проверяется двойным нивелированием вперед на расстоянии 80–100 м.

**Ошибки графических построений.** Положение точки на планшете обычно фиксируют наколом иглы циркуля-измерителя. Диаметр накола имеет размеры 0,1–0,2 мм; чтобы накол не потерять, его обводят кружком диаметром 2–3 мм. Не следует ставить ножки циркуля наклонно, чтобы накол не разрабатывался.

Толщина линии, прочерченной твердым остро отточенным карандашом, в лучшем случае равна 0,1 мм. Ошибка накола точки на пересечении двух линий зависит от угла, под которым пересекаются эти линии. Наименьшая ошибка в положении точки получается при угле пересечения  $90^\circ$ ; она оценивается величиной 0,08 мм. При угле пересечения  $45^\circ$  ошибка увеличивается до 0,2 мм.

**Создание съемочного обоснования для мензульной съемки.** Съемочное обоснование для мензульной съемки создают на основе пунктов опорной геодезической сети, т. е. пунктов ГГС и сетей сгущения. Для построения съемочного обоснования разрешается применять теодолитные и тахеометрические ходы, триангуляционные построения, различные засечки и, кроме того, мензульные ходы и геометрическую сеть. Первые четыре вида образуют так называемое аналитическое съемочное обоснование, так как координаты его пунктов получают из уравнивания конкретного геодезического построения. Последние два вида относятся к графическому съемочному обоснованию. Применение графического съемочного обоснования позволяет уменьшить плотность аналитического обоснования.

**Мензульный ход.** Мензульный ход прокладывается между пунктами

аналитического обоснования и имеет ограниченную длину, зависящую от масштаба съемки (например, 500 м при масштабе 1:2000). Положение пунктов мензюльного хода определяют графически с помощью кипрегеля. Расстояние между пунктами измеряют нитяным дальномером в прямом и обратном направлениях; допустимое расхождение между  $S_{пр}$  и  $S_{обр}$  не должно превышать  $1/200$  от измеряемого расстояния. Направления на пункты прочерчивают по линейке кипрегеля.

**Подготовка планшета и мензулы к работе.** До начала съемки на планшет нужно нанести все пункты опорной сети и пункты съемочного обоснования. На рубашке планшета строят координатную сетку и наносят все пункты с известными координатами, попадающие на данный планшет. Затем выходят в поле и строят графическое съемочное обоснование. После этого вершины квадратов координатной сетки и все пункты перекалывают на планшет. За границей плана проводят ориентирные линии. Рубашка планшета становится ненужной, но ее не убирают, а используют как защитный чехол планшета. Иногда все построения выполняют сразу на планшете, не используя рубашку.

Установка мензулы на станции включает три операции: центрирование, горизонтирование и ориентирование.

Центрирование мензулы выполняют с помощью центрировочной вилки. Один конец ее прикладывают к точке на планшете, и отвес, висящий на другом конце вилки, должен находиться над точкой местности. Точка, изображенная на плане и имеющая размер 0,1 мм, соответствует на местности кругу диаметром 0,1 мм х  $M$  ( $M$  – знаменатель масштаба съемки). Поэтому центрировать мензулу достаточно с точностью 0,05 мм х  $M$ .

Горизонтирование планшета – приведение его верхней плоскости в горизонтальное положение. Оно выполняется с помощью уровня на линейке кипрегеля и подъемных винтов подставки мензулы. Сначала кипрегель ставят линейкой по направлению двух подъемных винтов и с их помощью приводят пузырек уровня в нульпункт. Затем переставляют кипрегель на  $90^\circ$  – линейкой по третьему подъемному винту – и приводят пузырек уровня в нульпункт этим винтом. Перед горизонтированием планшета нужно обязательно выполнить поверку уровня на линейке кипрегеля и поверку перпендикулярности плоскости планшета оси вращения подставки.

Точность горизонтирования планшета зависит от характера рельефа местности: если рельеф пересеченный и пикеты приходится брать при больших углах наклона трубы кипрегеля, горизонтирование планшета нужно выполнять более тщательно. Практически планшет горизонтируют так, чтобы отклонение пузырька уровня от нульпункта не превышало трех делений при произвольной установке кипрегеля на планшете.

Ориентировать планшет – значит установить его так, чтобы имеющиеся на нем линии были параллельны горизонтальным проложениям соответствующих линий местности. Ориентирование планшета выполняют с помощью кипрегеля по линиям, соединяющим пункты съемочного обоснования.

Выбирают на планшете линию наибольшей длины; лучше пользоваться продолжениями линий за рамкой плана – так называемыми ориентирными линиями. Прикладывают линейку кипрегеля к выбранной линии и поворачивают мензулу вокруг оси подставки до тех пор, пока труба кипрегеля не окажется наведенной на нужную точку. Затем проверяют правильность ориентирования по другой линии.

**Производство мензурной съемки.** Мензурная съемка выполняется с пунктов съемочного обоснования; способы съемки – полярный и засечек.

Перед съемкой пикетов измеряют высоту инструмента  $i$  и отмечают ее на рейке. Затем исполнитель намечает места пикетов и дает задание речнику, в каком порядке их обходить. Плановые пикеты располагают на изгибах контуров, дорог, пересечениях и ответвлениях дорог, у канав, углов изгородей и строений, у отдельных объектов и т. п.

Высотные пикеты располагают на характерных точках и линиях рельефа, на перегибах скатов. Расстояние между высотными пикетами на ровных участках не должно превышать 20 мм на плане; на один квадратный дециметр плана обычно набирают не менее 25 высотных пикетов.

На каждой станции после полного набора пикетов проводят контурные линии, наносят условные знаки объектов местности, проводят горизонтали и только после этого переходят на другой пункт съемочного обоснования.

Ежедневно составляют кальку высот, на которую копируют все высотные пикеты, а также кальку контуров.

**Сводка планшетов по рамкам.** Если участок съемки располагается на нескольких планшетах, то выполняют их сводку по рамкам. Если приложить один планшет к другому по общей рамке, то горизонтали и контуры должны совпадать; однако вследствие ошибок измерений при съемке полного совпадения может и не быть. Для устранения возможных разногласий съемка выполняется за границей планшета на ширину 4 мм в масштабе плана.

Процесс сводки планшетов заключается в следующем. На полоску кальки копируют с планшета углы рамок трапеции, координатную сетку, ситуацию и рельеф в зоне шириной 24 мм: 20 мм внутри рамки и 4 мм за рамкой. Кальки двух соседних планшетов накладывают одна на другую и сличают. При допустимых расхождениях устанавливают окончательное положение контуров и горизонталей и переносят его на планшеты. При недопустимом расхождении все разногласия устраняются прямо на мест-

ности при повторной съемке.

## **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Как производится мензурная съемка?
- 2 Что используется для производства мензурной съемки?
- 3 Каким образом строятся углы при мензурной съемке?
- 4 Описать устройство мензулы и кипрегеля.
- 5 Какие операции включает установка мензулы на станции?
- 6 Какими способами производится мензурная съемка?

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

## 7. Глазомерная съемка

Это упрощенная топографическая съемка малой точности, производимая с помощью горного или обычного компаса, папки-планшета и визирной линейки. Расстояния при глазомерной съемке измеряются шагами. Она производится в тех случаях, когда топографические карты местности отсутствуют или не имеют необходимой детальности. На полевой практике студенты последовательно изучают следующие элементы глазомерной съемки:

- 1) измерение длины шага;
- 2) ориентирование карты на местности;
- 3) привязка объектов и движение по азимуту;
- 4) определение превышений рельефа;
- 5) составление плана местности.

**1 Измерение длины шага.** Под словом «шаг» в топографии и геологии полагается длина парного шага – левой и правой ногой. Для определения длины шага рекомендуется отмерить лентой дистанцию в 100 м и пройти ее обычным походным шагом. Если вы сделали 70 шагов, то длина одного шага составит  $100 : 70 = 1,43$  м. Длина шага человека приближенно может быть вычислена по формуле:

$$Ш = \frac{L}{4} + 37 \text{ см}, \quad (30)$$

где  $L$  – рост человека, см.

**2 Ориентирование карты.** Чтобы сориентировать карту, ее размещают на горизонтальной плоскости (на планшете, на земной поверхности и т. д.). Кладут на карту компас таким образом, чтобы направление С–Ю на коробке компаса было параллельно левой или правой боковой рамке карты. В результате получается, что северная часть лимба компаса ориентирована на север карты. Затем карта с компасом вращается в горизонтальной плоскости до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не совместится с нулевым делением лимба. В таком положении можно считать, что карта сориентирована относительно стран света.

**3 Привязка объектов и движение по азимуту.** Объектами может быть точка наблюдения (т.н.) и удаленные предметы. Для их привязки на местности и переноса точек на карту следует, прежде всего, произвести ориентирование карты. При привязке объектов надо руководствоваться следующим правилом: северная часть лимба всегда должна быть направлена на «привязываемый» объект, а южная – на объект, от которого ведется привязка. В этом случае северный конец стрелки компаса покажет на лимбе

магнитный азимут «привязываемого» объекта.

Положение точки наблюдения на карте лучше определять методом засечек. Для этого производится ориентирование карты в точке наблюдения, выбираются на местности три опорных ориентира, которые имеются также и на карте, в положении которых нет сомнений. Это могут быть тригопункты, вершины холмов и гор, инженерные строения и т. п. Определяется азимут от каждого ориентира, и прочерчиваются на карте линии азимутов. Для этого совмещается грань компаса с каждым объектом на карте, компас перемещается вокруг объекта до совмещения магнитной стрелки с величиной полученного на местности азимута и прочерчивается на карте линия по скошенному ребру коробки компаса. На карте в месте пересечения линий азимутов получится искомая точка наблюдения. Если на местности есть только 2 надежных объекта, можно привязываться и к двум объектам, но в этом случае точность привязки снижается. Если на площади имеется лишь один опорный объект, то кроме азимута необходимо знать расстояние между точкой наблюдения и объектом, и по этим данным нанести точку наблюдения на карту.

Для привязки объекта, расположенного на некотором расстоянии от точки наблюдения, следует определить его азимут относительно точки наблюдения (северный край лимба надо направить на объект) и расстояние «на глаз» или измерить шагами, перемещаясь по измеренному азимуту. Передвижение по азимуту осуществляется в том случае, если намеченный на карте объект на местности не виден. Причиной этому может быть или удаленность объекта, или отсутствие на местности в этой точке ориентира (например, при поиске на местности, отмеченной на карте точки заложения скважины). В том случае сначала следует определить по карте азимут и расстояние до цели маршрута. Затем на местности нужно выбрать по данному азимуту удаленный ориентир и идти на него определенное расстояние. Компас можно спрятать. Достигнув необходимой точки, следует уточнить ее местоположение по рельефу на карте и местности, методом засечек по окружающим ориентирам.

**4 Определение превышений рельефа.** Превышения рельефа при глазомерной съемке можно определить с помощью горного компаса или планшета, прикрепленного к папке. Например, необходимо определить горным компасом высоту холма относительно его подошвы. Вначале определяется длина склона холма ( $c$ ). Затем необходимо отойти от холма на некоторое расстояние, взять в вытянутую руку компас так, чтобы его грань примерно совпала со склоном холма и определить инклинометром средний угол падения склона ( $\alpha$ ). Тогда высота холма ( $b$ ) составит:

$$b = c \cdot \sin \alpha. \quad (31)$$



Определение высоты с помощью планшета и палки производится следующим образом. Берется палка длиной от стопы до уровня глаз, на ней закрепляется планшет. Палка ставится на землю на расстоянии вытянутой руки так, чтобы планшет принял горизонтальное положение. Производящий съемку должен «прицелиться» и запомнить предмет (камень, кочку и т. п.), расположенный на склоне там, где плоскость планшета «бьет» в землю. Этот предмет расположен выше точки стояния наблюдателя на высоту палки. Основание палки ставится на этот предмет, и «прицел» повторяется. Так, перемещаясь от основания до вершины холма (поднятия), определяется его высота. Все точки с высотами наносятся на план и служат основой для построения горизонталей.

**5 Составление плана местности.** Для составления плана местности, прежде всего надо взять лист чистой бумаги (миллиметровой, ватмановской и т. п.) такого размера, чтобы картируемая территория разместилась на нем при заданном масштабе. Например, территория размером 2 x 1 км при масштабе карты 1:10 000 разместится на листе бумаги 20 x 10 см. Но взять следует лист бумаги несколько большего размера, с тем, чтобы осталось место для заголовка карты и условных обозначений (например: 35 x 20 см). Затем карандашом с помощью линейки наносится рамка, для чего выбирается одна из ее граней на направление север–юг. Далее ориентируется планшет на местности с помощью компаса и наносится на него точка стояния «тн-1». Точка наносится произвольно, но с таким расчетом, чтобы подлежащая картированию территория равномерно разместилась на бумаге относительно тн-1. Затем выбираются на местности опорные объекты (тригопункты, холмы, одиночные дома, деревья и т. п.). С помощью компаса от тн-1 определяется их азимут, а расстояние измеряется шагами. Объекты по этим данным наносятся на карту. Но положение объектов на карте предварительное и впоследствии будет уточнено. Объектам присваиваются последовательные номера (1, 2, 3, ..., 12).

Все детали местности (овраги, ручьи, реки, мосты, холмы, дома, деревья и т. п.), которые пересекаются маршрутом или находятся вблизи него (на расстоянии до 100 м), наносятся на план. Остановки, используемые для фиксации объектов, тоже наносятся на план как точки наблюдения. При достижении опорного объекта проверяется его положение на плане по уточненному расстоянию. Когда на плане появится несколько проверенных по маршрутам объектов, можно приступить к их взаимной связке способом засечек. В этом случае положение всех последующих точек определяется и по маршрутам, и методом засечек. Такой контроль гарантирует достаточную точность плана, погрешность которого по существующему положению не должна превышать 2 % от его периметра.

Рельеф местности характеризуется, прежде всего, горизонталями. За

нулевую плоскость, от которой ведется исчисление, лучше всего принять общую поверхность озера, болота или реки. Значения точек превышений интерполируются. Горизонтالي строятся с учетом реальной формы рельефа, подчеркивая его особенности. Все объекты в условных знаках наносятся на план.

Планы каждой бригады получают названия по наиболее приметным объектам. В верхней части плана дается его название и приводятся сведения об авторском коллективе, масштабе и годе картирования. В нижней части помещаются условные обозначения. План сопровождается объяснительной запиской, входящей в отчет бригады как раздел «Глазомерная съемка». В ней последовательно излагаются следующие данные:

- 1) название местности;
- 2) ее размеры и площадь;
- 3) типы рельефа;
- 4) перепады высот и направление уклона местности;
- 5) описание элементов рельефа;
- 6) описание населенных пунктов;
- 7) описание транспортных линий, дорог асфальтированных и грунтовых, мостов, железнодорожных путей.

## **Вопросы для самоконтроля**

- 1 В чем заключается глазомерная съемка?
- 2 Перечислить основные элементы глазомерной съемки.
- 3 Каким образом измеряются расстояния при глазомерной съемке?
- 4 Как определяется длина шага?
- 5 Каким образом определяются превышения рельефа при глазомерной съемке?
- 6 Каким образом строится план местности при глазомерной съемке?

## 8. Оформление материалов отчета

Бригада студентов составляет общий отчет по всем видам работ, выполненных во время полевой практики. Он включает материалы как полевых, так и камеральных работ; журналы, абрисы, ведомости вычислений, схемы ходов, профили и планы, объяснительную записку. Все материалы отчета подшиваются в специальную папку. Отчет должен содержать следующие главы:

### 1 Введение.

Указывается, район прохождения практики, объем выполненной работы, кто из членов бригады принимал участие в написании отчета и что конкретно делал, указывается общественная нагрузка каждого члена бригады.

### 2 Теодолитная съемка.

### 3 Тахеометрическая съемка.

### 4 Геометрическое нивелирование.

### 5 Мензуральная съемка.

В этих главах дается краткое содержание каждого вида работ: применяемые инструменты; методика выполнения съемки; полученные результаты съемки; вычисления при камеральной обработке, графики, рисунки.

### 6 Глазомерная съемка.

Дается краткое топографическое описание местности. Краткое описание съемочного процесса.

### 7 Заключение. Выводы о проведенной практике, свои пожелания.

## Литература

1 Методическое руководство к выполнению расчетно-графических и лабораторных работ по курсу «Инженерная геодезия» / Е. К. Атрошко [и др.] ; под общ. ред. М. М. Ивановой. – Гомель: БелИИЖТ, 1992. – 110 с.

2 Сердюк, Н. М. Методические указания по проведению полевой учебной практики для студентов 1 курса специальности «Гидрогеология и инженерная геология» / Н. М. Сердюк, В. Ф. Карташев. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 1984. – 46 с.

3 Нестеренок, М. С. Геодезия: учеб. пособие / М. С. Нестеренок. – Минск: Выш. шк., 2009. – 272 с.

4 Норкин, С. П. Полевая (учебная) геодезическая практика. Методические указания / С. П. Норкин, О. Ф. Кузнецов. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2004. – 21 с.

5 Программы учебных и производственных практик по направлению подготовки «Экология и природопользование» / сост. А. А. Ямашкин, С. А. Москалева. – Саранск, 2008. – 43 с.

Производственно-практическое издание

**Ковзик** Наталия Анатольевна,  
**Осипенко** Галина Леонидовна

## **ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА**

Практическое руководство  
для студентов специальности 1-33 01 02 «Геоэкология»

Редактор *В. И. Шкредова*  
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 24.02.2015. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,6.  
Уч.-изд. л. 2,8. Тираж 25 экз. Заказ 126.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013.  
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.

Ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ



**Н. А. Ковзик,  
Г. Л. Осипенко**

# **ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА**

Гомель



2015

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ