

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. Г. Калинин, Д. Г. Тюняткин, К. Д. Микова

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ

Часть II. Практические аспекты

*Допущено методическим советом
Пермского государственного национального
исследовательского университета в качестве
учебного пособия для студентов
географического факультета*



Пермь 2018

УДК 528:528.42
ББК 26.1+26.12,
К17

Калинин В. Г., Тюняткин Д. Г., Микова К. Д.

К17 Основы геодезии и топографии: учеб. пособие / В. Г. Калинин, Д. Г. Тюняткин, К. Д. Микова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2018. – Ч. II. Практические аспекты. – 82 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-3039-4 (ч. 2)

ISBN 978-5-7944-3038-7

Учебное пособие соответствует программам курсов «Основы геодезии и топографии», «Топография с основами геодезии в гидрометеорологических исследованиях», «Топография с основами картографии», «Топография», «Картография и топография», «Учебная практика по геодезии и топографии», «Учебная практика по топографии».

Цель издания – формирование у студентов знаний методов геодезических измерений, выполнения топографической съемки местности, составления планов, профилей и решения инженерных задач.

Предназначено для студентов географического и геологического факультетов.

УДК 528:528.42

ББК 26.1+26.12

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Пермского государственного национального исследовательского
университета*

Рецензенты: ГБПОУ «Пермский нефтяной колледж»; канд. геогр. наук, главный специалист по гидрологии Департамента изысканий ООО НИПППД «Недра» **С. С. Егоркина**

ISBN 978-5-7944-3039-4 (ч. 2)
ISBN 978-5-7944-3038-7

© ПГНИУ, 2018

© Калинин В. Г., Тюняткин Д. Г.,
Микова К. Д., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Правила по безопасности труда, обращения с геодезическими инструментами и ведения полевых журналов.....	5
2. Поверки приборов и инструментов.....	9
2.1. Поверки теодолита.....	9
2.2. Поверки нивелира и реек.....	11
2.3. Поверки мерной ленты (рулетки).....	13
3. Тахеометрическая съемка участка местности.....	14
3.1. Создание планового съемочного обоснования в виде замкнутого теодолитного хода.....	14
3.2. Сгущение планового съемочного обоснования методом прямой угловой засечки.....	22
3.3. Создание высотного съемочного обоснования.....	24
3.4. Съемка ситуации и рельефа.....	27
4. Геометрическое нивелирование трассы с разбивкой пикетажа.....	32
5. Нивелирование поверхности по квадратам	39
6. Нивелирование гидрологического поста.....	43
7. Определение высоты сооружения.....	47
8. Составление топографического плана, профиля и отчета	50
Библиографический список.....	54
Приложения.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Геодезия – наука о методах и технике производства измерений на земной поверхности, выполняемых с целью изучения Фигуры Земли, изображения земной поверхности в виде планов, карт и профилей, а также решения различных прикладных задач.

Топография – наука, изучающая земную поверхность (совокупность природных и антропогенных объектов) в геометрическом отношении с целью построения топографических карт и планов. Основной метод изучения – съемка, включающая комплекс измерительных, вычислительных и графических работ.

Геодезия играет важную роль в решении многих задач хозяйства страны: при изысканиях, проектировании и строительстве различных сооружений, при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых, при планировке, озеленении и благоустройстве населенных пунктов, земле- и лесоустройстве, осушении и орошении земель, при наблюдении за деформациями сооружений, в гидрометеорологических исследованиях, сельском хозяйстве, земельном кадастре, обороне страны.

В настоящем пособии основное внимание уделено методическим аспектам выполнения работ, связанных с топографической съемкой местности, включая создание планово-высотного съемочного обоснования, съемки элементов ситуации и рельефа. Отдельный раздел учебного пособия посвящен подробному и наглядному описанию выполнения геометрического нивелирования – самого точного метода определения превышений.

1. ПРАВИЛА ПО БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА, ОБРАЩЕНИЯ С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ И ВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ЖУРНАЛОВ

Перед началом полевых работ необходимо пройти первичный инструктаж по безопасности труда.

Основные правила по безопасности труда. При следовании к месту проведения работ следует соблюдать правила дорожного движения. Переносить рейки и вешки следует в горизонтальном, а штатив в вертикальном положении на ремне, топор в специальном чехле (как при следовании к месту и с места работ, так и в процессе геодезических измерений).

Геодезические работы следует проводить в одежде (брюки и рубашки с длинными рукавами) головном уборе и обуви.

При работе вдоль дорог нельзя размещать приборы и находиться на проезжей части. Следует соблюдать осторожность при забивании в землю колышков с помощью молотка или топора, в этот момент никто не должен находиться рядом с работающим. Коля забивать вровень с землей и за пределами пешеходных троп. При раскладывании нивелирной рейки следить за надежностью фиксации шарнирного соединения во избежание самопроизвольного складывания рейки. Не разрешается бросать друг другу вешки, шпильки, молоток или топор, а также размахивать ими.

Следует избегать длительного воздействия солнечных лучей на обнаженные части тела, чтобы не допустить солнечный ожог или удар.

При работе в лесу необходимо периодически и по окончании работы осматриваться во избежание или для своевременного обнаружения укуса клеща. В случае обнаружения укуса следует обратиться в ближайшее медицинское учреждение.

Если поднимается сильный ветер или начинается гроза, работу следует временно прекратить и выйти из леса или укрыться в ближайших зданиях.

Для предотвращения лесных пожаров не разрешается разводить костры.

Правила обращения с геодезическими инструментами.

Геодезические инструменты являются сложными оптическими измерительными приборами, малейшая небрежность в обращении с ними может привести к повреждению и сделать непригодными для работы. Поэтому, получив инструмент, необходимо произвести поверки и убедиться в его исправности. В дальнейшем ответственность за состояние приборов ложится на исполнителей работ, а в случае поломок или утери деталей материальный ущерб возмещается виновными лицами.

При работе с приборами необходимо соблюдать следующие правила:

1. Перед тем как достать инструменты из футляров или ящичков, необходимо ознакомиться с инструкцией и тем, как уложен прибор. Снимать и надевать колпак футляра теодолита 2Т30 и 2Т30П необходимо осторожно, чтобы не зацепить им выступающие части теодолита. Прибор следует брать за основание подставки. Теодолит 4Т30П необходимо вынимать из коробки за колонку, а не за зрительную трубу.

2. Закрепительные (зажимные) винты инструментов должны завинчиваться прочно, но без излишних физических усилий. Наводящими (микрометрическими) винтами следует пользоваться преимущественно в середине хода их рабочей части (не допуская ввинчивания или вывинчивания их до отказа) и только после закрепления зажимных винтов.

3. Геодезические приборы следует предохранять от прямого воздействия солнечных лучей и дождя. Не следует работать во время сильного дождя.

4. При длительных перерывах в работе и во время дождя инструменты должны быть сняты со штатива и убраны в футляры или ящики.

5. Все геодезические инструменты необходимо беречь от резких толчков и ударов.

6. Переносить приборы с одной станции на другую закрепленными на штативе разрешается только в вертикальном положении. Особое внимание следует уделять нивелирам с компенсаторами.

7. Не допускать к приборам посторонних лиц и не оставлять их без присмотра.

8. По окончании работы наружные части приборов очистить сухой мягкой тряпкой от пыли и грязи. В случае попадания влаги их необходимо протереть и высушить в помещении, вдали от отопительных систем.

9. Укладывать приборы в ящики следует аккуратно, соблюдая расположение частей в соответствующих гнездах. Укладывая теодолит 2Т30 (2Т30П) в футляр, закрепить трубу в вертикальном положении, совместить имеющиеся красные метки и закрыть футляр. Крышки футляра (ящика) должны закрываться без усилий.

10. Запрещается использовать приборы не по назначению (например, переносить приборы на вешках, сидеть на рейках, складывать в ящики посторонние предметы и т.д.).

11. При работе с мерной лентой (рулеткой) следует оберегать ее от разрывов. При измерении и разворачивании ленты не допускать образования петель, их следует осторожно расправить, не натягивая концов ленты.

12. Все инструменты необходимо держать в чистоте: с оптических частей снимать пыль специальной кисточкой, протирать мягкой тряпочкой металлические и другие части, убирать мусор из ящика прибора; мерную ленту (рулетку) протирать сухой ветошью и при возможности смазывать техническим маслом; рейки протирать чистой сухой тряпкой.

Правила ведения полевых журналов. Результаты геодезических измерений записываются в полевые журналы. Их оформление производится с соблюдением следующих правил:

1. Все записи производятся в журналах установленного образца, в которых предварительно нумеруются все страницы.

2. Записи в журналах рекомендуется вести простым карандашом четко, ясно и разборчиво. Не допускаются записи цифры по цифре, исправление и стирание их резинкой. Ошибочные записи должны быть зачеркнуты. Верные записи ведутся вслед за зачеркнутыми. Принятые правила облегчают выявление просчетов и ошибок в полевых журналах.

3. В журналах обязательно указываются погодные условия наблюдений. В примечании можно также указать дефекты инструмента, а также условия, мешающие качественному выполнению наблюдений.

4. Зарисовки и текстовые пояснения могут быть помещены на полях журнала, при этом они должны быть предельно четкими и ясными, не допускающими различных толкований.

2. ПОВЕРКИ ПРИБОРОВ И ИНСТРУМЕНТОВ

2.1. Поверки теодолита

Перед работой прибор закрепляется на штативе и горизонтируется. Для этого поворотом алидады ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга устанавливается по направлению двух подъемных винтов подставки, вращением их в противоположных направлениях пузырек уровня выводится на середину. Затем алидада поворачивается на 90° и третьим подъемным винтом пузырек уровня выводится на середину.

Теодолит дает правильные результаты измерений, когда он соответствует определенным геометрическим условиям. С этой целью у теодолитов 2Т30, 2Т30П, 4Т30П выполняются следующие проверки:

1. *Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга (ГК) должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.* Установить ось уровня по направлению двух подъемных винтов подставки, как при горизонтировании (пузырек уровня на середине). Повернуть алидаду на 180° . Смещение пузырька от среднего положения должно быть не более одного деления. Если смещение больше допустимого значения, необходимо выполнить исправление (юстировку) уровня с преподавателем и повторить проверку.

2. *Вертикальная нить сетки зрительной трубы должна занимать отвесное положение (параллельно оси вращения инструмента).* Для этого навести трубу на нить отвеса, подвешенного в 4-5 м от теодолита. Если вертикальная нить сетки и нить отвеса совпадают – условие выполнено, если расхождение между ними превышает двойную толщину вертикальной нити сетки, то требуется исправление поворотом корпуса сетки нитей на нужный угол с преподавателем и повторить проверку.

3. *Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы*

(выявление коллимационной ошибки). Навести трубу при положении «круг лево» (вертикальный круг слева от окуляра) на хорошо видимую удаленную точку, находящуюся в плоскости горизонта. Закрепить прибор и снять отсчет *КЛ* по горизонтальному кругу (ГК). Перевести трубу через зенит, развернуть теодолит на 180° (положение «круг право»). Повторить наведение на ту же точку и снять отсчет *КП* по горизонтальному кругу. Вычислить коллимационную ошибку (*С*) по формуле

$$C = \frac{КЛ + КП \pm 180^\circ}{2}, \text{ для 2ТЗ0 и 4ТЗ0П.} \quad (1)$$

Если значение «*С*» превышает $0^\circ 01'$, то необходимо исправить его (с преподавателем) и повторить поверку.

4. *Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения инструмента.* Установить теодолит на расстоянии 20–30 м от стены здания. Выбрать на стене точку под углом не менее 20° к горизонту. Навести на нее перекрестие сетки нитей зрительной трубы теодолита при *КЛ* и закрепить алидаду ГК.

Опустить зрительную трубу в горизонтальное положение и отметить на стене точку, совпадающую с перекрестием сетки нитей. Повернуть алидаду на 180° (*КП*), навести трубу на верхнюю точку, закрепить алидаду. Опустить трубу в горизонтальное положение и определить смещение перекрестия сетки нитей относительно отмеченной точки, величина которого не должна превышать половину ширины бисектора (двойного вертикального штриха) сетки нитей. При невыполнении условия теодолит сдается в мастерскую для ремонта.

5. Определение места ноля (*МО*) вертикального круга (*ВК*) теодолита. *МО* – это отсчет по вертикальному кругу теодолита, при котором зрительная труба занимает строго горизонтальное положение. Значение *МО* определяется визированием на одну и ту же точку в плоскости горизонта при двух положениях круга (отсчеты снимаются по вертикальному кругу) и вычисляется по формуле

$$MO = \frac{KL + KP}{2}, \text{ для 2Т30 и 4Т30П.} \quad (2)$$

Если значение МО больше 0°02', то его необходимо привести к нулю (с преподавателем).

2.2. Поверки нивелира и реек

Перед работой прибор закрепляется на штативе и горизонтируется.

Для этого установить нивелир так, чтобы зрительная труба расположилась по направлению двух подъемных винтов подставки, и вращением этих винтов в противоположных направлениях вывести пузырек уровня в этой плоскости на середину. Вращением третьего подъемного винта установить пузырек уровня в центр малого круга.

С целью определения степени пригодности к работе у нивелиров НЗ, ЗН-5Л, Н-ЗК, 4Н-ЗКЛ выполняются следующие проверки:

1. *Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения прибора.* После горизонтирования повернуть нивелир на 180° и оценить смещение пузырька от центра. Если пузырек вышел из большого круга, необходимо выполнить юстировку (с преподавателем) и повторить проверку.

2. *Вертикальная нить сетки зрительной трубы должна занимать отвесное положение (параллельно оси вращения инструмента).* Поверка выполняется аналогично 2-й проверке теодолита.

3. *Ось цилиндрического уровня при трубе должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.*

Для выполнения проверки на ровном участке местности мерной лентой разбивается базис 80 м, концы которого закрепляются кольями. На колья строго вертикально ставятся рейки с одинаковыми «пятками» (начальными отсчетами по красным сторонам реек).

Точно посередине на штативе устанавливают нивелир и горизонтируют. У нивелиров НЗ, ЗН-5Л предварительно необходимо привести зрительную трубу в строго горизонтальное положение. Для этого с помощью элевационного винта пузырек цилиндрического уровня при трубе выводится на середину. У нивелира НЗ соединяют видимые части пузырька уровня в окуляре зрительной трубы (рис. 1). Снимают отсчеты по средней горизонтальной нити сетки зрительной трубы нивелира по черным и красным сторонам реек с точностью до 1 мм.

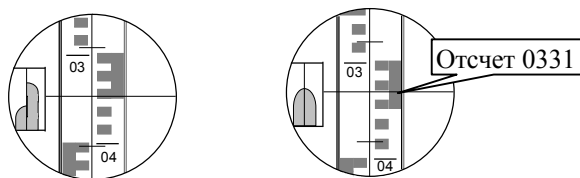


Рис. 1. Совмещение видимых частей пузырька уровня в окуляре зрительной трубы и отсчет по средней нити

Для ослабления влияния погрешностей, обусловленных оседанием нивелира и реек, необходимо соблюдать следующую последовательность отсчетов: 1) отсчет по черной стороне задней рейки; 2) отсчет по черной стороне передней рейки; 3) отсчет по красной стороне передней рейки; 4) отсчет по красной стороне задней рейки.

Контролем правильности снятия отсчетов по рейкам является вычисление «пяток» реек как разность отсчетов по красной и черной сторонам на одну и ту же точку. Вычисленное значение «пятки» должно быть равно фактическому начальному отсчету по красной стороне рейки (например, «4800»). Допустимое отклонение ± 2 .

Вычитая из заднего отсчета передний, соответственно по черной ($h_ч$) и красной ($h_к$) сторонам реек, получим превышения, которые не должны отличаться друг от друга более чем на ± 2 мм. Далее вычисляется среднее «истинное» превышение между точками базиса по формуле

$$h_{cp} = \frac{h_{\text{ч}} + h_{\text{к}}}{2}. \quad (3)$$

Затем нивелир перемещается к рейке, установленной на более высокой точке базиса (в 3–5 м от нее), горизонтируется, и вновь аналогичным образом снимают отсчеты по рейкам и вычисляют превышение при неравенстве «плеч». Условие параллельности считается выполненным, если последнее превышение (при неравенстве «плеч») отличается от превышения, полученного из середины, не более чем на ± 4 мм. В противном случае проводят исправление (юстировку) цилиндрического уровня (с преподавателем), после чего поверку повторяют.

Нивелирные рейки проверяются внешним осмотром. Шарнирное соединение должно иметь надежную фиксацию пружиной или винтом и не быть разболтанным, а все деления и цифры должны быть четко видимыми. Необходимо помнить, что у каждой применяемой в работе пары реек начальный отсчет по красной стороне должен быть смещен на одну и ту же величину относительно ноля (одинаковые «пятки»), что также необходимо проверить.

2.3. Поверка мерной ленты (рулетки)

Качество мерной ленты (рулетки) выявляется внешним осмотром (не должно быть обрывов, намечающихся изломов, отчетливо должны быть видны цифры и т.д.)

Длина ленты D (расстояние между крайними штрихами) проверяется сравнением (компарирование) с нормальной «эталонной» лентой. Отклонение от нормальной ленты должно быть не более ± 3 мм. В случае большего отклонения в измеренные расстояния вводятся поправки на компарирование (ΔD_k), определяемые по формуле

$$\Delta D_k = \frac{(D - D_0)}{n}, \quad (4)$$

где D и D_0 – длины, соответственно, рабочей и «эталонной» лент, n – количество измеренных отрезков.

При проверке ленты необходимо следить за правильностью предыдущих клепок (встык) и последовательностью цифр.

Для рулеток при отсутствии нарушения полотна рулетки компарирование не проводится.

Все результаты проверок геодезических приборов фиксируются в акте проверок.

3. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА УЧАСТКА МЕСТНОСТИ

3.1. Создание планового съемочного обоснования в виде замкнутого теодолитного хода

Рекогносцировка и закрепление точек. На выбранном для съемки участке проводится осмотр местности и намечаются станции (точки геодезического обоснования). При выборе их местоположения обеспечивается взаимная видимость между ними, а линии, соединяющие точки, должны проходить по удобной для измерения местности. Станции выбираются таким образом, чтобы с каждой из них был хороший круговой обзор для съемки ситуации и рельефа. В результате получаем замкнутый теодолитный ход (полигон), который должен иметь по возможности правильную форму.

Точки геодезического обоснования закрепляют колышками (вровень с землей). На них подписывают порядковый номер и отмечают центр (например, гвоздем со сферической шляпкой). Полевые измерения по созданию геодезического обоснования складываются из измерений углов и длин линий полигона.

Измерение длин линий проводится 20-метровой мерной лентой или рулеткой с использованием комплекта шпилек в прямом и обратном направлениях. Для повышения точности измерений устанавливается створ из двух вешек, показывающий направление линии. Лента (рулетка) разворачивается по направлению измеряемой линии, при этом «0» ленты или рулетки фиксируется шпилькой у центра колышка начальной точки, затем лента натягивается и метка окончания шкалы закрепляется второй шпилькой. Далее ленту (рулетку) переносят вперед по ходу измеряемой линии, «0» закрепляют у второй шпильки и аналогичным путем измеряют следующий отрезок линии. В ходе измерений задний мерщик «собирает» шпильки. Количество измеренных отрезков соответствует количеству собранных задним мерщиком шпилек (шпилька, которой

закреплялся «0» ленты в начальной точке, в расчет не принимается).

Длина линии $D_{изм.}$ определяется по формуле

$$D_{изм.} = n \cdot L + d, \quad (5)$$

где n – количество собранных шпилек, L – длина ленты (рулетки), d – измеренный остаток линии. В случае введения поправок на компарирование исправленная длина линии $D_{испр.}$ вычисляется по формуле

$$D_{испр.} = D_{изм.} + n \cdot \Delta D_k, \quad (6)$$

где n – количество целых лент, ΔD_k – поправка на компарирование.

Для измерения линии в обратном направлении ленту разворачивают на 180° , чтобы нумерация метров возрастала по ходу измерения. Расхождение между двумя измерениями не должно превышать $1/2000$ длины линии, т.е. на каждые 100 м длины не более ± 5 см. Результаты измерений записываются в журнал (табл. 1).

Таблица 1

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИН ЛИНИЙ

Измеряемая линия $\frac{D_{прям.}}{D_{обр.}}$	Длина линии $D_{изм.}$, м	Поправка на компарирование ΔD_k , м	Исправ. длина линии $D_{испр.}$, м	Невязка f_D , м	Средняя длина линии D , м	Угол наклона ν , ° ' "	Поправка в линию Δd , м	Горизонтальное проложение линии d , м
1 – 2	80,64	0,00	80,64	0,02	80,65	-0°55'	0,00	80,65
2 – 1	80,66	0,00	80,66					
2 – 3								
3 – 2								

После измерений рассчитывают горизонтальные проложения d линий полигона по формуле

$$d = D - \Delta d, \quad (7)$$

где
$$\Delta d = 2D \cdot \sin^2 \frac{\nu}{2}. \quad (8)$$

Углы наклона ν (линий местности к плоскости горизонта) измеряются теодолитом (п. 3.3).

Измерение горизонтальных углов. Теодолитом измеряют внутренние вправо по ходу лежащие углы полигона одним полным приемом, состоящим из двух полуприемов, т.е. из измерений угла при положениях «круг лево» и «круг право» в следующем порядке:

1. На станции устанавливается штатив так, чтобы головка его (на глаз) была горизонтальна, ножки прочно вдавлены в грунт, закрепительные винты (барашки) закручены. На штативе с помощью станкового винта закрепляется теодолит и приводится в рабочее положение: центрируется по отвесу над колышком (отклонение острия отвеса от центра колышка допускается не более ± 2 мм) и горизонтируется с помощью подъемных винтов и уровня при алидаде горизонтального круга (ГК).

2. Зрительная труба теодолита при закрепленном лимбе наводится с помощью винтов алидады на заднюю по ходу точку (перекрестие сетки нитей на самую нижнюю видимую часть вехи) и после закрепления винтов снимается отсчет по шкале ГК (K/L) в микроскопе.

3. Алидада освобождается, труба наводится на переднюю по ходу точку и снимается отсчет по ГК. Разность отсчетов на заднюю и переднюю точки представляет собой величину горизонтального угла из первого полуприема при положении «круг лево».

4. Труба переводится через зенит, теодолит поворачивается на 180° , лимб закрепляется и аналогично измеряется этот же угол при положении «круг право» (второй полуприем).

Расхождение в значениях горизонтального угла, измеренного при двух полуприемах, допускается не более $1'$. При соблюдении данного допуска за окончательное значение угла принимается среднее из двух полуприемов.

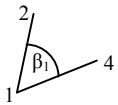
Результаты измерений углов записывают в журнал (табл. 2). Затем подсчитывают сумму измеренных $\sum \beta_{изм}$ и теоретическую сумму углов замкнутого теодолитного хода:

$$\sum \beta_{теор} = 180 \cdot (n - 2), \quad (9)$$

где n – количество станций.

Таблица 2

**ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ
МЕТОДОМ ПРИЕМОВ**

№ точки		Отсчеты		Среднее значение угла из приема ($\beta_{изм.}$)	Схема угла
стояния	визирования	КЛ	КП		
1	4	212°47'	32°47'	75°44'	
	2	137°03'	317°03'		
	значение угла из полуприема	75°44'	75°44'		
2	1				
	3				
	значение угла из полуприема				

$$\Sigma \beta_{изм.} =$$

$$\Sigma \beta_{теор.} =$$

$$f_{\beta_{факт}} =$$

$$f_{\beta_{доп}} =$$

Далее вычисляют фактическую угловую невязку:

$$f\beta_{факт} = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор}, \quad (10)$$

которая не должна быть более допустимой невязки, определяемой по формуле (для теодолитов технической точности 2Т30, 4Т30П)

$$f\beta_{доп} = \pm 1' \cdot \sqrt{n}, \quad (11)$$

где n – количество станций.

Если полученная невязка превышает допустимую, то углы перемеряют заново.

Измерение магнитного азимута A_m . В процессе измерения углов необходимо определить магнитный азимут первой линии полигона для того, чтобы взять его в качестве исходного ориентирующего направления при обработке ведомости координат.

Теодолит устанавливается на станции 1 с прикрепленной ориентир-буссолью.

Теодолит 2Т30. При положении теодолита КЛ совмещаются ноль лимба с нулем шкалы оптического микроскопа горизонтального круга (ГК). При закрепленном винте алидады и открепленном винте лимба зрительную трубу теодолита наводят по буссоли на север (концы магнитной стрелки совмещены с соответствующими рисками) и закрепляют лимб. Далее открепляют винт алидады и визируют зрительную трубу на веху, установленную на станции 2. Снимают отсчет по ГК, который является магнитным азимутом линии 1–2. Для контроля измерение магнитного азимута выполняют дважды. При расхождении значений в пределах 30' вычисляют среднее.

Теодолит 4Т30. Зрительную трубу теодолита при положении КЛ наводят по буссоли на север (концы магнитной стрелки совмещены с соответствующими рисками). Поворачивая нажатый винт перевода лимба, совмещают ноль лимба с нулем шкалы оптического микроскопа ГК. Далее открепляют винт алидады и визируют зрительную трубу на веху, установленную на станции 2. Снимают отсчет по ГК, который является магнитным азимутом линии 1–2. Для контроля измерение магнитного азимута выполняют дважды. При расхождении значений в пределах 30' рассчитывают среднее.

Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода. В ведомость координат (табл. 3) выписываются измеренные средние значения горизонтальных углов и горизонтальные проложения линий полигона.

Далее выполняется уравнивание измеренных горизонтальных углов. Если невязка ($f_{\beta \text{ факт.}}$) по абсолютной величине меньше или равна $f_{\beta \text{ доп.}}$, то она распределяется по возможности поровну с обратным знаком в измеренные углы, с округлением до целых минут. В первую очередь поправки вводятся в углы, где есть секунды ("). В случае если не вся невязка распределена, то оставшуюся часть следует ввести в те углы, которые «опираются» на более короткие длины линий теодолитного хода. Поправки надписываются над измеренными углами ($\beta_{\text{изм.}}$) со знаком, обратным знаку невязки. Сумма поправок должна быть равна фактической угловой невязке хода.

Таблица 3

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ ЗАМКНУТОГО ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

№ точек	Измеренные (правые) углы $\beta_{изм}$	Исправленные углы $\beta_{испр}$	Дирекционные углы α	Румбы линий r	Горизонтальные проложения линий $d, м$	Приращения координат				Координаты	
						Вычисленные		Исправленные		X	Y
						ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
1	75 44	75 44	151 54	ЮВ 28 06	80,65	-71,14	+37,99	-71,14	+38,00	1000,00	1500,00
2	98 56	98 56				+0,01				928,86	1538,00
3	87 17 ⁻⁰¹	87 16	232 58	ЮЗ 52 58	74,20	-44,69	-59,23	-44,68	-59,22	884,18	1478,78
4	98 05 ⁻⁰¹	98 04	325 42	СЗ 34 18	72,00	+59,48	-40,57	+59,48	-40,56		
			47 38	СВ 47 38	83,60	+56,34	+61,77	+56,34	+61,78	943,66	1438,22
1										1000,00	1500,00

$$\sum \beta_{изм} = \sum \beta_{испр} = \alpha_{1-2} = 151\ 54$$
$$= 360^{\circ}02' = 360^{\circ}00'$$
$$\sum \beta_{теор} = 180^{\circ}(n-2) = 360^{\circ}00'$$

$$f_{\beta} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 2'$$

$$\sum \beta_{факт} = +0^{\circ}02'$$
$$f_{\beta} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 2'$$

$$f_{\Delta X} = \sqrt{f^2_{\Delta X} + f^2_{\Delta Y}} = 0,04$$
$$f_{\Delta Y} = \sqrt{f^2_{\Delta X} + f^2_{\Delta Y}} = 0,04$$
$$f_{\Delta X} = \frac{f_{\Delta Y}}{P} = 0,00013 < 0,0006(6)$$

Примечание. Исходные данные: дирекционный угол (α_{1-2}) линии 1-2 и координаты (X_1, Y_1) точки 1 задаются преподавателем

Углы с учетом поправок записываются в графу «Исправленные углы ($\beta_{испр.}$)». Сумма исправленных углов ($\sum \beta_{испр.}$) должна быть равна теоретической сумме углов ($\sum \beta_{теор.}$).

От измеренного магнитного азимута первой линии хода рассчитывается дирекционный угол α_{1-2} этой линии по формуле

$$\alpha_{1-2} = A_m + (\pm \delta) - (\pm \gamma). \quad (12)$$

Полученный дирекционный угол является исходным для последовательного расчета дирекционных углов всех остальных линий хода.

Дирекционный угол последующей линии полигона вычисляется от дирекционного угла предыдущей линии и исправленного горизонтального угла ($\beta_{испр.}$) последовательно по формуле (для правых по ходу лежащих горизонтальных углов)

$$\begin{aligned} \alpha_{2-3} &= \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_{2испр.}, \\ \alpha_{3-4} &= \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_{3испр.} \text{ и т.д.} \end{aligned} \quad (13)$$

Контролем вычислений является расчет дирекционного угла α_{1-2} через дирекционный угол последней линии полигона (например, α_{6-1}) и угол $\beta_{1испр.}$. Вычисленный α_{1-2} должен быть равен исходному углу α_{1-2} .

От вычисленных дирекционных углов (α) вычисляются румбы (r) (табл. 4).

Таблица 4

Зависимость между румбом и дирекционным углом

Четверть	Пределы изменения α	Формула	Знаки приращений координат	
			Δx	Δy
I (СВ)	от 0° до 90°	$r = \alpha$	+	+
II (ЮВ)	от 90° до 180°	$r = 180^\circ - \alpha$	–	+
III (ЮЗ)	от 180° до 270°	$r = \alpha - 180^\circ$	–	–
IV (СЗ)	от 270° до 360°	$r = 360^\circ - \alpha$	+	–

Приращения координат (Δx , Δy) вычисляются с точностью до сотых долей метра по формулам:

$$\Delta x = d \cdot \cos r; \quad \Delta y = d \cdot \sin r, \quad (14)$$

где d – горизонтальное проложение, а r – румб соответствующей линии хода.

Контроль вычислений заключается в определении сумм приращений координат ($\sum \Delta x$, $\sum \Delta y$), которые в замкнутом полигоне должны быть равны нулю. Фактические суммы обычно не равны нулю и представляют собой линейные невязки вычисленных приращений координат ($f_{\Delta x}$, $f_{\Delta y}$):

$$f_{\Delta x} = \pm \sum \Delta x; \quad f_{\Delta y} = \pm \sum \Delta y, \quad (15)$$

где $\sum \Delta x$ и $\sum \Delta y$ – суммы приращений координат.

Для оценки допустимости значений $f_{\Delta x}$, $f_{\Delta y}$ рассчитывается относительная невязка по формуле

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P}, \quad (16)$$

где P – периметр хода; $f_{\text{абс}}$ – абсолютная невязка, вычисляемая по формуле

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2}. \quad (17)$$

Величина $f_{\text{отн}}$ считается допустимой, если она меньше критерия $1 / 2000$.

В случае если полученные невязки $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$ по абсолютной величине удовлетворяют этим требованиям, то их распределяют в приращения координат в виде поправок со знаком, противоположным знаку соответствующей невязки, которые находят по формулам:

$$\delta_{x_n} = \pm \frac{f_x}{P} d_n; \quad \delta_{y_n} = \pm \frac{f_y}{P} d_n. \quad (18)$$

Значения поправок округляют до сотых долей метра и надписывают над вычисленными приращениями Δx , Δy . Суммы поправок ($\sum \delta_x$ и $\sum \delta_y$) должны быть равны соответствующим невязкам (с противоположным знаком). С учетом введенных поправок значения приращений координат записываются в графы исправленных приращений.

Контролем служат равенства $\sum \Delta x_{испр.} = 0,00$; $\sum \Delta y_{испр.} = 0,00$.

По исправленным значениям приращений вычисляют координаты (X, Y) всех станций теодолитного хода по формулам:

$$\begin{aligned} X_2 &= X_1 + (\pm \Delta x_{1-2}); & Y_2 &= Y_1 + (\pm \Delta y_{1-2}); \\ X_3 &= X_2 + (\pm \Delta x_{2-3}); & Y_3 &= Y_2 + (\pm \Delta y_{2-3}); \\ &\dots & & \\ X_n &= X_{n-1} + (\pm \Delta x_{n-1-n}); & Y_n &= Y_{n-1} + (\pm \Delta y_{n-1-n}). \end{aligned} \quad (19)$$

Координаты исходной точки задаются преподавателем. В конце для контроля вычисляются координаты станции 1, которые должны быть равны исходным координатам X_1 и Y_1 .

3.2. Сгущение планового съемочного обоснования методом прямой угловой засечки

По условиям местности может оказаться, что имеющихся точек съемочной сети недостаточно для съемки. В этом случае съемочная сеть сгущается, т.е. намечаются дополнительные точки, координаты которых могут быть определены с помощью методов прямой или обратной угловых засечек.

При прямой засечке с двух соседних вершин полигона засекается искомая точка (например, т. 7) путем измерения горизонтальных углов (β_1 и β_2) между линией теодолитного хода (например, d_{2-3}) и линиями визирования (d_{2-7} и d_{3-7}) со станций хода (2 и 3) на точку сгущения 7, которая выбирается с таким расчетом, чтобы эти углы находились в пределах $30-60^\circ$ (рис. 2).

Длины линий с точек хода на точку сгущения сети вычисляются по теореме синусов:

$$d_{2-7} = \frac{d_{2-3} \cdot \sin \beta_1}{\sin \beta_3}; \quad d_{3-7} = \frac{d_{2-3} \cdot \sin \beta_2}{\sin \beta_3}, \quad (20)$$

где $\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$.

Дирекционные углы линий α_{2-7} и α_{3-7} , в случае если точка 7 находится снаружи полигона, вычисляются по формулам:

$$\alpha_{2-7} = \alpha_{2-3} - \beta_1; \quad \alpha_{3-7} = \alpha_{2-3} + 180^\circ + \beta_2. \quad (21)$$

В случае если точка 7 находится внутри полигона, то при обозначении горизонтальных углов в образованном треугольнике необходимо соблюдать следующее правило: находясь на линии 2–3 лицом к точке сгущения 7, слева будет угол β_1 , а справа – β_2 .

Дирекционные углы рассчитываются следующим образом:

$$\alpha_{2-7} = \alpha_{2-3} + \beta_2; \quad \alpha_{3-7} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_1. \quad (22)$$

Румбы линий (r_{2-7} и r_{3-7}) рассчитываются от вычисленных дирекционных углов (α_{2-7} и α_{3-7}).

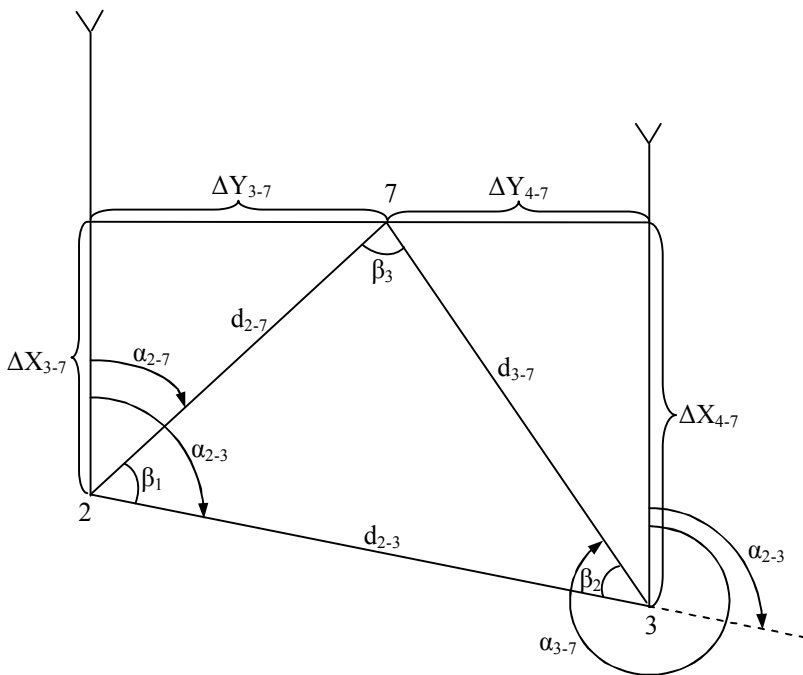


Рис. 2. Схема определения дирекционных углов и длин линий при прямой засечке

Координаты т. 7 вычисляются дважды от известных координат станций (т. 2 и т. 3) полигона (рис. 2) по формулам:

$$X_7 = X_2 + \Delta X_{2-7}; \quad X_7 = X_3 + \Delta X_{3-7}. \quad (23)$$

Расхождения в значениях координат точки сгущения сети X_7 , Y_7 , вычисленных с выбранных станций теодолитного хода, не должны превышать $\pm 0,10$ м.

Высоты дополнительных точек определяются методами тригонометрического или геометрического нивелирования.

3.3. Создание высотного съемочного обоснования

Высотное съемочное обоснование создается методами геометрического или тригонометрического нивелирования. Рассмотрим последний метод более подробно.

В результате тригонометрического нивелирования определяются превышения h между опорными точками (станциями) теодолитного хода и затем вычисляются их высоты H от известной (заданной) высоты первой станции или ближайшего репера.

Работа на местности заключается в измерении углов наклона ν одним приемом и расстояний между станциями. Горизонтальные проложения последних вычисляются по формулам (п. 3.1). С целью контроля измерения выполняются как в прямом (с т. 1 на т. 2), так и в обратном (с т. 2 на т. 1) направлениях.

Методика измерения вертикальных углов:

- на станции 1 устанавливается теодолит и приводится в рабочее положение;
- измеряется высота инструмента i с помощью рейки, установленной на колышек до горизонтальной оси вращения трубы с точностью до $\pm 0,01$ м. Эта высота записывается в журнал (табл. 5);
- в следующей по ходу точки полигона (станция 2) вертикально на колышек устанавливается рейка, и перекрестие сетки нитей зрительной трубы визируется на высоту инструмента. В этом

случае высота инструмента i и высота наведения по рейке v будут равны ($i=v$);

- снимаются отсчеты по вертикальному кругу теодолита при положениях КЛ и КП.

Контролем правильности снятия отсчетов по вертикальному кругу теодолита является определение места ноля (МО) (п. 2.1).

На всех последующих точках хода порядок измерения аналогичен.

Угол наклона v вычисляется по формуле

$$v = \frac{КЛ - КП}{2} \text{ для 2Т30 и 4Т30П.} \quad (24)$$

Превышение определяется по формуле тригонометрического нивелирования:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - v + f, \quad (25)$$

где d – горизонтальное проложение (м); v – угол наклона линии к горизонту ($^{\circ}$ '); i – высота инструмента (м); v – высота наведения по рейке (м); f – поправка на кривизну Земли и рефракцию (м), которая вводится в длины линий, превышающие 250 м:

$$f = + \frac{0,42d^2}{R}, \quad (26)$$

где R – радиус Земли, принимаемый 6371100 м.

В случае если метка высоты инструмента не видна, то визирование может быть осуществлено на другую высоту по рейке (например, на верх рейки). Эта высота записывается в журнал (табл. 5). Формула определения превышения будет иметь следующий вид:

$$h = D \cdot \sin v + i - v + f, \quad (27)$$

где D – измеренная длина линии (м) мерной лентой.

Превышение вычисляется в прямом и обратном направлениях. Среднее превышение вычисляется из модульных значений прямого и обратного превышений, при этом знак среднего превышения соответствует знаку превышения в прямом направлении.

Таблица 5

ЖУРНАЛ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Дата 02.06.2014 Погода: ясно

Прибор: теодолит 2Т30П

Номера точек	Отсчеты по вертикальному кругу	Место нуля $M_0 = \frac{KP-KП}{2}$	Угол наклона $\gamma = \frac{KP-KП}{2}$	Горизонтальное проложение $d', \text{ м}$	Превышение $h = d \cdot \sin \gamma, \text{ м}$	Высота инструмента $i, \text{ м}$	Высота визирования $v, \text{ м}$	Поправка за кривизну Земли и рефракцию $f = +0,42 \frac{d^2}{R}, \text{ м}$	Превышение $h = h_{i-v} + f, \text{ м}$	Среднее превышение $h_{ср}, \text{ м}$	Исправленное превышение $h_{испр}, \text{ м}$	Высота станции $H, \text{ м абс.}$
1	2	0 39	+0 39	0 00 00	-0 39	1,44	1,44	0,00	-0,93	-0,94	-0,94	119,74
2	1	+0 39	-0 40	-0 00 30	+0 40	1,46	1,46	0,00	+0,96			118,80
2	3	+0 11	-0 12	-0 00 30	+0 12	1,46	1,46	0,00	+0,40	-0,01	+0,39	119,19
3	2	-0 13	+0 12	-0 00 30	-0 12	1,40	1,40	0,00	-0,40			121,18
3	4	+1 39	-1 39	0 00 00	+1 39	1,40	1,40	0,00	+1,99	+1,99	+1,99	119,74
4	3	-1 39	+1 39	0 00 00	-1 39	1,56	1,56	0,00	-1,99			121,18
4	1	-0 46	+0 45	-0 00 30	-0 46	1,56	1,56	0,00	-1,43	-0,01	-1,44	121,18
1	4	+0 45	-0 46	-0 00 30	+0 46	1,44	1,44	0,00	+1,43			119,74

$$P = \sum d = 373,82$$
$$f_{h, \text{ср}} = h_{испр} = 0$$
$$= \sum h_{ср} = +0,02 \text{ м}$$

$$f_{h, \text{ср}} = \frac{0,04 P}{100 \sqrt{P}} = \pm 0,04 \text{ м}$$

Допустимое расхождение между прямым и обратным превышениями должно быть не более $\pm 0,04$ м на каждые 100 м горизонтального проложения. На весь периметр полигона допустимая невязка определяется по формуле

$$h = \frac{0,04P}{100 \cdot \sqrt{n}} \text{ (м)}, \quad (28)$$

где P – периметр полигона, n – число станций.

Все результаты измерений и вычислений записываются в полевой журнал (табл. 5). Вычислением высот вершин полигона от исходной точки теодолитного хода или близлежащего репера завершается создание высотного съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования.

3.4. Съемка ситуации и рельефа

Тахеометрическую съемку производят с точек съемочного обоснования (станций теодолитного хода). Съемка производится полярным способом с использованием теодолита и рейки.

Съемка начинается с зарисовки абриса. Абрис – это схематичный чертеж местности, выполненный от руки, на котором соразмерно условными знаками показываются элементы ситуации и рельефа относительно станций теодолитного хода. В ходе проведения съемки в абрисе отмечают местоположение съемочных пикетов с подписью их порядковых номеров (рис. 3).

Съемочные пикеты следует намечать на характерных точках ситуации (поворот дороги, тропы, их пересечение, углы зданий, сооружений и контуров, столбы линий электропередач и т.д.) и рельефа (повышения и понижения местности, равномерно обходя все крупные формы рельефа). При этом необходимо строго следить, чтобы нумерация точек в журнале и в абрисе совпадала.

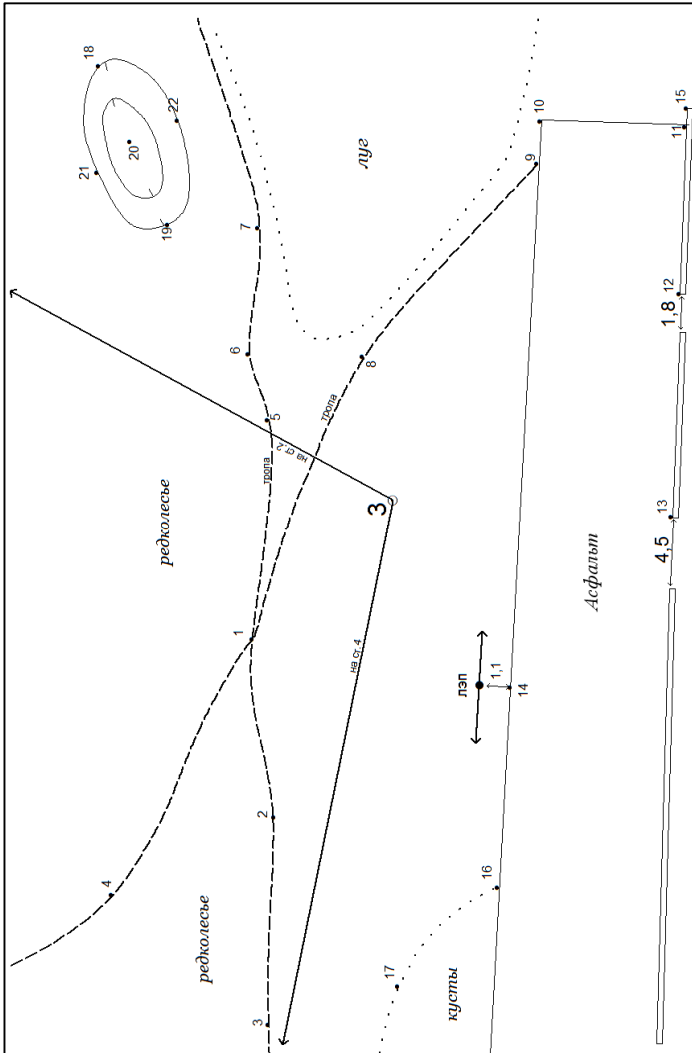


Рис. 3. Абрис

Методика выполнения работ:

1. Теодолит устанавливается на станции, с которой будет производиться съемка, и приводится в рабочее положение (центрируется и горизонтируется).
2. Выполняется его ориентирование, для этого **при КЛ** совмещаются ноли лимба ГК и шкалы оптического микроскопа, труба с помощью винта лимба (при закрепленной алидаде) наводится на веху, установленную в следующей по ходу точки полигона. После тщательного наведения вертикальной нити сетки винт лимба закрепляется, и дальнейшая работа по наведению зрительной трубы выполняется с помощью винтов алидады. При повороте теодолита по ходу часовой стрелки отсчеты по горизонтальному кругу будут изменяться в пределах от 0 до 360°.
3. Измеряется высота инструмента – расстояние по отвесной линии от колышка до горизонтальной оси вращения зрительной трубы. Эта высота записывается в журнал (табл. 6).

Таблица 6

ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

№ пикета	Характеристика пикета	Отсчеты			Угол наклона $\nu =$ $= \text{КЛ} - \text{М0}$ ° ' "	Горизонт. проложение линии $d = D \cdot \cos^2 \nu$, м	Превышение $h = 0,5 D \cdot \sin 2\nu$, м	Высота пикета H , м абс.
		по дально меру D , м	по ГК КЛ ° ' "	по ВК КЛ ° ' "				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ст.1 Лимб 0°00' ориентирован по направлению 1–2, М0=0°00', $i=\nu=1,57\text{м}$, $H_1=119,74\text{м}$								
1	тропа	32,0	78 19	- 0 36	- 0 36	32,0	-0,34	119,40
2	рельеф	36,0	114 10	- 0 50	- 0 50	36,0	-0,52	119,22
3	угол асфальта	41,0	125 44	- 0 50	- 0 50	41,0	-0,60	119,14
4								
5								
...								
33								
34								
Ст.2 Лимб 0°00' ориентирован по направлению 2–3, М0=0°00', $i=\nu=1,50\text{м}$, $H_2=118,80\text{м}$								
35	опушка	25,0	16 57	- 0 47	- 0 47	25,0	-0,34	118,46
36	рельеф	25,5	4 26	- 1 09	- 1 09	25,5	-0,52	118,28
...								

4. При наборе пикетных точек труба теодолита каждый раз наводится на рейку, установленную на точке, и снимается отсчет по дальномеру (рис. 4,а) – число сантиметровых делений (l) рейки между двумя дальномерными нитями (два коротких штриха на вертикальной нити сетки зрительной трубы). Отсчет переводится в расстояние между прибором и рейкой в метрах:

$$D = l \cdot C, \quad (29)$$

где C – коэффициент дальномера, величина которого берется из паспорта инструмента (у теодолитов 2ТЗ0 и 4ТЗ0П $C = 100$). В графу журнала «Отсчет по дальномеру» записывается сразу расстояние в метрах, определяемое с точностью до 0,1 м для расстояний до 30 м. Для расстояний свыше 30 м – с точностью до 0,5 м.

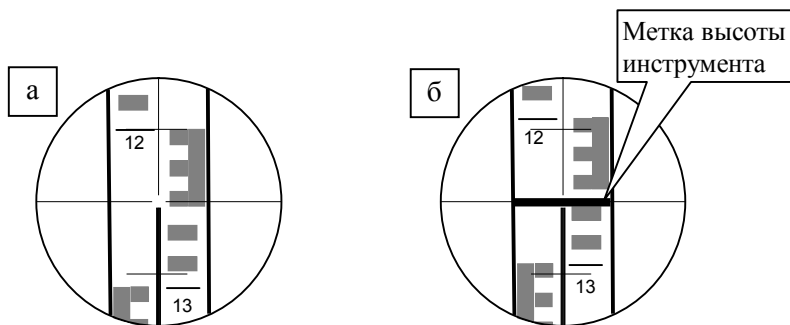


Рис. 4. Наведение на рейку:

а – определение расстояния по дальномеру (9,1 м); б – наведение на метку высоты инструмента: $i=1,26$ м (обратное изображение)

5. Перекрестие сетки нитей трубы перемещается на высоту инструмента на рейке (рис. 4,б) и снимаются отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам с точностью до 1'. Все записи делаются в журнале тахеометрической съемки (табл. 6).

Съемочные пикеты равномерно распределяются по территории, при этом расстояние между ними должно быть не более 15 м (для масштаба 1:500). Там, где это необходимо, количество пикетов увеличивается. Максимальное расстояние от станции до пикетов устанавливается в соответствии с

масштабом съемки. Для масштаба 1:500 максимальное расстояние не должно превышать 60 м до контуров ситуации, до точек рельефа – 100 м.

В процессе работы на станции периодически проводится контроль ориентирования прибора. Для этого зрительная труба наводится на точку ориентирования и берется контрольный отсчет. Расхождение с начальным должно быть не более 2'.

Съемка местности с других станций полигона проводится аналогичным путем, при этом необходимо помнить, что нумерация пикетов не прерывается. Например, если с первой станции снято 34 пикета (с 1 по 34), то со второй станции нумерация пикетов начинается с 35-го пикета и т.д.).

Обработка результатов полевых измерений состоит из вычисления углов наклона с учетом МО, горизонтальных проложений и превышений, определяемых по специальным тахеометрическим таблицам или формулам (табл. 6). Знак превышения соответствует знаку угла наклона на пикет. Заполнение журнала завершает вычисление высот съёмочных пикетов. Высоты пикетов $H_{ПК}$ определяются по формуле

$$H_{ПК} = H_{СТ} + h_{ПК}, \quad (30)$$

где $H_{СТ}$ – высота станции, с которой проводилась съемка конкретных пикетов, $h_{ПК}$ – превышение между станцией и пикетом. При вычислении высот пикетов, снятых с другой станции, в формулу необходимо подставлять высоту соответствующей станции (из журнала тригонометрического нивелирования).

4. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ С РАЗБИВКОЙ ПИКЕТАЖА

Цель геометрического нивелирования – получение высотных характеристик форм рельефа для построения профиля. Оно включает следующие виды работ: подготовку трассы к нивелированию (разбивка пикетажа), нивелирование трассы, обработку журнала с вычислением высот пикетов и построение профиля. Трассу для геометрического нивелирования задает руководитель работ.

Подготовка трассы заключается в закреплении на местности точек, по которым будет строиться профиль. С этой целью вдоль трассы профиля мерной лентой с комплектом шпилек отмеряют отрезки (обычно по 100 м) и их концы закрепляют кольями и сторожками. Эти точки называют пикетами, а сам процесс разбивкой пикетажа. Счет пикетов ведется с начальной точки (ПК0) нарастающим итогом последовательно по всей длине трассы.

Кольями в промежутках между пикетами часто обозначают также перегибы рельефа: бровки, подошвы, гребни и т.д. Эти точки называют промежуточными или плюсовыми. Их положение определяют расстоянием от заднего пикета и обозначают, например: «ПК3+60,4». Это означает, что точка отстоит от пикета 3 на расстоянии 60,4 м. Одновременно с измерением расстояний теодолитом определяют углы поворота трассы и ведут глазомерную съемку полосы местности шириной до 50 м вдоль всей трассы в пикетажной книжке (рис. 5).

Если геодезической основой трассы является теодолитный ход, то разбивка ведется с начальной точки хода (ПК0) по линии полигона, при этом также через 100 м забиваются колья (ПК1, ПК2 и т.д.), а точки хода отмечаются как «плюсовые». Например, станция 1 – это ПК0, станция 2 – ПК0+89,63, где 89,63 – расстояние между станциями 1 и 2 в метрах.

После разбивки пикетажа производится нивелирование трассы. Для чего используются нивелир и пара нивелирных

рек. До начала работы должны быть выполнены поверки инструмента (п. 2.2).

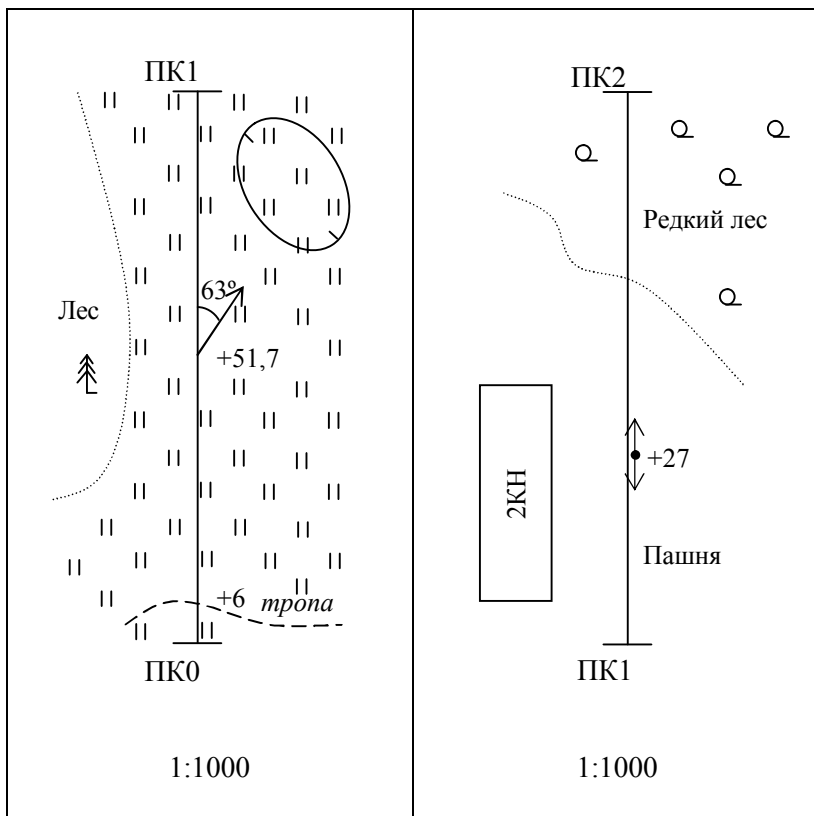


Рис. 5. Пикетажная книжка

Нивелирование проводится методом «из середины» с установкой инструмента на равных расстояниях от обеих рек (отклонение не более ± 5 м). При необходимости инструмент может быть вынесен из створа линии, соединяющей пикеты, однако при этом должно быть соблюдено равенство «плеч» (расстояний от нивелира до рек). Рейки ставятся вертикально на колья, закрепляющие пикеты.

После установки на станции нивелир приводится в рабочее положение (горизонтируется по круглому уровню с помощью подъемных винтов). Затем осуществляется наведение на рейку, зрительная труба приводится в строго горизонтальное положение (пузырек цилиндрического уровня выводится на середину) с помощью элевационного винта. При использовании нивелира с компенсатором зрительная труба приводится в горизонтальное положение автоматически.

Отсчеты снимаются по черным и красным сторонам реек в последовательности, описанной выше (п. 2.2), с точностью до 1 мм. После этого задняя рейка устанавливается поочередно на всех плюсовых точках, расположенных между пикетами, и также снимаются отсчеты по черной и красной сторонам рейки.

Далее нивелир переносят на следующую станцию нивелирования. Пикетные точки, через которые передают высотные отметки, называются связующими. В случае нивелирования по замкнутому ходу последнее превышение определяется между последним пикетом и исходным нулевым.

Если по условиям местности между какой-либо парой пикетов нельзя с одной установки нивелира взять отсчеты на оба пикета, то намечают дополнительные точки, называемые «иксовыми». Для этого расстояние между пикетами делят на две части и забивают колышек (точка «X»). Нивелирование выполняют последовательно между задним пикетом и точкой «X», а затем между точкой «X» и передним пикетом.

Все отсчеты аккуратно записывают в соответствующие графы журнала (табл. 7). Отсчеты на плюсовые точки заносятся в графу промежуточных отсчетов.

В процессе нивелирования проводится контроль правильности снятия отсчетов по рейкам. С этой целью вычисляются «пятки» реек как разность между красным и черным отсчетами на один и тот же пикет. Вычисленное значение «пятки» должно быть равно фактическому начальному отсчету по красной стороне рейки (допустимое отклонение ± 2).

Таблица 7

ЖУРНАЛ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

№ ст.	№ пикета	Отсчеты по рейке			Превышения, мм			Горизонт инструмента $H_{инс, м}$	Высота пикета $H, м$
		задняя	передняя	промежуточные	вычисленные	средние	исправленные		
1	ПК0 (Rpl)	0341 <u>5123</u> 4782			-1387	+1			121,203
	ПК1		1728 <u>6510</u> 4782		-1387	-1387	-1386		119,817
	ПК0+6,0			0535 <u>5318</u> 4783				121,544 <u>121,545</u> 121,544	121,009
	ПК0+51,7			0958 <u>5741</u> 4783					120,586
2	ПК1	1369 <u>6151</u> 4782			-1019	+1			119,817
	ПК2		2388 <u>7170</u> 4782		-1019	-1019	-1018	121,186 <u>121,187</u> 121,186	118,799
	ПК1+27,0			1290 <u>6072</u> 4782					119,896
3	ПК2	2079 <u>6861</u> 4782			+1367	+1			118,799
	ПК3		0712 <u>5496</u> 4784		+1365	+1366	+1367		120,166
4	ПК3	2601 <u>7383</u> 4782			+1252	+1			120,166
	ПК4		1349 <u>6131</u> 4782		+1252	+1252	+1253	122,767 <u>122,768</u> 122,768	121,419
	ПК3+33,9			2640 <u>7424</u> 4784					120,128
5	ПК4	1566 <u>6350</u> 4784			-217	+1			121,419
	ПК0 (Rpl)		1783 <u>6567</u> 4784		-217	-217	-216	122,985 <u>122,986</u> 122,986	212,203
	ПК4+41,2			0999 <u>5781</u> 4782					121,987
		$\sum z =$ 39824	$\sum u =$ 39834		$\sum h_{выч} =$ -10	$\sum h_{ср} =$ -5	$\sum h_{испр} =$ 0		

$$f_h \text{ факт.} = -5 \text{ мм} \quad f_h \text{ доп.} = \pm 32 \text{ мм}$$

Обработка журнала нивелирования. Превышения между пикетами вычисляют дважды, как разность задних a и передних

b отсчетов по черной ($h_q = a_q - b_q$) и красной ($h_k = a_k - b_k$) сторонам реек, и записывают в графы журнала с соответствующим знаком (табл. 7).

При этом необходимо помнить, что всегда вычитается из заднего отсчета передний. Расхождение в превышениях h_q и h_k допускается не более ± 2 мм.

Затем вычисляют среднее превышение по формуле

$$h_{cp} = \frac{h_q + h_k}{2}. \quad (31)$$

Вычисленное среднее превышение записывают в соответствующую графу журнала с указанием знака (табл. 7). Округление (при появлении дробных значений) производят до целых миллиметров в четную сторону.

Для исключения ошибок вычисления превышений (и их знаков) необходимо на каждой странице журнала выполнить постраничный контроль:

$$\Sigma a - \Sigma b = \Sigma h_{\text{выч.}} = 2 \Sigma h_{cp}, \quad (32)$$

где Σa – сумма отсчетов (черных и красных) по задней рейке, Σb – то же по передней рейке, $\Sigma h_{\text{выч.}}$ – сумма вычисленных превышений (черных и красных), Σh_{cp} – сумма средних превышений.

После вычисления Σh_{cp} рассчитывается невязка нивелирного хода ($f_{h \text{ факт.}}$), которая при нивелировании замкнутого хода (полигона) равна

$$f_{h \text{ факт.}} = \Sigma h_{cp}. \quad (33)$$

При нивелировании в прямом и обратном направлениях:

$$f_{h \text{ факт.}} = \Sigma h_{cp. \text{ прям.}} + \Sigma h_{cp. \text{ обр.}}. \quad (34)$$

Полученная невязка $f_{h \text{ факт.}}$ не должна выходить за пределы допустимой величины ($f_{h \text{ доп.}}$), которая определяется точностью выполняемых работ по формуле для нивелирования IV класса

$$f_{h\text{ доп}} = \pm 20\sqrt{L} \text{ (мм);} \quad (35)$$

для технического нивелирования

$$f_{h\text{ доп}} = \pm 50\sqrt{L} \text{ (мм),} \quad (36)$$

где L – длина хода, выраженная в километрах.

В случае если полученная невязка по абсолютной величине окажется больше допустимой, проверяют вычисления в журнале и, если там не окажется ошибок, проводят заново полевые измерения. При допустимом значении полученной невязки ее распределяют в виде поправок в каждое среднее превышение с обратным знаком знаку невязки. Поправки, округленные до целых миллиметров, вводят поровну в каждое среднее превышение. Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

Далее вычисляются абсолютные высоты пикетов (м абс.) нивелирного хода по формуле

$$\begin{aligned} H_{n+1} &= H_{n0} + (\pm h_{n0-n+1}), \\ H_{n+1} &= H_n + (\pm h_{испр.n-n+1}), \end{aligned} \quad (37)$$

где H_{n+1} – высота точки с номером « $n+1$ », м абс.; H_n – высота точки с номером « n » (предыдущий пикет), м абс.; $h_{испр.n-n+1}$ – исправленное превышение точки « $n+1$ » над точкой « n » (превышение между предыдущим и последующим пикетами), м.

Высоты всех пикетов, на которые есть отсчеты, записываются напротив них в соответствующей графе журнала (табл. 7).

Абсолютные высоты промежуточных (плюсовых) пикетов вычисляются через горизонт инструмента ($H_{ГИ}$). Горизонт инструмента – это абсолютная высота визирного луча нивелира на данной станции нивелирования. Вычисляется дважды по формулам, с последующим расчетом среднего значения:

$$H_{ГИ_1} = H_A + a_a, \quad (38)$$

$$H_{ГИ_2} = H_B + b_a, \quad (39)$$

$$H_{ГИ_{ср.}} = \frac{H_{ГИ_1} + H_{ГИ_2}}{2}, \quad (40)$$

где H_A – абсолютная высота заднего пикета A ; H_B – абсолютная высота заднего пикета B ; a_q – отсчет по черной стороне рейки на пикет A (задний пикет); b_q – отсчет по черной стороне рейки на пикет B (передний пикет); $H_{ГН_{cp.}}$ – среднее значение горизонта инструмента.

Высоты промежуточных пикетов (H_C) вычисляются по формуле

$$H_C = H_{ГН_{cp.}} - c_q, \quad (41)$$

где H_C – абсолютная высота промежуточного пикета C ; c_q – отсчет по черной стороне рейки на пикет C .

На каждой станции нивелирования вычисляется свой горизонт инструмента. Все вычисления записываются в соответствующие графы журнала геометрического нивелирования (табл. 7).

5. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ

Геометрическое нивелирование площади заданной территории по квадратам складывается из следующих работ:

- рекогносцировка участка;
- построение (разметка и закрепление) на местности основного квадрата и сетки заполняющих квадратов;
- передача высотной отметки на одну из вершин основного квадрата;
- нивелирование вершин всех квадратов;
- обработка результатов нивелирования и составление плана участка.

Для выполнения работ на заданном участке размечается основной квадрат, внутри которого разбивается сетка заполняющих квадратов при помощи теодолита (или эккера), вешек и стальной мерной ленты (рулетки). Размер основного квадрата 50 х 50 м, каждого заполняющего – 10 х 10 м.

Построение основного квадрата выполняется в следующей последовательности. От начальной вершины (например, 6А) разбивается первая сторона мерной лентой по створу из двух вешек, показывающих направление этой линии. Кольями закрепляют отрезки через 10 м. Конец линии (50 м) будет соответствовать вершине квадрата 6Е (рис. 6).

В точках 6А и 6Е последовательно разбивают два прямых угла относительно построенной стороны основного квадрата теодолитом (или эккером) и отмечают соответствующие направления вешками. По этим направлениям, закрепив створ из двух вешек, мерной лентой разбивают две другие стороны основного квадрата. Кольями закрепляют отрезки через 10 м в точках: 5А, 4А, 3А, 2А, 1А и 5Е, 4Е, 3Е, 2Е, 1Е.

Для контроля построений основного квадрата выполняют измерения длины по створу линии 1А–1Е (50 м). Допустимое отклонение не должно превышать ± 10 см.

Затем размечают вершины заполняющих квадратов. Для этого, последовательно устанавливая створ по линиям 2А–2Е, 3А–3Е, 4А–4Е, 5А–5Е, с помощью мерной ленты (рулетки)

откладывают отрезки по 10 м, концы которых закрепляют кольями. Всего в основном квадрате будет 25 заполняющих квадратов. Наименование их вершин также имеет двойное обозначение (например, 3Г), которое указывается на кольшке четкой надписью. Одновременно с разбивкой участка на отдельном листе рабочей тетради составляется схема квадратов с соответствующими обозначениями вершин (рис. 6).

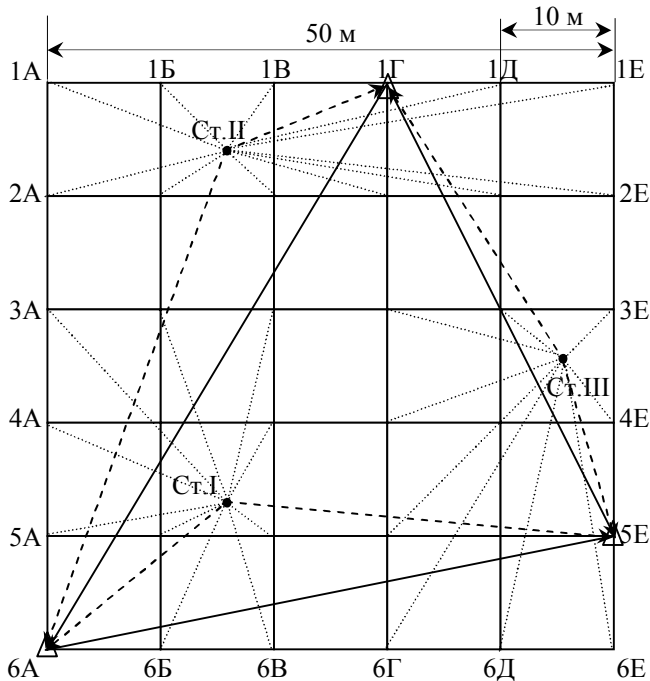
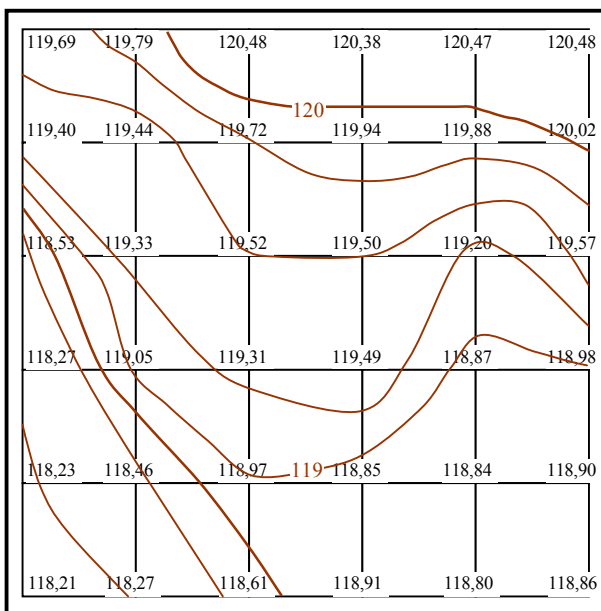


Рис. 6. Схема разбивки сетки квадратов площадного нивелирования

Нивелирование участка должно выполняться последовательно не менее чем с трех станций нивелирования через связующие точки (например, 6А, 5Е, 1Г) с обязательным замыканием нивелирного хода после завершения нивелирования обратно на начальную вершину основного квадрата. Передача исходной высоты (отметки) на одну из вершин основного квадрата производится геометрическим нивелированием от

ближайшего репера или от точки съемочного обоснования (полигона). Все остальные вершины квадратов нивелируются как промежуточные пикеты.

Отсчеты по рейке, устанавливаемой в каждой закрепленной точке квадрата, берутся по черной и красной сторонам с последующим вычислением «пятки» реек. Запись ведется в журнале геометрического нивелирования (табл. 6). Вычисление превышений, увязка нивелирного хода и определение высот связующих точек производится согласно п. 4. Высоты вершин квадратов вычисляются через горизонт инструмента ($H_{ГИ}$). После обработки результатов нивелирования на ватмане вычерчивается план участка площадного нивелирования в масштабе 1:200 (рис. 7).



1:200
в 1 сантиметре – 2 метра
Сплошные горизонталы проведены через 0,25 метра
Балтийская система высот

Рис. 7. Схема высот площадного нивелирования

Для этого с помощью линейки Дробышева строится сетка квадратов и у соответствующих вершин подписываются их вычисленные высоты с округлением до 0,01 м. С помощью метода интерполяции проводятся горизонтали с высотой сечения 0,25 м. Горизонтالي вычерчиваются коричневой тушью толщиной 0,1 мм, а каждая пятая – 0,2 мм. Сетка квадратов, рамки и зарамочное оформление выполняются тушью черного цвета.

6. НИВЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТА

Основные и контрольные реперы гидрологических постов должны быть привязаны к реперам государственной нивелирной сети. Для привязки реперов гидрологических постов выбираются ближайшие к посту реперы государственной нивелирной сети, имеющие отметки высот в Балтийской системе и вошедшие в каталог нивелировок I, II, III, IV классов.

Наличие и местоположение таких реперов устанавливается заблаговременно путем запроса в Росреестр. Привязка основных и контрольных реперов выполняется соответствующими специалистами станций или сторонними организациями по договору с УГМС (в зависимости от длины хода).

При длине хода до 50 км привязка производится нивелированием IV класса по двум реперам государственной сети нивелирным ходом в одном направлении: от одного репера к другому через основной репер гидрологического поста. Свыше 50 км – нивелированием III класса в прямом и обратном направлениях. В исключительных случаях допускается привязка к одному реперу государственной сети замкнутым ходом (при нивелировании IV класса).

Нивелирование уровнемерных устройств гидрологического поста производится с соблюдением требований нивелирования IV класса и имеет целью определить высотное положение всех постовых устройств (рейки, сваи и др.) относительно реперов. Нивелирование ведется замкнутым ходом в одном направлении от основного репера через контрольный к уровнемерным устройствам и от них к основному реперу (п. 4).

Контрольный репер периодически (один раз в 1-2 года) проверяется от основного репера. Фактическая невязка по ходу рассчитывается по формуле 33.

Допустимая невязка определяется по формуле

$$f_{h \text{ доп.}} = \pm 3\sqrt{n} \text{ (мм)}, \quad (42)$$

где n – число станций в ходе.

Фактическая невязка распределяется поровну во все превышения, полученные при нивелировании в обратном направлении.

При этом в случае свайного поста необходимо иметь в виду, что изменение отметок высот свай на одну и ту же близкую величину указывает на изменение высотного положения контрольного репера, следовательно, на необходимость его проверки от основного репера. Если в результате проверки будет установлено, что отметка контрольного репера изменилась на величину, не превышающую допустимой невязки, то она не меняется. В противном случае отметка репера принимается в соответствии с произведенной новой нивелировкой.

При нивелировании уровнемерных устройств поста нивелир во всех случаях устанавливается в створе поста или в стороне от него на равных расстояниях от связующих точек (рис. 8). Расстояния от связующих точек должны быть не менее 5 м и не более 40 м. Если связующая точка не является репером или сваей поста, рейка ставится на прочно забитый вровень с землей кол, костыль, на специальный нивелировочный башмак, выступ скалы или устойчиво лежащий валун. Ставить рейку в связующей точке прямо на землю или подкладывать под нее камень категорически запрещается. При нивелировании поста свайного типа должны быть охвачены все сваи, за исключением свай, находящихся глубоко под водой (более 1 м).

При нивелировании уровнемерного устройства речного типа определяются отметки для всех имеющихся рек. Нивелирная рейка при этом ставится на верхний обрез водомерной рейки или на гвоздь, забиваемый в рейку на границе целых дециметровых делений. Если представляется возможным, отсчет при нивелировании делают непосредственно по водомерной рейке.

При нивелировании постовых уровнемерных устройств одновременно нивелируется уровень воды в створе поста по колу, забитому вровень с поверхностью воды. Одновременно с забивкой кола отсчитывается уровень воды на посту обычным для данного типа поста способом и отмечается время измерения.

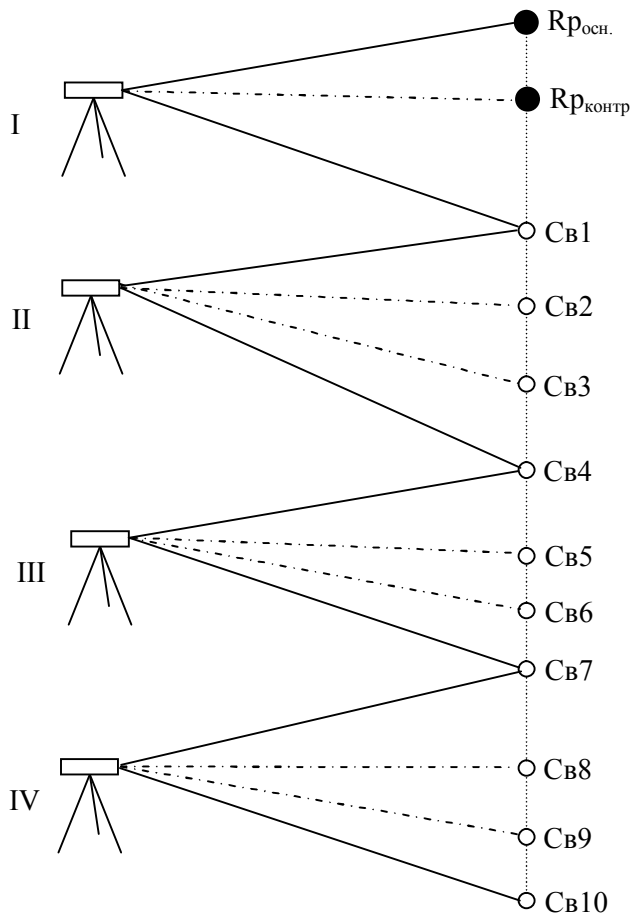


Рис. 8. Схема нивелирования свайного водомерного поста (римскими цифрами обозначены станции нивелирования, сплошными показаны линии визирования на связующие сваи, пунктиром – на промежуточные)

Результаты нивелирования постовых уровнемерных устройств оформляются в виде профиля, который прилагается к техническому делу гидрологического поста и его копиям. После переустановки устройства, капитального ремонта или переоборудования профиль составляется заново по результатам

нового нивелирования. Результаты последующих контрольных нивелировок выписываются в строчки под имеющимся профилем с указанием даты. На профиле должны быть показаны:

- 1) контрольный репер;
- 2) все уровнемерные устройства;
- 3) рабочий уровень воды (горизонтальной чертой с отметкой и датой);
- 4) положение нуля графика поста (горизонтальной чертой с отметкой);
- 5) высший и низший исторические уровни воды (горизонтальной чертой с отметкой и датой).

Под профилем должны быть выписаны:

- 1) номера постовых реперов, реек и свай;
- 2) расстояния от постоянного начала до свай, реек и реперов с точностью до 0,1 м;
- 3) приводки, т. е. высоты репера, головок свай и нулей реек над нулем графика поста с точностью до 1 см.

Контрольное нивелирование постовых уровнемерных устройств производится в сроки, устанавливаемые в зависимости от способа и надежности установки этих устройств и в зависимости от характера местных условий, оцениваемых на основании анализа результатов всех ранее произведенных нивелировок.

Кроме того, контрольное нивелирование постовых уровнемерных устройств производится сразу же после получения от наблюдателей извещения о неисправности или повреждении устройств, а также после обнаружения значительных невязок, вызванных изменением высотного положения нулей наблюдения.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ СООРУЖЕНИЯ

Высоты предметов и сооружений в тех случаях, когда непосредственно измерить их невозможно, определяются с помощью теодолита методом тригонометрического нивелирования. При решении этой задачи рассматривают два варианта:

1. Расстояние до сооружения доступно для измерений.
2. Расстояние до сооружения недоступно для измерений.

В первом варианте решение задачи заключается в измерении теодолитом углов наклона на верх v_1 и на низ v_2 сооружения и расстояния D или горизонтального проложения d мерной лентой (рулеткой) от точки стояния теодолита до сооружения (рис. 9).

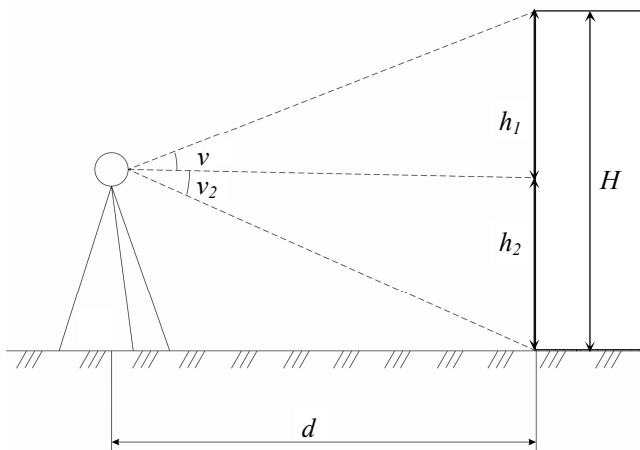


Рис. 9. Схема измерения высоты сооружения (1-й вариант)

Углы наклона измеряются, как при тригонометрическом нивелировании, путем снятия отсчетов по вертикальному кругу теодолита при положении КЛ и КП. Контролем правильности снятия отсчетов по вертикальному кругу теодолита является определение места ноля (МО) (п. 2.1).

Угол наклона v вычисляется по формуле

$$v = \frac{KL - KP}{2}, \text{ для 2Т30 и 4Т30П.} \quad (43)$$

Превышения определяются по формулам тригонометрического нивелирования:

$$h_1 = d \cdot \operatorname{tg} v_1; \quad h_2 = d \cdot \operatorname{tg} v_2. \quad (44)$$

Высота сооружения (H) определяется по формуле

$$H = h_1 + |h_2|. \quad (45)$$

Если теодолит по условиям рельефа местности будет находиться ниже основания сооружения, то высота сооружения определяется по формуле

$$H = h_1 - h_2. \quad (46)$$

При этом мерной лентой (рулеткой) измеряется расстояние D от точки стояния теодолита до сооружения, а превышения вычисляются по формулам:

$$h_1 = D \cdot \operatorname{Sin} v_1; \quad h_2 = D \cdot \operatorname{Sin} v_2. \quad (47)$$

Во втором варианте на местности разбивается базис (закрепляется кольями), с вершин которого измеряются горизонтальные углы (β_1 и β_2) между линией базиса c и линиями визирования на сооружение (рис. 10) для определения горизонтальных проложений a и b от вершин базиса до сооружения. Последние рассчитываются по теореме синусов:

$$a = \frac{c \cdot \operatorname{Sin} \beta_1}{\operatorname{Sin} \beta_3}; \quad b = \frac{c \cdot \operatorname{Sin} \beta_2}{\operatorname{Sin} \beta_3}, \quad (48)$$

где $\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$. Базис на местности выбирается с таким расчетом, чтобы горизонтальные углы (β_1 и β_2) находились в пределах $30-60^\circ$.

С каждой вершины базиса измеряются вертикальные углы на верх v_1 и на низ v_2 сооружения. Дальнейший ход вычислений подобен решению задачи в первом варианте. Для контроля высота сооружения рассчитывается дважды. Расхождение не должно превышать ± 10 см.

8. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА, ПРОФИЛЯ И ОТЧЕТА

Для составления плана тахеометрической съемки в масштабе 1:500 необходимо на листе ватмана формата А1 построить координатную сетку со стороной квадрата 10 см с помощью линейки Дробышева (или топографической линейки). Правильность построения проверяется путем измерения сторон квадратов с использованием циркуля-измерителя и поперечного масштаба. Отклонения при проверке не должны превышать 0,2 мм.

Оцифровка линий координатной сетки производится по координатам из ведомости (длина стороны квадрата равна 50 м на местности) так, чтобы теодолитный ход (полигон) оказался в центре листа.

Далее наносится съемочное обоснование (станции теодолитного хода) по координатам X , Y и выполняется контроль горизонтальных углов и горизонтальных проложений между точками полигона. Последние должны соответствовать горизонтальным проложениям, записанным в ведомости координат, с учетом масштаба плана. Отклонение – не более 0,2 мм. Горизонтальные углы между сторонами теодолитного хода должны соответствовать исправленным горизонтальным углам из ведомости координат. Отклонение – не более 15'.

Если допуск не выдержан, проверяют нанесение станций, вычисления в ведомости координат и, если ошибок не обнаружено, заново выполняют полевые измерения. Точки теодолитного хода и точки сгущения съемочной сети обводятся на плане кружками диаметром 1,5 мм и подписываются их номера и высоты с точностью до 0,01 м.

После нанесения точек съемочного обоснования приступают к нанесению результатов тахеометрической съемки (предварительно план составляют на миллиметровой бумаге). По данным журнала тахеометрической съемки и абриса с помощью циркуля-измерителя, поперечного масштаба и

геодезического транспорта по известным горизонтальным проложениям и горизонтальным углам (отсчеты по горизонтальному кругу) на план наносятся съёмочные пикеты точками диаметром 0,6 мм и подписываются их высоты с точностью до 0,01 м. Высоты станций теодолитного хода и съёмочных пикетов подписываются под их номерами в виде знаменателя (в соответствии с данными журналов тригонометрического нивелирования и тахеометрической съёмки). В числителе указывается номер пикета.

Методом линейной интерполяции проводятся горизонтали с высотой сечения 0,5 м. Ситуация наносится на план в условных знаках. План, вычерченный в карандаше на миллиметровой бумаге (черновике), проверяется руководителем работ и окончательно оформляется тушью на ватмане (рис. 11) в соответствии с принятыми «Условными знаками для топографических планов масштабов 1: 5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» (прил. А, Б). При этом на ватмане наряду с условными знаками и горизонталями показываются характерные точки ситуации и рельефа с подписанными отметками (с точностью до 0,1 м).

Зарамочное оформление плана должно соответствовать примеру (рис. 11, прил. В). Все подписи выполняются аккуратно установленными шрифтами (прил. В).

Продольный профиль трассы, составляемый по данным журнала геометрического нивелирования и пикетажной книжки, вычерчивается тушью на миллиметровой бумаге в масштабах: горизонтальный – 1:1000, вертикальный – 1:50 (рис. 12). Профиль сопровождается следующими горизонтальными графами: 1. Высоты. 2. Горизонтальные проложения. 3. Уклоны. 4. План трассы. Уклоны показываются в %.

По результатам выполненных работ в соответствии с техническим заданием составляется отчет, состоящий: из титульного листа; содержания; введения (место, время, условия выполнения работ, задачи); описания методики работ; библиографического списка; приложения (полевые журналы, схемы и графические документы).

Участок городского лесопарка

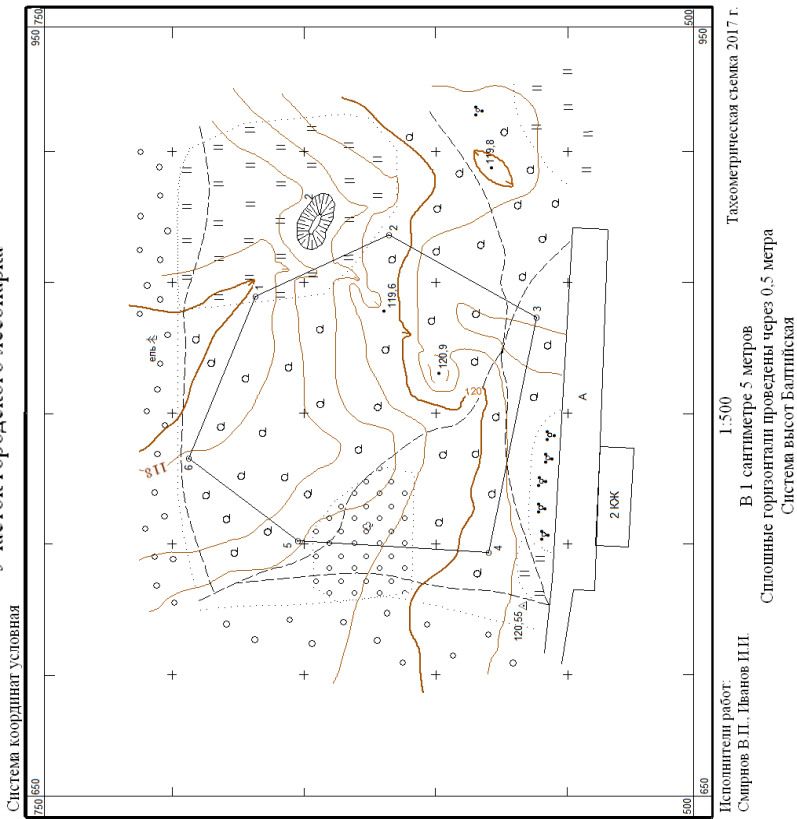


Рис. 11. План местности

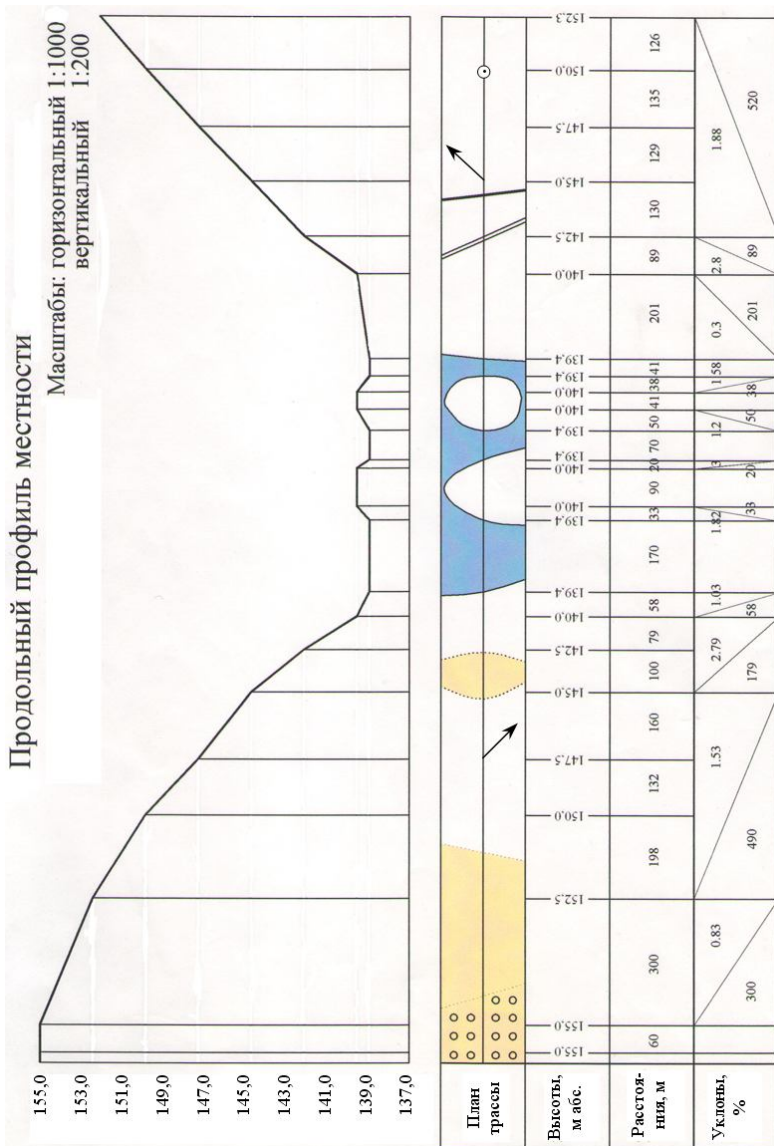


Рис. 12. Продольный профиль местности

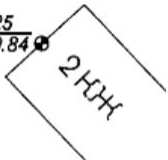
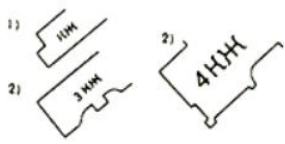
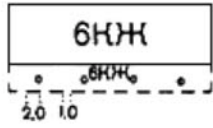
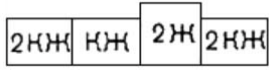
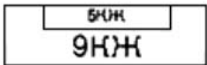
Библиографический список

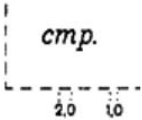
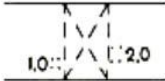
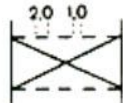
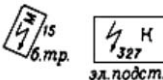
1. *Инструкция* по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М.: Недра, 1983.
2. *Кудряцкий Д.М.* Геодезия. Л.: Гидрометеиздат, 1982.
3. *Курошев Г.Д., Смирнов Л.Е.* Геодезия и топография : учеб. для студентов вузов. М.: Академия, 2008. 173 с.
4. *Куштин И.Ф., Куштин В.И.* Геодезия: учеб.-практ. пособ. Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. 510 с.
5. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. I: Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 384 с.
6. *Нивелир 4Н-3КЛ*: Паспорт. 2015.
7. *Основы* топографии и геодезии: метод. указ. к лабораторным работам / Перм ун-т; сост. В.Г.Калинин, Д.Г.Тюняткин. Пермь, 2010. Ч.II. 23 с.
8. *Поклад Г.Г.* Геодезия: учеб. пособ. для вузов. М.: Академический Проект, Парадигма, 2013. 544 с. ЭБС IPRbooks.
9. *Поклад Г.Г.* Практикум по геодезии: учеб. пособ. для вузов. М.: Академический Проект, 2015. 488 с. ЭБС IPRbooks.
10. *Теодолит 4Т15П*: Паспорт. 2013.
11. *Теодолит 4Т30П*: Паспорт. 2014.
12. *Топографо-геодезические термины*: справочник / сост. Б.С. Кузьмин и др. М.: Недра, 1989.
13. *Условные знаки* для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. 287 с.
14. *Чекалин С.И.* Основы картографии, топографии и инженерной геодезии : учеб. пособ. для вузов. Рос. гос. геологоразведоч. ун-т. М.: Академический Проект, 2009. 392 с.

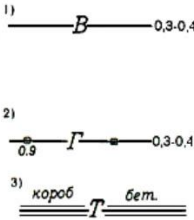
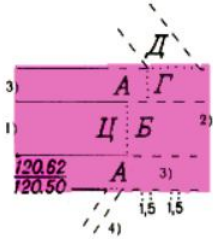
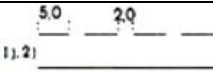
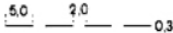
ПРИЛОЖЕНИЯ

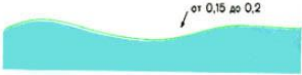
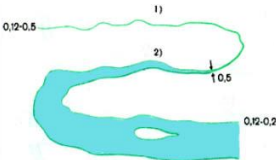
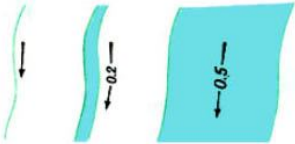
Приложение А

Условные знаки для топографических планов
масштабов 1:1000, 1:500

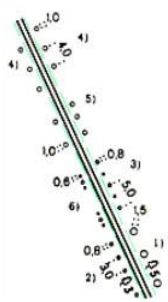
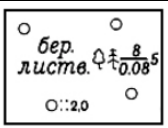
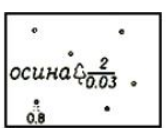
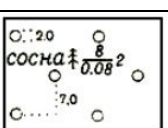
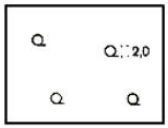
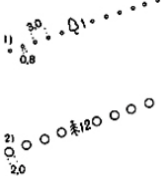
1.	Пересечение координатных линий	
2.	Точки плановых съемочных сетей временного закрепления	$19 \odot 201.5$ 1,5
3.	Реперы грунтовые координированные (в числителе – отметка головки, в знаменателе – отметка земли, слева – номер знака)	$219 \odot \frac{159.72}{крд. 160.1}$
4.	Реперы и марки стенные	$\frac{25}{179.84} \odot$ 
5.	Строения жилые огнестойкие (кирпичные, каменные, бетонные и др.): 1) одноэтажные, 2) выше одного этажа (цифры и буквы – характеристики этажности, материала постройки и назначения (К – кирп., кам., бет.), Ж – жилые, Н – нежилые, М – металлические).	
6.	Здания с колоннами	
7.	Строения смыкающиеся вплотную	
8.	Строения с разноэтажными частями	

9.	Здания строящиеся	
10.	Отмостки зданий (буква на ее обозначении – материал покрытия) и номера домов	
11.	Въезды под арки	
12.	Крыльца каменные закрытые	
13.	Крыльца открытые, ступени вверх	
14.	Крыльца открытые, ступени вниз	
15.	Переходы и галереи для транспортеров надземные («воздушные») между зданиями	
16.	Доски почета и мемориальные, стенды показателей и наглядной агитации	
17.	Гаражи индивидуальные и другие малые строения	
18.	Памятники, монументы	
19.	Фонари электрические на столбах: а) деревянный; б) металлический (для железобетонных столбов в основании знака в контуре ставится точка)	
20.	Будки трансформаторные, подстанции электрические, их	

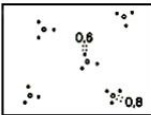
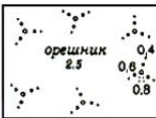
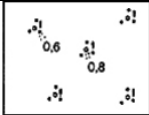
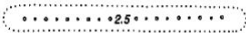
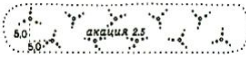
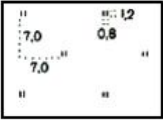
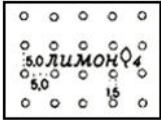
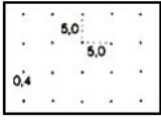
	номера	
21.	Линии электропередачи (ЛЭП) низкого напряжения на столбах на застроенной территории	
22.	Колодцы смотровые (люки) подземных коммуникаций без разделения по назначению	
23.	Трубопроводы наземные: 1) на грунте (буквы – индексы назначения трубопроводов); 2) на опорах (цифры – высоты опор в м); 3) в коробах (надпись – материал короба)	
24.	Решетки сточные	
25.	Проезжие части улиц и тротуары: 1) проезжие части улиц при наличии бортового камня; 2) проезжие части улиц без бортового камня; 3) тротуары на улицах и пешеходные дорожки с твердым покрытием (в парках, на кладбищах и др.); 4) тротуары на улицах и пешеходные дорожки без покрытия. Буквенные индексы – материал покрытия, цифры – отметки высот: в числителе дроби – на бортовом камне, в знаменателе – рядом с бортовым камнем	
26.	Дороги грунтовые: 1) проселочные 2) полевые и лесные	
27.	Тропы пешеходные	
28.	Шлагбаумы	

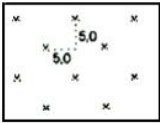
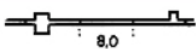
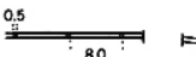
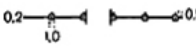
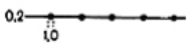
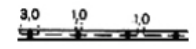
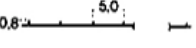
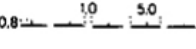
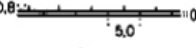
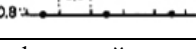
29.	Линии береговые определенные и постоянные	
30.	Отметки урезов воды: 1) по фактическим данным с датой измерений; 2) приведенные к среднему меженному уровню; 3) комбинированные	
31.	Реки и ручьи: 1) ширина не выражается в масштабе плана 2) ширина выражается в масштабе плана	
32.	Характеристики водотоков: направление и скорость течения, м/с	
33.	Характеристики водотоков: глубина, м и грунт дна	
34.	Посты: 1) водомерные и футштоки; 2) водомерные с оборудованными гидрометрическими створами	

35.	Горизонталы: 1) горизонталы утолщенные (через заданный интервал основного сечения); 2) горизонталы основные; 3) горизонталы дополнительные (полугоризонталы – на половине высоты основного сечения); 4) горизонталы вспомогательные (на произвольной высоте); 5) горизонталы для изображения нависающих склонов; 6) указатели направления скатов (бергштрихи); 7) надписи горизонталей, м	
36.	Отметки высот: 1) выше нуля Кронштадтского футштока; 2) ниже нуля Кронштадтского футштока	
37.	Обрывы земляные (цифры – глубины, м)	
38.	Ямы (цифры – глубины, м)	
39.	Курганы (цифры – высоты, м)	
40.	Контуры растительности, сельскохозяйственных угодий, грунтов и др.: 1) при ручном нанесении; 2) при автоматизированном нанесении	
41.	Характеристики лесных древостоев: По составу: 1) лиственные, 2) хвойные, 3) смешанные; По метрическим данным:	

	в числителе дроби – средняя высота, м; в знаменателе – средняя толщина стволов, м; справа – среднее расстояние между деревьями, м	
42.	Насаждения вдоль дорог, рек, каналов и канав: 1) узкие полосы деревьев высотой 4 м и более (с указанием породы и высоты, м); 2) узкие полосы деревьев высотой менее 4 м (с указанием породы и высоты, м); 3) узкие полосы кустарников; 4) ряды отдельных деревьев; 5) отдельно стоящие деревья; 6) отдельные кустарники	
43.	Леса естественные высокоствольные	
44.	Поросль леса (отдельная цифра или числитель дроби – средняя высота, м; знаменатель – средняя толщина стволов, м)	
45.	Леса саженные высокоствольные	
46.	Редколесье высокоствольное	
47.	Полосы древесных насаждений: 1) шириной менее 2 мм в масштабе плана, высотой до 4 м (цифра – средняя высота деревьев); 2) шириной менее 2 мм в	

	масштабе плана, высотой 4 м и более (цифра – средняя высота деревьев); 3) шириной от 2 до 10 мм в масштабе плана, высотой до 4 м (цифра – средняя высота деревьев); 4) шириной от 2 до 10 мм в масштабе плана, высотой 4 м и более (цифра – средняя высота деревьев); 5) шириной 10 мм и более в масштабе плана, высотой до 4 м (цифра – средний высота деревьев); 6) шириной 10 мм и более в масштабе плана, высотой 4 м и более	
48.	Деревья отдельно стоящие: 1) лиственные; 2) хвойные; 3) фруктовые	
49.	Породы деревьев (обозначения при подеревной съемке): 1) широколиственные (дуб, бук, клен, граб, липа, ясень, ильм и др.); 2) мелколиственные (береза, ива, осина, ольха, тополь и др.); 3) фруктовые; 4) ели и пихты; 5) сосны и кедры; 6) лиственницы	

50.	Кусты отдельно стоящие	
51.	Кустарники: 1) отдельные группы; 2) заросли (с указанием породы и средней высоты, м)	1)  2) 
52.	Кустарники колючие: 1) отдельные группы; 2) заросли (с указанием породы и средней высоты, м)	1)  2) 
53.	Полосы кустарников и живые изгороди (с указанием породы и средней высоты, м): а) менее 2 мм в масштабе плана; б) 2–10 мм в масштабе плана; в) более 10 мм в масштабе плана	а)  б)  в) 
54.	Растительность травяная, луговая (разнотравье)	
55.	Сады фруктовые (включая цитрусовые), цифра – средняя высота, м Ягодники	 

56.	Газоны	
57.	Клумбы	
58.	Пашни Огороды	
59.	Ограды каменные и железобетонные: 1) высотой 1 м и более; 2) высотой менее 1 м, ворота в оградах	1)  2) 
60.	Ограды металлические: 1) высотой 1 м и более, с воротами; 2) высотой менее 1 м; 3) на каменном, бетонном или кирпичном фундаменте	1)  2)  3) 
61.	Заборы деревянные: 1) сплошные, с воротами; 2) решетчатые (из штакетника и т.п.); 3) на каменном, бетонном или кирпичном фундаменте; 4) с капитальными опорами	1)  2)  3)  4) 
62.	Названия городов Названия поселков сельского типа (включая совхозы) и поселков дачного типа:	Топографический полужирный (Т-132)

	1) с числом жителей 1000 и более; 2) с числом жителей от 500 до 1000; 3) с числом жителей от 100 до 500; 4) с числом жителей менее 100	КОЛОМНА_{6,0} 1) Петровка_{5,0} 2) Ленино_{4,5} 3) Молоково_{4,0} 4) Ершово_{3,5} А Б В Г Д Е Ё Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я а б в г д е ё ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я
63.	Названия: поселков городского типа (включая рабочие и курортные); судоходных рек, каналов озер, заливов и водохранилищ; поселков при промышленных предприятиях, железнодорожных станциях, пристанях и т.п., не отнесенных официально к разряду поселков городского типа; несудоходных рек, каналов, озер и др.; хребтов, гор, скал, курганов, оврагов, балок, островов, мысов, солончаков, болот, урочищ и др.	Древний курсив полужирный (Д-432) РЕУТОВО_{6,0-4,0} <i>Р. ВОЛГА</i> 5,0-3,0 { <i>Северный г. Шат</i> <i>оз. Щучье</i> <i>ур. Широков</i> А Б В Г Д Е Ё Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я <i>а б в г д е ё ж з и й к л м н о п р с</i> <i>т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я</i>
64.	Названия: частей города, его районов и микрорайонов; вторые и повторные названия и надписи за рамками планов для городов; государственных заповедников, заказников и парков; поселков сельского типа и дачного типа, входящих в состав города (поселка городского типа) или подчиненных ему; вторые и повторные названия и надписи за рамками планов для	Рубленый (Р-131) КОЛОМНА_{5,0} Петровка_{4,0} Ленино_{3,5} Молоково_{3,0} Ершово_{2,5} А Б В Г Д Е Ё Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я а б в г д е ё ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я

	поселков сельского типа и дачного типа	
65.	Вторые и повторные названия и надписи за рамками планов для: 1) поселков городского типа; судоходных рек, каналов, озер, заливов и водохранилищ; 2) поселков при промышленных предприятиях, железнодорожных станциях, пристанях и т.п.; несудоходных рек, каналов озер и др.; хребтов, гор, скал курганов, оврагов, балок, островов, мысов, солончаков, болот, урочищ и др.	Древний курсив остовный (До-431) 1) РЕУТОВО Р. ВОЛГА 3,0-3,0 2) { Северный г. Шат 4,0-2,0 { оз. Щучье ур. Широное А Б В Г Д Е Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я а б в г д е е ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я
66.	Названия: станций, разъездов, платформ, пристаней, санаториев, турбаз; отдельных дворов, домов и геодезических пунктов 3,0-1,6; пояснительные надписи к условным знакам геодезических пунктов, строений, сооружений, дорог, ограждений, гидрографии, рельефа, растительности, грунтов; надписи специализации совхозов, промышленных предприятий и др.; буквенные индексы материала покрытия дорог и отмосток зданий, назначения трубопроводов, вида прокладок в туннелях, напряжения электросетей, материала мостов, плотин, труб, грунт дна рек, озер и морей (в зоне шельфа)	БСАМ курсив малоконтрастный (Бм-431) 3,0-1,6 Паромский Бердяш телеф. тун. водпр. чай МТФ астр. ст. кл.ж.дв. нес. А Ц 2Н,Г ЖБ шш т кл п А Б В Г Д Е Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я а б в г д е е ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
67.	Названия улиц, переулков, площадей; надписи райсоветов, поселковых и сельских советов (под названиями населенных пунктов);	Рубленый (Р-131)

	буквенные индексы жилых и нежилых зданий, материала их постройки; надписи горизонталей и изобат, этажности зданий и числа жителей в населенных пунктах	3.0-1,6 пл. Мира пл. Маркса ул. Борьбы ПС РС ПС РС 3.0-1,6 7 КЖ 2 Ж 1 К 2.0-1,6 50 75 100 125 150 50 75 100 125 150 А Б В Г Д Е Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я а б в г д е ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
68.	Численные характеристики топографических объектов (высоты, глубины, длины, ширины, диаметра, грузоподъемности, расстояния между ними); отметки высот; даты измерения урезов, периоды водности пересыхающих рек, озер, колодцев; время действия перевалов; надписи километража на столбах. Нумерация геодезических пунктов, домов, камер и смотровых колодцев на трубопроводах, скважин, шурфов, лесных кварталов, пограничных знаков и др.	Древний курсив (Д-431) 2.0-1,6 20 5.6 (7.8) 30 5 6.2 (8.0) 1.8 5.2 4.3 $\frac{24}{0.25} 6$ $\frac{8-6}{30}$ 60-7 $\frac{20}{0.22} 5$ $\frac{6-5}{28}$ $\frac{1.0}{0.8}$ 20 5.6 (7.8) 30 5 6.2 (8.0) 1.8 5.2 4.3 $\frac{24}{0.25} 6$ $\frac{8-6}{30}$ 60-7 $\frac{20}{0.22} 5$ $\frac{6-5}{28}$ $\frac{1.0}{0.8}$ 271.8 93.0 123.6 436.8 271.8 93.0 123.6 436.8 25.1X III-VI 25.1X III-VI 30/297 30/297 23 68 №2 ф 28 вр.15 23 68 №2 ф 28 вр.15 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 а б в г д е ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я

Приложение Б

Пояснения к условным знакам

Если условные знаки должны показываться на планах с просветом между ними (например, при воспроизведении смежных объектов, не примыкающих друг к другу в натуре), то наименьшая величина этого просвета устанавливается в 0,3 мм. Знаки для изображения объектов, не выражающихся в масштабе плана, следует располагать, как правило, перпендикулярно к южной рамке. Исключение составляют обозначения строений, сооружений и некоторых других объектов, что отмечено в пунктах пояснений к ним. Данные обозначения ориентируют на плане согласно расположению соответствующих объектов на местности. Чтобы обеспечить передачу знаков значимых объектов, допускается нанесение смежных с ними обозначений с небольшим наклоном.

Положению объекта на местности должны отвечать на плане следующие точки внемасштабного условного знака: а) для знаков правильной формы (круг, квадрат, треугольник, звезда и др.) – центр знака; б) для знаков в виде перспективного изображения объекта (водомерные посты, маяки, скалы-останцы и др.) – середина основания знака; в) для знаков с прямым углом в основании (породы деревьев, километровые столбы, водоразборные колонки и др.) – вершина угла знака; г) для знаков в виде сочетаний нескольких фигур (нефтяные и газовые вышки, часовни, сооружения башенного типа, скальные реперы и др.) – центр нижней фигуры знака.

Все размеры условных знаков даны для топографических планов со средней нагрузкой. Указанные размеры можно уменьшать на треть при большой нагрузке плана (например, для городов) или при заполнении малых контуров. На планах с незначительной контурной нагрузкой в целях выделения важных объектов их условные знаки могут быть соответственно увеличены.

Установленные в таблицах расстояния между условными знаками, принятыми для изображения площадей, занятых естественной растительностью, сельскохозяйственными угодьями, микроформами земной поверхности, болотами, солончаками или обнаженными грунтами, при размерах их контуров в 25 см² и более, могут быть увеличены в 1,5; 2 или 3 раза.

Пунктиры для ограничения контура на планах не применяют, если он совпадает с административно-политическими границами,

линейными объектами, как естественными (узкие лесополосы, бровки, береговые линии и т.п.), так и искусственными наземными (дороги, ограждения, трубопроводы и т.п.), а также если контур проходит вдоль них на расстоянии менее 1 мм в масштабе плана. Обозначения воздушных и подземных линейных объектов границами контуров не являются.

На топографических планах допускается комбинирование в одном контуре условных знаков растительности, микроформ земной поверхности и грунтов – не более трех, если они одного цвета, и не более четырех, если эти знаки разных цветов.

Численные характеристики топографических объектов следует располагать на плане согласно тому, как это дано в таблицах у соответствующих условных знаков. При недостатке места допустимо некоторое смещение цифр.

На топографических планах показывают все имеющиеся на местности пункты государственной геодезической сети в единой для всей страны системе координат, пункты геодезических сетей сгущения и точки съёмочных геодезических сетей, предназначенных для топографических съёмок.

Пересечения координатных линий показывают на планах для облегчения различных измерений и нанесения специализированной картографической нагрузки. В целях лучшего выделения условного знака пересечений на фоне изображения местности данный знак воспроизводят не только зеленым цветом, но и черным. Если же какое-либо пересечение совпадает с обозначениями важных топографических объектов, то давать его на плане не следует.

На топографических планах контуры строений следует воспроизводить в соответствии с их истинными очертаниями в натуре (прямоугольными, овальными и т.п.). Это основное требование распространяется на все строения, выражающиеся в масштабе, и по возможности на те, которые могут быть показаны на планах только внемасштабными условными знаками.

Строения, выражающиеся в масштабе, изображают на планах по проекции цоколя с передачей его выступов, уступов и фигурных архитектурных деталей, имеющих величину 0,5 мм и более.

Все строения при крупномасштабных топографических съёмках подразделяют на жилые, нежилые и общественного назначения; огнестойкие, неогнестойкие и смешанные; одноэтажные и выше одного этажа. К жилым строениям относят как специально построенные для жилья, так и строения, имевшие вначале иное назначение, но затем

приспособленные и фактически используемые в качестве жилого фонда. Строения, приемлемые для жилья только в какой-либо сезон года, считаются нежилыми (например, легкие постройки летних пионерлагерей).

Строения общественного назначения должны сопровождаться пояснительными надписями: адм. (т.е. административное здание), маст. (мастерская), поликли. (поликлиника), маг. (магазин), кино и т.д.

Надписи у строений общественного назначения дают внутри их контуров, если это невозможно, то рядом с ними, а при большой концентрации таких строений (или соответствующих разных помещений в одном строении) – в выборочном порядке, отдавая предпочтение более крупным и важным по назначению.

На планах масштабов 1:2000–1:500 разделение строений по характеру их использования графически осуществляется следующим образом: у изображения жилых строений помещают заглавную букву Ж, нежилых – Н, у изображения строений общественного назначения вместо буквенных индексов дают пояснительную надпись. Каждое из этих обозначений при характеристике строений должно сочетаться с показателем их огнестойкости.

При показе на топографических планах масштабов 1:2000–1:500 материала постройки, что предусмотрено только для огнестойких строений, следует применять такие буквенные обозначения: К – для кирпичных, каменных, бетонных и легкогобетонных (арболитовых, шлакобетонных и др.); М – для металлических, С-Б – для стеклобетонных, С-М – для стеклометаллических.

Этажность строений передают на топографических планах всех масштабов соответствующей цифрой, начиная с двух этажей. При подсчете числа этажей полуподвалы и небольшие мансарды на крышах многоэтажных зданий, независимо от характера их использования, учитывать не следует.

Условный знак строящихся зданий применяют, когда заложен их фундамент и идет возведение стен. Если здание доведено до крыши, то контур его дают уже не штриховой линией, а сплошной и сопровождают на планах масштабов 1:2000–1:500 характеристикой назначения, огнестойкости и этажности здания. Пояснительная надпись «стр.» на этой стадии сохраняется. Строительство считается законченным, когда здание сдано в эксплуатацию.

Отмостками называются асфальтовые или бетонные полосы, окаймляющие современные здания с тех сторон, где нет примыкающих

к ним тротуаров или других твердых покрытий земной поверхности. На планах масштабов 1:500 и 1:1000 показывают все отмостки.

Номера домов фиксируют при топографических съемках в следующем порядке: на планах масштабов 1:500 и 1:1000 – на изображениях всех домов населенного пункта. Надписывают номера домов, как правило, параллельно их контурам в углу, обращенном к улице. Допускается размещение этих надписей и рядом с контурами домов, а при значительной нагрузке плана номера домов могут быть выделены красным цветом.

В условном обозначении крылец открытых ступенями вверх последние должны быть показаны не менее чем тремя сплошными линиями, чтобы данный знак отличался от знака приямков. Крыльца ступенями вниз и открытые входы в подземные части зданий следует изображать с разрывом по середине линий их условного знака.

При изображении индивидуальных гаражей на планах масштабов 1:500 и 1:1000 в пределах контуров этих строений буквенными индексами фиксируют материал постройки (М – металлический гараж, К – кирпичный, каменный, из бетонных плит и т.п.). Если несколько таких гаражей установлено вплотную друг к другу, то их показывают на планах как нежилые смыкающиеся строения, т.е. общим контуром, без перемычек.

Электрические фонари и часы на столбах воспроизводят на планах масштабов 1:500–1:2000, как правило, полностью, причем по возможности с той стороны опоры, где они фактически подвешены. Электрические фонари на подвесках от стен зданий при топографических съемках показывать не требуется.

Линии электропередачи изображают при топографических съемках с разделением на кабельные и проводные. Для показа ЛЭП высокого напряжения и низкого (380 В и меньше) предусмотрены разные по начертанию стрелки. Электролинии любого напряжения на топографических планах, как правило, передают полностью.

На топографических планах всех масштабов при изображении трубопроводов в разрывах условных знаков трасс дают буквенные индексы, характеризующие их назначение (транспортируемый газообразный, жидкий или твердый материал или продукт). Например, для водопроводов (без разделения) – В, канализационных сетей (без разделения) – К, газопроводов – Г, тепловых сетей – Т, нефтепроводов – Н, бензопроводов – Б (при наличии места – бенз.) и т.д., а для различных твердых материалов (без разделения) – Мт. Данные

надписи должны наноситься на линии, обозначающие трубопроводы, у их пересечений и у рамок плана, а также через каждые 7–10 см трассы.

При воспроизведении на планах сточных решеток соответствующий условный знак должен передавать их форму (округлую, прямоугольную и др.).

Материал дорожного покрытия обозначают на топографических планах следующими условными индексами: А – асфальт, асфальтобетон, Б – булыжник, Бм – битумоминеральная смесь, Бр – брусчатка, Г – гравий, К – камень колотый, Ц – цементобетон, Шл – шлак, Щ – щебень. Данные индексы размещают равномерно по оси автодороги, но с обязательным нанесением у границ смены материала покрытия (по обеим их сторонам).

При показе на топографических планах пересечений автомобильных или грунтовых дорог на одном уровне их условные знаки взаимно прерывают, а на разных уровнях – прерывают знак нижней дороги. Условные обозначения всех этих дорог дают с разрывом при пересечении с изображением железной дороги.

Проезжие части улиц с твердым покрытием в зависимости от наличия или отсутствия бортового камня показывают при топографической съемке в первом случае сплошной линией их границ, во втором – штриховкой. На плане должны быть приведены отметки высот на бортовом камне (если он имеется) и рядом с ним, причем цифры (в виде дроби) размещают параллельно южной рамке или оси данной улицы.

Тротуары вдоль улиц и пешеходные дорожки в парках, на кладбищах и т.п. в зависимости от их ширины воспроизводят в масштабе или внемасштабным знаком.

Улицы с твердым покрытием (проезжей части, тротуаров, отмосток зданий), как и автодороги, в случаях, предусмотренных техническим проектом, закрашивают бледно-розовой краской или дают точечной сеткой от коричневой краски.

Грунтовыми считаются непрофилированные, не имеющие укрепленного земляного основания и какого-либо покрытия и нерегулярно ремонтируемые дороги. При топографической съемке предусмотрено разделение грунтовых дорог по их условным обозначениям на проселочные, полевые и лесные.

К полевым и лесным дорогам относятся грунтовые дороги, используемые автогужевым транспортом сезонно, главным образом во время полевых сельскохозяйственных работ и лесозаготовок.

Древесно-кустарниковые насаждения вдоль дорог, а также рек, каналов и канав воспроизводят на топографических планах с разделением на узкие полосы (тех и других), ряды отдельных деревьев, отдельно стоящие деревья, отдельные кустарники. Различие между узкими полосами деревьев и рядами отдельных деревьев вдоль дорог заключается в том, что первые характеризуются несколькими рядами древесной растительности, а вторые – одним или двумя рядами. При передаче узкой полосы деревьев по ее оси на плане дают знак преобладающей породы и показатель высоты в метрах. В зависимости от величины последнего эти полосы разграничивают по условным обозначениям на имеющие высоту 4 м и более (диаметр кружка 1,5 или 2 мм в соответствии с масштабом плана) и высоту менее 4 м (диаметр кружка 0,8 мм).

Ряды отдельных деревьев (как естественные насаждения, так и искусственные обсадки) наносят при топографической съемке без характеристик. При расположении этих рядов симметрично по обеим сторонам дороги (двухсторонние обсадки) их условные знаки дают в шахматном порядке. Если в ряду отдельных деревьев они размещены столь близко один от другого, что не могут быть полностью показаны на плане, то крайние наносят точно, а остальные – с сохранением примерного соотношения по густоте деревьев в ряду.

Условные знаки отдельно стоящих деревьев дают в строгом соответствии с их положением в натуре. Узкие полосы кустарников и отдельные кустарники вдоль дорог воспроизводят при топографической съемке по тем же правилам, что и соответствующие полосы деревьев, их ряды и отдельные деревья. Если в натуре все эти объекты примыкают вплотную к дороге, то их условные знаки следует располагать на расстоянии 0,3 мм от обозначения трассы.

Береговые линии рек и озер на топографических планах масштабов 1:5000 и 1:2000 следует, как правило, показывать в соответствии с выраженным на местности положением их уреза в межень, т.е. в период с наиболее устойчивым низким уровнем воды. На планах масштабов 1:1000 и 1:500 данные линии наносят по их положению в натуре на момент съемки. Береговыми линиями водохранилищ считают линии их нормального подпорного горизонта (НПГ). Если в водохранилище уровень воды установился ниже проектной отметки и остается в одном и том же положении в течение ряда лет, то в качестве береговой принимают линию фактически достигнутого уровня. Для водохранилища с изменяющимся горизонтом воды, притом не достигающим НПГ, береговой принято считать линию, отвечающую

среднему многолетнему уровню этого водохранилища, устанавливаемому по материалам Росгидромета. В обоих случаях нанесению на план подлежит и проектный уровень НПГ, но уже другим условным знаком.

Определение отметок уреза воды производят, как правило, с точностью до десятых долей метра. Для планов масштабов 1:1000 и 1:500 на плоские участки с малыми уклонами русел водотоков, по дополнительным требованиям, отметки урезов измеряют и надписывают до сотых долей метра. Отметки урезов воды по рекам, каналам и канавам следует наносить на планы не реже чем через 10–15 см, обязательно у рамок, в местах со значительными изменениями в характере русла и у обозначений гидрографических объектов, имеющих ориентирное и хозяйственное значение. При топографической съемке территорий с водоемами отметку уреза воды дают у каждого из них, если их площадь на планах масштабов 1:5000 и 1:2000 1 см и более, масштабов 1:1000 и 1:500 – 5 см и более, а для единичных озер и прудов – независимо от размеров. Для водохранилищ по рекам необходимо давать отметки их хвостовой части, где подпор воды выклинивается. Условный знак отметки уреза воды нужно размещать по центру изображения водотоков, показываемых на плане в одну линию, и в разрыве обозначения береговой линии – для всех других элементов гидрографической сети.

Реки и ручьи показывают на топографических планах в одну или две линии в зависимости от того, выражаются они или нет по ширине в данном масштабе. Водотоки, передаваемые в одну линию, воспроизводят с постепенным ее утолщением от истоков к устью в пределах 0,12–0,5 мм. Соответственно условный знак «двойных» водотоков применяют, когда ширина их изображения на плане составляет (вместе с береговыми линиями) 0,5 мм и более. При съемках в масштабе 1:5000 двумя линиями передают реки и ручьи шириной русла от 2,5 м, в масштабе 1:2000 – от 1 м, в масштабах 1:1000 и 1:500 – практически все постоянные водотоки.

При характеристике изображений водотоков на топографических планах наряду с урезами воды дают показатели направления и скорости течения, ширины и глубины русла, а также грунта дна. По дополнительным требованиям водотоки с загрязненной водой могут сопровождаться соответствующей надписью после их названия, например: руч. Овражный (загряз). Направление течения передают стрелкой, помещаемой на фоне зеркала воды при достаточной ширине реки на плане, или рядом с руслом, если его ширина не выражается в

масштабе. Данный знак следует применять для всех водотоков с выраженным руслом – постоянно водных, сезонно-водных, сезоннопересыхающих. Скорость течения указывают только при передаче «двойных» водотоков, причем имеют в виду среднюю поверхностную скорость в данном створе, установленную на основе гидрометрических материалов или ряда определений в процессе топографической съемки, которые должны выполняться, как правило, в межень (для планов масштабов 1:1000 и 1:500 одноразового использования допустимо и на момент съемки). Характеристику направления и скорости течения следует давать на планах через каждые 10–15 см, в том числе обязательно в истоках, у перепадов (выше и ниже плотин, порогов, водопадов), устьев притоков и рамок данного плана.

Определение ширины русла, как и положения его береговых линий, производят, как правило, при меженном состоянии водотока.

Глубину рек и ручьев показывают на основе измерений в самом глубоком месте данного створа, причем с точностью до десятых долей метра. Сведения о глубинах судоходных рек следует брать с лоцманских карт. Грунт дна водотоков классифицируют при топографической съемке следующим образом: каменистый (неровные выходы скальных пород, крупные камни) – индекс на плане К, твердый (галечник, ровный монолит, плотная глина) – Т, песчаный плотный – П, вязкий (вязкий, глинистый, вязкий песчаный, вязкий илистый) – В.

Водомерные посты представляют собой устройства для систематического измерения уровня воды в реках, каналах и водоемах. Различают посты свайные (наиболее распространенные), речные и дистанционные автоматизированные (с самопишущими приборами). В таблицах приведены обозначения свайного поста, основными частями которого являются реперы наверху берегового склона и приспособление для отсчета уровня воды в виде ряда свай, спускающегося вниз перпендикулярно к береговой линии и частью уходящего под воду. Наряду с основным изображением поста реперы показывают на плане условными обозначениями соответствующих нивелирных знаков.

У обозначений водомерных постов следует надписывать отметки урезов воды, причем в зависимости от требований проекта работ: на дату съемки, приведенные к межени (по многолетним данным) или те и другие. В последнем случае в числителе дроби дают сведения по

фактическим определениям, в знаменателе – средние для меженного периода.

Основное устройство речных водомерных постов, традиционно называемое на крупных водоемах футштоками, представляет собой рейку с делениями, прикрепленную на уровне воды к набережной, мосту, плотине, отвесной береговой скале. При изображении этих постов на топографических планах знак рейки врисовывают в обозначение соответствующего объекта. Автоматические водомерные посты с самописцами размещают в специальных будках, которые передают на топографических планах как и обычные строения, но с пояснительной надписью «вод. пост» или «вод. п.». Оборудованные гидрометрические створы, в зависимости от назначения и характера водотока, могут иметь различное устройство. Наиболее распространены створы с тросами, натянутыми над водой от одного берега до другого и предназначенными для подвески гидрометрических приборов на время измерений (например, расходов воды и ее скоростей в середине потока). Нередко вдоль троса прокладывают подвесной пешеходный мостик.

Горизонтали проводят на планах через изображения всех топографических объектов, кроме водоемов, рек и каналов, показываемых двумя линиями, оврагов и сухих русел шириной по днису менее 3 мм и обрывов, а также кроме форм рельефа искусственного происхождения – открытых разработок промышленного значения (действующих карьеров), выемок, насыпей, валов корчевания, курганов и т.п. Как правило, горизонтали в пределах стройплощадок не наносят.

При съемке населенных пунктов горизонтали по изображению площадей, улиц и дворов, как имеющих грунтовую поверхность, так и с твердым покрытием, не проводятся.

Утолщенные основные горизонтали применяют для того, чтобы повысить наглядность и читаемость общего рисунка рельефа, а также облегчить счет горизонталей при определении уклонов местности. Утолщение горизонталей при сечении через 1, 2 и 5 м осуществляют для каждой пятой горизонтали; при сечении 0,5 и 2,5 м – для каждой четвертой.

Дополнительные горизонтали наносят для показа на планах не изображающихся основными горизонталями характерных форм рельефа, а также изменений в крутизне склонов. На противолежащих склонах одноименные дополнительные горизонтали должны даваться в обязательном порядке.

Указатели направления скатов (бергштрихи) наносят на горизонтали, воспроизводящие вершины, котловины и седловины, участки с малыми уклонами и затруднительные для чтения рельефа, а также у рамок плана.

Надписи горизонталей следует ориентировать основанием цифр вниз по скату, причем по возможности к южной или восточной рамкам плана. При сечении рельефа горизонталями через 0,5 или 2,5 м надписи на них в виде десятичной дроби дают только на соответствующих горизонталях, а на всех остальных – в целых метрах (например, в первом случае – 112.5; во втором – 120, а не 120.0).

При размещении надписей горизонталей следует исходить из того, что в сочетании с отметками высот они должны обеспечивать быстрое определение высотного положения любой точки плана.

Количество отметок высот на каждом плане должно быть в среднем от 5 до 15 на дм^2 с включением всех наиболее характерных точек данной территории.

Знаком земляных обрывов показывают крутые обнаженные склоны возвышенностей или долин, сложенные в основном рыхлыми породами. Данный знак применяют при глубине обрывов на местности не менее половины принятого сечения рельефа, причем для планов с сечением 0,5, 1 и 2 м это должно составлять 0,25 м и более, а для планов с сечением 2,5 и 5 м – один метр и более. Число штрихов в принятом знаке определяют протяженностью обрыва, минимальное их количество – три штриха. Длина последних должна соответствовать величине проекции каждого изображаемого обрыва на плоскость. При передаче обрывов большой протяженности и глубины, особенно на планах масштабов 1:1000 и 1:500, допускается разрежение штрихов до трех раз (против образца в таблице) с одновременным нанесением вдоль подножия обрыва через концы штрихов коричневой пунктирной линии. У обозначения обрывов дают их метрические показатели, причем предпочтительнее, чтобы это были абсолютные отметки верха и подножия обрывов. В случаях когда ограничиваются характеристикой относительной глубины обрывов, ее нужно определять по вертикали; место измерения закрепляют на плане знаком соответствующей точки.

Ямы, как элемент рельефа, изображают при топографических съемках двояко: естественного происхождения – коричневым цветом, искусственного (в том числе с оплывшими стенками) – черным. Глубину ям указывают с точностью до десятых долей метра.

Растительность при изображении на топографических планах подразделяют: на древесную – естественные и высокоствольные леса, угнетенные низкорослые и карликовые леса, криволесье, поросль, саженные высокоствольные леса, молодые лесопосадки и лесопитомники, полосы древесных насаждений, редколесья, буреломы, участки горелого и вырубленного леса, отдельно стоящие деревья, заросли стланика, бамбука и мангровые; кустарниковую (включая саксаульники), полукустарниковую и кустарничковую; травяную, моховую и лишайниковую. На данных планах особо выделяют культурную растительность.

Для передачи на планах растительности, изображаемой кружками в геометрически правильной системе, следует в каждом вытянутом контуре ряды кружков давать параллельно его длинной оси; исключение – когда эта ось идет примерно под углом 45° к рамкам. В последнем случае, а также для всех других контуров, включая имеющие сложную неправильную форму и занимающие большие площади, кружки размещают параллельно южной рамке плана.

Условный знак высокоствольного редколесья применяют для изображения древостоев, не имеющих сплошного полога, т.е. сомкнутость менее 20%, с просветами между кронами в лесах средней полосы 2–5 диаметров крон (в зависимости от пород деревьев).

Редколесье воспроизводят на планах обязательно в сочетании со знаками основного угодья – кустарников, моховой растительности и др.

Условный знак полосы древесных насаждений предусматривает применение как минимум трех кружков; крайние из них должны точно передавать начало и конец полосы, остальные – примерно воспроизводить размещение деревьев в натуре.

Условный знак полосы древесных насаждений следует применять для передачи не только древостоев защитного назначения в сельской местности, но также и аллей и рядов деревьев на улицах городов, поселков.

На планах масштабов 1:1000 и 1:500 все отдельно стоящие деревья, как правило, изображают в «виде сбоку». Однако на этих планах при большом количестве в населенных пунктах отдельно стоящих деревьев на улицах, внутри кварталов и по приусадебным участкам, допускается передавать кружками те из данных деревьев, которые не имеют ориентирного или культурно-исторического значения.

К травяной луговой растительности на планах принято относить разнотравье лугов средней полосы, травостой лесных полян и степных

балок, тундровые и низкотравные горные луговины, приморские и приречные луга.

К ограждениям при топографической съемке относят: ограды каменные, железобетонные, глинобитные и металлические высотой 1 м и более и высотой менее 1 м, а также сохранившиеся стены исторического значения; заборы деревянные с разными фундаментами и опорами; ограждения проволочные различного строения; изгороди, плетни и трельяжи.

Все виды ограждений воспроизводят на планах с таким расчетом, чтобы выступающие детали их обозначений были ориентированы внутрь огражденной территории (исключение – когда последняя имеет большую графическую нагрузку). Принятый порядок начертания ограждений следует сохранять по всему их данному периметру. Разграничение ограждений по условным знакам производят при длине этих объектов в масштабе плана 0,5 см и более (вдоль фасадной линии домов – от 1 см). При меньшей длине ограждений их передают одинаково – тонкими линиями черного цвета.

На всех ограждениях при съемках в масштабах 1:500 и 1:1000, а также 1:2000 предусматривается показ ворот, но на последних – только достаточно широких, чтобы они могли быть выражены в масштабе данных планов. Внутриусадебные ограждения при топографических съемках, как правило, не показывают.

Ограды каменные, железобетонные и глинобитные на планах масштабов 1:500 и 1:1000 могут быть воспроизведены не только по их длине, но также и ширине (большей частью). Соответственно их должны изображать двойной линией, а при наличии выступов размером в масштабе плана 0,5 мм и более – с сохранением их конфигурации.

Надписи названий улиц и переулков располагают по оси их изображения основанием букв к югу или востоку.

Надписи названий рек, ручьев, оврагов, балок, каналов и других протяженных сооружений размещают вдоль их изображений не реже чем через каждые 15–20 см, причем для рек и оврагов обязательно в верховьях, против мест впадения боковых притоков и около рамок плана. Если эти объекты имеют разные названия на различных участках, то надпись следует наносить так, чтобы было ясно, в каких местах данные названия изменяются. При наличии на одном и том же участке двух названий вторые из них дают на планах в скобках за основным названием или под ним.

Численные характеристики объектов местности дают на планах курсивом, за исключением надписей горизонталей и изобат, а также количества этажей в зданиях, для которых принят прямой шрифт.

Пояснительные надписи надлежит располагать на планах по преимуществу горизонтально, справа от характеризуемых объектов, на участках, наименее загруженных другими обозначениями. В зависимости от наличия на плане места эти надписи могут применяться в полной или сокращенной форме, притом в двух вариантах, например, для слова «Большой» (как части собственного названия) – Бол., Б., для слова «металлический» (как пояснительного термина) – мет., М.

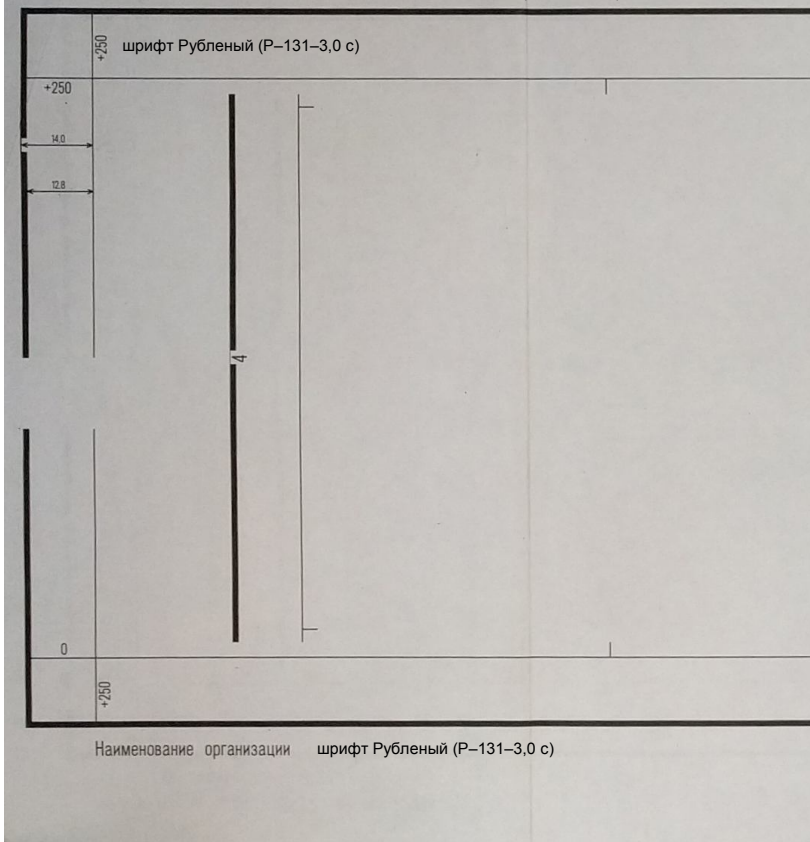
Надписи за рамками топографических планов наносят согласно прилагаемым образцам их оформления.

В зарамочном оформлении планов обязательно указывают метод и год их создания.

Зарамочные надписи над северной и под южной рамками топографических планов являются основными, имеющими стандартное содержание. За внешней западной рамкой надписи не дают. Соответствующая полоса вдоль восточной рамки плана при необходимости используется для размещения надписей, дополнительно характеризующих особенности съемочных работ и применения условных знаков.

Система координат местная шрифт Рубленый (Р-131-3,0 с)

Название области (края, АССР, округа) шрифт Топографический полужирный
(Т-132-3,8 с)



Образец оформления рамки для планов масштабов 1:1000, 1:500 (правый фрагмент)

1:500	НАИМЕНОВАНИЕ МИНИСТЕРСТВА ИЛИ ВЕДОМСТВА									
	шрифт Топографический полужирный (Т-132-3,8 зг.)									
шрифт Топографический полужирный (Т-132-6,0)	Название населенного пункта и площадки									
Схема участка <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	8	9	10	9 1:500 шрифт Топографический полужирный (Т-132-4,0) В 1 сантиметре 5 метров Сплошные горизонтали проведены через 0,5 метра Система высот . . . шрифт Рубленый (Р-131-3,0 с)
	1	2	3							
	4	5	6							
8	9	10								

Учебное издание

Калинин Виталий Германович
Тюняткин Дмитрий Геннадьевич
Микова Ксения Дмитриевна

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ

Часть II. Практические аспекты

Учебное пособие

Редактор *Л. А. Богданова*
Корректор *Л. И. Семицветова*
Компьютерная верстка:
В. Г. Калинин, Д. Г. Тюняткин, К. Д. Микова

Подписано в печать 22.01.2018. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 4,77. Тираж 100 экз. Заказ 105

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990, г. Пермь, Букирева, 15

Изготовлено: ИП Баранова Л.В.
618521, Пермский край, Соликамский р-н, п.Тюлькино,
ул. Набережная, 1, кв. 2