

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»**

Кафедра кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии

**СПОСОБЫ И СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

**к выполнению практических работ
для студентов направления
21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование»
(профиль «Геодезия»)
всех форм обучения**

Воронеж 2022

В методических рекомендациях приводится описание выполнения практических работ по курсу «Способы и средства реализации технологических процессов топографо-геодезических работ».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование» (профиль «Геодезия») всех форм обучения.

Введение

Данные методические указания предназначены для студентов по направлению 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование» для выполнения контрольных работ и закрепления пройденного теоретического материала по курсу «Способы и средства реализации технологических процессов топографо-геодезических работ».

Геодезия изучает методы, технику и организацию геодезических работ, выполняемых при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений. Данная дисциплина опирается на математику и физику, тесно связана с вычислительной техникой. Современные геодезические средства измерений созданы на основе новейших достижений физики, точной механики, радиоэлектроники. В практику топографо-геодезических работ внедряются новые электронные и лазерные приборы, спутниковые навигационные системы. Много внимания уделяется вопросам автоматизации полевых и камеральных топографо-геодезических работ на базе применения компьютерных технологий.

В соответствии с принципом непрерывной математической подготовки студентов при изучении геодезии используются знания, полученные при изучении математики, а также обеспечивается практическое применение и закрепление этих знаний при выполнении расчетов, связанные с решением инженерно-геодезических задач.

Программа курса включает следующие разделы:

- Построение опорной, съемочной сетей и выполнение геодезических съемок;
- Создание топографических карт, планов и разрезов местности;
- Решение инженерно-технических задач.

Во время аудиторных занятий освещаются основные вопросы теории, принципы и схемы вывода формул, их значение и практическое применение, выделяется наиболее трудный для усвоения учебный материал, излагаются вопросы программы, которые не нашли должного отражения в учебной литературе, даются методические указания по самостоятельному изучению учебной литературы, способствующие целостному восприятию и глубокому пониманию учебного материала, и своевременному выполнению контрольных работ.

Студенты выполняют следующие лабораторные работы: определение прямоугольных и географических координат по карте; построение профиля по заданному направлению; измерение длин линий по карте; определение площадей по карте с помощью палетки и планиметра; изучение устройства буссоли и компаса; измерение длин линий и углов наклона на местности; производство глазомерной съемки; изучение устройства теодолита и его проверки; установка теодолита на станции, измерение горизонтального угла; съемка ситуации полярным способом; вычисление координат теодолитного хода; построение плана полигона; изучение устройства нивелира и его проверки; производство геометрического нивелирования способом из середины; обработка журнала технического нивелирования; построение продольного профиля трассы.

Методические указания содержат рекомендации к выполнению контрольных работ по темам: «Камеральные работы при теодолитной съемке» и «Обработка журнала технического нивелирования. Построение профиля трассы».

*Методические рекомендации по выполнению и оформлению
контрольных работ*

Контрольная работа выполняется в соответствии с вариантом (по последней цифре номера зачетной книжки студента) в ученической тетради в клетку, на одной стороне листа оставляют поля 30 мм. На первой странице необходимо указать номер варианта, не допускается выполнять чужой вари-

ант. Работа должна быть написана четким, разборчивым почерком пастой синего или черного цвета. Содержание вопросов и условие переписываются полностью без сокращений. В конце работы указывается список литературы и дата выполнения. Ответы должны быть полными по существу и краткими по форме. На обложке тетради указывается название предмета, номер варианта, группа, фамилия студента и фамилия преподавателя.

При выполнении контрольной работы необходимо не только дать исчерпывающее решение задач, предусмотренных заданием, но и составить краткую пояснительную записку с анализом полученных результатов, а также привести ответы на контрольные вопросы, которые предусмотрены заданием.

К экзаменам допускаются студенты, выполнившие домашнюю контрольную работу.

Критерии оценки контрольной работы

К проверке допускаются контрольные работы, предоставленные преподавателю в установленные сроки.

Оценка **«отлично»** - соответствует вариант, имеются ответы на все вопросы, ответы раскрыты полностью, задачи решены правильно, без замечаний, выдержан объем, соблюдены требования к оформлению.

Оценка **«хорошо»** - работа сдана в указанные сроки, соответствует вариант, имеются незначительные ошибки в изложении материала и решении задач.

Оценка **«удовлетворительно»** - вариант соответствует, работа сдана не вовремя, задачи решены правильно на 50%.

Оценка **«неудовлетворительно»** - вариант не соответствует, работа сдана не вовремя, выполнены не все задания, имеются серьезные ошибки в решении задач.

Необходимо помнить, что выполнение контрольных работ на основе предварительно изученного и усвоенного учебного материала, соблюдение правил и методических указаний исключают появление ошибок и обеспечивают получение прочных знаний.

Программа междисциплинарного курса

Общие сведения о геодезии

Предмет, задачи и содержание геодезии как науки, связь прикладной геодезии с другими дисциплинами учебного плана.

Задачи и значение геодезии в экономическом развитии страны. Значение геодезической подготовки для выпускников специальности 21.02.14 Маркшейдерское дело.

Краткий исторический очерк развития геодезии. Организационная структура геодезической службы. Основные понятия и сведения о форме и размерах Земли. Физическая и уровенная поверхности. Поверхность земного эллипсоида. Референц-эллипсоид Ф.Н. Красовского. Система координат и высот, принятая в России. Влияние кривизны Земли при определении горизонтальных расстояний и высот.

Понятие о плане и карте, различия между ними. Масштабы топографических карт: численный, линейный и поперечный. Точность масштаба. Основные линии и плоскости земного эллипсоида. Графики заложений. Условные знаки на топографических планах и картах. Координаты, применяемые в геодезии: географические, прямоугольные, полярные.

Понятие об ориентировании. Ориентирующие углы: истинный азимут, магнитный азимут, дирекционный угол, румб. Приборы для измерения магнитных азимутов. Виды буссолей, их устройство, проверки. Измерение магнитных азимутов с помощью буссоли. Ориентирование карты с помощью компаса и буссоли.

Раздел 1. Построение маркшейдерской опорной, съемочной сетей и выполнение геодезических съемок

1.1. Построение маркшейдерской опорной и съемочных сетей

Общие сведения о построении геодезических сетей. Методы создания высотных и плановых сетей. Способы закрепления и обозначения геодезических пунктов на местности. Производство геодезических работ при создании опорных и съемочных сетей. Методы и организация работ по созданию геодезических сетей. Краткие сведения о теории погрешностей измерений. Способы определения погрешностей. Определение поправок центрировки и редукции опорных знаков. Правила уравнивания опорных и съемочных сетей.

1.2. Производство горизонтальной съемки

Геодезические работы при создании полигонометрических ходов. Основные этапы работ и порядок их производства. Принципы работы и устройство геодезических приборов. Производство поверок и юстировок теодолитов. Производство угловых измерений. Способы измерений (приемов и повторений). Измерение горизонтальных углов способом круговых приемов. Измерение углов наклона теодолитом. Методика производства съемочных работ. Подготовительные работы. Рекогносцировка местности. Полевые работы. Создание съемочного обоснования. Камеральная обработка результатов измерений. Составление контурного плана местности.

1.3. Производство высотной съемки

Виды и назначение нивелирования. Сущность геометрического нивелирования. Способы нивелирования. Принцип работы и устройство нивелиров. Классификация нивелиров. Технические возможности отечественных и зарубежных нивелиров. Производство поверок и юстировок нивелиров. Производство геометрического нивелирования. Тригонометрическое нивелирование.

1.4. Спутниковая съемка

Создание маркшейдерских сетей спутниковой геодезии. Возможности и особенности применения геоинформационных технологий на производстве.

Раздел 2. Создание топографических карт, планов и разрезов местности

2.1. Топографические планы и карты

Понятие о карте, плане, профиле. Основные элементы планов и карт. Разграфка и номенклатура карт и планов. Изображение рельефа местности. Свойства горизонталей. Основные формы рельефа. Изображение ситуации на топографических планах. Условные топографические знаки. Профиль местности. Проекции, применяемые при создании карт и планов.

2.2. Решение задач по топографическим картам

Построение графика заложений для топографических планов и карт разных масштабов. Определение длин линий и ориентирных углов на топографических планах. Определение абсолютных высот, уклона и крутизны ската. Способы определения площадей.

2.3. Общие сведения о топографических съемках

Сущность, назначение и виды топографических съемок. Приборы и оборудование для производства работ. Общие сведения о методах измерений. Предъявляемые требования к топографическим съемкам.

2.4. Тахеометрическая съемка

Виды геодезических работ при тахеометрической съемке. Принципы работы и устройство геодезических приборов и оборудования. Производство полевых измерений. Методы обработки результатов измерений. Нанесение точек съемочного обоснования на план. Нанесение ситуации на план.

2.5. Фототеодолитная съемка

Сущность фототопографической съемки. Методика производства съемочных работ.

2.6. Мензульная съемка

Сущность мензульной съемки. Методика производства съемочных работ.

2.7. Съемки пониженной точности

Общие сведения о буссольной съемке. Производство глазомерной съемки.

Раздел 3. Решение инженерно-технических задач

3.1. Производство геодезических работ при строительстве горных предприятий

Сущность разбивочных работ. Геодезическое обоснование для перенесения объекта в натуру. Способы подготовки геодезических данных для перенесения проектов сооружений в натуру. Способы перенесения проектов сооружений в натуру. Разбивочные работы для вертикальной планировки. Подсчет объемов земляных работ при планировке. Геодезический контроль за соблюдением геометрических требований проектов сооружений. Определение границ землепользования горного и земельного отводов.

3.2. Основы топографического черчения

Правила топографического черчения. Требования к инструментам, принадлежностям и материалам, применяемым в топографическом черчении. Объекты ситуации местности, изображаемые на топографических планах и картах.

Методические указания к изучению разделов программы

Общие сведения о геодезии

Необходимо четко понимать применяемые в геодезии термины. Уяснить, почему обработку геодезических измерений выполняют на поверхности референц-эллипсоида, какое влияние оказывает кривизна Земли на результаты измерений.

Особое внимание необходимо обратить на выявление принципиальных различий между картой и планом, уяснение понятия «точность масштаба», различий между масштабными немасштабными условными знаками, понимание сущности способа изображения рельефа горизонталями, а также на типы задач, решаемых по топографическому плану или карте, и методику их решения. Для приобретения навыков решения задач по топографическому плану предусмотрены лабораторные работы. Полное и сознательное выполнение индивидуального задания к лабораторным работам – необходимое

условие грамотного использования топографических планов и карт в качестве топоосновы при решении многих прикладных задач.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют уровенной поверхностью?
2. Почему обработку геодезических измерений выполняют на поверхности референц-эллипсоида?
3. Какие системы координат используют в геодезии?
4. Что такое топографический план и топографическая карта? В чем их сходство и различие?
5. Что называется, масштабом карты (плана) и как он выражается?
6. Что называется, предельной точностью масштаба?
7. Что называется, высотой сечения рельефа и заложением?
8. Как определить отметку точки, лежащей между горизонталями?
9. Что такое уклон и по какой формуле он определяется?
10. Как построить график заложений для уклонов?

Раздел 1. Построение маркшейдерской опорной, съемочной сетей и выполнение геодезических съемок

При изучении способов выполнения линейных измерений необходимо проанализировать применение различных мерных приборов. Обратить внимание на оценку точности линейных измерений и способы компарирования мерных лент. Необходимо уделить внимание порядку измерения линий, значительно превышающих длину мерного прибора.

Обратите внимание на понятие геодезического пункта, классификацию геодезических сетей и методов их создания и развития.

Необходимо уяснить сущность и назначение теодолитной съемки. Уделить внимание устройству теодолитов, их классификации и производству поверок приборов. В методических указаниях к контрольной работе №1 подробно рассматривается порядок выполнения камеральных работ теодолитной съемки.

Сложность самостоятельного изучения темы заключается в том, что без полевой практики целый ряд вопросов (состав и методика проведения полевых работ, содержание полевой документации) трудно воспринимается. Раскрытию существа этих вопросов уделяется основное внимание в установочной лекции по теме.

Важно уяснить сущность и назначение нивелирования. Изучить основные виды нивелирования. Уделить внимание устройству нивелиров, их классификации и производству поверок приборов. В методических указаниях к контрольной работе №2 подробно рассматривается порядок выполнения математической обработки результатов технического нивелирования и построения продольного профиля трассы.

Вопросы для самоконтроля

1. Что значит ориентировать линию? Что называют азимутом и румбом?
2. Что называют географическим или истинным азимутом?
3. Какова зависимость между прямым и обратным дирекционными углами?
4. Какова связь между дирекционными углами и румбами?
5. Какой из способов измерения длин линий является наиболее точным?
6. Как производится «вешение линии»?
7. В каких случаях целесообразно применение глазомерной съемки?
8. Как определить точность верньера теодолита?
9. Как теодолиты классифицируются по точности?
10. Как вычислить дирекционный угол линии теодолитного хода по начальному дирекционному углу и горизонтальному углу (правому) между этими линиями?
11. Каковы основные способы съемок ситуации и их сущность?
12. Какие основные ошибки влияют на точность измерения горизонтального угла теодолитом?
13. Что называется абрисом съемки?

14. Что называется, визирной осью и коллимационной плоскостью трубы?
15. По каким причинам может появиться при полевых измерениях замкнутого полигона недопустимая невязка?
16. Назовите знаки приращений координат по четвертям.
17. Как вычисляется абсолютная линейная невязка в замкнутом теодолитном ходе?
18. Назовите область применения теодолитной съемки?
19. Что собой представляет линейка Дробышева? Каково ее назначение?
20. Как выполняется нанесение точек по координатам на план?
21. Каким образом вносятся поправки в приращения координат?
22. Какие точки называются связующими?
23. Как определяется горизонт инструмента?
24. Как определяются высотные отметки промежуточных точек?
25. В каких случаях применяется продольное техническое нивелирование?
26. Какие виды нивелирования Вы знаете?
27. Опишите порядок нивелирования точек способом «из середины».
28. Какой из способов нивелирования является наиболее точным?
29. Порядок разбивки пикетажа перед производством технического нивелирования трассы.
30. Как производится разбивка и нивелирование поперечников.
31. Каким образом выбирается положение проектной линии на профиле трассы?

Методические указания к выполнению

контрольной работы № 1

Тема. Камеральные работы при теодолитной съемке

Обработка материалов полевых измерений заключается в проверке полевых журналов и абрисов, составлении схемы с выпиской средних значений углов и длин линий, обработке результатов угловых и линейных измере-

ний с вычислением координат точек теодолитных ходов. Вычисления должны выполняться в определенной последовательности.

1. Средние значения измеренных углов записывают в ведомость вычисления координат (приложение 1).

2. Определяют невязку в углах замкнутого теодолитного хода из выражения

$$f_{\beta} = \sum \beta_{np} - \sum \beta_m, \quad (1)$$

где $\sum \beta_{np}$ - сумма практически измеренных углов;

$\sum \beta_m$ - теоретическая сумма внутренних углов полигона, определяемая по формуле

$$f_m = 180^{\circ} (n - 2), \quad (2)$$

где n – число углов полигона.

3. Сравнивают полученную величину f_{β} с допустимой угловой невязкой, вычисляемой по формуле

$$f_{\beta_{дон}} = \pm 1,5' \sqrt{n}. \quad (3)$$

Результаты вычислений, указанных в пунктах 2 и 3, записывают под итоговой чертой (приложение 1).

4. Полученную невязку f_{β} распределяют с обратным знаком на все углы поровну. Если невязка не кратна числу углов, то большую поправку получают углы, составленные более короткими или разными сторонами. Для простоты дальнейшей обработки величины исправленных углов округлены до $1'$.

5. Для ориентирования полигона в рассматриваемом примере привязка основного теодолитного хода произведена к полигонометрическим пунктам 29 и 30 (приложение 3, схема привязки теодолитного хода).

Дирекционный угол этой линии α_{29-30} определяется из решения обратной геодезической задачи по формуле

$$\alpha_{29-30} = \frac{Y_{30} - Y_{29}}{X_{30} - X_{29}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}. \quad (4)$$

Для привязки основного теодолитного хода к опорным пунктам был измерен правый по ходу угол при точке 30 и правый угол при точке 1.

По дирекционному углу линии, соединяющей пункты 29 и 30, вычисляют дирекционный угол стороны, лежащей между 1 и 2 вершинами основного полигона, в таком порядке

$$\begin{aligned}\alpha_{30-1} &= \alpha_{29-30} + 180^\circ - \beta_{30}; \\ \alpha_{1-2} &= \alpha_{30-1} + 180^\circ - \beta_1.\end{aligned}\quad (5)$$

В данной контрольной работе не будет производиться вычисление дирекционного угла стороны 1-2. Значение дирекционного угла α_{1-2} будет приниматься в соответствии с вариантом по учебному журналу.

6. Зная исходный дирекционный угол стороны 1-2 α_{1-2} основного полигона, по правым исправленным углам вычисляют дирекционные углы последующих сторон (приложение 1):

$\alpha_{1-2} \quad 330^\circ 39' \quad - \text{СЗ: } 29^\circ 21' \text{ (румб)}$	$\alpha_{3-4} \quad 93^\circ 04' \quad - \text{ЮВ: } 86^\circ 56'$
+	+
$\frac{180^\circ}{510^\circ 39'}$	$\frac{180^\circ}{273^\circ 04'}$
-	-
$\frac{124^\circ 20'}{386^\circ 10'}$	$\frac{114^\circ 35'}{158^\circ 29'}$
-	$\alpha_{4-5} \quad 158^\circ 29' \quad - \text{ЮВ: } 21^\circ 31'$
$\frac{360^\circ}{26^\circ 10'}$	+
$\alpha_{2-3} \quad 26^\circ 10' \quad - \text{СВ: } 26^\circ 10'$	$\frac{180^\circ}{338^\circ 29'}$
+	-
$\frac{180^\circ}{206^\circ 10'}$	$\frac{94^\circ 45'}{243^\circ 44'}$
-	$\alpha_{5-1} \quad 243^\circ 44' \quad - \text{ЮЗ: } 63^\circ 44'$
$\frac{113^\circ 06'}{93^\circ 04'}$	+
$\alpha_{3-4} \quad 93^\circ 04' \quad - \text{ЮВ: } 86^\circ 56'$	$\frac{180^\circ}{423^\circ 44'}$
	-
	$\frac{93^\circ 05'}{330^\circ 39'}$
	$\alpha_{1-2} \quad 330^\circ 39' \quad (\text{контроль})$

Румбы сторон теодолитного хода вычисляются следующим образом:

- если значение дирекционного угла находится в пределах от 0° до 90° , то линия теодолитного хода расположена в I четверти или северо-восточной (СВ), значение дирекционного угла вычисляется по формуле

$$r = \alpha; \quad (6)$$

- если значение дирекционного угла находится в пределах от 90° до 180° , то линия теодолитного хода расположена в II четверти или юго-восточной (ЮВ), значение дирекционного угла вычисляется по формуле

$$r = 180^\circ - \alpha ; \quad (7)$$

- если значение дирекционного угла находится в пределах от 180° до 270° , то линия теодолитного хода расположена в III четверти или юго-западной (ЮЗ), значение дирекционного угла вычисляется по формуле

$$r = \alpha - 180^\circ ; \quad (8)$$

- если значение дирекционного угла находится в пределах от 270° до 360° , то линия теодолитного хода расположена в IV четверти или северо-западной (СЗ), значение дирекционного угла вычисляется по формуле

$$r = 360^\circ - \alpha. \quad (9)$$

7. Вычисленные значения дирекционных углов и румбов заносят в ведомость вычисления координат в графы 4 и 5 (приложение 1).

8. Приращения координат вычисляют по формулам

$$\begin{aligned} \Delta x &= d \cdot \cos \alpha \quad \text{или} \quad \Delta x = d \cdot \cos r, \\ \Delta y &= d \cdot \sin \alpha \quad \text{или} \quad \Delta y = d \cdot \sin r, \end{aligned} \quad (10)$$

где d – горизонтальное проложение линии теодолитного хода;

α – дирекционный угол линии хода;

r – румб линии хода.

Рационально расчеты выполнять с помощью инженерного микрокалькулятора с использованием формул, содержащих дирекционные углы. При отсутствии микрокалькулятора (с функциями) приращения координат можно вычислить с помощью таблиц натуральных значений тригонометрических функций, используя формулы, содержащие румбы. Знаки приращений определяют по значению четверти и соответствующим им значениям румбов (табл. 1).

Таблица 1

Знаки приращений координат

	Четверть I (СВ)	Четверть II (ЮВ)	Четверть III (ЮЗ)	Четверть VI (СЗ)
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-

Вычисленные приращения записывают в ведомость координат (приложение 1).

Сумма приращений замкнутого полигона теоретически должна равняться нулю ($\Delta x=0$; $\Delta y=0$). Вследствие неизбежных погрешностей в измерении углов и линий фактические суммы приращений не бывают равны теоретическим и, следовательно, получаются невязки в приращениях.

В рассматриваемом примере (приложение 1) по основному полигону

$$\Sigma \Delta x = f_x = -0,03 \text{ м} \quad \text{и} \quad \Sigma \Delta y = f_y = -0,29 \text{ м}.$$

Линейную (абсолютную) невязку полигона определяют по формуле

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (11)$$

В рассматриваемом примере $f_{abc} = \pm 0,29 \text{ м}$.

Относительную невязку вычисляют по формуле

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{f_{abc} : f_{abc}}{P : f_{abc}} = \frac{1}{P : f_{abc}}. \quad (12)$$

В рассматриваемом примере

$$f_{отн} = \frac{1}{772,11 : 0,29} = \frac{1}{2660} \leq \frac{1}{2000}.$$

Так как полученная невязка меньше допустимой, то полигон может быть увязан. Невязки в приращениях распределяют с обратным знаком на все приращения пропорционально длинам линий. Поправки вычисляют по формулам

$$\begin{aligned} v_x &= -\frac{f_x}{P} d_i; \\ v_y &= -\frac{f_y}{P} d_i, \end{aligned} \quad (13)$$

где P – общая длина хода (периметр), d_i – горизонтальное проложение линии хода.

Величины v_x , v_y записывают в соответствующих графах ведомости вычисления координат, поправки пишут над вычисленными приращениями (приложение 1).

В рассматриваемом примере

$$v_x = -\frac{f_x}{P} d_i = -\frac{-0,03 \cdot 166,08}{772,11} = +0,01 \text{ м};$$

$$\nu_y = -\frac{f_y}{P} d_i = -\frac{-0,29 \cdot 166,08}{772,11} = +0,06 \text{ м.}$$

Суммируя вычисленные приращения и поправки получают исправленные приращения. Сумма исправленных приращений должна равняться 0 (приложение 1, графы 9,10).

10. Координаты вершин полигона вычисляют по формулам

$$\begin{aligned} X_n &= X_{n-1} + \Delta x; \\ Y_n &= Y_{n-1} + \Delta y. \end{aligned} \quad (14)$$

В рассматриваемом примере координаты точки 1 заданы ($X_1=7020,00\text{м}$; $Y_1=2110,00\text{м}$), они определяются в результате привязки теодолитного хода к пунктам опорной геодезической сети.

Координаты точки 2 будут равны

$$\begin{aligned} X_2 &= X_1 + \Delta x = 7020,00 + 144,77 = 7164,77 \text{ м;} \\ Y_2 &= Y_1 + \Delta y = 2110,00 - 81,34 = 2028,66 \text{ м.} \end{aligned}$$

Координаты точек 3,4,5 вычисляются аналогичным образом (приложение 1, графы 11,12).

В результате вычислений координат вершин замкнутого полигона должны получить координаты начальной точки.

Построение координатной сетки. Основой для нанесения планов служит координатная сетка. При съемке больших площадей они состоят из отдельных планшетов размером $50 \times 50 \text{ см}$, со стороной квадрата координатной сетки, равной 10 см . При составлении планов отдельных участков сторона квадрата сетки может иметь иные размеры.

В большинстве случаев координатную сетку строят с помощью линейки Ф.В. Дробышева (рис. 1). Это металлическая линейка шириной 50 мм и толщиной 5 мм с одним скошенным ребром, служащим для прочерчивания прямых. По оси линейки на расстоянии 10 см друг от друга расположено шесть прямоугольных окошечек, в каждом из которых одна сторона, применяемая для прочерчивания коротких отрезков, скошена. Скошенный край первого выреза, имеющего подпись 0, сделан по прямой. У следующих окошечек, подписанных 10,20,30,40 и 50, скошенные края представляют собой

дуги концентрических окружностей, центр которых расположен на пересечении скошенного края первого окошечка со штрихом, идущим по оси линейки, равны соответственно 10,20,30,40 и 50см.

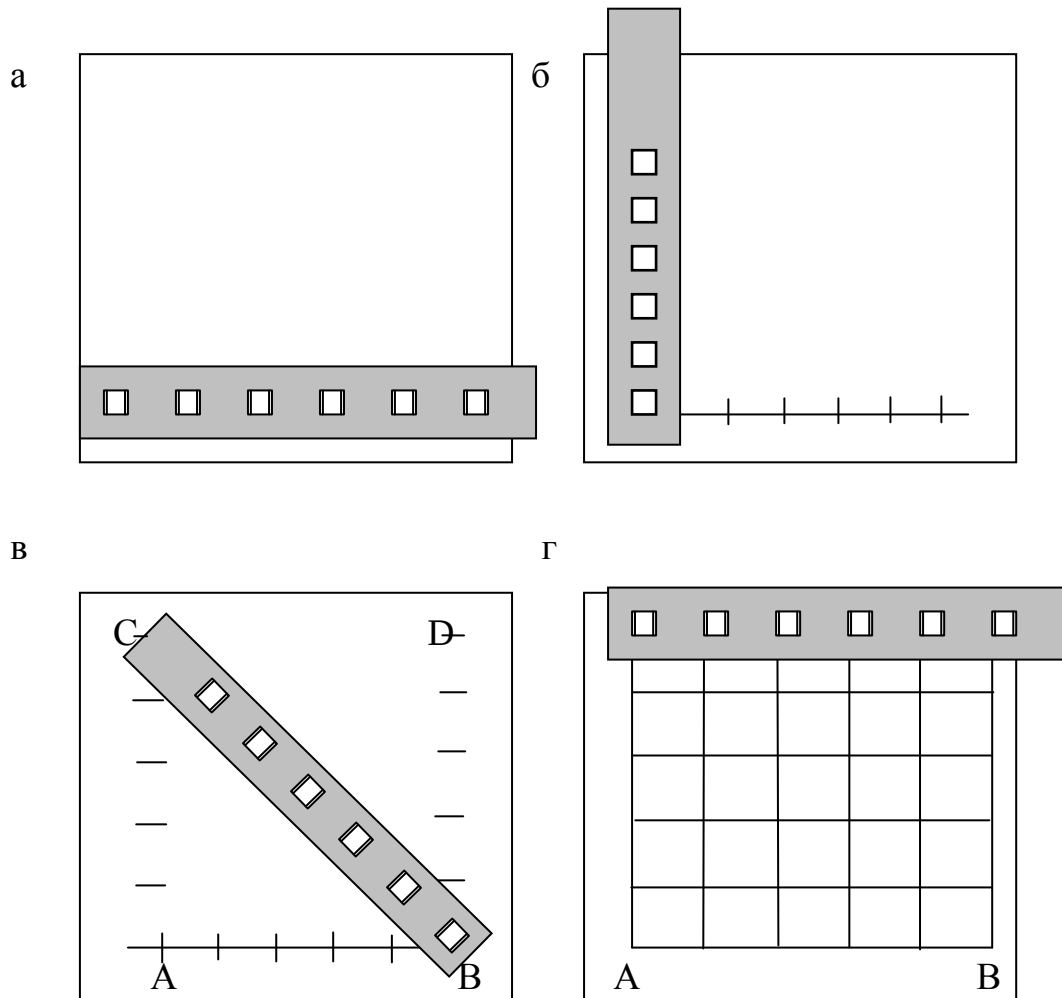


Рис. 1. Схема построения координатной сетки

Порядок построения координатной сетки 50×50см следующий

- 1) оставив внизу листа бумаги место для подписей и рамок, проводят по скошенному краю линейки тонкую прямую линию (рис. 1,а);
- 2) накладывают на эту линию линейку так, чтобы крайние окошечки были симметричны относительно левого и правого краев листа, а нулевой штрих первого окошечка совпадал с этой прямой;
- 3) по скошенным краям всех окошечек проводят короткие дуги, которые разбивают линию на пять отрезков по 10 см каждый. Крайние точки А и В являются вершинами квадрата со стороной 50см;

4) перекладывают линейку на глаз перпендикулярно к АВ по левому краю листа и, совместив нулевой штрих с точкой А, вновь прочерчивают дуги по всем скошенным краям окошечек (рис. 1,б);

5) затем, совместив нулевой штрих с точкой В, располагают линейку по диагонали листа, находят пересечение скошенного конца линейки с дугой, прочерченной по окошечку с номером 50, найденная точка С будет третьей вершиной квадрата 50×50см (рис. 1,в);

6) совершенно аналогично находят четвертую вершину D;

7) прикладывают нулевой штрих линейки к точке С и проверяют, равен ли отрезок CD 50см, а затем делят его на части по 10см каждая (рис. 1,г);

Построение небольшого числа квадратов сетки может быть произведено при помощи *циркуля-измерителя* и *масштабной линейки*. На листе бумаги, размер которого рассчитан согласно координатам вершин полигона, с помощью выверенной линейки проводят диагонали.

От точки пересечения диагоналей по всем четырем направлениям откладывают равные отрезки. Концы отрезков соединяют прямыми линиями и получают прямоугольник, являющийся базой для построения сетки. На сторонах прямоугольника откладывают при помощи циркуля-измерителя отрезки по 10см. Соединив соответствующие точки противоположных сторон прямоугольника, получают сетку квадратов.

Координатную сетку подписывают (оцифровывают), принимая верхний край ее за северный (счет абсцисс снизу вверх), а левый за западный (счет ординат слева направо). Подписи сторон сетки должны быть кратными величине, выражающейся в масштабе плана отрезком длиной 10см.

Нанесение точек по координатам. Для нанесения точки на план нужно прежде всего по координатам определить квадрат сетки, в котором она должна располагаться. В рассматриваемом примере точка 1 имеет координаты $X_1=7020,00\text{м}$; $Y_1=2110,00\text{м}$. Следовательно, она находится в квадрате с абсциссами 7000 и 7200м и ординатами 2000 и 2200м (приложение 4). От нижней границы этого квадрата откладывают вверх по его вертикальным

сторонам отрезки, равные 20,00м в масштабе плана, отмечая полученные точки тонким наколом иглки измерителя. Приложив к этим точкам линейку, соединяют их. После этого, отложив от линии ординат 2000,00м по прочерченной линии 110,00м в масштабе плана, находят искомую точку 1, которую накалывают и обводят кружочком. Все построения выполняют с помощью масштабной линейки с точностью до 0,1мм.

После того, как точки нанесены на план, их соединяют между собой, получая съемочное обоснование, с точек и сторон которого затем производят построения, необходимые для нанесения на план элементов ситуации.

Нанесение ситуации. Основным документом для нанесения ситуации служит абрис (приложение 3).

Точки ситуации наносят таким же методом, каким производилась их съемка. При этом расстояния откладывают при помощи измерителя и масштабной линейки, а прямые углы при помощи угольника. При нанесении точек, снятых полярным способом или угловыми засечками, углы строят при помощи транспортира. При этом следует вначале отметить на стороне теодолитного хода положение всех створных точек и оснований перпендикуляров, а лишь затем выполнять накладку.

Вычерчивание и оформление плана. К вычерчиванию плана приступают после того, как составление его в карандаше закончено. На план наносят в карандаше условные знаки с соблюдением их размеров и начертания согласно «Условным знакам для планов масштаба 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500». Пример оформления плана для рассматриваемого случая приведен в приложении 4.

Методические указания к выполнению контрольной работы № 2

Тема. Обработка журнала технического нивелирования.

Построение профиля трассы

Прежде чем, заполнить журнал нивелирования (табл. 2), необходимо внимательно рассмотреть схему нивелирования и представить, как была про-

изведена нивелировка, какие точки по трассе связующие, а какие промежуточные. После этого следует выписать полевые данные (табл. 3) в нивелировочный журнал.

Пример. Выполнить заполнение нивелировочного журнала, определение отметок и постраничный контроль для следующих данных: задние отсчеты – $a_1 = 450$, $a_2 = 1750$, $a_3 = 350$, $a_4 = 1930$; передние отсчеты – $b_1 = 1710$; $b_2 = 550$; $b_3 = 2850$, $b_4 = 430$; промежуточные отсчеты – $c_1 = 2740$, $c_2 = 2995$, $c_3 = 1870$, отметка репера РП1 15,000м.

Решение. Исходя из схемы нивелирования трассы, заполним журнал нивелирования (табл. 2).

Таблица 2

Журнал технического нивелирования

№№ ст.	Пикеты и «+» точки	Отсчеты по рейке			Превышения		ГИ	Высоты вы- численные, м
		задние	передние	пром.	+	-		
Ст.1	РП1 ПК0	0450	1710			1260		15,000 13,740
Ст.2	ПК0 ПК0+46 ПК1	1750	0550	2740	1200		15,490	13,740 12,750 14,940
Ст.3	ПК1 ПК1+48	0350	2850			2500		14,940 12,440
Ст.4	ПК1+48 ПК2 ПК2+55 ПК3	1930	0430	2995 1870	1500		14,370	12,440 11,375 12,500 13,940
Постраничный		4880	5540		2700	3760		
контроль		-1060			-1060			-1060

На станции 1 взяты отсчеты: задний $a_1 = 0450$ на РП1; передний $b_1 = 1710$ на ПК0. Эти данные внесены в журнал нивелирования (табл. 2), графы 1,2,3,4.

На станции 2 взяты отсчеты: задний $a_2 = 1750$ на ПК0; передний $b_2 = 0550$ на ПК1, промежуточный $c_1 = 2740$ на «+» точку ПК0+46. Промежуточный отсчет записывается в графу 5.

На станции 3 передней связующей точкой принята промежуточная точка по трассе ПК1+48, так как между ПК1 и ПК2 большой перепад высот, т.е. большой длины рейки.

Отсчеты, взятые на станциях 3 и 4, аналогичным образом заносятся в журнал.

Подсчитывается сумма задних отсчетов на каждой странице и отдельно – сумма передних. Разность между ними ($\Sigma a - \Sigma b$) дает превышение на каждой странице журнала и по всей трассе. В нашем примере $4480 - 5540 = -1060\text{мм}$.

Превышения на каждой станции определяются как разность задних и передних отсчетов ($a - b$) и записываются в графу 6, в зависимости от знака превышения. Определяется сумма положительных и отрицательных превышений. Разность между ними должна точно совпадать с числом, полученным ранее, т.е. ($\Sigma a - \Sigma b$). Это является контролем правильности расчета.

Сумма по графе 6 положительных превышений $+2700$; отрицательных -3700 , и сумма -1060мм . Величина превышения, полученная из граф 3, 4 и 6 одинакова, следовательно, расчет выполнен без ошибок.

В графу 8 напротив РП1 выписывается заданная высота репера (в нашем примере $15,000\text{м}$). Последовательным вычислением или прибавлением превышений (графа 6) в зависимости от их знака, определяют высоты всех связующих точек по трассе. Так в нашем примере высота ПК0 определена следующим образом:

$$15,000\text{м} - 1,260\text{м} = 13,740\text{м},$$

высота ПК1 определяется

$$13,740\text{м} + 1,200\text{м} = 14,940\text{м} \text{ и т.д.}$$

Разность высот связующих точек на странице должна быть равна контрольному превышению, что является также контролем правильности расчета высот связующих точек. В примере

$$13,940 - 15,000 = -1,060\text{м} = -1060\text{мм}.$$

На тех станциях, где были взяты отсчеты на промежуточные точки, нужно определить их высоты. Для этого определяется горизонт инструмента для данной станции.

Горизонт инструмента для станции 4 определяется следующим образом: к высоте задней связующей точки надо прибавить задний отсчет на станции, т.е. высота ПК1+48 = 12,440м, задний отсчет на эту же точку составляет 1930мм. Таким образом, горизонт инструмента определяется

$$\text{ГИ} = 12,440 + 1,930 = 14,370\text{м (заносится в графу 7)}.$$

Для определения высот промежуточных точек, из горизонта инструмента данной станции вычитаются отсчеты на промежуточных точках этой же станции. Так высота ПК2 определяется

$$H_{\text{ПК2}} = 14,370 - 2,995 = 11,375\text{м},$$

$$H_{\text{ПК2+55}} = 14,370 - 1,870 = 12,500\text{м}.$$

Построение продольного профиля трассы

Так как заданная трасса имеет длину всего три пикета (300 метров), то продольный профиль необходимо вычертить в более крупных масштабах:

- горизонтальный – 1:2000;
- вертикальный – 1:100.

Размеры сетки профиля приведены в приложении 5.

Графы сетки студентами заполняются следующим образом (приложение 6).

«План трассы» - прямая линия. Графа разбивается на три участка, которые обозначаются соответствующими условными знаками: от ПК0 до ПК1+48 – луг; от ПК1+48 до ПК2 – кустарник; от ПК2 до ПК3 – пашня.

«Расстояния и пикеты» наносятся в масштабе 1:2000 три пикета и подписываются. По расстояниям, указанным на схеме нивелирования трассы (рис. 3), определяется местоположение промежуточных точек, и выписываются расстояния.

«Фактические отметки» - вычисленные высоты земли (пикетов и промежуточных точек) выписываются из журнала нивелирования.

По высотам вычерчивается профиль поверхности земли по трассе.

После этого необходимо нанести на профиль проектную линию – уровень бровки земляного полотна (БЗП). Проектная линия наносится с таким

расчетом, чтобы сократить объемы земляных работ, практически приблизить проектную высоту БПЗ как можно ближе к линии поверхности земли. На заданных трех пикетах следует провести проектную линию одним уклоном.

После этого в графе «Проектные уклоны» наносится наклонная линия (наклон в сторону уменьшения высот), под линией пишется расстояние – в данном случае 300 метров, над ней – величина уклона в тысячных. Величина уклона определяется по формуле

$$i = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} = \frac{\Delta H}{L}, \quad (15)$$

где $H_{\max}$ – максимальная высота, м;

$H_{\min}$ – минимальная высота, м;

L – расстояние между высотами $H_{\max}$ и $H_{\min}$, м.

Проектная высота БПЗ в данном случае может быть нанесена следующим образом. Назначается проектная высота БЗП на ПК0 – $H_{\text{ПК0}}$ и на ПК3 – $H_{\text{ПК3}}$, определяется разность высот между ними: $\Delta H = H_{\text{ПК0}} - H_{\text{ПК3}}$.

Проектный уклон определяется по формуле

$$i = \frac{\Delta H_i}{L_i}, \text{‰} \quad (16)$$

где ΔH_i – разность высот в метрах;

L_i – длина участка, км.

Для примера определим проектные высоты пикетов и промежуточных точек.

Предположим, были назначены следующие проектные высоты: ПК0 – $H_{\text{ПК0}} = 13,74\text{м}$; ПК3 – $H_{\text{ПК3}} = 13,94\text{м}$. Проектная длина участка продольного профиля – $L = 300\text{м} = 0,3\text{км}$.

Тогда проектный уклон

$$i_{np} = \frac{H_{\text{ПК3}} - H_{\text{ПК0}}}{L} = \frac{13,94 - 13,74}{0,3} = \frac{0,2}{0,3} = 0,67 \text{‰}. \quad (17)$$

Графа «Проектные отметки» заполняется расчетными значениями отметок проектной линии БПЗ. Превышение на 1000 метров составляет 0,67м, а

на 100 метров в 10 раз меньше – 0,07см. Если на каждые 100 метров превышение составляет 7см, то проектные высоты ПК1 и ПК2

$$H_{\text{ПК1}} = H_{\text{ПК0}} + 0,07 = 13,74 + 0,07 = 13,81 \text{ м}; \quad (18)$$

$$H_{\text{ПК2}} = H_{\text{ПК1}} + 0,07 = 13,81 + 0,07 = 13,88 \text{ м}.$$

Если промежуточная точка имеет пикетаж ПК0+46, то превышение между ней и ПК0 можно определить из пропорции

$$\begin{array}{l} 100\text{м} - 7\text{см} \\ 35\text{м} - x, \end{array}$$

отсюда

$$x = \frac{35 \cdot 7}{100} = 2,5\text{см}.$$

Тогда, проектная высота точки

$$H_{\text{ПК0+46}} = H_{\text{ПК0}} + 0,025 = 13,74 + 0,025 = 13,765\text{м}.$$

Отсюда, превышения промежуточных точек можно определить по формуле

$$\Delta h_x = \frac{l_x \cdot \Delta h_{100}}{100}, \text{см} \quad (19)$$

где Δh_x – превышение промежуточной точки в см;

l_x – пикетажное расстояние от предыдущего пикета;

Δh_{100} – превышение на 100 метров в зависимости от уклона.

В графе «Прямые и кривые» прямолинейные участки трассы показывают в виде прямой пунктирной линии, а места поворота трассы изображают в виде ломанной линии, над которой подписывают значения основных элементов кривой (ϕ , R , T , K , B , D). Точки касания кривой с прямолинейными участками трассы называются началом кривой (НК) и концом кривой (КК), середина кривой обозначается СК. Эти точки называются главными точками кривой (рис. 2).

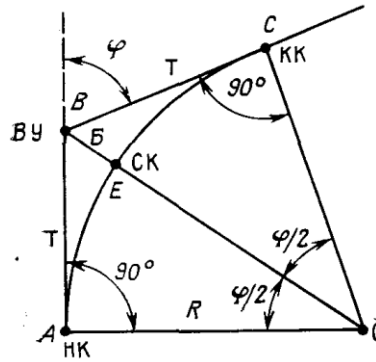


Рис. 2. Элементы круговой кривой

Для разбивки на местности главных точек кривой должны быть известны шесть элементов кривой: угол поворота трассы φ , радиус кривой R , тангенс T , кривая K , домер D и биссектриса B .

Угол поворота трассы измеряется в поле, радиус кривой определяется по техническим нормативам, остальные элементы вычисляют по формулам

$$T = R \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right); \quad (20)$$

$$K = \frac{\varphi}{180^\circ} \pi R; \quad (21)$$

$$D = 2T - K; \quad (22)$$

$$B = \frac{R}{\operatorname{Cos}\left(\frac{\varphi}{2}\right)} - R. \quad (23)$$

В рассматриваемом случае задан угол поворота в точке ПК1+48 $\varphi = 30^\circ 30' = 30,5^\circ$; $R = 100\text{ м}$

$$T = R \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right) = 100 \cdot \operatorname{tg}15,25^\circ = 27,3\text{ м};$$

$$K = \frac{\varphi}{180^\circ} \pi R = \frac{30,5 \cdot 3,14 \cdot 100}{180} = 53,2\text{ м};$$

$$D = 2T - K = 2 \cdot 27,3 - 53,2 = 1,4\text{ м};$$

$$B = \frac{R}{\operatorname{Cos}\left(\frac{\varphi}{2}\right)} - R = \frac{100}{0,96} - 100 = 4,2\text{ м}.$$

Далее выбирают и подписывают отметку условного горизонта, которая должна быть на 4-5 метров меньше самой низкой отметки по трассе.

Линию условного горизонта принимают за ось расстояний, а вертикальную линию, проходящую через нулевой пикет – за ось отметок. В выбранной системе строят положение всех пикетов и плюсовых точек.

Полученные точки соединяют прямыми линиями и получают продольный профиль местности по оси трассы. Все построения выполняют карандашом.

Работа завершается вычислением рабочих отметок, которые практически показывают глубины выемок или высоты насыпей на каждом пикете и плюсовых точках.

Рабочие отметки равны разности между проектными отметками и отметками поверхности земли и выписываются над проектной линией - для насыпи и ниже – для выемки.

Задание к контрольной работе № 1

1. Законспектировать основные положения методических указаний в тетради для выполнения контрольных работ.

2. Перечертить в тетрадь ведомость вычисления координат (приложение 2). Исходные данные: дирекционный угол стороны 1-2, координаты X, Y точки 1 изменить в соответствии с вариантом (списочный номер в учебном журнале).

Пример: для варианта №9 $\alpha_{1-2}=330^{\circ}39'+N_2^{\circ}N_2'=330^{\circ}39'+9^{\circ}09'=339^{\circ}48'$;

$$X_1=7020,00+N_2, N_2=7020,00+9,09=7029,09\text{м};$$

$$Y_1=2110,00+N_2, N_2=2110,00+9,09=2119,09\text{м}.$$

Остальные данные: горизонтальные углы и горизонтальные проложения оставить без измерений.

3. Произвести обработку полевых измерений и вычислить координаты точек 2,3,4,5 в соответствии с методическими указаниями.

4. Построить координатную сетку с помощью циркуля-измерителя на листе ватмана формата А4, оцифровать координатные линии сетки в масштабе 1:2000 (приложение 4).

5. По координатам нанести на план теодолитной съемки точки 1,2,3,4,5 и последовательно соединить их прямыми линиями.
6. Используя абрис съемки (приложение 4) нанести ситуацию. Все графические построения выполнять в карандаше.
7. Оформить план в туши согласно «Условным знакам для планов масштаба 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».
8. Ответить на контрольные вопросы.

Задание для контрольной работы № 2

1. Законспектировать основные положения методических указаний в тетради для выполнения контрольных работ.
2. По исходным данным – абсолютной высоте РП1 и отсчетам по рейке: задним, передним и промежуточным (табл. 3 и рис. 3) вычислить абсолютные высоты всех точек по трассе – пикетов, связующих и промежуточных точек.
3. Вычисление произвести в типовом нивелировочном журнале (табл. 2), вычерченном в тетради. Произвести постраничный контроль.
4. Рассчитать элементы круговой кривой (формулы 20,21,22,23) по следующим данным: угол поворота $\varphi=30^{\circ}30'+N^{\circ}$ (списочный номер по учебному журналу); радиус поворота $R=100\text{м}$.
5. На листе миллиметровой бумаги (А4) по отметкам в масштабах: горизонтальный 1:2000 (ПК=5см) и вертикальный 1:100 (1см – 1м) вычертить профиль по трассе ПК0-ПК3 (приложение 6).
6. Нанести проектную линию. Вычислить уклон, проектные и рабочие отметки.

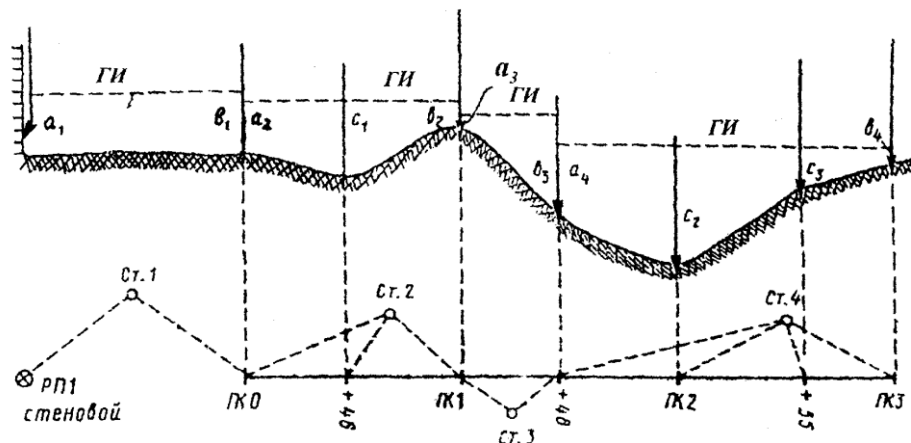


Рис. 3. Схема технического нивелирования

Таблица исходных данных для выполнения практического задания

№№ вариантов	высо- та ре- пера в м	Отсчеты по рейке										
		задние				передние				промежуточные		
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	c ₁	c ₂	c ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	91,735	356	1573	324	1989	1634	515	2874	414	2739	2988	1830
2	76,254	485	1684	338	1974	1743	521	2866	422	2893	2977	1720
3	64,576	527	1795	341	1962	1852	534	2857	434	2905	2963	1610
4	45,831	638	1859	353	1954	1925	543	2843	445	2915	2956	1505
5	33,875	584	1995	471	1945	2068	556	2834	454	2920	2944	1620
6	35,115	426	1824	465	1939	2114	565	2821	467	2910	2935	1730
7	35,254	338	1742	456	1928	2228	578	2812	476	2901	2920	1845
8	41,115	275	1638	442	1914	2382	587	2807	483	2893	2915	1950
9	55,374	935	1583	433	2010	2274	698	2728	495	2880	2925	1865
10	66,256	824	1465	425	2027	2147	678	2735	505	2875	2930	1755
11	48,726	713	1356	511	2033	2086	679	276	518	2865	2940	1640
12	51,834	658	1171	528	2043	1968	687	2752	523	2850	2950	1535
13	66,633	731	1517	539	2055	1825	664	2766	584	2845	2955	1545
14	71,025	842	1671	544	2063	1752	646	2771	533	2840	2960	1664
15	83,567	953	1734	558	2072	1663	632	2782	541	2835	2965	1770
16	77,449	874	1855	567	2084	1536	623	2795	554	2830	2970	1875

Примерный перечень лабораторных работ

1. Определение прямоугольных и географических координат по карте.
2. Изучение устройства оптического теодолита.
3. Производство поверок теодолита.
4. Измерение горизонтальных углов способом приемов.
5. Изучение устройства нивелиров.
6. Производство поверок и юстировок нивелиров.
7. Изучение устройства и принципа работы GPS-приемника.
8. Производство измерений с помощью GPS-приемника.
9. Определение площади с помощью полярного планиметра.
10. Устройство оптических дальномеров.
11. Определение превышения методом тригонометрического нивелирования.
12. Производство измерений на тахеометрической станции.
13. Обработка журнала тахеометрической съемки.
14. Составление топографического плана участка местности.

15. Вынос в натуру проектного расстояния и горизонтального угла.
16. Вынос в натуру линии с заданным уклоном.
17. Вынос в натуру точки по заданным координатам.

Список литературы

1. Багратуни Г.В. Инженерная геодезия: учебник для вузов/ Г.В. Багратуни, В.И. Ганышин, Б.Б. Данилевич и др. 3-е изд., перераб. и доп. И., Недра, 2018. – 344с.
2. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение: учебное пособие для вузов/ В.Е. Дементьев. – Изд. 3-е – М.: Академический проект, 2017. – 591с.
3. Ключин Е.Б., Киселев М.И., Михелев Д.Ш., Фельдман В.Д. Геодезия: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/ Е.Б. Ключин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева. – II-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 496с.(не переиздавался).
4. Кусов В.С. Основы геодезии, картографии и космоаэрофотосъемки: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования/ В.С. Кусов. – 2-е изд. испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 256с.(не переиздавался).
5. Поклад Г.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов/ Г.Г. Поклад. С.П. Гриднев. – М.: Академический Проспект, 2017. - 592с.
6. Попов В.Н., Чекалин С.И. Геодезия: учебник для вузов / В.Н. Попов, С.И. Чекалин. – 4-е изд., стер - М.: Издательство «Горная книга», Издательство МГГУ, 2017. - 722с.
7. Плотников В.С. Геодезические приборы: учебник для вузов/ В.С. Плотников – М.: Недра, 2016. – 396с.
8. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии: учеб. пособие для вузов/ С.И. Чекалин – М.: Академический Проект, 2020. – 319с.

9. Юнусов А.Г., Беликов А.Б., Баранов В.Н., Каширкин Ю.Ю. Геодезия: учебник для вузов/ А.Г. Юнусов, А.Б. Беликов, В.Н. Баранов, Ю.Ю. Каширкин – М.: Академический проспект; Гадеамус, 2016. – 409с.

10. Использование БД Электронно-библиотечной системы IPRbooks (www.iprbookshop.ru). *Разделы ОКСО: 13 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых, 03 Гуманитарные науки; 04 Социальные науки. УГС 21 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия.*

11. Чекалин С.И., Основы картографии, топографии и инженерной геодезии [Электронный ресурс]: Учеб. пособие для вузов / Чекалин С.И. - М.: Академический Проект, 2020. - 319 с. (Gaudeamus: библиотека геодезиста и картографа) - ISBN 978-5-8291-2974-3 - Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785829129743.html>

12. Электронное издание на основе: Геодезия в маркшейдерском деле: Учебное пособие для вузов. - М.: Академический Проект, 2020. - 543 с. - (Gaudeamus: библиотека геодезиста и картографа). - ISBN 978-5-8291-2973-6.

Ведомость вычисления координат замкнутого теодолитного хода

(пример обработки данных теодолитной съемки)

№ № точек	Горизонтальные углы		Дирекционные углы, α _о /	Румбы, r _о /	Гориз. пролож.. d, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
	измер. о /	исправл. о /				Δх вычс	Δу вычс	Δх испр	Δу испр	Х	У
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	93°05'30 ^{//} -30	93°05'				+0,01	+0,06			7020,00	2110,00
2	124°29'00 ^{//}	124°29'	330°39'00 ^{//}	СЗ:29°21'	166,08	+144,76	-84,40	+144,77	-81,34	7164,77	2028,66
			26°10'	СВ:26°10'	121,72	+109,25	+0,04 +53,68	+109,25	+53,72		
3	113°06'30 ^{//} 30	113°06'					+0,05			7274,02	2082,38
			93°04'	ЮВ86°56'	123,61	-6,61	+123,43	-6,61	+123,48		
4	114°35'30 ^{//} 30	114°35'				+0,01	+0,07			7267,41	2205,86
			158°29'	ЮВ21°31'	180,02	-167,47	+66,02	-167,46	+66,09		
5	94°45'00 ^{//}	94°45'				+0,01	+0,07			7099,95	2271,95
			243°44'	Ю363°44'	180,68	-79,96	-162,02	-79,95	-161,95		
1	93°05'30 ^{//} -30	93°05'								7020,00	2110,00
			330°39'		P= 772,11	ΣΔх= +254,01	ΣΔу= +243,13	ΣΔх=0	ΣΔу=0		
Σβ _{np}	540°01'30 ^{//}					ΣΔх= -254,04	ΣΔу= -243,42				
Σβ _m	540°00'30 ^{//}					f _x =-0,03	f _y =-0,29				
f _β	=+1'30 ^{//}	f _{βдон} =3'4 ^{//}									

Ведомость вычисления координат замкнутого теодолитного хода

№ № точек	Горизонтальные углы		Дирекционные углы, α ° /	Румбы, r ° /	Гориз. пролож.. d, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
	измер. ° /	исправл. ° /				Δх вычс	Δу вычс	Δх испр	Δу испр	Х	у
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	93°05'30''		330°39'00'' +№2° №2							7020,00 +№2, №2	2110,00 +№2, №2
2	124°29'00''				166,08						
					121,72						
3	113°06'30''				123,61						
4	114°35'30''				180,02						
5	94°45'00''				180,68						
1											
Σβ _{np}											
Σβ _m											
f _β		f _{βдон}									

Абрис теодолитной съемки

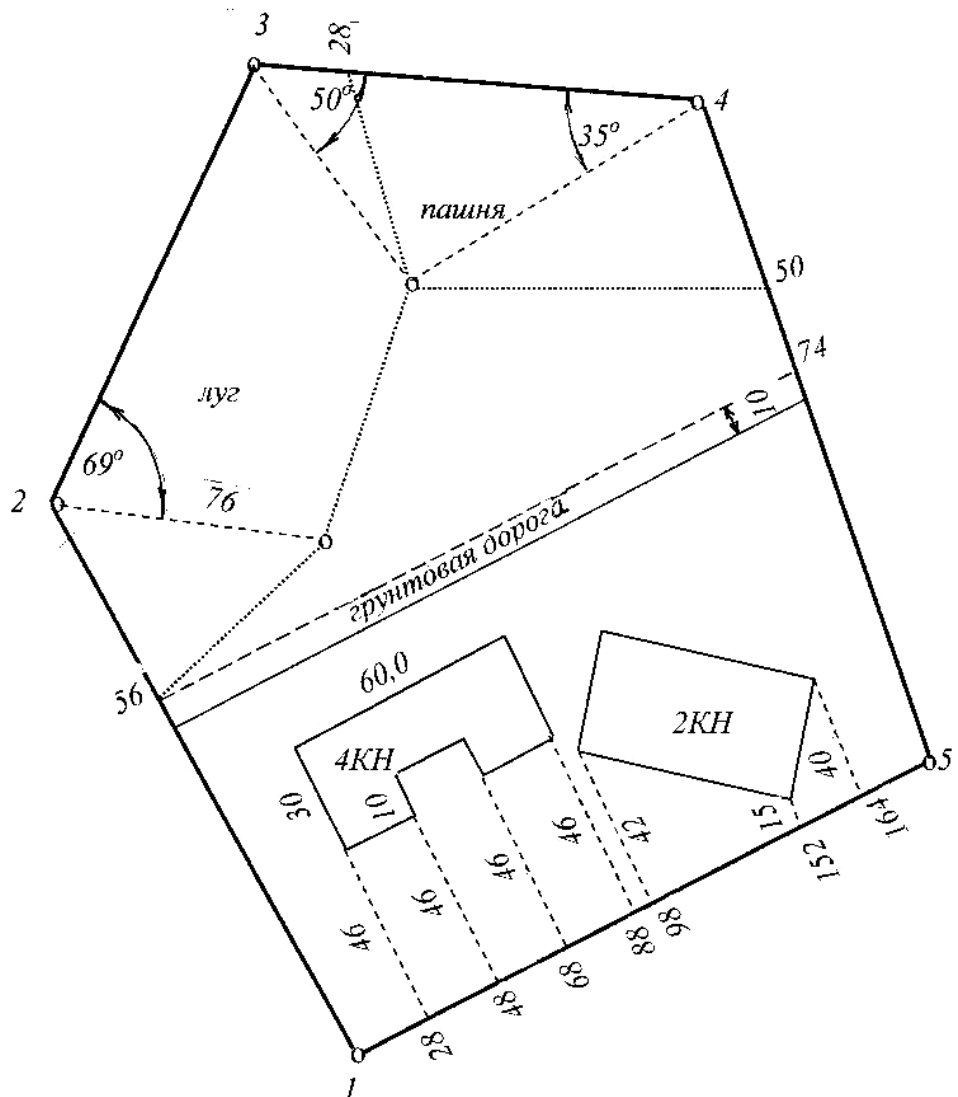
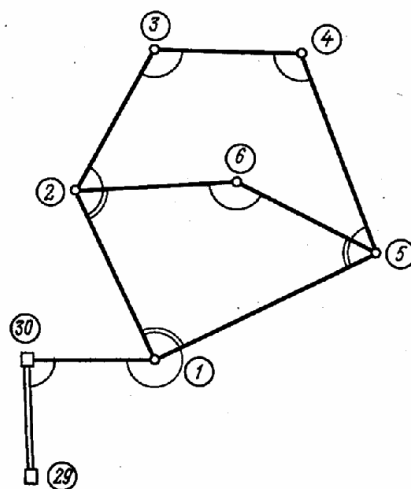
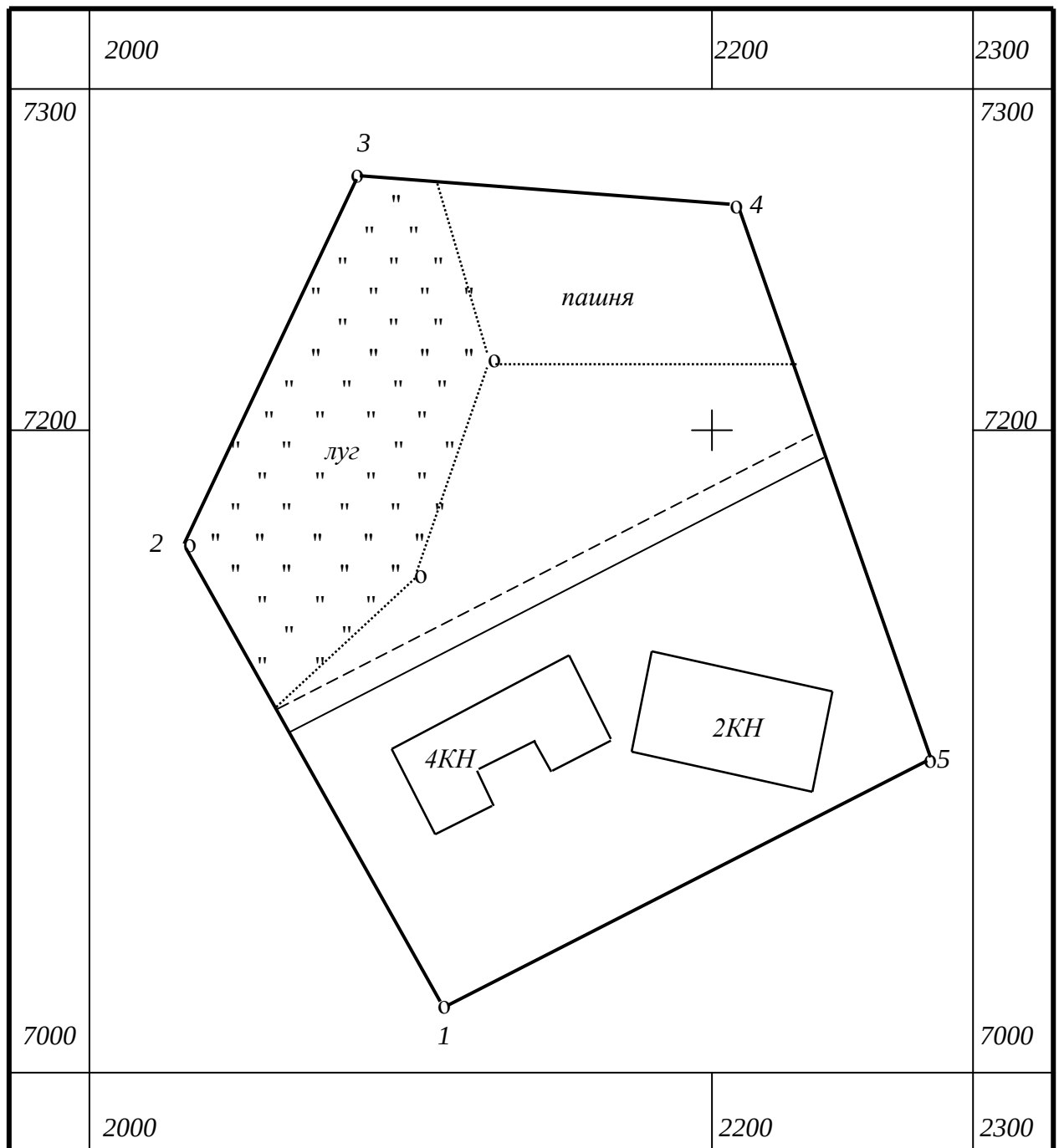


Схема замкнутого и диагонального теодолитных ходов



Пример оформления плана теодолитной съемки

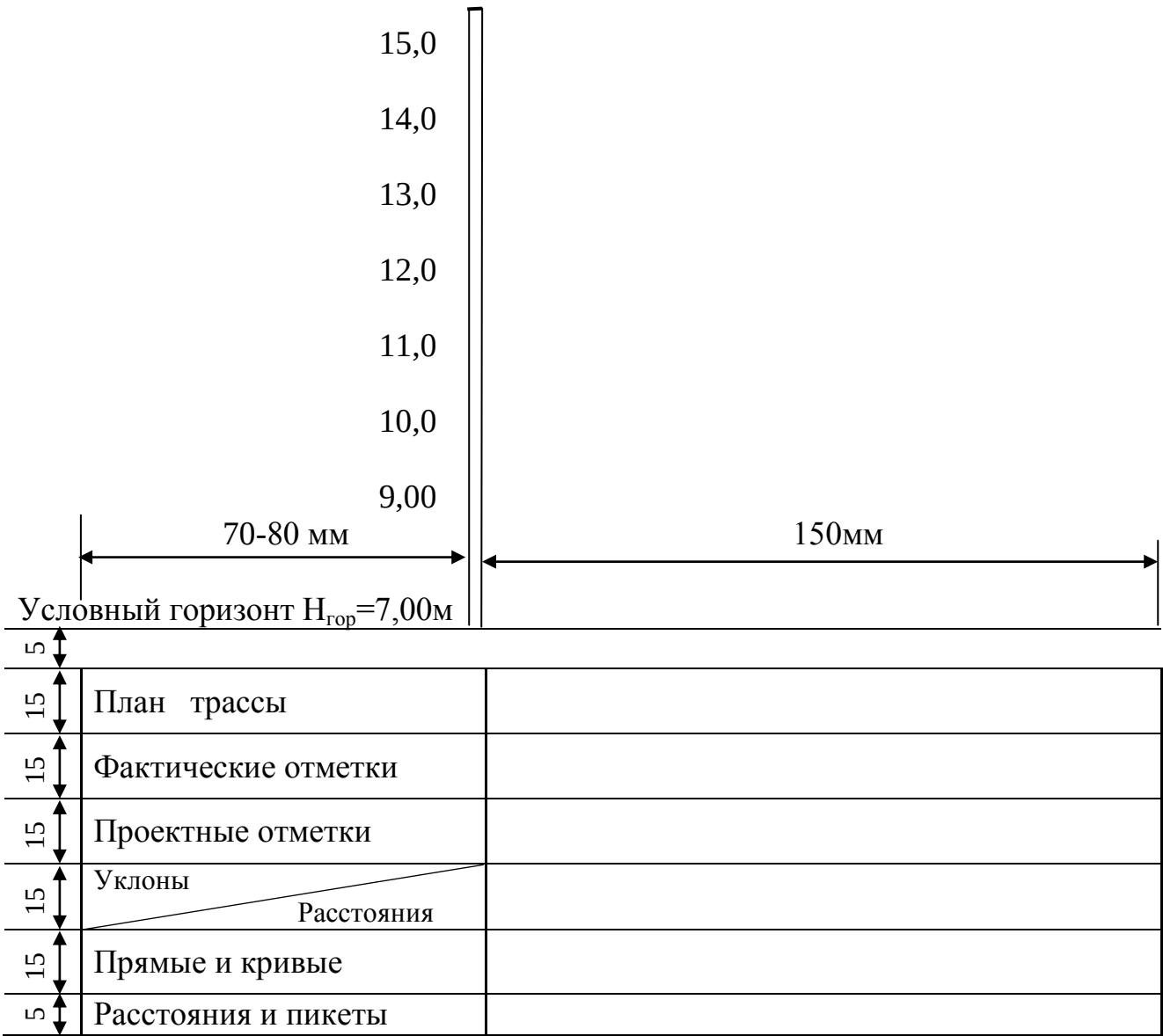
ПЛАН ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

2.06.2002

1:2000

Работу выполнил
ст-т гр. ОС-01
Иванов И.И.

ПРОФИЛЬ
нивелирования трассы от пикета ПК1 до пикета ПК3



горизонтальный 1:2000

