

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ТОПОГРАФИЯ И ГЕОДЕЗИЯ

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Направление подготовки	05.03.03 Картография и геоинформатика
Направленность (профиль)	Геоинформатика
Год начала обучения	2026
Форма обучения	Очная

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	3
2. Оформление лабораторных работ	9
3. Часть I. Работа с топографической картой	11
4. Глава 1. Общие сведения о географической карте	11
5. Глава 2. Топографическая карта и её использование	15
6. Часть II. Обработка материалов топографической съемки и составление топографического плана	43
7. Глава 3. Камеральная обработка теодолитного хода	44
8. Глава 4. Геометрическое нивелирование точек теодолитно-нивелирного хода	52
9. Глава 5. Тахеометрическая съемка	57
10. Часть III. Нивелирование поверхности. Обработка материалов	68
11. Глава 6. Полевые работы при нивелировании по квадратам	69
12. Глава 7. Камеральная обработка материалов нивелирования по квадратам	74
13. Глава 8. Специальные инженерно-геодезические расчеты при вертикальной планировке	77
14. Часть IV. Нивелирование трассы линейного сооружения	84
15. Глава 9. Полевые работы	84
16. Глава 10. Обработка материалов нивелирования трассы линейного сооружения	91
17. Часть V. Геодезические работы при межевании земель	103
18. Приложение 1. Работа с топографической картой	115
19. Приложение 2. Обработка материалов топографической съемки и составление топографического плана	127
20. Приложение 3. Обработка материалов нивелирования по квадратам и расчеты по вертикальной планировке	133
21. Приложение 4. Обработка материалов нивелирования трассы линейного сооружения	140
22. Приложение 5. Составление межевого плана сельской администрации	148
23. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы	152
24. Методические указания по выполнению курсовых работ	168

Введение

Современные тенденции к все большей ориентации наук о Земле на перспективные компьютерные технологии и как средство реализации их – географические информационные системы (ГИС) приводят к тому, что обучение им должно стать обязательным при подготовке специалистов с высшим профессиональным образованием.

Но самым ценным в компьютерных технологиях является *визуализация* многообразной информации на карте (топографической или географической). Автоматизированная система преобразует графические (карты, планы) и тематические базы данных в пространственную картографическую информацию, на основе которой впоследствии принимаются различные решения, и осуществляется мониторинг исследуемых явлений.

Известно, что в основе любой географической информационной системы лежит в первую очередь топографическая карта или план, как основное средство графической интерпретации данных о поверхности Земли и всего того, что на ней имеется. Картографическое изображение – самая целесообразная и наглядная форма представления информации и создания геоинформационных систем (ГИС).

Прежде чем создать топографическую карту, необходимо выполнить соответствующие измерения на поверхности Земли с дальнейшей математической обработкой результатов этих измерений. Все работы, связанные с получением карт и планов, называются топографо-геодезическими.

Учебная дисциплина (курс) «Топография и геодезия» закладывает у студентов основополагающие знания по производству съёмок на местности и по построению планов и карт.

Самой эффективной формой усвоения знаний и контроля самостоятельной работы студентов являются расчётно-графические работы

(РГР), выполняемые по разным темам курса. Примеры их выполнения и оформления приведены в Приложениях.

Настоящие методические указания позволяют студентам успешно реализовать теоретические знания, полученные ими на лекциях, выполняя расчётно-графические работы, и тем самым получить хорошую профессиональную подготовку.

В этом пособии рассмотрены также геодезические работы при межевании земель, при строительстве линейных сооружений.

Предлагаемое учебно-методическое пособие является рекомендациями, регламентирующими всю учебную (объем, содержание, формы и методы контроля) работу студентов направлений подготовки «Картография и геоинформатика» по дисциплине «Топография и геодезия» в ходе, как самостоятельной подготовки, так и аудиторных занятий.

Цель пособия состоит в том, чтобы изложить основы геодезии и топографии, прикладные вопросы геодезии в геоинформационном картографировании, в землеустройстве и кадастре, в географических исследованиях, а также научить студентов работать с топографическими картами, геодезическими приборами, с современными средствами глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), GPS-приемниками для проведения кадастровых съемок и определения координат геодезических опорных сетей и межевых знаков.

Основные задачи пособия:

1. ознакомление с формой и размерами Земли и применяющимися в геодезии и топографии системами координат;
2. освоение картометрических свойств топографических карт и планов и овладение графическими, графоаналитическими и инструментальными методами решения различных задач по ним;

3. изучение технических свойств геодезических приборов и инструментов и особенностями их применения при съемках местности;
4. ознакомление с основными видами топографических съемок.

В государственном стандарте по направлению подготовки 05.03.03 – «Картография и геоинформатика» (бакалавриат) очной формы обучения «Топография и геодезия» относится к дисциплинам Обязательной части. Ее освоение происходит – с первого по второй семестры.

«Входными» знаниями студентов должны быть: по «Физике» – для работы с топографо-геодезическим оборудованием, по «Математике» – для решения различных задач в расчетно-графических работах и обработке результатов топографической съемки местности; по «Землеведению» – для нахождения географических координат объектов, предложенных в заданиях, по «Информатики» – для работы в сети Интернет.

Освоение «Топографии и геодезии» геоинформатиками ориентировано на закрепление полученных знаний, умений и навыков на «Топографо-геодезической практике», а также на последующее изучение таких дисциплины «Картоведение».

Профессиональные навыки и умения, приобретенные в результате изучения дисциплины «Топография и геодезия, позволят геоинформатикам знать методику работы с топографическими картами, успешно применять на практике приобретенные знания, умения и навыки по работе с геодезическими инструментами при топографических съемках местности, а также обрабатывать результаты этих измерений в различных сферах производственной деятельности.

Компетенции обучающегося направления подготовки 05.03.03 «Картография и геоинформатика», формируемые в результате изучения

дисциплины «Топография и геодезия», установленные ФГОС ВО и отраженные в программе дисциплины.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

№ п/п	Содержание компетенции	Шифр
<u>Общепрофессиональные компетенции</u>		<u>ОПК- (№)</u>
1.	способен использовать базовые знания в области картографии и геоинформатики при создании картографических произведений и геоинформационных систем	ОПК-2

В результате освоения дисциплины «Топография и геодезия» студенты направлений подготовки 05.03.03 «Картография и геоинформатика» должны:

ЗНАТЬ	-свойства топографической карты и плана, математические и геодезические основы карт; -сущность поперечно-цилиндрической проекции Гаусса и прямоугольной системы координат в этой проекции; -устройство геодезических приборов, применяемых в топографии; - базовые понятия в области картографии и геоинформатики; - основные картографические произведения и геоинформационные системы;
УМЕТЬ	-решать различные задачи по топографической карте; -выполнять простые измерения и съёмки с помощью геодезических приборов; -обрабатывать результаты полевых топографических работ;

	- использовать базовые знания в области картографии и геоинформатики при создании картографических произведений и геоинформационных систем;
ВЛАДЕТЬ	-методами проведения топографических работ и навыками использования современных приборов, оборудования и технологий; -методикой оформления планов с использованием современных компьютерных технологий; - навыками использования базовых знаний в области картографии и геоинформатики при создании картографических произведений и геоинформационных систем.

Исходными требованиями настоящих методических указаний является индивидуальная обязательная предварительная подготовка студента к каждому лабораторному занятию. Эти требования сочетают как пассивную, так и активную формы подготовки:

- во-первых, нужно занести себе в рабочую тетрадь задание по очередному занятию (согласно указаниям),
- во-вторых, прочесть соответствующие разделы конспектов лекций,
- в-третьих, проработать соответствующие разделы в указанных к занятиям пособиях;
- в-четвертых, результаты подготовки должны быть оформлены или в виде кратких конспектов, или формул с пояснениями к ним, или в виде графических моделей.

По каждой лабораторной работе студент отчитывается соответствующими записями в тетради и устно по вопросам, которые приведены в конце каждой темы.

Темы пропущенных занятий студент обязан отработать самостоятельно в кабинете кафедры в свое свободное время, руководствуясь настоящими методическими указаниями. О проделанной работе он должен отчитаться в установленные часы (контроль – К, самостоятельной – С, работы – Р, т.е. СКР).

Только отработав пропущенные темы, студент получает право присутствовать на следующих занятиях. Поэтому о всех осложнениях или недоразумениях по этому вопросу следует заблаговременно информировать преподавателя ведущего занятия.

Для выполнения лабораторных работ по Топографии и геодезии каждому студенту необходимо иметь:

- тетрадь в клеточку;
- чертежные принадлежности (простые карандаши марки ТМ или М, линейку, ластик и циркуль);
- цветные карандаши (самый простой набор).

Записи в рабочих тетрадях на лабораторных занятиях, как и в процессе подготовки, ведутся на каждой строчке, четким шрифтом (стандартным или близким к нему) простым карандашом. Графические работы и подписи к ним выполняются только карандашом и по правилам оформления чертежей. Форма записи заданий и проделанной работы должна соответствовать той форме, в которой составлены методические указания.

Каждое лабораторное занятие начинается с проверки теоретической и материальной готовности студентов к выполнению лабораторной работы как индивидуально, так и группы в целом. Для этого студенты самостоятельно изучают теоретический материал предстоящей темы по соответствующим разделам практикума, а также используют для этого перечень учебных пособий, предложенных в разделе литература и источники. Дежурные обязаны до начала занятий получить в кабинете кафедры все необходимое для работы. Об индивидуальной готовности студента преподаватель судит по наличию на рабочем месте перечисленных в методических указаниях пособий и оборудования. Теоретическая подготовка проверяется в ходе краткого опроса по узловым вопросам предстоящей лабораторной работы и по наличию в рабочих тетрадях соответствующих записей.

Ответы студентов преподаватель оценивает, и группа приступает к самостоятельному выполнению задания, консультируясь у преподавателя,

который контролирует выполнение заданий и ведет индивидуальный опрос по ранее выполненным работам. Завершение неоконченных работ происходит в свободное от занятий время, как и сдача выполненных работ - СКР.

Студентам, не проработавшим предварительно соответствующие разделы теоретического курса, преподаватель отмечает в журнале задолженность по теме.

Оформление лабораторных работ

Поскольку дисциплина «Топография и геодезия» изучается на протяжении 3 семестров, по ней должны быть выполнены 5 довольно объемных расчетно-графических работ по образцам, предложенным в Приложении. Каждая расчетно-графическая работа выполняется поэтапно и служит закреплением пройденного на лекционных занятиях учебного материала. Каждый отдельный этап расчетно-графических работ выполняется на листах формата А4 на компьютере, которые затем подшиваются и сдаются на проверку преподавателю. Преподаватель следит не только за правильностью выполнения математических расчетов в работе, но и правильностью оформления рисунков. После выполнения расчетно-графической работы (РГР), студент и преподаватель беседуют по данной РГР, и на основании этого выставляется соответствующая контрольная точка.

Часть I. Работа с топографической картой

Глава 1. Общие сведения о географической карте

§1. Математическая основа карт

Геометрическое свойство картографического изображения – размеры и форма участков, занятых географическими объектами, расстояния между отдельными пунктами, направление от одного к другому определяются его математической основой. **Математическая основа** карт включает в себя в качестве составных частей: а) *геодезическую основу*; б) *масштаб* и в) *картографическую проекцию*.

Чтобы уяснить значение каждого из перечисленных компонентов математической основы карт, следует представить себе трансформацию, которую должен претерпеть участок земной поверхности от его истинной, натуральной формы до изображения на плоскости бумаги. При этом следует помнить, что преобразования участков земной поверхности осуществляются при создании карты путём математических расчётов.

Поверхность суши Земли со всеми её неровностями называется *физической, или топографической поверхностью* (рис.1). Она очень сложна и не имеет математического выражения.

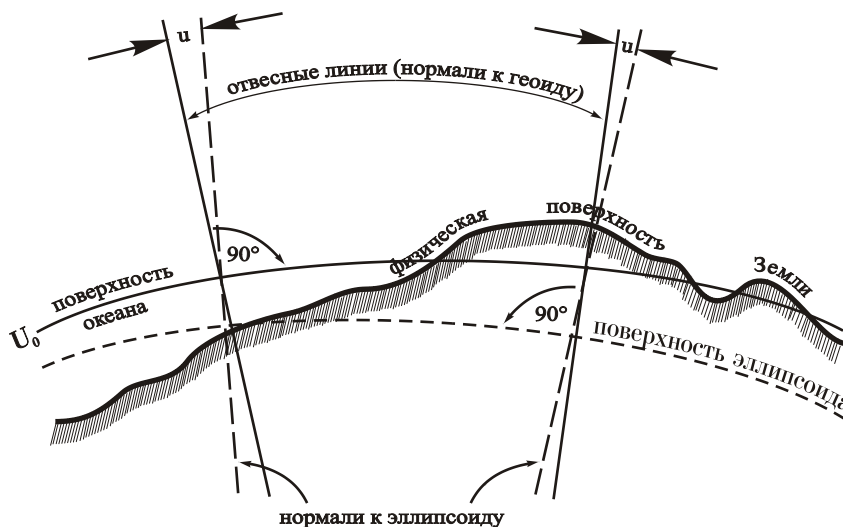


Рис.1.

Поэтому для построения карт приходится проектировать её на более простую, теоретическую (т.е. мысленную) поверхность, которая называется *уровенной* и обозначается индексом U_0 .

Уровенную поверхность представляют как поверхность Мирового океана (U_0), мысленно продолженную под материи при условии, что она в любой точке перпендикулярна отвесной линии.

По сравнению с физической поверхностью её отличает большая сглаженность.

Фигуру Земли, ограниченную уровенной поверхностью, называют *геоидом* (подобный Земле). Сложная форма геоида также не имеет математического выражения, но она близка к эллипсоиду (рис.2). Эллипсоид – тело образованное вращением эллипса вокруг малой оси.

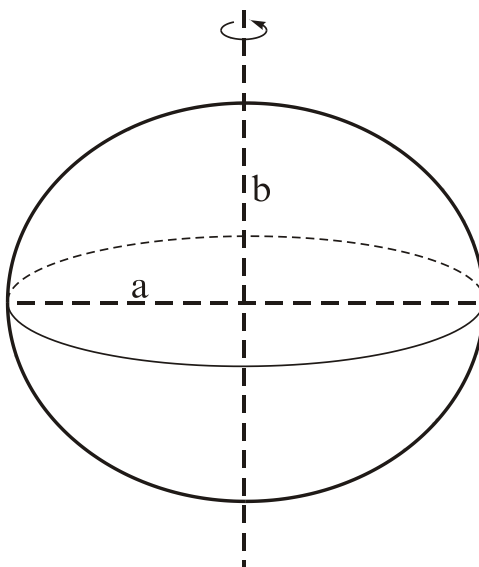


Рис. 2.

В России принят *эллипсоид Красовского* с такими размерами:

- ◆ Большая полуось (в плоскости экватора) $a = 6378245$ м.
- ◆ Малая полуось (совпадает с осью вращения Земли) $b = 6356863$ м.
- ◆ Сжатие (α) – это разность полуосей, отнесённая к большой полуоси

$$\alpha = (a-b)/a. \quad (1)$$

Для эллипсоида Красовского $\alpha = 1/298,3$.

Для наглядности, если принять $a=300$ мм, $b=299$ мм и изготовить модель эллипсоида с такими параметрами, то

$$\alpha = (300-299)/300 = 1/300,$$

т.е. эллипсоид с таким сжатием можно принять за шар.

Эллипсоид Красовского (по сжатию) мало отличается от шара, поэтому его называют ещё сфероидом.

На картах больших территорий истинные размеры земной поверхности бывают уменьшенными в миллионы раз. При таком уменьшении различие величин большой и малой полуосей становится на глаз незаметным. Поэтому при построении карт для упрощения расчётов Землю принимают за шар с радиусом 6371,1 км.

Для построения карты точки и линии физической поверхности Земли проектируют (рис.1) нормальными (ортогонально) на поверхность эллипсоида. Затем эту поверхность со спроектированными на неё точками физической поверхности Земли уменьшают в нужное число раз.

Степень уменьшения определяется масштабом будущей карты. Масштаб выражается дробью, числитель которой – единица, а знаменатель – величина, указывающая во сколько раз произведено уменьшение. Более точно можно сформулировать: *масштаб – это число, показывающее во сколько раз линия на карте меньше проекции этой же линии на местности*. Масштаб записывается так, например, 1:25000, означает: в 1 см карты «содержится» (соответствует) 25000 см **проекции** линии местности. Так как такими числами (с большим количеством нулей) пользоваться неудобно, сантиметры в них переводят в метры (или в километры), отчёркивая два нуля (получая метры), или отчёркивая пять нулей (получая километры).

Например, масштаб 1:25000 означает, что сантиметру линии карты соответствует 250 м линии на местности; масштаб 1:500000 означает, что одному сантиметру карты соответствует 5 км на местности.

Число в знаменателе масштаба называют **знаменателем масштаба карты** и обозначается буквой «М». Применительно к приведённому примеру $M_1=250$ м, $M_2=5$ км.

Если длина линии на карте составляет d' см, то на местности (проекция d) это будет

$$d = d' \cdot M. \quad (2)$$

Уменьшенную до нужного размера поверхность эллипсоида требуется далее отобразить на плоскости. Для такого перехода применяют ту или иную картографическую проекцию.

Картографическими проекциями называют математические способы изображения на плоскости поверхности эллипсоида (или шара).

Геодезическую основу карт составляют: земной эллипсоид (с приведенными выше параметрами), начало координат и высот и сеть точек, закрепленных на местности, координаты которых вычислены в единой системе координат (геодезическая сеть).

Таким образом, для того чтобы получить изображение физической поверхности Земли (ее части) на плоскости бумаги, нужно применить все три элемента математической основы и выполнить следующие операции: 1) перенести ее на уровенную поверхность; 2) выполнить уменьшение до нужных размеров и 3) применить картографическую проекцию.

Естественно, что в результате этого изображение физической (сфероидической) поверхности Земли на плоскости (на карте) становится неизбежно деформированным в геометрическом отношении, т.е. искажённым. Особенно заметно искажения проявляются на последней из трёх операций - при применении картографических проекций. Картографические

искажения, однако, могут быть учтены для внесения необходимых поправок при измерениях расстояний, направлений и площадей участков по картам.

Практически то или иное значение элементов математической основы карты используется следующим образом. Точки земной поверхности, будучи спроектированными на эллипсоид Красовского, приобретают определённые географические координаты - широту и долготу. Их величина связана с тем, какие меридианы и параллели пересекаются в данной точке. **Меридианом** точки называют линию пересечения земного эллипсоида плоскостью, проходящей через данную точку (А) и ось суточного вращения Земли (рис.3).

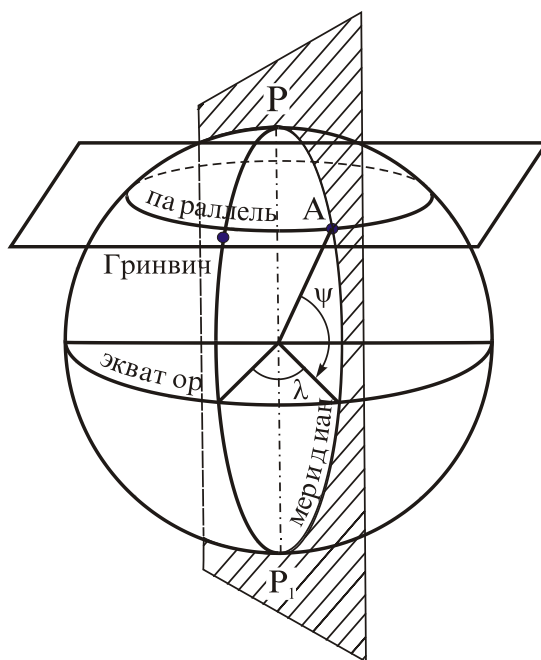


Рис.3.

Параллелью называется линия пересечения земного эллипсоида плоскостью, перпендикулярной оси вращения Земли. Линии меридианов и параллелей на эллипсоиде образуют градусную сеть Земли, а их изображение на картах называют картографической сеткой.

Экватор – параллель, образованная плоскостью, проходящей через центр Земли и перпендикулярной оси вращения Земли.

Полюсами называют точки пересечения оси вращения Земли с поверхностью эллипсоида (PP_1).

Широту точки φ определяют как угол, образованный нормалью (близкой к отвесной линии) в данной точке эллипсоида и плоскостью экватора. Ввиду несовпадения отвесных линий геоида и нормалей эллипсоида возникают ошибки в определении координаты φ , обусловленная углами U (рис.1). Эти углы называют отклонениями отвесных линий, величина их в среднем составляет $3''-4''$.

Долготой точки λ называют двугранный угол между плоскостью Гринвичского (нулевого) меридиана и плоскостью меридиана данной точки.

§2. Виды географических карт

Для удобства хранения, использования карты делят на группы (классифицируют) по разным признакам, главными из которых являются охват изображения территории, назначение, содержание и масштаб.

По охвату территории различают карты мировые, полушарий, материков и океанов, частей материков, в том числе групп стран и отдельных государств, частей государств.

По назначению выделяют карты учебные и справочные. Последние подразделяют в зависимости от характера задач, которые с их помощью решают, на научно-справочные, навигационные, дорожные, военные, туристические и другие.

По содержанию карты принято подразделять на общегеографические и тематические. Название общегеографических карт поясняет, что на них представлена разносторонняя характеристика отображаемой территории.

По масштабу карты делят на три группы: крупномасштабные, имеющие масштаб 1:200000 и крупнее; среднемасштабные - с масштабом мельче 1:200000 и до 1:1000000 и мелкомасштабные, у которых масштаб мельче 1:1000000. Такое деление по масштабу имеют и общегеографические, и тематические карты.

Крупномасштабные общегеографические карты называют **топографическими**, среднемасштабные общегеографические – обзорно-топографическими, а мелкомасштабные общегеографические - обзорными.

Глава 2. Топографическая карта и её использование

§ 3. Свойства топографической карты

Топографические карты - это подробные общегеографические карты, отображающие в первую очередь главную особенность формы Земли - рельеф местности, а также размещение и свойства природных и социально-экономических объектов местности. Топографические карты подразделяются на карты суши и карты шельфа и внутренних водоёмов. На топографических картах суши с большей или меньшей детальностью и точностью, допускаемой масштабом, изображаются рельеф, гидрография, растительный покров, населённые пункты, пути сообщения и другие объекты.

Топографические карты шельфа охватывают выровненную часть подводной окраины материков, прилегающих к берегам суши и имеющую с ней общее геологическое строение.

Топографические карты суши и шельфа используются при решении широкого круга задач в хозяйственной, научной и оборонной областях.

Во многих случаях топографические карты служат основным источником информации о местности. Полевые физико-географические, геологические, геоботанические и другие исследования природной среды, так

же как и социально- и экономико-географические изыскания дают лучшие результаты при всестороннем использовании топографических карт.

Топографические карты широко применяются при проектировании и строительстве населённых пунктов, промышленных, энергетических и гидротехнических сооружений, путей сообщения, при мелиорации (осушение и орошение земель, регулирование стока вод и др.). Они необходимы при земле- и лесоустроительных работах, а также для ведения сельского хозяйства: составление земельного кадастра и др.

Топографическая карта и картографическое изображение на ней - самая целесообразная форма представления информации для создания географических информационных систем (ГИС).

Лист топографической карты включает картографическое изображение (совокупность сведений о местности), отображаемое условными знаками и построенное на математической основе и вспомогательное оснащение. Элементами оснащения карты являются: условные знаки (легенда), название карты, обозначение её масштаба, изображение линий картографической сетки и др.

§ 4. Масштаб. Измерение длин линий на карте

Понятие о масштабе нами дано (§1), а теперь более подробно.

Масштаб указывается под южной рамкой листа карты. Масштабы бывают: численный, именованный, линейный и поперечный.

Численный масштаб выражается дробью, у которой числитель единица, а в знаменателе - число, показывающее во сколько раз линия местности (проекция) уменьшена. Численный масштаб записывается, например, так: 1/10000 или 1:10000.

Чем больше знаменатель, тем больше уменьшение длин, тем мельче изображение объектов на карте, т.е. мельче масштаб карты.

Именованный масштаб – словесное пояснение соотношений длин линий на карте и на местности. Например, численный масштаб карты 1:25000; именованный: «в одном сантиметре 250 метров».

Линейный масштаб изображается в виде линий (рис.1 в приложении 1), разделённых на 2х или 1 см отрезки (основания масштаба); левый крайний отрезок от нуля делится на 20(10) частей. Отрезки вправо от нуля подписываются применительно к масштабу. Линейный масштаб позволяет определять с помощью измерителя значительно точнее длину линии на местности, не производя математических расчётов, как это делается при численном масштабе.

Измерение длины линии на карте с помощью измерителя и линейного масштаба производится следующим образом. Ножки измерителя устанавливают в точках, обозначающих концы данной линии, при этом угол между плоскостью карты и каждой ножкой измерителя должен быть не менее 60° . Не изменяя раствора,

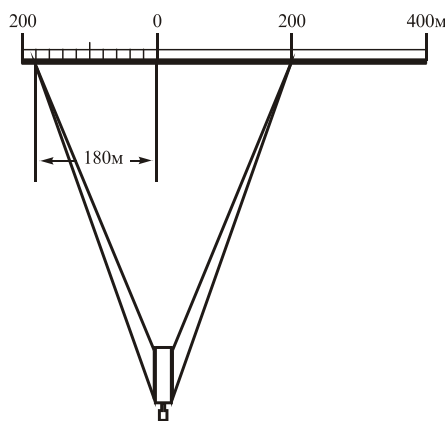


Рис.4.

измеритель переносят на линейный масштаб так, чтобы правая ножка расположилась на оцифрованном отрезке, а левая – на дробном основании.

На рис. 4 представлен случай, когда измеренная длина линии равна 380 м. Для контроля линия измеряется дважды. Расхождение между результатами измерений не должно превышать двойной точности масштаба ($2t$), вычисляемой по формуле

$$t = 0,02 \cdot M, \quad (3)$$

где 0,02 см – минимальная ошибка при измерении линии измерителем (толщина иглы); M – знаменатель масштаба карты.

Линию, длиннее линейного масштаба, измеряют по частям раствором измерителя, кратным длине линейного масштаба. В этом случае разность (Δd) между результатами измерений линии в прямом и обратном направлениях не должна быть больше:

$$\Delta d = 2t\sqrt{n}, \quad (4)$$

где n – число установок измерителя при измерении заданной линии.

Поперечный масштаб. Для повышения точности измерения расстояний применяют поперечный масштаб, который строится в виде параллельных равноотстоящих прямых, разделённых так же, как и линейный масштаб на равные отрезки (рис. 5а). Длина основания (q) чаще всего бывает 2 см.

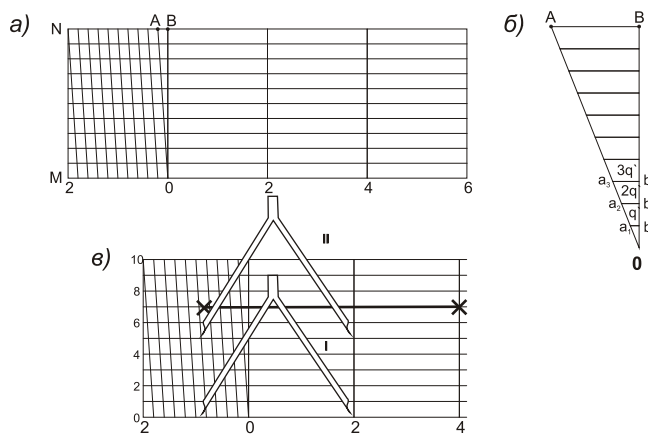


Рис.5.

Крайняя левая часть масштаба по линиям МО и NB делится обычно на 10 равных частей (дробная часть основания), а точки деления соединяются наклонными линиями (трансверсалиями). В результате такого построения отрезки прямых между перпендикуляром ОВ и первой трансверсалью будут различной длины. Самый малый из них $a_1b_1=q'$ является наименьшим делением поперечного масштаба (рис. 5 б). Его величину можно определить на основании свойства подобных треугольников. Количество делений на перпендикулярах ОВ равно 10. Следовательно, отрезок Ob_1 , оставляют $1/10$ перпендикуляра ОВ. Учитывая, что треугольники ОАВ и О a_1b_1 подобны, тогда $a_1b_1=0.1 AB$. Из этого же условия $a_2 b_2 = 0,2 AB$ и т.д. А так как $AB= 0,1q$ то $a_1b_1 = 0,01q$

Длину измеряемого с помощью поперечного масштаба отрезка (d) можно определить по такому выражению (рис. 5в)

$$d = (n \cdot q + m \cdot 0,1 \cdot q + k \cdot 0,01 \cdot q) \cdot M, \quad (5)$$

где n – количество целых оснований (q);

m – количество полных десятых долей основания (q);

k – количество сотых делений основания (q);

M – знаменатель масштаба;

q – основание поперечного масштаба (1 или 2 см).

Применительно к длине отрезка, обозначенного раствором измерителя, (положение I), если принять масштаб 1:50000 будем иметь: q = 2 см; M = 500 м; n = 1; m = 4; k = 5;

$$d = (1 \cdot 2 + 4 \cdot 0,1 \cdot 2 + 5 \cdot 0,01 \cdot 2) \cdot 500 = 1450 \text{ м.}$$

На практике все получается значительно проще. Измеритель, с установленным по карте раствором, переносят на нижнюю линию масштаба так, чтобы одна его игла совместилась с одним из перпендикуляров справа от нулевой отметки, а другая оказалась в пределах крайнего левого основания (рис. 5в, положение I), затем измеритель перемещают вверх до тех пор, пока левая игла не совпадет с пересечением одной из наклонных линий с горизонтальной прямой (положение II), при этом обе иглы должны быть на одной горизонтальной прямой. Теперь достаточно подсчитать количество оснований (q) – оно равно единице; количество десятых долей основания ($0,1q$), оно равно 4; и количество сотых долей основания ($0,01q$) оно равно 5 и вычислить длину. Например, применительно к численному масштабу 1:50000 основание масштаба (q) равно 2 см, а в масштабе это 1000 м, одно деление дробного основания – 100 метров (в положении II таких 4 деления) плюс 400 м; ножки измерителя находятся на 5 линии, плюс отрезок $5 \cdot 10 = 50$ м. Таким образом, полная длина отрезка равна $1000 \text{ м} + 400 \text{ м} + 50 \text{ м} = 1450 \text{ м}$.

Аналогично определяются длина линии, выделенной жирным тоном, на поперечном масштабе (рис. 5в). Её длина равна $2 \cdot 1000 \text{ м} + 4 \cdot 100 + 7 \cdot 10 \text{ м} = 2470 \text{ м}$.

Выполняя расчетно-графическую работу (приложение 1), студенты вычерчивают линейный и поперечный масштабы и подписывают их применительно к численным (задаваемых преподавателем). Для закрепления навыков и знаний в работе с масштабами каждый студент изображает в табл. 1 (приложение 1) три отрезка разной длины, производит измерение их длин в трех масштабах, а результат записывает в табл.1 приложения.

При измерении длины линий по карте надо помнить, что мы находим горизонтальные проекции их ($\phi 2$), а не истинные значения (наклонные длины).

Связь между ними такова (рис. 6)

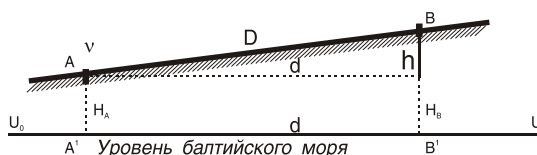


Рис. 6.

$$d = D \cdot \cos v \quad (6)$$

$$h = H_B - H_A \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} v = h/d \quad (8)$$

$$v = \arctg h/d \quad (9)$$

$$D = d/\cos v \quad (10)$$

где D – наклонная длина линии на местности (измеряется лентой при съемках);

v – угол наклона местности (линии) к горизонту (измеряется теодолитом при съемках);

H_A, H_B – высоты точек A и B над уровнем Балтийского моря (определяются по карте);

d – горизонтальная проекция (линия $A'B'$) линии AB .

Работая с картой, горизонтальную проекцию (d) линии местности вычисляют по формуле 2, затем вычисляют ее наклонную длину (D) по формуле 10, если будет известен угол наклона (v).

Угол наклона (крутизна ската) можно определить по формуле 9, если местность имеет прямолинейный характер изменения, или вычислить, если местность неровная, как среднеарифметическое по графику «Масштаб заложений», изображенному на карте (рис.7)

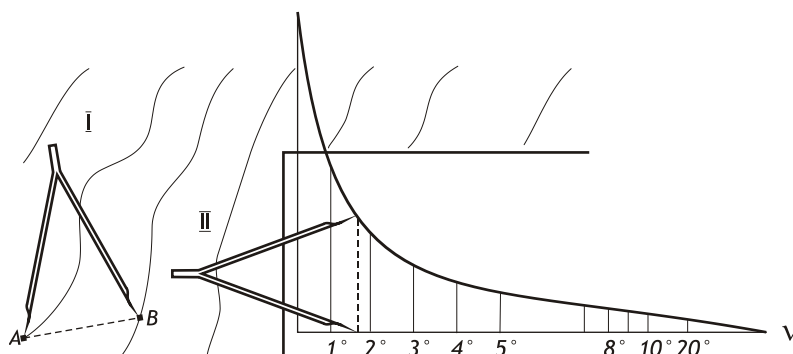


Рис. 7

График "Масштаб заложений" для углов наклона строится по формуле.

$$d = h_0/\operatorname{tg} v, \quad (11)$$

где h_0 – высота сечения рельефа (указывается под линейным масштабом карты), величина постоянная для данной карты;

v – угол наклона; ему придаются значения: $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ \dots 10^\circ$.

Подставляя значение h_0 и v_i в формулу 11, получают $d_1, d_2, d_3 \dots$. Затем проводят горизонтальную линию (ось v), на ней откладывают равные отрезки, соответствующие $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ \dots 10^\circ$; в точках 1, 2, 3 откладывают в масштабе

карты перпендикуляры: $d_1, d_2, d_3 \dots$ концы ординат соединяют кривой линией, получая график «Масштаб заложений» (рис. 7).

Следует помнить, что с помощью такого графика можно определить угол наклона (крутизну) только между двумя ближайшими горизонталями (с разными отметками, превышение между которыми равно h_0 карты).

Пример. Пусть требуется определить крутизну рельефа между точками А и В (рис. 7). Устанавливают ножки измерителя в точках А и В, переносят раствор измерителя на график, таким образом, чтобы одна игла установилась на оси v в точке 1, другая игла располагается в сторону кривой, затем перемещают измеритель по оси v параллельно ординатам графика до тех пор, пока другая точка (игла) не попадет на кривую. Эту точку проектируют на ось v (там находится игла измерителя) и на глаз оценивают положение точки между двумя градусными делениями. На рис. 7 $v = 1^\circ 40'$ (приблизительно).

Если линия на карте пересекает несколько горизонталей, то углы наклона между другими (последующими) точками находятся аналогично, а средний угол наклона линии к горизонту вычисляется:

$$v_{cp} = (v_1 + v_2 + \dots + v_n)/n. \quad (12)$$

Для закрепления знаний по определению углов наклона линии на карте и по установлению зависимости между наклонной длиной линии и ее горизонтальной проекцией студенты приводят в расчетно-графической работе (приложение 1) рисунок (3) и формулы.

§ 5. Условные знаки

Картографическими условными знаками называют применяемые на картах обозначения различных объектов и их характеристик. Условные знаки и их системы образуют особый искусственный язык – язык картографии. Они передают содержание карт, т.е. знания о реальной действительности, заключённые в картах. Картографические знаки обозначают предметы, явления, процессы (нефтяная вышка, линия электропередачи, болото, населённый пункт, рельеф местности, температура воздуха, морские течения и т.д. и т.п.).

Для пользования картой необходимо усвоить значение картографических знаков, их смысловое содержание, т.е. отношение к изображаемым предметам, явлениям и процессам.

Совокупности знаков выполняют на картах более широкие функции. Они показывают сочетания и взаимосвязи объектов, формируют пространственный образ явлений, позволяют устанавливать закономерности их размещения и таким образом дают новые знания сверх суммы информации, заложенной в отдельных условных знаках карты.

Условные знаки подразделяются на масштабные, немасштабные и линейные (рис.8).

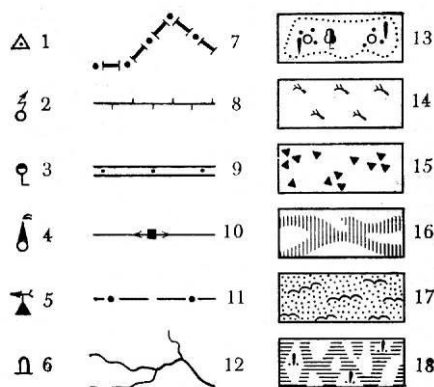


Рис. 8.

Масштабными условными знаками изображаются объекты, горизонтальные размеры которых могут быть выражены в масштабе карты.

Немасштабными (или точечными) условными знаками называют на картах объекты, занимающие на местности очень небольшую площадь, не выражающуюся в масштабе карты, положение которых фиксируется на картах точкой. Рисунок знака имеет или правильную геометрическую форму (кружок, треугольник и т.п.) или схематически, упрощённо воспроизводит внешний вид объекта. Истинное положение объекта на местности определяется одной из точек знака, которая находится: в центре знаков геометрической формы (1, 2 рис. 8), в середине основания у фигур неправильной формы (6 рис. 8); в вершине прямого угла у основания знаков с «подсечкой» (3 рис. 8).

Линейные знаки применяются для изображения на картах предметов местности, которые имеют значительную протяжённость при сравнительно малой ширине, не выражающейся в масштабе карты (пути сообщения, линии связи, границы и т.п.). Линейный знак (9, 10 рис. 8) передаёт расположение объекта на местности с преувеличением его ширины (в масштабе карты), при этом ось знака совпадает с положением на местности оси объекта.

Для дополнительной характеристики применяются *пояснительные* условные знаки:

- а) собственные названия населённых пунктов, рек и др;
- б) сокращённые надписи, перечень которых даётся в таблицах условных знаков (характер производства, материал сооружений и покрытия дорог и др.);
- в) числовые показатели (длина, ширина и грузоподъёмность мостов; высота и толщина деревьев в лесу; ширина и глубина рек и др.).
- г) знаки (порода деревьев в лесу, коллейность железных дорог, направление течения рек и др.).

Для закрепления знаний по изучению условных знаков, а также для приобретения навыков в черчении, студенты вычерчивают несколько условных знаков (рис. 4 в приложении 1).

§6. Определение географических и прямоугольных координат

Особенностью топографических карт является наличие на них двух систем координат (исходя из сущности поперечно-цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера): географической и прямоугольной, что позволяет определять как географические, так и прямоугольные координаты любой точки.

Географическая система координат обозначена на карте граничными линиями: западным и восточным меридианами, южной и северной параллелями.

Рабочее поле карты заполнено сеткой линий, образующих квадраты прямоугольной системы координат (рис. 9).

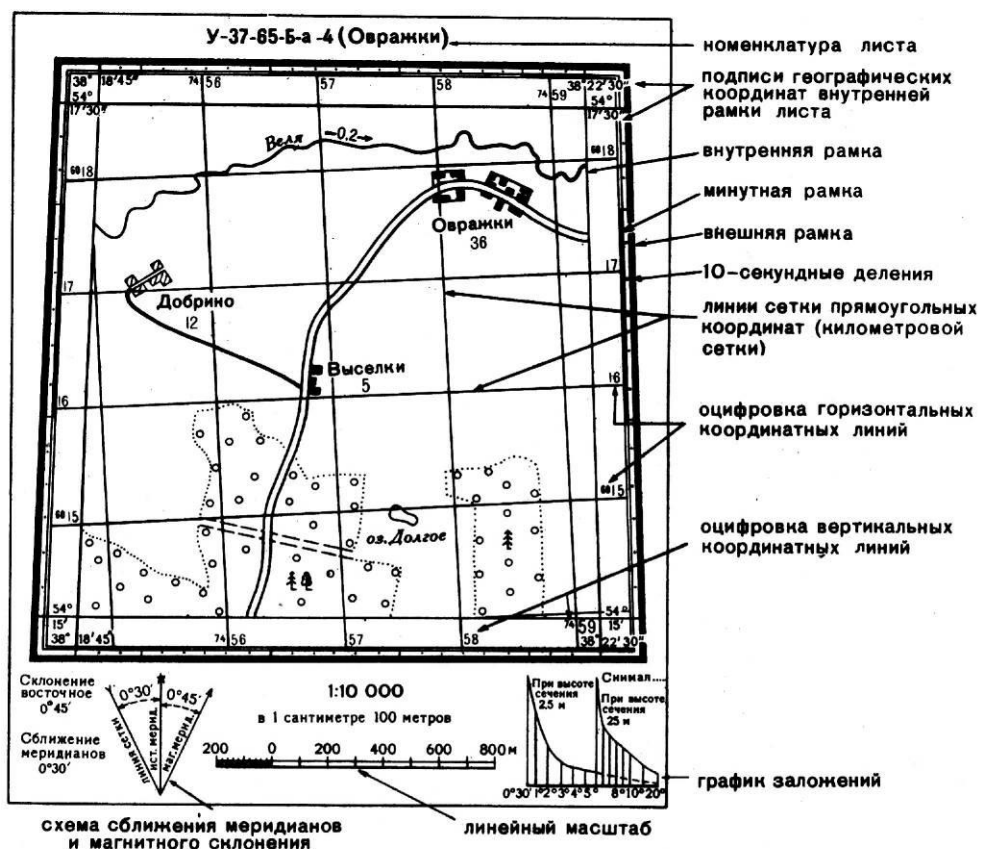


Рис. 9.

Эти линии называются линиями километровой сетки, т.к. они проведены через 1 км, в масштабе карты: горизонтальные – параллельно экватору, вертикальные – параллельно осевому меридиану зоны. Вертикальная линия означает ось X, горизонтальная – ось Y.

1. Определение географических координат точки

Для определения широты φ_A точки А (рис.10)

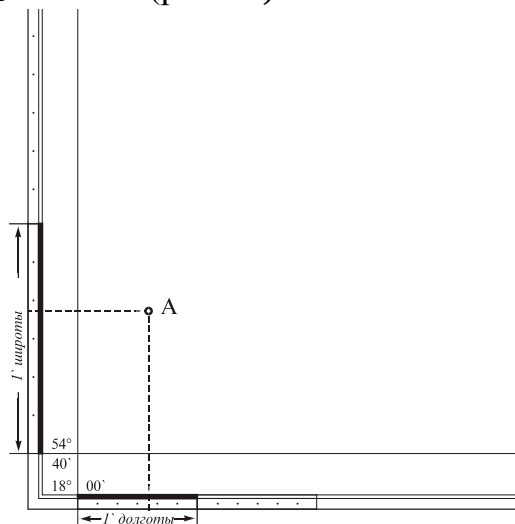


Рис. 10.

проводят через эту точку параллель (т.е. линию, параллельную южной стороне рамки карты). Находят расстояние от этой параллели до южной стороны рамки, оценивая секунды на глаз (37"). Так как широта южной рамки равна $54^\circ 40'$, то искомая широта точки А получится $\varphi_A = 54^\circ 40' 37''$.

Долготу точки А находят аналогично, проведя через точку А истинный меридиан. Для данного примера $\lambda_A = 18^\circ 00' 32''$.

2. Определение прямоугольных координат точки

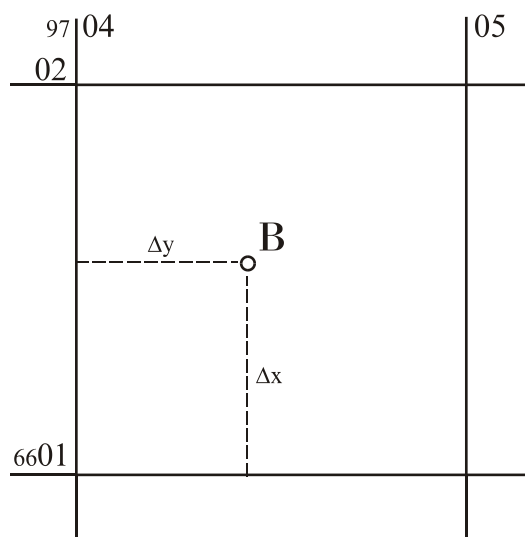


Рис. 11.

Приняв за оси координат линии километровой сетки ($X=6601$, $Y=9.704$), опускают на них из определяемой точки перпендикуляры Δx и Δy (рис.11), длины которых измеряют с помощью поперечного масштаба. Для данного примера:

$$X_B = 6601000 \text{ м} + \Delta x = 6601550 \text{ м}$$

$$Y_B = 9704000 \text{ м} + \Delta y = 9704415 \text{ м}$$

Для закрепления знаний студенты определяют координаты двух точек, задаваемых индивидуально, а результаты записывают в таблицу 2 приложения 1.

§ 7. Ориентирование линии

Под ориентированием линии на местности (карте) понимается ее положение относительно северного направления меридиана, т.е. угол между северным направлением меридиана и направлением данной линии. В качестве углов, определяющих положение линии, служат: азимут, дирекционный угол и румб. Исходными направлениями в геодезии приняты: истинный (географический) меридиан, осевой меридиан зоны и магнитный меридиан.

Истинным азимутом линии в данной точке ее называется горизонтальный угол между северным направлением истинного меридиана в этой точке и направлением линии. Этот угол отсчитывается по ходу часовой стрелки. Истинный азимут обозначается буквой A и изменяется от 0 до 360° (рис.12)

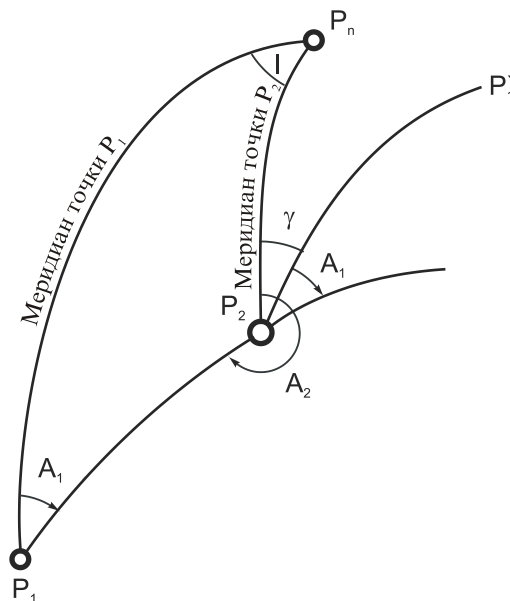


Рис. 12.

Азимут прямого направления P_1P_2 называется прямым, а обратного (P_2P_1) направления – обратным азимутом. Прямой азимут направления P_1P_2 (рис. 12) будет A_1 , а обратный для того же направления – A_2 . Так как меридианы не параллельны между собой, а пересекаются в точке полюса (P_n), то азимут линии в каждой точке ее имеет разное значение. Угол между направлениями двух меридианов в данных двух точках (P_1 и P_2) называется сближением (γ) меридианов. Как видно из рис. 12, зависимость между прямым и обратным азимутом выражается формулой:

$$A_2 = A_1 + 180 + \gamma. \quad (13)$$

На практике иногда вместо азимутов пользуются румбами. Румбом называется острый угол между северным или южным (ближайшим) направлением меридиана и направлением на точку. Румбы обозначаются буквой r с индексами, указывающими четверть, в которой находится линия.

Например: $r_{ЮВ}$ – линия находится в юго-восточной четверти (рис. 13). Связь между румбами и азимутами приведена в таб. 1

Таблица 1

Азимуты	Румбы	Четверть; названия
0-90°	$r_1 = A_1$	1 – СВ
90-180°	$r_2 = 180^\circ - A_2$	2 – ЮВ
180-270°	$r_3 = A_3 - 180^\circ$	3 – ЮЗ
270-360°	$r_4 = 360^\circ - A_4$	4 – СЗ

Дирекционным углом линии на плоскости называется угол между северным направлением осевого меридиана и направлением (P_1P_2) на данный предмет (точку). Дирекционные углы измеряются транспортиром также как и азимуты и изменяются так же как и азимуты; обозначаются буквой α .

Как следует из рис. 14, связь между азимутом и дирекционным углом выражается формулой:

$$A = \alpha + \gamma, \quad (14)$$

где γ – сближение меридианов в т. P_1

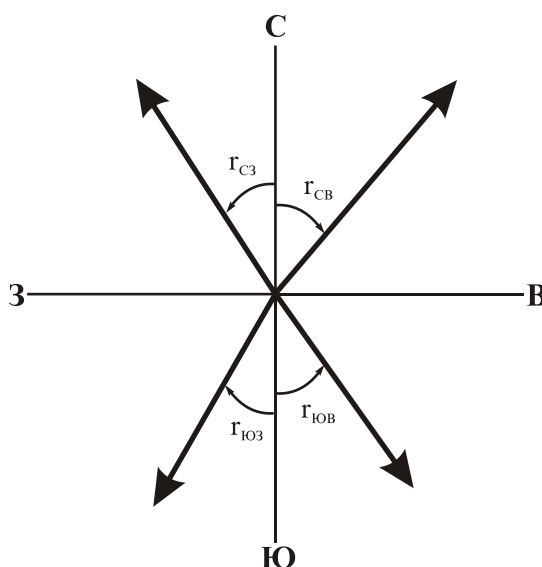


Рис. 13

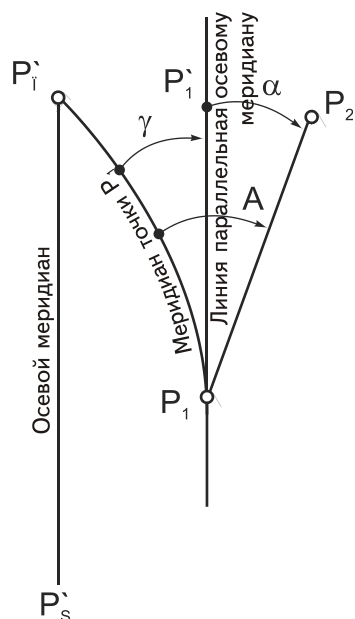


Рис. 14

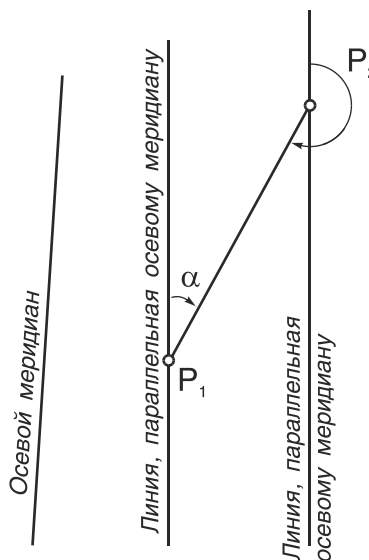


Рис. 15

Прямой и обратный дирекционные углы одной и той же линии отличаются на 180° (рис.15)

Магнитные азимуты. При решении ряда практических задач целесообразно пользоваться магнитными азимутами, т.к. они легко определяются с помощью простых приборов, таких как компас, буссоль, главной частью которых является магнитная стрелка.

Магнитные азимуты (A_M) отсчитываются так же, как и истинные азимуты, – по ходу часовой стрелки от 0 до 360° , но от направления магнитного меридиана.

Зависимость между магнитным азимутом и истинным азимутом такова:

$$A = A_M + \delta. \quad (15)$$

Здесь δ – склонение магнитной стрелки (указывается на карте).

Связь между дирекционным углом и магнитным азимутом определяется из решения двух равенств (ф. 14 и 15), у которых левые части равны, а значит, будут равны и правые, т.е.

$$\begin{aligned} \alpha + \gamma &= A_M + \delta \\ \alpha &= A_M + \delta - \gamma. \end{aligned} \quad (16)$$

Здесь γ и δ с учетом своих знаков.

Для закрепления теоретических знаний студенты измеряют элементы ориентирования линии АВ, заданной преподавателем (табл.2 приложения 1), вычисляют магнитный азимут её и измеряют длину линии АВ. Результаты измерений и расчетов заносят в табл. 3 расчетно-графической работы (приложение 5).

При определении координат, измерении длин линий и элементов ориентирования с помощью транспорта возможны ошибки. Чтобы избежать появления грубых ошибок, все измерения должны производиться дважды. Одним из косвенных способов контроля измерений является решение обратной геодезической задачи, сущность которой заключается в определении дирекционного угла (α) и горизонтального проложения (d) линии по известным координатам её концов (рис.16).

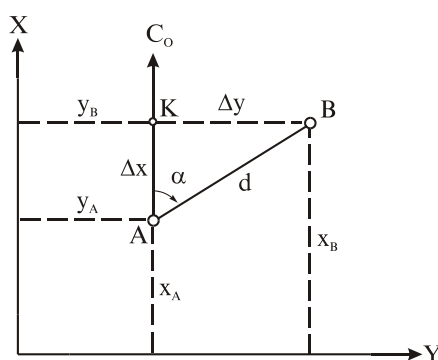


Рис. 16.

Обратная геодезическая задача.

Дано: X_A Y_A ; X_B Y_B . Определить α и d .

В прямоугольном треугольнике АКВ (рис.16) имеем: $KB = \Delta y = Y_B - Y_A$; $AK = \Delta x = X_B - X_A$. Далее запишем

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = (Y_B - Y_A) / (X_B - X_A) = \Delta y_{AB} / \Delta x_{AB} \quad (17)$$

$$\alpha_{AB} = \operatorname{arctg} (\Delta y_{AB} / \Delta x_{AB}) \quad (18)$$

$$d_{AB} = (\Delta y_{AB} / \sin \alpha_{AB}) \quad (19)$$

$$d_{AB} = (\Delta x / \cos \alpha_{AB}) \quad (20)$$

По формуле 18 фактически вычисляется румб (острый угол) линии. Положение линии (четверть) находится в зависимости от знаков у приращений координат (Δx и Δy), которые определяются по табл. 2.

Таблица 2

Четверть, Название румба	Знак у приращения координат	
	Δx	Δy
I СВ	+	+
II ЮВ	–	+
III ЮЗ	–	–
IV СЗ	+	–

Определив четверть, в которой находится искомая линия АВ по зависимости между румбом и дирекционным углом (табл.1), вычисляют её дирекционный угол.

Решение обратной геодезической задачи целесообразно выполнять по формуляру (табл. 4 в приложении 1). Контролем правильности расчётов является: d_{AB} , вычисленное по формуле 19 и d_{AB} , вычисленное по формуле 20 должны быть одинаковыми или отличаться не более чем на 2 см.

По определённым координатам точек А и В (табл. 2 в приложении 1.) студенты вычисляют расстояние между точками и дирекционный угол линии (табл. 4 в приложении 1), сравнивают вычисленные значения (α_{AB} и β_{AB}) с измеренными (табл. 3 в приложения 1) и составляют табл. 5 в приложении 1. Если расхождение в длине линии составляет не более 1 мм (в масштабе карты), а расхождение в дирекционном угле не более одного градуса (для школьного транспортира), можно считать, что прямоугольные координаты точек А и В определены удовлетворительно. В противном случае координаты точек А и В определяются заново.

Оценка точности произведённых измерений в расчётно-графической работе заключается в сравнении результатов (табл. 5 в приложении 1.).

§ 8. Определение отметок

На топографических картах рельеф местности изображается горизонталями. **Горизонталь – это плавная замкнутая кривая линия, соединяющая на карте (плане) точки с одинаковыми отметками.** Горизонтали подписываются кратно принятому сечению (h_0). Подписывается, как правило, каждая пятая горизонталь, которая изображается утолщённой.

Из формулировки горизонтали можно заключить, что отметка точки, лежащей на горизонтали будет равна отметке этой горизонтали. Пусть требуется определить отметку точки С, расположенной между смежными горизонталями с отметками H_1 и H_2 (рис. 17).

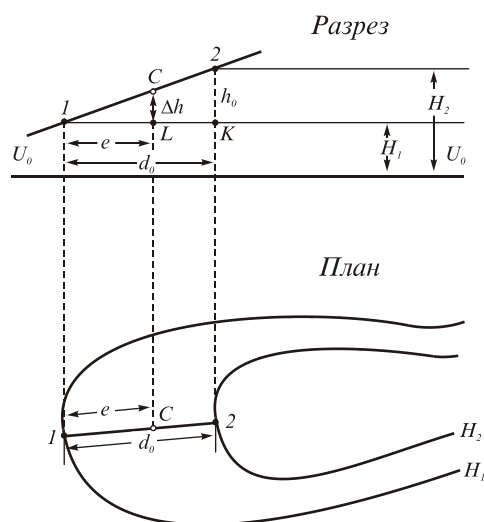


Рис. 17.

Проводят через точку С прямую, нормальную к горизонталям (кратчайшее расстояние) и измеряют в миллиметрах отрезки d_0 и e . Искомая отметка, как видно из разреза (рис.17), равна:

$$H_C = H_1 + \Delta h \quad (21)$$

где Δh – превышение точки С над точкой 1.

Из подобия треугольников 1К2 и 1LC можно записать:

$$\Delta h/h_0 = e/d_0 \quad (22)$$

$$\Delta h = (e/d_0)h_0$$

где h_0 – высота сечения рельефа или разность отметок горизонталей в точках 1 и 2.

Подставив вычисленное значение Δh (ф. 22) в формулу 21, получают отметку точки С.

Отметки таких точек приходится вычислять, как правило, при построении профиля местности по заданному направлению.

§ 9. Построение профиля

Профиль местности – это вертикальный разрез рельефа местности, построенный в двух масштабах: горизонтальном и вертикальном.

Построение профилей по картам необходимо при разнообразных исследованиях природных условий территории для решения научных и практических задач. Например, с помощью профиля можно установить, имеется ли взаимная видимость между двумя точками местности. Построением профилей по ряду направлений, исходящих из данной точки, можно нанести на карту участки местности, невидимые с этой точки (так называемые поля невидимости) и др.

Пусть требуется построить профиль местности на карте масштаба 1:10000 по линии BD (рис. 18а)

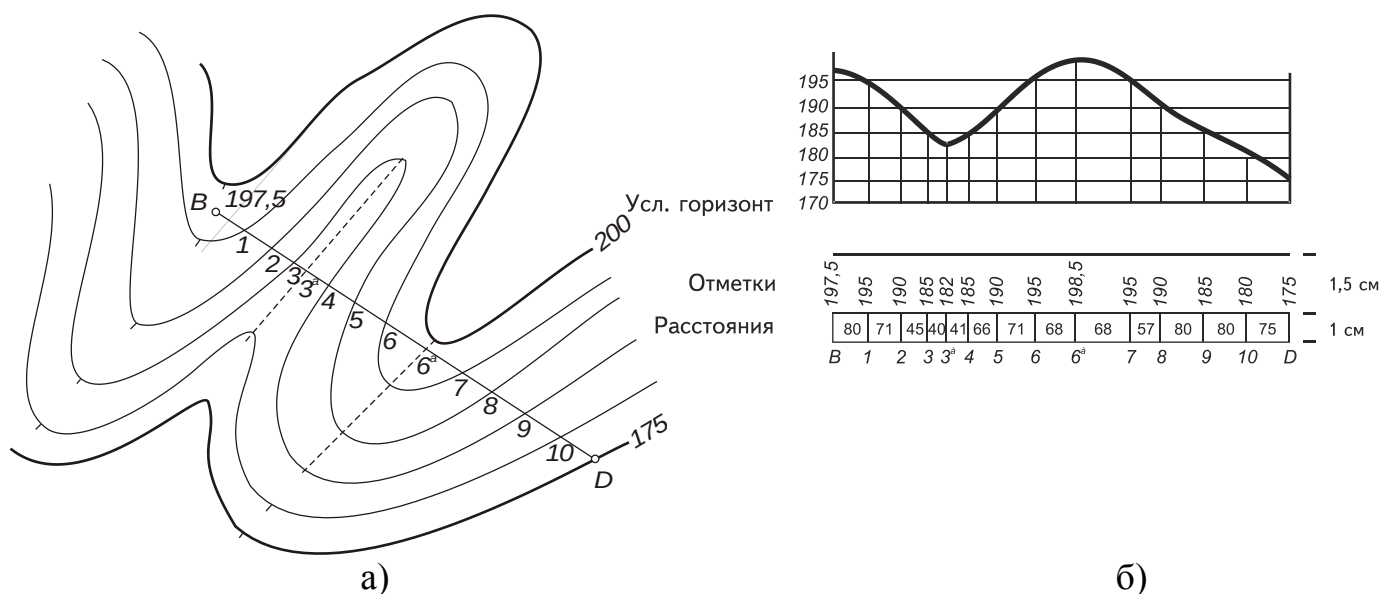


Рис. 18

Точки пересечения линии BD с горизонталями нумеруют; фиксируют на карте по линии BD точки перегиба местности (характерные точки), присваивая им номера (3а, 6а) и вычисляя их отметки как и т. В аналитически (§ 8).

На листе миллиметровой бумаги строят графы расстояний и отметок (рис. 18б). В графу расстояний в масштабе карты (измерителем, по линейному масштабу) переносят длины соответствующих интервалов (расстояние между точками пересечения линии BD со всеми горизонталями, а также с характерными линиями рельефа – тальвегом и водоразделом). В графу отметок записывают высоты соответствующих точек (B, 1, 2...9, 10 D). Над всеми перенесёнными точками от линии условного горизонта восстанавливают перпендикуляры и на них в масштабе (в 10 и более раз крупнее горизонтального) откладывают отрезки, равные разности отметки точки и отметки условного горизонта.

Концы перпендикуляров соединяют плавной кривой линией.

Студенты, выполняя расчётно-графическую работу, строят профиль по линии АВ (обозначенной ранее), составляя при этом таблицу 6 (приложение 1) с элементами линии: заложением, превышением (сечением), уклоном и др.

В расчётно-графической работе они иллюстрируют пример определения отметки точки аналитическим способом.

В таблице 6 (приложение 1) превышения (h_0) находятся как разность отметок в точках А,1,2...; заложения (d_0) находится с помощью измерителя и линейного масштаба; уклон вычисляется по формуле (рис.19):

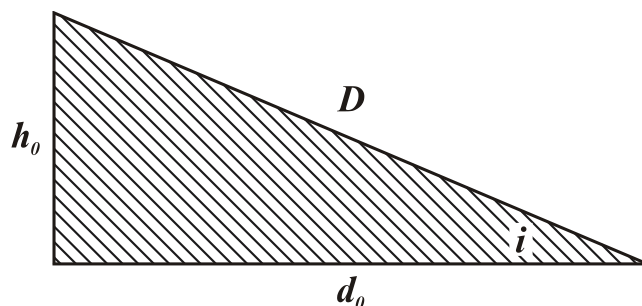


Рис.19

$$i = h_0 / d_0 \quad (23)$$

здесь h_0 – высота сечения рельефа;

d_0 – заложение горизонталей.

В общем виде уклон линии находится по выражению:

$$i = h/d \quad (23')$$

здесь h – превышение одной точки над другой;

d – горизонтальная проекция между точками.

Угол наклона находится по формуле 9(23) или по графику «Масштаб заложений».

Наклонная длина (D) находится по формуле (рис. 19):

$$D = \sqrt{h_0^2 + d_0^2} \quad (24)$$

В общем виде по формуле

$$D = \sqrt{h^2 + d^2} \quad (24')$$

§ 10. Измерение площадей

Площадь участков местности требуется знать для решения многих инженерно-технических и планово-экономических задач. Измерения площадей участков местности по топографическим картам (планам) производится графическим, аналитическим и механическим способами.

При измерении площади участка по карте находится его проекция (s) на горизонтальную плоскость, а для нахождения фактической площади на физической поверхности Земли (S) необходимо ее вычислить по формуле:

$$S = s / \cos v_{\text{ср}}, \quad (25)$$

где $v_{\text{ср}}$ – средний угол наклона площади участка Земли по отношению к горизонтальной плоскости (плоскости проекции).

Рассмотрим сущность графического способа. Если участок Земли, изображенный на карте, имеет форму многоугольника, то его площадь разбивают на простые геометрические фигуры (рис. 20) – треугольники, квадраты и определяют площадь каждой, а окончательную площадь находят как сумму площадей простых фигур.

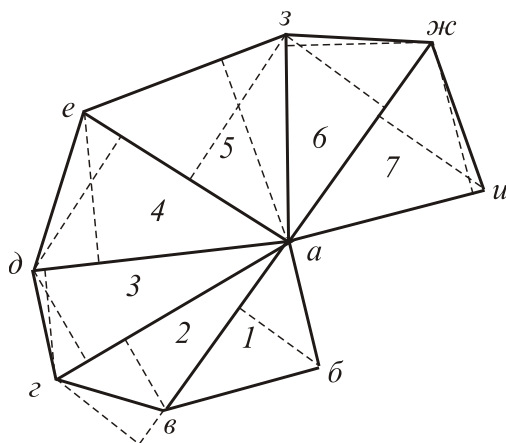


Рис. 20

Измерение площадей участков, имеющих сложную, неправильную конфигурацию, чаще производят с помощью палеток и планиметров, что дает наиболее точные результаты.

Сеточная палетка (рис.21) представляют собой прозрачную пластину (из пластика, органического стекла или кальки) с награвированной или начерченной сеткой квадратов.

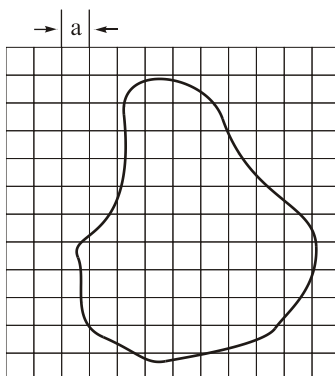


Рис. 21

Палетку накладывают на измеряемый участок и по ней подсчитывают количество полных квадратов (N) и количество неполных квадратов (n) по контуру фигуры. Считая, что из двух неполных квадратов образуется один полный (ввиду малых размеров квадрата), общее количество полных квадратов по всей фигуре будет:

$$N+n/2$$

Размеры ячейки принимают 0,2x0,2 см или 0,5x0,5 см ($a \times a$).

Вычисляют площадь ячейки (s_0) исходя из масштаба карты. Площадь (S) участка будет равна:

$$S=(N+n/2)s_0. \quad (26)$$

Для контроля измерений положение палетки меняют и действия по измерению площади повторяют аналогично. Относительное расхождение между двумя определениями площади фигуры не должно быть более 1:50.

Оно вычисляется следующим образом:

$$f_{\text{отн}} = (S_1-S_2)/S_{\text{ср}} \leq 1/50, \quad (27)$$

где S_1 – первое определение площади;

S_2 – второе определение площади;

$S_{\text{ср}}$ – среднее значение площади из двух определений.

§ 11. Разграфка и номенклатура топографических карт

Разграфкой называется разделение многолистной карты на отдельные листы. Обозначение отдельных листов такой карты по определенной системе называется *номенклатурой*.

За основу номенклатуры карт в России положена международная разграфка листов карты масштаба 1:1000000. Листы карты этого масштаба ограничены меридианами и параллелями и имеют размеры по широте 4° (ряды) и по долготе 6° (колонны). Ряды обозначаются заглавными буквами латинского алфавита, от А до U к северу и югу от экватора, а колонны нумеруются арабскими цифрами от 1 до 60. Номера колонн считаются от меридиана с долготой 180° с запада на восток (рис. 22).

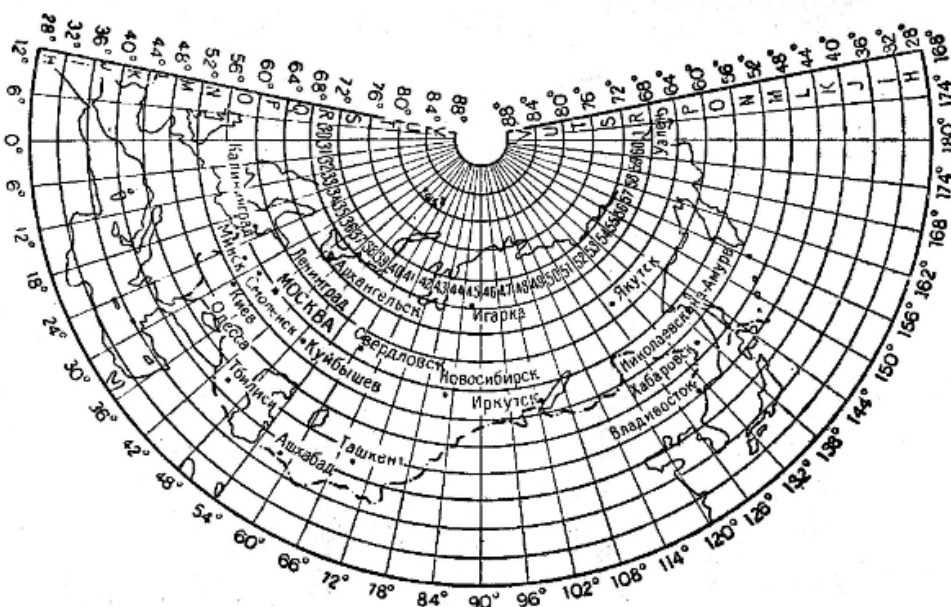


Рис.22

Например, лист карты масштаба 1:1000000, на которой находится Москва, имеет номенклатуру N-37. Центральные меридианы карт масштаба 1:1000000 совпадают с осевыми меридианами шестиградусных зон координат Гаусса-Крюгера. Связь между номерами колонн и координатных зон определяется формулой:

$$N=Q-30, \quad (28)$$

где Q – номер колонны карты масштаба 1:1000000;

N – номер зоны координат Гаусса-Крюгера.

Долготы центральных меридианов листов миллионной карты вычисляется по формуле:

$$L=6^{\circ} \cdot Q - 183. \quad (29)$$

Разграфка топографических карт более крупных масштабов установлена с соблюдением следующих условий:

- границами карт служат меридианы и параллели;

- размеры листов карты должны быть удобными для создания и практического использования;
- лист карты масштаба 1:1000000 должен делиться на целое число карт более крупного масштаба;
- номенклатура листов карт, включает номенклатуру карты масштаба 1:1000000, а для карт масштаба 1:50000 и крупнее – и номенклатуру листа карты масштаба 1:100000.

В России принят следующий ряд масштабов топографических карт: 1:1000000; 1:500000; 1:300000; 1:200000; 1:100000; 1:50000; 1:25000; 1:10000; топографических планов: 1:5000; 1:2000; 1:1000; 1:500.

Таким образом, одному листу миллионной карты соответствуют:

- 4 листа карты масштаба 1:500000, обозначаемые буквами А, Б, В и Г; номенклатура этих листов имеет вид, например N-37-A;
- 9 листов карты масштаба 1:300000, обозначаемых римскими цифрами I, II.... IX; номенклатура листов этой карты пишется в виде I-N-37;
- 36 листов карты масштаба 1:200000, обозначаемых также римскими цифрами; запись номенклатуры листов такая N-37-I;
- 144 листа карты масштаба 1: 100000, обозначаемых арабскими цифрами от 1 до 144, номенклатура запишется, например, N-37-144.

Одному листу карты масштаба 1:100 000 соответствует 4 листа масштаба 1:50 000. Каждый лист обозначается буквами А, Б, В и Г. Номенклатура листа карты масштаба 1:50 000 запишется как: N-37-144-A.

Одному листу карты 1:50000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:25000, обозначаемые строчными буквами а, б, в, г, номенклатура запишется, например: N-37-144-A-a.

Одному листу карты масштаба 1:25000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:10000, обозначается арабскими цифрами 1, 2, 3, 4, номенклатура запишется, например: N- 37-144-A-a-4.

Одному листу карты масштаба 1:100000 соответствует 256 листов плана масштаба 1:5000, листы которых обозначаются арабскими цифрами от 1 до 256, заключенными в скобках, номенклатура запишется, например: N-37-144-(256).

Одному листу плана масштаба 1:5000 соответствуют 9 листов плана масштаба 1:2000, каждый лист которого обозначается строчными буквами русского алфавита: а, б, в, г, д, е, ж, з, и, заключенными в скобки, номенклатура запишется, например: N-37-144-(256-и).

Сводные данные о номенклатуре карт и планов, размерах их рамок и километровой сетке даются в табл. 3.

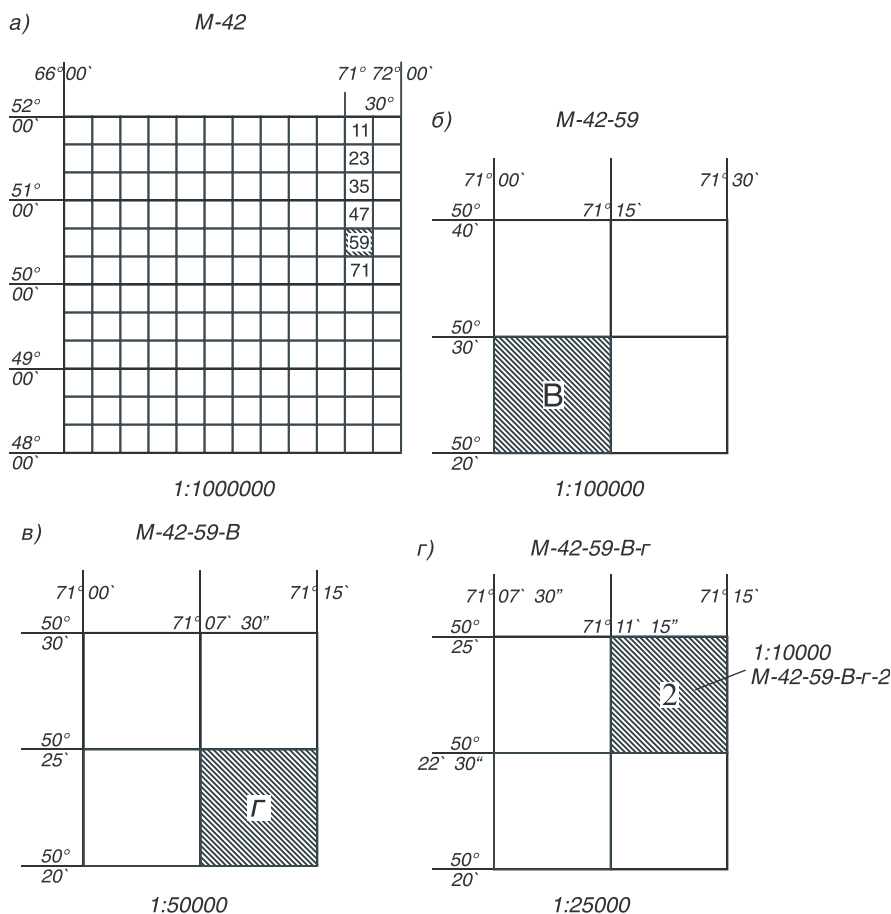
Таблица 3

Масштабы	Колич. листов в одном листе карты	Размеры рамок	Размеры сторон Километр. сетки	Номенкла тура листов
----------	--	---------------	---	----------------------------

	масштаба					
	1:1000000 или 1:100000	По широте	По долготе	На карт е	На местн ости	
1. В отношении карты масштаба 1:1000000						
1:1000000	1	4°	6°	-	-	N-37
1:500000	4	2°	3°	-	-	N-37-Г
1:300000	9	1°20′	2°	-	-	I-N-37
1:200000	36	40′	1°	5см	10км	N-37-36
1:100000	144	20′	30′	2см	2км	N-37-144
2. В отношении карты масштаба 1:100000						
1:50000	4	10′	15′	2см	2км	N-37-144-Г
1:25000	16	5′	7'30"	1см	1км	N-37-144-Г-г
1:10000	64	2'30"	3'45"	10см	1км	N-37-144-Г-г-4
1:5000	256	1'15"	1'52",5	10см	0,5 км	N-37-144-256
1:2000	2304	25"	37 "5	-	-	37-144-(256-и)

Пример: Определить номенклатуру листа карты масштаба 1:10000, в пределах которого находится пункт триангуляции, с такими значениями географических координат: широта 50° 24′, долгота 71° 14′ (рис. 23)

Рис. 23



Значение широты северной параллели, ограничивающей искомый лист масштаба 1:1000000 **равно** ближайшему к $50^{\circ} 24'$ большему числу градусов, кратно 4 **т.е.** 52° . Делением 52° на 4 получается номер ряда, равный 13; ему соответствует буква М латинского алфавита.

Значение долготы восточного меридиана равно ближайшему к $71^{\circ} 14'$ большему числу градусов, кратному 6, **т.е.** 72° . Прибавляя к нему 180° и деля сумму на 6, получается номер колонны:

$$Q = 72^{\circ} + 180^{\circ} = 252^{\circ} : 6 = 42.$$

Таким образом, лист карты масштаба 1:1000000, в пределах которого находится заданный пункт триангуляции, имеет номенклатуру М-42 (рис. 23а).

Определение номенклатуры листов масштабов 1:100000; 1:50000, 1:25000 и 1:10000 показано соответственно на рис. 23 б, в и г.

Пример. Определить географические координаты углов листа карты: К-48-14-(125). Определяем широты параллелей и долготы меридианов, ограничивающих лист карты К-48 масштаба 1:100000. Так как буква К – одиннадцатая в латинском алфавите, то широта северной параллели равна $11 \times 4^{\circ} = 44^{\circ}$, а южной $44^{\circ} - 4^{\circ} = 40^{\circ}$. Долгота восточного меридиана листа К-48 равна $6 \times 48^{\circ} - 180^{\circ} = 108^{\circ}$, а западного $108^{\circ} - 6^{\circ} = 102^{\circ}$. Деля лист К-48 на 144 части (рис. 24а), находим, что лист карты К-48-14 ограничен параллелями и широтами, равными $43^{\circ} 20'$ и $43^{\circ} 40'$, и меридианами с долготами, равными $102^{\circ} 30'$ и $103^{\circ} 00'$.

Деля лист карты К-48-14 на 256 частей (рис. 24б), находим, что лист карты К-48-14-(125) ограничен параллелями с широтами $43^{\circ} 28' 45''$ и $43^{\circ} 30' 00''$ и меридианами с долготами $102^{\circ} 52' 30''$ и $102^{\circ} 54' 22,5''$.

При выполнении расчетно-графической работы по этой теме (§11) студенты решают два примера с индивидуальными заданиями: по определению номенклатуры карты предложенного масштаба и географических координат углов карты заданного масштаба.

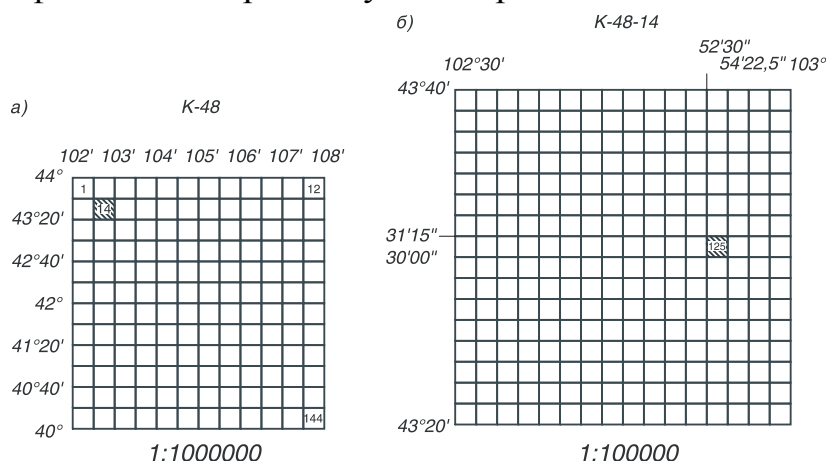


Рис. 24

§ 12. Вычисление координат точки и нанесение ее на карту

Завершая выполнение расчетно-графической работы по теме «Работа с топографической картой», студенты должны осознать, что топографическая карта открывает глубокие возможности для получения разнообразной информации как количественного, так и качественного свойства.

Вместе с тем студенты должны задать себе вопрос: «А как же создается такой ценный документ, как карта?»

Топографическая карта создается на основе полевых съемок, конечным результатом которых является вычисление координат и высот характерных точек рельефа и ситуации.

Таким примером в расчетно-графической работе является вычисление координат точки (решая прямую геодезическую задачу) и нанесение её на карту.

Прямая геодезическая задача

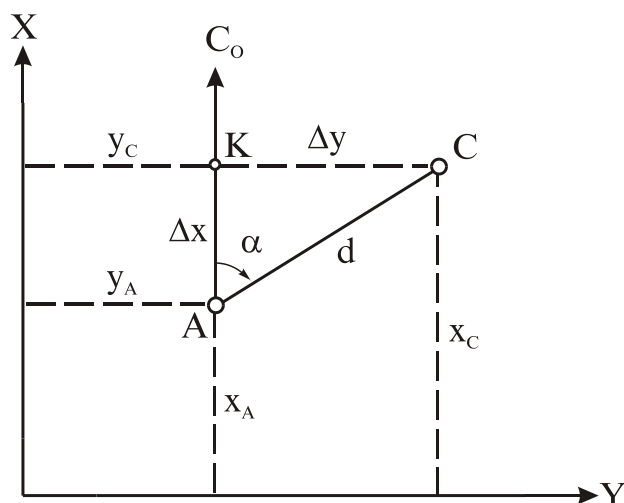


Рис. 25

Прямая геодезическая задача заключается в нахождении координат одной точки (С) в зависимости от координат другой точки (А), а также расстояния (d) между ними и дирекционного угла (α) линии, соединяющей эти точки (рис. 25).

Дано X_A Y_A ; d, α . Определить X_C Y_C .

Из прямоугольного треугольника АКС можно записать

$$X_C = X_A + \Delta x \quad (30)$$

$$Y_C = Y_A + \Delta y \quad (31)$$

В прямоугольном треугольнике АКС катеты Δx и Δy можно выразить через гипотенузу (d) и угол (α)

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha \quad (32)$$

$$\Delta y = d \cdot \sin \alpha \quad (33)$$

Подставив значения 32 и 33 в 30 и 31 соответственно, получим:

$$X_C = X_A + d \cdot \cos \alpha \quad (34)$$

$$Y_C = Y_A + d \cdot \sin \alpha \quad (35)$$

То есть, словесно формулы 34 и 35 можно записать так: *координата следующей точки, равна координате предыдущей точки плюс приращение координат между этими точками.*

Выполняя расчетно-графическую работу, принимают в ней координаты точки А как в табл. 2 приложения, расстояние до точки С равным АВ (табл. 4 в приложении 1), дирекционный угол линии АС принимают на 10° больше дирекционного угла линии АВ (табл. 4 в приложении 1).

Подставив, таким образом, конкретные значения в формулы 34 и 35, получают координаты точки С. Вычисления ведут по форме (табл. 7 в приложении 1).

Научившись определять по карте прямоугольные координаты точки и вычислять координаты точек, студенты закрепляют знания построением «Фрагмента» карты, с которой работали на занятиях. Для этого на формате А-4 они строят координатную сетку в масштабе карты, окантовывая ее рамкой; подписывают координатную сетку и составляют таблицу координат трех точек (рис. 15 в приложении 1). По данным этой таблицы точки наносят на «фрагмент» карты следующим образом. Пусть координаты точки С получились такими: $X_C = 6068208,40$ м, $Y_C = 310458,12$ м.

По значению абсциссы Х (беря только километры) находят горизонтальную линию к северу, относительно точки С; по значению ординат Y аналогичным образом определяют вертикальную координатную линию к востоку относительно искомой точки, и таким образом устанавливают нужный квадрат километровой сетки (рис. 26).

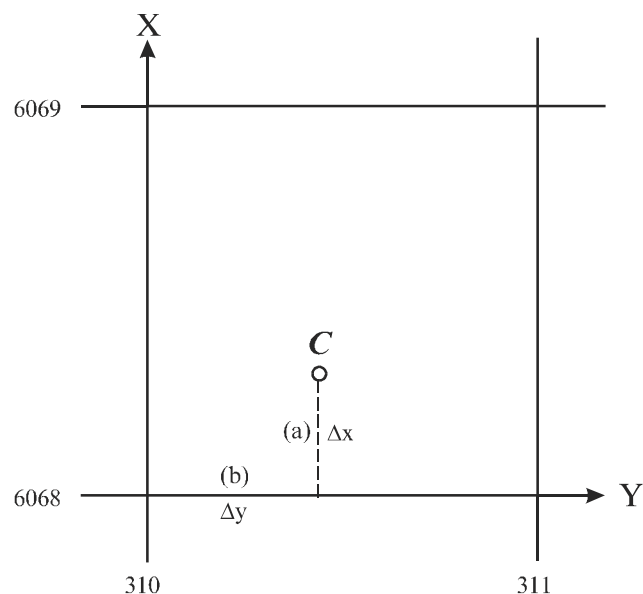


Рис. 26

После этого вычисляют разность между координатами точки С и координатами юго-западного угла квадрата.

$$\Delta x = 6068208,4 - 6068000 = 208,4 \text{ м}$$

$$\Delta y = 310458,12 - 310000 = 458,12 \text{ м}$$

По линейному масштабу измерителем набирают отрезок равный 458 м (Δy) и откладывают его от юго-западного угла квадрата по оси Y. Аналогично набирают измерителем отрезок Δx и с помощью прямоугольного треугольника восстанавливают перпендикуляр (из конца отрезка Δy) и измерителем откладывают по нему длину Δx . После этого фиксируют положение точки С и подписывают ее (делая накол иглой измерителя и обводя его кружком, диаметром 1 мм).

Точку по координатам можно нанести с помощью прямоугольного треугольника. Для этого надо сначала вычислить значения Δx (a) и Δy (b) в масштабе карты в сантиметрах и его долях по формулам:

$$a = \Delta x / M \quad (36)$$

$$b = \Delta y / M, \quad (37)$$

где М – знаменатель масштаба карты; а затем отложить по оси Y отрезок «b» и под 90° отложить отрезок «a». Точку С фиксируют и подписывают.

После того, как точки будут нанесены на карту, необходимо проверить правильность выполнения работы. Для этого измеряют в масштабе карты расстояния между точками А и С, А и В, сравнивают их с расстояниями между этими же точками (табл. 4, 7 в приложении 1). Если расхождение не превышает половины миллиметра в масштабе карты, то работу можно считать выполненной верно. В противном случае, все расчеты по вычислению Δx и Δy , а так же графические построения повторяют.

Расчетно-графическую работу студенты выполняют на листах формата А-4 (приложение 1.).

Аккуратно оформив и скрепив листы работы, студент сдает ее на проверку преподавателю. После этого назначается «защита» работы, во время которой устанавливаются знания и самостоятельность выполнения ее студентом.

Литература

Основная:

1. Курошев Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография. – М.: Изд-во Академия, 2009. – 176 с.
2. Практикум по геодезии / Под ред. Г.Г. Подклада. – М.: Академический проект, 2012 – 464 с.
3. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии. – М.: Академический проект, 2013.

Дополнительная:

1. Багратуни Г.В., Ганьшин В.Н., Данилевич Б.Б. и др., Инженерная геодезия. Учебник для ВУЗов /под ред. Г.В. Багратуни, М., Недра 1984 - 344 с.
2. Елисеев А.А., Методические указания по выполнению лабораторных и расчётно-графических работ по «Инженерной геодезии» для строительных специальностей, Ставрополь 1985 - 72 с.
3. Картография с основами топографии. Практикум: учеб. пособие для вузов / Е.А. Чурилова, Н.Н. Колосова. – М.: Дрофа, 2004. – 128 с.
4. Скогарева Р.Н., Геодезия с основами геоинформатики. Учебное пособие, М. «Высшая школа» 1999 - 205 с.

Интернет-ресурсы:

www.geoprofi.ru – электронный журнал по геодезии, картографии и навигации

www.jornal.miigaik.ru – рецензируемый научный журнал Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка»

www.sibsiu.ru/geo/geodezic.html – полезные учебные материалы по геодезии и инженерной геодезии

Часть II. Обработка материалов топографической съемки и составление топографического плана

Топографическая карта (или план), являясь уменьшенной моделью местности, стала основой для разработки геоинформационных систем (ГИС). Чтобы квалифицированно пользоваться картой, студенты должны знать, как она создается.

В методических указаниях приведен порядок обработки материалов крупномасштабной топографической съемки, а так же изложены теоретические положения, на которых базируются расчеты. Этот момент обусловлен тем, что по дисциплине «Геодезия и топография», по курсу которого выполняется расчетно-графическая работа, в библиотеке университета крайне мало литературы.

Для строительных работ, а также для других инженерных целей необходимо иметь топографический план (карту), которая создается на основе топографических съемок.

Топографическая съемка - это комплекс полевых геодезических измерений: угловых, горизонтальных и вертикальных, линейных, выполняемых на местности, по определению положения характерных точек рельефа и ситуации. Результаты полевых измерений обрабатываются путем, вычисления координат и высот точек, затем составляется топографический план.

Рассмотрим выполнение всех перечисленных выше работ на примере расчетно-графической работы (РГР).

На местности произведены такие геодезические измерения: проложен замкнутый теодолитный ход (полигон), заснята ситуация (табл. 1, рис. 1 в приложении 2); проведено геометрическое нивелирование точек теодолитного хода (табл.2 в приложении 2), выполнена тахеометрическая съёмка рельефа и ситуации (табл. 4 в приложении 2).

Обработку материалов съемки производят в специальном помещении, поэтому такую обработку называют **камеральной**.

Глава 3. Камеральная обработка теодолитного хода

§ 13. Угловая увязка теодолитного хода (полигона)

В замкнутом теодолитном ходе (треугольнике) измерены три угла (табл. 1 в приложения 2). В процессе измерения углов (β) возможны случайные ошибки, поэтому практическая сумма углов ($\Sigma\beta_{\text{пр.}}$) будет отличаться от суммы углов теоретической ($\Sigma\beta_{\text{теор.}}$), вычисляемой по формуле:

$$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 180 (n-2), \quad (38)$$

где n – количество углов в теодолитном ходе (полигоне).

Расхождение между суммой углов практической и теоретической называют угловой невязкой (f_β), которую находят по формуле:

$$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{пр.}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}} \quad (39)$$

Техническими инструкциями устанавливается допуск таких ошибок ($f_{\beta\text{доп.}}$).

Например, при измерениях теодолитом 2Т30п допустимая угловая невязка вычисляется по формуле:

$$f_\beta = \pm 1' \sqrt{n}. \quad (40)$$

В рассматриваемой РГР (приложение 2) практическая сумма углов равна $179^\circ 58' 30''$, а теоретическая сумма -180° .

Угловая невязка (39) будет равна:

$$f_\beta = 179^\circ 58' 30'' - 180^\circ = -1' 30''$$

Допустимая невязка (40) будет равна:

$$f_\beta = 1' \sqrt{3} = \pm 1' 44'' \quad (41)$$

В результате измерения углов и вычислений должно соблюдаться условие:

$$f_\beta \leq f_{\beta\text{доп.}} \quad (42)$$

Убедившись, что условие (42) соблюдается, угловую невязку распределяют с *обратным знаком* поровну на все измеренные углы, т.е. вводят поправки, которые находят по формуле

$$\Delta f_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n} \quad (43)$$

$$\Delta f_{\beta} = -(-1'30''/3) = +30''$$

Поправки записывают над измеренными углами (над цифрами секунд) в соответствующей графе табл. 3 в приложении 2. После этого вычисляют исправленные углы по формуле:

$$\beta_{\text{испр.}} = \beta_{\text{изм}} + \Delta f_{\beta} \quad 44$$

Исправленные значения каждого угла записываются в табл. 3 в приложении 2. Например, исправленный угол на т. 1 будет равен:

$$66^{\circ} 02' 00'' + 30'' = 66^{\circ} 02' 30''$$

После исправления углов находят их сумму, которая должна быть равна теоретической (180° в рассматриваемом случае).

§ 14. Вычисление дирекционных углов, румбов и горизонтальных проложений сторон теодолитного хода

Существует определенная зависимость между измеренными углами в теодолитном ходе и дирекционными углами его сторон. В теодолитном ходе могут измеряться правые по ходу углы или левые по ходу углы.

Рассмотрим зависимость, когда измерены правые по ходу углы – $\beta_1 \beta_2 \dots \beta_n$ (рис. 27).

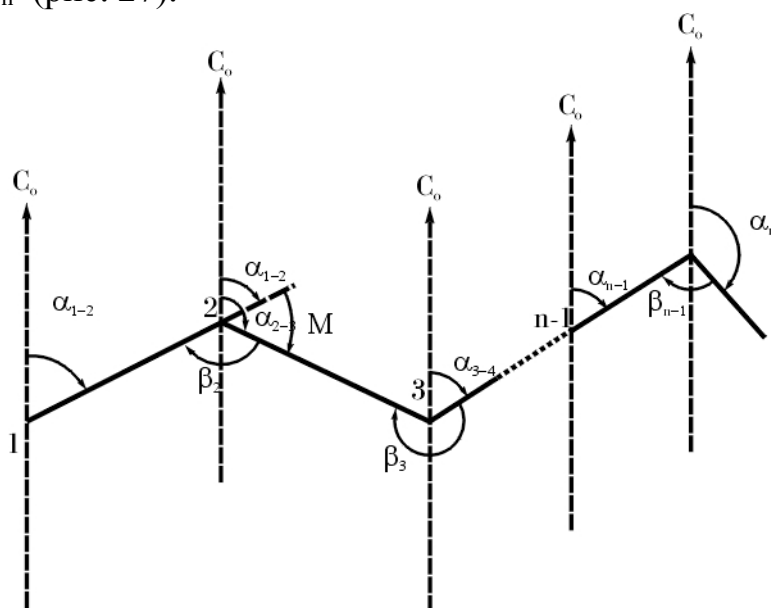


Рис.27

Дирекционный угол исходной стороны (α_{1-2}) и углы $\beta_1 \beta_2 \dots \beta_n$ известны (измерены)

Дирекционный угол стороны 2-3 будет равен:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + M, \quad (45)$$

угол M равен $180^\circ - \beta_2$, тогда

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2, \quad (46)$$

аналогично:

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 \quad (47)$$

и т.д., обобщая формулу 47, запишем, как:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n. \quad (48)$$

Словесно выражение 48 можно записать так: «Дирекционный угол следующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180 градусов минус угол, правый по ходу лежащий, между этими сторонами».

По условию задания дирекционный угол стороны 1-2 известен (табл. 1 в приложении 2). Тогда дирекционный угол стороны 2-3 будет равен:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_{2\text{испр}} \quad (49)$$

$$\alpha_{2-3} = 353^\circ 45' + 180^\circ - 51^\circ 48' 30''$$

Аналогичным образом вычисляется дирекционный угол стороны 3-1:

$$\alpha_{3-1} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_{3\text{испр}}. \quad (50)$$

Для контроля вычисляется дирекционный угол стороны 1-2 (который известен):

$\alpha_{1-2} = \alpha_{3-1} + 180^\circ - \beta_{1\text{испр}}$, здесь β испр. – исправленный угол (44). Если вычисленный дирекционный угол стороны 1-2 будет равен исходному значению его, это значит, что предыдущие дирекционные углы вычислены правильно. В противном случае все расчеты повторяют.

Для вычисления приращений координат необходимо знать дирекционные углы (или румбы). Румбы сторон вычисляются по формулам (зависимости), легко выражающимся из схем (рис. 28 а, б).

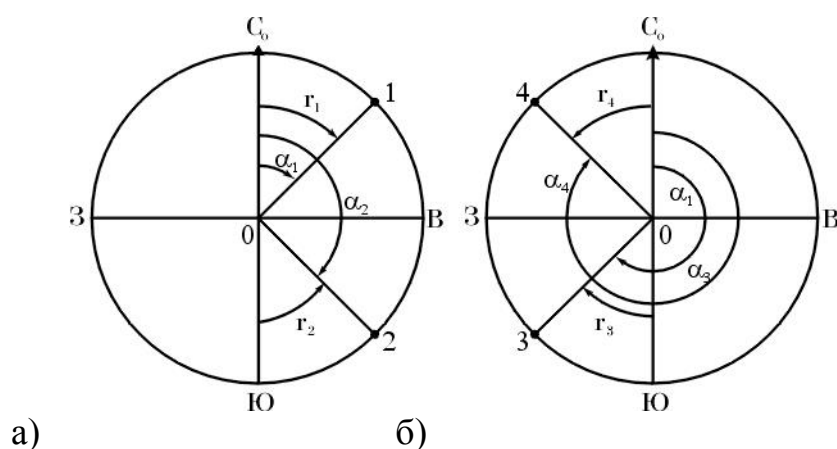


Рис. 28

$$r_1 = CB \alpha_1 \quad (51)$$

$$r_2 = ЮВ(180^\circ - \alpha_2) \quad (52)$$

$$r_3 = ЮЗ(\alpha_3 - 180^\circ) \quad (53)$$

$$r_4 = CЗ(360^\circ - \alpha_4) \quad (54)$$

Вычисленные дирекционные углы и румбы записываются в соответствующих графах «Ведомости вычисления координат» (табл. 3 в приложении 2).

Для вычисления приращений координат сторон теодолитного хода необходимо знать горизонтальные проложения (d_i), которые вычисляются по формуле 55 из рис. 29.

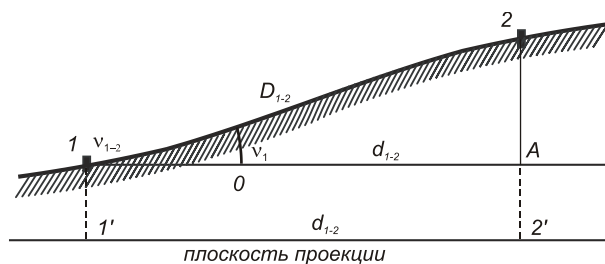


Рис. 29

Из прямоугольного треугольника 12А в общем виде запишем:

$$d_i = D_i \cdot \cos v_i, \quad (55)$$

где D_i – наклонная (измеренная на местности) длина стороны теодолитного хода.

v_i – угол наклона стороны к горизонту.

В таблице 2 в приложении 2 приведены горизонтальные проложения сторон теодолитного хода.

§ 15. Вычисление приращений координат. Линейная увязка теодолитного хода

Приращения координат сторон теодолитного хода вычисляются по формулам прямой геодезической задачи (рис.30).

Прямая геодезическая задача

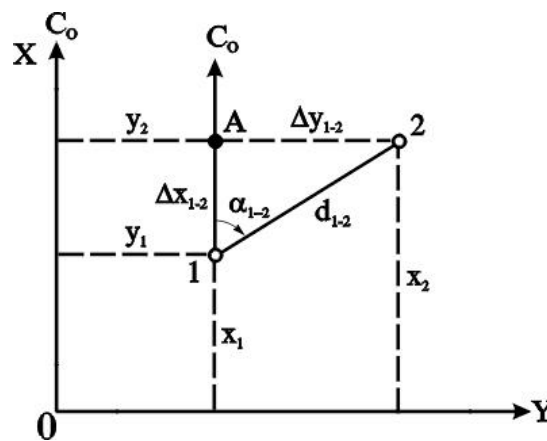


Рис. 30

Дано: координаты точки 1 (X_1, Y_1), дирекционный угол стороны 1-2 (α_{1-2}), горизонтальное проложение стороны 1-2.

Определить: координаты точки 2 через приращения координат.

Из рисунка 30 видно, что приращения координат ($+\Delta X_{1-2}, +\Delta Y_{1-2}$) в прямоугольном треугольнике 12А являются катетами и равны соответственно:

$$\Delta X_{1-2} = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2} \quad (56)$$

$$\Delta Y_{1-2} = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2} \quad (57)$$

координаты точки 2 равны:

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2} \quad (58)$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2} \quad (59)$$

Выражение 58 (59) можно сформулировать словесно так: *Координаты следующей точки равны координате предыдущей точки плюс приращение координат между этими точками* и записаны в общем виде:

$$X_n = X_{n-1} + \Delta X_{[(n-1)-n]} \quad (60)$$

$$Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_{[(n-1)-n]} \quad (61)$$

В расчетно-графической работе сначала вычисляются приращения координат стороны 1-2, затем стороны 2-3 и т. д., записывая результаты в графах табл. 3 в приложении 2.

Для замкнутого полигона теоретически должно быть так, что:

$$\Sigma \Delta X = 0 \quad \text{и} \quad \Sigma \Delta Y = 0$$

Ввиду появления случайных ошибок измерения длин сторон и углов, а также ошибок вычислений, возникают отклонения от нуля, т.е. появляются невязки (f_x, f_y) по осям X и Y , которые вычисляются по формулам:

$$f_x = \Sigma \Delta X, \quad (62)$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y. \quad (63)$$

Для этого надо найти суммы вычисленных приращений координат и оценить, велики или малы полученные невязки. Для чего вычисляют абсолютную ($f_{абс}$) невязку по формуле:

$$f_{абс} = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (64)$$

и относят её к периметру полигона (P) т. е. находят относительную невязку ($f_{отн}$):

$$f_{отн} = f_{абс} / P, \quad (65)$$

где $P=d_1+d_2+\dots$ – сумма горизонтальных проложений сторон теодолитного хода.

Величина относительной ошибки регламентируется инструкциями Роскартографии. Так для теодолитного хода она равна:

$$f_{\text{отн}} = 1/2000. \quad (66)$$

Если после вычисления невязки ($f_{\text{абс}}$) получится, что:

$$f_{\text{абс}}/P \leq 1/2000, \quad (67)$$

можно считать, что произведённые измерения углов и длин, а также вычисления выполнены достаточно точно. Ищут ошибки вычислений и измерений.

Если условие 66 соблюдается, производят линейную увязку теодолитного хода, которая заключается в распределении невязок (f_x, f_y). Невязки распределяются с **обратным знаком**, прямо пропорционально горизонтальным проложениям сторон на вычисленные приращения координат для чего вычисляются поправки (δ_{xi}, δ_{yi}) по формулам:

$$\delta_{xi} = - (f_x/P) d_i, \quad (68)$$

$$\delta_{yi} = - (f_y/P) d_i. \quad (69)$$

Поправки вычисляют в сантиметрах и записывают над цифрами сантиметров приращений координат в соответствующих графах (табл. 3 в приложении 2).

Например, поправка в приращение ΔY стороны 1-2 будет равна:

$$\delta_{y1-2} = -(-0,08\text{м}/290,26\text{м}) \cdot 99,32\text{м} = +3\text{см}.$$

После вычисления поправок в приращения координат подсчитывают «исправленные» приращения координат по формулам (по оси X и по оси Y)

$$\Delta X_{\text{испр}} = \Delta X_i^{\text{выч}} + \delta_{xi}, \quad (70)$$

$$\Delta Y_{\text{испр}} = \Delta Y_i^{\text{выч}} + \delta_{yi}. \quad (71)$$

Например, исправленное приращение координат стороны 1-2 будет равно:

$$\Delta Y_{1-2\text{испр}} = -10,81_{\text{м}} + 3_{\text{см}} = -10,78_{\text{м}}.$$

После исправления приращений координат производят контроль линейной увязки, а именно находят суммы исправленных приращений по X и Y. Эти суммы для замкнутого полигона должны быть равны нулю, т.е.:

$$\Sigma \Delta X_{\text{испр}} = 0 \quad \Sigma \Delta Y_{\text{испр}} = 0 \quad (72)$$

Если условие (72) не будет соблюдено, значит, допущена ошибка в расчётах при распределении невязок. Действия надо повторить.

§ 16. Вычисление координат точек теодолитного хода

Если условие (72) соблюдается, то вычисляют координаты точек по формулам (58, 59) и записывают их в графах X и Y табл. 3 в приложении 2. Например,

$$X_2 = 4146,81 + 98,73 = 4245,54$$

$$X_3 = 4245,54 + (-54,29) = 4191,25,$$

т.е. сначала вычисляют абсциссы, а затем ординаты всех точек. Контролем правильности вычислений должно быть:

$$X_1 = X_n + \Delta X_{n-1}, \quad (73)$$

$$Y_1 = Y_n + \Delta Y_{n-1}, \quad (74)$$

т.е. вычисленное значение координаты точки 1 через координату предыдущей точки должно быть равно исходному значению координаты этой точки (табл. 3 в приложении 2).

Если расчеты координат точки 1 не сойдутся, (73,74), все перечисленные действия надо повторить.

По вычисленным координатам точек теодолитного хода и абрисам сторон строят «План теодолитной съёмки». Такой план не даёт представления о положении точек (объектов ситуации) по высоте и поэтому теодолитная съёмка называется ещё **горизонтальной** (или ситуационной).

Для того чтобы построить **топографический план**, необходимо выполнить тахеометрическую съёмку. В данной расчетно-графической работе применяется геометрическое нивелирование по определению отметок точек теодолитного хода.

Глава 4. Геометрическое нивелирование точек теодолитно-нивелирного хода

§ 17. Сущность геометрического нивелирования

Задача любого из видов нивелирования (геометрическое, тригонометрическое, барометрическое и др.) заключается в определении превышения одной точки над другой и последующего вычисления отметок точек относительно уровня Балтийского моря.

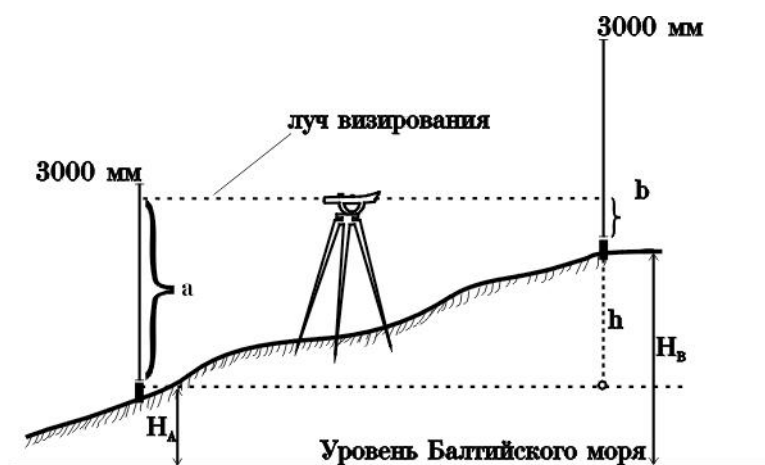


Рис. 31

Геометрическое нивелирование осуществляется с помощью геодезического прибора - нивелира и нивелирных реек (3-х или 4-х метровых), рейки делятся на сантиметровые деления, подписывается (оцифровывается) каждое десятое деление (дециметры). Одна сторона рейки подписана *черными* делениями («черная сторона»), от нуля до трехсот сантиметров (3000 мм), обратная сторона рейки разделена также на сантиметровые деления *красного* цвета, подписана от 470 см до 770 см («красная сторона») Красная сторона рейки предназначена для контроля измерения превышений.

Принцип геометрического нивелирования заключается в том, чтобы ось визирования прибора была горизонтальной.

Превышение (h) между двумя точками (рис 31), закрепленными на местности колышками, равно разности отрезков a и b по двум рейкам. Отрезки a и b — суть отсчеты по рейкам в точках А и В по горизонтальной нити зрительной трубы нивелира в момент, когда пузырек цилиндрического уровня находится на середине, *ось визирования в горизонтальном положении.*

Рейка в точке А называется задней, а отсчет по ней называется «задним» и обозначается буквой «а». Отсчет по передней рейке в точке В обозначается буквой «b».

Таким образом, превышение между точками А и В (рис. 31) равно:

$$h = a - b, \quad (75)$$

а абсолютная отметка тогда равна:

$$H_B = H_A + h. \quad (76)$$

В практической деятельности топографа превышение между точками формулируется как «взгляд назад минус взгляд вперед».

Отсчеты по рейкам берутся по центральной нити, когда пузырек цилиндрического уровня приведен *элевационным винтом* на середину («в контакт»). Отсчет берут сверху вниз (нивелир дает перевернутое изображение) от головы цифры (дециметрового деления) - черточки (если цифра выше центральной нити) до центральной нити сетки с точностью 0,1 деления рейки, т.е. с точностью до 1 мм.

§ 18. Порядок работы на станции и обработки материалов нивелирования точек теодолитного хода

Станцией нивелирного хода называют место, где устанавливается нивелир; место это ничем не закрепляется на местности, в отличие от нивелируемых точек.

Нивелир устанавливается на середине между нивелируемыми точками, каковыми могут быть пикеты (точки, закрепленные через 100 м.), характерные точки рельефа, точки теодолитного хода и др.

Устанавливают поверенный нивелир приблизительно на середине между точками А и В. В точках А и В (на колышках) устанавливают вертикально нивелирные рейки черной стороной к прибору. Точка А считается задней, точка В передней.

Визируют (поворачивают нивелир) на заднюю рейку, приводят пузырек цилиндрического уровня на середину с помощью *элевационного винта* («в контакт»), берут отсчет « a_q » (по черной стороне) записывают его в «Журнале нивелирования» (табл. 2 в приложении 2); поворачивают зрительную трубу нивелира и визируют на переднюю рейку, приводят пузырек уровня на середину («в контакт»), берут отсчет « b_q » (по черной стороне), записывают его в журнале (табл. 2 в приложении 2). Вычисляют превышение по формуле (75) $h_q = a_q - b_q$.

Так как при нивелировании возможны ошибки, то измерения надо повторить, т.е. проконтролировать. Для этого ***рейку в точке В поворачивают красной стороной*** к прибору и берут отсчет « $b_{кр}$ » (по красной стороне), записывают в журнале, затем поворачивают нивелир на переднюю точку (А),

приводят пузырек цилиндрического уровня в контакт, берут отсчет « $a_{кр}$ » (по красной стороне), вычисляют превышение

$$h_{кр} = a_{кр} - b_{кр}.$$

Если значения:

$$h_{кр} - h_{кр} \leq 2-3 \text{ мм}, \quad (77)$$

то вычисляют среднеарифметическое превышение по формуле:

$$h_{ср} = (h_{ч} + h_{кр})/2,$$

а результат записывают в соответствующую графу «Журнала нивелирования» (табл. 2 в приложении 2).

Если же условие (77) не соблюдается, все измерения на станции повторяются. Выполнив, таким образом, измерения на первой станции (между точками 1 и 2 теодолитного хода), нивелир переносят на следующую станцию (между точками 2 и 3). Теперь точка 2 становится задней, а рейка с точки 1 переносится на точку 3 (переднюю). Производят нивелирование, как описано выше, записывая отсчеты в «Журнале нивелирования» (табл. 2 в приложении 2) и осуществляя контроль соблюдения условия (77). И так далее производят нивелирование остальных точек теодолитного хода.

Завершив нивелирование, приступают к камеральной обработке материалов, которая применительно к рассматриваемой работе заключается в следующем.

Вычисляют превышения по черной и красной сторонам реек по формуле 75 и находят среднее значение на каждой станции.

Например, превышение между первой и второй точками теодолитного хода (на первой станции) равно (табл.2 Приложения 2):

$$h_{ч} = 0225 - 0365 = -0140 \text{ мм}$$

$$h_{кр} = 4924 - 5063 = -0139 \text{ мм}$$

$$h_{ср} = \frac{-0140 - 0139}{2} = -139,5 \text{ мм} = -0140 \text{ мм}$$

Округление производится до мм в четную сторону, т.е.

$$h_{ср} = -140 \text{ мм}.$$

Вычисленные значения превышений записывают в соответствующие графы «Журнала нивелирования» (табл. 2 Приложения 2).

Производят высотную увязку нивелирного хода. Для замкнутого хода теоретически сумма средних превышений должна быть равна нулю.

$$\Sigma h_{cp} = 0$$

На практике, вследствие случайных ошибок $\Sigma h_{cp} \neq 0$, возникает невязка по высоте (f_h), которую находят суммированием всех значений h_{cp} , т.е.

$$f_h = \Sigma h_{cp} \quad 79$$

В расчетно-графической работе f_h —равна-16мм. Для технического нивелирования установлена допустимая невязка ($f_{h \text{ доп}}$), вычисляемая по формуле:

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} \quad 80$$

где L - длина нивелирного хода в км.

В РГР длина теодолитного хода (Р) 290,28 м, что в километрах составляет 0,29. Подставив в формулу 79 вместо L 0,29 км получим:

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,29} = \pm 27 \text{ мм}$$

Если соблюдается условие:

$$f_h \leq f_{h \text{ доп}}, \quad 81$$

то считается, что нивелирование выполнено точно (верно). Производят распределение фактической невязки с **обратным знаком** поровну на все превышения, т. е. вводят поправки:

$$\delta h = -(f_h / n) \quad 82$$

где n— количество станций.

В рассматриваемой работе поправка будет равна:

$$\delta h = - \frac{-16}{3} = + 5,3 \text{ мм}$$

Поправки округляют до целого значения миллиметра и записывают над средними превышениями.

Исправленные превышения не вычисляются в специальной графе, а учитываются при вычислении абсолютных отметок точек теодолитного хода.

Вычисление абсолютных отметок точек теодолитного хода осуществляется по формуле (76).

Так как отметка первой точки известна (81,656 м), то отметка второй точки будет равна:

$$H_2 = 81,656\text{м} + [-0,140+(+5)] = 81,521\text{м}$$

Здесь (+5) поправка в мм, записана над средним превышением, исправленное превышение будет -0,135 (алгебраическая сумма поправки и среднего превышения).

В формуле (76) превышение h прибавляется всегда, но со своим знаком. В данном случае превышение отрицательное (-0,140).

Аналогичным образом вычисляются абсолютные отметки третьей, четвертой и т. д. точек, если имеется полигон. Отметки вычисляются по выражению: «Отметка следующей точки равна отметке предыдущей точки плюс превышение между ними» (исправленное).

Контролем вычисления отметок точек для замкнутого полигона должно быть получение отметки начальной точки через отметку конечной точки (в рассматриваемом примере через отметку третьей точки):

$$H_1 = H_n + h_{n-1} \quad 83$$

т. е. в расчётах должны прийти к отметке первой точки. Если условие (83) будет выполнено, то вычисленные отметки записывают в графе «Абсолютные отметки» «Журнала нивелирования» (табл. 2 Приложения 2).

Глава 5. Тахеометрическая съёмка

§ 19. Сущность тахеометрической съёмки. Метод тригонометрического нивелирования

В основе тахеометрической съёмки лежит идея определения пространственного положения точки одним наведением зрительной трубы теодолита-тахеометра на рейку, установленную в этой точке (называемой реечной точкой). Так положение точек К и N (рис. 32) над условной горизонтальной плоскостью Р, проходящей через ось вращения зрительной трубы теодолита-тахеометра определяется измерением: а) полярных углов β_1 и β_2 , отсчитываемых по горизонтальному кругу теодолита от стороны АВ съёмочного обоснования;

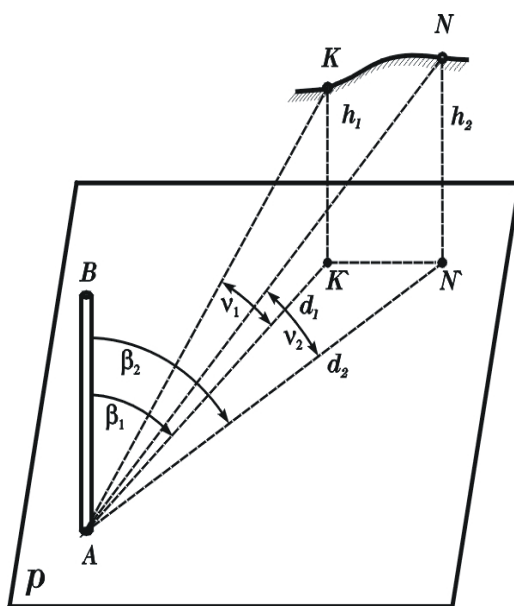


Рис. 32.

б) наклонных расстояний (AK, AN) между точками и вертикальной осью прибора; в) вертикальных углов ν_1 и ν_2 линий АК и АN над плоскостью Р.

Величины d_1 и d_2 рассчитываются через наклонные расстояния AN и AK, измеренные с помощью нитяного дальномера тахеометра и через углы наклона этих линий к горизонтальной плоскости, измеренных по вертикальному кругу тахеометра.

Превышения h_1 и h_2 вычисляются по формулам тригонометрии.

Рассмотрим местность в разрезе по линии АК (рис. 33).

В формуле (88) превышение вычисляется через горизонтальное проложение (d_1), которое, как было отмечено выше, находится (87) посредством измерения наклонной длинны (D_1) и угла наклона (v_1).

Так как при тахеометрической съёмке приходится снимать большое количество реечных точек, то пользоваться формулой (88) нецелесообразно из-за громоздкости ненужных измерений.

Для определения пространственного положения реечной точки (любой) наклонное расстояние (IG) достаточно измерить с помощью нитяного дальномера. Из теории нитяного дальномера [1] известно, что

$$D = I \cdot G = C \cdot n \cdot \cos v \quad 89$$

где C – коэффициент нитяного дальномера ($C = 100$);

n – количество делений (см) на рейке в точке K между дальномерными нитями;

v – угол наклона оси визирования при измерении расстояния нитяным дальномером.

Горизонтальное проложение (d_1) линии IG вычисляется по формуле (87):

$$d_1 = D \cdot \cos v \quad 90$$

Подставим вместо D выражение (89), получим:

$$d_1 = C \cdot n \cdot \cos^2 v \quad 91$$

Подставим (91) в (88), умножим и разделим на 2, функцию тангенса представим в виде дроби синуса и косинуса:

$$h = \frac{2}{2} Cn \cos^2 v \frac{\sin v}{\cos v} + i - l$$

сократим на $\cos v$ и представим $2 \cdot C \cdot n \cdot \sin v \cos v$ как синус двойного угла ($C \cdot n \cdot \sin 2v$)

$$h = \frac{1}{2} Cn \sin 2v + i - l \quad 92$$

Чтобы упростить расчёты при камеральной обработке по формуле (92), во время тахеометрической съёмки визирную ось теодолита наводят не на высоту (l) рейки (как на рис. 33), а на высоту инструмента (i), которую в начале

съёмки замеряют, и на рейке делают отметку (шнурком, резинкой); тогда $i = 1$ и формула (92) примет вид:

$$h = \frac{1}{2} \cdot C \cdot n \cdot \sin 2v \quad 93$$

Углы наклона, участвующие в формулах 91, 92 и др. не измеряются, а вычисляются. В процессе съёмки берутся отсчеты по вертикальному кругу, который может быть справа от окуляра (КП – круг право) или слева от окуляра (КЛ – круг лево).

Угол наклона — это вертикальный угол между горизонтальной плоскостью (линией нулей алидады вертикального круга) и осью визирования на реечную точку. Линия нулей не всегда занимает горизонтальное положение и образует с горизонтальной плоскостью небольшой угол. Этот угол называют «место нуля» (М0). Величину места нуля определяют следующим образом

При круге право визируют на удалённую точку (приведя предварительно в направлении этой точки, пузырёк цилиндрического уровня на середину), берут отсчет по вертикальному кругу: (например КП = $3^{\circ}18'$), поворачивают зрительную трубу через зенит (вновь приводят пузырёк цилиндрического уровня на середину), визируют на эту же точку, берут отсчёт при круге лево, (например КЛ = $-3^{\circ}24'$). Вычисляют место нуля по формуле:

$$M0 = \frac{KП + KЛ}{2} \quad 94$$

Угол наклона находят по двум формулам (для контроля):

$$v = M0 - КП \quad 95$$

$$v = КЛ - M0 \quad 96$$

На конкретном примере (табл.4 Приложения 2)

$$M0 = (3^{\circ}18' - 3^{\circ}24')/2 = -0^{\circ}03'$$

$$v = -0^{\circ}03' - 3^{\circ}18' = -3^{\circ}21'$$

$$v = -3^{\circ}24' - (-0^{\circ}03') = -3^{\circ}21'$$

Место нуля не должно превышать двойной точности (t) теодолита (точность теодолита 2Т30п)- $30''$ т.е.

§ 20. Порядок работы на станции тахеометрического хода

Тахеометрическая съёмка ведётся с точек (станций), координаты и высоты которых определяются заранее. Таковыми могут быть: точки теодолитно-нивелирного хода, точки тахеометрического хода и др. Эти точки называют съёмочным обоснованием.

Работу начинают с установки тахеометра на точке съёмочного обоснования (например на т. 3, табл. 4 Приложения 2) и приведения его в рабочее состояние.

Привести инструмент в рабочее состояние это значит: **отцентрировать**, т. е. добиться, чтобы остриё отвеса было над колышком; **отнивелировать** - привести пузырёк цилиндрического уровня на середину с помощью трёх подъёмных винтов теодолита; **отфокусировать** сетку нитей и зрительную трубу (по предмету).

Приведя тахеометр в рабочее положение, с помощью рулетки или рейки измеряют высоту инструмента (i) — расстояние от торца колышка до оси вращения зрительной трубы. Замеренное значение высоты инструмента записывают в «Журнале тахеометрической съёмки» (табл. 4 Приложения 2) и делают на рейке отметку высоты инструмента.

При транспортировке тахеометра к месту съёмки возможно нарушение места нуля, которое было определено ранее, поэтому на первой станции съёмки снова определяют место нуля (M0) и записывают в «Журнале тахеометрической съёмки», как описано выше.

При круге лево (КЛ) совмещают ноль лимба и ноль алидады горизонтального круга; при закреплённом винте алидады визируют на заднюю (или переднюю) точку, *ориентируют лимб, закрепляют винт лимба*, открепляют винт алидады и визируют на первую реечную точку.

Порядок взятия отсчетов по рейке и по тахеометру при визировании на первую реечную точку (табл. 4 Приложения 2):

1. Микрометренным винтом трубы нижнюю нить дальномера наводят на число 10 дециметров (или 100 см), берут отсчёт по рейке, по верхней дальномерной нити (138 см) количество (n) делений между дальномерными нитями легко вычисляется в уме:

$$n = 138\text{см} - 100\text{см} = 38 \text{ см}$$

При коэффициенте дальномера 100 это будет соответствовать наклонному расстоянию в 38 метров. Значение 38 метров записывают в графе «Расстояния по нитяному дальномеру» ($C \cdot n$) «Журнала тахеометрической съёмки».

2. Микрометренным винтом зрительной трубы центральную горизонтальную нить наводят на рейку на значение, равное высоте инструмента (i), добиваясь

тем самым, чтобы $i = 1$ (92). Пузырёк цилиндрического уровня должен быть на середине.

3. Берут отсчёт по вертикальному кругу, значение ($-0^015'$ табл. 4 Приложения 2), записывают в соответствующую графу «Журнала тахеометрической съёмки».

4. Берут отсчёт по горизонтальному кругу ($318^045'$ табл. 4 Приложения 2) и записывают в соответствующую графу «Журнала тахеометрической съёмки». После этого открепляют винт алидады и визируют (поворачивая инструмент) на вторую реечную точку, производя снова три отсчёта в той последовательности, как описано выше и так далее.

Точки, где устанавливаются рейки, не закрепляются, выбираются они в характерных местах рельефа и ситуации. Густота точек рельефа и удалённость их от станции определяется в зависимости от масштаба съёмки.

При тахеометрической съёмке применяется полярный способ съёмки.

§ 21. Обработка «Журнала тахеометрической съёмки»

1. Материалы тахеометрической съёмки обрабатываются в определённой последовательности, а результаты расчетов записываются в журнале (табл. 4 Приложения 2).

Вычисляются углы наклона на реечные точки по формуле:

$$v = \text{КЛ} - \text{М0}$$

так как съёмка велась при круге лево (табл. 4 Приложения 2), то угол наклона находят по формуле 96

$$v = -0^015' - (-0^003') = -0^012'$$

и т. д. считают углы наклона на остальные реечные точки.

2. Вычисляют горизонтальные проложения до реечных точек по формуле:

$$d = C \cdot n \cos^2 v$$

$$d_1 = 38 \cdot \cos^2 (-0^012') = 37.9995 = 38\text{м}$$

(при углах наклона до $1,5$ горизонтальное проложение мало отличается от наклонной длины, поэтому можно принимать, что $d = D$).

3. Вычисляют превышения между станцией и реечными точками.

Так как высота визирования на все реечные точки равнялась высоте инструмента (табл. 4 Приложения 2) — $i = 1$, то превышения вычисляются по формуле:

$$h = \frac{1}{2} C_n \cdot \sin 2v$$

и лишь на реечную точку 10, где $i \neq 1$ по формуле:

$$h = \frac{1}{2} C \cdot n \cdot \sin 2v + i - l$$

На конкретном примере:

$$h_1 = \frac{1}{2} 38 \sin 2(-0^\circ 12') = -0,14 \text{ м}$$

...

$$h_{10} = \frac{1}{2} 58,5 \sin 2(+5^\circ 06') + 1,56 - 3,0 = +3,74 \text{ м}$$

4. Вычисляют абсолютные отметки реечных точек по формуле:

$$H_1 = H_3 + h_1$$

$$H_2 = H_3 + h_2$$

...

$$H_8 = H_3 + h_8$$

$$H_9 = H_2 + h_9$$

$$H_{10} = H_2 + h_{10}$$

Здесь H_3 и H_2 абсолютные отметки третьей и второй станций, записываются в «Журнале тахеометрической съёмки» (табл. 4 Приложения 2) из табл. 2 Приложения 2

Например:

$$H_1 = 84,75 + (-0,14) = 84,61 \text{ м}$$

$$H_2 = 84,75 + (-1,25) = 83,50 \text{ м}$$

$$H_8 = 84,75 + 1,75 = 86,50 \text{ м}$$

...

$$H_9 = 81,51 + 1,57 = 83,08 \text{ м}$$

$$H_{10} = 81,51 + 3,74 = 85,25 \text{ м}$$

§ 22. Построение плана топографической съёмки

Построение плана складывается из следующих этапов работы:

- а) разбивка координатной сетки 10X10 см на листе чертёжной бумаги размером 50X50 см, с помощью линейки Ф.В.Дробышева или с помощью других приборов (применительно к РГР, размер чертёжной бумаги принят А4);
- б) нанесение на план по координатам точек теодолитного хода; построение ситуации по абрисам;
- в) нанесение реечных точек на план, интерполирование

их отметок и проведение горизонталей рельефа местности; г) оформление плана в условных знаках и в соответствии с требованиями.

а) Разбивка координатной сетки и оцифровка её. По вычисленным координатам (табл.3 Приложения 2) и абрисам строят план в заданном масштабе (1:1000), для чего на листе чертёжной бумаги формата А4 разбивают координатную сетку (10x10 сантиметров), после этого её оцифровывают и подписывают (по осям X и Y), начиная с юго-западного угла.

б) Нанесение на план точек теодолитного хода и ситуации. Точки теодолитного хода наносятся на план по своим координатам на координатную сетку. Сначала наносят первую точку, затем вторую, после этого производят проверку правильности нанесения, для чего измеряют линейкой расстояние между точками в сантиметрах с точностью до половины миллиметра. Измеренное линейкой расстояние умножают на знаменатель масштаба (М) и получают горизонтальное проложение линии 1-2; оно должно быть одинаковым со значением, приведённым в таблице 3 Приложения 2 для линии 1-2; расхождение должно быть не более половины метра. Если расхождение больше чем 0,5 метра, нанесение точек по координатам производят вновь.

Аналогично наносятся на план и другие точки (3,4 ...) теодолитного хода. Убедившись в правильности нанесения всех точек теодолитного хода, их соединяют тонкими линиями и наносят ситуацию на план точно в соответствии с абрисами сторон и точек теодолитного хода теми же способами, которыми она была заснята в полевых условиях (координат, полярных координат, угловых и линейных засечек). При накладке на план ситуации контроля нет, поэтому необходимо быть особенно внимательным и проверять дважды нанесение точек ситуации.

в) Нанесение на план речных точек, интерполирование их отметок, проведение горизонталей.

Нанесение (накладка) речных точек осуществляется с помощью транспортира и линейки. Способ накладки, как и съёмки, - полярный и осуществляется следующим образом:

Прикладывают транспортир центром к точке (станции), с которой велась съёмка, а нулевое деление его направляют на ту станцию, на которую производилось *ориентирование лимба теодолита* в период съёмки. Затем по дуге транспортира на плане делают отметку, соответствующую горизонтальному углу (отсчёту) на речную точку, (Рис.34) а потом через эту точку и станцию съёмки проводят луч (очень тонкой линией) и от станции откладывают на нём горизонтальное проложение (по журналу тахеометрической съёмки).

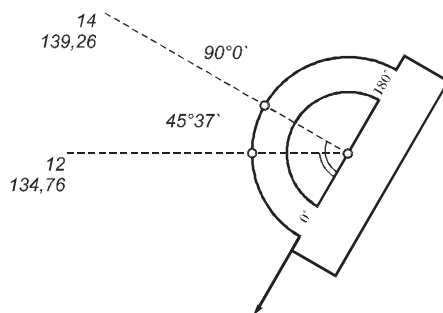


Рис. 34.

После того, как будет нанесена на план первая речная точка, она обозначается кружком диаметром в 1 мм, около него записываются дробь (черта): в числителе номер точки, в знаменателе отметка её (из графы «Отметки точек»). Линия, соединяющая речную точку со станцией стирается. Таким образом на план наносятся все речные точки, получая план с числовыми отметками. Такой план не обладает наглядностью и не даёт представления о форме рельефа, на нем необходимо произвести интерполирование.

Под интерполированием понимаются процесс нахождения на плане с числовыми отметками точек, отметки в которых будут выражаться целым числом (числом, кратным принятому сечению рельефа). Сечение рельефа принимается в зависимости от масштаба съёмки и сложности рельефа.

Интерполирование производится с помощью палетки, которая представляет собой прозрачную бумагу (кальку), с нанесёнными на неё параллельными линиями, проведёнными на одинаковом расстоянии друг от друга (0,5 см, 1 см) – (рис 35).

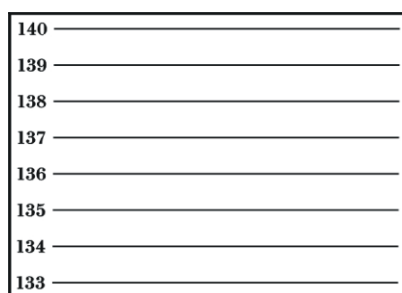


Рис. 35

Каждая линия палетки подписывается так, чтобы отметка самой нижней линии, была равна минимальной отметке (округлённой до принятого сечения) из всех речных точек. Отметка следующей линии должна быть больше предыдущей на высоту сечения рельефа.

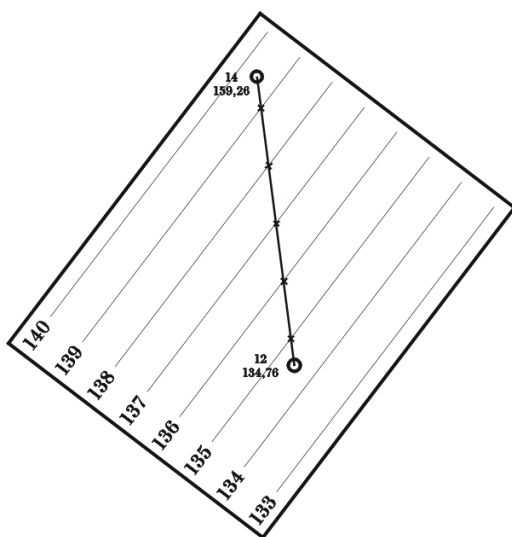


Рис. 36

Интерполирование выполняется следующим образом: На плане размещают палетку так, чтобы одна из интерполируемых точек расположилась между соседними (по отметкам) линиями палетки (Рис. 36).

Такое положение палетки фиксируют остриём иглы или остриём твёрдого карандаша в интерполируемой точке и поворачивают палетку до тех пор, пока вторая точка (приблизительно) не будет находиться между такими линиями палетки, отметки которых близки отметке этой точки (рис. 36). После этого делают наколы на палетке в точках пересечения её линий с линией, соединяющей интерполируемые точки.

Убрав палетку, точки наколов на плане отмечают карандашом и около них записывают отметки (линий палетки). Аналогичным образом производится интерполяция между другими точками.

Проинтерполировав между всеми речными точками, проводят горизонтالي, соединяя точки с одинаковыми отметками.

Горизонталь – это плавная, кривая (замкнутая) линия, соединяющая на плане точки с одинаковыми отметками.

Все вспомогательные линии, отметки, стираются, наносятся границы ситуации и оформляется план тушью (рис. 2 Приложения 2) : горизонтали коричневой тушью, гидрография – синей тушью и т.д, в условных знаках в соответствии с требованиями инструкций.

Литература

Основная:

1. Курошев Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография. – М.: Изд-во Академия, 2009. – 176 с.

2. Практикум по геодезии / Под ред. Г.Г. Подклада. – М.: Академический проект, 2012 – 464 с.
3. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии. – М.: Академический проект, 2013.

Дополнительная:

4. Багратуни Г.В., Ганьшин В.Н., Данилевич Б.Б. и др., Инженерная геодезия. Учебник для ВУЗов /под ред. Г.В. Багратуни, М., Недра 1984 - 344 с.
5. Елисеев А.А., Методические указания по выполнению лабораторных и расчётно-графических работ по «Инженерной геодезии» для строительных специальностей, Ставрополь 1985 - 72 с.
6. Картография с основами топографии. Практикум: учеб. пособие для вузов / Е.А. Чурилова, Н.Н. Колосова. – М.: Дрофа, 2004. – 128 с.
7. Скогарева Р.Н., Геодезия с основами геоинформатики. Учебное пособие, М. «Высшая школа» 1999 - 205 с.

Интернет-ресурсы:

www.geoprofi.ru – электронный журнал по геодезии, картографии и навигации

www.jornal.miigaik.ru – рецензируемый научный журнал Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка»

www.sibsiu.ru/geo/geodezic.html – полезные учебные материалы по геодезии и инженерной геодезии

Часть III. Нивелирование поверхности. Обработка материалов

Работа «Нивелирование поверхности по квадратам, расчёты по вертикальной планировке и перенесение проекта в натуру» является комплексной и специальной, формирующей в студенте инженерные качества.

Комплексность работы заключается в том, что зная способ геометрического нивелирования и применив его при нивелировании участка земли, студенты строят крупномасштабный топографический план, а затем производят инженерные расчёты по вертикальной планировке. Инженерный подход выражается в том, что расчёты выполняются, руководствуясь производственными (практическими) требованиями: баланса земляных работ, придания спланированной площадке (участку) заданного уклона.

Поверхность нивелируется в тех случаях, когда для различных агрохозяйственных и инженерных целей на определённый участок земли требуется составить план в крупном масштабе с изображением рельефа местности с малой высотой сечения его горизонталями. При выполнении работ этого вида производится геометрическое нивелирование.

В зависимости от характера рельефа местности, размера площади и конфигурации участка нивелирование поверхности производится следующими способами: параллельных линий, квадратов, магистралей.

В данной работе рассматривается способ квадратов.

Для закрепления знаний по рассматриваемой теме разработана расчётно-графическая работа (РГР), приложенная к методическим указаниям.

Глава 6. Полевые работы при нивелировании по квадратам

§23. Нивелирование площади при стороне малого квадрата 100х100 м

Способ квадратов применяется в открытой местности с небольшими уклонами. Взаимно перпендикулярными линиями строят сеть квадратов со сторонами от 20 до 100 м в зависимости от того для каких целей (мелиоративных, строительных и др.) выполняется эта работа. Разбивку сетки квадратов осуществляют с помощью теодолита и землемерной ленты. Точки (вершины квадратов) закрепляются колышками и обозначаются (условно) вдоль принятого направления (рис.37) цифрами, а в перпендикулярном к нему направлении - буквами.

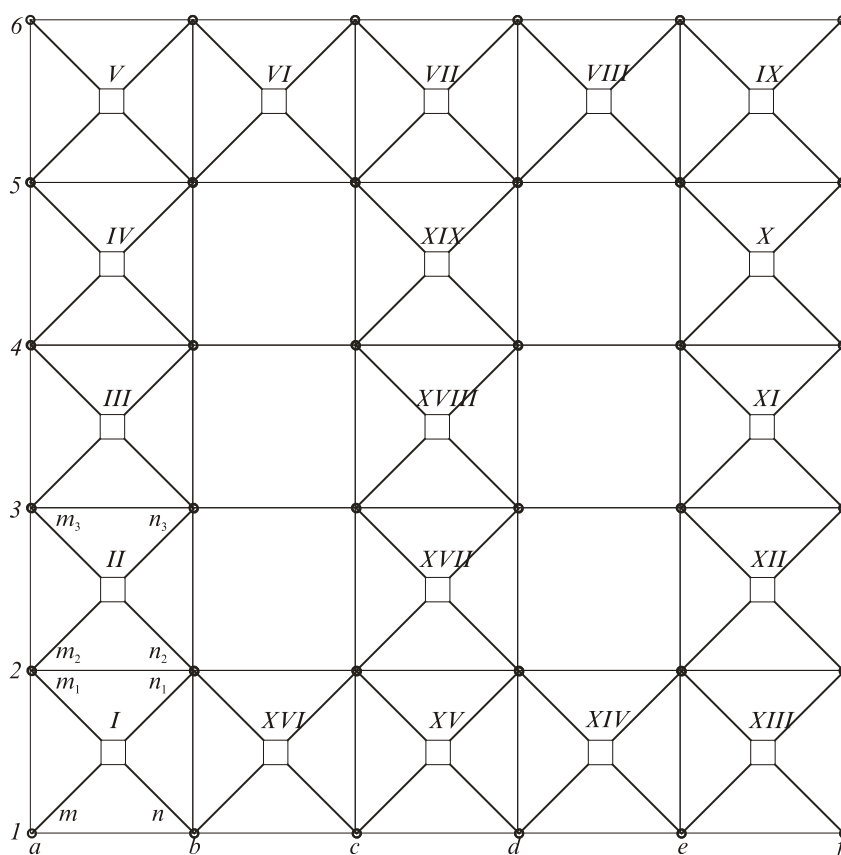


Рис. 37.

Вершины квадратов со стороной 100м нивелируют со станций внутри каждого квадрата; записи отсчётов по рейкам производят на схеме (подобной рис 37).

На местности на колышках указывается их номер, например 1а, 2в и т. д., чтобы при нивелировании исключить ошибки, где записать отсчёт. Рейка ставится *на землю* около колышка. Эта схема служит полевым документом нивелирования.

Нивелирование производится обычно с применением двух реек (а лучше четырёх). На станции I один реечник ставит рейку в т. а1, а другой в т. 1в. После того, как будут сделаны отсчёты по рейкам (m, n) и записаны на схеме (рис.37), реечники переходят в точки 2а и 2б и по рейкам так же делаются

отсчеты. Переносят нивелир в середину второго квадрата (II), снова берут отсчёты по рейкам в точках 2а и 2в и далее в точках 3а и 3в.

Контроль нивелирования на станции состоит в суммировании накрест лежащих отсчётов по рейкам, сделанных на связующих точках 2а и 2в (рис 37), т.е.

$$m_1 + n_2 = m_2 + n_1 \quad 98$$

что вытекает из:

$$h = m_1 - n_1 = m_2 - n_2 \quad 99$$

Расхождение в (98) допускается не более 5мм.

Для последующего определения высот вершин квадратов в единой системе высот, одну из вершин большого квадрата (3а) привязывают к реперу и определяют таким образом ее высоту (H_{1a})

После окончания нивелирования вычисляют сначала превышения по периметру большого квадрата (внешний полигон), как

$$h = m - m_1 \quad h_2 = m_2 - m_3 \quad h_3 = \dots$$

Сумма всех таких превышений (16 рис.37) должна быть равна нулю т.е.

$$\sum_{i=1}^{16} h_i = 0$$

Затем вычисляют превышения (12 рис.37) по внутреннему полигону (2в, 5в, 5е, 2е), сумма которых должна быть также равна нулю т.е.

$$\sum_{i=1}^{12} h_i = 0$$

Уравнивают превышения и вычисляют отметки вершин квадратов по полигонам и по сторонам XVIII-го квадрата (рис.37) .

Затем составляют план участка, на который выписывают отметки, округленные до сантиметров, около соответствующих вершин квадратов, и проводят горизонтالي.

§ 24. Нивелирование площади при стороне малого квадрата 20х20 м

В случае, если участок под съёмку небольшой (100Х100м) на местности разбивают сетку квадратов со стороной 20Х20м. Закреплённые колышками вершины нивелируются, как правило, с одной или двух установок нивелира (рис.38) следующим образом. Устанавливают нивелир в т.І, так чтобы при горизонтальном луче визирования были видны все колышки по линиям а, в, затем производят точное приведение оси визирования в горизонтальное положение и начинают нивелировку вершин квадратов.

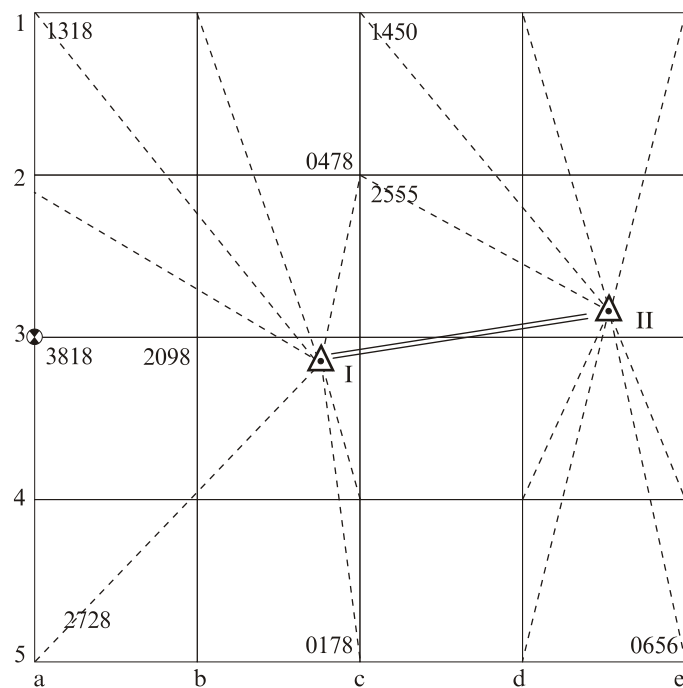


Рис. 38

Реечник располагается в точке 1а, берут отсчёт по чёрной стороне рейки (1318) и записывают его на схеме, затем реечник переходит в точку 2а, снова берут отсчёт по рейке, записывают его и так далее до точки 5а (2728). Реечник переходит на вторую линию (в) и так далее нивелируются все вершины квадратов, которые будут видны (при горизонтальном луче визирования) со станции I. Предположим, что были пронивелированы точки по линии «С» до «2С» (отсчёт 0478), а вершину «1с» не было видно (луч визирования «бьёт в землю»). Тогда нивелир переносят в другое место (станция II), так чтобы с новой станции при горизонтальном луче визирования была видна *связующая точка* 2с, берут отсчёт по рейке (2555) в этой точке и записывают его на схеме (рис.38). Далее нивелируются остальные вершины квадратов, видимые со станции II.

При необходимости нивелир устанавливается на III-ей станции, если остались незаснятыми какие-либо вершины квадратов.

Результаты нивелирования по квадратам приведены на рис.1 Приложения 3.

Для вычисления отметок вершин квадратов в единой системе высот производят привязку одной из вершин к реперу (рис.39). Если привязку к реперу можно произвести с одной установки нивелира (репер находится на строительной площадке), то отметка привязываемой точки (3а) будет получена следующим образом.

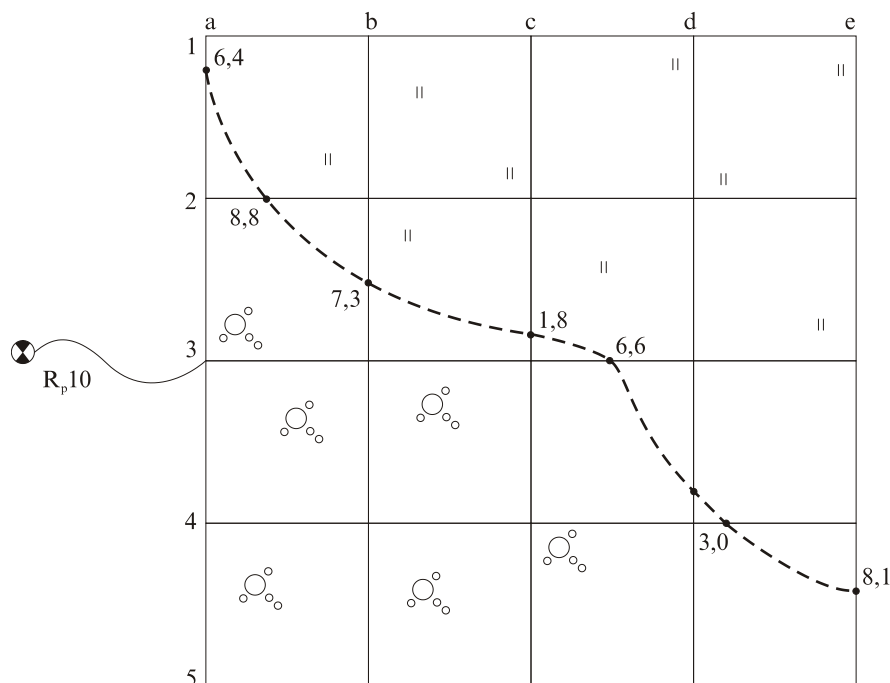


Рис.39

Устанавливают нивелир между репером и точкой привязки (3а). Приводят ось визирования в горизонтальное положение, устанавливают рейки в точках (Rp 10,3а), берут отсчёты по центральной нити (когда пузырёк цилиндрического уровня на середине, в «контакте»): отсчёт по задней рейке (по чёрной стороне) - $a_{\text{ч}}$; отсчёт по передней рейке - $b_{\text{ч}}$. Для контроля определения превышения (h) отсчёты берут по красной стороне реек ($a_{\text{кр}}$, $b_{\text{кр}}$). Превышения (h) находят по выражению (рис.40).

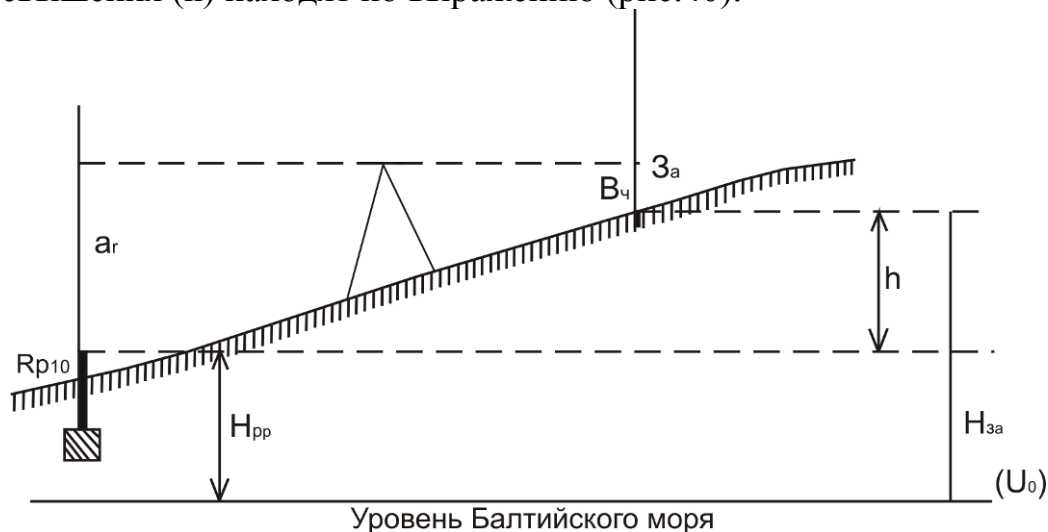


Рис.40

$$\begin{aligned} h_1 &= a_q - v_q \\ h_1^1 &= a_{kp} - v_{kp} \end{aligned} \quad 100$$

Если h_1 и h_1^1 равны или расходятся не более чем на 2 или 3 мм, т.е.

$$h_1 - h_1^1 \leq 2-3 \text{ мм} \quad 101$$

то находят среднеарифметическое значение превышения

$$h_{cp} = (h_1 + h_1^1) / 2 \quad 102$$

Если же условие 101 не соблюдается, то измерения повторяют.

Абсолютную отметку привязываемой точки (3а) находят по формуле (рис.40)

$$H_{3a} = H_{Rp10} + h_{cp} \quad 103$$

где H_{Rp} - отметка репера (известна);
 h_{cp} - превышение (ф.102).

В случае, если репер находится на удалении от привязываемой точки, то от репера прокладывают короткий нивелирный ход длиной L (рис.39) в прямом и обратном направлении (для контроля). Превышение между репером и т.3а будет равно сумме превышений между точками нивелирования по направлению Rp-3а ($\sum h_i$), а абсолютная отметка привязываемой точки выразится как в формуле 103, т.е.

$$H_{3a} = H_{Rp10} + \sum h_i$$

Завершают полевые работы съёмкой ситуации, которую производят относительно сторон квадратов. Например, граница между лугом и кустарником (рис.39) установлена промерами землемерной лентой от *ближайшей* вершины квадрата до точки границы ситуации по стороне квадрата (6.4м от т.1а по стороне 1а-2а; 8.8м от т.2а по стороне 2а-2в и т.д.). Границу ситуации с результатами промеров наносят на схему (рис.39).

Глава 7. Камеральная обработка материалов нивелирования по квадратам

§ 25. Вычисление отметок вершин квадратов.

Как видно из рис.38 нивелирование вершин квадратов произведено по способу «вперёд», поэтому отметки их будут вычисляться через горизонт инструмента (ГИ), что наглядно иллюстрируется рис.41.

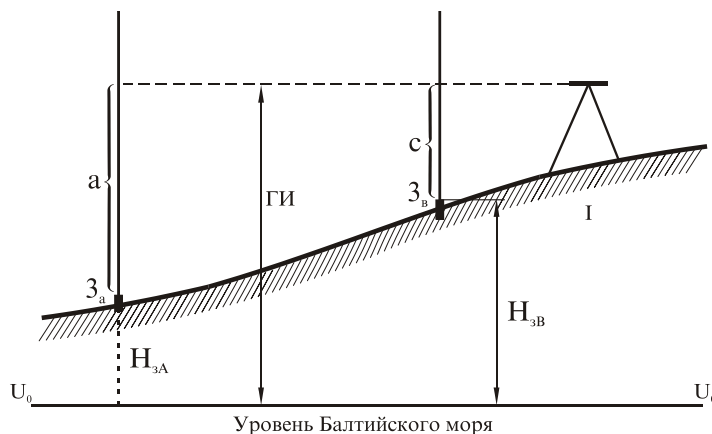


Рис.41

По условию задания отметка точки 3а (H_{3a}) известна из привязки к реперу. Необходимо вычислить отметки точек 3в и т.д.

Из рисунка 41 видно:

$$H_{3в} = ГИ_I - C_{3в} \quad 104$$

где

$ГИ$ - горизонт инструмента на ст.1;

$C_{3в}$ - отсчёт по рейке (2098 рис.32) в вершине 3в квадрата.

Горизонт инструмента - это высота оси визирования над уровнем Балтийского моря.

$$ГИ = H_{3a} + a \quad 105$$

где a - отсчёт по рейке в точке, отметка которой известна (3818 рис.38).

Таким образом отметки вершин квадратов будут находиться по формуле 104 по такой схеме, подставляя конкретные цифры (рис.38):

$$H_{1a} = ГИ_I - 1.318$$

$$\begin{array}{c} \dots\dots\dots \\ H_{2a} = GI_I - 2.728. \\ \dots\dots\dots \end{array}$$

106

$$H_{5c} = GI_I - 0.178$$

$$\begin{array}{c} \dots\dots\dots \\ H_{2c} = GI_I - 0.478 \\ \dots\dots\dots \end{array}$$

Предположим, что отметка т.3а равна 79.818, тогда горизонт инструмента будет равен:

$$GI_I = 79.818 + 3.818 = 83.636 \text{ м}$$

Подставляя значение 83.636 м в систему 9, находят отметки всех вершин квадратов, заснятых со станции I. Например, отметка связующей точки 2с будет равна:

$$H_{2c} = 83.636 \text{ м} - 0.478 = 83.158$$

Отметки остальных вершин квадратов будут вычисляться через горизонт инструмента II-й станции (GI_{II}) аналогично, по формулам 105 и 104, подставляя в них конкретные значения (рис.1 Приложения 3). Например:

$$\begin{array}{l} GI_{II} = H_{2c} + 2.555 \\ GI_{II} = 83.158 + 2.555 = 85.713 \\ H_{1c} = 85.713 - 1.450 = 84.263 \\ \dots\dots\dots \\ H_{5e} = 85.713 - 0.656 = 85.075 \end{array}$$

Вычерчивают для заданного масштаба сетку квадратов строительной площадки (применительно к рассматриваемой расчётно-графической работе в масштабе 1: 500). Около вершин квадратов выписывают их отметки, округлённые до сантиметров (рис.3 Приложения 3).

§ 26. Построение топографического плана.

На рис.3 Приложения 3 имеем план в числовых отметках. Такой план не обладает наглядностью и не даёт представления о форме рельефа. *Наглядной формой изображения рельефа являются горизонталы*, которые проводятся после интерполирования расстояний между отметками вершин квадратов и по диагоналям квадратов (указано стрелками на рис.1 Приложения 3).

Интерполирование производится наиболее точным способом- *аналитическим*, сущность которого заключается в следующем. Сначала

определяется высота сечения (h_0) рельефа, которая, как правило, принимается 0.25м или 0.5м для того, чтобы отразить самые малые формы рельефа (в рассматриваемой РГР высота сечения рельефа принята 0.5 м.) Затем приступают к расчётам, т.е. нахождению между отметками вершин квадратов таких точек, в которых отметки будут кратны принятому сечению (0.5м)

Рассмотрим это на рис.42 применительно к стороне 3b-3c квадрата, отметки на концах которой равны соответственно 81.53 м и 82.89 м (рис.4 Приложения 3).

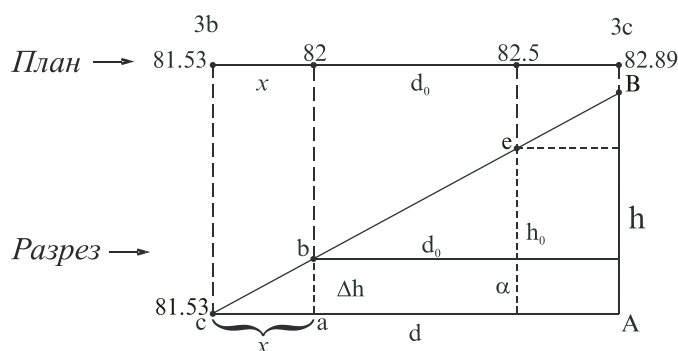


Рис.42

Из подобия треугольников ABC и abc запишем:

$$\begin{aligned} x / d &= \Delta h / h \\ x &= (\Delta h / h) * d \end{aligned} \quad 107$$

где x - расстояние (в мм) от интерполируемой точки до ближайшей точки, в которой отметка будет кратна сечению рельефа;

Δh - превышение между отметкой первой горизонтали и отметкой интерполируемой точки.

$$\Delta h = 82.0 - 81.53 = 0.47 \text{ м.}$$

h - превышение между интерполируемыми точками;

d - расстояние (в мм) между нтерполируемыми точками.

Величину заложения (d_0) находим из подобия треугольников ABc и bed:

$$\begin{aligned} d_0 / d &= h_0 / h \\ d_0 &= (h_0 / h) * d \end{aligned} \quad 108$$

где h_0 - высота сечения рельефа.

Вычисляют по формулам 107 и 108 расстояния x и d_0 и откладывают их на стороне квадрата (План. Рис. 42), сделав карандашом пометки: 82, 82.5. Находят аналогичным образом на всех сторонах квадратов и на диагоналях (указанных стрелками рис.1 Приложения 3) точки, в которых отметки будут кратны принятому сечению, откладывая рассчитанные по формулам 107 и 108 соответствующие значения x и d_0 .

При расчёте x и d_0 по сторонам квадратов в формулах 10 и 11 d равно 40мм; при расчёте x и d_0 по диагоналям квадратов в формулах 107 и 108 d равно 56 мм, применительно к данной расчётно-графической работе.

Проинтерполировав таким образом отметки всех вершин квадратов на плане (рис.3 Приложения 3), соединяют плавными линиями точки с одинаковыми отметками, получая горизонтали рельефа.

Глава 8. Специальные инженерно-геодезические расчёты при вертикальной планировке

§ 27. Общие сведения.

Под вертикальной планировкой понимается процесс преобразования физической поверхности Земли (на небольшом участке) в искусственную поверхность или плоскость. Такие задачи возникают при строительстве аэропортов и взлётно-посадочных полос, при строительстве стадионов, рисовых чеков в мелиорации и др.

Преобразование топографической поверхности (рис.3 Приложения 3) в проектную достигается путём замены её оформляющими плоскостями, а иногда поверхностями различного порядка.

Различают два вида вертикальной планировки:

1. Планировка, выполняемая при строительстве линейных сооружений, занимающих на местности узкие, вытянутые участки (дороги, каналы и др.).
2. Планировка, производимая при строительстве жилых кварталов, стадионов, аэродромов и др.

Замена существующей поверхности проектной связана с производством земляных работ: созданием насыпей и выемок. Высота насыпи и глубина выемки в каждой вершине квадрата характеризуется величиной рабочих отметок, определяемых по формуле:

$$h_I = H_{\text{ч}} - H_{\text{кр}} \quad 109$$

где h_I - рабочая отметка;
 $H_{\text{ч}}$ - чёрная (фактическая) отметка вершины квадрата;

$H_{кр}$ - красная отметка (проектная) в этой же вершине квадрата.

Проектная отметка строительной площадки может быть *заданной* или *расчитанной* для условий: баланса земляных работ для горизонтальной плоскости или для наклонной плоскости.

§ 28. Вычисление проектной и рабочих отметок.

Рассмотрим пример вычисления проектной отметки для горизонтальной площадки по двум формулам применительно – к рис.38

$$H_{кр} = (H_1 + H_2 + \dots + H_{25}) / 25 \quad 110$$

где $H_1, H_2, \dots$ - чёрные отметки в вершинах квадратов;
25 - количество вершин.

Как показывает практика более точной формулой (111) определения проектной отметки является

$$H_{кр} = (\Sigma a + 2\Sigma b + 3\Sigma c + 4\Sigma d) / 4n, \quad 111$$

которая будет более понятной, если представить площадку в таком виде (рис.43) и записав на ней вместо отметок вершин буквы a, b, c, d.

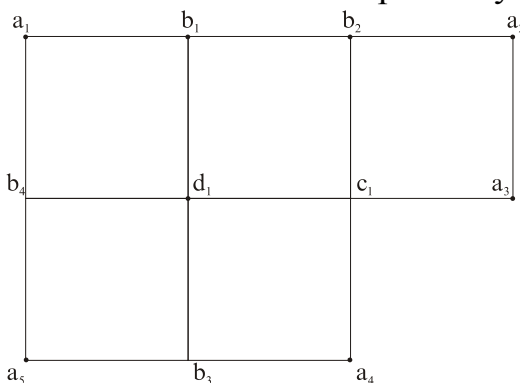


Рис.43

где a - отметки, принадлежащие только одному квадрату;
 b - отметки, принадлежащие двум смежным квадратам;
 c - отметки вершин общие для трёх смежных квадратов;
 d - отметки вершин общих для четырёх смежных квадратов;
 n - число квадратов.

Применительно к рассматриваемой расчётно-графической работе формула 111 будет иметь вид:

$$H_K = (\Sigma a + 2\Sigma b + 4\Sigma c) / 4n \quad 111'$$

Подсчитаем проектную отметку по формулам 110 и 111' применительно к РГР (табл.1 Приложения 3):

$$\begin{aligned} H_{KP} &= (82.31 + 83.4 + \dots + 80.76 + 81.90 + \dots + 84.50 + 85.05) / 25 = \\ &= 2078.22 / 25 = 83.13 \text{ м.} \end{aligned}$$

$$H_{KP} = (333.46 + 2 \cdot 998.21 + 4 \cdot 746.15) / 4 \cdot 16 = 5314.64 / 64 = 83.04$$

Как видно, из расчетов, результаты определения проектной отметки по двум формулам очень близки.

После этого вычисляют рабочие отметки (ф.109), приняв за проектную отметку 83.04 м. Затем строят в масштабе 1:500 сетку квадратов (рис. 5 Приложения 3) и записывают около вершин квадратов вычисленные рабочие отметки. Такой чертёж будет называться «Картограммой земляных работ», но пока на него ещё надо нанести ряд элементов.

§ 29. Построение картограммы земляных работ.

Построение картограммы земляных работ предусматривает вычисление объёмов выемок и насыпей в каждом квадрате и записи их на чертеже. Для этого сначала находят точки нулевых работ, которые будут располагаться по сторонам квадратов там, где на концах конкретной стороны будут положительные и отрицательные рабочие отметки. Расстояние до этих точек вычисляется по формуле 112, которая выводится из подобия прямоугольных треугольников (рис. 44).

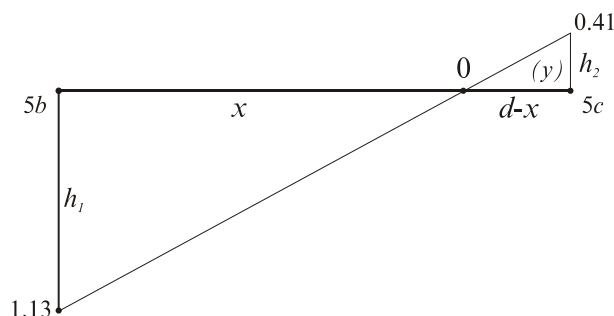


Рис.44

Обозначим расстояние на стороне квадрата (между точками 5b и 5c) через d, а рабочие отметки в точках 5b и 5c через h_1 и h_2 соответственно, запишем:

$$x / (d-x) = h_1 / h_2 \quad h_2 * x = h_1 * d - h_1 * x$$

$$x = h_1 / (h_1 + h_2) * d \quad 112$$

Точка нулевых работ находится на расстоянии x от вершины 5b квадрата.

Для контроля вычисляют расстояние y (на Рис.44 $d-x$) до точки нулевых работ от вершины 5с квадрата по формуле:

$$y = h_2 / (h_1 + h_2) * d \quad 113$$

В формулах 112 и 113 рабочие отметки (h_1 и h_2) принимаются по модулю (по абсолютной величине).

Контролем правильности расчетов по формулам 112 и 113 должно быть:

$$x + y = d \quad 114$$

Например,

$$x = (1.13 / (1.13 + 0.41)) * 20 \text{ м.} = 14.7 \text{ м.}$$

$$y = (0.41 / (0.41 + 1.13)) * 20 \text{ м} = 5.3 \text{ м}$$

$$20 \text{ м} = 14.7 \text{ м} + 5.3 \text{ м}$$

Расчёты значений x и y ведут по форме табл.2 Приложения 3.

Вычисленные значения x и y записывают на сторонах квадратов синей тушью, а точки нулевых работ соединяют пунктирной линией, получая, таким образом, линию раздела «Насыпи» и «Выемки».

Линия нулевых работ разделила некоторые квадраты на части (фигуры). Обозначим целые квадраты и части их (рис.5 Приложения 3) на площади «Насыпь» как фигуры 1, 2... 14, а целые и неполные части квадратов на площади «Выемка» - фигурами 1^а, 2^а ... 16^а и произведём подсчёт объёмов «насыпи» и «выемки».

Объёмы как «насыпи», так и «выемки» представляют собой (рис.7 Приложения 3) призмы, основанием которых являются фигуры: квадраты (20х20м), пятиугольники, треугольники и трапеции.

Рёбрами таких призм являются высоты- рабочие отметки.

Объём призмы находится по формуле:

$$V = S * h_{cp} \quad 115$$

где S - площадь фигуры основания призмы;
 h_{cp} - средняя высота призмы.

Среднюю высоту каждой призмы вычисляют по формуле:

$$h_{cp} = (h_1 + h_2 + \dots + h_n) / n \quad 116$$

где $h_1, h_2 \dots h_n$ - рабочие отметки (высоты рёбер призм) в вершинах фигур (квадратов);
 n - количество рабочих отметок основания призмы (для квадрата -4, для пятиугольника- 5, для треугольника - 3, для трапеции - 4).

Площади оснований призм считаются в зависимости от того, какая фигура лежит в основании (квадрат, пятиугольник, трапеция или треугольник). Так, на рис.5 Приложения 3, площадь основания в призмах квадратов 3^а, 4^а, 5, 8^а, 9, 12^а, 13, 15^а, 16^а равна 400 м² (20х20м).

Если основание призмы фигуры представляет собой пятиугольник, то площадь его равна разности площади квадрата (400м²) и площади треугольника фигуры 1^а т.е.

$$S = S_{\square} - S_{\Delta}$$

В конкретном случае площадь треугольника равна:

$$S = 7.08 * 5.2 / 2 = 18.4 \text{ м}^2$$

тогда площадь пятиугольника будет равна:

$$S = 400 - 18.4 = 381.6 \text{ м}^2$$

Аналогично вычисляется площадь фигур 2^а, 6, 7^а, 10, 11^а.

Вычисленное значение площади каждой фигуры записывают в табл.3 Приложения 1.

После определения площадей фигур вычисляют объёмы призм (табл. 3 Приложения 1).

Примеры.

1-й. Объём первой призмы равен

$$V_1 = S * h_{cp}$$

$$S = 381.6, h_{cp} = (0.73 + 0 + 0 + 1.14 + 2.28) / 5 = 0.83$$

$$V = 381.6 * 0.83 = 316.7 \text{ м}^3$$

2-й. Объём призмы 1^а равен

$$V_{1a} = S * h_{cp}$$

$$S = 18.4 \text{ м}^2, h_{cp} = (0 + 0.40 + 0) / 3 = 0.13$$

$$V_{1a} = 18.4 * 0.13 = 2.4 \text{ м}^3$$

Таким образом вычисляются объёмы всех призм «насыпи» и «выемки», результаты записываются в табл.3 Приложения 3, подсчитываются положительные объёмы (выемка) и отрицательные объёмы (насыпь).

Производят окончательный контроль правильности всех расчётов по вертикальной планировке по формуле:

$$f = (\Sigma I+VI - \Sigma I-VI) / (\Sigma I+VI + \Sigma I-VI) * 100\% \leq 3\% \quad 117$$

где $\Sigma I+VI$ - сумма положительных объёмов по модулю;
 $\Sigma I-VI$ - сумма отрицательных объёмов по модулю.

Если условие формулы 117 соблюдается, значит все произведённые расчёты выполнены верно.

Если условие (117) не соблюдается, надо сначала проверить правильность вычисления проектной отметки ($H_{кр}$) по формуле 111, а затем все остальные расчёты.

Таблицу 3 Приложения 3 называют «таблицей баланса земляных работ» потому, что теоретически объёмы «выемок» и «насыпей» должны быть одинаковыми (составлять баланс).

Вычисленные значения объёмов (табл.3 Приложения 3) записывают в середине каждой фигуры (рис.5 Приложения 3), указывая в числителе номер фигуры, а в знаменателе- объём этой фигуры.

Таким образом полностью сформировавшаяся «картограмма земляных работ» (рис.5 Приложения 3) становится рабочим чертежом (документом) для производства земляных работ, которые выполняются уже в полевых условиях (в натуре) и называются **разбивочными работами**.

§ 30. Геодезические разбивочные работы при вертикальной планировке

При выносе в натуру проектной отметки ($H_{кр}$) следует иметь ввиду, что растительный слой толщиной 10-15 см (до минерального грунта) перед планировкой срезается и временно складывается. Поэтому для перемещения

земляных масс проектные рабочие отметки должны быть уменьшены на толщину этого слоя.

На первом этапе выполняют следующие виды разбивочных работ:

1) согласно картограмме земляных работ на участке производства работ в вершинах квадратов на сторожках колышках подписываются рабочие отметки (насыпь со знаком «плюс», выемку со знаком «минус»);

2) границу выемок и насыпей (линию нулевых работ) оконтуривают вешками, вынеся предварительно на стороны квадратов точки нулевых работ.

После завершения грубого перемещения грунта, когда до проектной отметки осталось около 10 см, подчищают выемки и выравнивают насыпи, затем приступают к разбивке квадратов для *планировочных работ*. При этом в вершинах квадратов по нивелиру устанавливают в натуре проектные высоты. *В точках нулевых работ, где рабочие отметки не превышают 10 см и где сразу выполняют планировочные работы проектные высоты могут быть вынесены в натуру в период начальных разбивочных работ.*

Таким образом, нами рассмотрен весь комплекс работ по созданию проекта вертикальной планировки: полевые работы при нивелировании по квадратам; геодезические расчёты по вертикальной планировке и разбивочные работы по выносу проектной отметки в натуру.

Выполнив расчётно-графическую работу в той последовательности, в которой описано в настоящих методических указаниях, студенты оформляют её (РГР), как указано в Приложении 3.

Литература

Основная:

1. Курошев Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография. – М.: Изд-во Академия, 2009. – 176 с.
2. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии. – М.: Академический проект, 2013.

Дополнительная:

3. Елисеев А.А. Практикум по геодезии и топографии: Учебно-методическое пособие. – 2-е изд., доп. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2008. – 155 с.
4. Картография с основами топографии. Практикум: учеб. пособие для вузов / Е.А. Чурилова, Н.Н. Колосова. – М.: Дрофа, 2004. – 128 с.
5. Скогарева Р.Н., Геодезия с основами геоинформатики. Учебное пособие, М. «Высшая школа» 1999 - 205 с.

Часть IV. Нивелирование трассы линейного сооружения

Глава 9. Полевые работы

§ 31. Инженерные изыскания для строительства

Любое инженерное сооружение или комплекс их (здание, завод, автомобильная дорога и др.) возводятся по заранее составленному проекту. Для составления проекта сооружения необходимо провести инженерные изыскания, важнейшей частью которых являются топографо-геодезические работы, цель которых составление топографического плана местности, где будет вестись строительство [6]. Строительные объекты могут располагаться на определенной площади (площадные объекты) или вытянуты по какому-либо направлению (линейные объекты).

К линейным объектам относятся дороги (железные, автомобильные), линии электропередач (ЛЭП), трубопроводы и др. Для получения топографического плана выполняются инженерно-геодезические изыскания, в состав которых входит:

- построение планово-высотного обоснования для топографической съемки;
- топографическая съемка в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500
- съемка подземных инженерных сетей (водопровода, канализации, электрокабелей и др.), если проектируют реконструкцию действующего предприятия;
- составление по результатам нивелирования профилей трасс железных или автомобильных дорог и др.

В зависимости от характера будущего сооружения могут выполняться и другие топографо-геодезические работы, такие как разбивка и привязка геологических выработок (скважины, каналы). промеры глубин и определение скоростей течения рек и др.

В результате инженерных изысканий должны быть получены все необходимые данные для создания технически правильного проекта сооружения.

Для составления проекта железной или автомобильной дороги необходимо знать точное расположение будущей трассы на местности, иметь ее профиль и знать геологические и гидрогеологические условия по трассе, особенно на неблагоприятных участках (растущие овраги, оползни, карст, болота и т.п.). Кроме того, надо выявить и изучить места для добычи строительных материалов. Все эти сведения и материалы получают в результате инженерных изысканий дорог.

Изыскания начинают с камерального трассирования будущей дороги по топографической карте масштаба 1:10000 или 1:25000. При этом разрабатывают несколько конкурирующих вариантов. Выбор наилучшего варианта производят путем полевого обследования, а в трудных местах и полевого трассирования.

После этого оптимальный вариант будущей трассы выносится в натуру.

§ 32. Полевые работы при трассировании линейного сооружения

При перенесении проекта трассы с плана или карты в натуру выполняют следующие работы. На местности закрепляют точки поворота трассы, кольями, называя их вершинами углов (ВУ №1, ВУ №2 и т.д. Рис. 45.) На каждой вершине измеряют горизонтальные углы, одним полным приемом. Затем трассу разбивают на отрезки по 100 м, закрепляя их кольями и сторожками (рис.46), называя пикетами. На рис. 45 изображен участок трассы до пикета № 7, т.е. длиной 700 м. Автомобильная (железная) дорога будет строиться не по ломанной линии (ее длина 700 м), а по закруглению, т.е. длина трассы станет короче до ПК7 и закрепленные ранее пикеты окажутся ближе к нулевому пикету и их надо будет все переносить на новое место в сторону предыдущего пикета. Поэтому разбивку пикетов осуществляют сначала до вершины угла №1 (ВУ №1), вычисляют элементы закругления и в первую очередь домер (Д) и положение главных точек кривой.

Разбивку пикетов до ВУ №1 осуществляют следующим образом. Устанавливают теодолит в точке “пикет 0” (ПК0), визируют на ВУ №1; по створу линии стальной 20-ти метровой лентой (рулеткой 50 м, 100 м) откладывают горизонтальные отрезки длиной 20 м (рис.47).

Землемерная лента удерживается ее началом (0 м) с помощью шпильки в горизонтальном положении (на глаз) в створе линии 0-ВУ №1, затем конец ленты (рулетки) шпилькой проектируется на землю, в точку A_1 , лента протягивается далее по створу, аналогично откладывается следующая длина ленты и т.д. до 100 м и закрепляется кольешком и сторожок (на котором записывается номер пикета). Если местность между пикетами (0-1) имеет перегиб (характерная точка), то он закрепляется кольешком, измеряется расстояние от предыдущего пикета до него; называют такую точку плюсовой (на рис. 47 “+60м”). Если местность имеет наклон не более 3° , то ленту (рулетку) укладывают в створе по земле.

Таким образом разбивают пикеты до вершины угла №1 и записывают расстояние до ВУ №1, например (рис.45) ПК 1 +85.5 м, т.е. вершина угла №1 находится на расстоянии 185.5 м от нулевого пикета. До второго пикета осталось (100м - 85.5м) - 14.5м. Но, как было сказано выше, нельзя закреплять второй пикет на расстоянии 14.5 м, необходимо учесть будущее закругление трассы. Для этого необходимо вычислить элементы закругления и в первую очередь домер (Д).

В настоящее время для разбивки пикетажа используют электронный тахеометр, определяющий расстояние по принципу светодальномера.

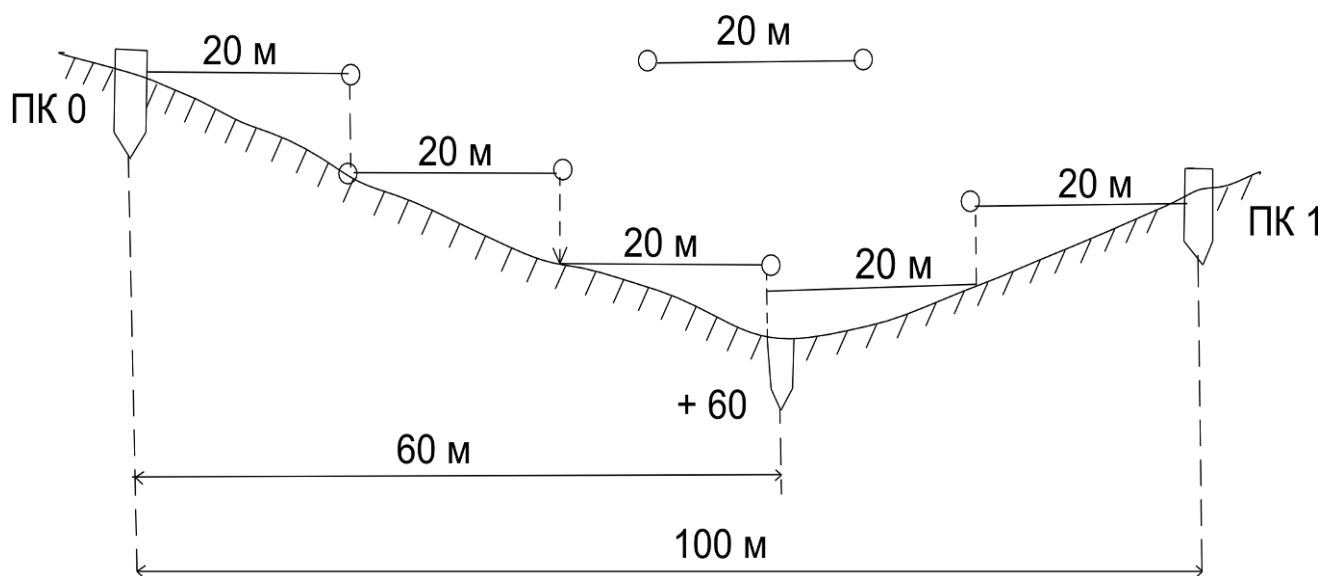


Рис.47

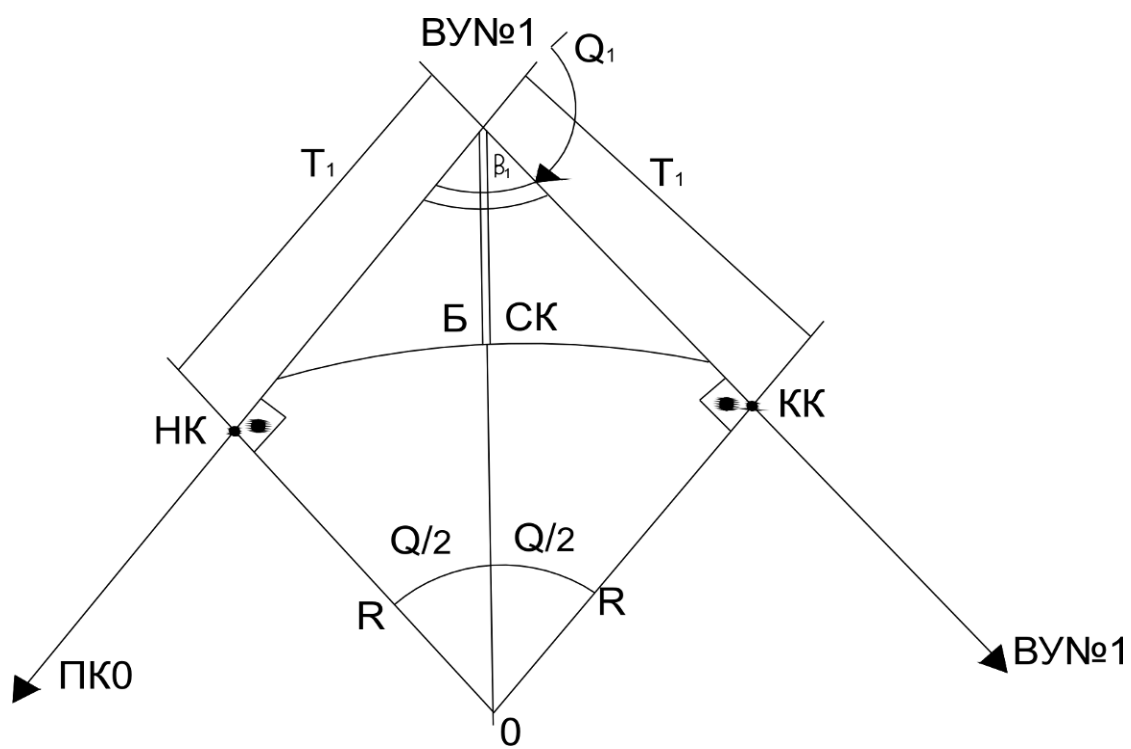


Рис.48

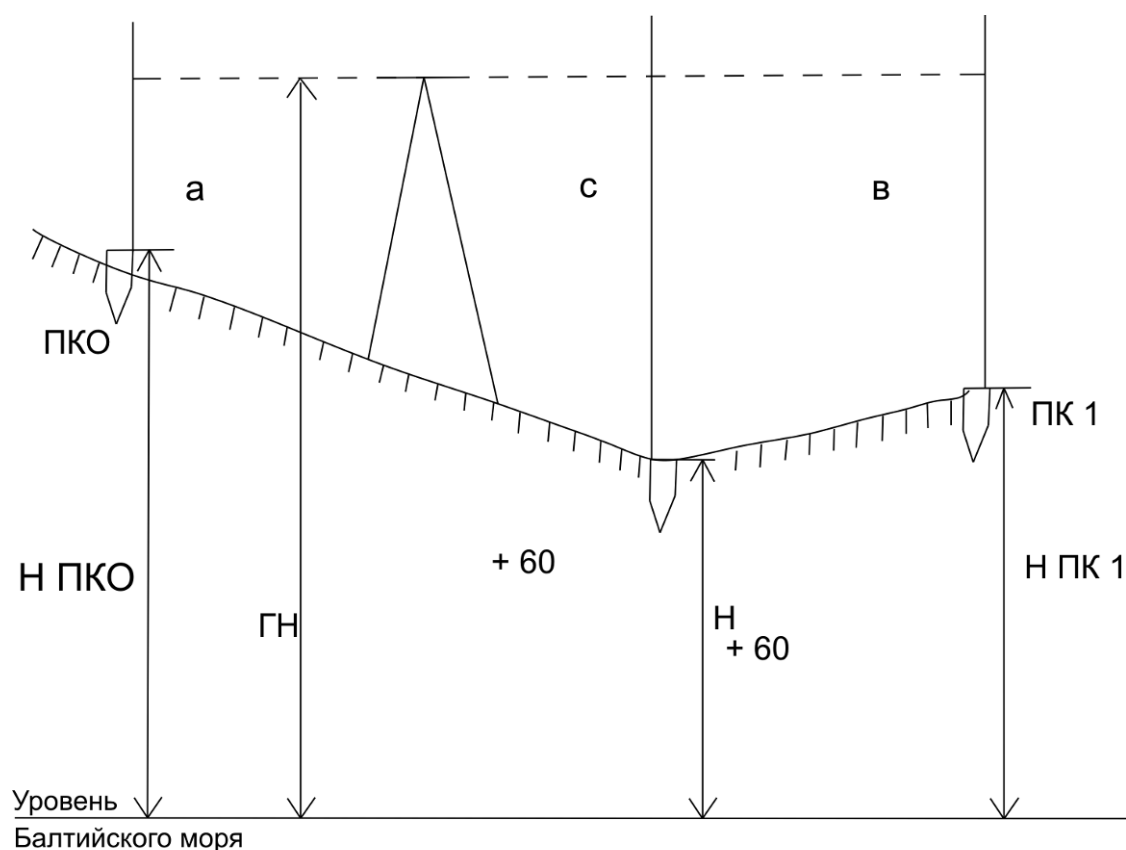


Рис.49

§ 33. Элементы закругления. Разбивка главных точек кривой

В местах поворота трассы (ВУ №1) производят разбивку закругления (рис.42). С этой целью радиусом R строят дугу окружности (закругление) от точки НК (начало кривой). Элементы закругления будут найдены из прямоугольного треугольника НК, ВУ, О. Угол поворота трассы θ_1 найдем по формуле

$$\Theta = 180^\circ - \beta \quad 118$$

Отрезки касательных от точки ВУ до точек НК и КК называют тангенсами - T ; дугу окружности от начала до ее конца называют кривой - K ; разность между длиной двух тангенсов - $2T$ и длиной кривой K называют домером - D . Отрезок Б от вершины угла до середины кривой называют биссектрисой. Таким образом, элементы закругления и главные точки кривой определим по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \quad 119$$

$$K = R \cdot \Theta = \frac{R\Theta}{\rho} \quad 120$$

$$D = 2T - K \quad 121$$

$$B = OBY - R = \frac{R}{\cos \frac{\Theta}{2}} - R = R \left(1 - \cos \frac{\Theta}{2} \right) = R \left(\sec \frac{\Theta}{2} - 1 \right) \quad 122$$

где ρ радиан ($57,3^\circ$)

Для разбивки на местности главных точек кривой, т.е. начала, середины и конца круговой кривой, следует от ее вершины - угла поворота ВУ отложить в обе стороны тангенсы Т(их длины), закрепляя НК и КК кольями. Чтобы закрепить середину кривой, устанавливают теодолит в точке ВУ, ориентируют лимб его на ПК0, откладывают (поворачивая теодолит) на лимбе значение угла (половину β), в направлении визирования от вершины угла откладывают рулеткой расстояние, равное длине биссектрисы Б, закрепляют в этом месте кол. Таким образом закреплены три точки закругления. В дальнейшем, при строительстве дороги, осуществляется детальная разбивка кривой. Вычислив элементы закругления и домер, в первую очередь, продолжают разбивку пикетов, прерванную описанными вычислительными работами в направлении вершины угла №2. От точки ВУ №1 откладывают по створу линии ВУ №1-ВУ №2 величину домера, а затем недостающие до 100 м (до следующего пикета) число метров и сантиметров (в нашем случае 14,5 м до второго пикета).

Дальше разбивку пикетов и других точек производят аналогичным образом до вершины угла №2. На вершине угла №2 измеряют угол β_1 , вновь вычисляют элементы закругления и домер, откладывают его в новом направлении (ВУ №3) и так до следующего пикета. То есть на каждой вершине угла сначала вычисляют домер, откладывают его величину в новом направлении, а уже затем продолжают разбивку пикетажа.

Для получения представления о характере рельефа в поперечном направлении к трассе разбивают поперечники на пикетах или плюсовых точках вправо и влево на 20 м.

При разбивке пикетажа ведется съемка (рулеткой) ситуации, составляется «пикетажный журнал» (Рис. 50).

Пикетажный журнал

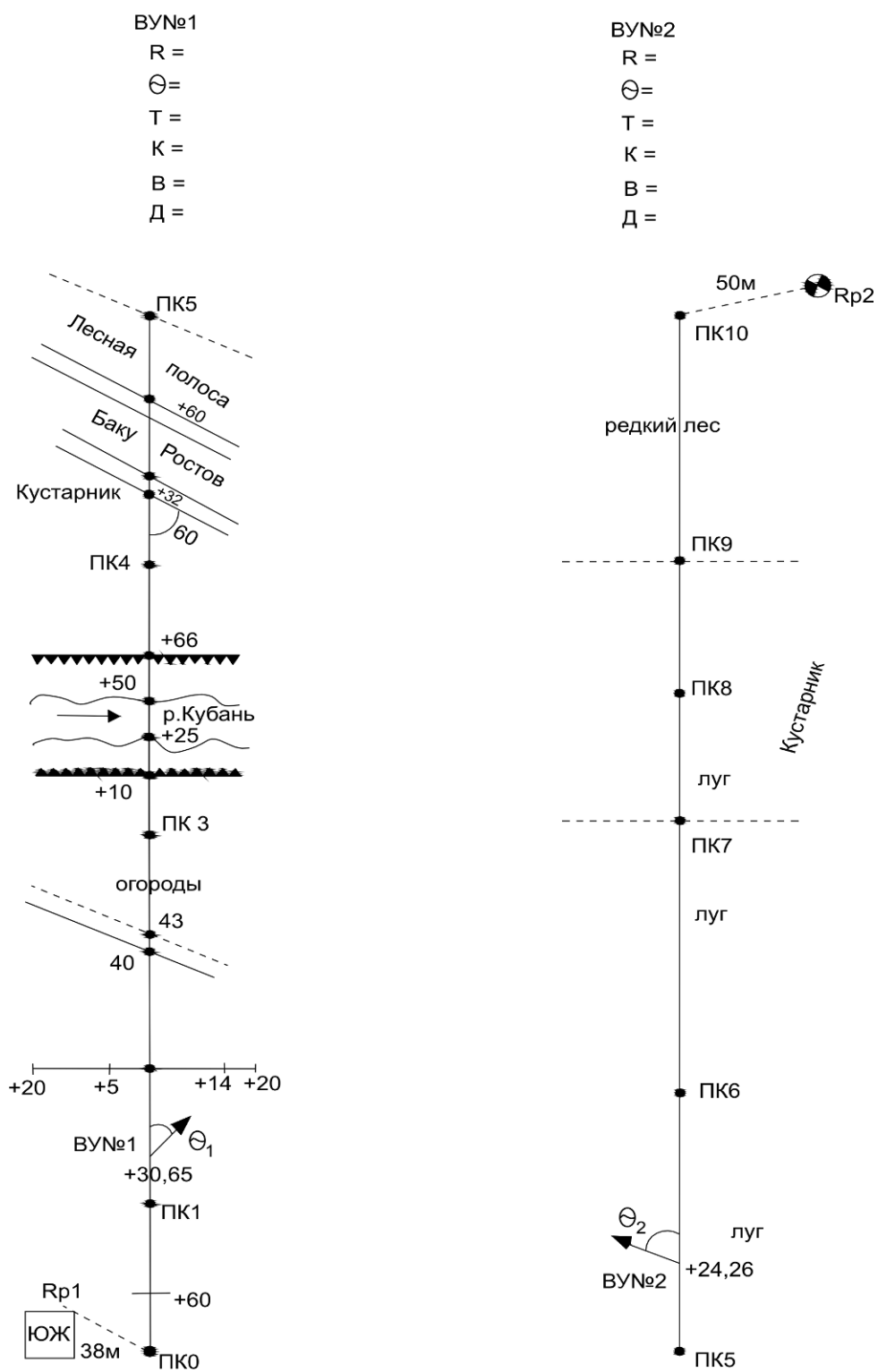


Рис.50

Глава 10. Обработка материалов нивелирования трассы линейного сооружения

§ 34. Порядок обработки журнала нивелирования

Рассмотрим обработку материалов нивелирования трассы линейного сооружения на примере результатов полевых работ, приведенных в табл. 4.

В журнале (таб. 4) приведены отсчеты (а и b), взятые по черной и красной сторонам реек ($a^ч$, $b^ч$, $a^{кр}$, $b^{кр}$), установленных на пикетах.

1. Вычисляют превышение (h_i) на каждой станции между пикетами по формуле:

$$h^ч = a^ч - b^ч$$

$$h_i^{кр} = a^{кр} - b^{кр}$$

результаты записываются в графе 6, таблицы 4.

Например, превышение между репером №1 и нулевым пикетом будет равно:

$$h_i^ч = 0934 - 2135 = - 1201\text{мм} = - 1,203\text{м}$$

$$h_i^{кр} = 5620 - 6823 = - 1203\text{мм} = - 1,203\text{м}$$

Если вычисленное превышение по черной и красной сторонам рейки не превышает 2-3 мм, находят среднее арифметическое превышение, результат записывают в графе 7.

$$h_{cp} = \frac{h^ч + h^{кр}}{2} \quad 123$$

2. Производят постраничный контроль, т.е. находят сумму (“a”) задних и сумму (“b”) передних отсчетов (по черной и красной сторонам рейки); находят сумму h_i и h_{cp} на каждой странице, при этом должно соблюдаться условие:

$$\frac{1}{2}(\Sigma a - \Sigma b) = \frac{1}{2}\Sigma h_i = \Sigma h_{cp} \quad 124$$

3. Вычисляют фактическую высотную невязку по трассе нивелирования по формуле:

$$f_{h\text{факт}} = \Sigma h_{cp} - (H_{Rp2} - H_{Rp1}) \quad 125$$

где “ h_{cp} ” - сумма всех средних превышений в нивелирном ходе (7 табл. 4); H_{Rp1} и H_{Rp2} - отметки начального и конечного реперов, к которым была привязана трасса (нивелирный ход)

4. Вычисляют допустимую высотную невязку ($f_{h\text{доп}}$) по формуле:

$$f_{h\text{доп}} = \pm 50\text{мм}\sqrt{L} \quad 80$$

где L - длина хода в км

Таблица 4

Журнал геометрического нивелирования.

№ пикетов	Отсчет по рейке (мм)			Превышение h_i мм	Среднее превышение H_i мм	Горизонт инструмента ГИ (м)	Абсолютная отметка Н (м)
	Задний а	Передний б	Промежный с				
2	3	4	5	6	7	8	9
Рп1	0934 5620			- 1201	+4 -1202		79.818
ПКО		2135 6823		- 1203			78.620
ПКО	2539 7226						
+ 60м			0326	+1186 +1184	+4 +1185	81.159	80.833
ПК 1		1353 6042					79.808
ПК 1	0226 4911			-0810	+4 -0811		
ПК 2		1036 5723		-0812		80.034	79.002
		Поперечник на ПК2					
+ 14м	право		2167				77.867
+ 20м			0403				79.631
+ 5 м	лево		1067				78.967
+ 20м			1221				78.813
ПК 2	0256 4943			-2158	+4 -2158		79.002
Х		2414 7102		-2159			76.848
Х	0378 5064			-1573	+4 -1573		
ПК3		1951 6637		-1573			75.279
ничи- аль	? a	? b		? h_i	? h_{cp}		
					-4559		

Условие: $\frac{1}{2}(\sum a - \sum b) = \frac{1}{2} \sum h_i = \sum h_{cp}$

№ пикетов	Отсчет по рейке (мм)			Превыше ние Н _i мм	Среднее превышен ие Н _i мм	Горизонт инст- румента ГИ (м)	Абсолютн ая отметка Н (м)
	Задний а	Передний b	Промеж с				
2	3	4	5	6	7	8	9
ПК3	1182 5867						75.279
+10м			1425		+4		75.036
+25м			2935	+0926	+0925	76.461	73.526
+50м			2936	+0924			73.525
+66м			0683				75.778
ПК4		0256 4943					76.208
ПК4	2987 7676			+2731	+4 +2732		
ПК5		0256 4943		+2733			78.944
ПК5	2848 7534			+2536	+4 +2535		
ПК6		0312 5000		+2534			81.483
ПК6	2648 7335			+1022	+4 +1021		
ПК7		1626 6315		+1020			82.508
ПК7	0505 5192			-537	+3 -538		
ПК8		1042 5730		-538			81.973
ПК8	1827 6512			+1580	+3 +1579		
ПК9		0247 4934		+1578			83.555
ПК9	0680 5367			-1747	+3 -1748		
ПК10		2427 7115		-1748			81.810
ПК10	1994 6681			+0056	+3 +0055		
Рп 2		1938 6624		+0054			81.868
	$\sum a$	$\sum b$		$\sum h_i$	$\sum h_{cp} + 6561$		
$\frac{1}{2}(\sum a - \sum b) = \frac{1}{2} \sum h_i = \sum h_{cp} = \int h_{cp} = \sum h_{cp} - (H_{Rp2} - H_{Rp1}) \leq \int h_{don}$							

Если $f_{hфак} \leq f_{hдон}$, то высотную невязку распределяют с обратным знаком, поровну на все превышения, т.е. вводят поправки по формуле:

$$\Delta f_h = -\frac{f_{hфак}}{n} \quad 81$$

где n - количество превышений в нивелирном ходе.

Например, -1202^{+4} ; здесь “+4” - поправка 4 мм.

6. Вычисляют отметки пикетов и иксовых точек (на черновике) по формулам:

$$\begin{aligned} H_{ПК0} &= H_{Rp1} + h_1^{испр} \\ H_{ПК1} &= H_{ПК0} + h_2^{испр} \end{aligned} \quad 126$$

$$\dots \dots \dots H_{Rp2} = H_{ПК10} + h_{13}^{испр} \quad 127$$

Здесь $h^{испр}$ - исправленные превышения, их вычисляют в уме, т.е. алгебраически складывают среднее превышение и поправку.

Например, $h_1^{испр} = -1202 + 4 = -1198 \text{ мм.} = -1,198 \text{ м}$

Контролем правильности вычисления отметок пикетов будет выполнение условия (127), т.е. отметка репера №2 должна получиться такой, какой она была задана (125). Если контроль сойдется, отметки пикетов, вычисленные в черновике, записываются в графе 9 таблицы, 4.

7. Отметки плюсовых точек (H_+) и точек поперечника вычисляют через горизонт инструмента (ГИ) по формуле 104 и рис. 49:

$$H_{+60} = ГИ - c \quad 104$$

здесь c - отсчет по рейке на плюсовой точке (или точке поперечника). Горизонт инструмента вычисляют в свою очередь по такой формуле 105 и рис.49:

$$ГИ = H_{ПК} + a \quad 105$$

где $H_{ПК}$ - отметка пикета или репера, на котором установлена рейка;
 a - отсчет по черной стороне рейки, установленной на пикете (репере).

Горизонт инструмента вычисляют на тех станциях, где есть плюсовые точки и точки поперечника. Значение горизонта инструмента записывают в графе 8 таблицы, 4.

Например: $ГИ_2 = H_{ПК0} + 2,539 \text{ м}$

Отметка плюсовой точки (+60м) будет равна:

$$H_{+60} = ГИ - 0,326$$

Значения вычисленных абсолютных отметок таких точек записывают в графе 9 таблицы по соответствующей строке, например: ст.2 (+60м).

§ 35. Заполнение профильной сетки. Расчёт прямых и кривых трассы

Профиль местности строится на миллиметровой бумаге. Для выполнения данной расчетно-графической работы потребуется лист миллиметровой бумаги размером 40 70 см. Построение профиля будет вестись в двух масштабах: горизонтальном - 1 : 2000 и вертикальном - 1 : 200.

В начале строят профильную сетку (рис.51) и заполняют ее в такой последовательности:

1. Заполняют строку “Горизонтальные расстояния”, для чего ее делят на пятисантиметровые отрезки, что соответствует расстоянию 100м между пикетами в масштабе 1:2000; в строке “пикеты” в конце каждого пятисантиметрового отрезка записывают номера пикетов: 1, 2, 3 и т.д. В тех интервалах (между пикетами), где есть “плюсовые” точки, в строке “горизонтальные расстояния” указывают местоположение этих плюсовых точек, а в строке “пикеты” надписывают расстояния (рис.51).

Например, между нулевым и первым пикетами есть “плюсовая” точка (+60м). От нулевого пикета откладывают 3 см (что в масштабе соответствует 60м) и в строке “горизонтальные расстояния” проводят черту, записывая в ней цифры 60 и 40 (в данном случае второе число – дополнение до 100м). В строке “пикеты” под чертой записывают “+60”. Аналогично обозначают плюсовые точки между третьим и четвертым пикетами, а в строке “горизонтальные расстояния” записывают расстояния между ними.

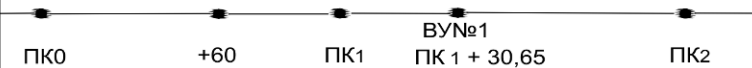
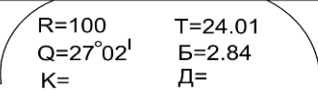
5 мм	Грунты				
20 мм	План трассы				
15 мм	Красные (проектные) отметки	102	101.64	101.40	100.80
10	Проектный уклон	$\frac{6}{270}$			
15 мм	Черные (фактические) отметки	102.78	105.00	103.97	103.16
5 мм	Горизонтальные расстояния	60	40		
5	Пикеты	0	+60	1	2
20 мм	План кривых и прямых п	106.64			
70мм		СВ 57°30'			

Рис.51

2. Заполняют строку “черные (фактические) отметки”. В этой строке над соответствующим пикетом или плюсовой точкой записывают их абсолютные отметки, взятые из графы 9 таблицы 4.

3. В строке “план трассы” прочерчивается ось трассы с указанием на ней местоположения пикетов, углов поворота ее; наносится ситуация (используются данные “пикетажной книжки” (рис. 94).

4. В строке “план прямых и кривых трассы” заносятся проектные элементы трассы и элементы закругления (рис. 52). Элементы трассы это углы поворота (θ), кривые (K), начало (HK), и конец (KK) каждой кривой, прямые вставки (P), а так же дирекционные углы прямых вставок.

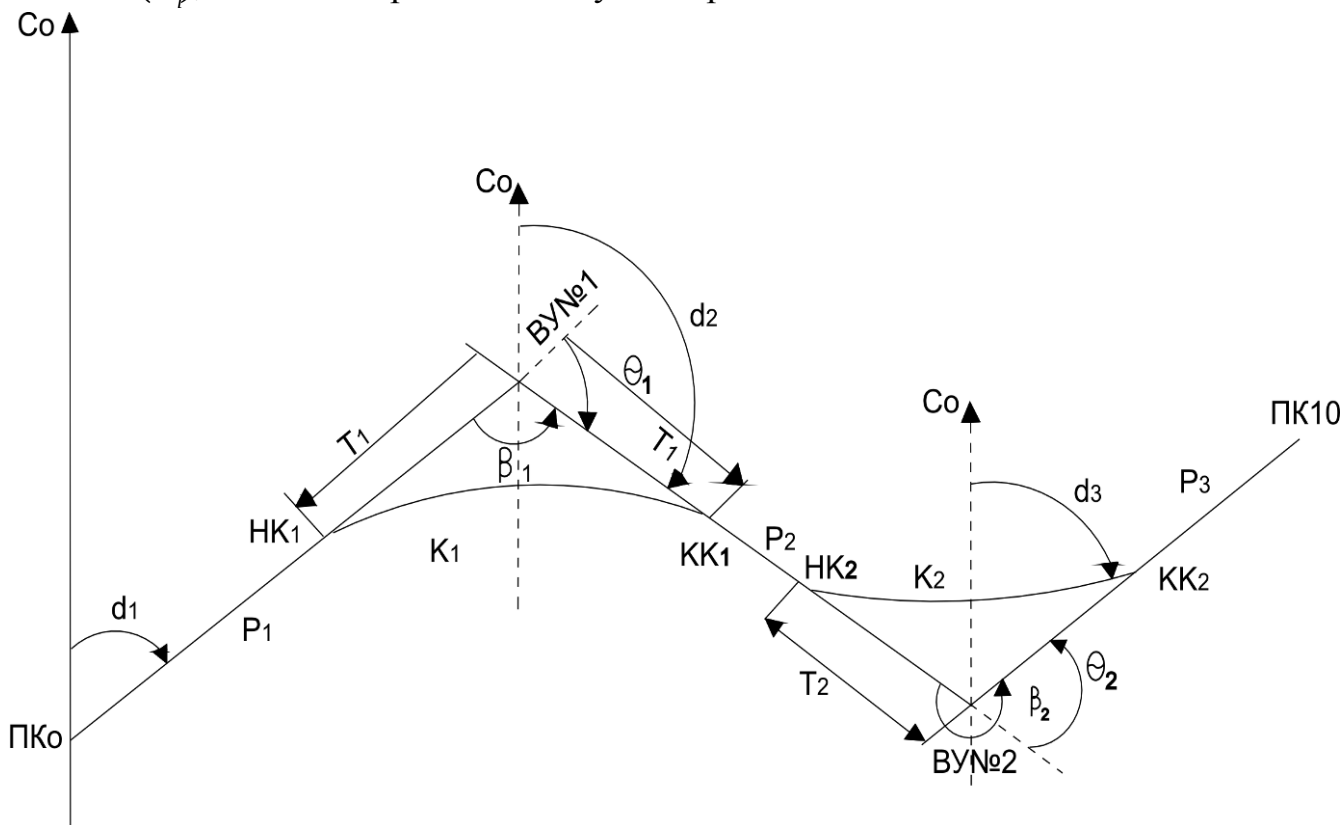


Рис.52

Для установления на местности начала и конца закругления, середины кривой (СК) - главных точек кривой, необходимо вычислить элементы закругления (119, 120, 121, 122).

Положение начала (НК) и конца (КК) кривой от начального пикета трассы (ПК₀) рассчитывается по следующим выражениям в зависимости от элементов закругления (формулы 119, 120, 121, 122)

	$HK = BU - T$	123
	$KK = HK + K$	124
Контроль	$KK = HK + 2T - Д$	125

Здесь BU - положение вершины угла (расстояние) от нулевого пикета.

Теоретически положение начала и конца закругления трассы можно найти таким образом: от вершины угла (BU) в направлении нулевого пикета отложить с помощью землемерной ленты (рулетки) величину тангенса (T) и

забить колышек; затем от вершины угла в новом направлении трассы отложить величину T и забить второй колышек.

Практически положения главных точек кривой рассчитывают по формулам 123,124 и замеряют их на местности от соответствующего (по расчетам) пикета. Например:

$$ВУ\text{№}1 = ПК4 + 66,50\text{м},$$

т.е. вершина угла № 4 находится на удалении от пикета “О” на расстоянии 466,50 м. Предположим, что по расчету, по формуле 132, величина тангенса (T) получилась равной 210,41 м, тогда:

$$\begin{aligned} НК &= ВУ\text{№}4 - 210,41 = \\ 466,50 - 210,41 &= 256,09 = \\ ПК2 + 56,09\text{ м} \end{aligned}$$

То есть, начало кривой находится между вторым и третьим пикетами. Отмерив от второго пикета 56,09 метра, закрепляют начало кривой колышком. Рассчитав по формуле 124 положение конца кривой, закрепляют от ближайшего пикета (по расчету) второй колышек, означающий конец кривой.

Середину кривой (СК) на местности закрепляют следующим образом. Устанавливают теодолит в точке ВУ№1; методом совмещения нулей от направления ВУ№4 – ПК₀ откладывают угол (измеренный при разбивке трассы) и по линии визирования откладывают землемерной лентой (рулеткой) биссектрису (Б).

Таким образом, кривая будет закреплена на местности тремя точками.

Прямые вставки (P_i) находятся из таких выражений (рис.51):

$$\begin{aligned} P_1 &= НК1 - ПК0 & 126 \\ P_2 &= НК2 - КК1 & 127 \\ P_3 &= ПК10 - КК2 & 128 \end{aligned}$$

Дирекционные углы прямых вставок (рис.51) вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \alpha_1 + \theta_1^{прав} & 129 \\ \alpha_3 &= \alpha_2 - \theta_1^{лев} & 130 \end{aligned}$$

здесь α_1 - дирекционный угол начального отрезка трассы (от ПК0 до ВУ№1)

5.Вычисление проектных уклонов. В строке “проектный уклон” записываются проектные уклоны трассы линейного сооружения на различных ее участках. Проектные уклоны или задаются, как в данной работе, или вычисляются после нанесения проектной линии на профиль.

В данной работе уклоны приняты такими: = - 0.006 на первом участке трассы длиной в 270м (на рис.51 записано как (6/270); на втором отрезке, длиной в 130м; = 0,012 на третьем участке длиной в 600м.

6. Вычисление проектных отметок.

В строке “красные (проектные) отметки” записываются проектные отметки пикетов и плюсовых точек по оси сооружения.

Проектные отметки вычисляются по формуле:

$$H_n = H_{n-1} + i \cdot d \quad 131$$

где n и $n-1$ - номера пикетов следующего и предыдущего (или точек);
 i - уклон линии;
 d - расстояние между пикетами (точками)

В данной работе проектная отметка нулевого пикета известна. Тогда проектная отметка на первом пикете будет равна:

$$H_{\text{ПК1}} = H_{\text{ПК0}} + (-0,006 \times 100) = H_{\text{ПК0}} - 0,6 \text{ м} =$$

Проектная отметка на втором пикете будет равна:

$$H_{\text{ПК2}} = H_{\text{ПК1}} - 0,6 \text{ м}$$

Проектная отметка на плюсовой точке будет равна:

$$H_{+60} = H_{\text{ПК0}} - 0,006 \times 60 = H_{\text{ПК0}} - 0,42 \text{ м}$$

Проектная отметка конца отрезка (270) с заданным уклоном (i_1) равна:

$$H_{270} = H_{\text{ПК2}} - 0,006 \times 70 = H_{\text{ПК2}} - 0,42 \text{ м} =$$

Далее проектная линия длиной в 130м (до ПК₄) будет горизонтальной ($i_2 = 0$) и поэтому проектные отметки на ПК₃, ПК₄ и на всех плюсовых точках между этими пикетами будут одинаковыми и равны:

$$H_{\text{ПК3}} = H_{\text{ПК2}} - 0,42 \text{ м} =$$

$$H_{\text{ПК4}} = H_{\text{ПК2}} - 0,42 \text{ м} =$$

Проектная отметка на пятом пикете будет равна:

$$H_{\text{ПК5}} = H_{\text{ПК4}} + i_3 \times d = H_{\text{ПК4}} + 1,2 \text{ м} =$$

здесь $i_3 = 0,012$, $d = 100 \text{ м}$

$$H_{\text{ПК6}} = H_{\text{ПК5}} + 1,2 \text{ м}$$

и т.д.

Таким образом, рассчитав все проектные отметки, записывают их в соответствующей строке профильной сетки. После этого строят профиль местности и проводят проектную линию.

§ 36. Построение профиля местности и проектирование по профилю

Завершив заполнение профильной сетки, строят разрез местности по оси линейного сооружения, но вертикальный масштаб принимают, как правило, в 10 раз крупнее горизонтального масштаба для получения большей наглядности за изменением рельефа. После этого строят проектную (красную) линию оси сооружения.

Графические работы выполняются в такой последовательности:

1. Вычисляют условный горизонт (УГ) - отметку линии, относительно которой будут вестись построения. Абсолютная отметка условного горизонта (УГ) считается по формуле:

$$\text{УГ} = H_{\text{min}} - 5 \times M \quad 132$$

где M - знаменатель масштаба;

H_{min} - минимальная абсолютная отметка пикета или плюсовой точки по трассе, округленная до целого числа, кратного двум метрам (так как вертикальный масштаб 1 : 200, т.е. в 1см 2 м)

2. Вычисленный условный горизонт записывают над профильной сеткой. После этого строят “шкалу высот”—линию, разделенную на сантиметровые отрезки и подписанную кратно двум метрам.

3. Против каждого пикета или плюсовой точки строят ординаты в соответствии с “черными (фактическими) отметками”, используя шкалу высот. Соединив концы ординат ломанной линией (рис.53) получают профиль местности (профильная сетка упрощена).

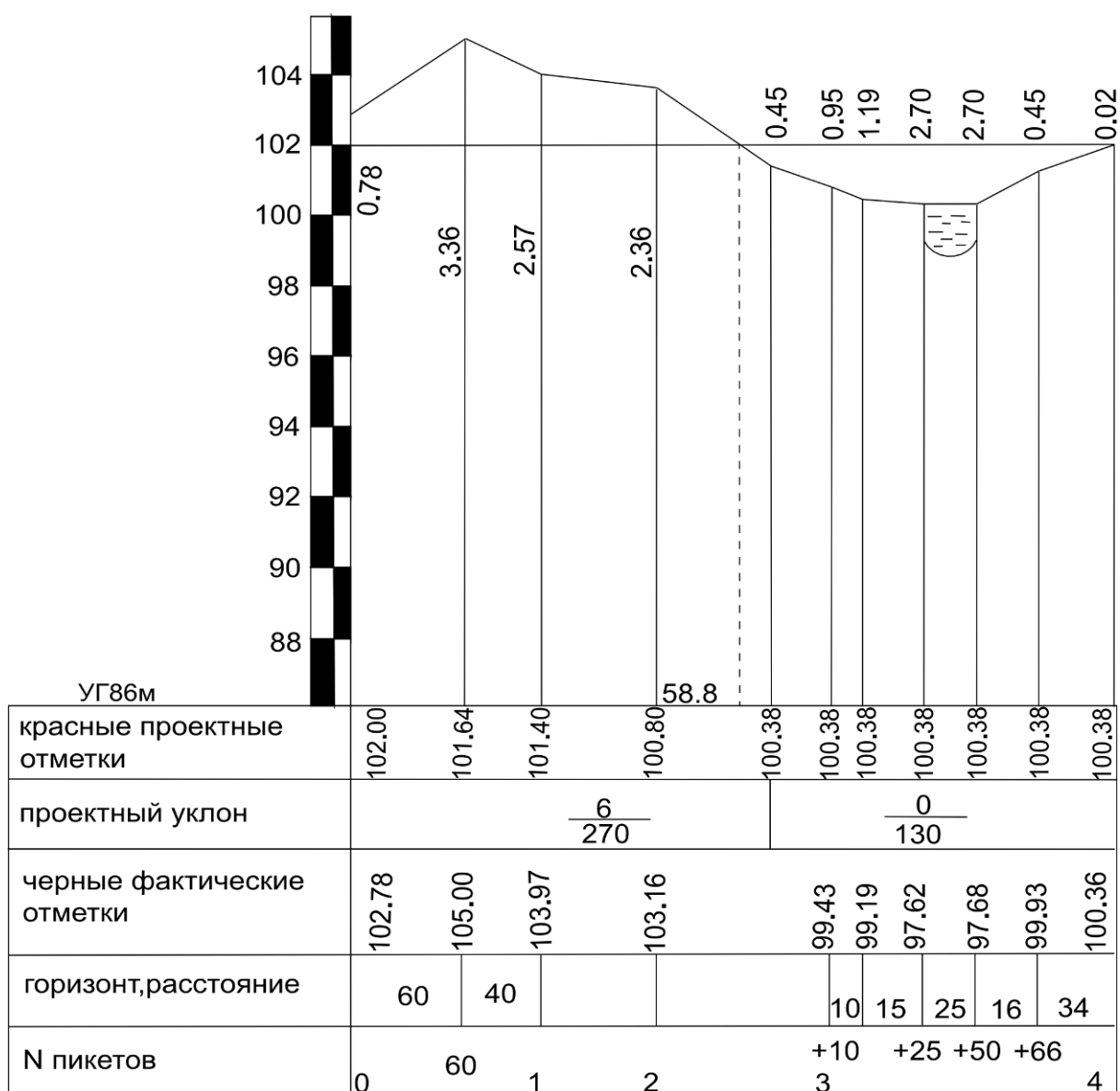


Рис.53

4. Аналогичным образом, по проектным отметкам, строится красная линия (ось проектируемого линейного сооружения).

В проектирование по профилю входит: вычисление рабочих отметок (выемки и насыпи грунта), определение (расчет) местоположения точек нулевых работ и закрепление их на местности.

5. Рабочие отметки (h) на пикетах и плюсовых точках находятся по формуле:

$$h_i = H_i^ч - H_i^{кр}$$

Здесь $H_i^ч$ - фактическая отметка пикета,

$H_i^{кр}$ - проектная (красная) отметка этого же пикета.

Значение вычисленной рабочей отметки записывается на ординате (рис.53) соответствующего пикета (положительная - под проектной линией; отрицательная – над проектной линией)

Например, рабочие отметки на пикете нулевом и плюсовой точке “+60” будут равны соответственно:

$$h_0 = 102.78 - 102.00 = +0.78м$$

$$h_{+60} = 105.00 - 101.64 = +3.36$$

6. Точки нулевых работ - это такие точки на профиле, где рабочая отметка равна нулю, это точки пересечения проектной линии с фактической линией профиля местности.

Расстояние до точек нулевых работ (рис.54) находится по формулам:

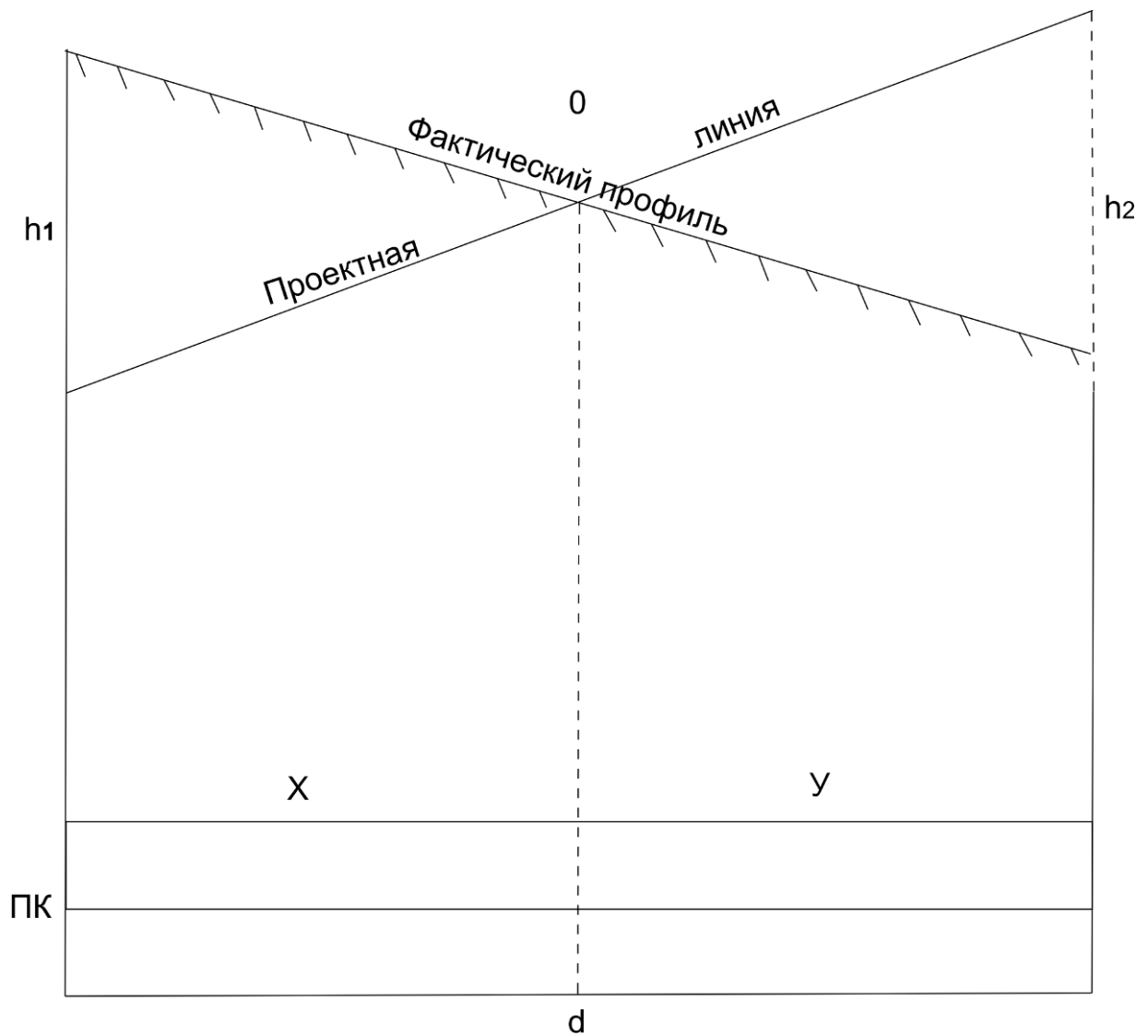


Рис.54

$$x = \frac{h_1}{h_1 + h_2} d \quad 133$$

$$y = \frac{h_2}{h_1 + h_2} d \quad 134$$

Здесь h_1 и h_2 рабочие отметки на пикетах или плюсовых точках (берутся по модулю); d - расстояние между пикетами (или между пикетами и плюсовыми точками)

Расстояние “ y ” вычисляется для контроля, т.е. так, чтобы после расчетов получилось $x + y = d$

На рис.53 первая точка нулевых работ находится между пикетом №2 и точкой $ПК_2 + 70м$ (в этом случае $d=70м$)

Рабочая отметка (h_1) на пикете 2 равна +2,36, рабочая отметка (h_2) на точке “+70” равна -0,45 (определена графически по шкале высот).

Расстояние до точки нулевых работ от пикета №2 и точки “+70” будет равно соответственно (по формулам 205,206):

$$x = \frac{2,36}{2,36 + 0,45} 70\text{м} = 58,8\text{м}$$

$$x = \frac{0,45}{2,36 + 0,45} 70\text{м} = 11,2\text{м}$$

Контроль: $x + y = d = 58,8 + 11,2 = 70\text{м}$

Вычисленные значения x и y записывают выше профильной сетки (рис.53) между пикетом №2 и точкой “+70”

7. Поперечный профиль (поперечник) строится в более крупном, чем профиль местности, масштабе (например в М 1:500 или в М 1:200).

Для построения профиля полотна дороги проектную отметку ее середины берут из строки “проектные отметки” на пикете №2 (поперечник разбит на втором пикете).

8. Профиль местности вычерчивают черной тушью. В профильной сетке строки: “красные (проектные) отметки”, “проектный уклон”, “план прямых и кривых” заполняются красной тушью; проектная линия на профиле проводится так же красной тушью. Все остальные строки профильной сетки и профиль оформляются черной тушью. Ординаты на точках нулевых работ обозначаются синей тушью. Синей тушью записывается число “абсолютная отметка” в точке нулевых работ (определяется по шкале высот).

Литература

Основная:

1. Курошев Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография. – М.: Изд-во Академия, 2009. – 176 с.
2. Курошев Г.Д. Топография. – М.: Изд-во Академия, 2011. – 192 с.
3. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии. – М.: Академический проект, 2013.

Дополнительная:

4. Данилов В.В., Хренов Л.С. и др. Геодезия. М.: Недра, 1974 – 416 с.
5. Инженерная геодезия. / Под. ред. Д.Ш. Михелева. М.: Высшая школа, 2000 – 464 с.
6. Киселев М.Н. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации сооружений. М.: Изд-во АСВ, 2002 – 200 с.
7. Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладная геодезия: Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. М.: Недра, 1983 – 400 с.
8. Лукьянов В.Ф., Новак В.Е., Ладонников В.Г. и др. Учебное пособие по геодезической практике. М.: Недра, 1986 – 234 с.

Часть V. Геодезические работы при межевании земель

§ 37. Общие сведения о государственном земельном кадастре

На данном этапе экономических преобразований в России практически во всех сферах экономики особое значение приобретают вопросы государственного регулирования земельных отношений. Принципиальное значение при этом имеет тот факт, что земля перестала восприниматься исключительно как средство производства и источник материальных благ, постепенно раскрывается ее потенциал как объекта правоотношений и рыночного оборота [14].

Грамотное управление земельными ресурсами возможно только при наличии строгого учета объекта недвижимости (земли), т.е. необходимо создание земельного кадастра. Существенной проблемой в этом деле является низкий уровень обеспеченности достоверным топографо-картографическим материалом, который создается на основе геодезических работ.

Для создания земельного кадастра необходимо провести в объеме всего государства инвентаризацию земель и другой недвижимости.

В Российской Федерации в соответствии с Земельным кодексом ведется Государственный земельный кадастр (ГЗК).

Государственный земельный кадастр содержит систему необходимых сведений и документов о правовом режиме земель, их распределении по категориям земель: землевладельцами, землепользователями и арендаторами, категориями земель, о качественной характеристике и ценности земель. Государственный земельный кадастр ведется в целях обеспечения рационального использования и охраны земель, защиты прав собственников земли, владельцев, землепользователей и арендаторов и создания объективной основы для установления цены земли, земельного налога, арендной платы.

Получение исходной информации для ведения государственного земельного кадастра обеспечивается проведением необходимых аэрокосмических, топографо-геодезических, почвенных, геоботанических и других обследований и изысканий.

При ведении государственного земельного кадастра применяются современные технические средства, компьютерные системы и методы получения и предоставления земельно-кадастровой информации.

В Ставропольском крае разрабатывается и внедряется Программа «Государственная автоматизированная система – земельный кадастр (ГАС – ЗК)».

Цель «Программы» - разработка и развертывание Государственной автоматизированной системы земельного кадастра, обеспечивающей проведение политики в области земельных отношений на территории Ставропольского края.

Основными задачами «Программы» являются:

- предоставление юридически обоснованных данных о правах на землю и недвижимость для органов управления, судов, нотариата, банка, юридических и физических лиц;

- обеспечение сбора земельного налога и налога на прочно связанную с ней недвижимость;

- информация и правовая поддержка функционирования рынка земли и другой недвижимости.

Земельный кадастр, который в настоящее время ведется практически во всех странах мира неразрывно связан с понятием учета оценки состояния и использования земельных ресурсов, инженерной деятельности, экологии, в своей основе предполагает выделение и определение однородных по своим свойствам объектов с описанием их территориальных границ с последующим картографированием и предоставлением количественных и качественных характеристик.

С понятием земельного кадастра тесно связан термин «кадастровая съемка», означающий съемку границ участков недвижимой собственности. Понятие кадастра включает также данные, необходимые для налогообложения земельных участков и регистрации юридических прав на недвижимое имущество.

Кадастровая съемка проводится топографо-геодезическими измерениями с последующим составлением плана земельного участка, который становится основой для создания межевого дела и кадастрового учета.

Геодезические и организационные работы для кадастра обычно выполняют по следующей схеме:

1. Подготовительные работы, которые включают :

- а) проект землеустройства;
- б) постановление административного органа об отводе земельного участка;
- в) договор о купле-продаже или аренде участка;
- г) выписку из книги регистрации участка;
- д) чертеж границ или топографический план земельного участка;
- е) схему пунктов государственной или местной геодезической сети и список их координат;
- ж) сведения об использовании земель.

2. Полевое обследование пунктов опорной геодезической сети, выполняют для проверки сохранности пунктов и выбора наиболее целесообразной технологии проведения геодезических работ.

3. Составление технического проекта, включающего графические материалы и смету затрат.

4. Кадастровые съемки выполняют как и топографические в масштабе 1:500 (базовый масштаб); широко используют съемки в масштабе 1:2000; обзорно-справочными являются карты масштаба 1:10000 и мельче. На кадастровых картах и планах дополнительно изображают границы участков, владений, сельскохозяйственных и других угодий, кадастровые

- номера и наименования земельных участков и другие кадастровые сведения. Рельеф местности на кадастровых картах может не изображаться.
5. **Установление и согласование границ земельных участков на местности.** Границы участков выносят по координатам характерных точек от пунктов геодезического обоснования и закрепляют межевыми знаками. Если границы закреплены ранее, то определяют координаты закрепленных точек. Согласование границ производят в присутствии представителя Государственной власти, владельцев или пользователей участка и участков, смежных с ним.
 6. **Определение площадей земельных участков** выполняют в основном аналитическим методом по координатам межевых знаков. Иногда используют картографические материалы.
 7. **Составление чертежей границ земельных участков** производят в масштабе основного кадастрового плана (или крупнее) по результатам установления и согласования границ на местности.
 8. **Контроль и регистрация результатов кадастровых работ.** Выполняют полевой контроль кадастровых работ и соблюдения требований технического задания и инструкций по производству топографо-геодезических работ. Обнаруженные ошибки и несогласованности устраняют. Полученная информация переносится в специальные реестры и отображаются на кадастровых картах и планах.
 9. **Создание и ведение базы данных** необходимо для систематизации и управления большим объемом информации, должно быть предусмотрено не только хранение, но и оперативная выдача ее потребителю.

Изучая дисциплины «Геодезия и топография». «Использование карт в географии» студенты должны сформировать у себя такой объем знаний, чтобы используя их создать межевое дело. Для упорядочения работы по формированию межевого дела составлены настоящие методические указания, на примере расчетно-графической работы (Приложение 5).

§ 38. Специальные работы при создании межевого плана

Полевые работы

Рассмотрим подготовку геодезических данных для составления межевого дела на конкретном примере (применительно к карте масштаба 1:50000 – Снов) для Крюковской сельской администрации. Территория, принадлежащая сельской администрации, оконтурена четырьмя межевыми знаками (МЗ) : МЗ-1, МЗ-2, МЗ-3 и МЗ-4. Для составления межевого дела необходимо определить координаты этих четырех межевых знаков. Определение координат межевых знаков производится путем привязки их к пунктам геодезической сети (пункты государственной геодезической сети – триангуляция, полигонометрия; точки сетей сгущения) следующим образом:

На местности имеются пункты триангуляции IV класса: г. Зеленая, г. Крутая, высота 219.9, г. Большая и высота 233.5.

Чтобы привязать межевой знак №2 на местности (Рис. 55) производятся такие геодезические измерения:

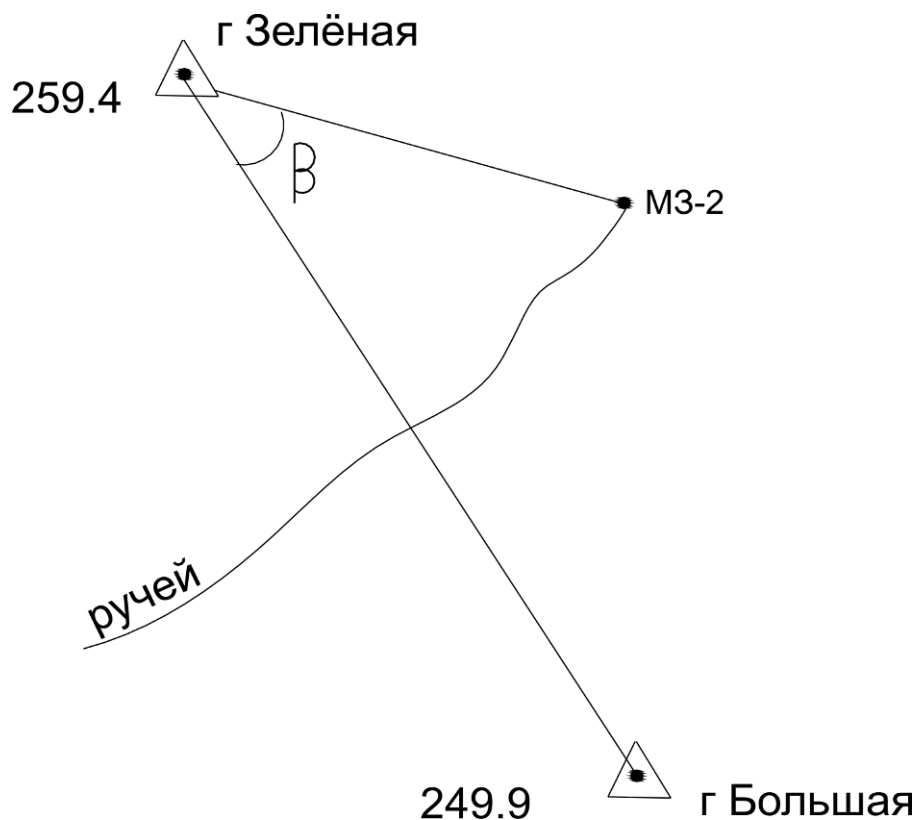


Рис.55

Устанавливают теодолит в точке г. Зеленая и измеряют угол β одним полным приемом, визируя на правую точку (г. Большая) и на левую точку – МЗ-2 (ручей), в которой устанавливают вежу.

Измеряют наклонное расстояние (D) от точки г. Зеленая до точки МЗ-2 в прямом и обратном направлении (а если работа выполняется электронным тахеометром, то расстояние определяется автоматически) с точностью не ниже 1:3000. Измеряется вертикальный угол (v), т.е. угол наклона на точку МЗ-2 (рис.56). Для построения карт и планов надо знать горизонтальное проложение (d) линии D , которое вычисляется по формуле (16)

$$d = D \cos v \quad 135$$

Аналогичным образом производится привязка всех межевых знаков к пунктам геодезической сети.

Камеральные работы

Конечной целью межевых работ является вычисление координат межевых знаков, определение площади землевладения и составление плана (карты) землевладения.

Вычисление координат межевых знаков (по рассматриваемому примеру) производят в такой последовательности:

1. Решают обратную геодезическую задачу и вычисляют дирекционный угол (α) линии г. Большая (Б), г. Зеленая (З) и горизонтальное проложение этой линии (координаты пунктов геодезической сети заранее запрашиваются в органах Госгеонадзора (г. Пятигорск)).

Расчеты ведутся по формулам (136,137)

$$tg\alpha_{Б-З} = \frac{Y_З - Y_Б}{X_З - X_Б} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad 136$$

$$\alpha_{Б-З} = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad 137$$

(Координаты $X_Б$ - $Y_Б$; $X_З$ - $Y_З$ известны, даны)

$$d_{Б-З} = \frac{Y_З - Y_Б}{\sin\alpha_{Б-З}} = \frac{\Delta Y}{\sin\alpha_{Б-З}} \quad 138$$

$$d_{Б-З} = \frac{X_З - X_Б}{\cos\alpha_{Б-З}} = \frac{\Delta X}{\cos\alpha_{Б-З}} \quad 139$$

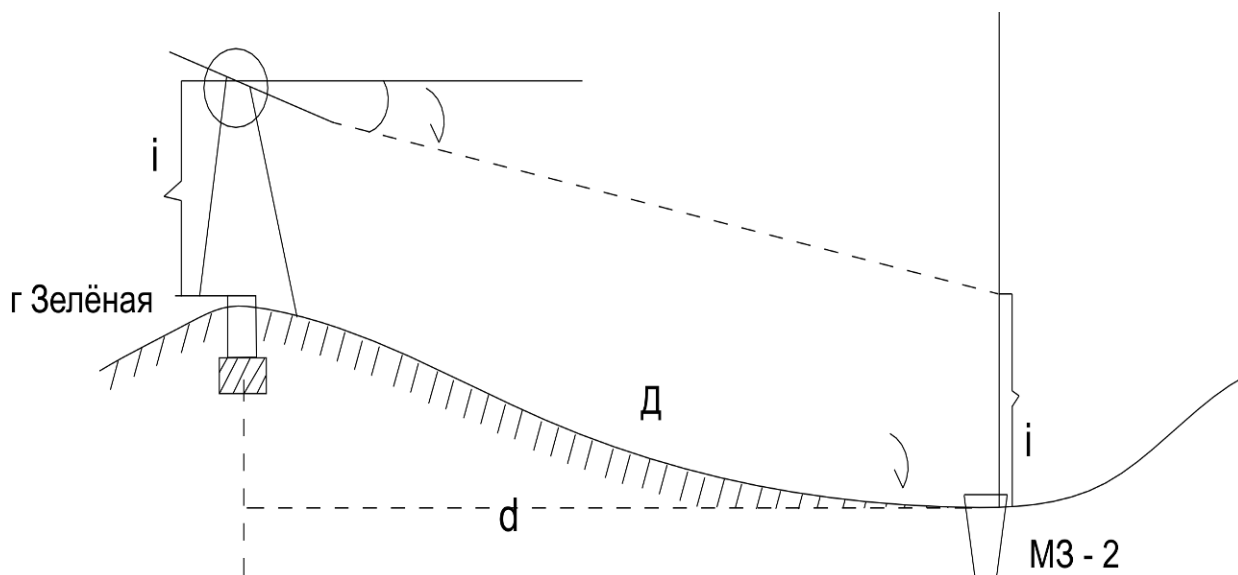
Вычисление горизонтального проложения (d) производится по двум формулам 138,139) для контроля правильности вычисления дирекционного угла (α) формула (137). Расхождение в « d », вычисленное по формулам 138,139 не должно превышать 2 см.

2. Вычисляют дирекционный угол (α) линии г. Зеленая – межевой знак МЗ 2 по формуле (140)

$$\alpha_{З-МЗ2} = \alpha_{БЗ} + 180^\circ - \beta \quad 140$$

где угол β – правый по ходу от г. Большой, г. Зеленой и до МЗ-2.

3. Вычисляют горизонтальные проложения от точек геодезической сети до межевых знаков (рис. 56, ф. 135).



4. Решают прямую геодезическую задачу, т.е. вычисляют координаты межевого знака (МЗ-2) по формулам (141,142)

$$X_{МЗ-2} = X_{зел} + \Delta X_{зел-МЗ-2} \quad 141$$

$$Y_{МЗ-2} = Y_{зел} + \Delta Y_{зел-МЗ-2} \quad 142$$

где ΔX и ΔY – приращения координат.

5. Вычисляют приращения координат по формулам (143,144)

$$\Delta X_{зел-МЗ-2} = d_{зел-МЗ-2} \cos \alpha_{зел-МЗ-2} \quad 143$$

$$\Delta Y_{зел-МЗ-2} = d_{зел-МЗ-2} \sin \alpha_{зел-МЗ-2} \quad 144$$

Значения d и α берут из вычислений, произведенных по формулам 137. Вычислены приращения координат подставляют в формулы 141 и 142. Координаты межевых знаков записываются в Таблица 5

Номер межевого знака	Координаты в м		Абсолютная высота в м
	X	Y	
МЗ-1	6074450,12	314950,64	148,5
МЗ-2	6080355,83	316661,33	213,2
МЗ-3	6080125,76	321302,66	157,2
МЗ-4	6073508,55	321453,78	200,6

В практической деятельности может быть такой случай, когда теодолит нельзя установить на точке межи, которая представляет собой изгородь (каменная или из проволоки) по всему периметру землевладения. В этом случае вблизи землевладения, вокруг него, прокладывается замкнутый теодолитный ход повышенной точности (с относительной ошибкой 1:3000). Точки такого хода называются опорной межевой сетью (ОМС).

В теодолитном ходе измеряются углы и расстояния. Теодолитный ход привязывается к опорной геодезической сети как показано на рис.57. После чего вычисляются координаты замкнутого теодолитного хода (ОМС), Относительно опорно-межевой сети производится привязка межевых точек (МЗ), как показано на рис.57, и вычисляются координаты их.

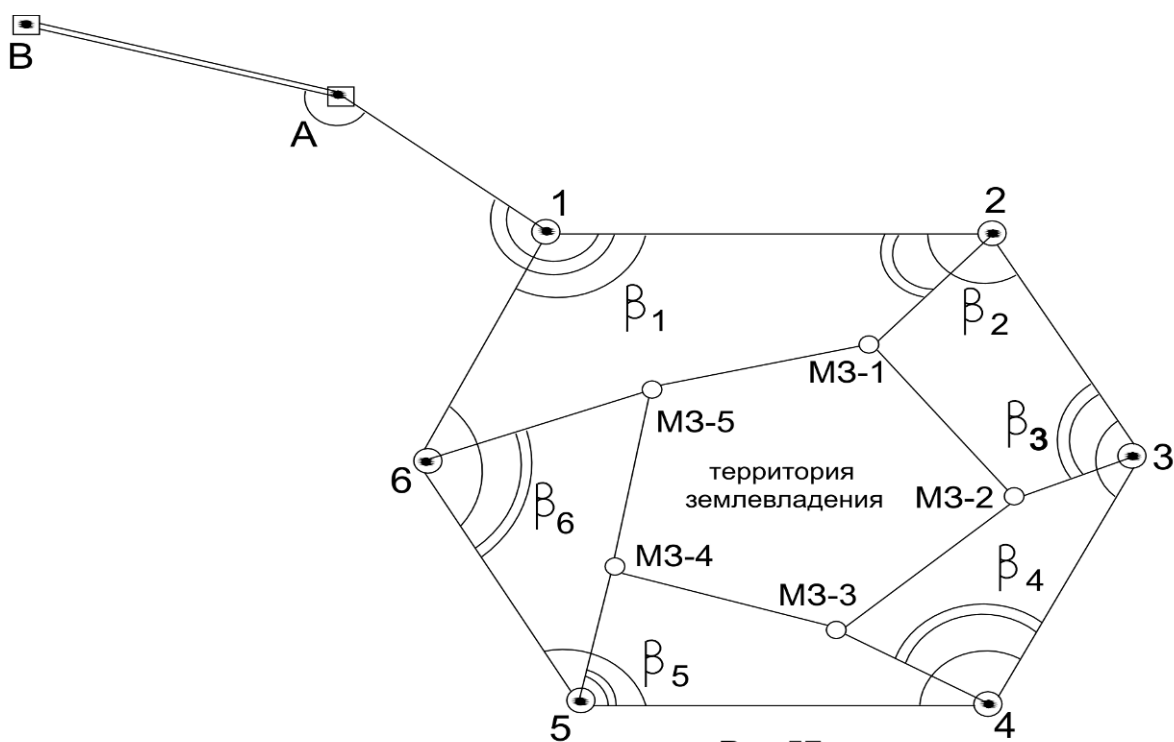
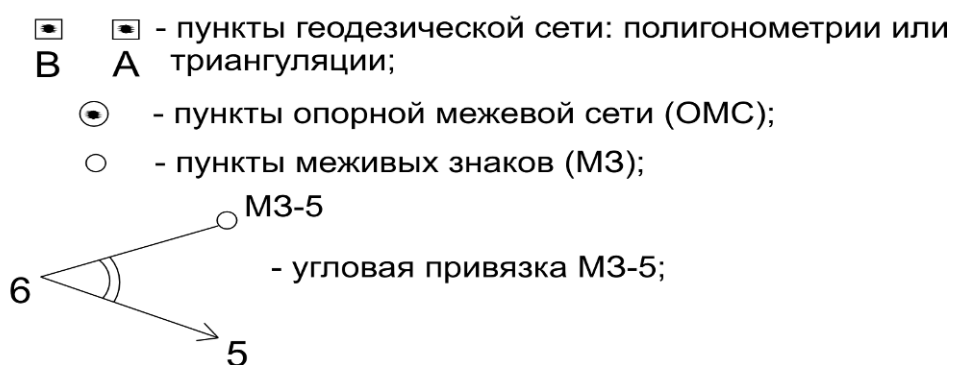


Рис.57

Подрисовочные надписи



В настоящее время, в связи с бурным развитием спутниковых систем GPS (Global Position System), ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система), координаты любых точек определяются автоматически с помощью специальных приемников. В результате чего работы по межеванию и другие топографические измерения значительно ускоряются.

Для контроля угловых измерений при привязке межевых знаков к опорной геодезической сети (**в учебных целях**) производится вычисление внутренних углов в замкнутом контуре (полигоне) земельного участка, а затем и суммы всех углов полигона (рис. 58).

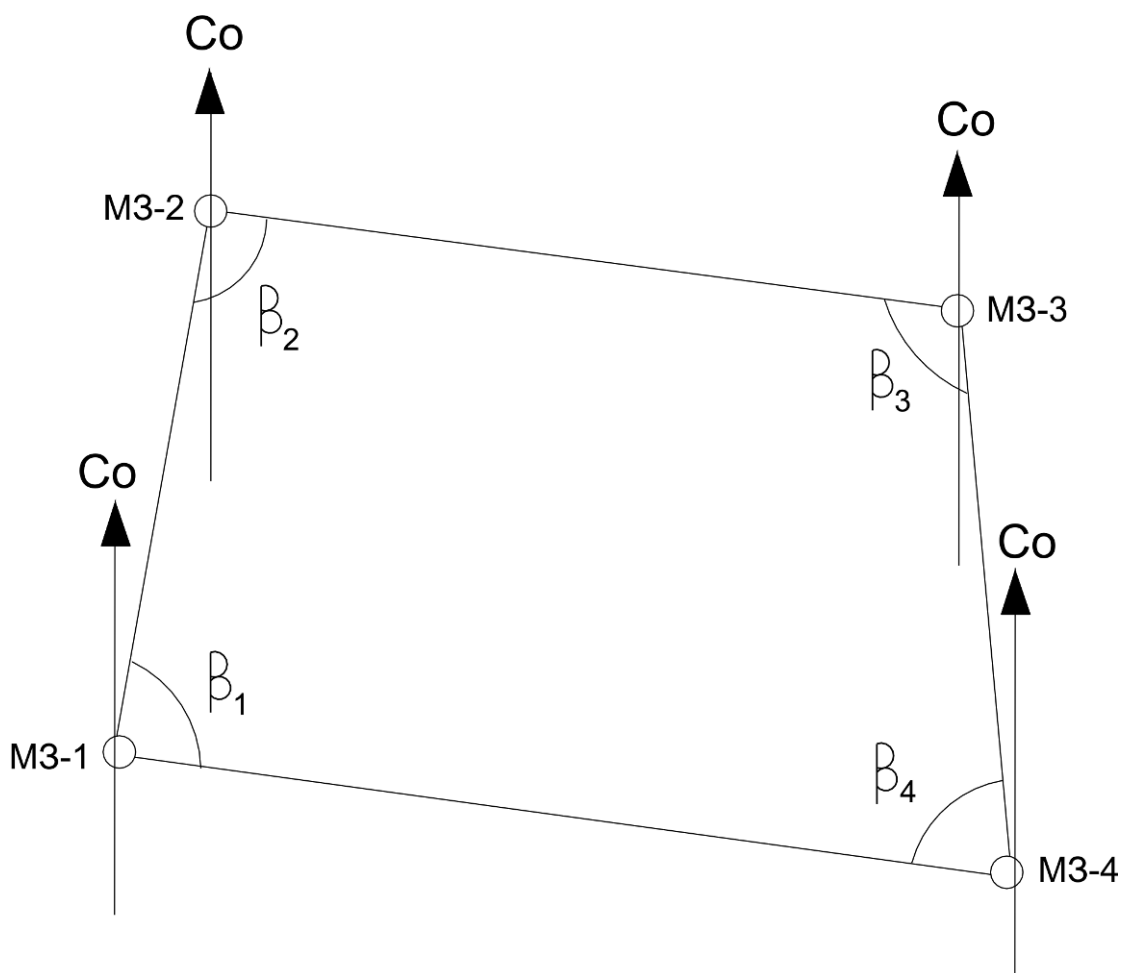


Рис.58

Внутренний угол (β) на каждой точке (МЗ) вычисляется как разность дирекционных углов линий, исходящих из данной точки. Например, угол β_2 (рис. 59) равен

$$\beta_2 = \alpha_{M3-2-M3-1} - \alpha_{M3-2-M3-3} \quad 145$$

Для упрощения обозначений в индексах (11), запишем значение β_2 в таком виде

$$\beta_2 = \alpha_{2-1} - \alpha_{2-3} \quad 145a$$

Так будут вычисляться углы β на всех межевых знаках.

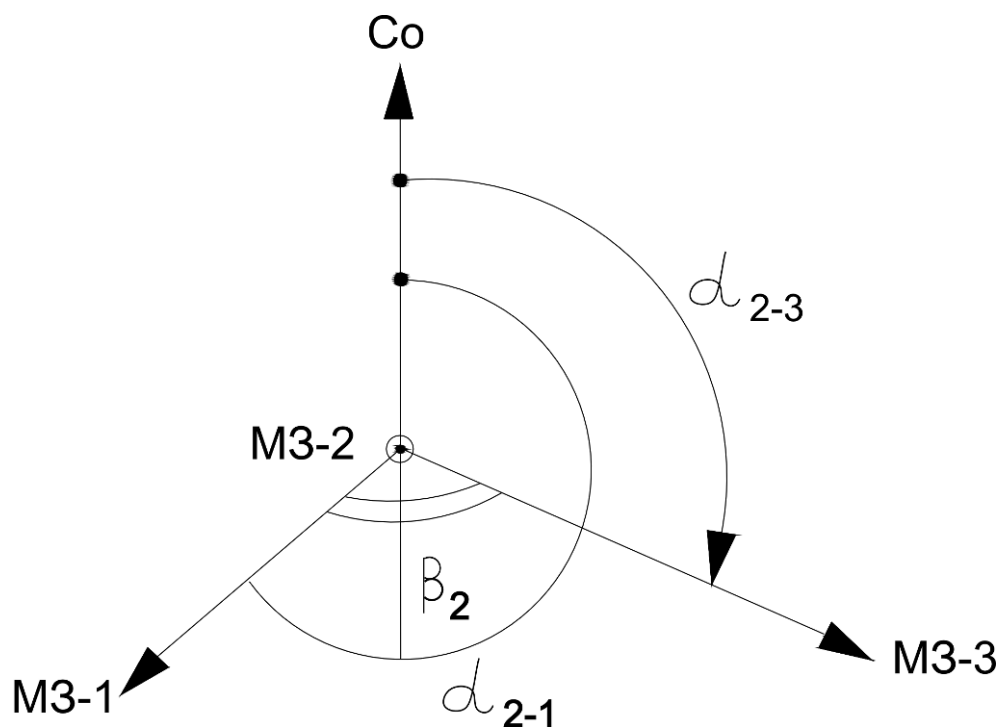


Рис.59

Таким образом, чтобы вычислить углы β_1 , β_2 , β_3 и β_4 необходимо знать дирекционные углы всех сторон – границы земельного участка, а для этого (**в учебном примере**) надо решить четыре обратных геодезических задачи по данным табл. 5.

Пример решения обратной геодезической задачи приведен в табл. 6.

**Решение обратной геодезической задачи
для вычисления $\alpha_{M3-2-M3-3}$ и $d_{M3-2-M3-3}$
(формуляр)**

Таблица 6

№ действий	Обозначения, формулы	Значения	
1	Y_3	321302,66	
3	Y_2	316661,33	
5	$\Delta Y = Y_3 - Y_2$	+4641,33	
10	$\sin \alpha_{2-3}$	0,998777	
12	$d_{2-3} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{2-3}}$	4647,03	
2	X_3	6080125,76	
4	X_2	6080355,83	
6	$\Delta X_{2-3} = X_3 - X_2$	-230,07	
11	$\cos \alpha_{2-3}$	0,049509	
13	$d_{2-3} = \frac{\Delta X_{2-3}}{\cos \alpha_{2-3}}$	4647,03	
7	$\tan \alpha_{2-3} = \frac{\Delta Y_{2-3}}{\Delta X_{2-3}}$	20,173555	
8	R(румб)	87°,16218	87°09'47"

9	α_{2-3}	102°,83694	102°50'13"
14	d_{cp}	4647,03	

После решения обратной геодезической задачи по определению α линии МЗ-1 – МЗ-2 было получено

$$\alpha_{1-2}=16^{\circ}15'45''$$

В формуле (145) должно быть значение α_{2-1} , т.е. обратный дирекционный угол линии 1-2, тогда

$$\alpha_{2-1}=16^{\circ}15'45''+180^{\circ}=196^{\circ}15'45''$$

Подставляя в формулу 145 значения вычисленных дирекционных углов, получим

$$\beta_2=196^{\circ}15'45''-102^{\circ}50'13''=93^{\circ}25'32''$$

Вычислив по аналогичной схеме остальные углы β , находят их сумму, т.е. сумму практическую ($\Sigma\beta_{pr}$). Вычисляют теоретическую сумму ($\Sigma\beta_{теор}$) углов по формуле

$$\Sigma\beta_{теор}=180^{\circ}(n-2) \quad 146$$

где n – количество углов в полигоне.

Находят фактическую угловую невязку (f_{β}) в полигоне

$$f_{\beta}=\Sigma\beta_{pr}-\Sigma\beta_{теор} \quad 147$$

Вычисляют допустимую угловую невязку ($f_{\beta доп}$)

$$f_{\beta доп}=1'\sqrt{n} \quad 148$$

Если это условие не соблюдается, значит имеется ошибка в углах и полевые измерения необходимо повторить.

Вычислив координаты межевых знаков, определяют площадь земельного участка аналитическим способом, по координатам

$$2S=\Sigma x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) \quad 149$$

$$2S=\Sigma y_i (x_{i-1} - x_{i+1}) \quad 150$$

Расчеты ведут в таблице 7.

Таблица 7

№ точек	Координаты (м)		$y_{i+1} - y_{i-1}$	$x_{i-1} - x_{i+1}$	$x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$	$y_i (x_{i-1} - x_{i+1})$
	x	y				
1						
2						
3						

.....	2S=		
.....	S=		

Полученную площадь переводят в гектары (га), т.е. сумму (S) делят на 10000 м², оставляя три знака после запятой.

На практике площадь земельного участка вычисляют на компьютере по специальной программе за очень короткое время.

Точность определения площади этим методом составляет 1:2000, самая высокая среди других методов измерения площадей.

Завершается работа по подготовке геодезических данных для формирования межевого дела составлением таблицы «геоданных» (табл. 8) и построением плана (карты) земельного участка.

Таблица 8 заполняется данными, взятыми из таблиц после решения четырех обратных геодезических задач.

Таблица 8

Номер межевого знака	Румб	Длина
МЗ-1		
	СВ 16°09'	6148,49
МЗ-2		
	ЮВ 87°10'	4647,03
МЗ-3		
	ЮВ 1°18'	6618,94
МЗ-4		
	СВ 81°45'	6570,95
МЗ-1		

Карта земельного участка строится на формате А-4 в масштабе 1:50000 в такой последовательности:

1. Строится прямоугольник размером 16х18 см, стороны которого разбиваются на 2-х см отрезки, образуя сетку квадратов 2х2 см. Такая сетка называется километровой, так как при масштабе 1:50000 (в одном см 500 м) в двух сантиметрах карты на местности будет соответствовать одному километру.
2. Подписывают координатную сетку по осям X и Y, руководствуясь табл. 1, т.е. находят $X_{\min}$ – 6073508,55 (МЗ-4), округляют значение $X_{\min}$ в меньшую сторону, кратную километру, получая $X_0=6073$ км. Аналогично находят $Y_0=314$ км, т.е. координаты Юго-западного угла карты. Подписывают координаты юго-западного угла карты и линии километровой сетки, увеличивая значения по осям на 1 км.

3. Наносят по координатам точки межевых знаков (табл.6) и осуществляют контроль правильности нанесения. Измеряют расстояние между ближайшими точками (МЗ-1 и МЗ-2) в масштабе карты и сравнивают его со значением между этими же точками по табл. 8; расхождение не должно превышать 25 метров (половина миллиметра в масштабе карты).
4. На сторонах линии (в середине) записывают в числителе румб линии, в знаменателе – длину линии.
5. С учебной карты М 1:50000 переносят на карту земельного участка: гидрографию, дорожную сеть и населенные пункты с Крюково, Васильевка, а также пункты триангуляции.

Ознакомившись со специальной частью настоящего методического пособия, студенты выполняют расчетно-графическую работу (РГР), используя исходные данные, которые индивидуализируются по вариантам.

Образец выполнения расчетно-графической работы приведен в Приложении 5.

Литература

Основная:

1. Курошев Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография. – М.: Изд-во Академия, 2009. – 176 с.
2. Курошев Г.Д. Топография. – М.: Изд-во Академия, 2011. – 192 с.
3. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии. – М.: Академический проект, 2013.

Дополнительная:

4. Елисеев А.А. Геодезия и картография. Краткий курс лекций. Учебное пособие. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2005 – 130 с.
5. Елисеев А.А. Практикум по геодезии и топографии: Учебно-методическое пособие. – 2-е изд., доп. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2008. – 155 с.
6. Комов Н.В., Аратский Д.Б. Методология управления земельными ресурсами на региональном уровне. Нижний Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии государственной службы, 2000 – 246 с.
7. Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства. Федеральная служба земельного кадастра России. М. 2003 – 13 с.
8. Практикум по геодезии / Под ред. Г.Г. Подклада. – М.: Академический проект, 2012, ч.2. – 488 с.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет международных отношений
Департамент географии и геоинформатики

Работа с топографической картой
(Расчётно-графическая работа)

Выполнил студент

(Группа, специальность)

(Ф.И.О.)

Проверил:

(Ф.И.О. преподавателя)

Ставрополь 20__ г.

Цель и задачи работы

Цель: научить студентов работать с топографической картой и решать по ней наиболее распространенные задачи.

Задача: освоить масштабы карт, определение координат точек, построение профиля местности.

Порядок выполнения РГР:

1. Построить линейный и поперечный масштабы (рис. 1, 2); с помощью этих масштабов измерить длины отрезков (табл. 1); показать зависимость между наклонной длиной линии на местности и проекцией (рис. 3).
2. Изучить условные знаки и вычертить 16-18 их наименований (рис. 4).
3. Определить географические и прямоугольные координаты точек А и В, обозначенных на карте, результаты измерений записать в табл. 2.
4. Замерить по карте элементы ориентирования линии АВ; результаты записать в табл. 3. Решить обратную геодезическую задачу по прямоугольным координатам (табл. 4) и сравнить значения α_{AB} и d_{AB} со значениями табл. 3.
5. Решить прямую геодезическую задачу (табл. 7, рис. 10), определить координаты точки С относительно координаты точки А.
6. Построить фрагмент карты: нанести на карту по координатам точки А, В, С (рис. 15).
7. Построить профиль местности по линии АВ (рис. 9).
8. Измерить площади контуров различными способами (рис. 11, табл. *).
9. Определить номенклатуру карты (рис. 13, 14).

СКР:

1. Определить аналитическим способом отметку характерной точки рельефа. Вычислить превышение между двумя точками, уклон, угол наклона (рис. 7, 8, табл. 6).
2. Нанести на карту точки А, В, С по прямоугольным координатам (рис. 15).

Масштабы:

- 1) Численный масштаб М 1:10000 (в 1см – 100м.)
 2) Линейный масштаб М 1: 25000 (в 1см – 250м.)



рис.1.

- 3) Поперечный масштаб М 1:50000 (в 1см – 500м.)

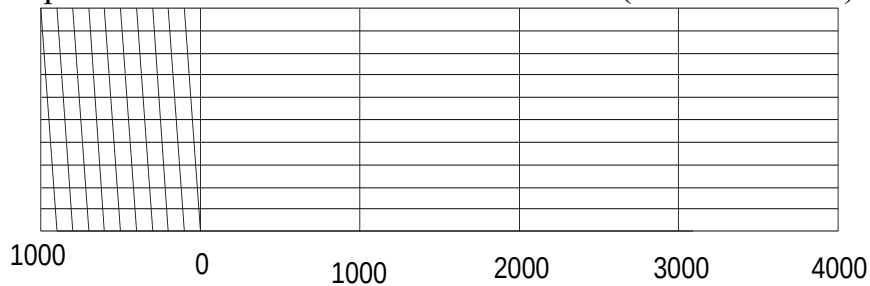


рис.2.

- 4) Измерение длин отрезков

таблица №1

Изображение отрезка	Длина отрезка (в масштабах)		
	Численном м	Линейном м	Поперечном м
	199	475	940
	265	680	1345
	150	385	780

- 5) Линия на местности, закреплённая точками А и В.

Элементы линии: D – наклонная длина, d – проекция (проложение), n - угол наклона местности к горизонту, H_A, H_B – высоты точек над уровнем Балтийского моря, U₀ – уровенная поверхность.

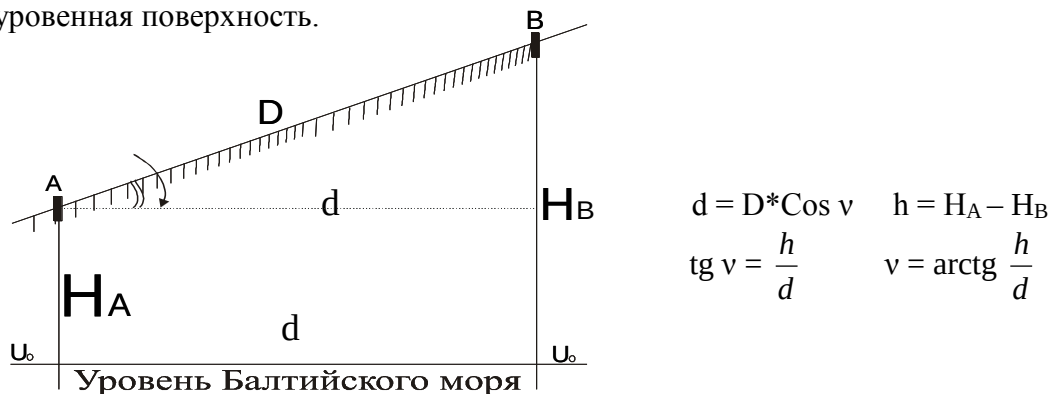


рис. 3.

Условные знаки:

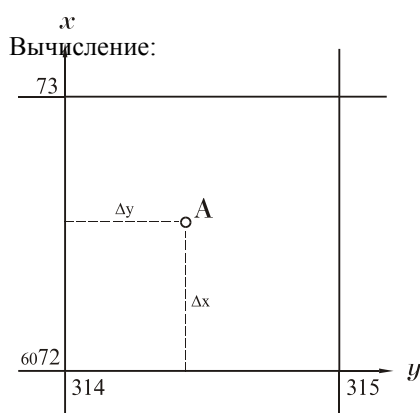
	- Жилые и нежилые строения
	- Отдельно расположенные дворы
	- Кварталы с преобладанием огнестойких строений
	- Заводские и фабричные трубы
	- Памятники, монументы, братские могилы
	- Церкви
	- Ветряные мельницы
	- Часовни
	- Линии связи
	- Двухпутные железные дороги
	- Станции
	- Путьевые посты, разгрузочно-погрузочные площадки
	- Грунтовые дороги
	- Полевые и лесные дороги

рис. 4.

Определение координат точек А и В.

Таблица №2

Название точек	Географические координаты		Прямоугольные координаты	
	φ	Λ	X (м)	Y (м)
А (134.0)	54°44′23″	18°07′05″	6072152,5	314442,5
В (170.1)	54°43′12″	18°05′29″	6070016,25	312612,5



$$\begin{aligned}
 1) \quad \Delta X &= 0,61 \cdot 250 = 152,5 \text{ м} \\
 \Delta Y &= 1,77 \cdot 250 = 442,5 \text{ м} \\
 X &= 6072000 + \Delta X = 6072152,5 \text{ м} \\
 Y &= 314000 + \Delta Y = 314442,5 \text{ м}
 \end{aligned}$$

Рис. 5

Элементы ориентирования линии АВ

Таблица 3

Название линии	Расстояние между точками d (м)	Дирекционный угол (α)	Истинный азимут (A)	Склонение магнитной стрелки (δ)	Сближение меридианов (γ)	Магнитный азимут (A _м)
АВ	2812,5	220°	217°36'	6°12'	-2°24'	211°24'

Обратная геодезическая задача:

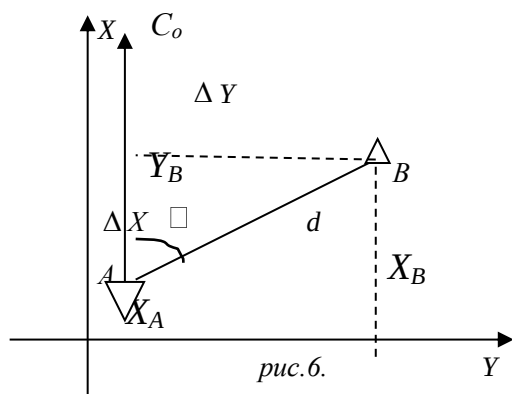
Дано: $\Delta Y = Y_B - Y_A$ $\Delta X = X_B - X_A$

$X_A Y_A$

$X_B Y_B$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

Найти: $\square\square$, d



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad d = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}$$

Сравнение табл.5

методы	Значения	D м	Относит. ошибка
графическ.	220°	2812,5	$\frac{0,2}{2812} = \frac{1}{5600} < \frac{1}{100}$
аналитич.	220°35'	2812,71	
расхожд.	0°35'	0,2	

Решение обратной геодезической задачи:

таблица 4

№ действ.	Обозначения, ф-лы.	Значения	
1	Y_B	312612 м	
3	Y_A	314442 м	
5	$\Delta Y = Y_B - Y_A$	-1830,0 м	
10	$\sin \alpha$	0,65062	
12	$d_{AB} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}$	2812,71 м	
2	X_B	6070016 м	
4	X_A	6072152 м	
6	$\Delta X = X_B - X_A$	-2136,0 м	
11	$\cos \alpha$	0,75941 м	
13	$d_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}$	2812,71 м	
7	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$	0,85674	
8	r	40°,59	40°35'24"
9	α_{AB}	220° 35' 24"	
14	$\alpha_{ср}$	2812,71 м	

Таблица элементов по линии АВ

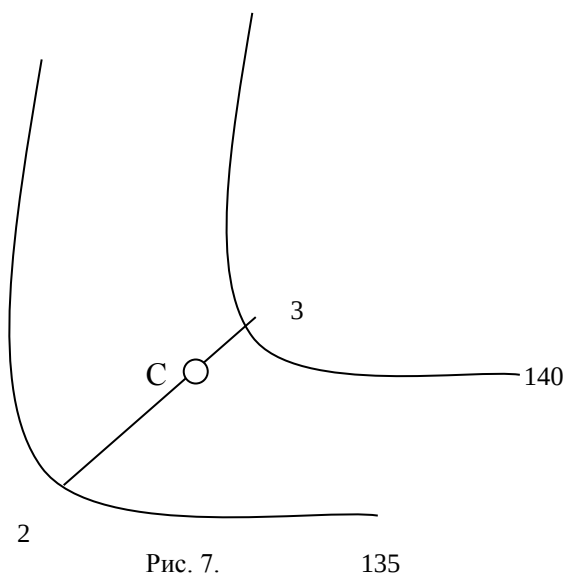
Таблица 6

№ точек	Отметки точек (H) м	Превышение (h ₀) м	Заложение (d ₀) м	Уклон (I)	Угол наклона (v) 0 '□□□□□ "	Наклонная длина (D) м
1	134.0					
		+1	25	+0.04	+2°17'	25.01
2	135.0					
		+5	75	+0.07	+4°00'	75.17
3	140.0					
		0	170	0	0°	170
4	140.0					
		-5	107.5	-0.05	-2°40'	107.62
5	135.0					
		-5	60	-0.08	-4°45'	60.2
6	130.0					

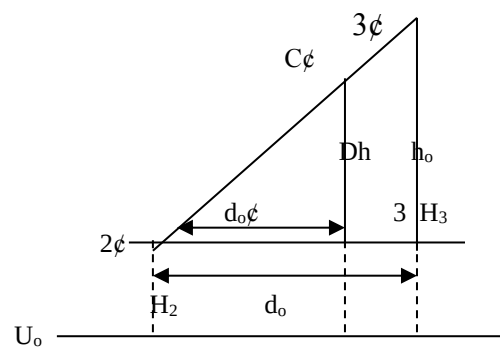
$$h_0 = H_2 - H_1; \quad H_3 - H_2 \dots$$

Определение отметки точки С аналитическим способом:

План



Разрез:



$$h_0 = H_3 - H_2 \quad H_c = H_2 + Dh$$

Из подобия треугольников:

$$\frac{\Delta h}{h_0} = \frac{d_0}{d_0} \quad \Delta h = \frac{d'_0}{d_0} * h_0$$

Профиль местности по линии АВ

M_Г 1:25000

M_В 1:1000

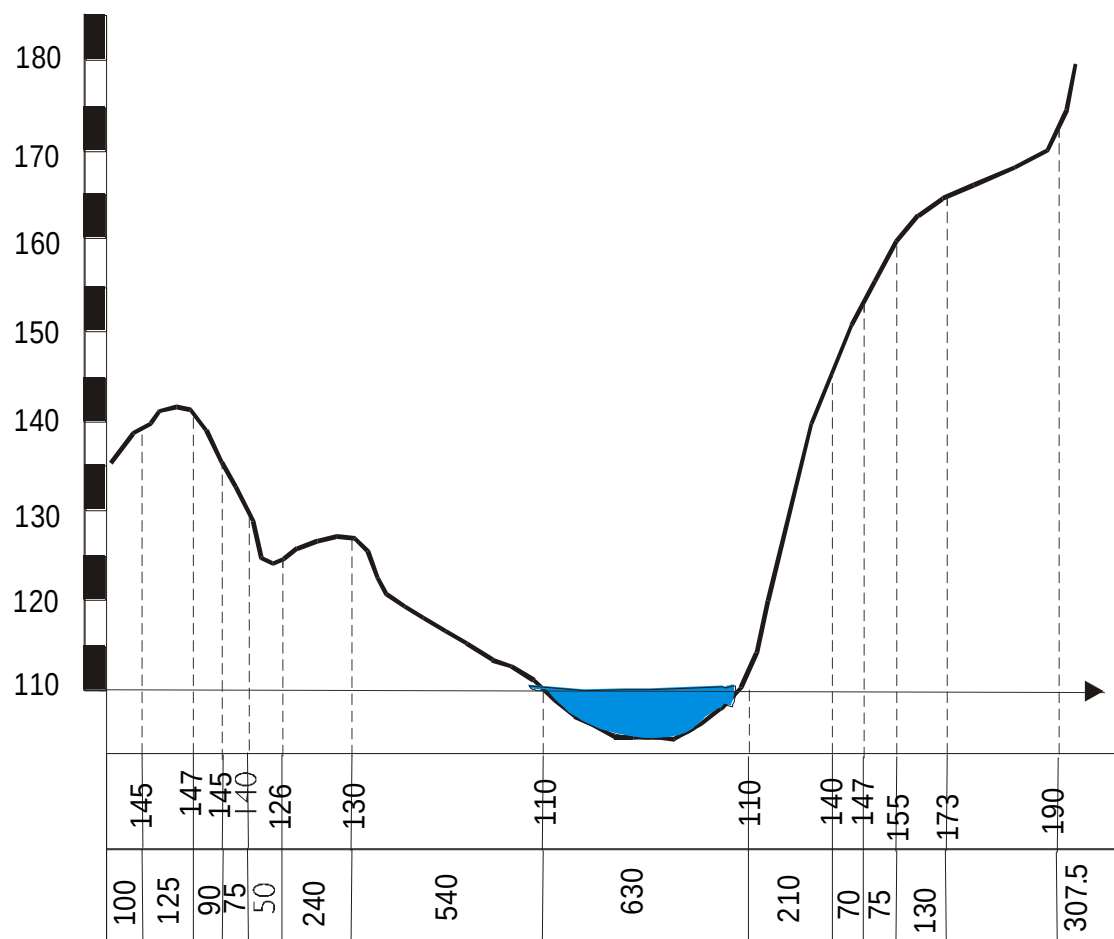
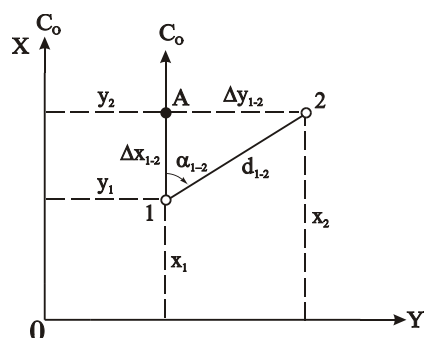


Рис. 9.

Прямая геодезическая задача:



Дано: $X_1; Y_1; d_{1-2}; \alpha_{1-2}$.

Найти: X_2 и Y_2

Из прямоугольного треугольника 1A2:

$$\Delta X_{1-2} = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}$$

$$\Delta Y_{1-2} = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2}$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2}$$

Рис.10.

Для решения задачи принять: X_A, Y_A из таблицы №2; $\alpha_{AC} = \alpha_{AB} + 10^0$;

α_{AB} и

$d_{AB} = d_{AC}$ - принять из таблицы №4.

Вычисление координат

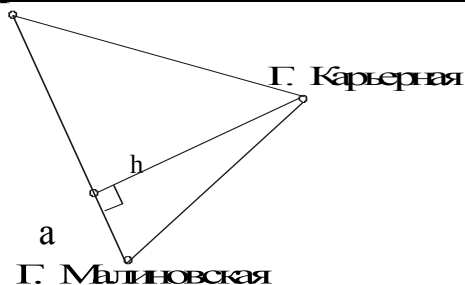
Таблица 7.

№	Горизонтальное проложение (d) м	Дирекционный угол (α) 0' "	Приращения координат		Координаты точек	
			ΔX	ΔY	X	Y
A					6072152,5	314442,5
	2812.17	230°35'24"	-1785,69	-2173,16	6070368,81	312269,39
C						

Определение площади по карте М 1:25000

А) Геометрической фигуры

Г. Дубровина



$$S = 0.5 \cdot a \cdot h$$

$$h = 11 \text{ cm} \cdot 250 = 2750 \text{ m}$$

$$a = 19.3 \cdot 250 = 4825 \text{ m}$$

$$S = 0.5 \cdot 4825 \cdot 2750 = 6634375 \text{ кв. м}$$

Рис. 11.

Б) Лесного массива с помощью палетки размером 0,5 x 0,5 см.

Таблица 8

Положение палетки	Площадь ячейки (S_0) кв.м	Кол-во полных квадратов (N)	Кол-во неполных квадратов (n)	Общее количество квадратов	Общая площадь. $S=S_0 \square (N+n/2)$ м ²	Расхождение
1	15625	84	40	104	1625000 кв.м	Абс.:15625 Относит.: $15625/1609375=1/104$ $F=1/100$ $1/100 \times 1/50$
2	15625	83	40	103	1609375 кв.м	

Разграфка и номенклатура карт.

Определить номенклатуру листа карты масштаба 1:25 000, на которой находится пункт триангуляции (9) с координатами: $\varphi=54^{\circ} 18' 35''$, $\lambda=38^{\circ} 55' 30''$.

Порядок работы.

1. Определяем широту ближайшей параллели севернее пункта триангуляции, кратную 4° (Это будет 56°).
2. Вычисляем номер ряда, в котором расположен пункт: $56^{\circ}/4^{\circ}=14$ -й ряд. Этому ряду соответствует буква латинского алфавита – N.
3. Определяем долготу ближайшего меридиана, проходящего восточнее пункта, кратную 6° (Это будет 42°).
4. Вычисляем номер колонны, в которой находится пункт:
 $(42^{\circ}+180^{\circ}) / 6 = 37$
5. Запишем номенклатуру листа карты масштаба 1:1 000 000, в которой находится пункт:

N-37

6. Выполнить рисунок трапеции, в которой находится пункт триангуляции (рис. 13а) и подписать меридианы и параллели. Определение номенклатуры листов карт более крупных масштабов получают следующим обр.

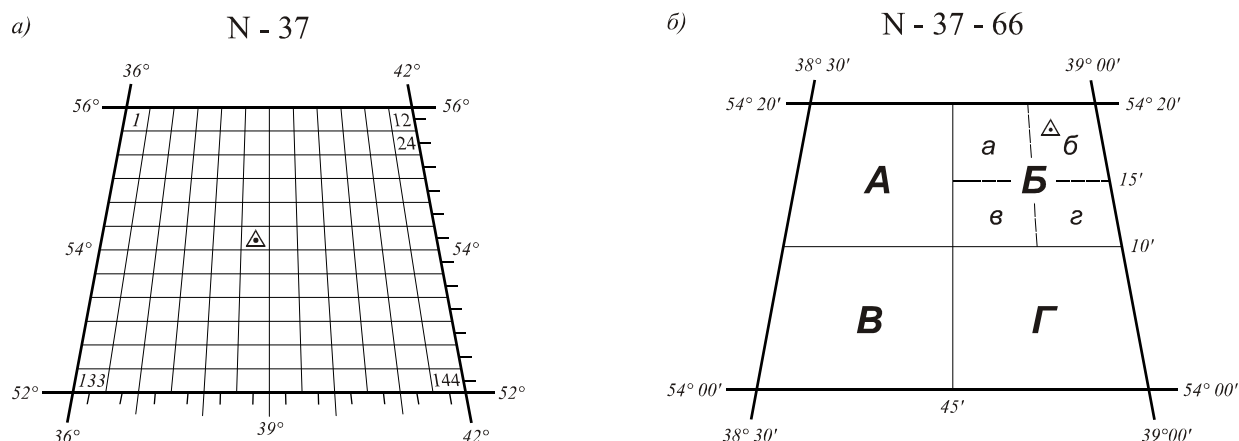


Рис. 13

- 1) Лист карты масштаба 1 : 1000000 делится на 144 части листа (12 x 12). После деления каждый такой лист обозначается цифрами от 1 до 144, и имеет размеры $6^{\circ} : 12 = 30^{\circ}$, $4^{\circ} : 12 = 20^{\circ}$, то есть $30^{\circ} \times 20^{\circ}$. Масштаб такого листа карты будет 1 : 100000, а номенклатура N – 37 – 66.
- 2) Лист карты масштаба 1 : 100000 делится на 4 части (2 x 2), каждая часть (рис. 13 б) обозначается буквами А, Б, В и Г, $30^{\circ} : 2 = 15^{\circ}$, $20^{\circ} : 2 = 10^{\circ}$. После деления каждый такой лист имеет размеры $15^{\circ} \times 10^{\circ}$. Масштаб такого листа будет 1:50000, а номенклатура N – 37 – 66-Б. (рис. 13 б)
- 3) Лист карты масштаба 1:50000 делится на 4 части (2 x 2), то есть $15^{\circ} : 2 = 7^{\circ}30^{\circ}$ $10^{\circ} : 2 = 5^{\circ}$, каждая часть получает размеры: $7^{\circ}30^{\circ}$ х 5° . Каждый такой лист обозначается буквами а, б, в и г. Масштаб будет 1:25000. Номенклатура такого листа запишется: N – 37 – 66 – Б - б.
- 4) Лист карты масштаба 1:25000 делится на 4 части (2 x 2), т.е. $7^{\circ}30^{\circ} : 2 = 3^{\circ}45^{\circ}$ $5^{\circ} : 2 = 2^{\circ}30^{\circ}$, каждая часть будет иметь размеры $3^{\circ}45^{\circ}$ х $2^{\circ}30^{\circ}$, а листы обозначаются цифрами 1,2,3 и 4. Масштаб будет 1:10000, а номенклатура запишется: N – 37 – 66-Б – б – 2.

Подписать меридианы и параллели для листа М 1:25000, например номенклатуры N – 37 – 66 - Б – б. (рис. 14)

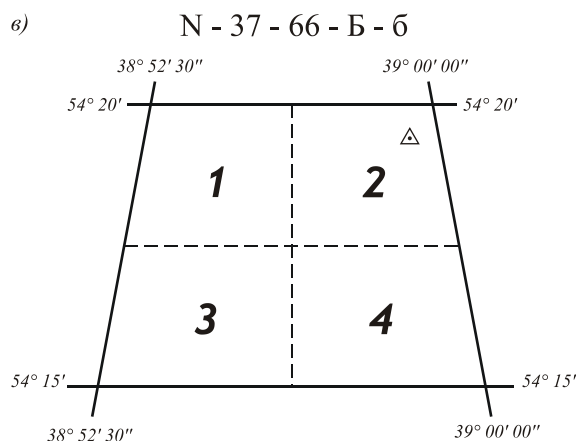
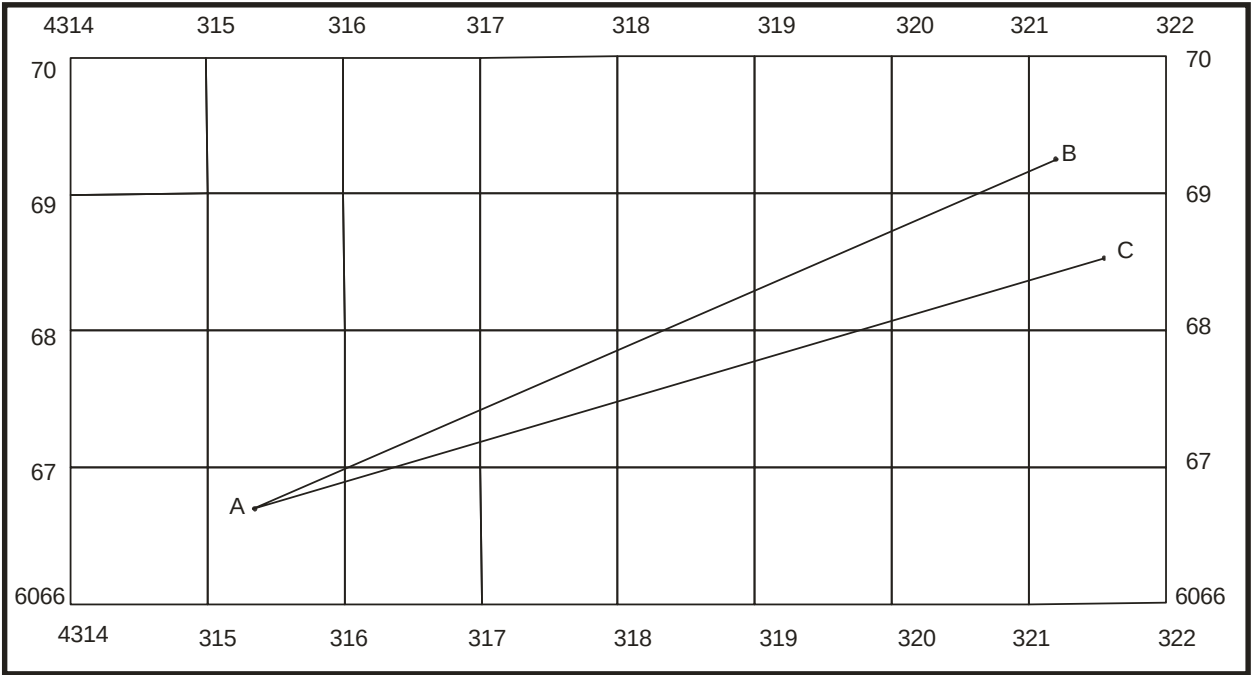


Рис.14

Выполняя эту завершающую часть расчетно-графической работы студенты делают рисунки трапеции по каждому последующему масштабу. Они самостоятельно определяют номенклатуру листа карты масштаба 1:10 000 и указывают треугольником (Δ) положение пункта триангуляции на этом листе.

ФРАГМЕНТ КАРТЫ У-34-37-В (снoв)



МАСШТАБ 1:50000

Таблица 9

Точка	Координаты	
	X	Y
A	6066700	4315350
B	6069250	4321200
C	6068525	4321550

Рис 15

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет международных отношений
Департамент географии и геоинформатики

**Обработка материалов топографической съемки
и составление топографического плана
(Расчетно-графическая работа)**

Выполнил:

Проверил:

Ставрополь 20__ г.

Цель и задачи работы

Цель работы: научиться обрабатывать полевые материалы теодолитно-тахеометрической съемки и на их основе составлять топографический план.

Задачи:

1. Произвести вычисление координат и высот точек теодолитного хода.
2. Произвести вычисление отметок реечных точек.
3. Построить план земельного участка

Порядок выполнения РГР:

1. Произвести угловую и линейную увязку теодолитного хода (табл. 3).
2. Вычислить координаты точек (табл. 3).
3. Вычислить отметки точек (табл. 2).
4. Обработать журнал тахеометрической съемки и вычислить отметки реечных точек (табл. 4).
5. Построить в масштабе 1: 1000 «Топографический план местности» (рис. 2) в соответствии с требованиями.

СКР:

1. Обработать журнал геометрического нивелирования (табл. 2)
2. Проинтерполировать отметки реечных точек и провести горизонтали рельефа местности (рис. 2).

Таблица 1

Исходные данные

№ точек	Измеренные углы β			Дирекционные углы α			Гориз. пролож. d (м)	Координаты (м)		№ точек
	°	'	"	°	'	"		X (м)	Y (м)	
1	66	02	0	353	45	0	99,32	4146,81	3111,45	1
2	51	48	0				102,62			2
3	62	08	30				88,32			3

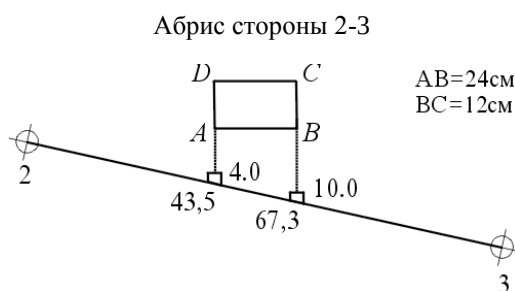


Рис. 1.

Таблица 2

Геометрическое нивелирование точек теодолитного хода

Журнал геометрического нивелирования и вычисления отметок

Номера Станций	№ Точек	Отсчеты по рейкам (мм)		Превышение h_i (мм)	Среднее превышение h_{cp} (мм)	Абсолютная отметка H (м)
		задний a	Передний b			
1	1	225 4924		-140	+5 140	81,656
	2		365 5063	-139		
2	2	3868 8570		3243	+5 3244	
	3		625 5325	3245		
3	3	788 5488		-3120	+6 -3120	
	1		3908 8608	-3120		81,656

$$f_n = \sum h_{cp} = -16 \text{ мм} \quad f = \sum h_c \approx 0 = -16 \text{ мм} \quad f_{\text{доп}} = 50\sqrt{L}, \quad L = 0,29 \text{ км} \quad f_{\text{доп}} = \pm 50\sqrt{0,29} = \pm 27 \text{ мм}$$

Журнал тахеометрической съемки

«__» _____ 200__ г. № станции 3

Отметка станции 84,75 (м), высота инструмента 1,48 (м).

Лимб ориентирован на ст. 1 при КЛ. Место нуля – 0°03"

Таблица 4

№ точек название	Высота визирования (I) м	Расстояние по нитяному дальномеру (Cn)	Отсчет по ГК		Отсчет по ВК		Угол наклона ν		Горизонтальное проложение d (м)	Превышение h_i (м)	Отметка точек (H) м
			°	'	°	'	°	'			
1	1,48	38	318	45	-0	15	-0	12	38,0	-0,14	84,61
2	-	55	350	17	-1	21	-1	18	55,0	-1,25	83,50
3	-	79	29	16	-3	38	-3	35	78,7	-4,95	79,80
4	-	48	31	8	-3	7	-3	4	47,8	-2,57	82,18
5	-	25	30	0	-2	41	-2	38	24,9	-1,15	83,6
6 заб.	-	17,5	122	30	1	5	1	8	17,5	0,35	85,10
7 угол	-	34,5	78	4	-0	27	-0	24	34,5	-0,24	84,50
8 заб.	-	46,5	134	32	2	6	2	9	46,4	1,75	86,5

Станция 2. Отметка станции 81,51 (м),
 высота инструмента (i) 1,56 (м).
 Место нуля (M0) -0°03". Лимб ориентирован на ст. 1 при КЛ.

9 заб.	-	35,5	304	50	2	29	2	32	35,4	1,57	83,08
10 кол.	3,0	58,5	279	44	5	03	5	06	58,0	3,79	85,30
11 заб.	-	41,5	262	25	4	06	4	09	41,3	3,02	84,53

$$d = C \cdot n \cdot \cos^2 v; h = \frac{1}{2} C_n \cdot \sin 2v + i - l$$

$$H_1 = H_3 + h_1 \dots \quad H_9 = H_2 + h_9 \dots$$

Ведомость вычисления координат
точек теодолитного хода

Измеренные углы (β _{изм})				Измеренные углы (β _{испр})				Дирекционные углы (α)			Румбы r			Горизонтальные проложения α		Вычисленные приращения			Исправленные приращения		Координаты (м)		№ Точек
°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	Название	°	'	"	(м)	ΔX	ΔY	ΔX'	ΔY'	X	Y	
66	2	30	66	2	30																4146,81	3111,45	1
51	48	30	51	48	30	353	45	0	СЗ	6	15	0	99,32	98,73	-10,81	3	98,73	-10,78	98,73	-10,78	4245,54	3100,67	2
62	8	30	62	9	0	121	56	30	ЮВ	58	3	30	102,62	-54,29	87,06	3	-54,29	87,06	-54,29	87,09	4191,25	3187,76	3
			66	2	30	239	47	30	ЮЗ	59	17	30	88,32	-44,44	-76,33	2	-44,44	-76,33	-44,44	-76,31	4146,81	3111,45	1
						353	45	0	СЗ	6	15	0											

130

$$\Sigma \beta_{np} = 179^{\circ} 58' 30''$$

$$\Sigma \beta_{испр} = 180^{\circ} 00' 00''$$

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{np} - \Sigma \beta_{испр} = -1^{\circ} 30''$$

$$f_{\beta_{доп}} = \pm 1' \sqrt{3} = \pm 1' 44''$$

$$f_{\beta} < f_{\beta_{доп}}$$

$$\Delta f_{\beta} = - \frac{f_{\beta}}{n}$$

$$P = \Sigma d_i = 290,26 \text{ м}$$

$$\Sigma + \Delta X = 98,73 \qquad \Sigma + \Delta Y = 87,06$$

$$\Sigma - \Delta X = 98,73 \qquad \Sigma - \Delta Y = 87,14$$

$$fx = 0 \qquad fy = -0,08$$

$$f_{a6c} = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm \sqrt{0^2 + 0,08^2} = \pm 0,08$$

$$f_{ому} = - \frac{f_{a6}}{P} \leq \frac{1}{2000}$$

$$f_{ому} = \frac{0,08}{290,26} \leq \frac{1}{3600}$$

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН

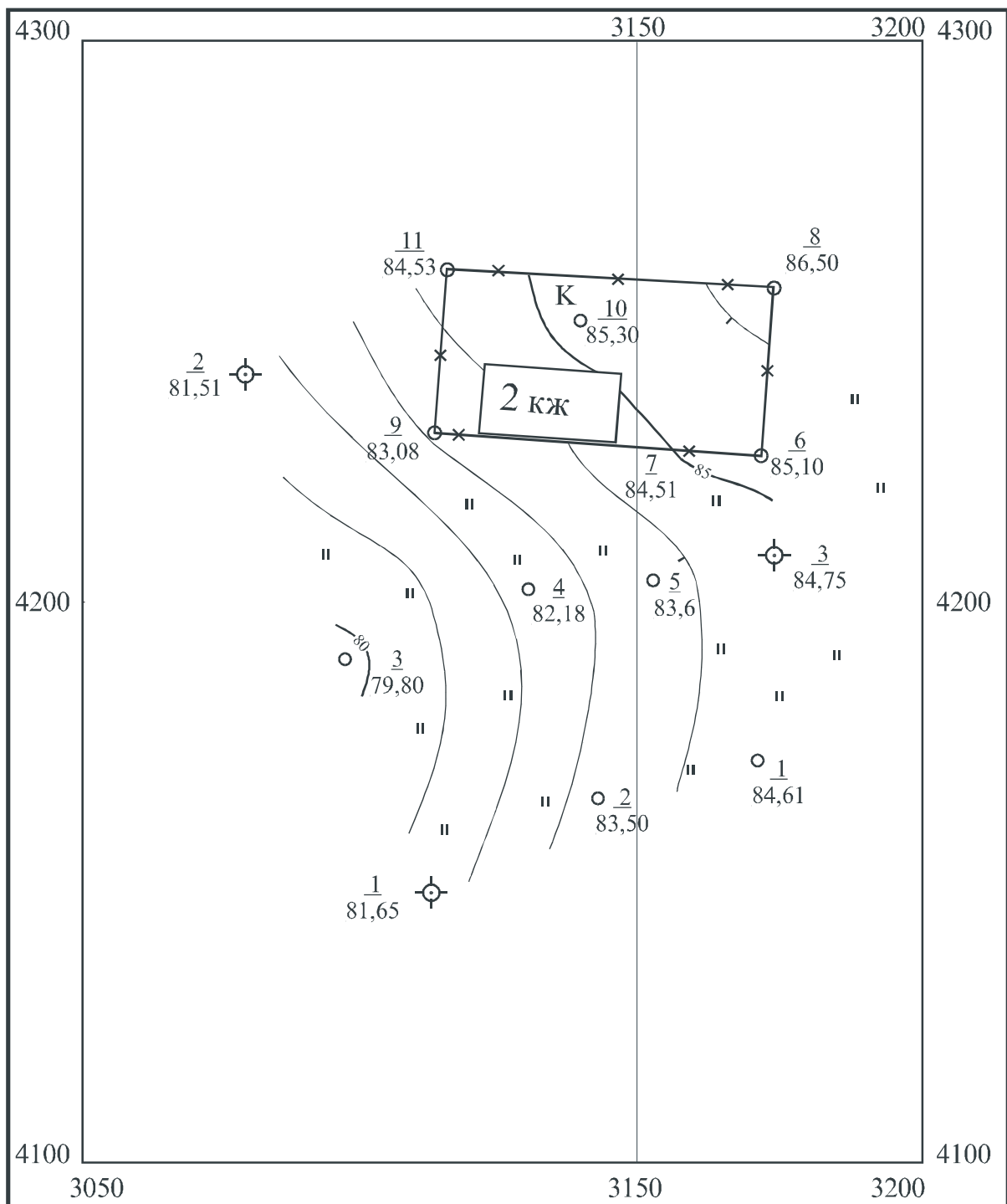


Рис. 2.
 М1:1000 в одном сантиметре 10м
 Сплошные горизонталы проведены через 1м.

Приложение 3

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет международных отношений
Департамент географии и геоинформатики

**Обработка материалов нивелирования по квадратам и расчеты
по вертикальной планировке**
(Расчётно-графическая работа)

Выполнил студент

Проверил преподаватель

Ставрополь 20__ г.
Цель и задачи работы

Цель: научить студентов обрабатывать материалы нивелирования по квадратам.

Задачи:

1. Построить крупномасштабный топографический план.
2. Решить инженерно-геодезическую задачу по вертикальной планировке земельного участка.

Порядок выполнения РГР:

1. Составить схему нивелирования участка земли по квадратам 20х20м (рис. 1), записать отсчёты по чёрной стороне рейки в каждой вершине квадрата, указать стрелками направление понижения рельефа (кроки).
2. Вычислить отметки вершин квадратов через горизонт инструмента (рис. 2).
3. Построить в масштабе 1:500 сетку квадратов и записать около каждый вершины отметку её, округлённую до сантиметра (рис.3).
4. Выполнить интерполирование аналитическим способом по четырём сторонам и *одной* диагонали (исходя из кроки) каждого квадрата. Горизонтالي провести через 0.5м в карандаше.
5. Горизонтали провести коричневой тушью.
6. Вычислить проектную отметку площадки (табл. 1).
7. Вычислить рабочие отметки в каждой вершине квадрата.
8. Составить «Картограмму земляных работ» (рис. 4), для чего: построить в масштабе 1:500 сетку квадратов; около каждой вершины записать рабочие отметки; вычислить расстояния (табл. 2) до точек нулевых работ (рис. 6), нанести точки на план, а расстояния до них от вершин квадратов записать на сторонах квадратов; провести линию нулевых работ.
9. Составить «Таблицу баланса земляных работ» (табл. 3). Вычисленные объёмы насыпей и выемок по каждому квадрату (рис. 7) записать на «Картограмме земляных работ» в соответствующем квадрате.

Оформление работы

1. Топографический план (рис. 3) оформляется чёрной тушью. Горизонтали рельефа проводятся коричневой тушью.
2. Картограмма земляных работ (рис. 5) оформляется чёрной тушью. Участки «выемок» выделяются красным цветом; участки «насыпи» выделяются синим цветом. Расстояния до точек нулевых работ записываются синей тушью по сторонам квадратов.

СКР:

1. Проинтерполировать аналитическим способом отметки вершин квадратов (рис. 3, 4).
2. На картограмме земляных работ провести линии нулевых работ.

Исходные данные - Схема нивелирования по квадратам

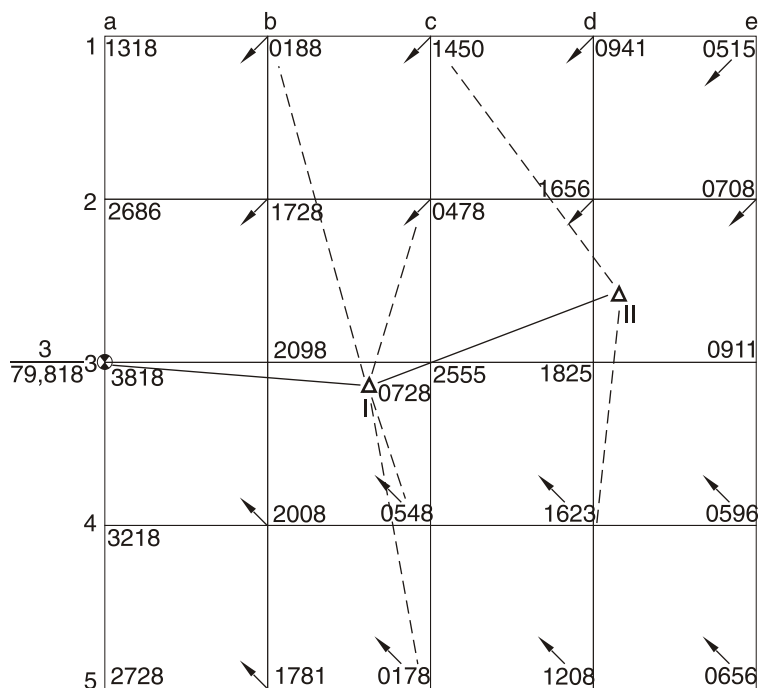


Рис. 1

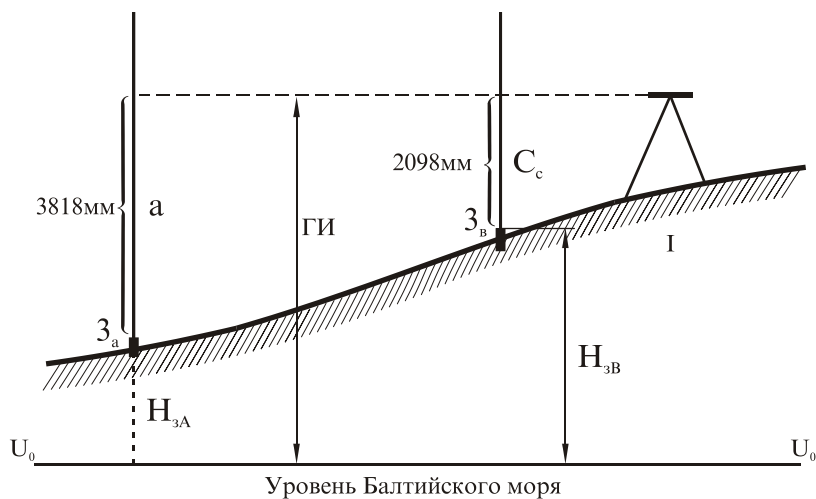
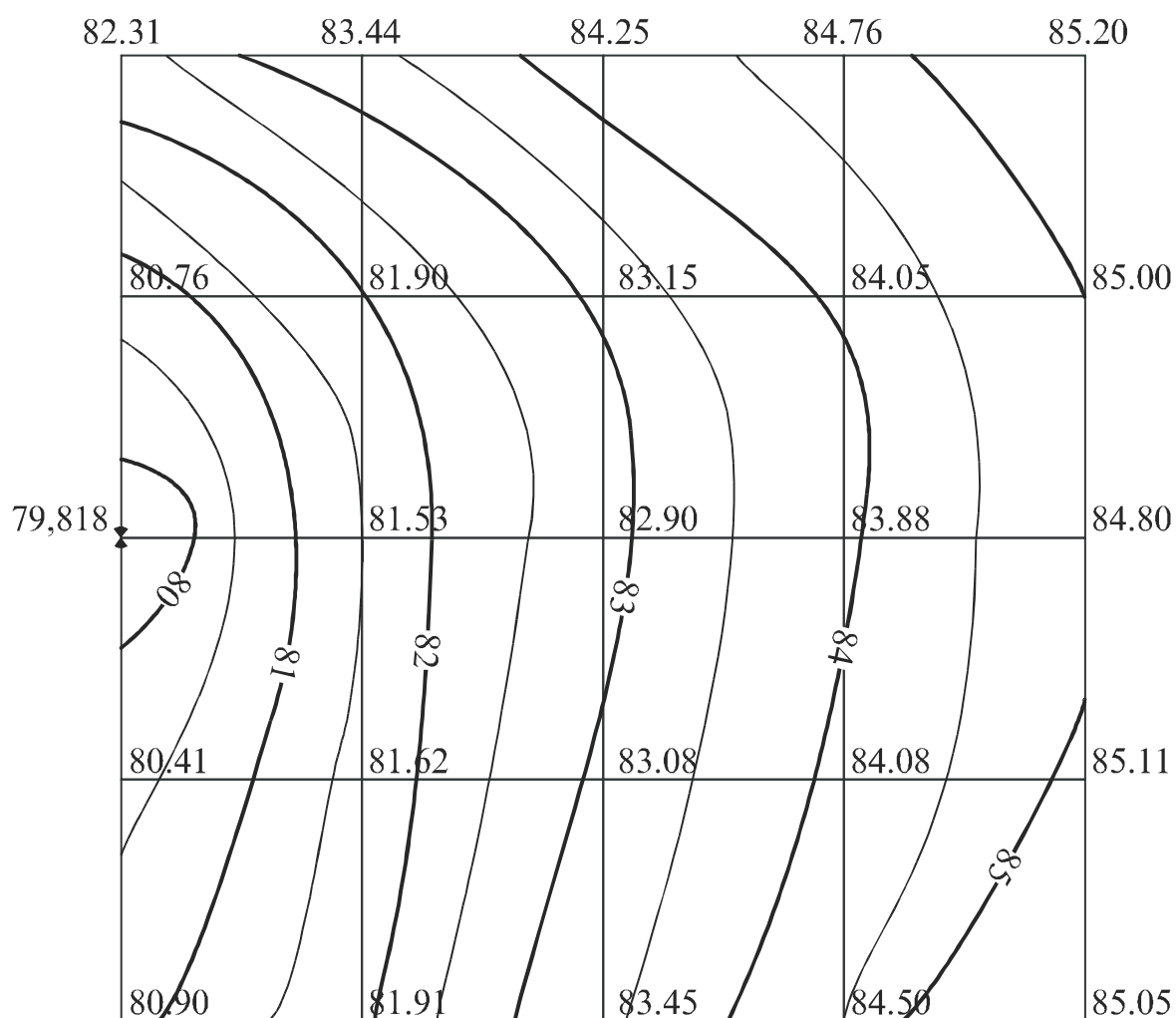


Рис. 2

$$ГИ = H_{3a} + a = 79,818 + 3,818 = 83,636$$

$$H_{3b} = ГИ - C; = 83,636 - 2,098 = 81,536$$

Топографический план
М:500



горизонталли проведены через 0,5м

Рис. 3

Аналитический способ интерполирования

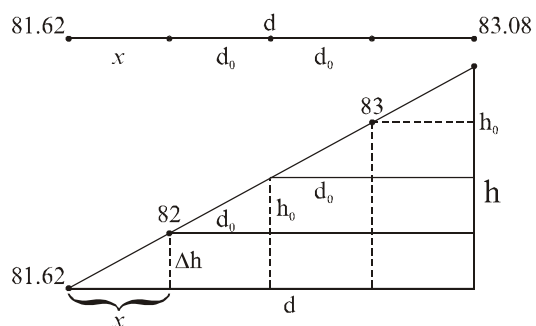


Рис. 4

$$\frac{\Delta h}{x} = \frac{h}{d} \quad \boxed{x = \frac{\Delta h}{h} \cdot d}$$

$$\frac{d_0}{h_0} = \frac{d}{h} \quad \boxed{d_0 = \frac{h_0}{h} \cdot d}$$

$$h = 83,08 - 81,62 = 1,46$$

$$h_0 = 0,5\text{м} \quad d = 40\text{мм}$$

Вычисление проектной отметки строительной площадки

$$H_k = \frac{\Sigma a + 2\Sigma b + 4c}{4 \cdot n}$$

$n=16$ Таблица 1

	a	b	c
1	82,31	83,44	81,90
2	85,20	84,25	83,15
3	85,05	84,76	84,05
4	80,90	85,00	83,88
5		84,80	82,90
6		85,11	81,53
7		84,50	81,62
8		83,45	83,08
9		81,91	84,08
10		80,41	
11		79,82	
12		80,76	
S	333,46	998,21	746,19

$$H_k = \frac{333,46 + 1996,42 + 2984,76}{4 \cdot 16} = 83,04 \text{ м}$$

$$2\Sigma = 1996,42 \quad 4\Sigma = 2984,76$$

Картограмма земляных работ

М 1:500

Рис. 5

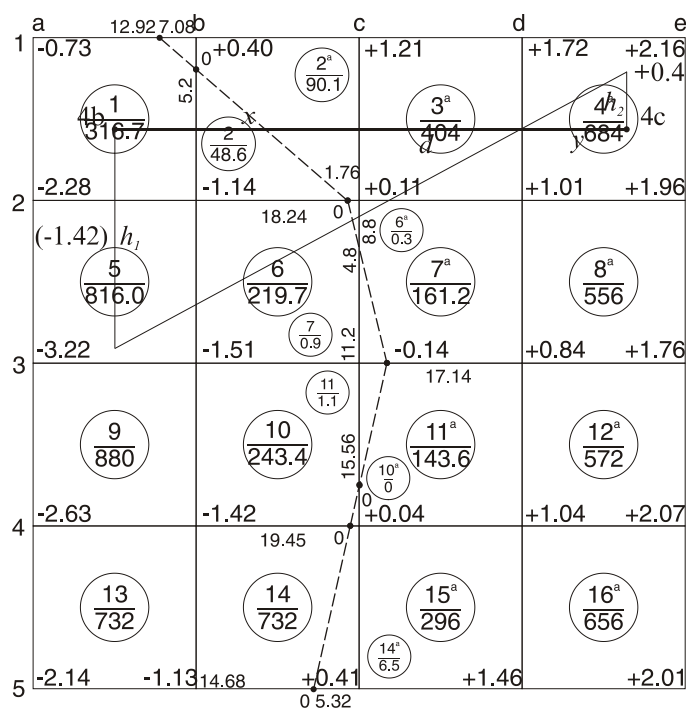


Рис. 6

Из подобия Δ -ков

$$x = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cdot d \quad y = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \cdot d \quad \frac{h_1}{x} = \frac{h_2}{d-x}$$

$$d = 20 \text{ м}$$

Таблица вычисления расстояний до точек нулевых работ (рабочие отметки приняты по модулю)

Таблица 2

Название сторон	h_1 (м)	h_2 (м)	$h_1 + h_2$ (м)	$x = h_1 / (h_1 + h_2) \cdot 20$ (м)	$y = h_2 / (h_1 + h_2) \cdot 20$ (м)
5b-5c	1.13	0.41	1.54	14.68	5.32
4b-4c	1.42	0.04	1.46	19.45	0.55
4c-3c	0.04	0.14	0.18	4.44	15.56
3c-3d	0.14	0.84	0.98	2.86	17.14
3c-2c	0.14	0.11	0.25	11.20	8.80
2b-2c	1.14	0.11	1.25	18.24	1.76
2b-1b	1.14	0.40	1.54	14.81	5.19
1a-1b	0.73	0.40	1.13	12.92	7.08

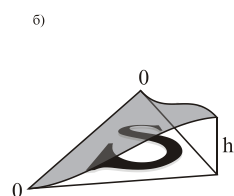
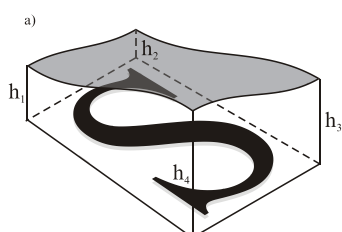


Рис. 7

$$V = S \cdot \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \quad V = S \cdot \frac{h_1 + 0 + 0}{3}$$

Таблица баланса земляных работ

Таблица 3

№ фигур	Площадь S (м ²)	Средняя рабочая отметка h _{ср} (м)	Объём V (м ³)	№ фигур	Площадь S (м ²)	Средняя рабочая отметка h _{ср} (м ²)	Объём фигуры V (м ³)
<u>насыпь</u>				<u>выемка</u>			
1	381.6	0.83	316.7	1 ^a	18.4	0.13	2.4
2	135.0	0.36	48.6	2 ^a	265.0	0.34	90.1
5	400	2.04	81.6	3 ^a	400	1.01	404.0
6	392.3	0.56	219.7	4 ^a	400	1.71	684.0
7	16.1	0.05	0.9	6 ^a	7.7	0.04	0.3
9	400	2.20	880.0	7 ^a	383.9	0.42	161.2
10	399	0.61	243.4	8 ^a	400	1.39	556.0
11	22.2	0.05	1.1	10 ^a	1.0	0.01	0
13	341.3	0.64	218.4	11 ^a	377.8	0.38	143.6
				12 ^a	400	1.43	572.0
				14 ^a	58.7	0.11	6.5
				15 ^a	400	0.74	296.0
				16 ^a	400	1.64	656.0
			3476.8				3572.1

$$f = \frac{3572,1 - 3476,8}{3572,1} \cdot 100\% = 2,7\% < 3\%$$

$$f = \frac{\sum | +v | - \sum | -v |}{\sum | +v |} \cdot 100\% \quad 3\%$$

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет международных отношений
Департамент географии и геоинформатики

**Обработка материалов нивелирования трассы
линейного сооружения
(расчетно-графическая работа)**

Выполнил студент

(группа, специальность)

(Ф.И.О.)

Проверил

(Ф.И.О. преподавателя)

Ставрополь 20__г.

Цель и задачи работы

Цель: научить студентов обрабатывать материалы нивелирования трассы линейного сооружения.

Задачи:

1. По результатам обработки журнала геометрического нивелирования трассы линейного сооружения построить профиль местности.
2. Запроектировать на профиле красную линию оси линейного сооружения.

Порядок выполнения РГР:

1. Обработать журнал геометрического нивелирования:
 - а) вычислить превышения между пикетами (h_i) и средние превышения (h_i^{cp});
 - б) вычислить высотную невязку (f_h) в нивелирном ходе и сравнить ее с допустимой ($f_{h\text{ доп}}$);
 - в) если $f_h \leq f_{h\text{ доп}}$, распределять невязку с противоположным знаком;
 - г) вычислить абсолютные отметки (H_i) пикетов и других точек;
 - д) вычислить горизонт инструмента (ГИ) на тех станциях, где имеются плюсовые точки поперечника;
 - е) вычислить абсолютные отметки (H_i) плюсовых и других точек.
2. Заполнить профильную сетку:
 - а) вычислить проектные (красные) отметки $H_{кр}$ пикетов и других точек по заданным проектным уклонам (i_1, i_2, i_3);
 - б) вычислить элементы закругления;
 - в) вычислить проектные элементы трассы, положение главных точек кривых;
 - г) вычислить румбы прямых участков трассы.
3. Построить профиль местности и запроектировать трассу линейного сооружения в масштабах: горизонтальный 1: 2000, вертикальный 1: 200, поперечник – в масштабе 1: 500:
 - а) по абсолютным отметкам (черным) пикетов и других точек построить фактический профиль местности;
 - б) по проектным отметкам построить ось линейного сооружения;
 - в) вычислить рабочие отметки (h_i) на пикетах и плюсовых точках;
 - г) вычислить расстояние до точек нулевых работ;
 - д) определить (по шкале высот) абсолют отметки в точках нулевых работ;
 - е) построить поперечник и полотно дороги.

Оформления «Профиля»:

1. Красной тушью. Заполняются строки «проектные уклоны», «проектные отметки», «план прямых и кривых»; проектная ось трассы на профиле.
2. Синей тушью подписываются расстояния до точек нулевых работ, ординаты в точках нулевых работ, абсолютные отметки.
3. Все остальные линии и цифры подписываются черной тушью.

СКР:

1. Построение профиля местности.
2. Проектирование по профилю.

Журнал геометрического нивелирования

№ станции	№ пикетов	Отсчет по рейке (мм)			Превышение h_i мм	Среднее превышение H_i мм	Горизонт инструмент а ГИ (м)	Абсолютная отметка Н (м)
		Задний а	Передний б	Промеж. с				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Рп1	0934 5620			- 1201	+4 -1202		79.818
	ПКО		2135 6823		- 1203			78.620
2	ПКО	2539 7226						
	+ 60м			0326	+1186 +1184	+4 +1185	81.159	80.833
	ПК 1		1353 6042					79.808
3	ПК 1	0226 4911			-0810	+4 -0811		
	ПК 2		1036 5723		-0812		80.034	79.002
			Поперечник на ПК2					
	+ 14м	право		2167				77.867
	+ 20м			0403				79.631
	+ 5 м	лево		1067				78.967
	+ 20м			1221				78.813
4	ПК 2	0256 4943			-2158	+4 -2158		79.002
	Х		2414 7102		-2159			76.848
	Х	0378 5064			-1573	+4 -1573		

5	ПКЗ		1951 6637		-1573			75.279
Постраничный контроль		$\sum a$	$\sum b$		$\sum h_i$	$\sum h_{cp}$		
						-4559		
Условие: $\frac{1}{2}(\sum a - \sum b) = \frac{1}{2} \sum h_i = \sum h_{cp}$								

№ станции	№ пикетов	Отсчет по рейке (мм)			Превышение Hi мм	Среднее превышение Hi мм	Горизонт инструмента ГИ (м)	Абсолютная отметка H (м)
		Задний a	Передний b	Промеж c				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	ПКЗ	1182 5867						75.279
	+10м			1425		+4		75.036
	+25м			2935	+0926	+0925	76.461	73.526
	+50м			2936	+0924			73.525
	+66м			0683				75.778
	ПК4		0256 4943					76.208
7	ПК4	2987 7676			+2731	+4 +2732		
	ПК5		0256 4943		+2733			78.944
8	ПК5	2848 7534			+2536	+4 +2535		
	ПК6		0312 5000		+2534			81.483
9	ПК6	2648 7335			+1022	+4 +1021		
	ПК7		1626 6315		+1020			82.508
10	ПК7	0505 5192			-537	+3 -538		
	ПК8		1042 5730		-538			81.973
11	ПК8	1827 6512			+1580	+3 +1579		
	ПК9		0247 4934		+1578			83.555
12	ПК9	0680 5367			-1747	+3 -1748		
	ПК10		2427 7115		-1748			81.810
13	ПК10	1994 6681			+0056	+3 +0055		
	Rp 2		1938 6624		+0054			81.868
		$\sum a$	$\sum b$		$\sum h_i$	$\sum h_{cp}$ +6561		

$$\frac{1}{2}(\sum_a - \sum_b) = \frac{1}{2}\sum_{hi} = \sum_{h_{cp}} = \int h_{cp} = \sum_{h_{cp}} - (H_{Rp2} - H_{Rp1}) \leq \int h_{don}$$

$$f_n = 2002 - 2050 = -48 \text{ мм}$$

Расчет элементов закруглений и положения главных точек кривых
а) для первой кривой: R = 100 м

$$\theta_{np} = 30^\circ, \rho = 57^\circ 3'$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} = 26,79 \text{ м}; \quad K = \frac{R\Theta}{\rho} = 52,36 \text{ м}$$

$$B = \frac{R}{\cos \frac{\Theta}{2}} - R = 3,53 \text{ м}; \quad D_1 = 2T - K = 1,22 \text{ м}$$

$$\text{ВУ}\text{№}1 = \text{ПК}1 + 30,65 = 130,65 \text{ м}$$

$$\text{НК}_1 = 130,65 - 26,79 = 103,86 = \text{ПК}1 + 3,86 \text{ м}$$

$$\text{КК}_1 = 103,86 + 52,36 = 156,22 = \text{ПК}1 + 56,22 \text{ м}$$

$$\text{контроль } \text{КК}_2 = \text{НК} + 2T - D = 103,86 - 52,36 = \text{ПК}1 + 56,22 \text{ м}$$

б) для второй кривой: R = 150 м

$$\theta_{np} = 45^\circ, \rho = 57,3^\circ$$

$$T = 62,13; K = 117,80; B = 12,36; D_2 = 6,46$$

$$\text{ВУ}\text{№}2 = \text{ПК}5 + 24,26 = 524,26 \text{ м}$$

$$\text{НК}_2 = 524,26 - 62,13 = 462,13 = \text{ПК}4 + 62,13 \text{ м}$$

$$\text{КК}_2 = 462,13 + 117,80 = 579,93 = \text{ПК}5 + 79,93 \text{ м}$$

$$\text{контроль } 462,13 + 2T_2 - D_2 = 579,93 = \text{ПК}5 + 79,93 \text{ м}$$

$$\Sigma K = 170,16 \text{ м}$$

Расчет прямых вставок и дирекционных углов (румбов) их.
(Проиллюстрировать рисунком)

$$P_1 = \text{НК}_1 - \text{ПК}0 = 103,86 - 0 = 103,86 \text{ м}$$

$$P_2 = \text{НК}_2 - \text{КК}_1 = 462,13 - 156,22 = 305,91 \text{ м}$$

$$P_3 = \text{ПК}10 - \text{КК}_2 = 1000 - 579,93 = 420,07 \text{ м}$$

$$\Sigma P = 829,84 \text{ м}$$

$$S_1 = \text{ВУ}\text{№}1 - \text{ПК}0 = 130,65 \text{ м}$$

$$S_2 = \text{ВУ}\text{№}2 - \text{ВУ}\text{№}1 + D_1 = 524,26 - 130,65 + 1,22 = 394,83 \text{ м}$$

$$S_3 = \text{ПК}10 - \text{ВУ}\text{№}2 + D_2 = 1000 - 524,26 + 6,46 = 482,22 \text{ м}$$

$$\Sigma S = 1007,68 \text{ м}$$

Контроль

$$\Sigma S - \Sigma Д = \Sigma P + \Sigma K$$

$$1007,68 - 7,68 = 829,84 + 170,16$$

$$1000 \text{ м} = 1000 \text{ м}$$

Вычисление румбов

$$\alpha_{\text{ПК0-ВУ}\text{№}1} = 65^{\circ}40' \text{ (дано)} \quad r = \text{СВ } 65^{\circ}40'$$

$$\alpha_{\text{ВУ}\text{№}2-\text{ПК}10} = 50^{\circ}40' \text{ (дано)} \quad r = \text{СВ } 50^{\circ}40'$$

$$\alpha_{\text{ВУ}\text{№}1-\text{ВУ}\text{№}2} = \alpha_{\text{ПК0-ВУ}\text{№}1} + \theta_{\text{прав}} = 65^{\circ}40' + 30^{\circ} = 95^{\circ}40'$$

$$r = \text{ЮВ } 84^{\circ}20'$$

КОНТРОЛЬ

$$\alpha_{\text{ВУ}\text{№}2-\text{ПК}10} = \alpha_{\text{ВУ}\text{№}1-\text{ВУ}\text{№}2} - \theta_{\text{лев}} = 95^{\circ}40' - 45^{\circ} = 50^{\circ}40'$$

$$r = \text{СВ } 50^{\circ}40'$$

Пикетажный журнал

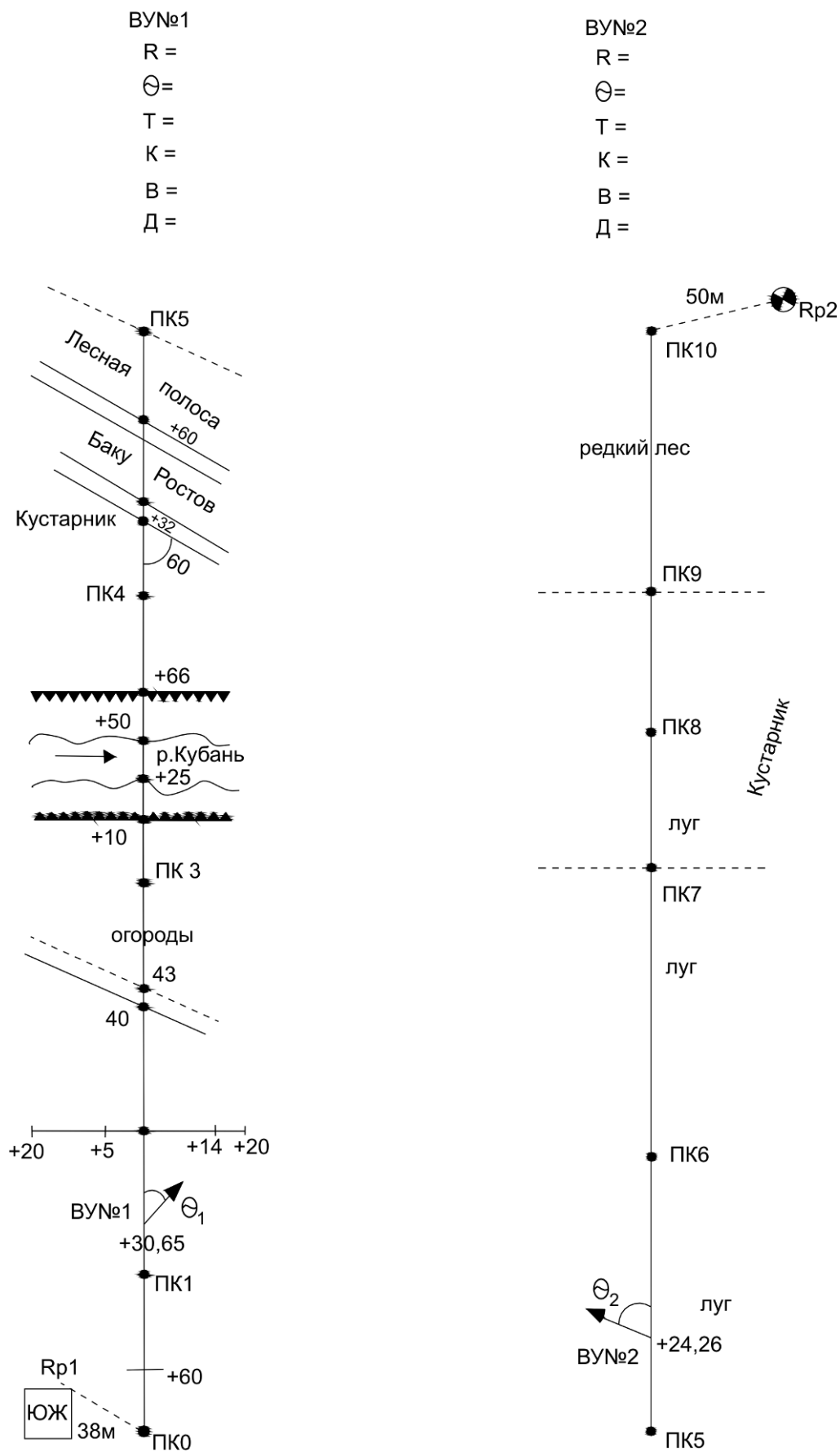


Рис.1

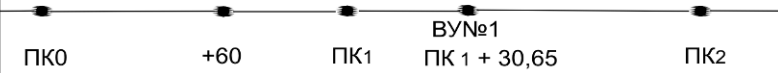
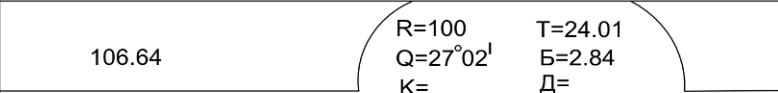
5 мм	Грунты				
20 мм	План трассы				
15 мм		102	101.64	101.40	100.80
10	Проектный уклон	$\frac{6}{270}$			
15 мм	Черные (фактические) отметки	102.78	105.00	103.97	103.16
5 мм	Горизонтальные расстояния	60	40		
5	Пикеты	0	+60	1	2
20 мм	План кривых и прямых п				
	70мм				

Рис.2

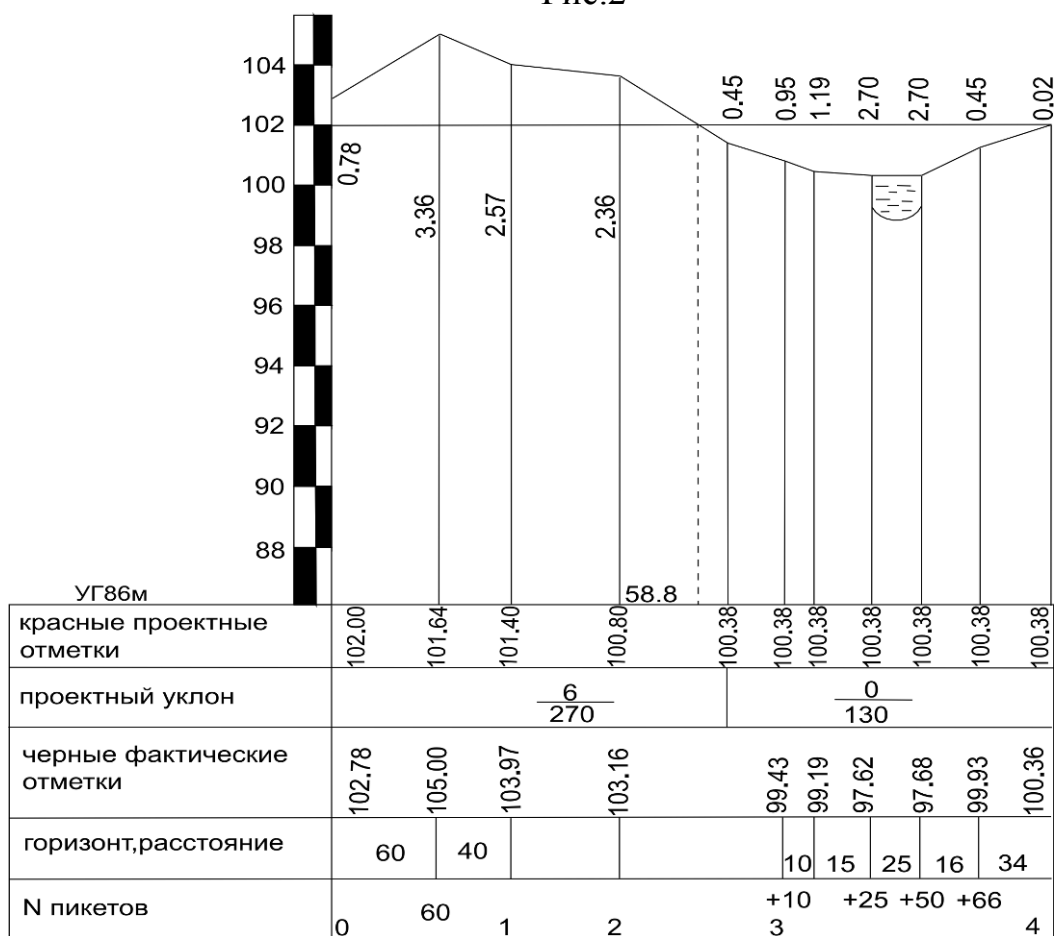


Рис.3

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет международных отношений
Департамент географии и геоинформатики

Составление межевого плана сельской администрации
(расчетно-графическая работа)

Выполнил:

(студент, спец., группа)

Проверил:

(преподаватель)

Ставрополь 20__ г.

Цель и задачи работы

Цель: подготовить геодезические данные для составления межевого дела.

Задачи: определить координаты межевых знаков: МЗ-1, МЗ-2, МЗ-3, МЗ-4; площадь земельного участка, построить карту землепользования.

Исходные данные

1. На территории землепользования имеются пункты геодезической сети: пункты триангуляции 4 класса – г. Зеленая, г. Крутая, г. Большая, высота 233,1, высота 219,9.
2. Территория землепользования оконтурена межевými знаками: МЗ-1, МЗ-2, МЗ-3, МЗ-4.
3. Произведена геодезическая привязка межевых знаков к пунктам геодезической сети и вычислены их координаты (табл. 1).

Таблица 1

Номер межевого знака	Координаты в м		Абсолютная высота в м
	X	Y	
МЗ-1	6074450,12	314950,64	148,5
МЗ-2	6080355,83	316661,33	213,2
МЗ-3	6080125,76	321302,66	157,2
МЗ-4	6073508,55	321453,78	200,6

Порядок выполнения работы

1. Решить четыре обратных геодезических задачи (по формуляру) и определить дирекционные углы и румбы линий МЗ-1 – МЗ-2, МЗ-2 – МЗ-3, МЗ-3 – МЗ-4, МЗ-4 – МЗ-1; вычислить расстояния между межевými знакам.
2. Составить таблицу геоанных земельного участка (табл. 2), используя данные четырех таблиц решения обратных геодезических задач.
3. Провести контроль правильности угловых измерений при привязке межевых знаков (см. часть 2, «Учебное пособие»):
 - а) составить схему земельного участка с указанием дирекционных углов между межевými знаками (рис. 1);
 - б) вычертить рисунки (рис. 2, 3, 4 и 5), иллюстрирующие выражение внутренних углов (β) через дирекционные углы, на каждом межевом знаке;
 - в) используя данные таблиц решения обратных геодезических задач и схемы (п. б), вычислить внутренние углы β на каждом межевом знаке;
 - г) вычислить практическую и теоретическую суммы углов;

д) вычислить фактическую и допустимую угловые невязки и сравнить их.

СКР

Решить четыре обратных геодезических задачи (по формуляру) и определить дирекционные углы и румбы линий МЗ1 – МЗ2; МЗ2 – МЗ3; МЗ3 – МЗ4; МЗ4 – МЗ5; вычислить расстояния между межевыми знаками.

Таблица 2

Номер межевого знака	Румб	Длина
МЗ-1	СВ 16°09'	6148,49
МЗ-2		
МЗ-3	ЮВ 87°10'	4647,03
МЗ-4	ЮВ 1°18'	6618,94
МЗ-1	СВ 81°45'	6570,95

4. Определить площадь земельного участка аналитическим способом – по координатам (табл. 3), по формулам:

$$2S = \sum x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$$

$$2S = \sum y_i (x_{i-1} - x_{i+1})$$

(Для облегчения вычислительных действий координаты уменьшены: по оси X на 6073000 м, по оси Y на 314000 м)

Таблица 3

№ вершины (МЗ)	Координаты, м		$y_{i+1}-y_{i-1}$	$x_{i-1}-x_{i+1}$	$x_i(y_{i+1}-y_{i-1})$	$y_i(x_{i-1}-x_{i+1})$
	X	Y				
МЗ-1	1450,12	950,64				
МЗ-2	7355,83	2661,33				
МЗ-3	7125,76	7302,66				
МЗ-4	508,55	7453,78				
				2S=		
				S=		

$$S = \dots\dots\dots \text{м}^2 = \dots\dots\dots \text{га}$$

5. Построить карту границ землепользования в М 1:50000:
 - а) на формате А-4 вычертить координатную сетку, подписать ее, провести рамку толщиной 1 мм, указать масштаб;
 - б) нанести по координатам межевые знаки и оконтурить земельный участок, написать в середине площадь в «га»;
 - в) на сторонах земельного участка написать длину каждой линии и румб (из табл. 2); нанести на карту (с карты Снов) следующую ситуацию: речку Сакмара с озерами, речку Губановка и ручьи, пункты геодезической сети; с. Крюково, Натальино; дорожную сеть до «Костино», «Грязнуха».
6. Законспектировать (1 печ. стр.) основные положения Части I «Учебного пособия».

Состав расчетно-графической работы (выполняется на листах формата А-4)

- 1-й лист** – титульный
- 2-й лист** – конспект части I «Учебного пособия»
- 3-й лист** – цель, задачи работы, исходные данные (табл. 1)
- 4-й, 5-й листы** – формуляры решения четырех обратных геодезических задач (табл. 2, 3, 4, и 5)
- 6-й лист** – схема границ земельного участка (рис. 1) с указанием дирекционных углов; рисунки 2, 3, 4 и 5, иллюстрирующие выражение углов β через дирекционные углы
- 7-й лист** – «Геоданные» (табл. 2); определение площади (табл. 3)
- 8-й лист** – «Карта землепользования Крюковской сельской администрации» М 1: 50 000 (рис. 6)

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ТОПОГРАФИЯ И ГЕОДЕЗИЯ

**Методические рекомендации для студентов по организации
самостоятельной работы**

Направление подготовки
05.03.03 – Картография и геоинформатика
Направленность (профиль)
Геоинформатика
Квалификация выпускника
бакалавр

Ставрополь 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

План-график выполнения самостоятельной работы

Контрольные точки и виды отчетности по ним

Вопросы собеседования

Список рекомендуемой литературы

Введение

Самостоятельная работа студентов – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студента).

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной и научной деятельности студента. Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования предусматривается значительный объем времени из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студента предполагает, прежде всего, его научно-исследовательскую и практическую деятельность, поскольку именно

эти виды учебной работы в первую очередь готовят к самостоятельному выполнению профессиональных задач.

Цель самостоятельной работы – дополнение и углубление знаний, умений и навыков, формируемых на аудиторных занятиях по дисциплине «Топография и геодезия», а также развитие аналитических и исследовательских умений, навыков использования справочных, научных, электронных и других источников информации.

В рамках самостоятельной работы по дисциплине «Топография и геодезия» формируются компетенции:

ПК-1 – Владением методами составления, редактирования, подготовки к изданию и издания общегеографических и тематических карт, атласов и других картографических изображений в традиционной аналоговой и цифровой формах, умение создавать новые виды и типы карт;

ПК-11 – Знанием основ картографии, систем методов картографического исследования и моделирования, умение применять картографические методы познания в практической деятельности.

Сформированные компетенции проверяются на экзаменах в первом, втором и третьем семестре по модулю, организованным особым образом.

Самостоятельная работа проводится в виде собеседования по результатам выполнения расчетно-графических работ. Основной целью этого вида самостоятельной работы является улучшение профессиональной подготовки специалистов высшей квалификации, направленное на формирование действенной системы фундаментальных и профессиональных знаний, умений и навыков, которые они могли бы свободно и самостоятельно применять в практической деятельности.

В ходе организации самостоятельной работы решаются следующие задачи:

- углублять и расширять их профессиональные знания;
- формировать у них интерес к учебно-познавательной деятельности;
- научить студентов овладевать приемами процесса познания;

- развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- развивать познавательные способности будущих специалистов.

В ходе постановки целей и задач необходимо учитывать, что их выполнение направлено не только на формирование общеучебных умений и навыков, но и определяется рамками данной предметной области.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи	Объём часов на подготовку
Работа с топографической картой	Расчетно-графическая работа № 1	Собеседование	Лабораторная работа № 8	20
Геодезические приборы и инструменты; применение их при топографических съемках	Конспект	Собеседование	Лабораторная работа № 14	20
Обработка материалов топографической съемки и составление топографического плана	Расчетно-графическая работа № 2	Собеседование	Лабораторная работа № 18	22
Обработка материалов нивелирования по квадратам и расчеты по вертикальной планировке	Расчетно-графическая работа № 3	Собеседование	Лабораторная работа № 26	20
Обработка материалов нивелирования трассы линейного сооружения	Расчетно-графическая работа № 4	Собеседование	Практическая работа № 36	25
Составление межевого плана сельской администрации	Расчетно-графическая работа № 5	Собеседование	Практическая работа № 44	22

Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
1.	Лабораторная работа	5	15
2.	Лабораторная работа	10	20
3.	Лабораторная работа	13	20
	Итого за 1 семестр		55
	Итого		55

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
4.	Лабораторная работа	5	15
5.	Лабораторная работа	10	20
6.	Лабораторная работа	13	20
	Итого за 2 семестр		55
	Итого		55

Вопросы для собеседования

Базовый уровень

Тема 1. Работа с топографической картой.

1. Масштабы топографических карт.
2. Ориентирование линий.
3. Изучение рельефа по топографической карте
4. Определение площади географического объекта.
5. Нанесение объекта на карту по его координатам.

Тема 2. Геодезические приборы и инструменты; применение их при топографических съемках.

1. Сущность измерения горизонтальных и вертикальных углов.
2. Измерение горизонтального угла способом приемов.
3. Приборы для линейных измерений: землемерные ленты, рулетки, лазерные рулетки; радиосветодальномеры.
4. Понятия об ошибках измерения углов и длин.

Тема 3. Обработка материалов топографической съемки и составление топографического плана.

1. Определение и виды топографических съемок местности.
2. Элементы и правила измерений на местности.
3. Требования к ведению полевых документов съемок и графическому оформлению планов, карт, профилей.
4. Стадии топографо-геодезических работ.

5. Организация съемочных работ.
6. Опорные геодезические сети.

Тема 4. Обработка материалов нивелирования по квадратам и расчеты по вертикальной планировке.

1. Сущность нивелирование по квадратам при стороне квадрата 20 метров
2. Понятие «горизонт инструмента» при нивелировании по квадратам и определение абсолютных отметок вершин квадратов.
3. Построение топографического плана при нивелировании по квадратам.
4. Вычисление проектной отметки.
5. Определение расстояния до «точек нулевых работ».

Тема 5. Обработка материалов нивелирования трассы линейного сооружения.

1. Инженерные изыскания для строительства линейного сооружения.
2. Полевые работы при трассировании линейного сооружения.
3. Элементы закругления.
4. Разбивка главных точек кривой.

Тема 6. Составление межевого плана сельской администрации.

1. Общие сведения о государственном земельном кадастре.
2. Основные этапы геодезических и организационных работ для кадастра.
3. Камеральная обработка измерений при создании межевого плана.

Продвинутый уровень

Тема 1. Работа с топографической картой.

1. Определение координат по топографической карте.
2. Обратная геодезическая задача.
3. Прямая геодезическая задача.
4. Построение профиля местности по линии.
5. Разграфка и номенклатура топографических карт.

Тема 2. Геодезические приборы и инструменты; применение их при топографических съемках.

1. Теодолиты, нивелиры, электронные тахеометры, приемники GPS и их устройство, поверки.
2. Определение превышения между точками.
3. Точность измерения длин линий.
4. Формулы для вычисления ошибок измерений.

Тема 3. Обработка материалов топографической съемки и составление топографического плана.

1. *Теодолитная съемка*, сущность, состав и порядок работы, приборы.
2. Проложение теодолитных ходов, съемка ситуации, камеральная обработка материалов теодолитного хода.
3. Нивелирные работы. Сущность геометрического нивелирования.
4. Определение отметок точек нивелирного хода.
5. Метод тригонометрического нивелирования и его сущность.
6. Камеральная обработка тахеометрической съемки и составление топографического плана.

Тема 4. Обработка материалов нивелирования по квадратам и расчеты по вертикальной планировке.

1. Сущность нивелирование по квадратам при стороне квадрата 100метров
2. Интерполирование горизонталей аналитическим методом.
3. Вычисление рабочих отметок.
4. Вычисление объемов насыпей и выемок.
5. Построение «картограммы земляных работ».

Тема 5. Обработка материалов нивелирования трассы линейного сооружения.

1. Порядок обработки журнала нивелирования трассы линейного сооружения.
2. Вычисление отметок пикетов, «иксовых точек», «плюсовых точек» и точек поперечника.
3. Заполнение профильной сетки. Расчет прямых и кривых трассы.
4. Построение профиля местности и проектирование по профилю.

Тема 6. Составление межевого плана сельской администрации.

1. Полевые работы при создании межевого плана.
2. Вычисление координат межевых знаков.
3. Определение площади землевладения и составление плана землевладения.

Критерии оценивания компетенций

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он показывает полные знания материала курса, демонстрирует умение подбирать разнообразные источники информации и рационально их использовать; правильно раскрывает содержание теоретического материала, соблюдает научную и методическую логику при выполнении лабораторных заданий и работе с геодезическими инструментами, обосновывает выводы, свободно владеет

эмпирическими данными по предмету, показывает владение дополнительной литературой.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он показывает знания, умения и навыки, соответствующие оценке «отлично», но имеет неточности в изложении теоретического материала или в практических выводах, эмпирические знания представлены не в полном объеме, недостаточно демонстрирует использование разнообразных источников.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он показывает знания основ разделов и тем курса, но не умеет четко излагать теоретические знания, затрудняется в выводах и формулировках, нарушает логику изложения материала, делает ошибки в представлении эмпирических данных.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если он не показывает знаний теоретических основ курса, не умеет отбирать и использовать основные источники информации; не соблюдает логики в описании и характеристике объектов, явлений и процессов; неправильно формулирует выводы и делает грубые ошибки в эмпирических знаниях по предмету.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

Экзамен является неотъемлемой частью учебного процесса и призван закрепить и упорядочить знания студента, полученные на занятиях и самостоятельно. На проведение экзамена отводятся часы занятий по расписанию. Сдаче экзамена предшествует работа студента на лекционных, лабораторных практических (семинарских) занятиях и самостоятельная работа по изучению предмета. Отсутствие студента на занятиях без уважительной причины и невыполнение заданий самостоятельной работы является основанием для недопуска студента к экзамену.

Подготовка к экзамену осуществляется на основании методических рекомендаций по дисциплине и списка вопросов изучаемой дисциплины, конспектов лекций, учебников и учебных пособий, научных статей, информации среды интернета.

При ответе на экзамене по дисциплине «Топография и геодезия» студент должен:

Знать:

- форму и размеры Земли, без знания которых невозможно создания топографических карт и решения многочисленных задач на земной поверхности;
- свойства топографической карты и плана, математические и геодезические основы карт;
- сущность поперечно-цилиндрической проекции Гаусса и прямоугольной системы координат в этой проекции;
- устройство геодезических приборов, применяемых в топографии;
- традиционные методы топографических съёмок и составления карт и планов;
- современные дистанционные методы изучения поверхности Земли по аэрокосмическим снимкам.

Уметь:

- решать различные задачи по топографической карте;
- выполнять простые измерения и съёмки с помощью геодезических приборов;
- обрабатывать результаты полевых топографических работ;
- использовать современную измерительную и вычислительную технику для определения площадей.

Владеть:

- методами проведения топографических работ и навыками использования современных приборов, оборудования и технологий;
- методикой оформления планов с использованием современных компьютерных технологий;

- навыками соблюдения правил и норм охраны труда и безопасности жизнедеятельности при топографо-геодезических работах.

Вопросы для проверки уровня обученности

Базовый уровень

1. Наука геодезия и топография. История развития, связь с другими науками; значение в народном хозяйстве и обороне страны.
2. Земной эллипсоид. Эллипсоид Красовского и его параметры.
3. Системы координат, применяющиеся в геодезии.
4. Геодезическая система координат и ее сущность.
5. Астрономическая система координат. Определение широты точки по Полярной звезде.
6. Номенклатура карт и планов.
7. Градусные измерения по определению параметров земного эллипсоида и их сущность.
8. Плоская прямоугольная система координат в проекции Гаусса.
9. Масштаб изображения. Искажения длин линий в 6-градусной зоне в зависимости от широты точки.
10. Государственные геодезические сети: плановые и высотные, и их назначение; точность по классам.
11. Метод триангуляции и его сущность. Применение теоремы синусов.
12. Способы закрепления пунктов триангуляции на местности.
13. Базисная сеть и ее назначение, вычисление длины исходной стороны триангуляции.
14. Метод полигонометрии и его применение.
15. Метод трилатерации и его сущность. Применение теоремы тангенсов.
16. Нивелирные сети, закрепление точек реперами и марками. Сущность геометрического нивелирования.
17. Сети сгущения, методы их создания, назначение и точность.

18. Геодезические измерения: угловые, линейные и высотные, их назначение.
19. Теодолиты и нивелиры, применяемые при геодезических измерениях, их точность.
20. Прямая геодезическая задача, ее сущность и применение.
21. Обратная геодезическая задача и ее применение.
22. Привязка теодолитного хода к опорным пунктам.
23. Высотная привязка начала и конца нивелирного хода (трассы) к реперам.
24. Параметры земного эллипсоида.
25. Нивелирование трассы линейного сооружения, полевые работы.
26. Ошибки геодезических измерений и их классификация.
27. Случайные ошибки и их свойства.
28. Аэрокосмосьемка и использование ее материалов для создания топографических карт. Масштаб аэроснимка.
29. Роль топографических карт в геоинформационных системах.
30. Геодезические измерения в землеустройстве и земельном кадастре.

Повышенный уровень

1. Измерения Эратосфена по определению радиуса Земли.
2. Французские геодезические экспедиции в Перу и в Лапландию по подтверждению теории Ньютона о фигуре Земли
3. Уклонения отвесных линий и их влияние на точность определения широты точки.
4. Влияние кривизны Земли на горизонтальные расстояния (возникающие искажения).
5. Влияние кривизны Земли на вертикальные расстояния (возникающие искажения).
6. Компарирование мерных приборов.
7. Зависимость между сфероидическими и прямоугольными координатами в проекции Гаусса.

8. Главные нормальные сечения эллипсоида и их радиусы кривизны (М и N).
9. Системы координат СК-42, СК-95, WGS-84.
10. Метод тригонометрического нивелирования и его сущность.
11. Камеральная обработка материалов нивелирования трассы линейного сооружения (перечислить порядок обработки).
12. Вычисление отметок пикетов и плюсовых точек (через горизонт инструмента).
13. Вычисление проектных отметок пикетов через проектный уклон.
14. Вычисление рабочих отметок на пикетах и плюсовых точках.
15. Вычисление расстояний до точек нулевых работ.
16. Элементы закругления трассы, их вывод.
17. Главные точки кривой трассы и закрепление их на местности.
18. Детальная разбивка кривой способом ординат.
19. Среднеквадратическая ошибка отдельного измерения (формула Гаусса).
20. Среднеарифметическое значение измеренной величины. Вероятнейшие ошибки.
21. Среднеквадратическая ошибка отдельного измерения через вероятнейшие ошибки (формула Бесселя).
22. Среднеквадратическая ошибка арифметической середины.
23. Пространственная прямоугольная система координат и зависимость между геодезическими и пространственными координатами.
24. Современные способы определения координат точек (системы GPS, ГЛОНАСС и их сущность).
25. Цифровая топографическая съемка с применением систем ГЛОНАСС / GPS.
26. Структура глобальных навигационных спутниковых систем.
27. Пулковская система координат в XIX веке и ее развитие как ГГС России.
28. Государственный кадастр недвижимости.
29. Межевание земельных участков.
30. Опорная межевая сеть.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, в случае если студент полностью освоил учебный материал, ответил на все вопросы базового и продвинутого уровней, т. е. может сформулировать все основные понятия и определения по дисциплине и кроме этого самостоятельно подготовил оригинальную творческую работу и способен четко изложить ее суть, выводы, ответить на вопросы. Кроме этого студент, претендующий на отличную оценку, должен продемонстрировать аналитическое, нестандартное мышление, креативность и находчивость в ответах на дополнительные, усложненные вопросы преподавателя в рамках изучаемой дисциплины.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, в случае если студент освоил более 60% учебного материала, ответил на все вопросы базового уровня, т. е. может сформулировать все основные понятия и определения по дисциплине и кроме этого самостоятельно подготовил оригинальную творческую работу и способен четко изложить ее суть, выводы, ответить на вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, в случае, если студент освоил более 50% учебного материала, ответил на большую часть вопросов базового уровня, т. е. может сформулировать все основные понятия и определения по дисциплине.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент не отвечает на вопросы базового уровня и освоил менее 30% учебного материала.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Золотова Е.В., Скогарева Р.Н. Геодезия с основами кадастра. Академический проект, 2012. – 413 с.
2. Курошев Г.Д. Топография. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 192 с.

3. Куксов В.С. Основы геодезии, картографии и космоаэросъемки – М.: Изд-во Академия, 2012.

4. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии. – М.: Академический проект, 2013.

Дополнительная литература:

5. Бокачев Н.Г. Топография: Учебник. – Смоленск: Изд-во СГУ, 2001. – 336 с.

6. Господинов Г.В., Сорокин В.Н. Топография. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 359 с.

7. Елисеев А.А. Геодезия и топография: Учебное пособие. – 2-е изд., доп. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2008. – 242 с.

8. Скогарева Р.Н. Геодезия с основами геоинформатики: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1999. – 205 с.

Методическая литература:

9. Елисеев А.А. Практикум по геодезии и топографии: Учебно-методическое пособие. – 2-е изд., доп. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2008. – 155 с.

10. Практикум по геодезии / Под ред. Г.Г. Подклада. – М.: Академический проект, 2012, ч.2. – 488 с.

Интернет-ресурсы:

www.geotop.ru – каталог ресурсов картографо-геодезической отрасли

www.geoprofi.ru – электронный журнал по геодезии, картографии и навигации

www.jornal.miigaik.ru – рецензируемый научный журнал Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка»

Методические указания по выполнению курсовых работ учебным планом курсовые работы по дисциплине «Топография и геодезия» предусмотрены в 3 семестре.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ГЕОДЕЗИЯ И ТОПОГРАФИЯ
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВЫХ
РАБОТ**

Направление подготовки
05.03.03. Картография и геоинформатика
Направленность (профиль)
Геоинформатика
Квалификация выпускника – бакалавр

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Цель, задачи и реализуемые компетенции при изучении дисциплины
«Топография и геодезия»
3. Формулировка задания
4. Структуры работы
5. Общие требования к написанию и оформлению работы
6. Последовательность выполнения задания
7. Критерии оценивания работы
8. Порядок защиты работы
9. Список рекомендуемой литературы

1. Введение

Курсовая работа является одним из основных видов самостоятельной работы студентов в вузе, направленной на изучение, закрепление, углубление и обобщение знаний по учебным дисциплинам профессиональной подготовки, освоение элементов научно-исследовательской работы, и может служить основой выпускной квалификационной работы.

Курсовая работа предполагает постановку задач, формулировку и анализ проблемной ситуации, разработку технологического решения, содержащего рассмотрение нескольких возможных путей его разрешения, обоснование избираемого варианта решения, выполнение расчетных, исследовательских, технологических работ.

2. Цель, задачи и реализуемые компетенции при изучении дисциплины «Топография и геодезия»

Выполнение курсовой работы имеет целью расширение знаний студентов, обучение методам теоретического анализа явлений и закономерностей науки, отработку навыков самостоятельного применения теоретических знаний к комплексному решению профессиональных задач, использования справочной литературы, методов математической обработки экспериментальных данных, компьютерных технологий. Системой курсовых работ студент подготавливается к выполнению выпускной квалификационной работы.

В процессе выполнения курсовой работы студентом должны решаться следующие задачи:

- приобретение новых теоретических знаний в соответствии с темой работы и заданием руководителя;
- умение систематизировать, обобщать и логично излагать концепции, альтернативные точки зрения по исследуемой проблеме;
- развитие учебно-исследовательских и методических навыков, необходимых для системного научного анализа изучаемого явления;
- развитие умений работы со специальной литературой и иными информационными источниками;
- приобретение опыта научно-исследовательской работы и формирование соответствующих умений;
- формирование умений формулировать логически обоснованные выводы, предложения и рекомендации по результатам выполненной работы;
- совершенствование профессиональной подготовки.

Реализуемые компетенции при подготовке курсовых работ по дисциплине «Топография и геодезия»

№ п/п	Содержание компетенции	Шифр
<u>Профессиональные компетенции</u>		<u>ПК-(№)</u>
1.	Владением базовыми общепрофессиональными теоретическими знаниями о географической оболочке, о теоретических основах географии, геоморфологии, метеорологии и климатологии, гидрологии, биогеографии, географии почв с основами почвоведения, ландшафтоведения, топографии;	ПК-1
2.	Способностью работать с топографическими картами, геодезическим и другим полевым оборудованием в проектно-производственной деятельности; осуществлять сбор пространственных данных с помощью систем спутникового позиционирования.	ПК-11

3. Формулировка задания

Основные содержательные и процессуальные аспекты, необходимые для выполнения работы, оформляются кафедрой в заданиях по курсовому проектированию. В заданиях необходимо четко сформулировать тему работы и требования, определяющие ее объем, содержание, а также исходные данные.

В задании на курсовую работу формулируется тема работы, ее цель и задачи. Совместно с руководителем курсовой работы студент подготавливает перечень подлежащих разработке вопросов, как по теоретической, так и аналитической частей работы. На основании литературных источников, интернет-изданий, библиографических описаний определяются исходные данные, по вариантам, разработанным преподавателем, по литературным источниками или иным. В задании на курсовую работу представляется список рекомендуемой литературы, в который необходимо включать в обязательном порядке Интернет-источники.

Контрольные сроки представления отдельных разделов курсовой работы указываются в долях от всей работы, при этом необходимо предусмотреть срок 100% готовности работы как минимум за три-четыре недели до начала зачетно-экзаменационной сессии. На задании к курсовой работе расписываются студент и научный руководитель работы.

Примерные темы курсовых работ

1. Геодезическая съемка автомобильных дорог.
2. Подготовка топографической съемки территории в AutoCad.
3. Постановка на государственный кадастровый учет земельного участка.
4. Геодезическая съемка линейных объектов магистральных трубопроводов.
5. Камеральная обработка полевых измерений с применением материалов космических съемок.
6. Камеральная обработка полевых измерений в CREDO DAT.
7. Обработка результатов кадастровых работ с применением ГИС-технологий.
8. Перерасчет систем координат из WGS-84 в МСК-26.
9. Обработка сырых данных с двухчастотных GPS-приемников в Leica Geo Office.
10. Подготовка топографической съемки с применением электронного тахеометра Nicon.
11. Вертикальная съемка высотных сооружений безотражательным тахеометром.
12. Подготовка межевого плана с применением ГИС-технологий.
13. Геоинформационное обеспечение землеустроительных работ.
14. Выполнение топографической съемки объектов недвижимости.
15. Камеральная обработка полевых измерений топографической съемки с применением ГИС-пакета MapInfo.

4. Структуры работы

Курсовая работа должна содержать элементы новизны, наряду с фундаментальным аспектом должен быть проведен анализ современного состояния изучаемой проблемы, а также включенность в региональную проблематику. Задание по курсовой работе необходимо индивидуализировать с учетом интересов и способностей студентов.

Курсовая работа должна состоять из введения, теоретической части, эмпирической (практической, расчетно-графической) части, заключения, списка литературы и приложения. В отдельных случаях, в соответствии с тематикой работы, эмпирическая часть может отсутствовать.

Титульный лист оформляется в соответствии с Положением об организации и выполнении курсовых работ (проектов) в ФГАОУ ВПО «СКФУ».

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования; отражаются объект, предмет, задачи, цели, методы, новизна, теоретическая и практическая значимость исследования.

Теоретическая часть должна содержать анализ состояния изучаемой проблемы на основе обзора научной, научно-информационной, справочной литературы. Представленный материал должен быть логически связан с целью исследования. В параграфах теоретической части необходимо отражать отдельные компоненты проблемы и завершать их выводами.

Эмпирическая (практическая, расчетно-графическая) часть (при наличии) включает описание системы экспериментального исследования, обоснование методов исследования, анализ результатов экспериментального исследования, схемы, графические и математические способы интерпретации полученных данных, выводы.

Заключение содержит выводы, подтверждающие или опровергающие первоначальные предположения (гипотезы), перспективы дальнейшего изучения проблемы, связь с практикой, анализ реализации целей и задач исследования.

Список литературы должен быть составлен в соответствии с требованиями ГОСТа к оформлению библиографии.

Приложение содержит весь фактический материал экспериментальных исследований (анкеты, опросники, схемы, чертежи, расчетные материалы, карты, рисунки, ответы респондентов и т.д.).

5. Общие требования к написанию и оформлению работы

Курсовую работу (проект) рекомендуется представлять в объеме 1–2 печатных листа. Текст работы должен быть напечатан через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги (А-4). Текст и другие отпечатанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков – четкими, без ореола и затенения. Шрифт Times New Roman, кегель 14.

Названия глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом. Лист с текстом должен иметь поля: слева – 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм. Нумерация страниц текста делается в правом нижнем углу листа. Проставлять номер страницы необходимо со страницы, где печатается «Введение», на которой ставится цифра «3». После этого нумеруются все страницы, включая приложения.

Между названием главы и названием параграфа этой главы ставится пробел равный двум интервалам, а название параграфа не должно отделяться от текста этого параграфа пробелом. Названия параграфов отделяются от

текста предыдущего параграфа пробелом, равным двум интервалам. Каждая глава, а также введение, выводы, приложения и список использованной литературы начинаются с новой страницы. Слово «Глава» не пишется. Главы имеют порядковые номера в пределах всей работы, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1, 2, 3), после которых ставится точка. Слово «параграф» или значок параграфа в названии не ставятся. Параграфы имеют порядковые номера в пределах глав, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1.1. и 1.2.). Заголовки глав и параграфов в тексте работы должны располагаться по центру, точку в конце названия главы и параграфа не ставят. Не допускается переносить часть слова в заголовке.

Нумерация таблиц и рисунков может быть сквозной или соотноситься с номером главы и параграфа. Например, если таблица или рисунок включены в текст первого параграфа второй главы, нумерация следующая: Таблица 2.1.1., рис. 2.1.1. Последняя цифра означает порядковый номер таблицы (или рисунка) в данном параграфе. Таблица помещается в качестве следующей страницы после первого упоминания о ней в тексте.

6. Последовательность выполнения задания

Курсовой проект выполняется в соответствии с заданием, выданным руководителем проекта. Задание оформляется на специальном бланке, согласно Положению об организации и выполнении курсовых работ (проектов) в ФГАОУ ВО «СКФУ».

Руководство курсовой работой (проектом) преподаватель осуществляет в виде индивидуальных и групповых консультаций, расписание которых доводится до студентов при выдаче задания.

Завершенная курсовая работа (проект) передается студентом на кафедру за неделю до защиты для ее анализа.

7. Критерии оценивания работы

- соответствие материала исследования поставленным целям и задачам;
- владение методологией проведения исследований;
- адекватное использование понятийного аппарата геодезии, картографии и геоинформатики, владение нормами русского языка;
- наличие первичных (самостоятельно добытых) данных;
- наличие в тексте курсовой работы примеров, подтверждающих основные идеи исследования;

- наличие сведений о проведенной апробации результатов исследования;
- наличие собственных выводов и рекомендаций;
- использование графических средств, иллюстраций;
- соблюдение требований Положения об организации и выполнении курсовых работ (проектов) в ФГАОУ ВО «СКФУ».

8. Порядок защиты работы

Защита курсовой работы является обязательной формой проверки выполнения работы. Защита производится на заседании кафедры, научно-методического семинара кафедры, научной проблемной группы специальной комиссией, утверждаемой директором института, состоящей обычно из 3 преподавателей кафедры, при непосредственном участии руководителя, в присутствии студентов. Результаты наиболее интересных курсовых работ могут быть доложены на научных конференциях. Публичная защита стимулирует научный интерес, творчество, ответственность студентов.

Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы присутствующих на защите. Научный руководитель зачитывает отзыв на курсовую работу студента.

Результаты защиты курсовой работы, согласно действующему Положению о текущем контроле и промежуточной аттестации в СКФУ, оцениваются дифференцированной отметкой по пятибалльной системе. Оценка курсовой работы (проекта) заносится в зачетно-экзаменационную ведомость.

Защита курсовых работ (проектов), предусмотренных учебным планом, проводится не позднее, чем за две недели до начала экзаменационной сессии.

Студент, не представивший в установленный срок курсовую работу или не защитивший ее по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность.

9. Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Золотова Е.В., Скогарева Р.Н. Геодезия с основами кадастра. Академический проект, 2012. – 413 с.

2. Курошев Г.Д. Топография. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 192 с.
3. Куксов В.С. Основы геодезии, картографии и космоаэро съемки – М.: Изд-во Академия, 2012.
4. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии. – М.: Академический проект, 2013.

Дополнительная литература:

5. Бокачев Н.Г. Топография: Учебник. – Смоленск: Изд-во СГУ, 2001. – 336 с.
6. Господинов Г.В., Сорокин В.Н. Топография. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 359 с.
7. Скогарева Р.Н. Геодезия с основами геоинформатики: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1999. – 205 с.

Интернет-ресурсы:

www.geotop.ru – каталог ресурсов геодезической отрасли

www.jornal.miigaik.ru – рецензируемый научный журнал Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка»

www.sibsiu.ru/geo/geodezic.html – полезные учебные материалы по топографии и геодезии

Вопросы для собеседования

по дисциплине Топография и геодезия

Базовый уровень

Тема 1. История развития зарубежной топографии

1. Представления о форме и размерах Земли в древнем Миров.
2. Измерение длины дуги меридиана в 1° арабами.
3. Метод триангуляции Снеллиуса.
4. Экспедиции Французской академии наук в Перу (1735-1742) и в Лапландию (1736-1737) по подтверждению теории Ньютона.

Тема 2. История развития Отечественной топографии

1. Первые геодезические измерения князя Глеба.
2. Большой Чертеж Русского государства (около 1570 г.).
3. Организация Депо карт (1797 г.), Корпуса военных топографов (1822 г.) и Межевого института (1779 г.).
4. Топографические съемки всей территории нашей страны в М 1:100000 и 1:25000.

Тема 3. Работа с топографической картой.

1. Масштабы топографических карт.
2. Ориентирование линий.
3. Изучение рельефа по топографической карте
4. Определение площади географического объекта.
5. Нанесение объекта на карту по его координатам.

Тема 4. Геодезические приборы и инструменты; применение их при топографических съемках.

1. Сущность измерения горизонтальных и вертикальных углов.
2. Измерение горизонтального угла способом приемов.
3. Приборы для линейных измерений: землемерные ленты, рулетки, лазерные рулетки; радиосветодальномеры.
4. Понятия об ошибках измерения углов и длин.

Тема 5. Обработка материалов топографической съемки и составление топографического плана.

1. Определение и виды топографических съемок местности.
2. Элементы и правила измерений на местности.
3. Требования к ведению полевых документов съемок и графическому оформлению планов, карт, профилей.
4. Стадии топографо-геодезических работ.
5. Организация съемочных работ.

6. Опорные геодезические сети.

Тема 6. Обработка материалов нивелирования по квадратам и расчеты по вертикальной планировке.

1. Сущность нивелирование по квадратам при стороне квадрата 20 метров
2. Понятие «горизонт инструмента» при нивелировании по квадратам и определение абсолютных отметок вершин квадратов.
3. Построение топографического плана при нивелировании по квадратам.
4. Вычисление проектной отметки.
5. Определение расстояния до «точек нулевых работ».

Тема 7. Специальные инженерно-геодезических работах по вертикальной планировке

1. Общие сведения об инженерно-геодезических работах по вертикальной планировке.
2. Вычисление проектной отметки при стороне квадратов 20х20 м.
3. Вычисление рабочих отметок.
4. Вычисление объемов насыпей.

Тема 8. Обработка материалов нивелирования трассы линейного сооружения.

1. Инженерные изыскания для строительства линейного сооружения.
2. Полевые работы при трассировании линейного сооружения.
3. Элементы закругления.
4. Разбивка главных точек кривой.

Тема 9. Составление межевого плана сельской администрации.

1. Общие сведения о государственном земельном кадастре.
2. Основные этапы геодезических и организационных работ для кадастра.
3. Камеральная обработка измерений при создании межевого плана.

Продвинутый уровень

Тема 1. История развития зарубежной топографии

1. Измерения Эратосфена по определению радиуса Земли.
2. Появление первых геодезических приборов.
3. Теория И. Ньютона и Гюйгенса о форме Земли.
4. Работы Кассини во Франции по подтверждению теории Ньютона.

Тема 2. История развития Отечественной топографии

1. Русская Правда» Ярослава Мудрого.

2. «Чертежная книга Сибири» С. Ремезова (1701 г.).
3. Триангуляционный ряд В.Я. Струве и К.И. Теннера (1816-1852 гг.).
4. Работы Ф.Н. Красовского и А.А. Изотова по определению размеров Земли (1940-1942 гг.).

Тема 3. Работа с топографической картой.

1. Определение координат по топографической карте.
2. Обратная геодезическая задача.
3. Прямая геодезическая задача.
4. Построение профиля местности по линии.
5. Разграфка и номенклатура топографических карт.

Тема 4. Геодезические приборы и инструменты; применение их при топографических съемках.

1. Теодолиты, нивелиры, электронные тахеометры, приемники GPS и их устройство, поверки.
2. Определение превышения между точками.
3. Точность измерения длин линий.
4. Формулы для вычисления ошибок измерений.

Тема 5. Обработка материалов топографической съемки и составление топографического плана.

1. *Теодолитная съемка*, сущность, состав и порядок работы, приборы.
2. Проложение теодолитных ходов, съемка ситуации, камеральная обработка материалов теодолитного хода.
3. Нивелирные работы. Сущность геометрического нивелирования.
4. Определение отметок точек нивелирного хода.
5. Метод тригонометрического нивелирования и его сущность.
6. Камеральная обработка тахеометрической съемки и составление топографического плана.

Тема 6. Обработка материалов нивелирования по квадратам и расчеты по вертикальной планировке.

1. Сущность нивелирование по квадратам при стороне квадрата 100метров
2. Интерполирование горизонталей аналитическим методом.
3. Вычисление рабочих отметок.
4. Вычисление объемов насыпей и выемок.
5. Построение «картограммы земляных работ».

Тема 7. Специальные инженерно-геодезических работах по вертикальной планировке

1. Вычисление проектной отметки при стороне квадратов 100х100 м.
2. Определение расстояния до точек нулевых работ.
3. Построение картограммы земляных работ.

4. Вычисление объемов выемок.

Тема 8. Обработка материалов нивелирования трассы линейного сооружения.

1. Порядок обработки журнала нивелирования трассы линейного сооружения.
2. Вычисление отметок пикетов, «иксовых точек», «плюсовых точек» и точек поперечника.
3. Заполнение профильной сетки. Расчет прямых и кривых трассы.
4. Построение профиля местности и проектирование по профилю.

Тема 9. Составление межевого плана сельской администрации.

1. Полевые работы при создании межевого плана.
2. Вычисление координат межевых знаков.
3. Определение площади землевладения и составление плана землевладения.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он активно участвует в дискуссии по всем вопросам продвинутого уровня.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент активно участвует в дискуссии по всем вопросам базового уровня и двум вопросам продвинутого уровня.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент активно участвует в дискуссии по всем вопросам базового уровня.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент пассивно участвует в дискуссии по всем вопросам базового уровня.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент активно участвует в дискуссии по всем вопросам базового уровня.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент пассивно участвует в дискуссии по всем вопросам базового уровня.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Пример:

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя ответы на вопросы дискуссии.

Предлагаемые студенту вопросы позволяют проверить компетенцию ОПК-2, сформированные в результате прохождения данного курса.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо подготовить ответы на заранее сформулированные вопросы по темам курса. Ответ проходит в устной форме в течении 30 минут на одного человека, студент имеет право пользоваться на ответе только чистыми тетрадными листами, где иллюстрирует свой доклад с помощью чертежных принадлежностей. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования калькулятором и справочными таблицами.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция
1.	d	Этот князь провел первые геодезические измерения на Руси по льду Керченского пролива: а) Ярослав Мудрый б) Владимир Красное Солнышко в) Владимир Мономах г) Глеб Святославич	ОПК-2
2.	Струве	Российский ученый с целью определения параметров Земли, ее формы и размеров создал цепь из 265 триангуляционных пунктов по меридиану от устья Дуная до города Хаммерфест	ОПК-2

		на севере Норвегии. В его честь цепь называется дуга ###. Впишите пропущенное слово в нужном падеже.	
3.	a c b d	В разное время эти эллипсоиды использовались на территории нашей страны для геодезических и картографических работ. Расположите их в порядке последовательности принятия для таких работ, начиная от самого раннего. a) Вальбека b) Красовского c) Бесселя d) ПЗ-90	ОПК-2
4.	b	Точность линейного масштаба М 1:50000 с наименьшим делением в 2 мм составит: a) 50 метров b) 100 метров c) 500 метров d) 1000 метров	ОПК-2
5.	a	Измеренный по топографической карте дирекционный угол заданного направления равен $\alpha = 77^\circ$. Известно, что сближение меридианов западное $2^\circ 26'$, а магнитное склонение восточное $6^\circ 12'$. Магнитный азимут заданного направления равен: a) $68^\circ 22'$ b) $73^\circ 14'$ c) $80^\circ 46'$ d) $85^\circ 34'$	ОПК-2
6.	d	Лист карты с номенклатурой N-36-XXXIII имеет масштаб: a) М 1:1000000 b) М 1:500000 c) М 1:300000 d) М 1:200000	ОПК-2
7.	b	Лист плана, с размерами (25" – по широте, на 37,5" – по долготе) имеет масштаб: a) М 1:5000 b) М 1:2000 c) М 1:1000 d) М 1:500	ОПК-2
8.	27	На топографической карте масштаба М 1:10000 расположен треугольник, одна из сторон которого составляет 10 см, а длина перпендикуляра, проведенного из вершины напротив равна 5.4 см. Площадь треугольника на местности будет ### га. Определите площадь.	ОПК-2
9.		Дайте определение понятия «масштаб топографической карты». Назовите виды масштабов, применяемых на топографической карте.	ОПК-2
10.		Дайте определение понятий «наименьшее деление линейного масштаба» и «точность линейного масштаба». Определите предельную точность линейного масштаба.	ОПК-2
11.		Расскажите об измерениях Эратосфена по определению радиуса Земли	ОПК-2
12.		Расскажите о первых геодезических измерениях на Руси	ОПК-2
13.		Расскажите о произведении «Большой Чертеж Русского государства»	ОПК-2
14.		Дайте определение понятия «рельеф». Расскажите о способах изображения рельефа на топографической карте	ОПК-2
15.		Охарактеризуйте принцип измерения отрезка на карте с помощью линейного и поперечного масштаба.	ОПК-2

16.		Охарактеризуйте принцип измерения крутизны склона на карте с помощью графика заложений и аналитическим методом	ОПК-2
17.		Алгоритм создания профиля местности по заданной линии	ОПК-2
18.		Алгоритм определения площади заданной фигуры по топографической карте с помощью палетки и аналитическим методом	ОПК-2
19.		Алгоритм определения по карте дирекционного угла и географического азимута	ОПК-2
20.		Алгоритм определения по карте географических и плоских прямоугольных координат	ОПК-2
21.		Алгоритм решения обратной геодезической задачи и алгоритм решения прямой геодезической задачи	ОПК-2
22.		Охарактеризуйте методы создания плановых геодезических сетей (триангуляция, трилатерация, полигонометрия)	ОПК-2
23.		Алгоритм угловой увязки замкнутого теодолитного хода	ОПК-2
24.		Алгоритм линейной увязки замкнутого теодолитного хода	ОПК-2
25.		Сущность геометрического нивелирования. Принцип высотной увязки замкнутого теодолитного хода	ОПК-2
26.		Вычислите проектную и рабочие отметки при нивелировании поверхности по квадратам.	ОПК-2
27.		Определите линию нулевых работ в картограмме земляных работ. Определите объемы получившихся насыпей и выемок.	ОПК-2
28.		Охарактеризуйте полевые работы при трассировании линейного сооружения.	ОПК-2
29.		Определите элементы закругления трассы линейного сооружения	ОПК-2
30.		Произведите расчет прямых и кривых участков трассы линейного сооружения	ОПК-2
		Семестры 1 и 2	