

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева

Горный институт имени О.А.Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ДИСЦИПЛИНЫ СТУДЕНТА**

по дисциплине **ГЕОДЕЗИЯ**

для специальности 050711 – Геодезия и картография

Алматы 2004

Учебно-методический комплекс по дисциплине **Геодезия** для студентов КазНТУ имени К.И.Сатпаева по специальности 050711 - Геодезия и картография.

Составитель А.В.Земцова, Алматы: КазНТУ, 2004.

С.Т.Солтабаева, Алматы: КазНТУ, 2004. - 311 с.

Составители: Нурпеисова Маржан Байсановна – д.т.н., проф.

Земцова Ангелина Валентиновна – ст.преподаватель

Рысбеков Канай Бахитович – к.т.н., ст.преп.

Солтабаева Сауле Темирболатовна – преподаватель

Аннотация. Учебно-методический комплекс дисциплины Геодезия для студентов специальности 050711 – Геодезия и картография имеет своей целью максимально помочь студентам при самостоятельной проработке курса геодезии при выполнении, как лабораторных работ, так и в изучении теоретической части дисциплины. УМК разработан соответствии с содержанием ГОСО РК, квалификационной характеристикой, типовым и рабочим учебным планами специальности 050711 – Геодезия и картография и отражает основное содержание дисциплины геодезия, что призвано облегчить выбор студентам предмета и соответственно этому - траекторию обучения.

Учебно-методический комплекс состоит из учебной программы дисциплины (Syllabus), краткого конспекта лекций, методических материалов, учебно-практического материала для самостоятельной работы студента, списка необходимой литературы, глоссария. Тестовые и контрольные вопросы предназначены для проведения студентом самоконтроля своих знаний по курсу.

УМК позволит активизировать познавательную и творческую деятельность студентов, организовать самостоятельную работу студентов в аудиторное и внеаудиторное время.

1 УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ – SYLLABUS

1.1 Данные о преподавателях:

Преподаватель, ведущий занятия Земцова Ангелина Валентиновна – старший преподаватель

Контактная информация р.т. 925417

Время пребывания на кафедре

1.2 Данные о дисциплине:

Название	<u>Геодезия</u>
Количество кредитов	<u>6</u>
Место проведения	<u>корпус ГМК</u>

Таблица 1

Выписка из учебного плана

Курс	Семестр	Кредиты	Академических часов в неделю					Форма контроля
			Лекции	Лаб.занятия	СРС	СРСП	Всего	
1	2	3	4	5	7	8	9	10
1	1	4	6	6	4	3	285	Экзамен
1	2	2	3	3	2	3	165	Курсовой проект

1.3 Пререквизиты:

Перечень дисциплин, предшествующих изучению курса «Геодезия»:

Физика. Раздел «Оптика»;

Математика. Раздел «Аналитическая геометрия», «Теория вероятности».

1.4 Постреквизиты:

Знания дисциплины «Геодезия» используются при изучении следующих дисциплин:

Высшая геодезия;

Картография;

Фотограмметрия;

Теория математической обработки геодезических измерений;

Геодезическое инструментоведение.

1.5 Краткое описание

Целью преподавания дисциплины «Геодезия» является обучение будущих специалистов основам теоретических и практических знаний по основным видам топографо-геодезических работ, выполняемых в современных условиях геодезического производства: создание геодезического и съемочного обоснования крупномасштабных съемок, проведение съемок местности, математическая обработка результатов измерений при построении плановых и высотных сетей сгущения и планово-высотного обоснования.

Задачами изучения дисциплины «Геодезия» является обучение студентов знаниям и умению:

- пользоваться топографическим планом и картой, решать на их основе различные задачи: графические и аналитические;
- выполнять простейшие геодезические измерения с помощью основных геодезических приборов и использовать точные приборы для геодезических измерений;
- обрабатывать результаты геодезических измерений и топосъемок с дальнейшим построением топографических планов и профилей местности;
- производить предварительную обработку результатов измерений;

проектировать, уравнивать и выполнять оценку точности полигонометрических сетей IV класса, 1 и 2 разряда, геометрического нивелирования III и IV классов.

Таблица 2

1.6 Перечень и виды заданий и график их выполнения:

Виды контроля	Вид работы	Тема работы	Ссылки на рекомендуемую литературу с указанием страниц	Баллы (согласно рейтинговой шкале)	Сроки сдачи
					неделя
1	2	3	4	5	6
1 семестр					
Текущий контроль	Лаб.р.1	Масштабы. Решение задач по изучению масштабов	3осн.[4-7]	1	1
	Лаб.р.2	Определение географических и прямоугольных координат.	3осн.[9-11]	1	1
	Лаб.р.3	Основные формы рельефа. Определение отметок точек на плане, карте. Построение горизонталей.	3осн.[13-14]	1	1
	Лаб.р.4	Уклоны. Построение графика заложений. Построение профиля по заданной линии на карте.	3осн.[13-15]	1	2
	Лаб.р.5	Изучение условных знаков. Вычерчивание схематического плана местности по описанию	4доп.[1-15]	1	2
	Лаб.р.6	Определение границ водосборной площади по карте	11осн.[26-27]	1	3
	Лаб.р.7	Работа с картой. Определение номенклатуры карты.	11осн.[415-420]	1	3
	Лаб.р.8	Ориентирование линий. Определение и вычисление истинного и магнитного азимутов, дирекционного угла, румбов.	3осн.[12-13]	1	3
	Лаб.р.9	Решение прямой и обратной геодезических задач	3осн.[8-10]	1	4
	Лаб.р.10	Устройство нивелира (НВ, Н-3), и реек. Поверки и юстировки нивелира.	3осн.[15-16]	2	4
	Лаб.р.11	Обработка журнала технического нивелирования.	3осн.[17-20]	1	5
	Лаб.р.12	Построение профиля трассы.	3осн.[20-21]	1	5
	Лаб.р.13	Определение элементов круговой кривой	11осн.[244-246]	1	5
	Лаб.р.14	Вертикальная планировка площадей	11осн.[257-266]	1	6
	Лаб.р.15	Построение профиля трассы в программе Credo	9доп.[5-10]	1	6
	Лаб.р.16	Уравнивание нивелирного хода между двумя пунктами геодезической сети	11осн.[574-576]	1	7
	Лаб.р.17	Уравнивание замкнутого нивелирного хода	11осн.[574-576]	1	7
	Лаб.р.18	Устройство теодолита 2Т-30. Поверки и юстировки теодолита. Снятие отсчета.	3осн.[4-5]	1	7
	Лаб.р.19	Измерение горизонтальных и вертикальных углов теодолитом 2Т-30. Ведение журнала.	3осн.[6-7]	1	8
	Лаб.р.20	Измерение расстояний нитяным дальномером.	3осн.[6-7]	1	8
	Лаб.р.21	Определение превышений теодолитом	3осн.[6-7]	1	8

	Лаб.р.22	Вычисление горизонтального проложения линии, измеренной мерной лентой	3 осн. [22-23]	1	9
	Лаб.р.23	Геодезические засечки	12 осн. [391-411]	1	9
	Лаб.р.24	Вычисление ведомости координат теодолитного хода.	3осн.[6-13]	1	9
	Лаб.р.25	Построение плана теодолитной съемки	3осн.[6-13]	1	10
	Лаб.р.26	Вычисление журнала тахеометрической съемки.	3осн.[22-23]	1	10
	Лаб.р.27	Составление тахеометрического плана.	3осн.[24-25]	1	11
	Лаб.р.28	Поверки и юстировки кипрегеля. Поверки мензулы. Подготовка планшетов для мензурной съемки.	11осн.[270-271]	1	11
	Лаб.р.29	Определение площади участка аналитическим методом	11осн.[183-186]	1	12
	Лаб.р.30	Определение площади участка с помощью палетки.	11осн.[187-189]	1	12
	Лаб.р.31	Определение площади участка графическим методом	11осн.[182-183]	1	12
	Лаб.р.32	Вычисление средней квадратической ошибки определения площади.	11осн.[366-367]	1	13
	Лаб.р.33	Равноточные измерения. Определение вероятнейшего значения угла.	11осн.[367-369]	1	13
	Лаб.р.34	Обработка результатов неравноточных измерений в нивелирных ходах	11осн.[374-380]	1	13
	Лаб.р.35	Вычисление разбивочных элементов для перенесения проекта в натуру полярным способом.	9 осн. [210-213]	1	13
	Лаб.р.36	Вычисление недоступного расстояния	12 осн. [88-90]	1	14
	Лаб.р.37	Предварительная оценка точности сети триангуляции 1 разряда	11осн.[535-556]	1	14
	Лаб.р.38	Предварительная оценка точности сети полигонометрии 1 разряда	11осн.[535-556]	2	15
Рубежный контроль	1 Тест	Модуль 1, 2, 3		10	6
	2 Тест	Модуль 4, 5		10	11
Итоговый контроль	Экзамен			40	16
2 семестр					
	Лаб.р.39	Изучение точных теодолитов, их исследование, поверки и юстировки.	10 осн. [10-25]	3	1
	Лаб.р.40	Измерение горизонтальных направлений методом круговых приемов. Измерение зенитных расстояний точными теодолитами.	10 осн. [25-28]	3	2
	Лаб.р.41	Обработка журнала измерения горизонтальных направлений и зенитных расстояний.	10 осн. [28-29]	2	3
	Лаб.р.42	Снесение координат с вершины недоступного знака на землю	10 осн. [59-60]	2	3

	Лаб.р.43	Привязка настенных полигонометрических знаков	10 осн. [62-64]	3	4
	Лаб.р.44	Измерение расстояний светодальномером	10 осн. [29-41]	2	5
	Лаб.р.45	Вычисление и обработка результатов измерений расстояний светодальномером	10 осн. [40-41]	1	6
	Лаб.р.46	Предварительные вычисления, уравнивание одиночного изогнутого полигонометрического хода, оценка точности.	10 осн. [53-59];	1	6
	Лаб.р.47	Изучение нивелиров Н-3 и Н-3К и двухсторонних шашечных реек РНЗ.	10 осн. [73]	3	7
	Лаб.р.48	Поверки и исследования нивелиров Н-3 и Н-3К и реек РНЗ.	10 осн. [74]	3	8
	Лаб.р.49	Нивелирование III класса. Работа на станции. Обработка журнала.	10 осн. [76-77]	2	9
	Лаб.р.50	Нивелирование IV класса. Работа на станции. Обработка журнала.	10 осн. [76-77]	2	9
	Лаб.р.51	Уравнивание системы нивелирных ходов с одной узловой точкой.	11осн.[576-578]	2	10
	Лаб.р.52	Уравнивание системы нивелирных ходов методом приближений	11осн.[594-602]	2	11
	Лаб.р.53	Уравнивание системы нивелирных ходов методом эквивалентной замены	11осн.[585-587]	3	12
	Лаб.р.54	Вычисление координат опознаков, определенных полярным способом	10 осн. [125-130]; 7 доп. [58-59]	2	13
	Лаб.р.55	Вычисление координат опознака, определенных комбинированной засечкой	10 осн. [125-130]; 7 доп. [59-60]	2	14
	Лаб.р.56	Ознакомление с электронным тахеометром, работа с ним	9 осн. [108-109]	2	15
Рубежный контроль	3 тест	Модуль 6, 7		10	6
	4 тест	Модуль 8,9		10	11
Итоговый контроль	Курсовой проект	Проектирование геодезической сети при создании топографических карт масштаба 1:5000 методом комбинированной съемки	8 осн.[1-10]	40	15

1.7 Список литературы

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Нурпеисова М.Б. Комплекс лабораторных работ по геодезии, электронное учебное пособие. - Алматы, КазНТУ, 2003
- 3) Нурпеисова М.Б. и др. Геодезические измерения и обработка их результатов, метод. указ.- Алматы, КазНТУ, 2003
- 4) Наумывакин Ю.К. Практикум по геодезии. - М.: Недра, 1985
- 5) Федоров В.И., Титов А.И., Холдобаев В.А. Практикум по инженерной геодезии и аэрогеодезии. - М.: Недра, 1987, 365 с.
- 6) Неумывакин Ю.К. и др. Геодезия. Топографические съемки. - М.: Недра, 1991, 317 с.
- 7) Новак В.Е., Лукьянов В.В. Учебное пособие по геодезической практике. - М: Недра, 1987, 226 с.

8) Хахимов К.Х. «Проект геодезического обоснования для стереофототопографической съемки М 1: 5000». - А.: КазНТУ, 1998

9) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

10) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Ященко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

11) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

12) Селиханович В.Г. Геодезия. - М.: Недра, 1981

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

4) Условные знаки для топографических планов М 1:5000 – 1:500. - М.: Недра, 1989

5) Макеев Ф.И. Тахеометрические таблицы. - М.: Недра, 1981

6) Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. - М.: Недра, 1974

7) Инструкция по топографической съемке в М 1: 5000, 1:2000; 1: 1000, 1:500. - М.: Недра, 1982

8) Инструкция о построении Государственной геодезической сети СССР. - М.: Недра, 1966

9) CREDO. Инженерно-геодезические и землеустроительные работы, НПО «КРЕДО-ДИАЛОГ», Минск, 2000.

10) CREDO. От изысканий до проекта. НПО «КРЕДО-ДИАЛОГ», Минск, 2000.

11) Практикум по геодезии. Под ред. Селиханович В.Г. – М.: Недра, 1978.

1.8 Сведения об оценке знаний

Таблица 3

Распределение рейтинговых баллов по видам контроля

1 семестр

№ вариантов	Вид итогового контроля	Виды контроля	Баллы
1	Экзамен	Итоговый контроль	40
		Рубежный контроль	20
		Текущий контроль	40

2 семестр

№ вариантов	Вид итогового контроля	Виды контроля	Баллы
3	Курсовой проект	Итоговый контроль	40
		Рубежный контроль	20
		Текущий контроль	40

Таблица 4

Календарный график учебного процесса по дисциплине «Геодезия»

1 семестр

Недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Виды контроля	Л1	Л4	Л6	Л9	А	РК	Л16	Л19	Л22	А	РК	Л29	Л32	Л36	Л38
	Л2	Л5	Л7	Л10	Л11	Л14	Л17	Л20	Л23	Л25	Л27	Л30	Л33	Л37	
	Л3		Л8		Л12	Л15	Л18	Л21	Л24	Л26	Л28	Л31	Л34	Л35	
Балл	3	2	3	3	3	10+ 2	3	3	3	2	10+ 2	3	4	2	2

Виды контроля: Л – лабораторная работа

РК – рубежный контроль,

Вид итогового контроля – Экзамен – 40 баллов

Таблица 4а

Недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Виды контроля	Л39	Л40	Л41 Л42	Л43	А Л44	РК Л45 Л46	Л 47	Л48	Л49 Л50	А Л51	РК Л52	Л53	Л54	Л55	Л56
Балл	3	3	4	3	2	10+ 2	3	3	4	2	10+ 2	3	2	2	2

Виды контроля: Л – лабораторная работа

РК – рубежный контроль,

Вид итогового контроля – Курсовой проект – 40 баллов

Таблица 5

Оценки знаний студентов

Оценка	Буквенный эквивалент	В процентах %	В баллах
Отлично	А	95 - 100	4
	А-	90-94	3,67
Хорошо	В+	85-89	3,33
	В	80-84	3,0
	В-	75-79	2,67
Удовлетворительно	С+	70-74	2,33
	С	65-69	2,0
	С-	60-64	1,67
	Д+	55-59	1,33
	Д-	50-54	1,0
Неудовлетворительно	F	0-49	0

1.9 Политика и процедура

Посещение занятий является обязательным для всех студентов, пропущенные занятия отрабатываются. Лабораторные работы в виде текущего контроля должны сдаваться своевременно в соответствии со сроком сдачи. Несвоевременность сдачи уменьшает баллы текущего контроля. Рубежный контроль предусмотрен в виде тестов и выполняется соответственно календарному графику учебного процесса.

2 СОДЕРЖАНИЕ АКТИВНОГО РАЗДАТОЧНОГО МАТЕРИАЛА

2.1 Тематический план курса

Наименование темы	Количество академических часов			
	Лекция	Лабораторные	СРСП	СРС
1. Общие сведения о геодезии	4	-	10	10
2. Изображение земной поверхности на плоскости	11	17	6	6
3. Ориентирование линий, прямая и обратная геодезические задачи	4	6	4	4
4. Геометрическое нивелирование	14	14	4	4
5. Вычислительная обработка нивелирных ходов	2	4	3	3
6. Методы геодезических измерений. Угловые измерения	6	4	4	4
7. Линейные измерения	3	6	4	4
8. Геодезические сети	7	2	3	3
9. Топографические съемки	7	6	3	3
10. Тахеометрическая съемка	4	8	3	3
11. Определение площадей	6	6	4	4
12. Общие сведения из теории ошибок измерений	5	4	4	4
13. Специальные геодезические работы	7	5	4	4
14. Общие сведения о геодезическом обосновании крупномасштабных съемок	2	-	4	4

15. Геодезические сети сгущения	8	8	3	3
16. Угловые измерения в полигонометрии	6	11	3	3
17. Линейные измерения в полигонометрии	7	4	3	3
18. Уравнительные вычисления в полигонометрии	3	2	3	3
19. Построение высотных сетей сгущения	9	8	3	3
20. Уравнивание нивелирных сетей и ходов	4	10	3	3
21. Барометрическое нивелирование	3	-	3	3
22. Крупномасштабные топографические съемки	4	-	3	3
23. Комбинированная аэрофотосъемка	6	4	3	3
24. Автоматизация топографических съемок	3	6	3	3

2.2 Тезисы лекционных занятий

МОДУЛЬ 1

Тема 1. Общие сведения о геодезии.

Лекция №1. Определение геодезии как науки и ее задачи

Геодезия – одна из древнейших наук о Земле. Само название предмета (геодезия – в переводе с греческого «землеразделение») указывает, что геодезия как наука возникла из практических потребностей человечества, связанных с измерением и разделением участков. Современная геодезия является многогранной наукой, решающей сложные научные, научно-технические и инженерные задачи путем специальных измерений, выполняемых при помощи геодезических и других приборов, и последующей математической и графической обработки их результатов.

Геодезию можно определить как науку о методах и технике производства измерений на земной поверхности, выполняемых с целью изучения фигуры Земли, изображения земной поверхности в виде планов, карт и профилей, а также решения различных прикладных задач.

С развитием человеческого общества, с повышением уровня науки и техники меняется и содержание геодезии. В процессе своего развития геодезия разделилась на ряд самостоятельных научных и научно-технических дисциплин:

1. *Высшая геодезия* решает задачи по изучению фигуры и размеров Земли и планет, а также по созданию геодезических опорных сетей. При подробном изучении методов решения задач высшей геодезии из нее выделяются в отдельные дисциплины геодезическая астрономия, геодезическая гравиметрия и космическая геодезия. *Геодезическая астрономия* занимается вопросами определения исходных данных для опорных геодезических сетей на основе наблюдений небесных светил. *Геодезическая гравиметрия* занимается изучением фигуры Земли путем измерения с помощью специальных приборов силы тяжести в отдельных точках земной поверхности. *Космическая (спутниковая) геодезия* изучает геометрические соотношения между точками земной поверхности с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ).

2. *Геодезия или топография* изучает вопросы, связанные со съемками сравнительно небольших участков земной поверхности и их детальным изображением в виде планов и карт.

3. *Картография* изучает методы и процессы создания изображений значительных территорий земной поверхности в виде карт различного назначения, технологию их производства и размножения.

4. *Фототопография* занимается разработкой методов создания планов и карт по фотоснимкам и аэрофотоснимкам местности.

5. *Морская геодезия* разрабатывает методы специальных измерений, связанных с картографированием и изучением природных ресурсов дна морей и океанов.

6. *Прикладная геодезия* занимается изучением методов геодезических работ, выполняемых при изысканиях, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, монтаже оборудования, а также эксплуатации природных богатств страны.

Прикладная геодезия широко использует методы геодезии, а в отдельных случаях – и свои приемы и средства.

Связь геодезии с другими науками.

Геодезия опирается на достижения ряда научных дисциплин, в первую очередь *математики, физики и астрономии*. Математика вооружает геодезию средствами анализа и методами обработки результатов измерений. Астрономия обеспечивает геодезию исходными данными для развития геодезии.

ческих опорных сетей. На основе законов физики рассчитывают геодезические приборы. Успешно используются достижения науки и техники в области *автоматики, телемеханики и радиоэлектроники*, на базе которых конструируются приборы.

Изучением Земли в различных аспектах занимаются *география, геология, геоморфология, гравиметрия и геофизика*. Поэтому совершенно естественна тесная связь геодезии с этими науками. Знание географии обеспечивает правильную трактовку элементов ландшафта, который составляют рельеф, естественный покров земной поверхности (растительность, почвы, моря, реки и т.д.) и результаты деятельности человека (населенные пункты, дороги, сооружения, средства связи и т.д.). Формы рельефа и закономерности их изменения познаются при помощи геологии и геоморфологии. Изучение фигуры Земли связано с исследованиями ее внешнего гравитационного поля, которые невозможно без использования законов и приборов гравиметрии.

Применение в геодезии фотоснимков требует знания *фотографии*. Для качественного графического оформления планов, карт и профилей необходимо изучение правил и приемов *топографического черчения*.

Геодезия имеет огромное научное и практическое значение в самых различных сферах экономики нашей страны.

Исследование околоземного и космического пространства требует детального изучения внешнего гравитационного поля Земли и распределения масс в ее теле. Поэтому роль геодезии в решении задач космических исследований чрезвычайно велика.

Геодезические измерения широко используются в современных научных исследованиях по изучению внутреннего строения Земли и процессов, происходящих на ее поверхности и в недрах. С их помощью фиксируются величины вертикальных и горизонтальных тектонических движений земной коры, изменения береговых линий морей и океанов, колебания уровней последних и т.п.

В настоящее время трудно найти практическую область экономики, в которой геодезия и геодезические работы не имели бы существенного значения.

Для обеспечения непрерывного роста производительных сил страны чрезвычайно важно изучение ее территории в топографическом отношении, что осуществляют с помощью карт и планов, создаваемых по результатам геодезических работ. Карты являются основой для отображения результатов научных исследований и практической деятельности в области геологии, географии, геофизики и других наук. Карты различного назначения и содержания являются средством познания природы и жизни на Земле, источником разнообразных сведений о мире.

Роль геодезии в научных исследованиях, в землеустройстве, в маркшейдерском деле, строительстве, обороне страны.

Геодезия играет важную роль в решении многих задач народного хозяйства: при изысканиях, проектировании и строительстве самых различных сооружений при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых, при планировке, озеленении и благоустройстве населенных пунктов, земле- и лесоустройстве, осушении земель, при наблюдениях за деформациями сооружений и т.д.

Важное значение геодезия имеет при проведении поисковых и геологоразведочных работ, где геодезическое обслуживание, выполняемое для различных видов геологических исследований, требует зачастую применения ряда сложных геодезических методов и приборов и высокой профессиональной подготовки исполнителей.

Велика роль геодезии в обороне страны. Карты – «глаза армии» – используются для изучения местности, отражения на ней боевой обстановки и разработки планов проведения боевых операций, при стрельбе по невидимым целям и возведении военно-инженерных сооружений.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы:

- 1) Предмет геодезии
- 2) Задачи геодезии
- 3) Связь геодезии с другими науками
- 4) Роль геодезии в научных исследованиях, в землеустройстве, в маркшейдерском деле, строительстве, обороне страны.
- 5) Для чего нужны карты?

Лекция №2. Краткие очерк развития геодезии. Организационные формы геодезической службы в РК

Геодезия возникла в глубокой древности, когда появилась потребность изучения земной поверхности для хозяйственных целей. Еще задолго до нашей эры в Египте, Месопотамии, Китае и Греции геодезия играла важную роль в вопросах землепользования и инженерного строительства каналов, дамб, пирамид и других сооружений.

Уже в древности геодезия решала не только практические, но и чисто научные задачи. Представления о форме Земли основывались на научных наблюдениях за явлениями природы. Пифагор и Аристотель считали Землю шарообразной. Эратосфен (276-194г.г. до н.э.) вычислил окружность Земли (около 40 тыс.км.), что почти совпадает с ее современным значением.

Широкое развитие геодезии получила в XVI в. в связи с новой экономикой зарождавшегося буржуазного общества.

Новый этап в геодезии открылся с изобретения астрономической трубы в начале XVII в. (Янсен, Галилей, Кеплер), уровня, верньера и дальномера. Первые геодезические приборы с оптической трубой – нивелиры появились во второй половине XVII в. В 1787г. английским механиком Рамеденом был изобретен теодолит с оптической трубой. В начале XVII в. голландский ученый Снеллиус предложил метод триангуляции для определения с высокой точностью значительных расстояний на местности.

В конце XVII в. И. Ньютон на основе открытого им закона всемирного тяготения пришел к выводу, что Земля должна иметь форму шара, сплюснутого у полюсов. Начавшиеся в XVIII в. градусные измерения подтвердили теоретические выводы Ньютона о сфероидичности Земли.

Научная постановка геодезических работ в России была осуществлена в эпоху Петра I. В этот период широкое развитие получили промышленность, мореплавание, военное дело и торговля, что выдвинуло новые требования к геодезическим измерениям и картографированию. В малоизученные районы государства были направлены специальные экспедиции для производства съемочных работ. Были выполнены первые топографические съемки на Дону, Иртыше, Камчатке и Курильских островах.

В 1739 г. был учрежден Географический департамент, руководителем которого в 1758-1765 г.г. был великий русский ученый М.В.Ломоносов. В XVIII в. в России были созданы первые учебные заведения для подготовки геодезистов. В 1779 г. создана Межевая школа, преобразованная в 1838 г. в Межевой институт (ныне МИИГАиК) – высшее учебное заведение по подготовке геодезистов. К первой половине XVIII в. относится начало изготовления в России геодезических приборов. Большие картографические работы в России были выполнены после Отечественной войны 1812 г. Значительный вклад в картографирование страны внес созданный в 1822 г. Корпус военных топографов.

Один из этих военных корпусов находился в г.Омск, где его окончил в 1853 году первый казахский ученый Чокан Валиханов – составитель первых планов и карт казахских степей. Если он в 1850-52 годах, будучи студентом составил схематические карты горы Сырымбет и его окрестностей, пикетных дорог Кокшетауского и Кошмурунского округов и карту казахской степи XVIII века, то с 1856 года принимая участие в военно-научной экспедиции, проведя топографические съемки территории Казахстана, Иссык-Куля и Центральной Тянь-Шани составил карту Центральной Азии, маршрутную карту от Кашгара до Ташкента и др. О ценных исследованиях Ч.Валиханова в области географии и топографии информацию можно получить в 3 томе его 5-ти томного собрания сочинений /2/.

В XX веке происходит дальнейшее развитие геодезии, создается Высшее геодезическое управление (ВГУ), впоследствии переименованное в Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ГУК СССР), основной задачей которого являлось сплошное картографические страны для изучения ее территории в топографическом отношении в целях поднятия и развития производительных сил.

Русскими геодезистами под руководством Ф.Н.Красовского установлены новые параметры фигуры Земли. Существенный вклад в развитие геодезической науки внесли А.А.Изотов, М.С.Молоденский, Ф.В.Дробышев, А.С.Чебатареv, П.С.Закатов, Н.Т.Келль и др.

Организационные формы геодезической службы в РК

В РК государственную топографо-геодезическую и картографическую службу возглавляет Агентство по управлению земельными ресурсами РК. В его подчинении находятся ПО «Южгеодезия», «Севергеодезия», «Астана-топография», «Караганда-маркшейдерия». Главными производственными задачами Агентства и его производственных объединений являются:

1. Производство высокоточных работ по развитию геодезических сетей на территории республики и выполнение топографических съемок для создания карт.

2. Координация и государственный контроль геодезических и топографических работ, выполняемых различными ведомствами и организациями.

При Агентстве по управлению земельными ресурсами республики имеется картографический фонд (Алматыгеокарт), в котором сосредоточены все материалы картографо-геодезических работ, выполняемых на территории республики.

В Республике создан «Центр по геоинформационному обеспечению Вооруженных сил РК», который создает и издает различного рода и назначения карт, планов и атласов.

Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы:

1) Краткие сведения из истории геодезии

2) Организационные формы геодезической службы в РК

3) Когда начались появляться первые геодезические приборы?

4) Когда и где было создано первое учебное заведение по подготовке геодезистов?

5) Назовите ученых внесших вклад в геодезию.

Лекция №3. Основные понятия о фигуре и размерах Земли. Основные определения геодезии

Точное знание формы и размеров Земли необходимо во многих областях науки и техники (при запуске искусственных спутников и космических ракет, в авиации, мореплавании, радиосвязи и т.д.) и прежде всего в самой геодезии для правильного изображения земной поверхности на картах.

Поверхность Земли общей площадью 510 млн.км² разделяется на Мировой океан (71%) и сушу или материки (29%). Средняя глубина Мирового океана – около 3800м; средняя высота над средним уровнем воды в океанах – около 875м. Поэтому можно считать, что суша имеет вид небольшого по сравнению с общей поверхностью Земли и невысокого над уровнем моря по сравнению с его глубиной плоскогорья.

Представление о форме Земли в целом можно получить, если вообразить, что вся планета ограничена поверхностью Мирового океана в спокойном состоянии, непрерывно продолженной под материками. Такая замкнутая поверхность, в каждой своей точке перпендикулярная к отвесной линии, т.е. к направлению действия силы тяжести, называется *уровенной поверхностью*.

Уровенных поверхностей, огибающих Землю, можно вообразить множество. Та из них, которая совпадает со средним уровнем воды океанов в спокойном состоянии, образует фигуру, которая в геодезии принята за общую фигуру Земли, называемую *геоидом*. Фигура геоида определяется направлением отвесных линий, положение которых зависит от распределения масс в земной коре. Вследствие невозможности определения истинного распределения масс внутри Земли поверхность геоида нельзя представить каким-либо конечным математическим уравнением. Поэтому возникла необходимость замены поверхности геоида математически правильной и возможно ближе подходящей к ней поверхностью. Обычно рассматривают две такие поверхности.

В первом приближении уровенную поверхность Земли можно заменить *сферой* определенного радиуса. Путем точных геодезических, астрономических и гравиметрических измерений установлено, что по форме поверхность геоида наиболее близко подходит к математической поверхности эллипсоида вращения. Данная поверхность, образованная вращением эллипса PEP_1E_1 (рис.1) вокруг его малой

оси PP_1 называется поверхностью *земного эллипсоида* или *сфероида*. Размеры земного эллипсоида характеризуются длинами его полуосей a (большая полуось) и b (малая полуось) и полярным сжатием:

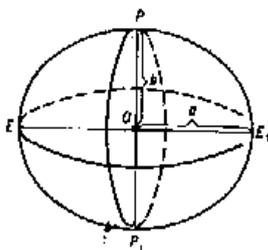


Рис.1. Земной эллипсоид вращения

$$\alpha = (a - b) / a$$

Линии сечения поверхности сфероида плоскостями, проходящими через ось вращения PP_1 называются *меридианами* и представляют собой эллипсы. Линии сечения поверхности сфероида плоскостями, перпендикулярными к оси вращения, называются *параллелями* и являются окружностями. Параллель, плоскость которой проходит через центр сфероида, называется *экватором*.

Изучение фигуры Земли сводится в первую очередь к определению размеров полуосей и сжатия эллипсоида, наилучшим образом подходящего к геоиду и правильно ориентированного в теле Земли. Такой эллипсоид называется *референц-эллипсоидом*. Величины a , b , α могут быть определены посредством градусных измерений, которые позволяют вычислить длину дуги меридиана в 1° . Зная величины таких дуг в различных местах меридиана, можно установить форму и размеры Земли.

Размеры земного эллипсоида неоднократно определялись учеными разных стран. До 1946г. в СНГ пользовались эллипсоидом, размеры которого были получены в 1841 г. немецким астрономом Ф.В.Бесселем ($a=63777\ 397\text{м}$, $b=6\ 356\ 079\text{м}$, $\alpha=1:299,2$). Однако эллипсоид Бесселя на территории республики значительно отходит от поверхности геоида.

В 1940 г. отечественными учеными под руководством проф.Ф.Н.Красовского и А.А.Изотова были получены размеры эллипсоида, наиболее подходящие для территории республики ($a=6\ 378\ 242\text{м}$, $b=6\ 356\ 863\text{м}$, $\alpha=1:298,3$). Эллипсоид указанных размеров с 1946 г. постановлением правительства принят для геодезических работ в нашей стране и назван эллипсоидом Красовского.

Размеры эллипсоида Красовского, полученные из обработки геодезических, гравиметрических и астрономических материалов градусных измерений СНГ, Западной Европы и США, являются наиболее обоснованными как по объему использованных материалов, так и по строгости их обработки.

Современная теория фигуры Земли получила строгое решение в трудных советских ученых, главным образом чл.корр. АН СССР М.С.Молоденского. Им разработана теория, определяющая по результатам измерений непосредственно фигуру физической поверхности Земли, а не геоида. В этом случае отпадает необходимость привлекать какие-либо гипотезы о внутреннем строении Земли.

В настоящее время изучение физической поверхности Земли производится путем определения положения (координат) точек местности относительно расположенной некоторым образом поверхности (поверхности относимости), за которую принимается поверхность референц-эллипсоида Красовского.

Особенности строения фигуры Земли полностью учитываются при математической обработке высокоточных геодезических измерений и создании государственных геодезических опорных сетей. Ввиду малости сжатия ($\alpha \approx 1:300$) при решении многих задач за фигуру Земли с достаточной для практических целей точностью можно принимать сферу, равновеликую по объему земному эллипсоиду. Радиус такой сферы для эллипсоида Красовского $R=6371,1\text{км}$.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

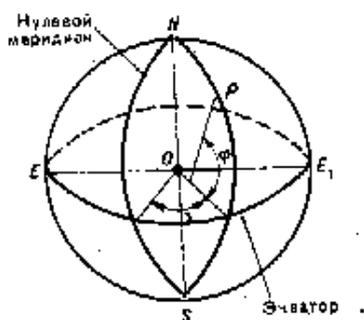
Контрольные вопросы

- 1) Общие сведения о фигуре Земли. Влияние Земли на результаты измерений.
- 2) Что мы называем уровенной поверхностью, геоидом.
- 3) Что называется референц-эллипсоидом?
- 4) Расскажите о эллипсоиде Красовского.
- 5) Чему равен радиус эллипсоида Красовского?

Лекция №4. Определение местоположения точек на земной поверхности. Системы координат и высот, применяемые в геодезии

Положение точек на земной поверхности может быть определено в различных системах координат.

Географическая система координат. Система географических координат является единой системой для всех точек Земли. При этом уровенная поверхность принимается за поверхность сферы. За начало отсчета в географической системе координат принимают начальный меридиан PM_0P_1 , проходящий через центр Гринвичской обсерватории на окраине Лондона, и плоскость экватора EQ (рис.2).



Положение всякой точки M на сфере в этой системе координат определяется углом φ , образованным радиусом – вектором MO с плоскостью экватора и углом λ , составленным плоскостью меридиана PMR , данной точки с плоскостью начального меридиана.

Угол φ , называемый *географической широтой*, отсчитывается от плоскости экватора к северу и к югу от 0° до 90° . Широты точек, расположенных в северном полушарии, называют северными, а в южном – южными. Угол λ , называемый *географической долготой*, отсчитывается от плоскости начального меридиана, имеют восточные долготы, а западные – западные.

Плоские прямоугольные координаты. Географические координаты неудобны для практического их использования в инженерных расчетах, как в геодезии, так и в маркшейдерском деле. Если размеры участка земной поверхности позволяет не принимать во внимание сферичность Земли, то при производстве геодезических работ часто применяется условная система плоских прямоугольных координат, начало которой выбирается произвольно.

Элементами данной системы координат являются (рис.3) ось 0_x , направление которой принимается параллельным истинному, магнитному или осевому меридиану зоны либо произвольным; ось 0_y , перпендикулярная к оси 0_x ; точка 0 – начало координат.

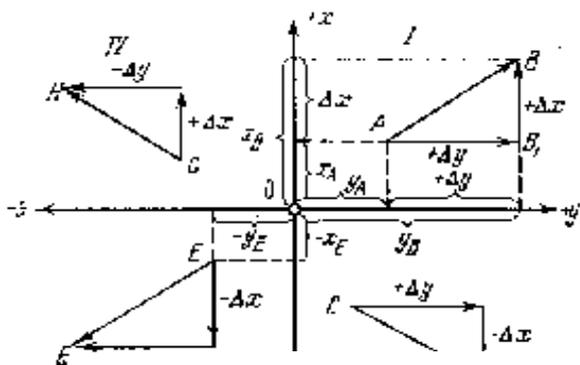


Рис.3. Система координат

Осями координат горизонтальная плоскость делится на четыре четверти. В отличие от принятой в математике *левой* системы плоских прямоугольных (декартовых) координат в геодезии применяется *правая* система прямоугольных координат, в которой нумерация четвертей ведется по ходу часовой стрелки, начиная с северо-восточной четверти; это позволяет использовать в геодезических вычислениях формулы тригонометрии без каких-либо изменений.

Положение любой точки на плоскости в данной системе определится координатами x, y ; их знаки зависят от четверти, в которой находится точка. Координаты точек, например A и B (x_A, y_A и x_B, y_B) равны соответственно расстояниям от начала координат до проекции этих точек на оси 0_x и 0_y .

Проекции линии AB на оси 0_x и 0_y называются *приращениями координат* и обозначаются $\Delta x, \Delta y$. Знаки приращений также зависят от четверти; если направления приращений координат – катетов прямоугольных треугольников – совпадают (см. рис.3) с положительным направлением координатных осей, то приращения координат будут положительны, если не совпадают, то приращения отрицательны.

Знаки приращений координат по четвертям показаны на рис. 4.

Если известны координаты x_A, y_A точки А и приращения координат $\Delta x, \Delta y$ между точками А и В, то координаты точки В будут равны

$$x_B = x_A + \Delta x; \quad y_B = y_A + \Delta y$$

Данная система координат применяется при горизонтальных съемках и составлении планов местности.

Зональная система прямоугольных координат Гаусса. Чтобы установить связь между географическими координатами любой точки Земли и прямоугольными той же точки на плоскости, применяют способ проектирования поверхности земного шара на плоскость по частям, которые называются *зонами*. При этом весь земной шар делят меридианами на шести- или трехградусные зоны (рис.4). Счет зон ведется на восток от Гринвичского меридиана.

Прежде чем спроектировать такую зону на плоскость, ее вначале проектируют на поверхность цилиндра, который располагают так, чтобы его ось проходила через центр земного шара и находилась в плоскости земного экватора. При этом земной шар должен касаться цилиндра по среднему меридиану данной зоны. После этого цилиндр разворачивают на плоскости и получают на ней изображение проекции данной зоны. Такая проекция называется проекцией Гаусса.

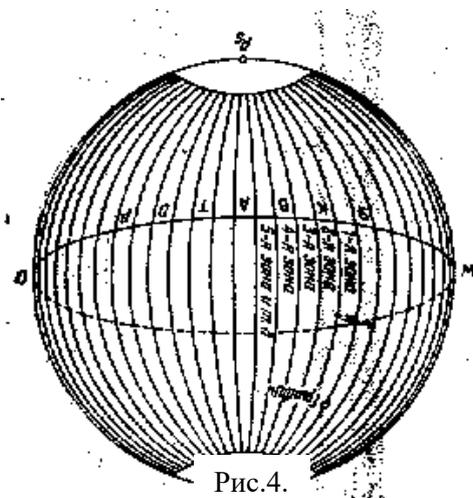


Рис.4.

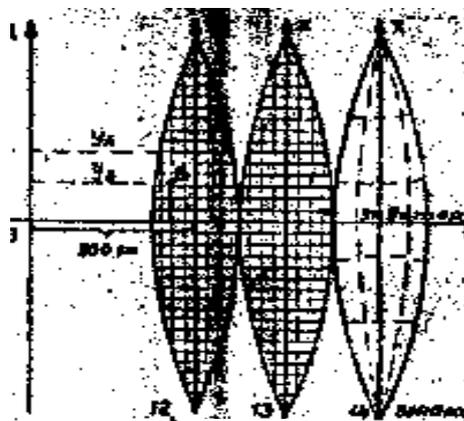


Рис.5.

В такой системе начало координат для всех зон принимается в точке пересечения осевого меридиана данной зоны с экватором. Координаты являются соответственно осью абсцисс и осью ординат (рис.5). Абсциссы, отсчитываемые от экватора к северному полюсу, считаются положительными, к южному – отрицательными; значения ординат от осевого меридиана на восток – положительными, на запад – отрицательными. Точка A_1 (рис.5) будут иметь координаты: абсциссу x_a и ординату y_a .

Так как территория республики расположена в северном полушарии, то все абсциссы для всех ее точек положительны. Чтобы избежать отрицательных значений ординат, ординату осевого меридиана зоны принимают не за нуль, а за 500км, т.е. начало координат в каждой зоне перемещают на запад на 500км. При этом принята следующая система записи ординат: например, запись 7 382 000 указывает на то, что точка находится в седьмой зоне и ее ордината равна – 118 000 м (382 000-500 000).

Полярная система координат. В полярной системе координат положение любой точки А на плоскости определяется радиусом – вектором r , исходящим из точки O , называемой полюсом, и углом β , отсчитываемым по ходу часовой стрелки от линии OX - полярной оси – до радиуса-вектора. Положение полярной оси на плоскости можно выбирать произвольно; иногда его совмещают с направлением меридиана, проходящего через полюс O .

Абсолютные и условные высоты

Спроектируем точку А физической поверхности Земли по направлению отвесной линии на уровенную поверхность. Высота H_A этой точки, измеряемая от уровня моря, называется *абсолютной*, а H' , измеряемая от произвольной уровенной поверхности – *условной*. *Относительной* высотой точки или *превышением* называется высота ее над другой точкой земной поверхности; она обозначается через h . Например, превышение точки А над точкой В составит: $h_A = H_A - H_B$. Для определения высоты уровня моря на его берегу надежно закрепляет в вертикальном положении рейку, с делениями – *футштоков* и периодически фиксируют уровень моря относительно этой рейки.

В Республике Казахстан высоты точек физической поверхности Земли приведены к нулю *Кронштадтского футштока* (черта на медной доске, установленной в гранитном устое моста через Об-

водной канал в Кронштадте).

Числовое значение высот точек называют отметками.

В случае выполнения геодезических работ на больших площадях приходится учитывать несовпадение поверхностей референц-эллипсоида и геоида (рис.9). Поэтому различают высоты *геодезические*, измеряемые от поверхности эллипсоида, и *ортометрические*, измеряемые от поверхности геоида.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы:

- 1) Какие системы координат в геодезии?
- 2) Как расположены и обозначаются географические координаты?
- 3) Как расположены и обозначаются прямоугольные координаты?
- 4) Какие высоты существуют?
- 5) Что называются отметками?

Тема 2. Изображение земной поверхности на плоскости

Лекция №5. Изображение земной поверхности на плоскости (план, карта, профиль)

Основным итогом топографо-геодезических работ является чертеж земной поверхности, составленный по определенным правилам и отвечающий установленным требованиям. Такими чертежами являются план, карта и профиль.

Из приведенного ранее видно, что при изображении небольшого участка земной поверхности в пределах площади круга радиусом до 10 км) соответствующую ему часть уровенной поверхности можно принять за горизонтальную плоскость. Следовательно, при ортогональном проектировании точек земной поверхности на горизонтальную плоскость горизонтальные проекции линий и углов местности будут получены без искажений. Чертеж, дающий в уменьшенном и подобном виде изображение горизонтальной проекции небольшого участка местности, в пределах которого кривизна уровенной поверхности не учитывается, называется *планом*.

На плане могут изображаться ситуации и рельеф. *Ситуацию* местности составляет совокупность контуров и неподвижных местных предметов. К *рельефу* относятся неровности земной поверхности естественного происхождения.

Если на плане изображается только ситуация, то такой план называется *ситуационным* или *контурным*. Если кроме ситуации на плане изображается рельеф, то такой план называется *топографическим*. По плану можно решать различные задачи: измерять расстояния между точками местности, углы между заданными направлениями, площади участков земной поверхности, определять отметки точек, крутизну скатов и т.п. Точность решения указанных задач зависит от масштаба плана.

Имея топографический план, можно составить изображение вертикального разреза местности по заданному направлению, называемое *профилем*. Профиль характеризует рельеф по линии местности. План и профиль служат основными исходными документами при проектировании и строительстве инженерных сооружений.

При изображении значительных территорий земной поверхности возникает необходимость учета кривизны Земли. Уменьшенное и искаженное из-за кривизны Земли изображение значительных территорий земной поверхности на плоскости, построенное в определенной картографической проекции, называется *картой*. При построении карты на плоскости бумаги наносится сетка меридианов и параллелей, называемая *картографической сеткой*, которая служит основой для нанесения ситуации местности.

План и карта представляют собой уменьшенное изображение на плоскости бумаги проекций

участков местности, однако между ними имеются существенные различия:

1. Масштаб в пределах плана есть величина постоянная; на карте масштаб изменяется от точки к точке и по направлениям. Установленный для данной карты масштаб соблюдается только по одному из направлений (по одному меридиану или параллели); этот масштаб называется *главным*. В остальных частях карты масштабы отличаются от главного и называются *частными*.

2. Карты выполняются в масштабах 1:10 000, 1:50 000, 1:100 000 и мельче; планы строятся в более крупных масштабах: 1:100, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 и реже 1:10 000.

В зависимости от масштаба карты условно делятся на: *крупномасштабные* - от 1:10 000 до 1:100 000, *среднемасштабные* - от 1:200 000 до 1:1000 000 и *мелкомасштабные* - мельче 1:1000 000.

Карты масштабов мельче 1:1000 000 называются обзорными, а масштабов 1:2000 000 – 1:1000 000 – обзорно-топографическими; они составляются по картам более крупных масштабов.

Крупномасштабные карты называются топографическими и составляются по результатам топографических съемок территорий. Топографические карты имеют многоцелевое назначение и характеризуются детальностью изображения всех элементов местности. Этим они отличаются от карт специального назначения, на которых особо выделяется один или несколько элементов (административные, почвенные, геологические и т.п.), тогда как остальные элементы представлены схематично либо вообще отсутствуют.

Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы:

1) Что называется планом, картой и профилем?

2) Что называют ситуацией, рельефом?

3) Какие виды карт вы знаете?

4) Чем отличается план от карты?

5) Для чего нужна картографическая сетка?

Лекция №6. Масштабы: численный, линейный, поперечный. Точность масштабов.

Масштабом называется отношение длины линии на плане (профиле) к соответствующей проекции этой линии на местности. Следовательно, масштаб есть число отвлеченное – правильная дробь. Для удобства пользования и сравнения все масштабы имеют однообразный вид: числителем дроби всегда является единица; при этом знаменатель непосредственно выражает степень уменьшения. Такой масштаб называется *численным*. Например, 1/500, 1/1000, 1/10 000, 1/50 000 и т.д.

Численный масштаб дает общую характеристику степени уменьшения и не всегда удобен для практических целей. Для построения планов или определения длины отрезков, взятых с плана, применяют *линейный* или *поперечный* масштабы.

Для построения *линейного* масштаба на прямой несколько раз откладывают один и тот же отрезок, называемый *основанием* масштаба. Крайний левый отрезок делят обычно на 10 равных частей. Тогда отрезки, отложенные от нулевой точки вправо, например, в масштабе 1:10 000, представляют на местности 100, 200, 300, 400 и 500м, а влево – 10, 20, 30, ..., 100м. Если отрезок линии на плане оказался равным *cd*, то на местности ему соответствует отрезок линии длиной 240м. Наименьший отрезок в таком масштабе соответствует 10м на местности.

Для более точного построения плана или определения длин отрезков пользуются *поперечным масштабом*. За основание такого масштаба обычно принимают отрезок АВ=2см и делят его на 10 равных частей. Для этого под произвольным углом к основанию проводят прямую АF и на ней от точки А откладывают 10 произвольных, но равных частей; соединив точки В и F, проводят через все точки АF прямые, параллельные BF, которые и разделят основание на 10 равных частей. Дальше, на линии АС, перпендикулярной АВ, откладывают 10 произвольных, но равных между собой отрезков и

через полученные точки проводят линии, параллельные АВ. Отрезки между наклонными линиями, параллельными ВЕ, равны десятым долям основания АВ, т.е. $ED=AB/10$.

Отрезки, заключенные между перпендикуляром ВD и наклонной ВЕ равны сотым долям основания, т.е. $t=ED/10=AB/10 \times 10=AB/100$. Такой масштаб называют еще *нормальным поперечным масштабом*.

Цифры, написанные внизу масштаба, соответствуют численному масштабу 1:10 000. Тогда основание АВ для такого масштаба соответствует на местности 200м, а наименьшее деление будет $t=200/10 \times 10=2$ м. Отрезки *ab* и *Rl* для данного случая будут соответствовать 468 и 356м.

Обычно считают, что 0,1мм – наименьшее расстояние, различаемое непосредственно глазом. *Точностью масштаба* называют горизонтальное расстояние на местности, соответствующее в данном масштабе 0,1мм плана. Так, для масштаба 1:500, 1:1000, 1:5000, 1:10 000 и 1:25 000 точность соответственно будет 0,05; 0,1; 0,5; 1,0 и 2,5м; отрезки, меньше указанных, не будут изображаться на плане данного масштаба. Зная размеры предметов местности, которые необходимо изобразить на плане, можно установить соответствующий масштаб плана.

Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы:

1) Что называется масштабом?

2) Какие виды масштабов бывают?

3) Что такое точность масштабов?

4) Что называется основанием масштаба?

5) Для чего нужен масштаб?

Лекция №7. Условные знаки топографических карт и планов

Участок суши со всеми находящимися на ней не перемещающимися предметами называется местностью, которая состоит из двух основных элементов – местных предметов и рельефа. Совокупность контуров местных предметов принято называть ситуацией, для изображения последней на картах и планах используются условные знаки, которые не только обозначают различные предметы, но также показывают их качественные и количественные характеристики.

Местные предметы отличаются большим разнообразием и по своему характеру и назначению разделяются на группы: геодезические пункты, промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты, шоссе и грунтовые дороги, гидрография, объекты гидротехнические и водного транспорта, объекты водоснабжения, мосты и переправы, рельеф, растительность, сельскохозяйственные угодья, почвенно-растительный покров, воды, рельеф и прочие предметы местности. Число условных знаков, применяемых в нашей стране, довольно велико только для карт и планов масштаба 1:1000 их свыше 400.

Различают следующие виды условных знаков.

Линейные картографические условные знаки (линейные знаки), применяемые для изображения объектов линейного характера, длина которых выражается в масштабе карты, а ширина большей частью изображается увеличенно. К ним, например, относятся автомобильные дороги и другие вытянутые объекты.

Площадные картографические условные знаки (площадные знаки), применяемые для заполнения площадей объектов, выражающихся в масштабе карты. К ним относятся условные знаки лесов, сельскохозяйственных угодий и т.п.

Внемасштабные картографические условные знаки (внемасштабные знаки) применяются для изображения объектов, которые по своим размерам не выражаются в масштабе данного плана (карты), например, столбы связи, колодцы и т.п.

Для полной характеристики изображаемых объектов используются *пояснительные подписи на карте*. Полностью подписываются наименования населенных пунктов, рек, озер, гор и т.п. Сокращенные подписи используются для дополнительной характеристики объектов. Например, рядом с заводом подпись кирп. – кирпичный завод. Цифровые обозначения применяются для количественной характеристики объектов. Так, подпись у моста обозначает высоту моста над водой, его ширину и грузоподъемность.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы:

- 1) Для чего нужны условные знаки?
- 2) Какие виды условных знаков бывают?
- 3) Какие условные знаки называются площадными?
- 4) Какие условные знаки называются внемасштабными?
- 5) Для чего нужны пояснительными подписи на карте?

Лекция №8. Определение координат, расстояний и углов на планах и картах

Географическая и километровая сетки карт. Замочное оформление

Лист карты представляет собой трапецию, ограниченную на севере и юге отрезками параллелей, на западе и востоке – отрезками меридианов, называемых внутренней рамкой карты или рамкой карты. Важной характеристикой топографических карт является их координатная сетка, позволяющая определять координаты точек, находящихся на карте, и наносить на карту точки. На картах масштаба 1:1000000 и 1:500000 обычно наносится только сетка географических координат, на картах масштаба 1:200000 и крупнее наносится сетки географических и прямоугольных координат.

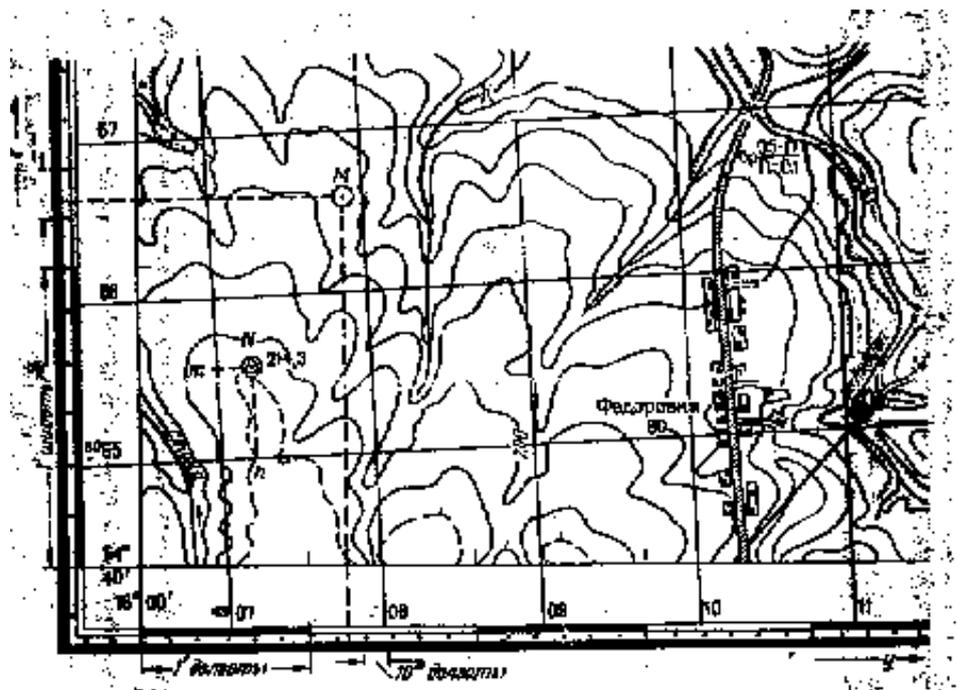


Рис.11

Сетка географических координат строится за внутренней рамкой и представляет собой две параллельные линии, разделенные по долготе и широте на минутные интервалы, отмечаемые черными и

белыми шашками (рис. 11), которые разделены точками на интервалы по десять секунд.

У каждого угла рамками карты записываются соответствующие значения долготы и широты, на рис.11 географические координаты юго-западного угла: $54^{\circ}40'$ - северная широта, $18^{\circ}00'$ – восточная долгота. Таким образом, на боковых сторонах рамки нанесены деления по широте, на северной и южной - по долготе. Если соединить однозначные деления минут или секунд долготы, то получим направление географического меридиана, имеющего данную долготу, или параллель, имеющую данную широту.

Для определения географических координат некоторой точки проведем через нее истинный меридиан и определим его долготу. Для этого достаточно отсчитать количество минут и секунд, заключенных между западной стороной рамки и данным меридианом. Полученная величина прибавляется к долготе западной рамки. Например, долгота точки M (см. рис.11) $\lambda_M = 18^{\circ}00' + 1'14'' = 18^{\circ}01'14''$.

Широта точки M определяется при помощи построения параллели, проходящей через точку M . Согласно рис.11, широта точки $\varphi_M = 54^{\circ}40' + 1'13'' = 54^{\circ}41'13''$.

Аналогичным образом поступают при нанесении на карты точек по их географическим координатам.

Сетка прямоугольных координат состоит из прямых линий, параллельных осевому меридиану зоны и экватору. В масштабах 1:50000, 1:25000, 1:10000 координатные линии проводятся через 1 км, в масштабе 1:100000 через 2 км и в масштабе 1:200000 через 10 км. Сетку прямоугольных координат принято называть *километровой сеткой*.

Линии километровой сетки подписываются на карте в промежутках между внутренней рамкой и градусной сеткой. Полное число километров по оси x подписывается только на крайних – южной и северной линиях километровой сетки, у промежуточных линий – только десятка и километры.

Вертикальные линии километровой сетки подписываются в условных ординатах, причем крайние – восточная и западная – подписываются четырьмя цифрами, первая обозначает номер зоны, остальные - условную ординату. Например, число 4307, написанное у западной линии километровой сетки (см. рис. 11), указывает на то, что лист расположен в четвертой зоне, а сама линиям отстоит от осевого меридиана на $307-500 = -193$ км, т.е. западнее осевого меридиана. У всех промежуточных вертикальных линий координатной сетки подписываются только последние две цифры, обозначающие десятки километров и километры.

При помощи километровой сетки можно определить координаты точек, расположенных на карте, или нанести на карту точки по их известным координатам. Для определения прямоугольных координат, например, точки N (см. рис. 11), записывают абсциссу нижней километровой линии и ординату западной километровой линии квадрата, в которой находится точка N . Пользуясь линейным масштабом карты, измеряют расстояние от точки N до названных выше линий координатной сетки Nm и Nn и определяют, чему соответствуют эти отрезки в масштабе карты; последние величины соответственно складывают с величинами абсциссы и ординаты линий координатной сетки. В нашем случае отрезок $Nm = 240$ м, отрезок $Nn = 540$ м. Следовательно, прямоугольные координаты точки N равны $x_N = 6065\ 000 + 570 = 6\ 065\ 570$ м, $y_N = 4\ 307\ 000 + 240 = 4\ 307\ 240$ м.

На топографических картах за градусной сеткой наносится оформительская рамка – линия толщиной 1 мм.

Подписи и графики, выполненные за пределами оформительской рамки, называются *зарамочным оформлением*.

Над северной рамкой в середине листа указывается номенклатура листа карты и в скобках – название наиболее крупного населенного пункта, расположенного на данной карте; под номенклатурой – год издания карты. Ниже южной рамки, в середине подписывается численный масштаб, именованный масштаб и вычерчивается линейный масштаб для принятого численного масштаба. Справа от линейного масштаба помещается график заложений, слева – график взаимного расположения магнитного и истинного меридианов и оси x (осевого меридиана), на котором показаны величины магнитного склонения и сближения меридианов. Ниже линейного масштаба отмечается высота сечения горизонталей и принятая для листа карты система высот.

В правом нижнем углу помещаются данные об организации, составившей карту, и о годе составления карты.

Определение координат точки. Пусть точка A (рис.16,а) находится в квадрате, абсциссы и ординаты вершин которого x_1, x_2 , и y_1, y_2 . Проведя через точку A прямые, параллельные осям координат, и измерив с помощью измерителя и масштабной линейки расстояния a, a_1 и b , получим:

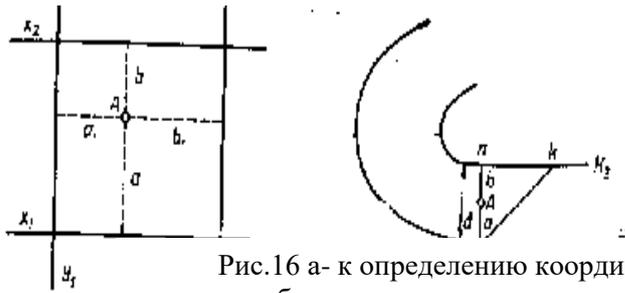


Рис.16 а- к определению координат точки
б- к определению отметки точки

$$x_A = x_1 + \frac{a}{a+b} \Delta x = x_2 - \frac{b}{a+b} \Delta x \quad (19)$$

$$y_A = y_1 + \frac{\Delta y}{a_1+b_1} a_1 = y_2 - \frac{\Delta y}{a_1+b_2} b_1 \quad (20)$$

где $\Delta x = x_2 - x_1$, $\Delta y = y_2 - y_1$

Определение горизонтальных расстояний. Пусть даны на карте (плане) точки А и В, расстояние между которыми неизвестно. Зная масштаб карты (плана), расстояние АВ можно определить измерителем и масштабной линейкой. Более точно расстояние АВ определяют путем решения обратной задачи на координаты. Для этого вначале по формулам (19), (20) и (14) определяют координаты точек А и В и дирекционный угол направления АВ, а затем по формуле (15) вычисляют горизонтальное расстояние АВ.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы:

- 1) Что представляет собой географическая сетка карты?
- 2) Что представляет собой километровая сетка карты?
- 3) Что представляет собой зарамочное оформление?
- 4) Как определяется координата точки на карте?
- 5) Как определяется горизонтальное расстояние?

Лекция №9. Формы рельефа земной поверхности и его изображение на топографических картах и планах

В зависимости от характера рельефа местность делят на: горную, холмистую и равнинную. Все это разнообразие рельефа местности можно свести к следующим типовым его формам (рис. 13)

Гора - куполообразная или коническая возвышенность земной поверхности. В ней выделяют вершину, представляющую собой самую высокую часть; скаты или склоны, которые расходятся от вершины во все стороны; основание возвышенности, называемое подошвой. Небольшая гора называется холмом или сопкой, а искусственный холм – курганом.

Котловина – чашеобразное замкнутое со всех сторон углубление, в ней различают: дно – самую низкую часть; щеки – боковые покатости и окраину – то место, где котловина переходит в окружающую равнину.

Хребет – возвышенность вытянутая в одном направлении и образованная двумя противоположными скатами. Линия встречи скатов называется осью хребта, водоразделом или водораздельной линией. Наиболее низкие места водоразделов называются перевалами.

Лощина - вытянутое в одном направлении желобообразное углубление с наклоном в одну сторону. Склоны лощины пересекаются по линии, называемой осью лощины или водосливной линией. Ши-

рокая лощина с пологим дном называется долиной, а узкая с крутыми склонами – балкой; в горной местности узкая лощина называется ущельем.

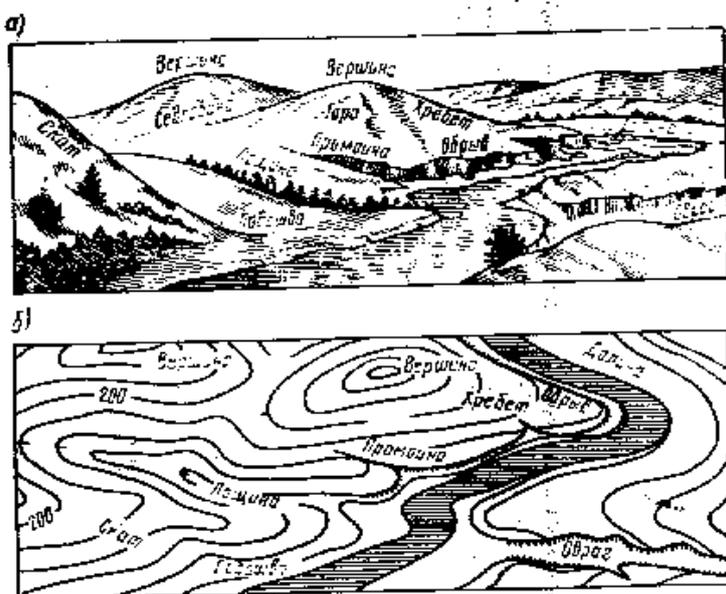


Рис. 13 Формы рельефа местности: а- основные формы рельефа; б- изображение горизонталями.

Седловина – понижение между двумя соседними горными вершинами или возвышенностями.

Для изображения рельефа местности пользуются различными способами: перспективным изображением, штриховкой, отмывкой, горизонталями.

На крупномасштабных планах и картах, служащих для нужд строительства, рельеф изображается горизонталями.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) На какие виды делятся по характеру рельеф местности
- 2) Какие способы используют для изображения рельефа местности?
- 3) Как изображается гора, котловина?
- 4) Как изображается хребет, седловина?
- 5) Как изображается лощина?

Лекция №10. Способ горизонталей. Построение горизонталей по отметкам точек

Горизонталью называется замкнутая кривая линия, все точки которой имеют одну и ту же высоту над поверхностью, принятой за начальную.

Пусть некоторая возвышенность постепенно заливается водой (рис.14). Представим, что в начальный момент вода находилась на уровне точек А. Проектируя эту береговую линию на плоскость Р, получим замкнутую кривую АА. Допустим теперь, что уровень воды поднялся на 1м и образовал береговую линию в точках Б. Спроектировав ее на ту же плоскость Р, получим вторую замкнутую кривую линию ББ. Продолжая подъем воды в такой же последовательности выше, на плоскости Р получим изображение возвышенности с помощью горизонталей.

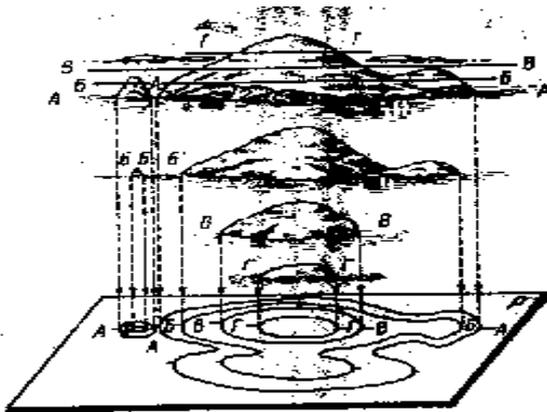


Рис.14

Для большей наглядности направление понижения скатов показывается черточками, называемыми *бергштрихами*. Для указания высот горизонталей их отметки подписывают в разрывах горизонталей, располагая верх цифр по направлению верха ската. Для большей выразительности рельефа, как правило, пятая, а иногда десятая горизонталь утолщаются.

Построение горизонталей по отметкам точек

В процессе топографической съемки на планшете получают плановое положение характерных точек рельефа местности с их отметками. На основании отметок этих точек изображается рельеф местности в горизонталях. Для этого, руководствуясь масштабами составляемого плана или карты и характером снимаемой местности, в соответствии с требованиями инструкции выбирают высоту сечения рельефа. Точки, лежащие на одном скате, соединяют прямыми линиями. Затем на каждой линии находят точки, отметки которых кратны высоте сечения рельефа; это действие называется *интерполированием горизонталей*.

Интерполирование горизонталей может выполняться «на глаз» либо графически. *Интерполирование «на глаз»* допускается производить в процессе съемки при наличии у исполнителя соответствующих профессиональных навыков. Сущность *графического интерполирования* состоит в следующем.

Пусть на линии 1-2 (рис. 15,а), отметки точек которой 1 и 2 равны, соответственно 48,7м и 51,2м, требуется найти положение точек с отметками, кратными выбранной высоте сечения рельефа $h=1$, т.е. 49, 50 и 51м.

На листе миллиметровой бумаги через одинаковое расстояние (например, 0,5 или 1,0см) проводят ряд параллельных линий, которые оцифровываются согласно отметкам точек и принятому сечению рельефа.

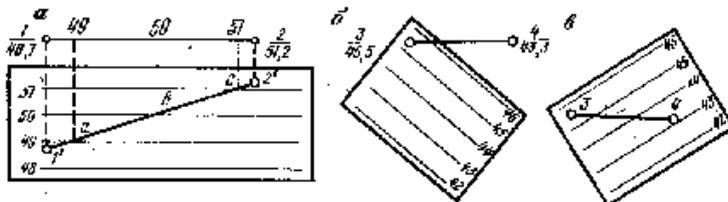


Рис. 15

Положив лист миллиметровки к линии 1-2, сносят точки 1 и 2 согласно их отметкам на миллиметровку. Соединив полученные точки 1 и 2 прямой линией, получим профиль по линии 1-2. Отмечают точки пересечения линии 1'-2' профиля с оцифрованными линиями миллиметровки (точки а, б, с). Спроектировав эти точки на линию 1-2, получают положение точек, через которые должны проходить горизонталы с отметками 49, 50 и 51см.

В практике вместо миллиметровки для графического интерполирования часто используют *палетку* – восковку (кальку) с рядом параллельных линий, проведенных через равные промежутки (например, через 0,5см). Линии оцифровывают согласно выбранной высоте сечения рельефа и отметкам точек плана, между которыми производится интерполирование. Накладывают палетку, например, на линию 3-4 (рис. 15, б) так, чтобы точка 3 оказалась на соответствующей отметке палетки. Затем, прижав палетку в точке 3 иглой, вращают палетку вокруг с этой точки до тех пор, пока точка 4 не окажется на соответствующей отметке палетки (рис. 15, б). Точки пересечения линии 3-4 линиями палетки перекалывают на план и у каждой из точек подписывают соответствующую отметку. Аналогично производят

интерполирование всех других линий. Затем точки на плане с одинаковыми отметками соединяют плавными кривыми линиями и получают изображение рельефа горизонталями.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Что называется горизонталью?
- 2) Что называется бергштрихами?
- 3) Какое действие называется интерполированием горизонталей?
- 4) Для чего используют палетку?
- 5) Как строятся горизонталю по отметкам точек

Лекция №11. Высота сечения рельефа, заложение, уклон линии

Разность высот двух соседних горизонталей называется *высотой сечения рельефа*.

Расстояние между двумя смежными горизонталями на плоскости называется *заложением*.

Горизонталю обладают следующими свойствами: а) все точки, лежащие на одной и той же горизонтали, имеют одинаковую высоту; б) все горизонталю должны быть непрерывными; в) горизонталю не могут пересекаться или раздваиваться; г) расстояния между горизонталями в плане характеризуют крутизну ската – чем меньше расстояние (заложение), тем круче скат; д) кратчайшее расстояние между горизонталями соответствует направлению наибольшей крутизны ската; е) водораздельные линии и оси лоцин пересекаются горизонталями под прямыми углами; ж) горизонталю, изображающие наклонную плоскость, имеют вид параллельных прямых.

Часто для уточнения форм рельефа применяют дополнительные горизонталю, которые изображаются штрихпунктирными линиями и называются *полугоризонталью*. Обычно полугоризонталю принято проводить в тех случаях, когда расстояние между горизонталями на плане превышает 2см. На рис.23,б показано изображение горизонталями отдельных элементов местности.

Уклон линии. График заложений

Уклоном i линии называется отношение превышения h к ее заложению d . Уклон i является мерой крутизны ската.

Пусть линия местности АВ, называемая скатом, наклонена под углом ν к горизонту АА'. Тогда:

$$i = h/d = \operatorname{tg} \nu \quad (17)$$

Следовательно уклон линии есть тангенс угла наклона ее к горизонту.

Например, при $h=1\text{м}$ и $d=20\text{м}$ по формуле (17) имеем $i=1/20=0,05$. Уклоны линий выражают в процентах или в промиллях. Полученный уклон соответственно будет $i=5,0\%$, или $i=5,0\text{‰}$.

Из формулы (17) следует, что при данной высоте сечения крутизна ската тем больше, чем меньше заложение d .

Так, например, при $h=1\text{м}$ $i=1/d$, откуда $id=1$, т.е. произведение уклона на заложение для данного плана есть величина постоянная.

Обычно крутизна ската и уклоны определяют графически. Для этого на планах строят графики заложений. Из формулы (17) следует, что $d = h \operatorname{ctg} \nu$.

Подставляя в эту формулу натуральные значения $\operatorname{ctg} \nu$ для углов $1, 2, 3^\circ$ и т.д., вычисляют соответствующие им заложения при одной и той же высоте сечения (постоянной для данного плана).

На горизонтальной прямой OB откладывают произвольной величины равные отрезки и подписывают величины углов.

Углы наклона, град	1	2	3	4	5	10	15	20
Заложения	57,3	28,7	19,1	14,3	11,5	5,7	3,8	2,8

Из точек вверх по вертикали откладывают соответствующие углам величины заложений в масштабе плана. Соединив точки плавной кривой, получают график, называемый *графиком заложений по*

углам наклона.

Крутизну ската с помощью графика заложений определяют следующим образом: измерив циркулем заложение линии на плане, ставят циркуль на график заложений таким образом, чтобы острие одной ножки циркуля находилось на горизонтальной прямой, а острие другой – на кривой линии графика, при этом прямая, соединяющая ножки циркуля, должна быть перпендикулярна ОВ. Пусть раствор циркуля занимает положение mn ; в этом случае крутизна ската, или уклон линии, $i=3^\circ 40'$.

Для построения *графика заложений по уклонам* величину заложения d определяют по формуле

$$d = h/i \quad (18)$$

Если в эту формулу последовательно поставить величины уклонов i , равные 0,001; 0,002; 0,003 и т.д., то при известной для данного плана высоте сечения $h=1\text{м}$ можно получить соответствующие данным уклонам заложения:

Уклоны	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
Заложения	1000	500	333	250	200	167	143

График заложений по уклонам, строят подобно графику заложений по углам наклона, но только в этом случае по горизонтальной прямой в произвольном масштабе откладывают уклоны, а по вертикали – соответствующие этим уклонам заложения в масштабе план. Пользуются графиком заложений по уклонам так же, как и графиком заложений по углам наклона. Так например, для линии ab уклон $i=0,0025$.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Что мы называем высотой сечения рельефа?
- 2) Что мы называем заложением?
- 3) Какими свойствами обладают горизонтали?
- 4) Что представляет собой уклон линии?
- 5) Что представляет собой график заложения?

Лекция №12. Решение задач по топографическим картам и планам с горизонталями

Определение отметки точки. Если точка лежит на горизонтали, то ее отметка равна отметке этой же горизонтали.

Пусть точка А (рис.16, б) лежит между горизонталями с отметками $H_1 < H_2$, причем $H_1 < H_2$. Проведя через точку А кратчайшую линию между горизонталями и измерив с помощью измерителя и масштабной линейки расстояния d , a и b , получим:

$$H_A = H_1 + ha/d = H_2 - hb/d \quad (21)$$

где h – высота сечения рельефа горизонталями.

Определение направления и крутизны ската. Построим линии mn и mR , проведя их между горизонталями с отметками H_1 и H_2 . Длина линии mn меньше mR , а вертикальное расстояние между горизонталями (высота сечения рельефа) одно и то же. Следовательно, линия, соответствующая заложению mn , круче линии, соответствующей заложению mR . Отсюда можно сделать вывод, что самому короткому расстоянию между двумя соседними горизонталями соответствует самая крутая линия на местности. Направление этой линии принимается за направление ската, а уклон этой линии служит мерой его крутизны.

Определение уклона линии. Пусть имеются две точки А и В горизонтальное расстояние между которыми равно d , а равны H_A и H_B . Тогда согласно формуле (17) уклон линии АВ будет

$$i_{AB} = (H_B - H_A)/d \quad (22)$$

а уклон линии ВА

$$i_{BA} = (H_A - H_B)/d \quad (23)$$

Абсолютные значения i_{AB} и i_{BA} равны, но противоположны по знаку.

Построение профиля местности по заданному направлению. При проектировании инженерных сооружений, а также для определения видимости между точками местности необходимо построение профиля местности по заданному направлению.

Для построения профиля по линии АВ на листе бумаги проводят горизонтальную линию и на ней в масштабе плана последовательно откладывают отрезки А-1, 1-2; 2-3, 3-отм. 54,5 и т.д.

Выбирают условный горизонт таким образом, чтобы его линия не пересекалась с линией профиля (например, УГ=50м). В каждой из полученных точек восстанавливают перпендикуляры и на них в принятом вертикальном масштабе откладывают профильные отметки, равные разности абсолютных отметок точек и условного горизонта, т.е. $H_{\text{проф.}} = H_{\text{абс.}} - \text{УГ}$. Соединив полученные точки А', 1', 2' и т.д. плавной кривой, получают профиль местности по линии АВ. Для большей наглядности вертикальный масштаб профиля обычно принимается в 10 раз крупнее горизонтального масштаба, т.е. масштаба плана.

Определение границы водосборной площади. *Водосборной площадью или бассейном* называется участок земной поверхности, с которой вода по условиям рельефа должна стекать в данный водосток (реку, лощину и т.д.). Оконтуривание водосборной площади производится с учетом рельефа местности по горизонталям карты (плана).

Границами водосборной площади служат линии водоразделов, пересекающие горизонталы под прямым углом.

Зная водосборную площадь, среднегодовое количество осадков, условия испарения и впитывания влаги почвой, можно подсчитать мощность водного потока, которая необходима для расчета мостов, площадок дамб и других гидротехнических сооружений.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Как определяем отметку точки?
- 2) Как определяем направление и крутизну ската?
- 3) Как определяем уклон линии?
- 4) Построить профиль местности по заданному направлению
- 5) Определить границы водосборной площади

Лекция №13. Изображение земной поверхности в цифровом виде

Развитие вычислительной техники и появление автоматических чертежных приборов (графопостроителей) привело к созданию автоматизированных систем для решения различных инженерных задач, связанных с проектированием и строительством сооружений. Часть этих задач решается с использованием топографических планов и карт. В связи с этим появилась необходимость представления и хранения информации о топографии местности в цифровом виде, удобном для применения компьютеров.

В памяти компьютера цифровые данные о местности наилучшим образом могут быть представлены в виде координат X , Y , H некоторого множества точек земной поверхности. Такое множество точек с их координатами образует цифровую модель местности (ЦММ).

По своему содержанию ЦММ разделяется на цифровую модель ситуации (контуров местности) и цифровую модель рельефа (ЦМР).

Все элементы ситуации задаются координатами X и Y точек, определяющих положение предметов и контуров местности. Цифровая модель рельефа характеризует топографическую поверхность местности. Она определяется некоторым множеством точек с координатами X , Y , H , выбранных на земной поверхности так, чтобы в достаточной мере отобразить характер рельефа.

Ввиду многообразия форм рельефа подробно описать его в цифровом виде довольно сложно. Поэтому в

зависимости от решаемой задачи и характера рельефа применяют различные способы составления цифровых моделей. Например, ЦМР может иметь вид

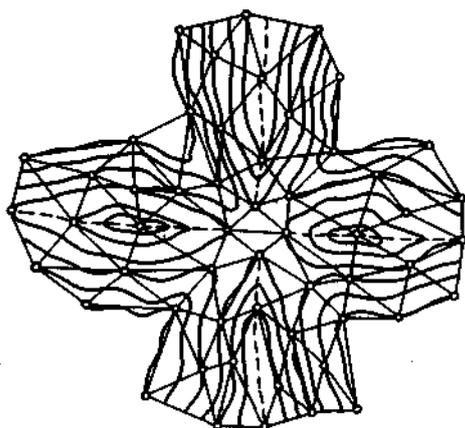


Рис. 4.5. Схема расположения точек цифровой модели в характерных местах рельефа и на горизонталях

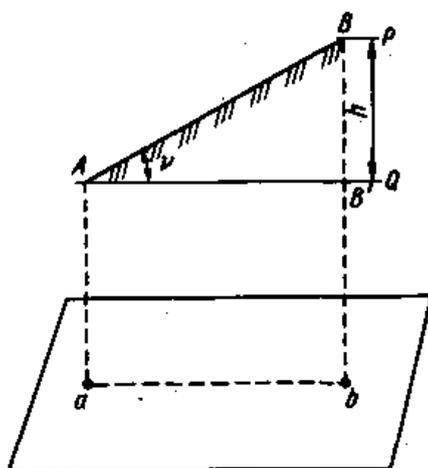


Рис. 4.6. Схема к определению крутизны ската

таблицы значений координат X , Y , H в вершинах некоторой сетки квадратов или правильных треугольников, равномерно расположенных на всей площади участка местности. Расстояние между вершинами выбирается в зависимости от формы рельефа и решаемой задачи. Модель может быть, задана также в виде таблицы координат точек, расположенных в характерных местах (перегибах) рельефа (водоразделах, тальвегах и др.) или на горизонталях (рис. 4, 5). Пользуясь значениями координат точек цифровой модели рельефа для более подробного его описания на компьютере по специальной программе, определяют высоту любой точки участка местности.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Какая необходимость геодезии в вычислительной технике?
- 2) Что называется цифровой моделью местности?
- 3) Какими координатами задаются элементы контура местности?

- 4) Какими координатами задаются элементы цифровой местности рельефа?
- 5) Начертите схему к определению крутизны ската

Лекция №14. Разграфка листов топографических карт и планов

Карты территории СНГ являются многолистными. Каждый лист карты ограничен меридианами и параллелями, протяженность которых зависит от масштаба карты. Наличие многолистных карт разных масштабов потребовало создания определенной системы учета отдельных листов карт для быстрого их нахождения. Такая система обозначения (нумерации) отдельных листов многолистной карты называется *номенклатурой*.

В основу номенклатуры карт различных масштабов положена международная разграфка карты масштаба 1:1000 000. Для получения одного листа карты этого масштаба весь земной шар делят меридианами от Гринвичского меридиана через 6° по долготе на 60 колонн, которые нумеруются арабскими цифрами на восток от 180-градусного меридиана. Таким образом, номер колонн отличается от номера 6-градусной зоны на 30. Каждая колонна делится параллелями через 4° по широте на ряды обозначаемые прописными буквами латинского алфавита, к северу и югу от экватора. Таким образом, вся поверхность земного шара изображается на 2640 листах, а территория СНГ покрывается примерно 230 листами миллионной карты.

Номенклатура листа масштаба 1:1000 000 складывается из двух индексов: обозначения пояса и номера колонны. Так, г. Москва расположен на листе N-37. По международному соглашению номенклатура листов карты масштаба 1:1000 000 принята единой для всех стран, в то время как для карт других масштабов она может быть различной.

Деление листа карты одного масштаба на листы карты более крупного масштаба называется *разграфкой* карты. Разграфка листа карты на части предусматривает получение листов карт различных масштабов примерно одинаковых размеров.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Что называется номенклатурой?
- 2) Что называется разграфкой?
- 3) Из чего складывается номенклатура листа карты масштаба 1:1000000?
- 4) Какого масштаба карта принята единой для всех стран?

Лекция №15. Номенклатура карт и планов.

В нашей стране лист карты масштаба 1:1000000 является исходным для установления номенклатуры листов карт более крупного масштаба.

Для получения карты масштаба 1:500000 лист карты масштаба 1:1000000 делят на 4 части, которые обозначают прописными буквами русского алфавита (рис.9,а). Номенклатура листа карты масштаба 1:500000 складывается из номенклатуры листа исходного масштаба 1:1000000 с добавлением индекса листа масштаба 1:500000 (например N-37-Г).

В одном листе карты масштаба 1:1000000 содержится 9 листов карты масштаба 1:300000, которые обозначаются римскими цифрами от I до IX, подписываемыми перед номенклатурой миллионного листа, например, IV-N-37 (рис.9,а). Если миллионный лист карты разделить на 36 частей, то каждая часть будет составлять лист карты масштаба 1:200000. Каждый лист нумеруется римскими цифрами от I до XXXVI, начиная с северо-западного угла. Номенклатура листа карты масштаба 1:200000 складывается из номенклатуры миллионного листа с добавлением к ней соответствующей римской цифры, например N-37-XXXVI (рис.9,б).

Лист карты масштаба 1:100000 получается при делении листа карты масштаба 1:1000000 на 144

части, которые нумеруются арабскими цифрами от 1 до 144. Его номенклатура складывается из номенклатуры миллионного листа с добавлением к ней соответствующей арабской цифры, например N-37-144 (рис.9, в).

Лист карт масштабов от 1:50000 до 1:10000 получают последовательным делением листа карты более мелкого предыдущего масштаба на 4 части. Так, если разделить лист карты масштаба 1:100000 на 4 части, обозначив каждую из них заглавными буквами русского алфавита А,Б,В,Г, то получим 4 листа карты

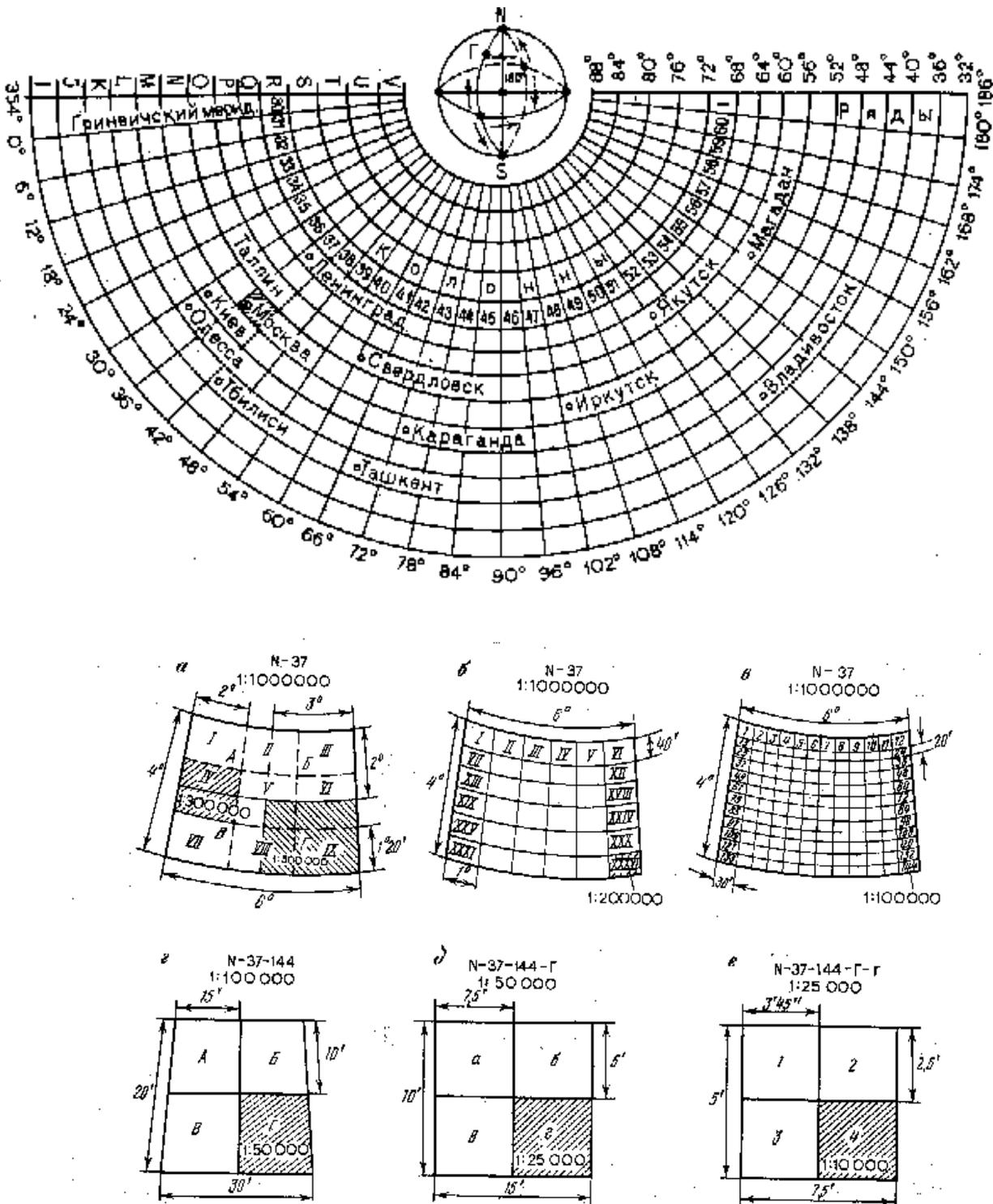


Рис.9. Обозначение листов карт

масштаба 1:50000. Номенклатура листа Г масштаба 1:50000 будет N -37-144-Г (рис.9, з). Лист карты масштаба 1:50000 делится на 4 листа масштаба 1:25000, обозначаемые строчными буквами русского

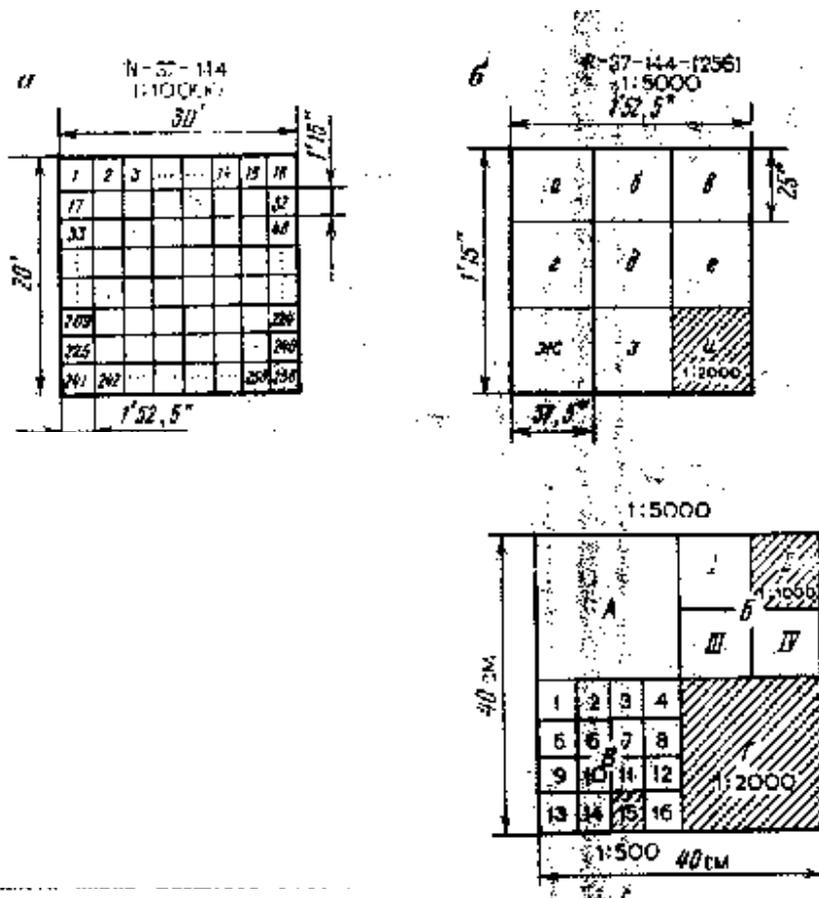
алфавита. Например, лист ε масштаба 1:25000 имеет номенклатуру N -37-144-Г- ε (рис.9, д). Лист карты масштаба 1:25000 делится на 4 листа масштаба 1:10000, которые обозначаются арабскими цифрами 1,2,3,4. Номенклатура листа карты данного масштаба получается добавлением справа к номенклатуре листа карты масштаба 1:25000 соответствующей арабской цифры; например, лист 4 имеет номенклатуру N -37-144-Г- ε -4 (рис. 9, е).

Номенклатура позволяет легко отыскать не только нужный лист карты данного масштаба, но и найти его положение на земном шаре, используя географические координаты (широту и долготу) углов рамок трапеций.

С увеличением ширины листы карты всех масштабов сужаются, оставаясь неизменного размера по направлению с юга на север. Поэтому, начиная с параллели 60° листы карты вычерчиваются сдвоенными, а с параллели 76° - счетверенными по долготе.

Лист карты масштаба 1:100000 служит также основой для разграфки и номенклатуры листов планов масштабов 1:5000 и 1:2000 (рис.10). Одному листу карты масштаба 1:100000 соответствуют 256 (16x16) листов плана масштаба 1:5000, которые обозначаются арабскими цифрами 1,2,3, ..., 256, заключенными в скобки. Например, номенклатура листа 256 плана масштаба 1:5000 запишется: N-37-144-(256) (рис.10, а). Одному листу плана масштаба 1:5000 соответствуют 9 листов лана масштаба 1:2000, которые обозначаются строчными буквами русского алфавита от *a* до *u*, также заключенными в скобки. Тогда номенклатура листа плана масштаба 1:2000 будет: № -37-144-(256-*u*) (рис. 10, б).

Согласно инструкции /3/ при съемке участков местности площадью менее 20 км² допускается применение прямоугольной разграфки планшетов. В основу этой разграфки положен планшет масштаба 1:5000 с размерами рамок 40x40 см, обозначаемый арабскими цифрами. Ему соответствуют 4 листа масштаба 1:2000, каждый из которых обозначается присоединением к номеру планшета масштаба 1:5000 одной из прописных букв русского алфавита (*A, B, B, Г*). Листу масштаба 1:2000 соответствуют 4 листа масштаба 1:1000, обозначаемых римскими цифрами (*I, II, III, IV*), и 16 листов масштаба 1:500, обозначаемых арабскими цифрами (1,2,3, ..., 16). Такая разграфка приводит к образованию планшетов масштабов 1:2000, 1:1000 и 1:500 размерами 50x50 см.



Номенклатура листов масштабов 1:1000 и 1:500 складывается из номенклатуры листа масштаба 1:2000 и соответствующей римской цифры для листа масштаба 1:1000 или арабской цифры для листа

масштаба 1:500. Заштрихованные планшеты масштабов 1:2000, 1:1000 и 1:500 имеют соответственно номенклатуру 7-Г, 7-Б- П и 7-В-15.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Как получают карту масштаба 1:500000?
- 2) Какую номенклатуру имеют масштаб 1:2000, 1:1000 и 1:500?
- 3) При каком масштабе обозначение начинаются арабскими цифрами 1,2,3,...,256, заключенными в скобки?
- 4) При каком масштабе обозначение начинаются строчными буквами русского алфавита?
- 5) При каком масштабе обозначение начинаются заглавными буквами русского алфавита?

Тема 3. Ориентирование линий, прямая и обратная геодезические задачи

Лекция №16. Ориентирование линий местности. Азимуты (истинный, магнитный), дирекционные углы, румбы

Ориентировать линию местности - это значит найти её направление относительно какого-либо другого направления, принимаемого за *исходное*. Горизонтальный угол между исходным направлением и ориентируемой линией называется *ориентируемым углом*.

В качестве исходных в геодезии принимают направления истинного (географического) меридиана, магнитного меридиана либо осевого меридиана зоны, т.е. оси Ox или линий, ей параллельной. В зависимости от выбранного исходного направления ориентирным углом может быть истинный азимут, магнитный азимут, дирекционный угол или румб.

Истинный и магнитный азимуты. Склонение магнитной стрелки. Направление истинного меридиана на местности может быть получено из астрономических наблюдений, а также с помощью специальных приборов – гирокомпасов или гиротеодолитов.

Угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана до данного направления, называется *истинным азимутом* A (рис. 6, а). Истинный азимут изменяется от 0 до 360° .

Направление магнитного меридиана определяется при помощи приборов с магнитной стрелкой (компаса или буссоли). Угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана до данного направления, называется *магнитным азимутом* A_M (см.рис. 6,а). Магнитный азимут, так же как и истинный, может изменяться от 0 до 360° .

Магнитный меридиан, как правило, не совпадает с истинным в данной точке земной поверхности, образуя с ним некоторый угол δ , называемый *склонением магнитной стрелки*. Угол δ отсчитывается от истинного меридиана до магнитного и может быть восточным (со знаком плюс) и западным (со знаком минус).

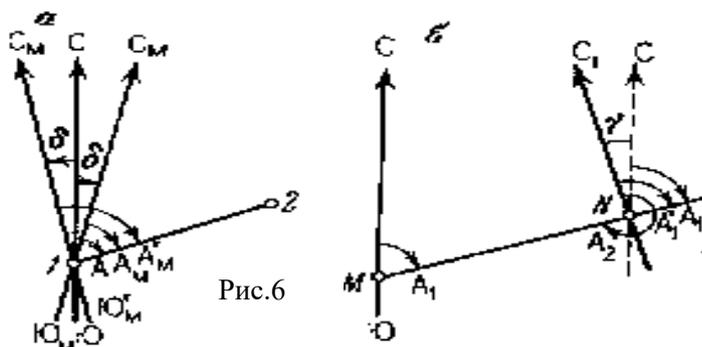


Рис.6

Зная склонение магнитной стрелки в данной точке, можно осуществить переход от магнитного азимута направления к истинному по формуле:

$$A = A_m + \delta \quad (5)$$

т.е. истинный азимут направления равен магнитному азимуту плюс склонение магнитной стрелки со своим знаком.

В различных точках земного шара склонение магнитной стрелки имеет разные значения. Так, на территории СНГ его величина изменяется от $+10,2$ до $-14,5^\circ$. Склонение магнитной стрелки в одной и той же точке существенно изменяется со временем. Различают вековые (на $22,5^\circ$ за 500 лет), годовые (до $\pm 8'$) и суточные (порядка $\pm 15''$ и более) изменения склонения магнитной стрелки. Кроме того, вследствие магнитных бурь могут возникнуть случайные изменения склонения магнитной стрелки. В районах магнитных аномалий, связанных обычно с залежами железных руд, использование для ориентирования магнитной стрелки вообще невозможно.

Вследствие указанных причин положение магнитного меридиана может быть установлено лишь приближенно, и ориентирование линий с помощью магнитных азимутов допускается только при составлении планов небольших участков местности.

Связь истинного азимутов линии в различных ее точках. Сближение меридианов. В геодезии принято различать прямое и обратное направления линий местности. Если направление линии MN с точки M на точку N (рис. 6,б) считать прямым, то NM будет обратным направлением той же линии. В соответствии с этим угол A_1 является *прямым* азимутом MN в точке M , а A_2 - *обратным* азимутом той же линии в точке N .

Вследствие сферичности Земли меридианы в различных точках, расположенных на одной линии, не параллельны между собой. Поэтому азимут линии в каждой ее точке имеет различное значение. Угол между направлениями меридианов в данных двух точках линии называется *сближением меридианов* γ .

Как следует из рис.6, б, зависимость между прямым и обратным азимутами линии MN определится выражением

$$A_2 = A_1 + 180^\circ + \gamma$$

или в общем случае

$$A_{пр} = A_{обр} \pm 180^\circ + \gamma$$

Если известны долготы точек M и N , то сближение меридианов

$$\gamma' = \Delta\lambda' \sin \varphi,$$

где $\Delta\lambda$ - разность долгот меридианов, проходящих через точки M и N ; φ - средняя широта ориентированной линии.

На территории СНГ, особенно в северных широтах, величина сближения меридианов достигает более минуты на 1 км дуги параллели. Поэтому угол γ должен приниматься в расчет в большинстве случаев геодезической практики.

Ориентирование линий относительно оси Ox зональной системы плоских прямоугольных координат

При изображении земной поверхности в проекции Гаусса – Крюгера для ориентирования линий в пределах каждой зоны за исходное принимают осевой меридиан, т.е. ось Ox . Угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана, т.е. оси Ox , либо линии, ей параллельной, до данного направления, называется *дирекционным углом* α (рис.7). Дирекционные углы, как и азимуты линий изменяются от 0 до 360° .

Дирекционный угол направления AB называется *прямым*, а направления BA - *обратным*. Из рис.7, а следует, что

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ$$

или в общем случае

$$\alpha_{обр} = \alpha_{пр} \pm 180^\circ,$$

т.е. обратный дирекционный угол направления равен прямому дирекционному углу этого направления плюс (минус) 180° .

В отличие от азимутов дирекционный угол линии в любой ее точке сохраняет свою величину. Поэтому предпочтительно во всех возможных случаях производства геодезических и маркшейдерских работ ориентирование линий осуществлять с помощью дирекционных углов.

В практики (например, в морском деле) ориентирование линий на местности производится при помощи румбов.

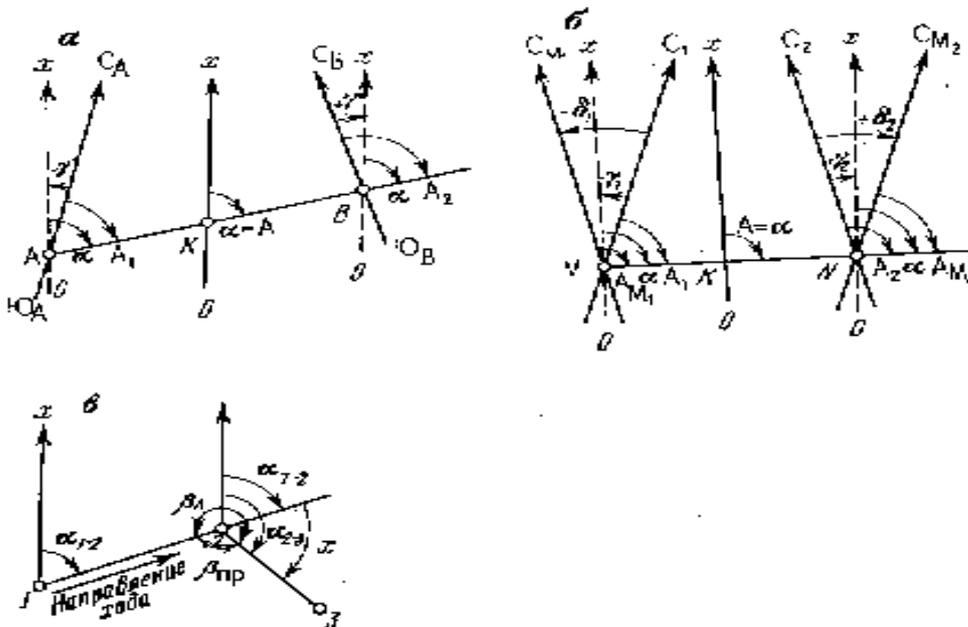


Рис.7. Связь между ориентирными углами; а-связь дирекционного угла с истинными азимутами, б- связь дирекционного угла с истинными и магнитными азимутами, в- связь дирекционных углов двух линий с горизонтальным углом между ними.

Румбом называется острый угол, отсчитываемый от ближайшего (северного или южного) направления исходного меридиана до данного направления. Румб изменяется от 0 до 90° и сопровождается наименованием четверти относительно стран света (рис.8): I четверть – СВ, II – ЮВ, III – ЮЗ и IV – СЗ. Например, $r_1 = 42^\circ$ запишется как СВ: 42°.

В геодезии часто используются численными значениями румбов (без указания четвертей), называемыми *табличными углами*.

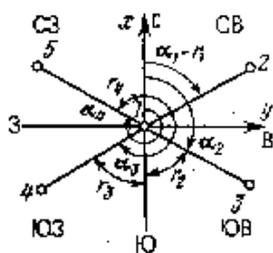


Рис.8. Связь между дирекционными углами и румбами

Соотношения между дирекционными углами (азимутами) и румбами (табличными углами) по четвертям, установленные согласно схеме рис. 13., приведены в табл.1.

Таблица 1

Четверти и их наименования	Значения дирекционных углов (азимутов)	Связь румбов (табличных углов) с дирекционными углами (азимутами)	Знаки приращений координат	
I – СВ	0-90°	$r_1 = \alpha_1$	+	+
II – ЮВ	90-180°	$r_2 = 180^\circ - \alpha_2$	-	+
III – ЮЗ	180- 270°	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$	-	-
IV - СЗ	270 – 360°	$r_4 = 360^\circ - \alpha_4$	+	-

Замена дирекционных углов табличными позволяет правильно пользоваться таблицами натуральных значений тригонометрических функций, которые составлены для углов в пределах от 0 до 90°.

Ориентирование карты или плана на местности

Ориентировать карты или план на местности – значит расположить их так, чтобы направления линий на карте или плане стали параллельны направлениям горизонтальных проекций соответствующих линий местности. Ориентирование карт и планов производится или по компасу (буссоли), или по линии местности, изображенной на карте (ось шоссе, железной дороги, улица поселка и т.п.).

Ориентирование карты по компасу (буссоли). По своему устройству буссоль и компас не отличаются друг от друга и представляют собой градуированное кольцо, укрепленное на квадратном или прямоугольном основании. В центре кольца подвешивается на вертикальной оси магнитная стрелка. Ребра ab и bc основания буссоли параллельны нулевому диаметру NS , буссольного кольца. При ориентировании карты одно из ребер ab или bc прикладывают к западной или восточной внутренней рамке карты (рис. 12 а). После этого карту вращают до тех пор, пока северный конец стрелки не установится на отсчете, соответствующем склонению магнитной стрелки. В случае, приведенном на рис.12 а, магнитное склонение восточное и равно 10° .

Ориентирование карты также может быть произведено при помощи вертикальных линий километровой сетки. Для этого ребро буссоли прикладывают к одной из линий километровой сетки и вращают карту до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не окажется на делении соответствующем углу, называемому поправкой направления (ПН), которая равна алгебраической разности склонения магнитной стрелки δ и сближения меридианов γ , т.е. $ПН = \delta - \gamma$. В случае, рассмотренном на рис.12,б, склонение магнитной стрелки $\delta = +10^\circ$, сближение меридианов $\gamma = -2^\circ 25'$, следовательно, $ПН = \delta - (-\gamma) = 10^\circ + 2^\circ 25' = 12^\circ 25'$.

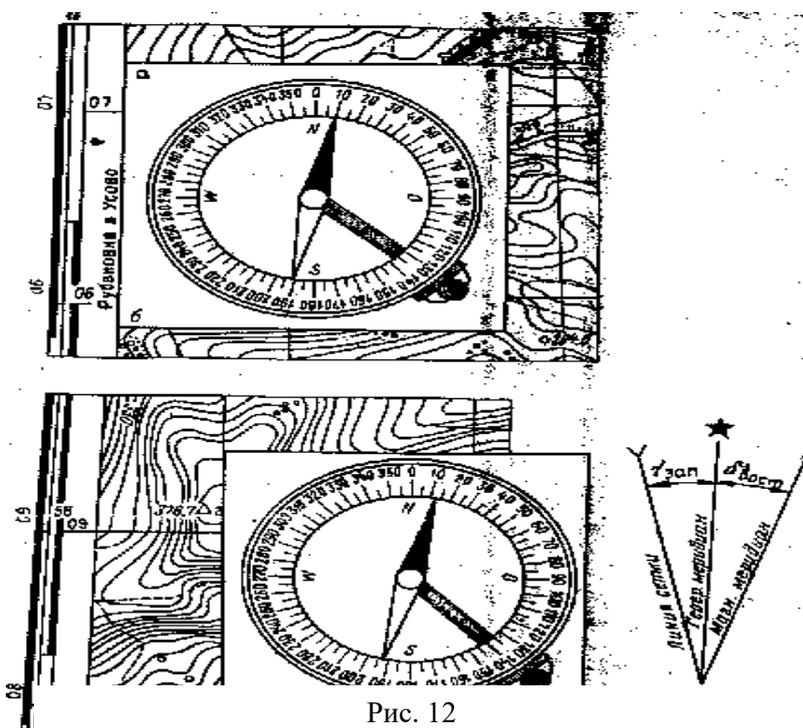


Рис. 12

Ориентирование карты по линии местности. Если известно и на карте и на местности какое-либо направление, то для ориентирования карты наблюдатель становится на местности на данном направлении, например, на шоссе, приводит карту в горизонтальное положение и совмещает скошенный край визирной линейки с данным направлением. Карту вращают до тех пор, пока скошенный край линейки не совпадает направлением на местности. Если известны две точки, то наблюдатель становится в одной из них, скошенный край визирной линейки совмещает с известными точками и вращает карту до тех пор, пока направление на карте не совпадает с направлением на местности.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Как выполняется ориентирование линий местности?
- 2) Что называется азимутом?
- 3) Что мы называем дирекционным углом, румбом?
- 4) Как ориентируется карта или план на местности
- 5) Как ориентируется карта по компасу?

Лекция №17. Связь между ориентирующими углами. Магнитное склонение, сближение меридианов

Понятие о сближении меридианов в зональной системе плоских прямоугольных координат.

Дирекционный угол какого-либо направления не может быть измерен непосредственно на местности, однако его можно вычислить, если измерен истинный азимут данного направления.

В пределах зоны направления оси Ox и истинного меридиана совпадают лишь для точек, находящихся на осевом меридиане (см. рис.7,а); в этом случае дирекционный угол α линии AB в точке линии истинный меридиан не совпадает с направлением, параллельным оси Ox , и поэтому точках истинные азимуты направления не равны дирекционному углу.

Угол γ между северным направлением истинного меридиана и линией, параллельной осевому меридиану (оси Ox), есть *сближение этих меридианов*. Сближение меридианов отсчитывается от истинного меридиана и может быть восточным (со знаком плюс), если точка расположена в восточной части зоны, и западным (со знаком минус), если точка расположена в западной части зоны.

На основе рис.7, а установим связь дирекционного угла a с истинными азимутами A_1 и A_2 линии AB : в точке A $a = A_1 - (-\gamma')$; в точке B $a = A_2 - (+\gamma'')$.

Тогда в общем виде можно записать

$$a = A - \gamma, \quad (6)$$

т.е. дирекционный угол направления равен истинному азимуту минус сближение меридианов со своим знаком.

Связь дирекционных углов с истинным и магнитным азимутами. Пусть Ox (рис.7,б)- направление осевого меридиана зоны, в пределах которой располагаются точки M и N направления MN . Проведем через точки M и N направления истинных и магнитных меридианов и введем соответствующие обозначения ориентирных углов, сближений меридианов и склонений магнитной стрелки (см.рис.7, б). Тогда с учетом знаков склонения магнитной стрелки и сближения меридианов в соответствующих точках связь дирекционного угла с истинным и магнитным азимутами направления MN определяется выражениями:

в точке M

$$\alpha = A_{M1} - \delta_1 + \gamma_1 = A_{M1} + (-\delta_1) - (-\gamma_1),$$

в точке N

$$\alpha = A_{M2} + \delta_2 - \gamma_2 = A_{M2} + (+\delta_2) - (+\gamma_2).$$

Обобщая эти выражения, получим

$$\alpha = A_M + \delta - \gamma. \quad (7)$$

Формулу (7) можно записать в виде

$$\alpha = A_M + \Pi,$$

где $\Pi = \delta - \gamma$ - суммарная поправка за склонение магнитной стрелки и сближение меридианов со своими знаками.

Зная значения одного из ориентирных углов, сближение меридианов и склонение магнитной стрелки, по формулам (5), (6) и (7) можно рассчитать значения других ориентирных углов.

Связь дирекционных углов двух линий с горизонтальным углом между ними. Пусть две линии 1-2 и 2-3 образуют между собой угол $\beta_{пр}$. (рис.7, в), лежащий справа по ходу. Если известны дирекционный угол стороны 1-2 и горизонтальный угол $\beta_{пр}$, то можно рассчитать дирекционный угол последующей стороны α_{2-3} .

Согласно обозначениям рис.12, в

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + x,$$

где

$$x = 180^\circ - \beta_{пр}$$

Тогда

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_{\text{пр}} \quad (8)$$

Если известен горизонтальный угол $\beta_{\text{л}}$, лежащий слева по ходу полигона, то дирекционный угол α_{2-3} определится:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + x,$$

где

$$x = \beta_{\text{л}} - 180^\circ$$

отсюда

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} - 180^\circ + \beta_{\text{л}} \quad (9)$$

Полученные для конкретного случая формулы (8) и (9) справедливы для определения дирекционного угла любой последующей стороны. Тогда для общего можно записать:

$$\begin{aligned} \alpha_n &= \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_{\text{пр}}; \\ \alpha_n &= \alpha_{n-1} - 180^\circ + \beta_{\text{л}}, \end{aligned} \quad (10)$$

т.е. дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс (или минус) 180° минус правый (или плюс левый) по ходу измеренный горизонтальный угол.

На основе (8) – (9) может быть решена обратная задача – определение горизонтального угла (правого или левого по ходу) между двумя сторонами с известными дирекционными углами.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Что называется магнитным склонением?
- 2) Что называется сближением меридианов?
- 3) Связь дирекционных углов с истинным и магнитным азимутами
- 4) Связь дирекционных углов двух линий с горизонтальным углом между ними.

Лекция №18. Прямая геодезическая задача

Прямая задача. Пусть АВ (рис.14) – линия на местности, для которой известны ее горизонтальное проложение (проекция линии на горизонтальную плоскость) d , дирекционный угол α и координаты начальной точки $A(x_1, y_1)$. Требуется определить координаты второй точки В (x_2, y_2). Из рис.14 видим

$$x_2 - x_1 = \Delta x; \quad y_2 - y_1 = \Delta y.$$

Разности Δx и Δy координат точек последующей и предыдущей называют *приращениями координат*.

Из прямоугольного треугольника АВС имеем

$$\Delta x = d \cos \alpha; \quad \Delta y = d \sin \alpha. \quad (11)$$

Знаки Δx и Δy зависят от знаков $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$. Для различных значений α знаки Δx и Δy можно получить из табл. 1.

С помощью румбов Δx и Δy можно получить по формулам

$$\Delta x = d \cos r; \quad \Delta y = d \sin r. \quad (12)$$

Тогда искомые координаты точки В будет

$$x_2 = x_1 + \Delta x; \quad y_2 = y_1 + \Delta y. \quad (13)$$

Эти равенства читаются так: *координата конечной точки линии равна координате начальной точки плюс приращение между ними.*

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Выс-

шая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

1) Какие данные необходимы для решения прямой геодезической задачи?

2) Что получим в результате решения прямой геодезической задачи?

3) Что называется приращением координат?

4) Как читается равенство, относящиеся к этим формулам $x_2 = x_1 + \Delta x$; $y_2 = y_1 + \Delta y$?

5) От чего зависят знаки приращения координат?

Лекция №19. Обратная геодезическая задача

Обратная задача. По данным координатам точек А и В найти горизонтальное проложение d и дирекционный угол α (рис.14).

Из прямоугольного треугольника АВС имеем

$$\operatorname{tg} \alpha = \Delta y / \Delta x \quad (14)$$

$$d = \Delta x / \cos \alpha = \Delta y / \sin \alpha \quad (15)$$

При работе на вычислительных машинах формулу (15) удобнее привести к виду

$$d = \Delta x / \sec \alpha = \Delta y / \operatorname{cosec} \alpha \quad (16)$$

Формула (16) дает более точные результаты, чем формула (15), так как $\sec \alpha$ и $\operatorname{cosec} \alpha$ имеют больше значащих цифр, чем $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$ при одном и том же числе десятичных знаков у этих функций.

Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

1) Какие данные необходимы для решения обратной геодезической задачи?

2) Что получим в результате решения обратной геодезической задачи?

3) Что называется приращением координат?

4) От чего зависят знаки приращения координат?

МОДУЛЬ 2

Тема 4. Геометрическое нивелирование

Лекция №20. Измерение превышений, виды нивелирования. Способы нивелирования.

Сущность и методы измерения превышений

Измерения, приводимые для определения отметок точек местности или их разностей, называют нивелирование.

Существует несколько методов нивелирования: геометрическое, тригонометрическое, физическое, механическое, стереофотограмметрическое.

Геометрическое нивелирование заключается в непосредственном определении разности высот двух точек с помощью горизонтального визирного луча.

Тригонометрическое нивелирование заключается в определении превышений между точками по измеренному между ними расстоянию и углу наклона. Вычисление превышений ведут по формулам тригонометрии.

Физическое нивелирование делится на три вида: а) барометрическое, в основу которого положена зависимость между величиной атмосферного давления на точке местности и ее высотой; б) гидростатическое, основанное на свойстве свободной поверхности жидкости в сообщающихся сосудах всегда находится на одинаковом уровне независимо от превышения точек, на которых установлены эти сосуды; в) радиолокационное, основанное на использовании отражения электромагнитных волн.

Механическое нивелирование производят с помощью специальных приборов, устанавливаемых на велосипедных рамах, автомобилях и т.д. При движении такого прибора автоматически регистрируются пройденные им расстояния, высоты точек и вычерчивается профиль пройденного пути.

Стереофотограмметрическое нивелирование основано на определении превышений по паре фотоснимков одной и той же местности.

Понятие о гидростатическом нивелировании

В сообщающихся сосудах свободная поверхность жидкости устанавливается на одинаковом уровне независимо от поперечного сечения сосудов, массы жидкости и превышения. Это свойство и положено в основу устройства *гидростатических* нивелиров.

Если определить разность высот столбов жидкости в сообщающихся сосудах, то по этой величине можно получить превышение h точек А и В, на которых установлены эти сосуды.

Высоту столба жидкости в каждом сосуде можно определить, например, зная высоты d_1 и d_2 сообщающихся сосудов и измерив расстояния c_1 и c_2 (рис.58,б.) от уровня жидкости до края каждого сосуда. Тогда получим высоты столбов жидкости в сосудах $(d_1 - c_1)$ и $(d_2 - c_2)$ и превышения

$$h = (d_2 - c_2) - (d_1 - c_1) \quad \text{или} \quad h = (d_2 - d_1) - (c_2 - c_1)$$

Для данной пары сосудов $(d_2 - d_1)$ – величина постоянная, поэтому, обозначив

$$k = d_2 - d_1 \quad (15)$$

получим превышение

$$h = k - (c_2 - c_1) \quad (16)$$

Поменяв местами сосуды (рис.9.)

$$h = (d_1 - c'_1) - (d_2 - c'_2) \quad \text{или} \quad h = (c'_2 - c'_1) - (d_2 - d_1)$$

а с учетом (9)

$$h = (c'_2 - c'_1) - k \quad (17)$$

Складывая (106) и (107)

$$h = [(c'_2 - c'_1) - (c_2 - c_1)]/2 \quad (18)$$

а вычитая (106) из (107)

$$k = [(c'_2 - c'_1) + (c_2 - c_1)]/2 \quad (19)$$

Определив по этой формуле k , затем по любой из формул (16) – (18) находят превышение h .

Современные конструкции гидростатических нивелиров позволяют определять превышение между точками с точностью до десятых и даже сотых долей миллиметра.

Устройство существующих нивелиров-автоматов основано на следующем принципе. Превышение h точки В над точкой А местности может быть представлено как сумма превышений Δh_i точек местности, на которых последовательно находятся колеса, соединенные какой-нибудь рамой с установленным на ней нивелиром-автоматом.

Такое нивелирование дает возможность автоматически получать профиль нивелируемой местности и позволяет определять отметки отдельных точек.

Нивелиры-автоматы устанавливают на велосипедных рамах, что дает возможность производить нивелирование со скоростью 3-4 км/ч.

Новейшие конструкции нивелиров-автоматов устанавливают на автомашинах типа ГАЗ-69, что позволяет нивелирование со скоростью до 30 км/ч. Нивелиры-автоматы обеспечивают среднюю квадратическую погрешность нивелирования 1 км хода от $\pm 0,3$ до $\pm 0,6$ м.

Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

1) Сущность и методы измерения превышений

2) Что называется гидростатическим нивелированием?

3) На какие виды делится физическое нивелирование?

4) Расскажите о нивелирах-автоматах.

Лекция №21. Сущность геометрического нивелирования

Геометрическое нивелирование производят специальными приборами – *нивелирами*. Различают два способа геометрического нивелирования: *из середины и вперед*.

Для определения превышения точки В над точкой А геометрическим нивелированием из середины устанавливают в них вертикально рейки R_1 и R_2 , а между ними по возможности на одинаковом расстоянии от реек – нивелир. Последовательно визируя на рейки средней горизонтальной нитью зрительной трубы, берут отсчеты: по задней рейке a и по передней b . Тогда непосредственно из рисунка следует, что

$$h = a - b \quad (1)$$

т.е. *превышение равно отсчету по задней рейке минус отсчет передней рейке*.

Превышение будет положительным при $a < b$ и соответственно передняя точка выше или ниже задней.

Если отметка точки А известна, то отметка точки В

$$H_B = H_A + h \quad (2)$$

т.е. *отметка последующей точки равна отметке предыдущей точки плюс превышение между ними*.

С другой стороны, подставив в формулу (2) вместо h его значение из (1), найдем

$$H_B = H_A + a - b \quad (3)$$

Введем обозначение

$$H_i = H_A + a \quad (4)$$

Величина H_i называется *горизонтом инструмента* и является высотой визирного луча над исходной уровенной поверхностью. Следовательно, *горизонт инструмента на данной станции равен отметке точки плюс отсчет по рейке, установленной в этой точке*.

Выразив из формулы (3) значение H_A и подставив в (2) получим:

$$H_B = H_i - b,$$

т.е. *отметка точки равна горизонту инструмента минус отсчет по установленной в ней рейке*.

При геометрическом нивелировании вперед нивелир устанавливают так, чтобы окуляр зрительной трубы находился над задней точкой А, а в передней точке В устанавливают рейку R. Затем делают отсчет b по рейке и измеряют рулеткой или с помощью рейки расстояние i по отвесному направлению от центра окуляра до точки А, называемое *высотой инструмента*. Отсюда следует, что

$$h = i - b \quad (5)$$

а горизонт инструмента

$$H_i = H_A + i \quad (6)$$

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Какие способы различают при геометрическом нивелировании?
- 2) Что называется горизонтом инструмента?
- 3) Как читается равенство, которая относится к этой формуле $h = a - b$
- 4) Как читается равенство, которая относится к этой формуле $H_B = H_A + h$
- 5) Как читается равенство, которая относится к этой формуле $H_B = H_i - b$,

Лекция №22. Государственная нивелирная сеть

Государственная высотная геодезическая сеть – совокупность точек, надежно закрепленных на поверхности земли, положение которых определено в единой системе высот. Она делится на классы. Нивелирные сети I и II классов являются главной высотной основой, посредством которой устанавливается единая система высот на всей территории СССР. Нивелирные сети III и IV классов служат для обеспечения топографических съемок и решения инженерных задач.

В зависимости от точности определения высот пунктов высотная сеть подразделяется на 4 класса. Сети строятся по принципу перехода от общего к частному: от сети высшего – I класса к низшему. Сеть II класса состоит из ходов, образующих замкнутые полигоны, они прокладываются преимущественно вдоль железнодорожных, шоссейных дорог, по берегам рек.

Линии нивелирования II класса прокладываются между пунктами нивелирования I класса полигонами с периметром 500...600 км.

Нивелирование I класса выполняют с наивысшей точностью. Нивелирная сеть III класса создается как в виде отдельных ходов и систем ходов (полигонов) для сгущения нивелирной сети II класса, так и в виде самостоятельной сети и привязывается к реперам нивелирования высших классов. Нивелирная сеть 4 класса создается внутри полигонов высших классов.

Невязки в полигонах или нивелирных ходах последующих классов допускают не более $\pm 5\sqrt{L}$, мм для II класса, $\pm 10\sqrt{L}$, мм для III класса и $\pm 20\sqrt{L}$, мм для IV класса, где L — периметр полигона или длина нивелирного хода в километрах. Высоты пунктов государственной нивелирной сети считают от нуля Кронштадтского футштока (Балтийская система).

В результате развития государственной геодезической сети средняя плотность пунктов плановой и высотной основы для создания съемочного геодезического обоснования в соответствии с инструкцией по топографическим съемкам должна быть доведена:

на территориях, подлежащих съемкам в масштабе 1:25000 и 1:10000, до одного пункта плановой и высотной основы на 50-60 км²;

на территориях, подлежащих съемкам в масштабе 1:5000, до одного пункта триангуляции или полигонометрии на 20— 30 км² и одного пункта высотной основы на 10-15 км²;

на территориях, подлежащих съемкам в масштабе 1:2000 и крупнее, до одного пункта триангуляции или полигонометрии на 5—15 км² и одного пункта высотной основы на 5-7 км².

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Что называется государственной высотной геодезической сетью?
- 2) Как делится нивелирная сеть?
- 3) От чего берется начало высот пунктов государственной нивелирной сети?
- 4) Какие невязки нивелирных ходов допускаются для II, III и IV класса?
- 5) Чему должна соответствовать средняя плотность пунктов в результате развития государственной геодезической сети?

Лекция №23. Проектирование, рекогносцировка нивелирных ходов

Проект составляют на карте масштаба 1:10 000, 1: 25 000. Перед составлением проекта собирают и анализируют все материалы ранее выполненных нивелирных работ. На карту наносят исходные реперы и марки, пункты полигонометрии 4 класса и сетей сгущения всех разрядов. Направления ходов совмещают с дорогами, просеками, берегами рек, избегая больших уклонов, заболоченных, оползневых и других участков со слабым грунтом.

Независимо от границ съемочного участка линии нивелирования III класса проектируют, как правило, в пределах полигона II класса, а линии нивелирования IV класса в пределах полигона III класса.

В техническом проекте устанавливают объем работ, их сметную стоимость, намечают технологию выполнения нивелирования и материально-техническую обеспеченность.

В текстовой части проекта указывают:

Краткую характеристику физико-географических и климатических условий района работ;

Назначение проектируемых работ;

Исходные реперы;

Сведения о ранее выполненных нивелирных работах;

Закладку реперов;

Приборы и методы нивелирования;

Рекогносцировку и обследование на линиях III, IV классов совмещают с закладкой реперов.

В процессе рекогносцировки нивелирных ходов и сетей уточняют места установки реперов и марок. Их выбирают с учетом обеспечения долговременной сохранности, удобства привязки с возможностью вертикального расположения рейки на знаке и безопасности работ. Предпочтение отдают стенным и скальным знакам, как наиболее надежным и выгодным экономически. Рекогносцировка начинается с обследования состояния исходного репера и продолжается по направлению намеченной линии. Рекогносцировщик в поле наносит на крупномасштабную карту или на аэрофотоснимки места для закладки новых реперов, опознает местоположение существующих, составляет описание, абрисы и обозначает на местности места для закладки новых реперов.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) На каких картах масштаба составляется проект?
- 2) Что необходимо перед составлением проекта?
- 3) Что устанавливается в техническом проекте?
- 4) Как происходит рекогносцировка и закладка реперов?

Лекция №24. Нивелирные реперы и марки

Пункты нивелирной сети закрепляются специальными постоянными знаками – реперами (метка, знак) не реже чем через 5 км.

Нивелирные знаки должны быть изготовлены из такого материала и иметь такую конструкцию, чтобы в течении длительного времени обеспечивалась неизменность высотных отметок в пределах точности геодезических измерений. Разнообразие физико-географических условий страны обуславливает различные типы реперов, которые соответствуют определенным областям.

Реперы бывают вековые, фундаментальные, грунтовые и стенные.

В качестве грунтовых реперов широко применяются металлические знаки свайного типа, каменные и железобетонные монолиты. Общим является требование стабильности знаков, доступности их при измерениях и сохранности. Следует предупредить также возможное выпучивание реперов в условиях сезонного промерзания почвы.

Грунтовый репер состоит из железобетонного пилона или металлической трубы, якоря и марки на которую устанавливается рейка. Необходимо, чтобы якорь находился на 50 см ниже наибольшей глубины промерзания грунтов. В противном случае возможен подъем (выпирание) репера под воздействием сил морозного пучения.

Стенной репер изготавливают из металла и устанавливают в цокольной части каменных зданий. Предварительно пробивают отверстие, в котором закрепляют репер на цементном растворе.

В эксплуатацию стенные знаки вводятся не ранее чем через 3 дня после установки, а грунтовые – через 10 дней.

Возле постоянных реперов закрепляются охранные плиты и опознавательные знаки.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

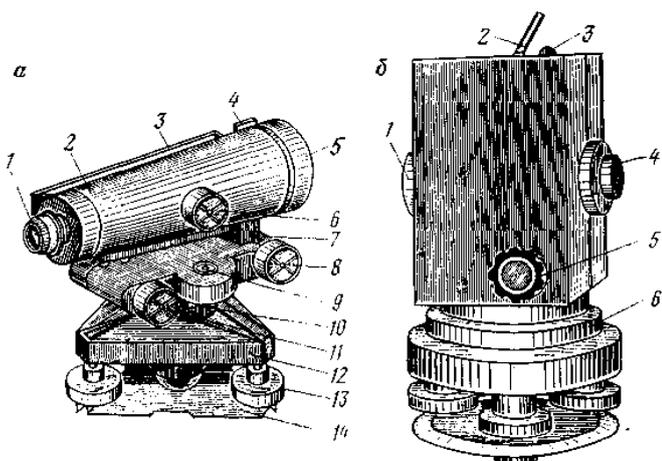
Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Через какой промежуток закрепляются пункты нивелирной сети?
- 2) Из чего должны быть изготовлены нивелирные знаки?
- 3) Какие виды реперов бывают?
- 4) Через сколько вводится в эксплуатацию репера после установки?

Лекция №25. Типы нивелиров, их поверки и юстировки



на рейку 4, объектив 5, кремальера для фокусирования трубы 6, закрепительный винт трубы 7, наводящий винт трубы 8, круглый уровень 9, исправительный винт круглого уровня 10 (их три), элевационный винт 11, подставка (трегер) 12, подъемный винт 13, пружинистая пластинка со втулкой 14.

Круглый уровень служит для приближенной установки оси нивелира в отвесное положение. Элевационный винт служит для точной установки визирной оси нивелира в горизонтальное положение. В

Нивелиры по точности делятся на три типа: высокоточные для нивелирования I и II классов, точные для нивелирования III и IV классов и технические, предназначенные. Для инженерно-технических работ. По конструкции различают нивелиры, визирная ось которых устанавливается в горизонтальное положение при помощи цилиндрического уровня, и нивелиры с самоустанавливающейся горизонтальной линией визирования. В настоящее время для технического нивелирования применяются точные нивелиры Н-3 и Н-3К, технический Н-10КЛ и др.

Нивелир Н-3 имеет следующие части: окуляр 1, корпус трубы 2, коробка цилиндрического уровня 3, мушка для приближенного наведения

коробке цилиндрического уровня, сверху над уровнем, расположена система оптических призм, с помощью которых изображение концов пузырька уровня передается в поле зрения трубы. Установка пузырька уровня на нуль-пункт достигается путем совмещения (контакта) изображений концов его половинок вращением элевационного винта. Такой уровень называется контактным.

Зрительная труба нивелира имеет внутреннюю фокусировку, увеличение трубы $30\times$, поле зрения $1^\circ 20'$. Цена деления круглого уровня $5'$, цена деления цилиндрического уровня на 2 мм - $15''$. Коэффициент дальномера - 100.

Нивелир Н-ЗК точный содержит маятниковый оптико-механический компенсатор, который состоит из подвижной призмы, подвешенной на двух парах скрещенных стальных нитей, и неподвижной призмы. Колебания компенсатора гасятся воздушным поршневым демпфером. Визирная ось нивелира устанавливается в горизонтальное положение автоматически. Зрительная труба с внутренней фокусировкой. Увеличение трубы $30\times$, поле зрения $1,3^\circ$, цена деления круглого уровня $10'$, коэффициент нитяного дальномера 100. Нивелир Н-ЗК выпускается также в варианте с горизонтальным лимбом под шифром Н-ЗКЛ.

Нивелир Н-10КЛ технический с компенсатором. Зрительная труба нивелира состоит из объектива 1 и окуляра 4. Фокусирование трубы производится вращением винта 5. Установка нивелира в рабочее положение производится подъемными винтами по круглому уровню 3 с откидным зеркалом 2. Визирная ось в горизонтальное положение устанавливается автоматически с помощью компенсатора. Наведение зрительной трубы на рейку выполняется механизмом горизонтальной наводки от руки. Закрепительный и наводящий винты трубы отсутствуют. Нивелир имеет горизонтальный лимб 6 с ценой деления Γ и точностью отсчета $0,1^\circ$. Увеличение зрительной трубы $20\times$, поле зрения трубы $1,3^\circ$, цена деления круглого уровня $10'$, коэффициент дальномера 100.

В комплект нивелира входят две нивелирные рейки типа РН-10-4000 и штатив типа ШР-120.

Проверки и юстировка нивелира Н-3

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в центр кружка на коробке уровня и поворачивают верхнюю часть нивелира вокруг его оси на 180° . Если пузырек останется в центре, то условие выполнено.

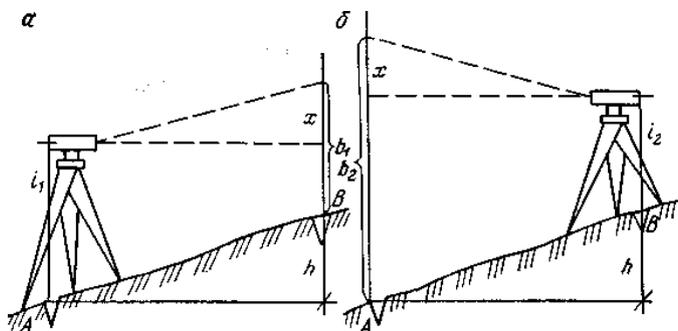


Схема проверки оси цилиндрического уровня

В противном случае исправительными винтами уровня перемещают пузырек к центру на половину его отклонения, а подъемными винтами приводят его в нуль-пункт. Для контроля проверку повторяют.

Перед каждой последующей проверкой предварительно приводят по круглому уровню ось нивелира в вертикальное положение. Для этого устанавливают подъемными винтами пузырек круглого уровня в центр кружка. После этого при вращении верхней части нивелира пузырек должен находиться в нуль-пункте.

2. Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира.

Среднюю нить сетки наводят на ясно видимую точку, расположенную в 25-30 м от нивелира, и наводящим винтом плавно вращают трубу. Нить сетки не должна сходиться с выбранной точки. Выполнение этого условия обеспечивается заводом. При несоблюдении условия необходимо ослабить винты, скрепляющие сетку с корпусом трубы, и повернуть сетку в нужную сторону.

3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы.

Проверка этого главного геометрического условия производится двойным нивелированием одной и той же линии с разных ее концов. Линия длиной около 50 м закрепляется кольшками. Устанавливают нивелир в точке А так, чтобы окуляр находился над кольшком, приводят ось вращения нивелира в отвесное положение при помощи круглого уровня и измеряют высоту прибора i_1 . В точке В устанавливают рейку и делают по ней отсчет b_1 , предварительно элевационным винтом приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, т. е. совмещают две его половинки.

Если визирная ось и ось цилиндрического уровня не параллельны, то в отсчет b_1 войдет ошибка x . Отсюда следует, что

$$h = i_1 - (b_1 - x)$$

Аналогично устанавливают нивелир в точке В. Измеряют высоту прибора i_2 и делают в точке А отсчет по рейке b_2 . Превышение в этом случае будет

$$h = (b_2 - x) - i_2$$

Решая уравнения $h = i_1 - (b_1 - x)$ и $h = (b_2 - x) - i_2$, получим

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}$$

Если величина x не превышает 4 мм, то исправление не проводится. В противном случае при помощи элевационного винта наводят среднюю нить сетки на исправленный отсчет $b = b_2 - x$ и вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня совмещают изображение концов пузырька уровня. Для контроля поверку повторяют.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

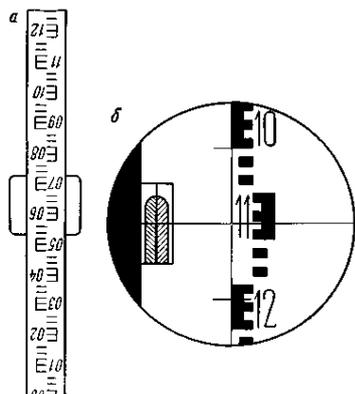
- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) На какие типы по точности делятся нивелиры?
- 2) Расскажите о основных частях нивелира Н-3.
- 3) Как выполняются поверки нивелира Н-3?
- 4) Какая поверка нивелира Н-3 является главной?
- 5) Расскажите о нивелирах Н-3К, Н-10КЛ.

Лекция №26. Нивелирные рейки, их устройство и поверки

При техническом нивелировании применяют двухсторонние цельные рейки РН-3 длиной 3000 мм, толщиной 2—3 см, шириной 8—10 см, а также складные рейки длиной 3000–4000 мм.



Нивелирная рейка и рейка в поле зрения трубы

На одной стороне рейки РН-3 нанесены черной краской (черная сторона) шашечные сантиметровые деления, которые чередуются с белыми, также сантиметровыми делениями; на другой стороне сантиметровые деления нанесены красной краской (красная сторона). На черной стороне нулевой отсчет совпадает с пяткой, на красной стороне с пятками совпадают отсчеты 4687 мм или 4787 мм. Счет делений возрастает от нижнего конца рейки; цифры подписаны через каждый дециметр в перевернутом виде, а в поле зрения трубы их изображение будет прямым. Разность отсчетов по разным сторонам рейки должна быть постоянной, что служит контролем нивелирования на станции.

Для приведения реек в отвесное положение к ним прикреплен круглый уровень, параллельность оси которого плоскости рейки поверяют по отвесу.

Если уровни отсутствуют, то при визировании на такие рейки их плавно наклоняют вперед и назад вдоль линии визирования. Наименьший отсчет по рейке соответствует ее вертикальному положению. При отсчетах менее 1000 мм рейку устанавливают в вертикальное положение на глаз.

Во время нивелирования рейки устанавливают на деревянные колья, металлические костыли или башмаки. Перед началом работы рейки поверяют при помощи контрольного метра или стальной рулетки с миллиметровыми делениями. Дважды измеряют длины метровых отрезков, а затем дециметровых. Ошибка дециметрового деления не должна превышать 1 мм, а всей длины рейки 2 мм.

Нивелир и рейки нужно содержать в чистоте и оберегать от сотрясений и ударов.

Влияние кривизны Земли и рефракции на результаты нивелирования.

Если бы визирный луч нивелира совпадал с кривой, параллельной уровенной поверхности, то превышение точки *B* над точкой *A* было бы равно разности отсчетов по рейкам, т.е.

$$h = a_1 - b_1$$

Но визирный луч идет по прямой, касательной к этой кривой, и в отсчеты по рейкам войдут поправки a_2 и b_2 за кривизну Земли. В действительности визирный луч нивелира вследствие неоднородности воздушной среды пойдет не по прямой, а по кривой, обращенной вогнутостью к уровенной поверхности, и уменьшит эти поправки на a_3 и b_3 за рефракцию. Разности $0,08 - 0,0808 = 0,0008$ и $6,62 - 6,6263 = 0,0063$ выражают суммарное влияние кривизны Земли и рефракции.

Влияние кривизны Земли $k = d^2/2R$, где d — расстояние от нивелира до рейки; R — радиус Земли, равный 6371 км. Среднее значение поправки за рефракцию обычно принимается $r = 0,16k$ или $r = 0,16d^2/2R$.

Общая поправка за кривизну Земли и рефракцию будет

$$f = k - r = \frac{d^2}{2R} - 0,16 \frac{d^2}{2R} = \frac{d^2}{2R} (1 - 0,16)$$

или

$$f = 0,42 \frac{d^2}{R}$$

Числовые значения этой поправки приведены

д, м	50	100	150	200	300	400
f, мм	0,2	0,7	1,5	2,6	6,0	10,5

При равных расстояниях от нивелира до реек влияние кривизны Земли и рефракции на результаты нивелирования исключается.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Перечислите виды реек.
- 2) Расскажите о рейке РН-3.
- 3) Что называется пяткой рейки?
- 4) Как влияет кривизна Земли и рефракция на результаты нивелирования?
- 5) Как определить общей поправки за кривизну Земли и рефракцию?

Лекция №27. Техническое нивелирование

Техническое нивелирование производится для определения отметок пунктов съемочного обоснования топографических съемок, а также при изыскании и строительстве инженерных сооружений.

При изыскании трасс линейных сооружений производится разбивка пикетажа, измерение углов поворота трассы и съемка ситуации. Трасса разбивается на участки длиной по 100 м каждый. Начальная и конечная точки участка называются пикетами, которые на местности закрепляются деревянными кольшками, забиваемыми вровень с землей. Рядом с ними забивают сторожки. На сторожке подписывают номер пикета. В начальной точке - № 0, в конце первого участка - № 1, в конце второго участка - № 2 и т. д. При разбивке пикетажа на перегибах рельефа местности отмечают промежуточные или плюсовые точки, на сторожках подписывают номер предыдущего пикета и расстояние от него до плюсовой точки. Разбивку пикетажа выполняют стальной лентой. В точке поворота трассы теодолитом измеряют полным приемом угол, лежащий вправо по ходу. При помощи эскера и рулетки ведут съемку ситуации в полосе 20-40 м по обе стороны от трассы.

Одновременно с разбивкой пикетажа и съемкой ситуации ведется пикетажный журнал, изготовленный, обычно, из миллиметровой бумаги. Пикетажный журнал ведется в крупном масштабе, чаще

1:2000.

Превышение между точками определяется, как правило, способом нивелирования из середины, расстояние от нивелира до реек допускается до 150 м, неравенство этих расстояний не должно превышать 5 м. С помощью подъемных винтов пузырек круглого уровня устанавливается в нуль-пункт. Зрительная труба направляется на рейку и вращением окулярной трубочки и кремальеры добиваются резкого изображения сетки нитей и делений рейки. Отсчет по рейке делается по средней нити сетки с точностью 1 мм при обязательном совмещении элевационным винтом концов пузырька цилиндрического уровня.

При техническом нивелировании порядок работы на станции, после установки нивелира в рабочее положение, следующий:

1. Отсчет по черной стороне задней рейки.
2. Отсчет по черной стороне передней рейки.
3. Отсчет по красной стороне передней рейки.
4. Отсчет по красной стороне задней рейки.
5. Отсчет по черной стороне рейки, установленной на промежуточных точках.

На промежуточных точках устанавливается задняя рейка. Отсчеты по рейкам записываются в журнал установленной формы. Разности отсчетов, т. е. превышения H по черным и красным сторонам реек не должны быть более 5 мм.

Нивелирный ход должен опираться на два исходных репера, отметки которых известны. Проложение замкнутых и висячих ходов, опирающихся только на один исходный репер, разрешается в исключительных случаях.

Обработка результатов технического нивелирования

Обработка результатов нивелирования начинается с проверки полевых вычислений в нивелирном журнале. Для этого проводится постраничный контроль. На каждой странице журнала подсчитывается сумма отсчетов по задним рейкам $\sum a$, сумма отсчетов по передним рейкам $\sum b$ и алгебраическая сумма средних превышений $\sum h_{cp}$.

Тогда

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \sum h_{cp}$$

Далее определяют невязки в превышениях нивелирного хода. Если ход замкнутый, то

$$f = \sum h_{cp}$$

Если ход разомкнутый, т. е. проложен между двумя реперами, отметки которых H_1 и H_2 известны, то

$$f = \sum h_{cp} - (H_2 - H_1)$$

где $\sum h_{cp}$ — сумма средних превышений по всему ходу.

Предельная невязка хода технического нивелирования не должна превышать

$$f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L} \quad \text{или} \quad f = 10 \text{ мм} \sqrt{n}$$

где L — длина нивелирного хода в километрах; n — число станций.

Вторая формула используется при нивелировании местности со значительными углами наклона, когда число станций на 1 км хода значительно больше 10.

Допустимую невязку распределяют с обратным знаком поровну в превышения каждой станции или на сумму превышений пропорционально длине ходов с округлением до одного миллиметра. Сумма поправок должна быть равна невязке с противоположным знаком. Сумма исправленных превышений должна быть равна нулю для замкнутого нивелирного хода и равна разности отметок конечного и начального реперов для разомкнутого хода. После этого вычисляют отметки связующих точек по формуле

$$H_B = H_A + h,$$

т. е. отметка точки последующей равна отметке точки предыдущей плюс превышение между ними. Отметки промежуточных точек вычисляются при помощи горизонта прибора.

Горизонтом прибора называется отметка горизонтального луча нивелира, которая равна

$$\text{ГП} = H_A + a$$

Отметка промежуточной точки C будет

$$H_C = \text{ГП} - c$$

т. е. отметка промежуточной или плюсовой точки равна горизонту прибора минус отсчет по рейке в этой точке. Поэтому на станциях, где имеются промежуточные точки, вычисляется горизонт прибора.

Пример записи в журнале технического нивелирования и обработки нивелирного хода между двумя реперами показан в таблице.

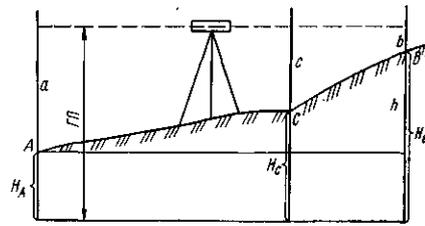


Схема вычисления отметок связующих и промежуточных точек

Журнал технического нивелирования

№ станций	№ приборов	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм				Горизонт прибора, м	Отметки, м
		задние	передние	промежуточные	по черной стороне	по красной стороне	средние	исправленные		
1	Рп 1	0 340							135,443	
	ПК 0	5 029	1 232 5 923		-892	-894	+2 -893	-891		
2	ПК 0	1 937 6 628			+1598	+1598	+2 +1598	+1600	134,552	
	ПК 1		0 339 5 030							
3	ПК 1	0 352							136,152	
	ПК 2	5 041	1 466 6 156		-1114	-1115	+2 -1114	-1112		
4	ПК 2	1 935							135,040	
	ПК 3	6 627	0 393 5 083		+1542	+1544	+2 +1543	+1545		
5	ПК 3	1 225 5 916							137,810	
	+40 +80			2830 2900						
	ПК 4		0 667 5 356		+0558	+0560	+2 +0559	+0561		
6	ПК 4	2 080							137,146	
	X	6 772	0 306 4 997		+1774	+1775	+2 +1774	+1776		
7	X	2 138								
	ПК 5	6 827	0 494 5 185		+1644	+1642	+2 +1643	+1645		
8	ПК 5	0 339							140,567	
	Рп 2	5 028	2 231 6 922		-1892	-1894	+2 -1893	-1891		
		Σ = 58 214	51 780				+3217	+3233		

$$\Sigma h_{\text{ср}} = \frac{58\,214 - 51\,780}{2} = +3\,217;$$

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_2 - H_1) = 3217 - 3233 = -16 \text{ мм};$$

$$f_{h_{\text{доп}}} = 10 \text{ мм} \sqrt{n} = 10 \text{ мм} \sqrt{8} = 28 \text{ мм}.$$

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Где применяют техническое нивелирование?
- 2) Какие виды работ производят при изыскании трасс линейных сооружений?
- 3) Порядок работы на станции при техническом нивелировании.
- 4) Как обрабатываются результаты при техническом нивелировании?
- 5) Как найти и распределить невязку превышениях нивелирного хода?

Лекция №28. Трассирование линейных сооружений

Трассой называют ось проектируемого линейного сооружения, обозначенную в натуре или заданную на модели местности (топографической, стереоскопической, цифровой). Основными элементами трассы являются: план – ее проекция на горизонтальную плоскость и продольный профиль - вертикальный разрез по проектируемой линии. Перпендикулярно к трассе составляют поперечные профили.

Трасса представляет собой сложную пространственную линию. В плане она состоит из прямых участков разного направления, сопрягающихся между собой горизонтальными кривыми постоянного и переменного радиуса кривизны. В продольном профиле трасса содержит линии различного уклона, соединяющиеся между собой вертикальными кривыми. На ряде трасс (электропередач, канализации) горизонтальные и вертикальные кривые не проектируют, и трасса представляет собой пространственную ломанную линию.

Трасса должна удовлетворять определенным требованиям, которые устанавливаются техническими условиями на ее проектирование. Задаются наибольшие или наименьшие продольные уклоны, минимально допустимые радиусы горизонтальных и вертикальных кривых и др.

Трассирование. Комплекс инженерно-изыскательских работ по выбору оптимальной трассы называют трассированием.

Если трассу определяют по топографическим планам, аэрофотоматериалам и цифровым моделям местности, то трассирование называют камеральным; если она выбирается непосредственно на местности, то полевым.

Положение трассы в равнинных районах определяется контурными препятствиями, т.е. ситуацией. В плане стремятся иметь по возможности прямую трассу, ведя трассирование по заданному направлению (азимуту спрямления). Однако встречающиеся препятствия в виде водотоков, болот, больших оврагов, а также населенные пункты, угодья заставляют отклонять трассу в ту или иную сторону. Каждый угол поворота дает некоторое удлинение трассы. Обычно стремятся иметь углы поворота до 30, которые незначительно удлиняют трассу.

Положение трассы в горных районах определяются высотными препятствиями, т.е. рельефом.

Камеральное трассирование.

По карте масштаба 1:М и высоте сечения рельефа определяют величину заложения для уклона трассирования

$$L = \frac{h}{i}$$

или в масштабе карты

$$l = \frac{h}{i} \frac{1}{M}$$

Например, для карты масштаба 1: 50 000 при $h=10$ м и $i=20$ промиллей.

$$l = 1000 \text{ см} / 0.020 \cdot 50\,000 = 1 \text{ см.}$$

По найденному значению заложения можно выделить по карте участки, принципиально отличающиеся по характеру трассирования – так называемые участки вольного и напряженного ходов. Напряженным ходом называют участки местности длиной не менее 3-5 км, для которых уклон больше заданного уклона. Там, где уклон местности меньше уклона трассы – участки вольного хода.

Линия нулевых работ – это такой вариант расположения трассы, при котором заданный проектный уклон дороги выдерживается без устройства насыпей и выемок.

Линии нулевых работ на участках напряженного хода намечают раствором циркуля, равным l , последовательно засекая соседние горизонталы и соединяя найденные точки отрезками прямых.

После спрямления линии нулевых работ измеряют транспортиром углы поворота трассы и назначают радиусы кривизны кривых. Затем по трассе разбивают пикетаж. По отметкам и пикетажу строят продольный (черный) профиль, а затем проектируют профиль дороги (красный профиль).

Полевое трассирование.

Дорожные трассы состоят из прямолинейных и криволинейных участков. В плане прямолинейные участки сопрягаются кривыми линиями постоянного или переменного радиуса R , точки НК и КК представляют начало и конец криволинейного участка.

Плановое положение трассы определяется при разбивке пикетажа, высотное в результате нивелирования.

Рекогносцировка трассы – обследуют местность вдоль предлагаемой трассы.

Разбивка пикетажа и поперечников – по трассе между ее началом и концом точками, называемыми пикетами, фиксируют 100-метровые отрезки и характерные точки трассы. Пикеты закрепляют деревянными колышками. Разбивку пикетажа производят стальной лентой или рулеткой. Точки перегиба рельефа называются плюсовыми. В тех местах трассы, где поперечный уклон местности больше 0.2 разбивают *поперечники*.

Съемка полосы местности вдоль трассы. На местности вдоль трассы полосой 40 м производят съемку ситуации.

Нивелирование трассы. По трассе в прямом и обратном направлениях прокладывают нивелирный ход. Превышения в ходе измеряют по программе технического нивелирования. В процессе нивелирования получают отметки всех пикетных точек, начала, середины и конца кривых, промежуточных точек и точек поперечников.

Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

1) Что называется трассой линейного сооружения?

2) Что такое трассирование?

3) Укажите отличия полевого трассирования от камерального.

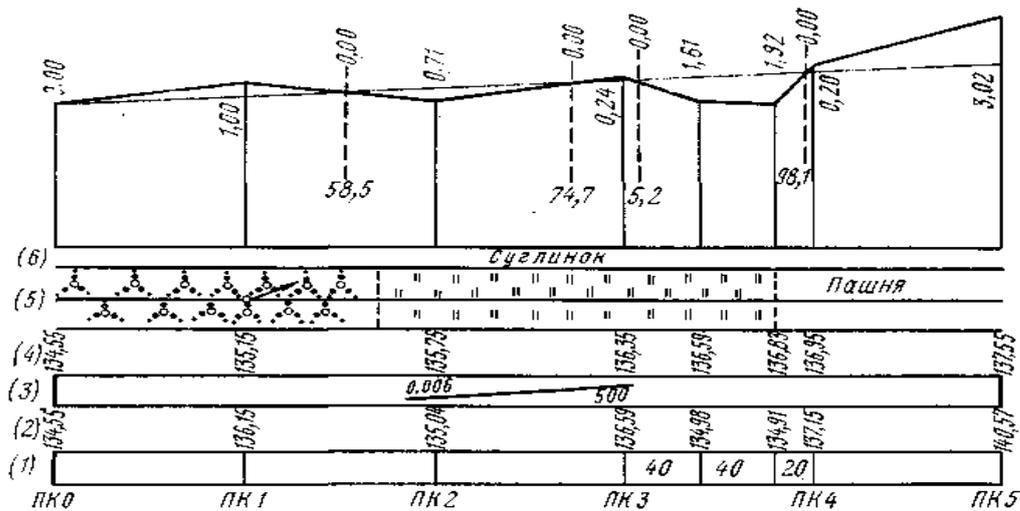
4) Что такое превышение, горизонт инструмента, как они вычисляются?

5) Какой метод нивелирования применяется при нивелировании трассы?

Лекция №29. Построение профилей при продольном и поперечном нивелировании

Для проектирования сооружения линейного типа составляют продольный профиль трассы. Профиль составляется по данным нивелирного и пикетажного журналов на миллиметровой бумаге. Для большей наглядности масштаб для вертикальных расстояний принимают в 10 раз более крупным, чем для горизонтальных.

При составлении профилей следует руководствоваться установленными образцами, на которых показана разграфка для размещения и записи необходимых данных. На рисунке показан один из таких профилей.



Составление профиля начинается с нанесения пикетов и плюсовых точек и заполнения графы (1) расстояний. Наименование плюсовых точек на профиле не указывается, а о расстоянии их до пикетов судят по графе (1) расстояний, в которой все точки наносятся по масштабу путем проведения вертикальных линий. Расстояния между точками записываются в промежутках между этими линиями. Расстояния, равные 100 м, между пикетами не записываются. В графу (2) записываются из нивелирного журнала отметки земли или фактические отметки пикетов и плюсовых точек. В графы (3) и (4) заносятся проектные данные: уклон и проектные отметки. Графа (5) заполняется по данным пикетажного журнала. Посередине этой графы проводится прямая, представляющая собой ось трассы. Если трасса имеет повороты, то в точках поворота стрелкой показывают их направление: вниз — при повороте вправо, вверх — при повороте влево. В графе (6) показывается характер грунта. Далее от линии условного горизонта, за которую принимают одну из утолщенных линий миллиметровки, откладывают отметки пикетов и плюсовых точек в принятом для вертикальных расстояний масштабе. Отметку условного горизонта выбирают так, чтобы самая низкая точка профиля расположилась выше условного горизонта на 4-6 см.

Все нанесенные по отметкам точки последовательно соединяют прямыми линиями и получают профиль трассы.

После составления профиля выполняется проектирование линейного сооружения, например, дороги. Для этого на профиле наносится проектная линия под условием минимального объема земляных работ и минимального и максимального уклонов, обеспечивающих сток воды и безопасность движения транспорта. В таком случае уклон проектной линии вычисляется по формуле

$$u = \frac{H_2 - H_1}{d}$$

где H_1 и H_2 — отметки начала и конца проектной линии; d — расстояние между этими точками, взятые с профиля. Уклон и расстояние записываются в графу (3).

Часто проектная линия задается проектной отметкой начальной точки и уклонами проектной линии на каждый участок трассы. Проектные отметки, лежащие на прямой профиля, вычисляются по формуле

$$H_k = H_{k+1} + ud$$

т. е. отметка последующей точки, лежащей на прямой профиля, равна отметке предыдущей точки плюс произведение уклона линии на горизонтальное расстояние между этими точками. Записываются проектные отметки в графу (4).

Разность между проектной отметкой и отметкой земли показывает высоту насыпи или глубину выемки и называется рабочей отметкой. Рабочие отметки вычисляются для всех точек профиля и записываются над проектной линией, если они относятся к насыпи, и под ней — при выемке. При переходе от насыпи к выемке и наоборот находится точка нулевых работ. На профиле необходимо указать расстояние от этой точки до ближайшего младшего пикета. Находим это расстояние по формуле

$$x = \frac{d}{|a| + |b|} \cdot |a|$$

где a и b — рабочие отметки в точках A и B ; d — горизонтальное расстояние между этими точками.

ми.

Если расстояние до точки нулевых работ вычислено от промежуточной точки, то к найденному значению необходимо прибавить расстояние этой промежуточной точки до младшего пикета. Зная расстояние x , можно определить отметку нулевой точки M по формуле $H_k = H_{k+1} + ud$.

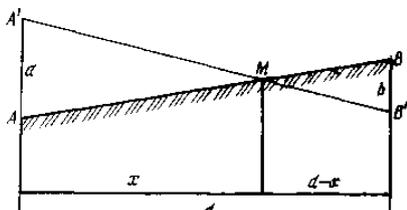


Схема определения положения точки нулевых работ

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Для чего нужен продольный профиль трассы?
- 2) С чего начинается построение профиля трассы?
- 3) Что делают после составления профиля?
- 4) Как находят проектный уклон?
- 5) Как находят проектные отметки?
- 6) Как оформляется профиль?

Лекция №30. Разбивка кривых

Разбивка кривых. Трасса линейного сооружения и ее элементы.

Трасса – это пространственная линия, представляющая на местности ось проектируемого или строящегося сооружения. По геодезическим изысканиям составляется план трассы и ее продольный профиль.

Дорожные трассы состоят из прямолинейных и криволинейных участков. В плане прямолинейные участки сопрягаются кривыми линиями постоянного или переменного радиуса R , точки НК и КК представляют начало и конец криволинейного участка. Угол поворота трассы – это горизонтальный угол θ , образованный продолжением предыдущего и направлением последующего прямого ее участков. Для определения угла поворота на местности теодолит ставят над вершиной этого угла (ВУ) и измеряют правый угол β . При переносе трассы на местность углы ее поворота определяют по формуле $\theta = \beta - 180^\circ$ для левых углов и $\theta = 180^\circ - \beta$ для правых углов, где β горизонтальный угол трассы, измеряемый теодолитом вправо по ходу.

Элементы круговой кривой и ее главные точки. Часть оси трассы, очерченной по дуге постоянного радиуса, называется круговой кривой. Ее элементы – угол поворота θ и радиус R служат исходными для вычисления остальных элементов.

Длина T касательных AB и BC называется тангенсом кривой:

$$T = R \operatorname{tg} (\theta/2) \quad (1)$$

Длина K круговой кривой представляет дугу AMC окружности.

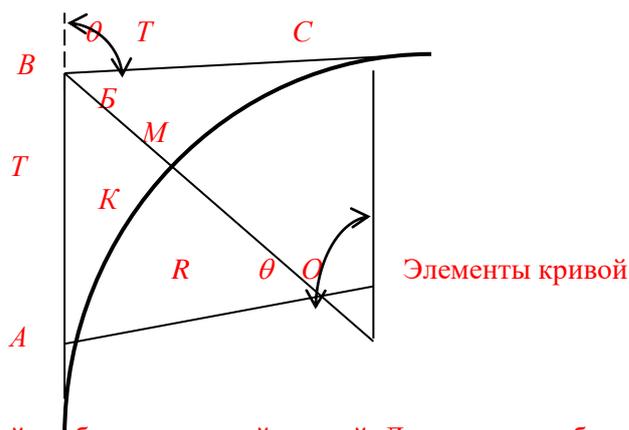
$$K = \pi R \theta / 180^\circ \quad (2)$$

Длина B биссектрисы круговой кривой равна отрезку BM :

$$B = R [\sec (\theta/2) - 1] \quad (3)$$

Домер D круговой кривой равен разности

$$D = 2T - K \quad (4)$$



Способы детальной разбивки круговой кривой. Детальную разбивку кривых по оси трассы производят в процессе строительства линейного сооружения. При этом кривая обозначается на местности кольшками, вбитыми через равные отрезки дуги. Для детальной разбивки круговой кривой способом прямоугольных координат линию тангенса АВ принимают за ось абсцисс с началом координат в точке НК. Координаты точки к1 определяются как:

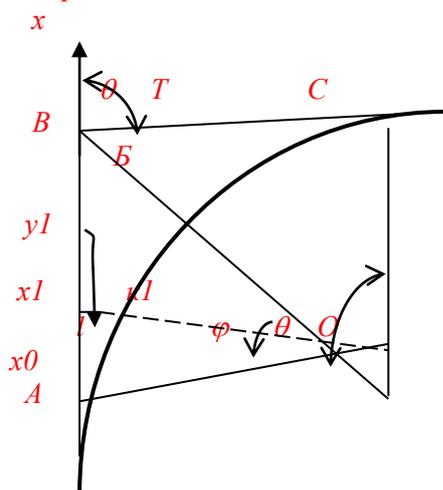
$$x_1 = R \sin \varphi; \quad y_1 = R (1 - \cos \varphi) \quad (5)$$

Здесь угол φ вычисляется по заданной длине дуги l с использованием формулы

$$\varphi = 180^\circ l / \pi R \quad (6)$$

Координаты точек k_2, k_3 находятся по формулам (5) при подстановке углов $2\varphi, 3\varphi \dots$ до середины кривой

На местности в створе тангенса $AB = T$, задаваемом с помощью теодолита, стальной рулеткой откладывают абсциссы $x_1, x_2 \dots$ с точностью до 0.01 м и восстанавливают в них по теодолиту или с применением эскера перпендикуляры длиной $y_1, y_2 \dots$. Точки $k_1, k_2, k_3 \dots$ закрепляют кольшками. Вторую половину кривой разбивают таким же способом относительно линии тангенса СВ.



Разбивка круговой кривой способом прямоугольных координат

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Дайте определение трассы?
- 2) Назовите элементы круговой кривой и главные ее точки?
- 3) Как выполняется разбивка кривой?
- 4) Способы детальной разбивки круговой кривой.

Лекция №31. Нивелирование по квадратам

Нивелирование поверхности. При нивелировании поверхности съемку рельефа выполняют геометрическим нивелированием. В условиях строительной площадки применяют, как правило, способ нивелирования по квадратам и полярный способ.

Последовательность работ при нивелировании по квадратам.

Рекогносцировка участка съемки. На этом этапе работ оценивают возможность без помех разбить сетку квадратов и провести геометрическое нивелирование выбирают начальное направление одной из сторон сетки, станции, связующие точки, а также оптимальный вариант привязки сетки квадратов к пунктам плановой и высотной геодезической сети.

Разбивка сетки квадратов и съемка ситуации. В зависимости от масштаба съемки и рельефа местности стороны квадрата принимают равными 10, 20, 40 м и более. Выбирают начальное направление и в створе этой линии забивают например, через 20 м кольшки, т.е. закрепляют точки А1, А2 ... В этих точках строят прямые углы и откладывают отрезки А1-Г1 и А1-Г3. Затем фиксируют кольшками точки Г1 и Г3.

Разбивку внутренних точек (вершин квадратов) можно осуществить и другими способами, например при помощи стальных тросиков.

Съемку ситуации производят от вершин квадратов способами прямоугольных координат и линейных засечек, а также способом створов по сторонам квадратов сетки.

Планово-высотная привязка сетки квадратов. Для того чтобы топографический план был построен в принятой системе координат и высот, съемочное обоснование должно быть привязано к опорной геодезической сети. С этой целью сетка квадратов, являющаяся съемочным обоснованием соединяется привязочными ходами с пунктами плановой и высотной опоры. В качестве плановой привязки применяют обычно теодолитно-высотный ход.

Съемка рельефа. Выбирают места для станций так, чтобы с каждой из них можно было выполнить нивелирование вершин нескольких квадратов. При этом каждые две смежные станции должны иметь общие связующие точки, которые необходимы для передачи отметок на последующие станции.

При нивелировании вершин квадратов рейку устанавливают на кольшек и берут отсчеты по черной и красной сторонам. Контроль правильности взятия отсчетов осуществляют по разности нулей реек, она не должна превышать 4 мм.

Полевой контроль выполняют также и на связующих точках. Каждая из них имеет по два отсчета, полученных со смежных станций. Правильность отсчетов контролируют, сравнивая суммы накрест лежащих отсчетов. Суммы не должны отличаться друг от друга более чем на ±5мм.

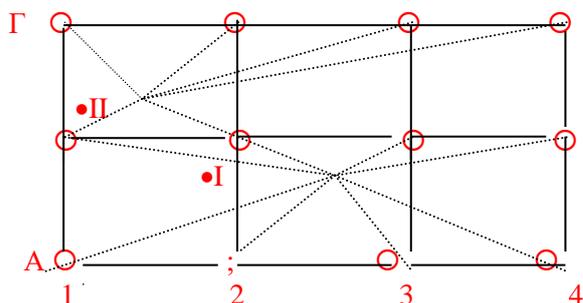


Схема нивелирования по квадратам

Расчетно-графические работы. На схеме выделяют опорный замкнутый ход, проходящий по связующим точкам, вычисляют отметки связующих точек. Для каждой станции дважды вычисляют горизонт инструмента по формулам $ГПч = Н + ач$ и $ГПк = Н + ак$, где $Н$ – отметка репера или связующей точки; $ач$ - отсчет по черной и $ак$ – отсчет по красной сторонам рейки, установленной в определяемой точке.

Фактические отметки вершин квадратов вычисляют по формулам $Нч = ГПч - бч$ и $Нк = ГПк - бк$, где $бч$ и $бк$ - отсчеты по черной и красной сторонам рейки, установленной в вершине квадрата. $Нч$ и $Нк$ – не должны отличаться друг от друга более чем на 5 мм.

Составление схемы участка. На миллиметровой бумаге составляют в произвольном масштабе

схему, подобную сетке квадратов при нивелировании поверхности. Около вершин квадратов выписывают их абсолютные отметки, полученные в результате нивелирования. Рассчитывают условную (рабочую отметку)отметку по формуле $h = H_{ф} - H_{min}$, где H_{min} – наименьшая из всех фактических отметок.

Вычисление проектной отметки горизонтальной площадки. Отметку НП горизонтальной площадки вычисляют по формуле

$$H_{НП} = H_{min} + (\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4) / 4n,$$

где $\sum h_1$ - сумма условных отметок вершин, относящихся только к одному квадрату; $\sum h_2$ – сумма условных отметок вершин, относящихся к двум смежным квадратам и т.д.

Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

1) Назовите способы нивелирования поверхности.

2) В какой последовательности выполняется нивелирования по квадратам?

3) Как выполняются полевые работы при нивелировании по квадратам?

4) Как выполняются расчетно-графические работы и составляется схема участка?

Лекция №32. Вертикальная планировка площадей.

Понятие о вертикальной планировке.

В процессе строительства первоначальная поверхность стройплощадки изменяется. Оставшийся по окончании строительных работ грунт препятствует стоку дождевых вод. Поэтому важное место в строительном процессе занимает организация рельефа, т.е вертикальная планировка.

Вертикальной планировкой называют преобразование существующего (естественного) рельефа в проектный (искусственный), отвечающий требованиям строительства и благоустройства территории. Вертикальная планировка заключается в замене реальной поверхности оформляющими наклонными и горизонтальными плоскостями, иногда криволинейными поверхностями различного порядка. Выбор проектной поверхности при проектировании определяется особенностями строительства и благоустройства с учетом экономических показателей и требований нормативных документов.

В задачу вертикальной планировки входит обеспечение отвода поверхностных вод со строительной площадки и выполнение минимального объема работ.

Вертикальную планировку подразделяют на:

- планировку при внутриквартальной застройке, строительстве спортивных сооружений и т.п.;
- планировку, выполняемую при строительстве линейных сооружений, отличающихся малой площадью и большой протяженностью (дороги, каналы и др.).

Планировочные работы, производимые на местности землеройными машинами и механизмами, по существу заключаются в образовании выемок и насыпей. Наибольший экономический эффект при планировке получают тогда, когда работы производят с учетом баланса земляных работ (нулевого баланса), т.е. когда объемы грунта насыпей и выемок равны между собой. В этом случае при планировочных работах избыточный грунт не вывозят и не привозят недостающий, а перемещают его на планируемом участке.

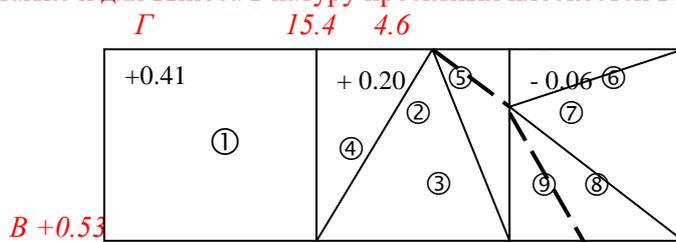
В процессе проектирования планировки определяют объем грунта (объем земляных работ), который должен быть вынут и насыпан.

Графической основой для составления проекта вертикальной планировки служит топографический план, получаемый в результате съемки местности. Чаще всего в качестве основы для разработки проекта используют материалы съемки, называемой нивелированием поверхности.

Составление картограммы земляных работ.

Задача вертикальной планировки решается с помощью составления картограммы земляных работ,

представляющей собой графическое изображение размещения на плане насыпей и выемок. Картограмма является составной частью проекта вертикальной планировки и используется для перемещения земляных масс, а также и для выноса в натуру проектных плоскостей вертикальной планировки.



Картограмма земляных работ при проектировании горизонтальной площадки

Для подсчета объема земляных масс в квадратах пользуются рабочими отметками.

При подсчете земляных масс по картограмме учитывают и грунт, вынутый из котлованов под здания и сооружения, в соответствии, с чем корректируют количество грунта, подлежащего перемещению.

Если по углам точек имеются рабочие отметки с плюсом и минусом, то интерполированием определяют положение нулевых точек, соединяя которые, получают контуры выемок и насыпей на планируемом участке, т.е. линию нулевых работ. Квадраты, стороны которых делит линия нулевых работ, называются неполными.

Объем выемки или насыпи в замкнутой фигуре определяют по следующим формулам:

Для квадрата или его части

$$Q = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) p / 4 = \Sigma h p / 4,$$

где h_i – рабочие отметки по углам квадрата, м;

p – площадь квадрата.

После подсчета объемов земляных работ по отдельным квадратам их суммируют в пределах каждого контура выемок или насыпей, ограниченного нулевыми линиями. Объемы работ по отдельным фигурам выписывают на самой картограмме.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Понятие о вертикальной планировке.
- 2) На какие виды подразделяется вертикальная планировка?
- 3) Дайте определение «нулевой баланс».
- 4) Как составляется картограмма земляных работ?
- 5) Как определяется объем выемки или насыпи в замкнутой фигуре?

Лекция №33. Способы и сущность тригонометрического нивелирования

Пусть требуется определить превышение h точки B над точкой A . Для этого в точке A устанавливают теодолит, а в точке B рейку или веху. Измеряют рулеткой высоту инструмента i и длину линии AB лентой или дальномером. С помощью вертикального круга теодолита определяют угол наклона визирной оси трубы при наведении ее на какую-либо точку рейки. Расстояние v от этой точки до пятки рейки называется высотой визирования. Из рис. 57. имеем:

$$h = h' + i + v \quad (7)$$

Но

$$h' = d \operatorname{tg} \nu \quad (8)$$

тогда

$$h = d \operatorname{tg} \gamma + i - \nu \quad (9)$$

Если на рейке отложить высоту инструмента i и в эту точку визировать трубой, т.е. положить $i = \nu$, то превышение можно вычислить по формуле:

$$h = d \operatorname{tg} \nu \quad (10)$$

Превышения, вычисляемые по формуле (9) или (10), округляют до 0,01 м.

Если расстояние $AB = D$ измеряют лентой или дальномером с горизонтальной рейкой, то $d = D \cos \gamma$ и вместо формулы (10) будем иметь

$$h = D \sin \nu \quad (11)$$

Если же расстояние между точками измеряют дальномеры с вертикальной рейкой, то, подставив в формулу (10) вместо d его значение из формулы (90), после несложных преобразований получим

$$h = \frac{1}{2} Ki \sin 2\nu \quad \text{или} \quad (12)$$

$$h = \frac{1}{2} D' \sin 2\nu \quad (13)$$

Формулы (12) и (13) называются *тахеометрическими*. При определении превышений h по этим формулам пользуются тахеометрическими таблицами.

Если отметка точки А известна, то отметку точки В можно определить по формуле:

$$H_B = H_A + h \quad (14)$$

Основная литература

1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб

2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.

3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.

4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.

2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.

3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

1) Способы тригонометрического нивелирования.

2) Как найти превышение?

3) Как найти отметку точки В, если известна отметка точки А.

4) Как найти превышение используя тахеометрическую таблицу?

Тема 6. Вычислительная обработка нивелирных ходов

Лекция №34. Вычислительная обработка нивелирных ходов. Увязка замкнутых нивелирных ходов и вычисление отметок точек полигона.

Обработка результатов измерений

Полевые измерения обрабатываются в два этапа: предварительная обработка; уравнильные вычисления и составление каталога координат и высот пунктов.

Основная задача предварительной обработки – исключение возможных ошибок, допущенных при полевых вычислениях, проверка доброкачественности измерений и пригодность их к заключительной обработке – уравниванию.

В состав предварительной обработки входят:

Проверка полевых журналов;

Оценка результатов измерений;

Составление схем сетей;

Вычисление предварительных высот пунктов.

В нивелирных работах для оценки можно использовать метод двойных измерений (разности превышений на станции, разности превышений в ходе прямо и обратно), но и здесь обычно соблюдают лишь полевые допуски.

В замкнутом нивелирном ходе (полигоне) теоретическая сумма превышений должна равняться нулю. Практически будет не нуль, а невязка вычисляют невязку хода

$$f_h = \sum h_{cp}$$

Оценивают допустимость невязки хода

$$f_h \leq 50 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}(\text{хода})}$$

Если невязка допустима, то ее распределяют поровну с обратным знаком на все превышения. Когда превышения исправлены, вычисляют отметки всех точек хода

$$H_n = H_{n-1} + h_n$$

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Что называется замкнутым нивелирным ходом?
- 2) Чему равна теоретическая невязка замкнутого нивелирного хода?
- 3) Как определяется допустимость невязки замкнутого нивелирного хода?
- 4) Как распределяется невязка?
- 5) Как вычисляются отметки точек хода?

Лекция №35. Уравнивание нивелирного хода между двумя пунктами геодезической сети

Необходимость уравнивания геодезических сетей вызвана геометрическими невязками, появляющимися вследствие неизбежных ошибок измерений в нивелирных сетях.

Уравнивательным вычислениям должен предшествовать тщательный анализ качества подлежащих уравниванию работ.

Нивелирные линии III и IV классов, не удовлетворяющие требованиям современных инструкций, могут быть переведены в низший класс или в техническое нивелирование.

Перед уравниванием одиночной линии между двумя твердыми пунктами составляют рабочую схему хода. На схему наносят исходные реперы (марки) и их отметки, все определяемые точки, выписывают измеренные прямые и обратные превышения по каждой секции с указанием направлений стрелками и длины секций.

Вычисляют невязку хода

$$f_h = \sum h_{cp} - (H_B - H_A),$$

где H_B, H_A – отметки конечной и начальной точек хода.

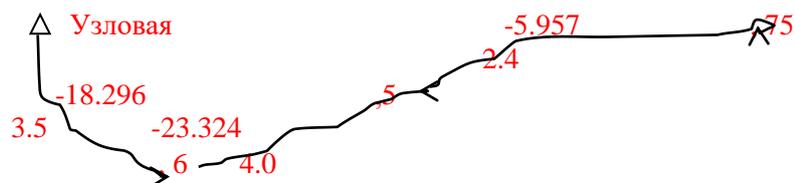
Оценивают допустимость невязки хода

$$f_h \leq 10 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}(\text{хода})}$$

Уравнивание превышений и отметок хода выполняют на основе среднего весового по формуле

$$H_C = H_A + \sum_1^k h_{cp} - \frac{f_h}{n} k,$$

где H_C – уравненная отметка произвольной точки хода С (репер С отстоит от начала хода на k станций), $\sum_1^k h_{cp}$ – сумма измеренных средних превышений от начальной точки А до С, до которой выполнено k станций; n – число всех станций в ходе; k – число станций до произвольной точки хода (может принимать значения от 1 до k).



Название пункта	Длины секций, км	Превышения Σh , м	Поправки Δh , мм	Исправленные превышения $\Sigma h_{исп}$, м	Отметки H , м
п. Узловая	3.5	-18.296	+ 9	-18.287	310.006
5, грунт. реп.	4.0	- 23.324	+10	-23.314	291.719
6, грунт. реп.	2.4	-5.957	+6	- 5.951	268.405
75, грунт. реп.					262.454
Сумма	9.9	-47.577	+ 25	- 47.552	

$f_h = -25$, поправка $\Delta h_i = -\frac{f_h}{L} L_i$.

Основная литература

- 1) Нурпеисова М.Б., Жаркимбаев Б.М. Геодезия, электронный учебник. – Алматы: КазНТУ, 2002 г. – 351 Мб
- 2) Михелева Д.Ш., Ключин Е.Б., Киселев М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000 г. – 464 с.
- 3) Геодезия. Справочное пособие. Под редакцией Савиных В.П. и Яценко В.Р. – М.: Недра, 1991 г. – 315 с.
- 4) Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1980 г. – 613 с.

Дополнительная литература

- 1) Поклад Г.Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988 г.
- 2) Гиршберг А.М. Геодезия. – М.: Недра, 1987 г.
- 3) Баканова В.В. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985 г.

Контрольные вопросы

- 1) Как оценивается допустимость невязки нивелирного хода?
- 2) Как определяется невязка нивелирного хода между двумя исходными пунктами?
- 3) Как вычисляются исправленные превышения?
- 4) Как вычисляются отметки точек в нивелирном ходе?
- 5) Пропорционально чему распределяется невязка в нивелирном ходе?