

Белорусский национальный технический университет
Факультет _____ транспортных коммуникаций _____
Кафедра _____ Инженерная геодезия _____

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

9 марта 2016 г.

9 марта 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Инженерная геодезия

Часть 1

Основные сведения по геодезии. Топографо-геодезические изыскания
(название учебной дисциплины)

для специальности (направления специальности, специализации)
1 - 70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»
(код и наименование специальности (направления специальности,
специализации))

Составитель: А.С. Позняк

Рассмотрено и утверждено

на заседании совета факультета транспортных коммуникаций

30 мая 2016 г., протокол №10

Перечень материалов

Учебно-методический комплекс состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: конспекта лекций, лабораторных и расчетно-графических работ с примерами их выполнения, заданий для самостоятельной проработки. В его состав также входят: рабочая программа, различные контрольно-обучающие компьютерные тесты, типовые вопросы и задачи по инженерной геодезии с примерами их решений и возможностями компьютерного самоконтроля. Предложенные материалы являются теоретической основой для решения задач и индивидуальных домашних заданий по инженерной геодезии.

Пояснительная записка

Цели ЭУМК

Целью ЭУМК является формирование у студентов знаний, умений и профессиональных навыков при работе с геодезическими приборами, вычислительной обработке результатов геодезических измерений при помощи компьютеров, составления планов стройплощадки и профилей линейных инженерных сооружений. Особое внимание уделено компьютерной обработке результатов геодезических измерений и графических отображений.

Особенности структурирования и подачи учебного материала

ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по дисциплине «Инженерная геодезия». Состоит из шести разделов: теоретического, практического, контроля знаний, вспомогательных (информационных материалов). В теоретический раздел входит курс лекций. Для выполнения лабораторных и расчетно-графических работ служат практические разделы, включающие соответствующие методические указания. Раздел контроля знаний включает вопросы для подготовки к сдаче зачета. Во вспомогательный раздел входят информационные материалы, состоящие из компьютерных программ, литературных источников и Интернет-ресурсов.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК

Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC - совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

Содержание

Введение

I. Учебная рабочая программа	6
II. Краткий конспект лекций для лентяев	
1. Предмет и задачи инженерной геодезии	13
2. Исторические сведения о развитии геодезии	14
3. Форма и размеры Земли	14
4. Изображение земной поверхности на плоскости. Метод проекции в геодезии и основные элементы измерений на местности	15
5. Влияние кривизны Земли при измерении расстояний и высот	16
6. Системы координат, используемые в геодезии. Спутниковые системы координат	17
7. Зональная система прямоугольных координат Гаусса-Крюгера	18
8. Ориентирование линий. Азимуты, румб, дирекционный угол	19
9. Зависимость между азимутами истинным, магнитным и дирекционным углом	21
10. Зависимость между горизонтальными и дирекционными углами теодолитного хода. Уравнивание (увязка) горизонтальных углов	21
11. Прямая и обратная геодезические задачи	23
12. Уравнивание приращений координат теодолитного хода	24
13. Геодезические сети: государственная, сгущения, съёмочное обоснование. Геодезические пункты. Высотные знаки	26
14. Методы построения геодезических сетей	28
15. Топографические планы, карты и профили. Масштабы планов и карт	29
16. Содержание планов и карт. Условные знаки. Технология составления планов	31
17. Основные формы рельефа и их изображение горизонталями	32
18. Способы интерполирования горизонталей и особенности их проведения	33
19. Инженерные задачи, решаемые на планах и картах. Способы определения площадей	34
20. Угловые измерения. Устройство теодолита. Типы теодолитов	36
21. Устройство зрительной трубы, установка ее для наблюдений	38
22. Уровни, их устройство и назначение. Цена деления уровня	39
23. Отсчетные приспособления: верньер, штриховой и шкаловой микро-скопы. Эксцентриситет горизонтального круга	39
24. Приведение теодолита в рабочее положение (центрирование, горизонтирование, установка трубы для наблюдений)	41
25. Полевые поверки и юстировки теодолита	42
26. Способы измерения горизонтальных углов: приемов, круговых приемов и повторений	43
27. Погрешности, влияющие на точность измерения горизонтальных углов	44
28. Измерение вертикальных углов. Место нуля вертикального круга	45

29. Методы нивелирования и их точность	46
30. Способы геометрического нивелирования	47
31. Классификация нивелиров. Устройство технических нивелиров	48
32. Работа и контроль на станции при техническом нивелировании. Источники погрешностей при нивелировании	49
33. Полевые поверки и юстировки уровенных нивелиров	50
34. Поверки и юстировки нивелиров с компенсаторами	51
35. Отличительные особенности поверки и юстировки главного условия нивелиров Н-3 и Н-3К	52
36. Линейные измерения. Средства измерений и их точность. Измерение расстояний стальной лентой	53
37. Источники погрешностей при непосредственных линейных измерениях	54
38. Определение неприступных расстояний	55
39. Общие сведения о топографических съемках местности	56
40. Теодолитная съемка. Способы съемки ситуации	57
41. Тахеометрическая съемка, используемые приборы и формулы. Порядок работы на станции. Вычислительная и графическая обработка результатов тахеометрической съемки	58
42. Нивелирование поверхности участка по квадратам	61
43. Общие сведения о мензульной и фототопографической съемках	62
44. Инженерно-геодезические изыскания. Разбивка пикетажа и поперечников. Пикетажный журнал	63
45. Расчет основных элементов круговой кривой	65
46. Перенесение пикетов с тангенсов на кривую	67
47. Нивелирование трассы и поперечников. Связующие и промежуточные точки	68
48. Вычислительная обработка журнала технического нивелирования	69
49. Построение продольного и поперечного профилей. Геодезическое проектирование на профилях. Расчет вертикальных кривых	71
50. Общие сведения о геодезических измерениях. Единицы измерений углов и длины. Погрешности измерений. Свойство случайных погрешностей	72
51. Средняя квадратическая погрешность. Формулы Гаусса, Бесселя. Порядок обработки ряда равноточных измерений	73
52. Средняя квадратическая погрешность функции измеренных величин	75
III. Вопросы для самоконтроля и подготовки к лабораторным работам	
1. Угловые измерения. Нивелирование. Тахеометрическая съемка. Работа с картой	76
2. Компьютерные тестовые вопросы и возможные варианты ответов	77
IV. Лабораторные работы	
1. Устройство теодолита. Измерение горизонтальных углов	83
2. Устройство нивелира. Техническое нивелирование	86
3. Построение координатной сетки, точек съемочного обоснования и ре-	

результатов теодолитной съемки на топоплане	89
4. Работа на станции при тахеометрической съемке	91
5. Решение задач по топографической карте. Определение площади контура планиметром	93
6. Графическое оформление результатов тахеометрической съемки. Рисовка горизонталей. Зарамочное оформление	96
7. Ознакомление с современными и доступными приборами и принадлежностями для различных видов топографических съемок	98
V. Расчетно-графические работы	
1. Вычислительная обработка полевых журналов топографо-геодезических работ на участке поймы реки Щара, вычисление координат и высот точек съемочного обоснования	102
2. Вычислительная обработка журналов топографических съемок – нивелирования по квадратам и тахеометрической съемки	109
3. Составление топографического плана участка местности по результатам теодолитной, тахеометрической съемок и нивелирования по квадратам	113
VI. Автоматизация расчетно-графических работ	
1. Использование электронных таблиц для вычисления координат и высот точек съемочного обоснования и характерных точек местности	118
2. Построения точек и горизонталей топоплана средствами AutoCAD	119
3. Автоматизация вычислительной и графической обработки результатов тахеометрической съемки средствами Pascal и AutoCAD	120
4. Алгоритм использования программы «Планировка» для построения ЦМР	123
Литература	126
Приложение А. Текст программы для построения точек в AutoCAD на языке AutoLisp	127
Приложение Б. Текст программы вычисления координат точек теодолитного хода на языке Pascal	132
Приложение В. Текст программы «Тахеометрическая съемка - вычисление и построение» на языке AutoLisp	138
Приложение Г. Типовые вопросы и задачи по инженерной геодезии. Единые требования на зачете. Примеры решения и оформления контрольных задач	142
Приложение Е. Исходные данные для выполнения задания по вычислительной обработке результатов полевых измерений и составлению топографического плана	155
Приложение Ж. Варианты исходных данных для выполнения РГР	165

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методический комплекс (УМК) «Инженерная геодезия» предназначен для студентов 1 курса (1 и 2-й семестры) специальности ПГС. В УМК рассматриваются виды и методы выполнения инженерно-геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных объектов.

Объем изучаемой дисциплины для студентов первого курса специальности ПГС в соответствии с учебным планом составляет 98 часов, в том числе 52 - лекций, 34 - лабораторных занятий и 12 часов РГР. Форма отчетности по дисциплине – зачет в первом семестре и экзамен – во втором. В летнее время предусмотрена трехнедельная учебная геодезическая практика в условиях городской застройки.

Учебно-методический комплекс состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: конспекта лекций, лабораторных и расчетно-графических работ с примерами их выполнения заданий для самостоятельной проработки. В его состав также входят: рабочая программа, различные контрольно-обучающие компьютерные тесты, типовые вопросы и задачи по инженерной геодезии с примерами их решений и возможностями компьютерного самоконтроля. Для оценки успешности изучения данной части курса используется рейтинговая, письменно-устная система контроля, сущность которой рассмотрена в опубликованных работах преподавателей кафедры.

При написании учебно-методического комплекса использованы материалы, изложенные в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, нормативных документах, научных статьях, материалах научно-практических конференций. Настоящий учебно-методический комплекс отражает опыт преподавания данной дисциплины, накопленный на кафедре «Инженерная геодезия» БНТУ.

1. Учебная рабочая программа

Задачи изучения предмета заключаются в формировании у будущих специалистов практических навыков по геодезическому обеспечению строительства.

В результате освоения курса «Инженерная геодезия» студент должен **знать:**

- назначение плановых и высотных, геодезических сетей и методы их создания традиционными и спутниковыми методами;
- системы геодезических координат, топографические и строительно-топографические чертежи, их применение в строительстве для проектирования зданий и сооружений, выноса проекта в натуру;

– традиционные и инновационные геодезические методы и приборы, необходимые для выполнения геодезических работ на стадиях топографических изысканий, выноса проектов в натуру, производства детальных разбивочных работ и исполнительных съемок;

– технику и технологии вычислительной обработки геодезической информации;

уметь характеризовать:

– сравнительную эффективность традиционных и спутниковых методов создания опорных и съемочных геодезических сетей;

– необходимую и достаточную точность геодезических приборов, применяемых для конкретных видов разбивочных работ и исполнительных съемок;

– съемок при заданных допусках на геометрическую точность строительства;

– достоверность графических и числовых материалов, отражающих геодезические данные о геометрической точности строительства;

уметь анализировать:

– точность и надежность результатов геодезических измерений в процессе создания планово-высотного съемочного обоснования, выполнения разбивочных работ и исполнительных съемок по критериям строительных допусков на отклонения конструкций от проектного положения;

– графические и числовые геодезические материалы на достоверность отображения ими показателей фактической геометрической точности строительства;

приобрести навыки:

– работы с геодезическими приборами при выполнении типовых разбивочных работ и исполнительных съемок в строительстве;

– вычислительной обработки результатов типичных геодезических измерений при помощи компьютеров;

– составления планов стройплощадки и профилей линейных инженерных сооружений;

– определения площади объектов по планам и картам, а также по координатам точек их контуров.

Для оценки успеваемости студентов по десятибалльной шкале используется следующий диагностический инструментарий:

– защита выполненных индивидуальных лабораторных и расчетно-графических работ;

– проведение текущих контрольных опросов и компьютерного тестирования по отдельным темам;

– подготовка доклада и выступление на студенческой научно-технической конференции;

– сдача зачета по дисциплине;

– сдача экзамена.

Распределение аудиторных часов по видам занятий

Номер темы в ти- повой пр-ме	Наименование темы	Кол-во часов	
		лекций	лабора- торных
1	2	3	4
	Раздел 1. Общие и вводные сведения		
1.1	<u>Общие сведения о геодезии и её научных дисциплинах.</u> Инженерная геодезия и её задачи. Формы и размеры Земли.	2	
1.2	Метод проекции в геодезии. Основные элементы измерений на местности. Системы координат: географические, прямоугольные и полярные координаты. Зональные координаты. Системы высот.	2	
1.3	<u>Общие сведения о геодезических сетях.</u> Виды геодезических сетей. Методы построения плановых геодезических сетей. Государственные геодезические сети и их классификация. Закрепление геодезических сетей на местности. Съёмочные плановые сети. Понятие о GPS.	2	
1.4	<u>Ориентирование линий.</u> Географический и магнитный азимуты, дирекционный угол, румб. Зависимость между географическим, магнитным азимутами и дирекционным углом. Дирекционные углы смежных линий. Уравнивание горизонтальных углов. Прямая и обратная геодезические задачи. Уравнивание приращений координат теодолитных ходов.	4	2
1.5	<u>Топографические карты и планы.</u> Профиль. Масштабы и их виды. Условные знаки. Формы рельефа и его изображение горизонталями. Свойства горизонталей. Решение задач по картам и планам.	4	4
1.6	<u>Общие сведения из теории погрешностей измерений.</u> Виды погрешностей измерений. Свойства случайных погрешностей. Арифметическая середина. Средняя квадра-	2	

	тическая, предельная и относительная погрешности. Понятие о неравноточных измерениях. Основные правила вычислений.		
	Раздел 2. Геодезические измерения		
2.1	<u>Измерение углов.</u> Типы теодолитов (ГОСТ 10529-86). Общая схема теодолита. Его основные оси. Устройство теодолита 2Т30. Поверки и юстировки теодолита. Способы измерения горизонтальных углов. Измерение вертикальных углов. Сведения о современных электронных приборах для угловых измерений на местности.	3	2
2.2	<u>Измерение расстояний.</u> Измерение расстояний мерными приборами и оценка их точности. Определение неприступных расстояний. Измерение расстояний нитяным дальномером. Общие сведения об электронных дальномерах и тахеометрах.	2	2
2.3	<u>Нивелирование.</u> ГОСТ 10528-90. Схема нивелира НЗ и его основные оси. Нивелирные рейки (ГОСТ 11158-83) и знаки. Поверки и юстировки нивелира НЗ. Способы геометрического нивелирования. Вычислительная обработка журнала технического нивелирования. Тригонометрическое нивелирование. Понятие о лазерных и цифровых нивелирах.	3	2
	Раздел 3. Топографические съемки		
3.1	<u>Инженерно-геодезические изыскания (ИГИ).</u> Состав ИГИ.	4	5
3.2	Общие сведения о топографических съемках. Теодолитная		
3.3	съемка, способы съемки ситуации. Тахеометрическая съемка, порядок работы на станции. Обработка результатов полевых измерений. Нивелирование поверхности по квадратам. Понятие об электронных тахеометрах.		
	Раздел 4. Геодезические работы в строительстве		
4.1	<u>Геодезические работы при изысканиях сооружений линейного типа.</u> Разбивка пикетажа и поперечников. Расчет, разбивка и закрепление основных элементов кривых на трассе. Вынос пикетов на кривую. Нивелирование трассы и попе-	4	

	речников с контролем. Обработка результатов нивелирования.		
4.2	<u>Геодезические расчеты при проектировании трассы инженерных сооружений.</u> Составление продольного и поперечного профилей. Расчет и построение проектной линии на профиле. Понятие о вертикальных кривых. Разбивка круговых кривых (основные точки).	4	
	ИТОГО в первом семестре:	36	17

Лабораторные работы

Вид занятий	Тема занятий	Кол-во часов	Примечание
Лабораторное занятие № 1	Устройство технического теодолита, геометрические требования к сопряжению основных осей. Приведение теодолита в рабочее положение: центрирование, горизонтирование, установка зрительной трубы для наблюдений. Измерение горизонтальных углов способом приемов. Индивидуальные измерения отдельного горизонтального угла с контролем	2	
Лабораторное занятие № 2	Изучение устройства нивелира НВ-1. Измерение превышений в треугольнике на макете местности с трех станций с контролем и определением расстояний до реек по нитяному дальномеру	2	
Лабораторное занятие № 3	Тахеометрическая съемка теодолитом 2Т30 с ориентацией нуля лимба ГК на север: работа на станции, определение высот не менее трех речных точек на макете местности геометрическим и тригонометрическим нивелированием с контролем и использованием исходной высоты начальной точки из лабораторной работы №2. Сравнительный анализ полученных результатов	2	
Лабораторное занятие № 4	Построение на чертежной бумаге формата А1 координатной сетки, ее оцифровка для составления топографического плана в масштабе 1:1000 с высотой се-	2	

	чения рельефа 1,0 м. Нанесение на план точек съемочного обоснования и элементов ситуации с контролем и самоконтролем, в том числе с использованием компьютерных технологий		
Лабораторное занятие № 5	Решение инженерных задач по карте масштаба 1:10 000, составление продольного профиля автодороги в конспекте, определение площади озера геометрическим способом и планиметром	2	
Лабораторное занятие № 6	Изучение и апробация различных способов рисовки и окончательного оформления горизонталей на плане. Ознакомление с компьютерными технологиями построения рельефа и зарамочного оформления	4	
Лабораторное занятие № 7	Ознакомление с геодезическими приборами и технологиями, используемыми для создания съемочного обоснования и топографических съемок (лентой, рулеткой, эккером, эклиметром, буссолью, 2Н10КЛ, кипрегелем, мензулой, аэрофотоаппаратом, фототеодолитом, тахеометром и др.)	3	
	ИТОГО:	17	

Расчетно-графические работы

Вид занятий	Тема занятий	Кол-во часов	Примечание
Управляемая самостоятельная работа № 1	Вычислительная обработка данных угловых и линейных измерений в полевых журналах. Определение координат точек теодолитных ходов: уравнивание измеренных углов, вычисление дирекционных углов сторон хода и приращений координат. Оценка точности угловых и линейных измерений, вычисление координат. Самоконтроль результатов вычислений с использованием доступных, компьютерных программ	4	
Управляемая само-	Вычисление и уравнивание превышений в полевых журналах технического нивелирования. Оп-	2	

стоя- тельная ра- бота № 2	ределение высот точек нивелирных ходов. Оформление необходимых схем по уравниванию		
Управляе- мая само- стоя- тельная ра- бота № 3	Вычислительная обработка журналов тахеометри- ческой съемки и нивелирования по квадратам. Самоконтроль по электронным таблицам. Перене- сение на план результатов тахеометрической съемки, изображение рельефа горизонталями. По- строение на плане элементов ситуации, их вычер- чивание в условных топографических знаках. За- рамочное оформление топографического плана	6	
	ИТОГО:	12	

«Самым практичным в деле является наличие правильной теории». Гете

II. Краткий конспект лекций для лентяев

1 Предмет и задачи инженерной геодезии

Геодезия - наука, изучающая форму и размеры Земли, геодезические приборы, способы измерений и изображений земной поверхности на планах, картах, профилях и цифровых моделях местности. В геодезии находят применение новейшие измерительные средства, используют достижения в физике, механике, электронике, оптике, вычислительной технике. По разнообразию решаемых народнохозяйственных задач геодезия подразделяется на ряд самостоятельных дисциплин, каждая из которых имеет свой предмет изучения:

- высшая геодезия (гравиметрия, космическая геодезия, астрономическая геодезия) изучает форму и размеры Земли, занимается высокоточными измерениями с целью определения координат отдельных точек земной поверхности в единой государственной системе координат;
- топография и гидрография развивают методы съемки участков земной поверхности и изображения их на плоскости в виде карт, планов и профилей;
- фотограмметрия занимается обработкой фото-, аэрофото- и космических снимков для составления карт и планов;
- картография рассматривает методы составления и издания карт;
- маркшейдерия - область геодезии, обслуживающая горнодобывающую промышленность и строительство тоннелей;
- инженерная (прикладная) геодезия изучает методы геодезических работ, выполняемых при изысканиях, проектировании, строительстве, эксплуатации различных зданий и сооружений, а также рациональном использовании и охране природных ресурсов.

Задачами инженерной геодезии являются:

- 1) топографо-геодезические изыскания площадок для строительства и трасс линейных сооружений с целью составления планов и профилей;
- 2) инженерно-геодезическое проектирование – преобразование рельефа местности для инженерных целей, подготовка геодезических данных для строительных работ;
- 3) вынос проекта в натуру, детальная разбивка осей зданий и сооружений;
- 4) выверка конструкций и технологического оборудования в плане и по высоте, исполнительные съемки;
- 5) наблюдения за деформациями зданий и сооружений.

При топографо-геодезических изысканиях выполняют:

- а) измерение углов и расстояний на местности с помощью геодезических приборов (теодолитов, нивелиров, лент, рулеток и др.);
- б) вычислительную обработку результатов полевых измерений на ЭВМ;
- в) графические построения планов, профилей, цифровых моделей местности (ЦММ).

2 Исторические сведения о развитии геодезии

Геодезия возникла в древности и развивалась с ростом практических потребностей человека. В 3 веке до н.э. был определен радиус Земли, еще раньше (в 26 веке до н.э.) построены пирамиды, оросительные каналы в Египте, Китае. Их строительство удивляет своей сложностью. Древние строители умели выносить оси сооружений, разбивать круговые кривые, строить прямые углы, передавать отметки, задавать уклоны, обеспечивать вертикальность сооружений, сбойку туннелей и выполнять другие геодезические работы.

Развитию геодезии способствовали научные достижения в области математики, физики, электроники, инструментальной техники. К первому этапу технического оснащения геодезических работ следует отнести изобретение зрительной трубы в начале 17 в. (Галилей, Кеплер), уровня, отсчетных устройств в виде нониуса и верньера, дальномера. Первые нивелиры с оптической трубой появились во второй половине 17 века. В 18 веке английский механик Рамсден изобрел угломерный оптический прибор.

В настоящее время широко внедряются в геодезическую практику системы глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС и др.), электронные теодолиты, тахеометры, сканеры, нивелиры, дальномеры, лазерные рулетки, позволяющие автоматизировать измерения и представлять топографическую информацию в виде цифровой модели местности (ЦММ), которая используется в системах автоматизированного проектирования (САПР) на базе ЭВМ. При инженерно-геодезических работах наивысшая точность геодезических измерений составляет: угловых - 0.5 с, линейных - $1/10^6$, высотных - 0.1 мм. Конструкции зданий и сооружений устанавливаются на предусмотренные проектом места с погрешностью 5-10 мм, детали заводского конвейера - 1-2 мм, а оборудование физических лабораторий (например, ускорители ядерных частиц) - 0.2-0.5 мм.

3 Форма и размеры Земли

Земля, как планета, имеет две поверхности: физическую и уровенную (рис.1).



Рис. 1- Физическая и уровенная поверхности Земли

Фигура Земли, образованная поверхностью мирового океана в состоянии покоя и равновесия и продолженная под материками (т.е. ограниченная уровнем поверхностью) - называется геоидом. Поскольку внутреннее строение Земли по плотности неоднородно и поверхность геоида имеет сложную форму, для геодезических расчетов геоид заменяют равновеликим эллипсоидом. Его размеры характеризуются большой (а) и малой (в) полуосью и полярным сжатием $(a-v)/a$. Под руководством Ф.Н.Красовского вычислены размеры земного референц-эллипсоида: $a = 6378245$ м, $v = 6376863$ м, $(a-v)/a = 1/298,3$.

Наибольшие отклонения эллипсоида от сферы составляют 21 км, геоида от эллипсоида - 105 м, физической поверхности Земли от геоида - около 8000 м (гора Эверест). При выполнении приближенных расчетов Землю принимают за шар с радиусом 6371 км.

4 Изображение земной поверхности на плоскости. Метод проекций в геодезии и основные элементы измерений на местности

Для графического изображения физической поверхности земли, представленной точками А, В, С, её проецируют на горизонтальную плоскость Q (рис. 2). В этой проекции, называемой ортогональной, линии проецирования перпендикулярны плоскости на которую проецируют и совпадают с отвесными линиями.

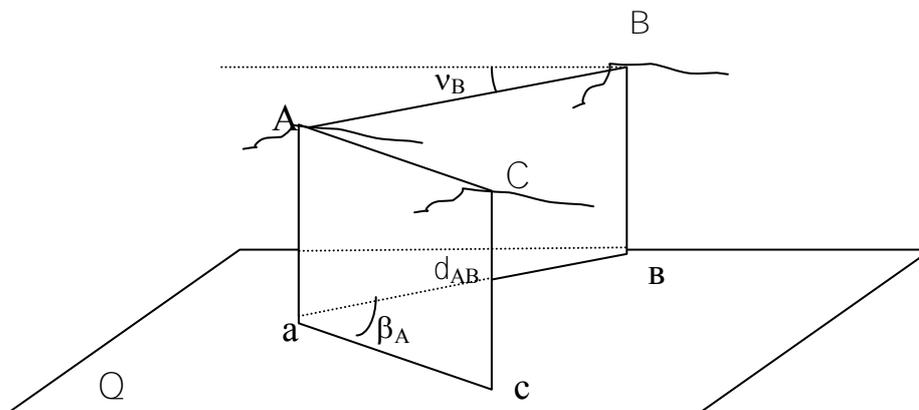


Рис.2 - Ортогональная проекция

На местности линии АВ, ВС, АС измеряются и длины им соответствующие обозначаются D_{AB} , D_{BC} , D_{AC} . Проекции длин линий на горизонтальную плоскость ав, вс, ас называют горизонтальными проложениями и обозначают d_{AB} , d_{BC} , d_{AC} . Кроме расстояний на местности измеряют горизонтальные (β) и вертикальные (v) углы. Под горизонтальным углом понимают угол, образованный проекциями длин линий на горизонтальную плоскость. Вертикальный угол или угол наклона (измеряют между линией местности и горизонтальной плоскостью, касательной к уровенной поверхности в точке измерения угла. Вертикальный угол, расположенный ниже горизонтальной плоскости, является

отрицательным углом наклона, а угол, расположенный над горизонтальной плоскостью называют положительным углом наклона.

Из рис.2 видно, что

$$d = D \cos \nu.$$

Часто в измеренные расстояния для определения горизонтального проложения вводят поправку за наклон линии к горизонту

$$d = D - \Delta D$$

которую вычисляют

$$\Delta D = D - d = D(1 - \cos \nu) = 2D \sin^2(\nu/2).$$

Высотой точки называют расстояние по отвесной линии от этой точки до урвненной поверхности, принятой за начало отсчета высот.

В Республике Беларусь за начало отсчета принят нуль Кронштадского футштока, водомерной рейки, прикрепленной к устью моста Обводного канала, на которой горизонтальной чертой отмечен средний уровень воды в Балтийском море. В строительстве кроме геодезических, абсолютных высот используют условные. В этом случае, уровень пола первого этажа принимают за ± 0.00 . Разность высот точек называется превышением между точками, которой обозначают h . Если известна высота точки А и превышение h_{AB} между точками А и В, то высота точки В

$$H_B = H_A + h_{AB}.$$

5 Влияние кривизны Земли при измерении расстояний и высот

Пусть на земной поверхности (рис.3) измерена линия АВ. Замена проекции линии на урвненную поверхность A_0B_0 (s) горизонтальным проложением A_0B_0' (d) повлечет за собой погрешность Δd

$$\Delta d = d - s.$$

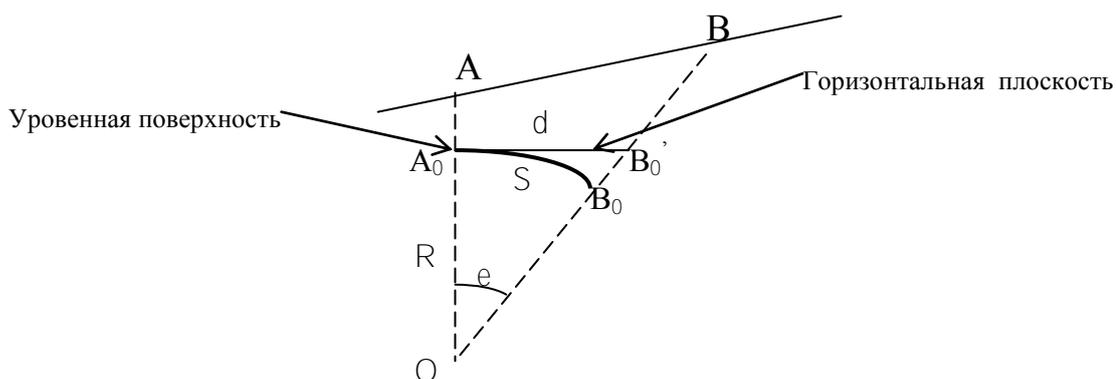


Рис.3 - Учет кривизны Земли

Из известных математических зависимостей можно записать, что

$$d = R \operatorname{tg} e; \quad \operatorname{tg} e = e + e^3/3 + \dots; \quad e = s/R = d/R.$$

Тогда,
$$\Delta d = R(e + e^3/3) - Re = Re^3/3 = d^3/3R^2;$$

$$\Delta d/d = d^2/3R^2.$$

В геодезической практике наивысшая точность измерения расстояний достигает
$$\Delta d/d = 1/10^6.$$

Тогда
$$d^2 = 3R^2/10^6 = 3 \cdot 40 \cdot 10^6/10^6,$$

$$d = 11 \text{ км}.$$

Следовательно, участки земной поверхности радиусом 11 км можно считать плоскими и кривизной Земли пренебрегать.

При измерении превышений погрешность Δh (B_0B_0'), связанную с кривизной Земли, получим из следующих формул

$$R^2 + d^2 = (R + \Delta h)^2,$$

$$d^2 = 2R\Delta h + \Delta h^2,$$

$$\Delta h \approx d^2/2R.$$

Подставляя в последнюю формулу различные значения d , получим соответствующие значения Δh :

d , км	0,1	0,5	1	2	10
Δh , мм	0,8	20	78	310	7800

Такие расхождения высоты между уровенной поверхностью и горизонтальной плоскостью учитываются при строительстве различных сооружений (например, тоннелей) и выполнении высокоточных геодезических измерений.

6 Системы координат, используемые в геодезии. Спутниковые системы определения координат

Положение пунктов на физической поверхности Земли определяется в различных системах координат. Рассмотрим некоторые из них.

Географические координаты (долгота λ и широта φ) являются обобщенным понятием астрономических и геодезических координат и используются в случаях, когда нет необходимости учитывать разницу между названными координатами. Астрономические широту и долготу определяют с помощью специальных приборов относительно уровенной поверхности и направления силы тяжести. При проецировании астрономических координат на поверхность земного референц-эллипсоида получают геодезические широту и долготу.

Прямоугольные местные координаты распространяются на небольшой по площади территории. Ось абсциссов совмещают с меридианом некоторой точ-

ки участка либо ориентируют параллельно основным осям инженерных сооружений. Координатные четверти нумеруют по часовой стрелке и именуют по сторонам света: I-СВ, II-ЮВ, III-ЮЗ, IV-СВ.

Полярная система координат определяет положение точки на плоскости полярным горизонтальным углом, отсчитываемым от некоторого начального направления, и горизонтальным проложением.

Спутниковые системы определения координат (российская ГЛОНАСС и американская GPS), в состав которых входят: комплекс наземных станций автоматического наблюдения за спутниками, искусственные спутники Земли с радиусом орбит около 26 000 км и приемная аппаратура потребителей.

При функционировании системы пространственное положение спутников определяют с наземных станций наблюдений, равномерно расположенных по всему миру и имеющих определенные пространственные координаты. Все станции связаны с головной станцией управления высокоскоростными линиями передачи данных и уточнения параметров орбит спутников в единой системе координат.

Спутники передают периодически уточняемые эфемириды - набор координат, которые определяют положение спутников на орбите в различные моменты времени. Под влиянием гравитационного поля Земли и других факторов параметры исходных координат спутниковых систем изменяются и поэтому постоянно уточняются. В настоящее время точность "бортовых эфемерид", которые получают путем экстраполяции уточненной орбиты на несколько дней вперед, составляет 20-100 м, а при использовании специальных методов обработки - около 1 м.

При эксплуатации системы GPS определение местоположения предусмотрено в Мировой системе координат 1984 г (WGS-84). Начало координат в этой системе находится в центре масс Земли, ось Z параллельна направлению на условный земной полюс, ось X определяется плоскостями начального меридиана WGS-84 и экватора. Начальный меридиан WGS-84 параллелен нулевому меридиану, закрепленному координатами станций наблюдений. Ось Y дополняет систему координат до правой. Начало и положение осей координат системы WGS-84 совпадают с геометрическим центром и осями общеземного эллипсоида WGS-84.

В России создана геодезическая система координат ПЗ-90 (Параметры Земли 1990 г). Она закрепляется опорными пунктами на территории бывшего СССР, координаты которых получены методами космической геодезии.

7 Зональная система координат Гаусса-Крюгера

В основу этой системы положено поперечно-цилиндрическая равноугольная проекция Гаусса-Крюгера (названа по имени немецких ученых ее предложивших). В этой проекции (рис.4) поверхность земного эллипсоида меридианами делят на шестиградусные зоны и нумеруют с 1-й по 60-ю от Грин-

вичского меридиана на восток. Средний меридиан шестиугольной зоны принято называть *осевым*. Его совмещают с внутренней поверхностью цилиндра и принимают за ось абсцисс. Чтобы избежать отрицательного значения ординат (y), ординату осевого меридиана принимают не за нуль, а за 500 км, т.е. перемещают на запад на 500 км. Перед ординатой указывают номер зоны.

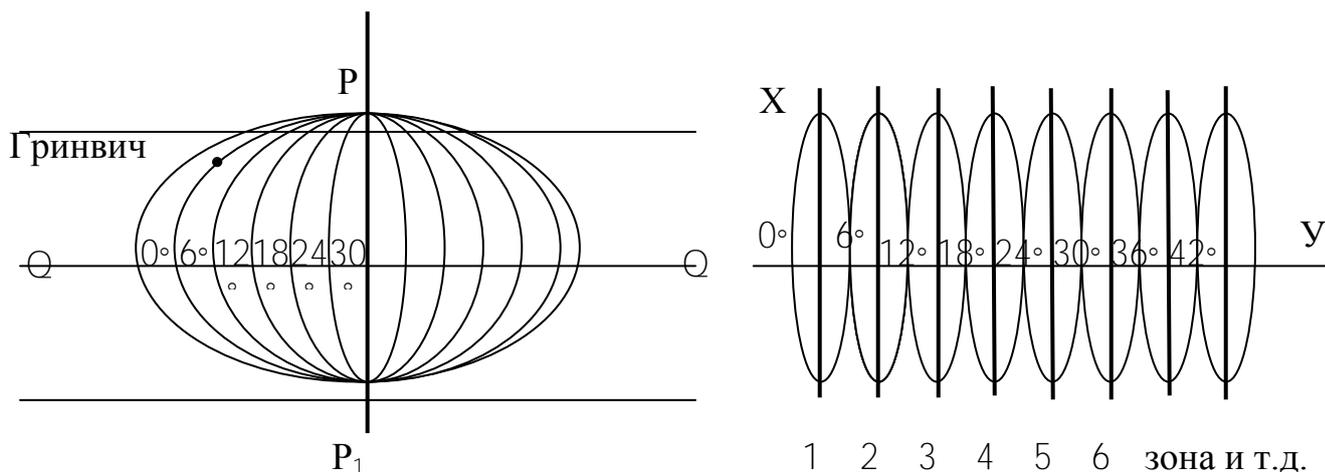


Рис.4 - Зональная система прямоугольных координат

Например, запись координат $X_{\text{МН}}=6350$ км, $Y_{\text{МН}}=5500$ км указывает, что точка расположена в 5-й зоне на осевом меридиане ($\lambda_{\text{МН}} \approx 27^\circ$ СШ, $\varphi_{\text{МН}} \approx 54^\circ$ ВД). Для приближенных расчетов при переходе от географических к прямоугольным зональным координатам считают, что 1° соответствует 111 км ($40000\text{км}/360^\circ$).

8 Ориентирование линий. Азимуты, румб, дирекционный угол

Ориентировать линию на местности - значит определить ее направление относительно некоторого начального направления. Для этого служат азимуты (A), дирекционные углы (α), румбы R . За начальные принимают направления истинного меридиана $N_{\text{и}}$, магнитного меридиана $N_{\text{м}}$ и направление N_0 , параллельное осевому меридиану или оси X системы прямоугольных координат (рис.5).

Азимутом называют горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до ориентируемого направления. Азимуты изменяются в 0° до 360° и бывают истинными или магнитными. Истинный азимут (A) отсчитывается от истинного меридиана, а магнитный ($A_{\text{м}}$) - от магнитного.

Дирекционный угол - это горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии параллельной ему ($+X$) по ходу часовой стрелки до направления ориентируемой линии.

Угол δ , отсчитываемый от северного направления истинного меридиана N до магнитного меридиана $N_{\text{м}}$, называется **склонением магнитной стрелки**.

Склонение северного конца магнитной стрелки к западу называют западным и считают отрицательным $-\delta$, к востоку - восточным и положительным $+\delta$.

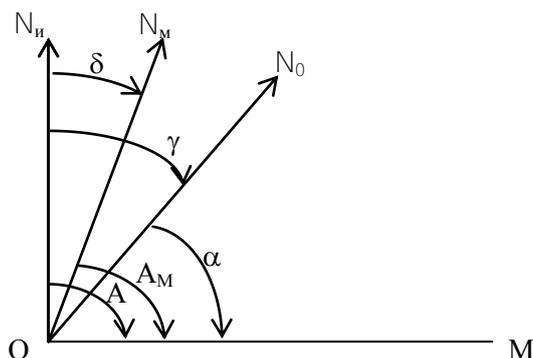


Рис.5 - Ориентирование линии ОМ на местности

Угол γ между северными направлениями истинного N и параллелью осевого N_0 меридианов называется *зональным сближением меридианов*. Если параллель осевого меридиана расположена восточнее истинного меридиана, то сближение называется восточным и имеет знак плюс. Если сближение меридианов западное, то его принимают со знаком минус. Если известны долготы меридианов, проходящих через точки A и B, то сближение меридианов можно найти по приближенной формуле:

$$\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi, \quad (8)$$

где $\Delta\lambda$ - разность долгот меридианов, проходящих через точки A и B.

Из формулы (8) следует, что на экваторе ($\varphi=0$) сближение меридианов $\gamma=0$, а на полюсе ($\varphi=90$) $\gamma = \Delta\lambda$.

Румб - горизонтальный острый угол отсчитываемый от ближайшего северного или южного направления меридиана до ориентируемого направления.

Румбы имеют названия в соответствии с названием четверти, в которой находится линия, т.е.: северо-восточные СВ, северо-западные СЗ, юго-западные ЮЗ, юго-восточные ЮВ. На рис.6 показаны направления на север

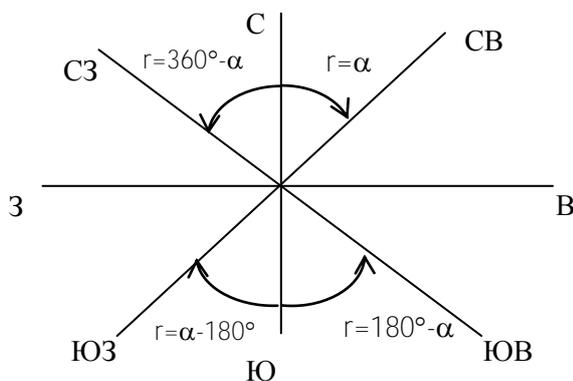


Рис.6 - Зависимость между дирекционными углами и румбами

(С), восток (В), юг (Ю), запад (З) и стрелками румбы линий О-СВ, О-ЮВ, О-ЮЗ, О-СЗ и зависимость между дирекционными углами и румбами этих линий.

9 Зависимость между азимутами истинным, магнитным и дирекционным углом

Вследствие непараллельности между собой меридианов истинный азимут протяженной прямой АВ (рис.7) принимает различные значения в точках А и В. В средних широтах истинный азимут изменяется на одну минуту через каждые один-два километра расстояния по параллели. Это осложняет применение азимутов и поэтому для построения планов используют дирекционные углы.

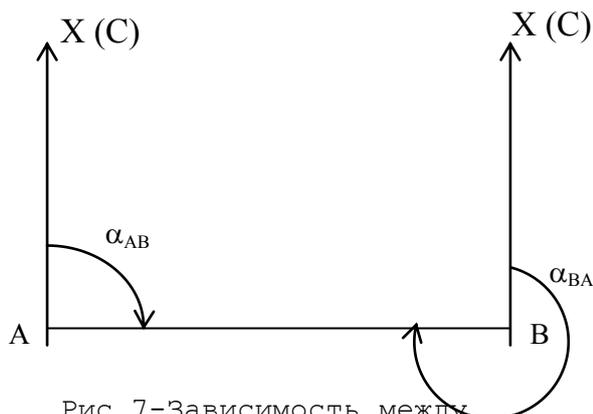


Рис. 7-Зависимость между прямым и обратным дирекционными углами

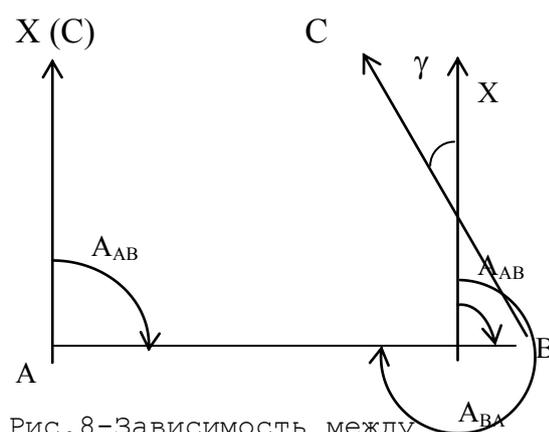


Рис. 8-Зависимость между прямым и обратным истинными азимутами

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

Из рис. 8 следует

$$A = \alpha + \gamma,$$

$$A = A_m + \delta.$$

Приравняем правые части равенств

$$\alpha + \gamma = A_m + \delta \text{ или } \alpha = A_m + \delta - \gamma.$$

Зональное сближение меридианов γ и магнитное склонение δ для данной местности указывают на топографических картах местности.

10 Зависимость между горизонтальными и дирекционными углами теодолитного хода. Уравнивание (увязка) горизонтальных углов

Пусть имеем две стороны хода АВ и ВС (рис.9) Дирекционный угол стороны АВ будем считать известным. Если обозначить через β правый по ходу горизонтальный угол, то

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180^\circ - \beta.$$

Дирекционный угол последующего направления равен дирекционному углу предыдущего направления плюс 180 и минус горизонтальный угол справа по ходу.

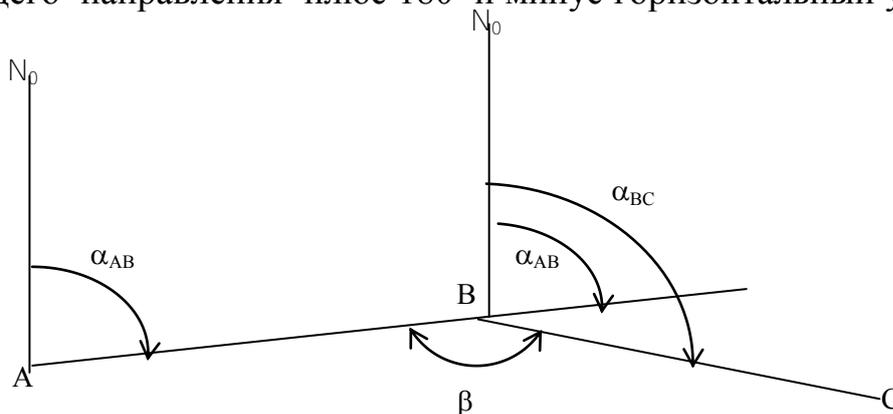


Рис.9 -- Зависимость между дирекционными углами сторон хода

Предположим, что на местности проложен теодолитный ход между пунктами 512 и 513 (рис.10), начальный и конечный дирекционные углы в котором известны ($\alpha_{511-512}$, $\alpha_{513-514}$).

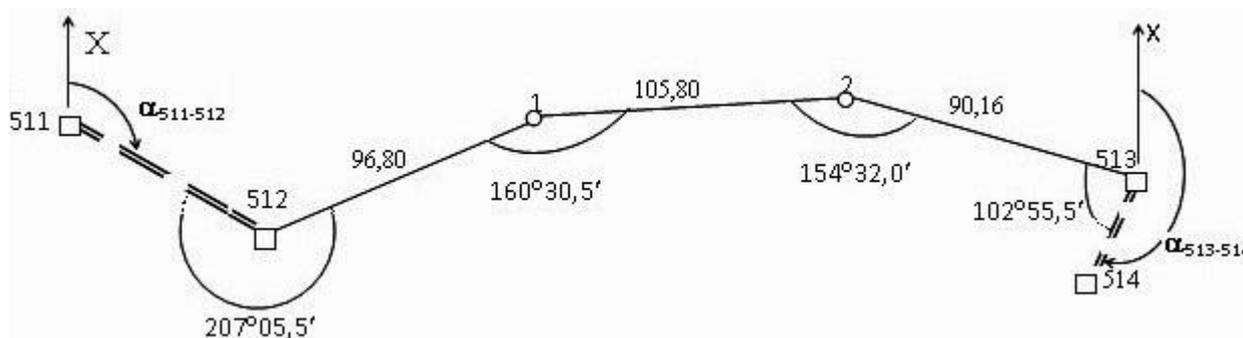


Рис.10 – Схема теодолитного хода 511-512-1-2-513-514

Уравнять (увязать) означает выполнить следующие действия:

1. Найти невязку

$$f_{\beta} = \Pi - T,$$

где Π - практическая сумма измеренных углов,

T - теоретическое значение горизонтальных углов.

Для замкнутого теодолитного хода

$$T = \sum \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (n-2),$$

для разомкнутого - используем полученную ранее формулу

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180^{\circ} - \beta,$$

или перепишем ее в виде

$$\alpha_{\text{кон}} = \alpha_{\text{нач}} + 180^{\circ} - \beta_{\text{теор}}.$$

Из рис.10 имеем

$$\alpha_{512-1} = \alpha_{511-512} + 180^{\circ} - \beta_{512},$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{512-1} + 180^\circ - \beta_1,$$

$$\alpha_{2-513} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2,$$

$$\alpha_{513-Гр} = \alpha_{2-513} + 180^\circ - \beta_{513}.$$

Откуда, теоретическая сумма горизонтальных углов

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = \alpha_{511-512} + 180^\circ \cdot n - \alpha_{513-Гр}.$$

Тогда можно записать в общем виде

$$T = \Sigma\beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ \cdot n - \alpha_{\text{кон}};$$

2. Оценить полученную невязку, т.е. сравнить с допустимым в соответствии с требованиями нормативных документов значением

$$f_\beta < f_{\beta\text{доп}} = 2t\sqrt{n},$$

где n - число измеренных углов;

3. Распределить невязку с обратным знаком пропорционально числу измеренных углов с округлениями до $0,1'$. В углы с более короткими сторонами вводятся большие по величине поправки, так как они измеряются менее точно;

4. Выполнить контроль:

а) сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком;

б) сумма исправленных углов равна теоретической сумме углов.

11 Прямая и обратная геодезическая задачи

а). Прямая геодезическая задача

Дано: $X_A, Y_A, \alpha_{AB}, d_{AB}$

Определить: X_B, Y_B .

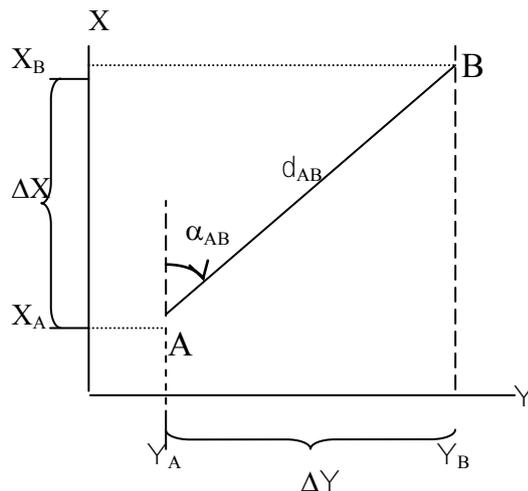


Рис.11- Прямая и обратная геодезические

Решение: $X_B = X_A + d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB} = X_A + \Delta X,$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB} = Y_A + \Delta Y,$$

где ΔX и ΔY - приращения координат, т.е. проекции горизонтального проложения на соответствующие оси координат.

Контроль вычислений координат выполняют по формуле

$$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = d_{AB}$$

б). Обратная геодезическая задача

Дано: X_A, Y_A, X_B, Y_B .

Определить: α_{AB}, d_{AB} .

Решение: $\alpha_{AB} - r = \text{arctg} (\Delta Y / \Delta X)$,

$$d_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Контроль: $d \cdot \cos \alpha + X_A = X_B$,

$$d \cdot \sin \alpha + Y_B = Y_B.$$

Примеры:

1. Определите координаты точки В, если $X_A=Y_A=100\text{м}$, $\alpha_{AB}=315^\circ$, $d_{AB}=100\text{м}$ ($\sin 315^\circ = -0,70711$, $\cos 315^\circ = 0,70711$).

Решение:

$$X_B = X_A + d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB} = 170,71 \text{ м},$$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB} = 29,29 \text{ м}.$$

2. Определите дирекционный угол направления ВС и горизонтальное проложение ВС, если $X_B=Y_B=1000\text{м}$, $X_C=1100\text{м}$, $Y_C=900\text{м}$.

Решение:

$$\alpha_{BC} \rightarrow r_{BC} = \text{arctg} \{ (Y_C - Y_B) / (X_C - X_B) \} = 45^\circ \text{ СЗ}, \quad \alpha_{BC} = 360^\circ - 45^\circ = 315^\circ,$$

$$d_{B-C} = \sqrt{(X_C - X_B)^2 + (Y_C - Y_B)^2} = \sqrt{20000} = 141,42 \text{ м}.$$

12 Уравнивание (увязка) приращений координат теодолитного хода

Необходимость такого уравнивания возникает в связи с погрешностями, возникающими, как правило, при выполнении линейных измерений. При уравнивании необходимо выполнить следующие действия:

- определить невязки по осям абсцисс и ординат, абсолютную и относительную линейные невязки, т.е. $f_{AX} = \Pi - T$, $f_{AY} = \Pi - T$, $f_{абс} = \sqrt{f_{AX}^2 + f_{AY}^2}$, $f_{отн} = f_{абс} / \Sigma d$
- оценить полученную невязку сравнением с допустимым значением $f_{отн} < 1/2000$;
- ввести поправки в уравниваемые величины с обратным знаком знаку невязки и прямо пропорционально горизонтальным проложениям с округлением до 0,01м;
- выполнить контроль уравнивания:

а) сумма поправок должна быть равна величине невязки с обратным знаком,

б) сумма исправленных значений должна равняться теоретическому значению.

Контрольное задание №1. Вычислить координаты точек теодолитного хода в виде треугольника и оценить полученные угловые и линейные погрешности полевых измерений, если: $X_1=1000.00$ м, $Y_1= -1000.00$ м, $\alpha_{1-2} = 200^\circ+N^\circ N'$ (где N – порядковый номер студента в списке группы), $d_{1-2}=100.05$ м, $d_{2-3}=100.00$ м, $d_{3-1}=99.95$ м, $\beta_1=60^\circ 01'$, $\beta_2=59^\circ 59'$, $\beta_3=59^\circ 59'$. Результаты вычислений выполнить в ведомости стандартной общепринятой формы, образец заполнения которой прилагается (табл.1) для разомкнутого теодолитного хода 514-513-D7-D1-512-511 (рис. 12).

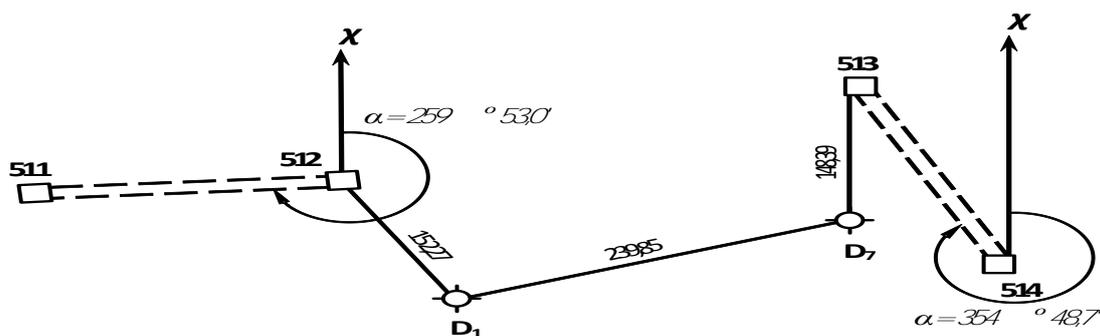


Рис. 12 – Схема разомкнутого теодолитного хода для привязки сетки квадратов

Таблица 1 - Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

Номера точек	Измерен. углы и поправки	Исправленные углы	Дирекц. углы	Гор-е проложения d, м	Приращения				Координаты	
					вычисленные		исправленные		X, м	Y, м
					ΔX , м	ΔY , м	ΔX , м	ΔY , м		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
514										
	-0,2		354 48,7							
513	357 28,5	357 28,3				+5			4780,00	-2425,06
	-0,2		177 20,4	148,39	-148,23	6,89	-148,23	6,94		
D7	105 38,5	105 38,2							4631,77	-2418,12
	-0,2		251 42,1	239,85	-75,30	-227,72	-75,31	-227,64		
D1	89 30,5	89 30,3							4556,46	-2645,76
	-0,2		342 11,8	152,27	144,98	-46,56	144,97	-46,51		
512	262 19,0	262 18,8							4701,43	-2692,27
			259 53,0							
511										

$$\Sigma_{\Pi}=814^{\circ}56,5'$$

$$\Sigma d=540,51$$

$$\Sigma X_{\Pi}=-78,55 \quad \Sigma Y_{\Pi}=-267,39$$

$$\Sigma_{\Pi}=814^{\circ}55,7'$$

$$\Sigma X_{T}=-78,57 \quad \Sigma Y_{T}=-267,21$$

$$f_{\beta} = 0,8'$$

$$f_X=+0,02\text{м} \quad f_Y=-0,18\text{м}$$

$$f_{\beta \text{ доп}}=2,0'$$

$$f_{\text{абс}} = 0,18\text{м} , \quad f_{\text{отн}} = 1/2964$$

13 Геодезические сети: государственная, сгущения, съемочное обоснование. Геодезический пункт. Высотные знаки

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет совокупность пунктов с известными координатами и высотами, равномерно расположенных на всей территории страны. ГГС создается для распространения на территории республики единой системы координат и высот, которые определяются для геодезических пунктов (ГП), закрепленных на местности. ГП состоит из знака и центра (рис.13). Знак представляет собой устройство или сооружение, обозначающее положение ГП на местности и необходимое для взаимной видимости между смежными пунктами. Центр является носителем координат и высот (X, Y, H), определяемых с погрешностью до 1 мм.

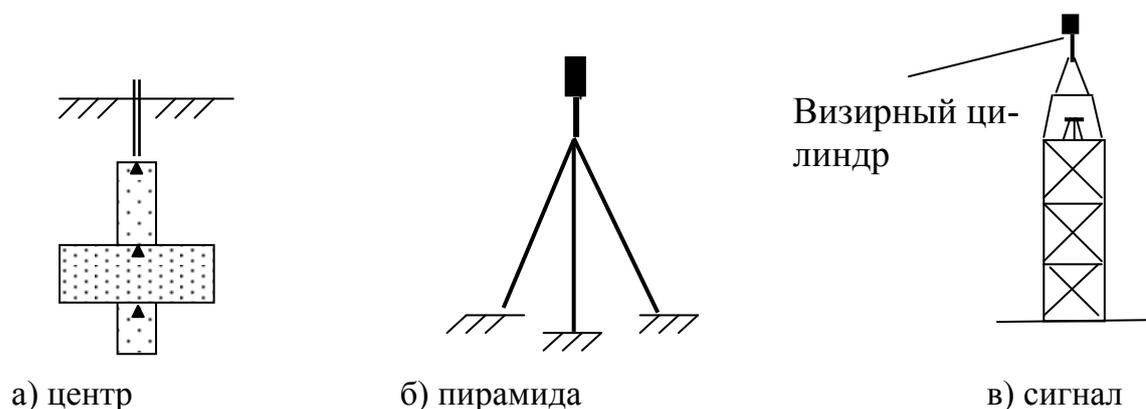


Рис.13 - Схемы геодезических пунктов

ГГС делится на **плановую** и **высотную**. Плановая ГГС создается астрономическими или геодезическими методами. Высотная ГГС создается в основном методом геометрического нивелирования, т.е. горизонтальным лучом визирования. С целью увеличения числа плановых и высотных пунктов на единицу площади строятся сети сгущения, на основе которых создается съемочное обоснование.

Пункты высотной геодезической сети закрепляются грунтовыми реперами, стенными реперами и марками. **Репером** называется знак предназначенный для долговременного и надежного закрепления на местности высоты точки. Грунтовый репер в верхней части имеет чугунную марку; отметка репера относится к верхней точке полусферического выступа марки. Высоту стенного репера определяют для верхней грани выступа, а высоты марок—для центра отверстия, сделанного в диске. В качестве внешнего оформления стенного репера служит охранная плита. Она закрепляется в стене здания или сооружения рядом со стенным репером или над ним.

Для закрепления пунктов съемочного обоснования применяются центры в виде бетонных или деревянных столбов и металлических труб с бетонным якорем, закладываемых на глубину 80 см. Большая часть пунктов съемочных сетей закрепляется временными знаками, представляющими собой деревянные кольца или металлические трубки длиной не менее 40-50 см, которые забивают вровень с поверхностью земли; центром деревянного временного знака служит

гвоздь, вбитый в верхний торец кола. Для облегчения отыскания такого знака рядом с ним забивают сторожок высотой около 30 см; знак окапывают круглой канавкой диаметром 0,8 м.

Геометрическое нивелирование, с помощью которого в основном создаются высотные сети, делится на четыре класса и техническое. Для технического нивелирования предельно допустимая погрешность определяется по формуле

$$f_{\text{доп.}} = 30 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где L - число километров.

В отдельных случаях, когда неизвестна длина нивелирного хода

$$f_{\text{доп.}} = 10 \text{ мм} \sqrt{n},$$

где n - число нивелирных станций.

14 Методы построения геодезических сетей

Конечной целью построения геодезических сетей (ГС) является определение координат геодезических пунктов. Существуют следующие методы построения ГС:

1). **Триангуляция** - метод построения на местности ГС в виде треугольников, у которых измерены все углы и базисные выходные стороны (рис.14). Длины остальных сторон вычисляют по тригонометрическим формулам (например, $a = c \cdot \sin A / \sin C$, $b = c \cdot \sin A / \sin B$), затем находят дирекционные углы (азимуты) сторон и определяют координаты;

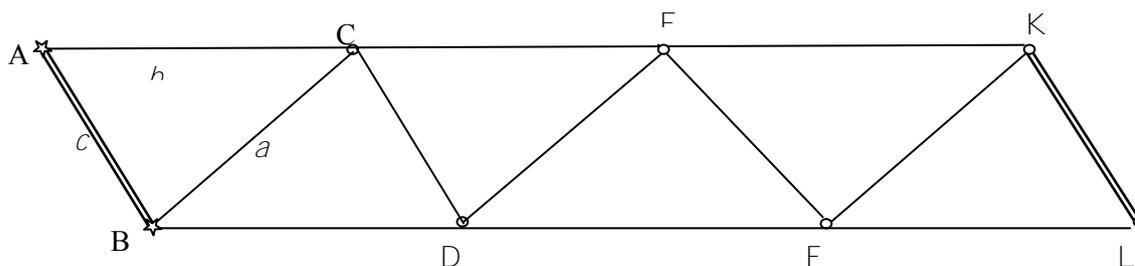


Рис.14 - Схема геодезической сети в виде триангуляции

✳ - пункты Лапласа, на которых определяют истинные азимуты)

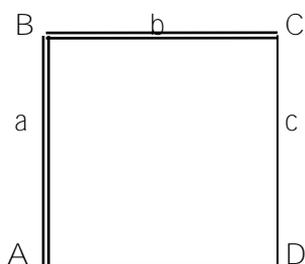
2). **Трилатерация** - метод построения ГС в виде треугольников, у которых измерены длины сторон (расстояния между геодезическими пунктами), а углы между сторонами вычисляют. Например, на рис.14 имеем

$$\cos A = (b^2 + c^2 - a^2) / 2bc;$$

3). **Полигонометрия** - метод построения ГС на местности в виде ломаных линий, называемых ходами, вершины которых закреплены геодезическими пунктами. Измеряются длины сторон хода и горизонтальные углы между ними. Полигонометрические ходы опираются на пункты триангуляции, относительно ко-

торых вычисляются плановые координаты пунктов хода, а их высотные координаты определяются нивелированием. Теодолитный ход (рис.10) является частным случаем полигонометрии, однако является менее точным;

4). **Линейно-угловые построения**, в которых сочетаются линейные и угловые измерения (наиболее надежные). Форма сети может быть различная, например четырехугольник (рис.15), у которого измеряют все горизонтальные углы и две смежные стороны, а две другие стороны вычисляют по формулам проф.И.В.Зубрицкого:



$$c = (a \cdot \sin A + b \cdot \sin(C+D)) / \sin D,$$

$$d = (b \cdot \sin C + a \cdot \sin(A+D)) / \sin D.$$

Рис.15 - Схема линейно-угловой сети

Если измерены две несмежные стороны, например b и d , то стороны a и c вычисляют по формулам

$$a = (d \cdot \sin D - b \cdot \sin C) / \sin(A+D),$$

$$c = (d \cdot \sin A - b \cdot \sin B) / \sin(A+D);$$

5). Методы с использованием спутниковых технологий, в которых координаты пунктов определяются с помощью спутниковых систем - российской ГЛОНАСС и американской GPS. Эти методы имеют революционное научно-техническое значение по достигнутым результатам в точности, оперативности получения результатов, всепогодности и относительно невысокой стоимости работ по сравнению с традиционными методами восстановления и поддержания государственной геодезической основы на должном уровне.

Применение спутниковой аппаратуры по сравнению с другими средствами измерений позволяет: исключить необходимость в установлении прямой видимости между смежными пунктами, а следовательно, исключить постройку дорогостоящих наружных знаков для обеспечения такой видимости; выполнять измерения при любых погодных условиях и в любое время суток; значительно повысить точность определения координат пунктов, вследствие того, что погрешности в плановом положении пунктов не накапливаются по мере удаления от исходных; исключить необходимость в построении много-разрядных геодезических сетей для передачи координат в нужный район; при этом нет надобности устанавливать пункты на возвышенных местах; положение пункта в натуре выбирают в том месте, где он необходим из практических соображений.

15 Топографические планы, карты и профили. Масштабы планов и карт. Точность масштаба

Планом называется уменьшенная ортогональная проекция местности на горизонтальную плоскость.

Картой называется построенное в картографической проекции с учетом кривизны Земли, уменьшенное, обобщенное изображение Земли или отдельных ее частей.

Профилем называется уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности по заданному направлению. Профили используют для проектирования и строительства линейных инженерных сооружений.

Отличительные признаки плана и карты:

1) На планах изображается меньшая площадь, нет искажений длин линий и углов.

2) На планах не учитывается кривизна Земли.

3) На планах используют более крупные масштабы: 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000;

на картах - 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000.

4) На планах нет параллелей и меридианов, а имеется только координатная сетка.

5) Различается номенклатура, т.е. система разграфки и обозначений отдельных листов карт и планов.

Масштаб - отношение длины отрезков на планах или картах к горизонтальному проложению этого отрезка на местности.

Масштабы бывают:

а) численный - в виде дроби, например, М 1:1000, М 1:500 и т.д.);

б) линейный - в виде линии;

в) поперечный, позволяющий строить на чертежной бумаге с помощью измерителя и масштабной линейки (рис. 16) отрезки с погрешностью 0,1 мм.

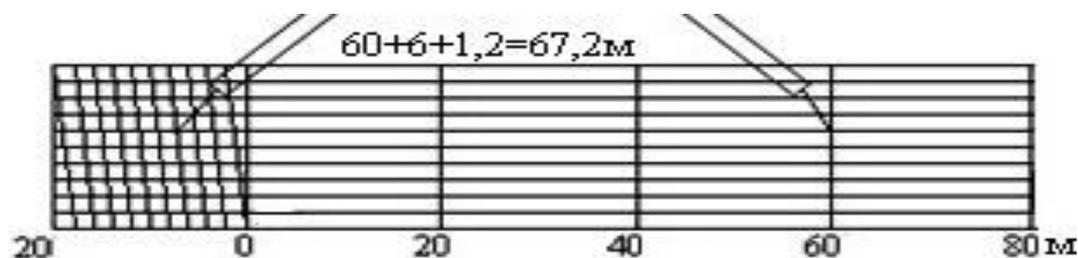


Рис. 16 - Схема использования масштабной линейки (в растворе измерителя 67,2 м, масштаб 1:1000)

Под **точностью масштаба** понимают отрезок на местности соответствующий минимальному расстоянию на плане в 0,1 мм.

16 Содержание планов и карт. Условные знаки. Технология составления планов

Объекты местности на планах и картах изображаются условными *топографическими знаками*, которые бывают *масштабными* (контурными) и *внемасштабными*.

Масштабными условными знаками изображают объекты местности (элементы ситуации), например контур леса или пашни, в масштабе плана (карты). Они позволяют определить размеры объекта в плане и его площадь.

Внемасштабные условные знаки применяют для изображения предметов, которые из-за небольших размеров невозможно показать на плане или карте в масштабе, например пункты геодезической сети, колодцы, столбы и др. На рис. 17 показаны основные условные знаки, используемые при построении учебного топографического плана масштаба 1:1000.

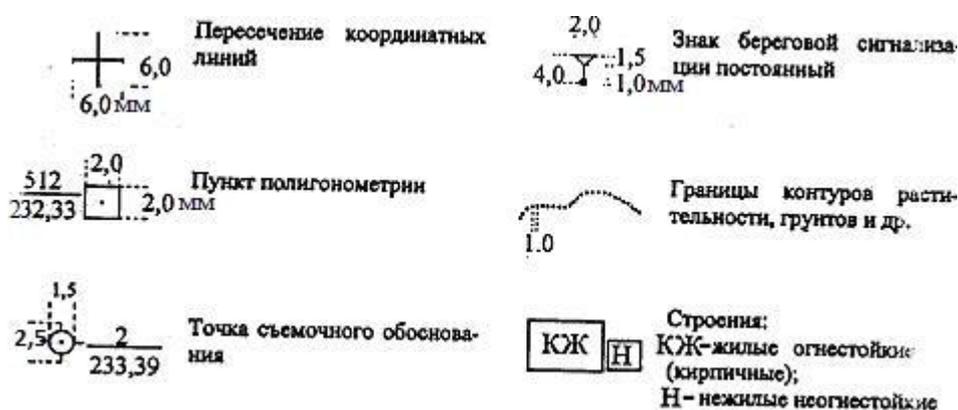


Рис.17 -Условные топографические знаки

Неавтоматизированная ("ручная") технология составления учебного топографического плана включает:

- 1). Построение координатной сетки со сторонами 100x100мм с погрешностью 0.2 мм ;
- 2). Оформление внешней рамки;
- 3). Оцифровка координатной сетки в соответствии с координатами точек теодолитного хода и с учетом последующего размещения результатов теодолитной, тахеометрической съемок и нивелирования по квадратам (см. полевые журналы, приложение Е);
- 4). Нанесение по координатам точек съемочного обоснования с контролем по результатам полевых измерений углов и длин линий;
- 5). Перенесение на план элементов ситуации с абрисов. *Абрис* - схематичный чертеж местности составленный по результатам натуральных измерений.
- 6). Нанесение характерных точек местности на план, подписание их высот и вычерчивание границ (контуров участка);
- 7). Проведение горизонталей для изображения рельефа местности;
- 8). Окончательное оформление плана в соответствии с условными знаками.

17 Основные формы рельефа и их изображение горизонталями

Под *рельефом местности* понимают совокупность неровностей земной поверхности. На топографических планах рельеф изображается горизонталями, тонкими (толщиной 0.10-0.12 мм) кривыми линиями. Расстояние между соседними горизонталями по высоте называется *сечением рельефа* (в плане - заложением). Для большей выразительности рельефа каждая четвертая (четная по высоте при сечении рельефа через 0.5 м) или пятая (кратная по высоте 5 м при сечении рельефа через 1.0 м) горизонталь утолщается (0.25 мм) и в разрыве подписывается её высота, основанием цифры в сторону понижения рельефа. Направление ската или склона обозначается *бергштрихами* - черточками. Для указания высот горизонталей их отметки подписывают в разрывах утолщенных (0.25 мм) горизонталей, располагая основание цифр вниз по рельефу.

Различают следующие основные формы рельефа (рис.18):

- а) **гора** - куполообразная возвышенность (при высоте менее 200 м - холм). Расстояние между соседними горизонталями по высоте называется сечением рельефа (на плане заложения). Направление ската обозначается черточками на горизонталях - бергштрихами;
- б) **котловина** - чашеобразное углубление. Котловина, как и гора, изображается замкнутыми горизонталями, однако бергштрихи в этом случае направлены ко дну;
- в) **хребет** - возвышенность вытянутой формы с постепенным понижением, имеет водораздельную линию. Хребет изображается выпуклыми горизонталями направленными выпуклостью в сторону понижения местности;
- г) **лощина** - вытянутое углубление местности постепенно понижающаяся, имеет водосборную линию – тальвег (водослив);
- д) **седловина** - понижение местности между соседними возвышенностями. Седловина изображается горизонталями, обращенными выпуклостями навстречу друг к другу.

а) гора б) котловина в) хребет г) лощина д) седловина



Рис. 18 – Изображение основных форм рельефа горизонталями

18 Способы интерполирования горизонталей и особенности их проведения

Интерполяция (лат.) - вставка внутрь. Под интерполяцией в математике понимают всякий способ, с помощью которого можно по таблице найти промежуточные результаты, которых нет непосредственно в таблице.

При рисовке горизонталей на планах используют следующие способы интерполяции:

1. **"На глаз" (визуально)**. Предположим, что на плане имеются три соседние точки с подписанными высотами 201.35, 203.30, 200.75 (рис.19). Необходимо провести горизонтали с высотой сечения рельефа 1.0 м, т.е. найти визуально плановое положение линий с высотами 201, 202 и 203 м.

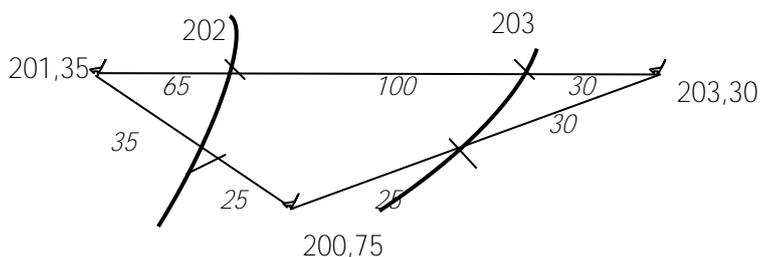


Рис.19 - Интерполирование и проведение горизонталей "на глаз"

2. **Аналитический**, который предусматривает определять расстояние до горизонталей из прямо пропорциональной зависимости между превышением и горизонтальным проложением между точками с подписанными на плане высотами. Из рис. 20 видно, что расстояния от точки А до горизонталей с высотами 202 и 203

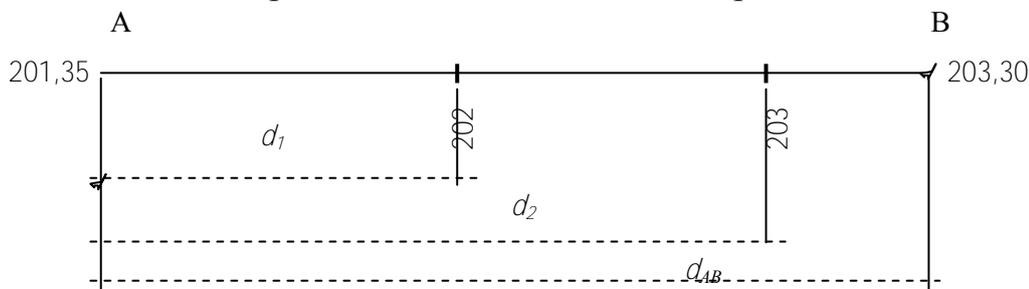


Рис. 20 - Аналитический способ интерполяции горизонталей

$$d_1 = h_1 \cdot d_{ab} / h_{ab}, \quad d_2 = h_2 \cdot d_{ab} / h_{ab},$$

где h_1 и h_2 - превышения между горизонталями с отметками 202 и 203 и точкой А с отметкой 201.35 (0.65 и 1.65 м);

d_{ab} - расстояние, измеряемое на плане между пикетными точками;

h_{ab} - превышение между точками А и В (203.30 - 201.35 = 1.95 м).

3. **Графический способ** предусматривает использование палетки, представляющей собой прозрачный лист бумаги или пластика с нанесенным рядом параллельных линий (горизонталей) через 5...10 мм друг от друга. Подписав на палетке отметки горизонталей, которые необходимо провести, и, поворачивая

палетку на плане, совмещают точки с отметками с горизонталями на палетке, продавливают карандашом их на план (рис. 21).

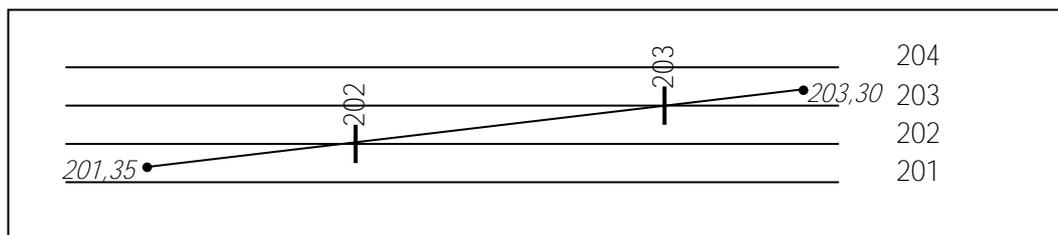


Рис. 21 - Графический способ интерполяции горизонталей

Свойства горизонталей и особенности их проведения:

1. Горизонталь - линия равных высот т.е. все ее точки имеют одинаковую высоту;
2. Горизонталь должна быть непрерывной плавной линией;
3. Горизонталю не могут раздваиваться и пересекаться;
4. Расстояние между горизонталями (заложение) характеризуют крутизну ската. Чем меньше расстояние, тем круче скат;
5. Водораздельные и водосборные линии горизонтали пересекают под прямым углом;
6. В случаях, когда заложение превышает 25мм, проводят дополнительные горизонтали (полугоризонталю) в виде штриховой линии (длина штриха 5-6 мм, расстояние между штрихами 1-2 мм);
7. При окончательном оформлении плана выполняют некоторое сглаживание горизонталей в соответствии с общим характером рельефа, при этом предельная погрешность изображения рельефа горизонталями не должна превышать 1/3 основного сечения.

19 Инженерные задачи, решаемые на планах и картах. Способы определения площадей

Определение географических координат точек. Используя географические координаты углов трапеции, образованной пересечением меридианов и параллелей, а также внутреннюю (минутную) рамку карты находят географические широты (f) и долготы (l) точек. Например, для точек А и В, заданных на учебной карте масштаба 1:10 000 соответственно на пересечении улицы совхоза Беличи и дороги на восток и на ближайшем пересечении дорог, имеем

$$\varphi_A = 54^\circ 40'42'' \text{ СШ}, \lambda_A = 18^\circ 04'56'' \text{ ВД},$$

$$\varphi_B = 54^\circ 40'40'' \text{ СШ}, \lambda_B = 18^\circ 06'50'' \text{ ВД}.$$

Определение зональных прямоугольных координат точек. Для этого опускают перпендикуляры из заданной точки на линии координатной (кило-

метровой) сетки и измеряют их длины. Затем, используя масштаб карты и оцифровку координатной сетки, получают координаты, которые можно сравнить с географическими. Для точек А и В, имеем

$$X_A = 6\,065.45 \text{ км}, Y_A = 4\,311.85 \text{ км} (-188.15 \text{ км}),$$

$$X_B = 6\,065.20 \text{ км}, Y_B = 4\,313.82 \text{ км} (-186.18 \text{ км}).$$

Откуда следует, что точки А и В расположены западнее осевого меридиана четвертой шестиградусной зоны на 188.15 и 186.18 км соответственно.

Определение дирекционного угла, истинного и магнитного азимутов заданного направления. Для определения дирекционного угла линии АВ с помощью транспортира измеряют на карте по ходу часовой стрелки горизонтальный угол между северным направлением осевого меридиана зоны (линией координатной сетки) и заданным направлением. В нашем примере дирекционный угол направления АВ $\alpha_{AB} = 94^\circ 45'$.

Истинный азимут отличается от дирекционного угла на величину сближения меридианов ($+\gamma$), а магнитный азимут отличается от истинного на величину склонения магнитной стрелки ($+\delta$).

Из схемы взаимного расположения осевого, истинного и магнитного меридианов, находящейся под южной рамкой карты, видно, что на этом листе карты истинный азимут $A_{и}$ меньше дирекционного угла α на величину сближения меридианов $\gamma = 2^\circ 22'$, а магнитный азимут $A_{м}$ меньше истинного на величину склонения магнитной стрелки $\delta = 6^\circ 12'$. Следовательно,

$$A_{иAB} = \alpha_{AB} - \gamma = 94^\circ 45' - 2^\circ 22' = 92^\circ 23',$$

$$A_{мAB} = A_{иAB} - \delta = 92^\circ 23' - 6^\circ 12' = 86^\circ 11'.$$

Определение высоты точек и уклона линии. Высоты точек на карте определяют графически, интерполированием между соседними горизонталями. В нашем примере высоты точек $H_A = 155.2$ м, $H_B = 143.2$ м. Тогда уклон линии АВ

$$i_{AB} = (H_B - H_A) / d_{AB} = -12.0 / 2000 = -0.006 = -6\text{‰},$$

где d_{AB} - горизонтальное проложение линии АВ, равное 2000 м. На строительных чертежах направление уклона обычно показывают стрелкой, над которой записывают его величину в промиллях (тысячных долях), а под стрелкой - горизонтальное проложение.

Построение профиля местности по заданному направлению. На миллиметровой бумаге строят стандартные графы профиля, в которые записывают номера характерных точек рельефа местности по заданному направлению, расстояния между ними и их высоты. *Горизонтальный масштаб* профиля принимают равным масштабу карты. *Вертикальный масштаб*, по которому откладывают высоты от выбранного условного горизонта, обычно принимают в 10 раз крупнее горизонтального, т. е. 1:1000. Полученные точки на профиле соединяют ломаной линией.

Проведение на карте между двумя точками кратчайшей линии с заданным уклоном. Вычисляют величину заложения (расстояния между горизонталями) d по формуле $d = h / i$, где h - высота сечения рельефа горизонталями. Это заложение в масштабе карты берут в раствор измерителя и из первой точки по направлению второй точки этим расстоянием засекают на соседней горизонтали точку, от которой тем же раствором засекают следующую точку на соседней горизонтали и т. д. Соединив последовательно все точки, получают ломаную линию с уклоном, равным заданному.

На планах масштаба 1:1000 удобно при построении линии заданного уклона пользоваться графиком заложений по уклонам (рис. 22), который строят по табличным данным, вычисленным по формуле $d = h_c / i$. При $h_c = 1.0$ м, имеем

i	0,10	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01
$d, м$	10	12.5	16.7	25	33.3	50	100

При построении графика на горизонтальной прямой откладывают произвольной величины равные отрезки и надписывают величины уклонов. Из полученных точек вверх по вертикали откладывают соответствующие уклонам величины заложений в масштабе плана. Соединив точки плавной линией, получают график заложений по уклонам.

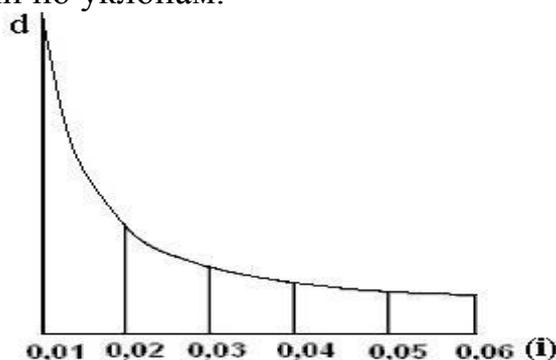


Рис. 22 - График заложений по уклонам

Определение площади аналитическим, графическим и механическим способами. При аналитическом способе площадь любого многоугольника, заданного координатами вершин вычисляется по следующим формулам:

$$P = 1/2 \sum X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}),$$

$$P = 1/2 \sum Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}),$$

где i - порядковый номер вершин многоугольника, изменяющийся от 1 до N (числа вершин).

Относительная погрешность вычисления площади зависит в основном от погрешностей координат точек и составляет около $1/2000$. Вычисления удобно выполнять в ведомости, примерная форма которой приведена ниже. Контроль вычислений: алгебраическая сумма разностей координат должна быть равна нулю.

№ вер ши ны	Координаты, м					
	X_i	Y_i	$Y_{i-1} - Y_{i+1}$	$X_{i-1} - X_{i+1}$	$X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1})$	$Y_i(X_{i-1} - X_{i+1})$

Графический способ определения площади предусматривает разбивку контура на элементарные геометрические фигуры (треугольники, четырехугольники и трапеции), площади которых вычисляют по измеренным на карте с учетом масштаба длинам сторон и высот. Относительная погрешность суммарной площади, полученной графически, обычно составляет более 0.5-1.0% (1/100).

Механический способ основан на применении специального прибора - полярного планиметра, который состоит из полюсного и обводного рычагов и счетного механизма. Перед измерением площади контура вычисляют цену деления планиметра c - площадь, соответствующую одному делению планиметра. Для этого на карте обводят планиметром один квадрат километровой сетки с известной площадью $P_{изв.} = 100$ га. Отсчеты по счетному механизму берут до обводки n_1 и после обводки n_2 , вычисляют их разность ΔU , которую уточняют несколько раз. *Например*, $n_1 = 3546$, $n_2 = 4547$. Тогда цена деления планиметра $c = P_{изв.} / \Delta U = 100 / 1001 = 0.09990$ га.

Площадь заданного контура сначала получают в результате обводки в делениях планиметра, а затем, используя цену деления c , - в гектарах $P = c \cdot \Delta U$. Контроль полученных результатов выполняются повторными измерениями и вычислениями цены деления планиметра и определяемой площади. Относительная погрешность измерений площади планиметром составляет порядка 1/300.

20 Угловые измерения. Устройство теодолита. Типы теодолитов

Угловые измерения необходимы для определения взаимного положения точек в пространстве и используются при развитии триангуляционных сетей, проложений полигометрических и теодолитных ходов, выполнении топографических съемок, решении многих геодезических задач при строительстве различных объектов. Необходимая точность измерений и построений горизонтальных и вертикальных углов на местности составляет от десятых долей секунды до одной минуты.

Основным угломерным прибором на местности является **теодолит** - оптико-механический прибор (рис. 23), с помощью которого измеряют горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и магнитные азимуты.

По точности теодолиты различают: высокоточные - Т05, Т1; точные - Т2, Т5 и технические - Т15, Т30. В перечисленных типах теодолитов цифры соответствуют точности (средней квадратической погрешности) измерения горизонтального угла одним приемом в секундах.

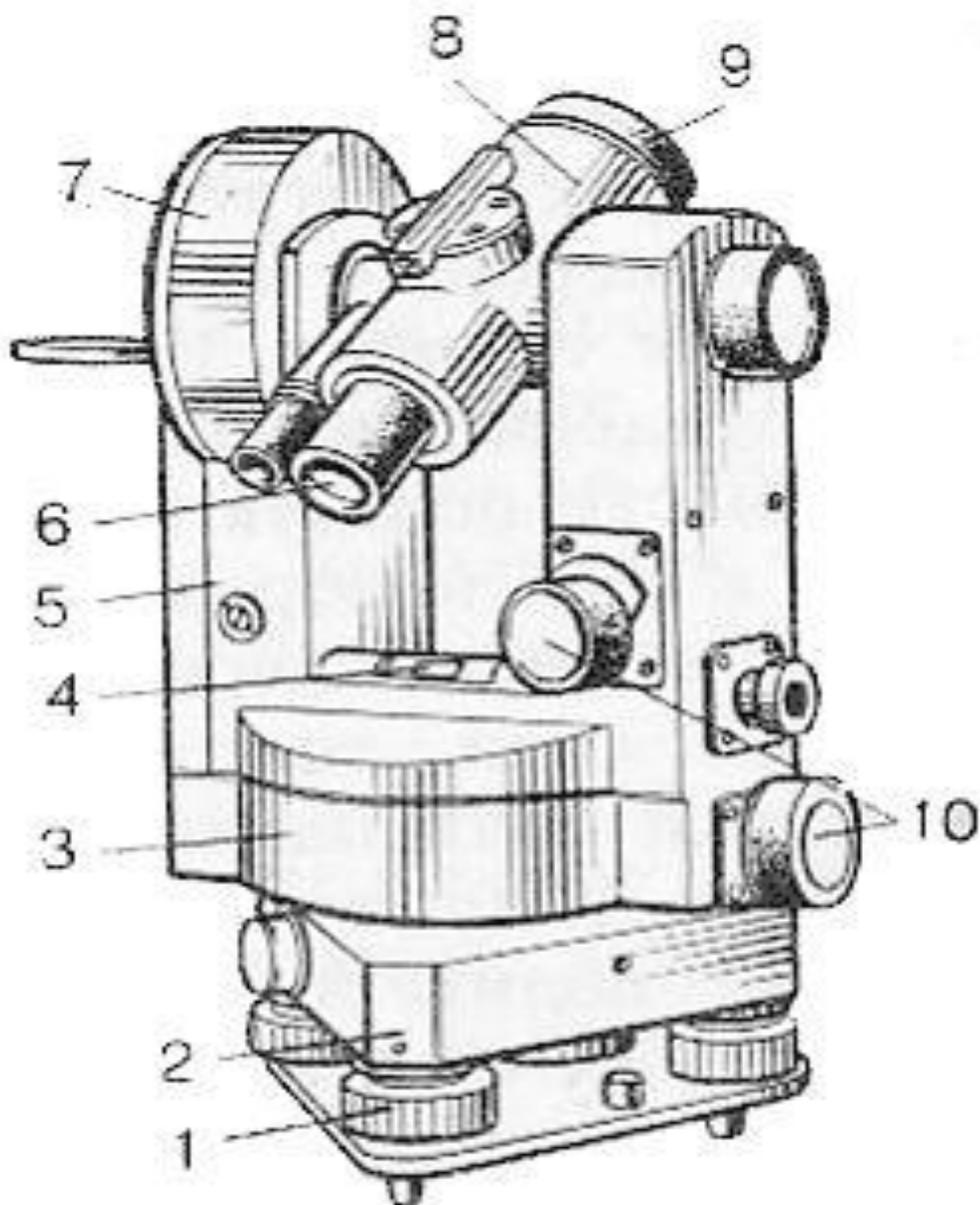


Рис. 23 - Теодолит 2Т30П: 1 - подъемный винт, 2 - подставка теодолита, 3 - горизонтальный круг, 4 - уровень, 5 - подставка трубы, 6 - окуляр, 7 - вертикальный круг, 8 - труба, 9 - объектив, 10 - закрепительные винты

Основные узлы и принадлежности технического теодолита:

- 1) горизонтальный круг, состоящий из лимба - оцифрованной по ходу часовой стрелки круговой полосы с градусными делениями;
- 2) алидада - часть, расположенная соосно с лимбом и несущая элементы отсчетного устройства;
- 3) цилиндрический уровень - предназначен для приведения плоскости лимба горизонтального круга в положение перпендикулярное относительно отвесной линии (горизонтальное положение);

4) зрительная труба - состоит из объектива, окуляра, сетки нитей и фокусирующего устройства с кремальерой;

5) вертикальный круг - устроен аналогично горизонтальному и предназначен для измерения углов наклона;

6) подъемные винты - служат для приведения пузырька цилиндрического уровня на середину;

7) становой (закрепительный) винт - закрепляет теодолит на штативе и позволяет подвесить нитяной отвес.

21 Устройство зрительной трубы, установка ее для наблюдений

Зрительная труба предназначена для высокоточного наведения на удаленные предметы и точки (визирные цели) при работе с теодолитом. Состоит из следующих основных частей: объектива, окуляра, фокусирующей линзы, сетки нитей, кремальеры (винта, перемещающего фокусирующую линзу внутри трубы). В зрительной трубе различают две оси: визирную и оптическую. Прямая соединяющая оптический центр объектива с центром сетки нитей называется визирной осью. Прямая соединяющая оптический центр объектива и окуляр - оптической осью трубы.

Подготовка зрительной трубы для наблюдений выполняется в следующей последовательности:

а) установка зрительной трубы "по глазу" - вращением окуляра (от -5 до $+5$ диоптрий) до получения четкого изображения сетки нитей;

б) установка зрительной трубы по предмету (визирной цели) - вращением кремальеры до четкого изображения визирной цели;

в) устранение параллакса, возникающего в тех случаях, когда изображение предмета не совпадает с плоскостью сетки нитей и при перемещении глаза относительно окуляра точка пересечения нитей будет проецироваться на различные точки наблюдаемого предмета. Параллакс сетки нитей устраняется небольшим поворотом кремальеры.

Зрительные трубы в геодезических приборах характеризуются увеличением, полем зрения и точностью визирования. Под **увеличением** υ β понимают отношение угла α , под которым предмет виден в трубу, к углу β , под которым этот же предмет виден невооруженным глазом рис.21:

$$\upsilon = \alpha / \beta.$$

Поле зрения называется пространство, видимое в трубу при неподвижном ее положении. Его определяют углом зрения f по формуле

$$\varphi = 38.2^\circ / \upsilon,$$

где υ - увеличение трубы.

Точность визирования выражается средней квадратической погрешностью

$$m_B = 60'' / \upsilon,$$

где $60''$ - средняя погрешность визирования невооруженным глазом (разрешающая способность глаза человека - предельно малый угол, при котором две точки еще воспринимаются раздельно).

22 Уровни, их устройство и назначение. Цена деления уровня

В геодезических приборах используются цилиндрические и круглые уровни, различающиеся между собой ценой деления, чувствительностью и конструктивными особенностями.

Цилиндрический уровень представляет стеклянную трубку, верхняя внутренняя поверхность которой отшлифована по дуге определенного радиуса (от 3,5 до 80 м). Трубка помещается в металлическую оправу. Для регулировки уровень снабжен исправительным винтом. На наружной поверхности трубки нанесены штрихи. Расстояние между штрихами должно быть 2 мм. Точка в средней части ампулы называется нульпунктом уровня.

Линия касательная к внутренней поверхности уровня в его нульпункте называется *осью уровня*.

Круглый уровень представляет собой стеклянную ампулу, отшлифованную по внутренней сферической поверхности определенного радиуса. За нуль-пункт круглого уровня принимается центр окружности. Осью кругового уровня является нормаль проходящая через нульпункт, перпендикулярно к плоскости, касательной к внутренней поверхности уровня в его центре.

Для более точного приведения пузырька в нуль-пункт применяются контактные уровни. В них над цилиндрическим уровнем устанавливается призматическое оптическое устройство, которое передает изображение концов пузырька в поле зрения трубы. Пузырек находится в нульпункте, если его концы видны совмещенными.

Ценой деления уровня τ называется угол, на который наклониться ось уровня, если пузырек сместиться на одно деление ампулы, т.е.

$$\tau = 1 / R \text{ или } \tau'' = (1/R) \rho'',$$

где $\rho'' = 206265''$.

В геодезических приборах применяют цилиндрические уровни с ценой деления от 5 до $60''$, круглые - от 5 до $20'$. *Под чувствительностью уровня* понимают минимальное линейное перемещение пузырька, которое можно заметить невооруженным глазом, обычно принимаемое в 0.1 деления, т.е. 0.2 мм.

23 Отсчетные устройства: штриховой и шкаловой микрокопы.

Эксцентриситет горизонтального круга

С помощью отсчетных устройств в теодолитах считывают показания с лимбов. В современных точных и технических теодолитах применяются штриховые микрокопы (отсчет по штриху-индексу) и шкаловые микрокопы (отсчет по шкале), а высокоточных теодолитах используют микрометры.

Отсчетный микроскоп через систему призм и линз выводит в окуляр изображения градусных делений горизонтального и вертикального кругов. На рис.24а показано поле зрения штрихового микроскопа с изображением штриха и лимбов с ценой деления в 10': вертикального В и горизонтального Г. Визуально оценивая десятые доли делений лимбов с точностью до 1', отсчеты на рисунке $V=7^{\circ} 41'$ и $\Gamma=345^{\circ} 57'$.

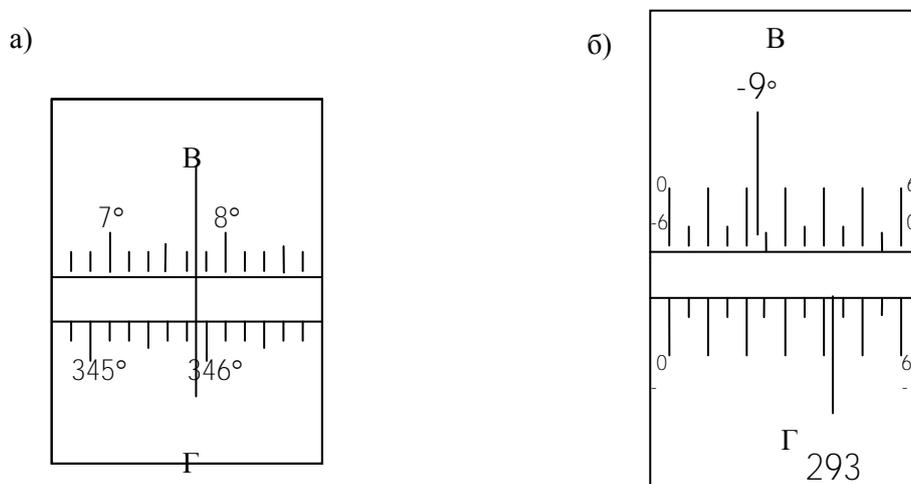


Рис.24 - Поле зрения штрихового (а) и шкалового (б) микроскопов

В поле зрения шкалового микроскопа теодолита 2Т30 (рис.23б) цена деления лимба составляет 1', отсчетная шкала разделена через 5', отсчеты на рисунке $V = -9^{\circ} 37'$, $\Gamma = 293^{\circ} 42'$.

В теодолитах со штриховыми и шкаловыми микроскопами отсчеты производят по одному концу диаметра лимба. Для уменьшения влияния эксцентриситета горизонтального круга (рис.25)- несовпадения оси вращения прибора C' с центром кольца делений лимба C - измерение горизонтального угла производят дважды: при круге лево (отсчет M') и при круге право (отсчет N').

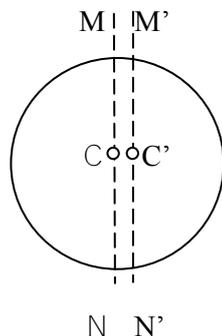


Рис.25 - Схема влияния эксцентриситета

Так как при этом отсчеты берутся по диаметрально противоположным концам лимба, то среднее из полученных результатов не содержит погрешности от влияния эксцентриситета $(M+N)/2 = (M'+N')/2$.

24 Приведение теодолита в рабочее положение (центрирование, горизонтирование, установка трубы для наблюдений)

Приведение теодолита в рабочее положение предусматривает:

1) **центрирование** - установка центра горизонтального круга над вершиной измеряемого угла. Выполняется с помощью нитяного отвеса или оптического центрира, перемещением ножек штатива и с последующим передвижением прибора на головке штатива. Погрешность центрирования зависит от требуемой точности выполняемых работ и не должна превышать 3 мм при измерении горизонтальных углов;

2) **горизонтирование** - приведение плоскости лимба горизонтального круга в горизонтальное положение, т.е. установка вертикальной оси вращения теодолита (ОО1) в отвесное положение. Для этого устанавливают цилиндрический уровень параллельно двум подъемным винтам и вращая их одновременно в противоположные стороны выводят пузырек уровня на середину ампулы. Затем поворачивают цилиндрический уровень на 90° по направлению третьего подъемного винта и, вращая его, опять выводят пузырек в нульпункт. Эти действия повторяют до тех пор пока пузырек не будет отклоняться от центра ампулы более чем на одно деление. При измерении вертикальных углов отклонение пузырька от середины не должно превышать полделения;

3) **подготовку зрительной трубы для наблюдений**: *по глазу* – вращением окуляра (от -5 до +5 диоптрий) до получения четкого изображения сетки нитей на светлом фоне и *по предмету* - вращением кремальеры до четкого изображения визирной цели. Если изображение предмета не совпадает с плоскостью сетки нитей, то при перемещении глаза относительно окуляра точка пересечения нитей будет проецироваться на различные точки наблюдаемого предмета. Возникает параллакс, который устраняется небольшим поворотом кремальеры.

25 Полевые поверки и юстировки теодолита

1. Ось цилиндрического уровня (касательная к внутренней поверхности ампулы в нульпункте) должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита. Для проверки этого условия устанавливают цилиндрический уровень параллельно двум подъемным винтам и, вращая их, приводят пузырек на середину. Затем поворачивают цилиндрический уровень на 180° и, если пузырек отклонился более чем на одно деление, с помощью исправительных винтов смещают пузырек к центру на половину отклонения.

2. Визирная ось трубы (ось, проходящая через оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей) должна быть перпендикулярна оси вращения трубы. Эта проверка сводится к определению коллимационной погрешности - горизонтального угла между фактическим положением визирной оси и требуемым. Для выполнения проверки наводят визирную ось трубы на удаленную, четко видимую на горизонте точку и снимают отсчеты по горизонтальному кругу

при КП и КЛ. Отсчеты должны отличаться на $180^{\circ} 00'$, в противном случае имеет место коллимационная погрешность.

Если коллимационная погрешность, определяемая по формуле $C=(КЛ - КП)/2$, превышает $2t$, где t - точность отсчетного устройства, выполняют юстировку: вычисляют средний отсчет и устанавливают его на горизонтальном круге. В этом случае наблюдаемая точка не будет совпадать с перекрестием сетки нитей. Предварительно ослабив один вертикальный исправительный винт, двумя горизонтальными совмещают перекрестие сетки с наблюдаемой точкой. Результаты измерений и вычислений записывают в журнале определения коллимационной погрешности.

3. Место нуля вертикального круга (отсчет по ВК, когда визирная ось и ось цилиндрического уровня горизонтальны) должно быть близким к нулю или отличаться от нуля не более чем на $2t$. Для проверки не менее двух раз определяют место нуля по формуле $МО=(Л+К)/2$, где Л и П - отсчеты по вертикальному кругу при наведении средней горизонтальной нити на точку. Если вычисленное значение место нуля недопустимо, устанавливают наводящим винтом трубы отсчет по вертикальному кругу равный вычисленному углу наклона на точку ($v = Л - МО$). Вращая вертикальные исправительные винты сетки нитей (рис.26), предварительно ослабив один горизонтальный винт, совмещают среднюю горизонтальную нить с наблюдаемой точкой. Образцы записей отсчетов и вычислений С и МО приведены в журнале (табл. 2).

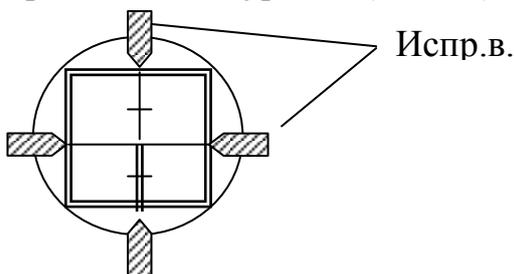


Рис.26 - Сетка нитей теодолита

Таблица 2 - Журнал угловых измерений и вычислений С и МО (теодолит 2Т30 № 07704)

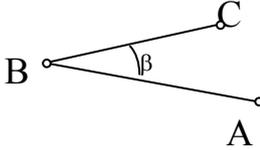
№ точки	Круг	Отсчеты по		С = (КЛ-КП+180)/2 (ГК) МО= (Л+П-180)/2 (ВК)
		ВК	ГК	
1	КЛ	3°33'	48°01'	С ₁ =(48°01'-228°01'+180°) //2 = 0°00,0' МО ₁ =3°33'+(-3°31') / 2= 0°01,0'
	КП	-3°31'	228°01'	
2	КЛ	2°40'	62°52'	С ₂ =- 0°00,5' М ₂ =+0°01,5'
	КП	-2°37'	242°53'	

26 Способы измерения горизонтальных углов

Для измерения горизонтальных углов в инженерной геодезии применяют *способы приемов, круговых приемов и повторений*.

Способ приемов. Над вершиной В измеряемого угла $\beta = \text{ABC}$ (табл. 3) центрируют и горизонтируют теодолит, а на точках А и С устанавливают визирные цели.

Таблица 3 - Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов

Но- мер стан- ции	Кру- г	Но- мер точки наблю- дения	Отсчет по гори- зон- тально- му кругу	Горизонтальный круг		Схема измеряемо- го угла
				Изме- рен.	Средн.	
В	КЛ	А	224°15'	47°05'	47°05,5'	
		С	177°10'			
	КП	А	47°05'	47°06'		
		С	359°59'			

Измерение горизонтального угла способом приемов (способ отдельного угла) заключается в том, что один и тот же угол измеряется дважды, при двух положениях вертикального круга относительно зрительной трубы: при круге слева (КЛ) и при круге справа (КП). При переходе от одного приема к второму зрительную трубу переводят через зенит и смещают лимб горизонтального круга на 1-5°. Эти действия позволяют обнаружить возможные грубые ошибки при отсчетах на лимбе и уменьшить приборные погрешности. Так как лимб оцифрован по ходу часовой стрелки наведение зрительной трубы принято выполнять сначала на правую точку, а затем на левую. Контролем измерений горизонтального угла является разность значений угла, полученная из двух измерений (КЛ и КП), не превышающая двойную точность отсчетного устройства, т.е.

$$\beta_{\text{кл}} - \beta_{\text{кп}} \leq 2t.$$

Способ круговых приемов применяется при измерении нескольких горизонтальных углов с общей вершиной М (табл. 4) и выполняется двумя полу-приемами, при двух положениях вертикального круга КЛ и КП. При визировании на начальную точку 1 отсчет по горизонтальному кругу при КЛ устанавливают чуть больше нуля, в нашем примере 0 01.5'. Затем наводят трубу последовательно по ходу часовой стрелки на точки 2, 3, 4, 1 и берут отсчеты. Разность начального и конечного отсчетов на точку 1 не должна превышать двойную точность отсчетного устройства.

Второй полуприем наблюдений при КП выполняют против хода часовой стрелки при первоначальной установке горизонтального круга в последовательности 1, 4, 3, 2, 1. Убедившись в допустимости начального и конечного отсчетов, вычисляют: значения двойной коллимационной погрешности $2c = \text{КЛ} - \text{КП} + 180^\circ$, средние отсчеты по направлениям $a_i = (\text{КЛ}_i + \text{КП}_i) / 2 - 180^\circ$, среднее направление на начальную точку 1 из четырех отсчетов, приведенные направления.

Таблица 4 - Журнал измерения углов круговыми приемами

Номер		Отсчеты по лимбу		КЛ-КП (2c)	(КЛ+КП) 2	Приведенные направления	Схема направлений
станции	точки	КЛ ° ' "	КП ° ' "				
М				Первый прием			
	1	0 01,5	180 01,0	+0,5	01,25	0 00, 00	
	2	91 11,5	271 12,0	+0,5	11,75	91 10,50	
	3	173 45,0	353 45,0	0,0	45,00	173 43,75	
	4	265 33,0	85 33,0	0,0	33,00	265 31,75	
	1	0 01,0	0 01,5	-0,5	01,25	0 00,00	

Для повышения точности измерений делают несколько круговых приемов, а перед каждым приемом горизонтальный круг переставляют.

Способ повторений позволяет несколько повысить точность измерений отдельного горизонтального угла за счет уменьшения погрешностей отсчетов на результат измерений. Сущность способа заключается в многократном (n) откладывании на лимбе величины измеряемого угла. Отсчеты берут только в начале (a) и в конце (b) наблюдений, а значение угла β вычисляют по формуле

$$\beta = (b-a)/n .$$

27 Погрешности, влияющие на точность измерения горизонтальных углов

На точность измерения горизонтальных углов влияют следующие основные погрешности:

- 1) центрирования (установка оси вращения теодолита над вершиной измеряемого угла, максимальное значение которой равняется $\Delta c \cdot p/d$),
- 2) редуцирования (внецентренное положение визирной цели, вычисляемой по формуле аналогичной погрешности центрирования),
- 3) визирования (зависит от увеличения зрительной трубы и составляет величину $60''/v$),
- 4) отсчетов на лимбе, принимаемой равной половине точности отсчетного устройства, т.е. $m_0 = t/2$.

При соблюдении методики угловых измерений техническими теодолитами влияние погрешностей за центрирование и редуцирование можно свести к пренебрегаемо малым величинам. Тогда, главное влияние на точность измерения оказывают погрешности отсчетов по лимбу. Учитывая это, определим среднюю квадратичную погрешность измерения угла. При измерении угла после наведения на точки делаются отсчеты по лимбу со средней квадратичной погрешностью $m_0 = t/2$. Эту погрешность можно принять за погрешность направления измеряемого угла, т.к. другие виды погрешности не оказывают существенного влияния.

Погрешность угла как разности двух направлений

$$m_{\beta'} = m_0 \sqrt{2} = (t/2) \cdot \sqrt{2}.$$

Средняя квадратическая погрешность угла, измеренного дважды при КЛ и КП,

$$m_{\beta} = (t/2) \cdot \sqrt{2} / \sqrt{2} = t/2.$$

Средняя квадратичная погрешность разности двух значений угла в полуприемах:

$$m_d = m_{\beta'} \sqrt{2} = (t/2) \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2} = t,$$

а предельная погрешность с вероятностью 95% принимается равной удвоенной, т.е.

$$m_{d(\text{пред})} = 2m_d = \pm 2t.$$

Таким образом, разность между значениями угла в полуприемах не должна превышать двойной точности отсчетного устройства.

28 Измерение вертикальных углов

Измерение углов наклона v (рис.27) производится при помощи вертикального круга после приведения теодолита в рабочее положение. Наведение на визирную цель выполняют средним горизонтальным штрихом сетки зрительной трубы, при этом следят, чтобы пузырек цилиндрического уровня находился в нуль-пункте.

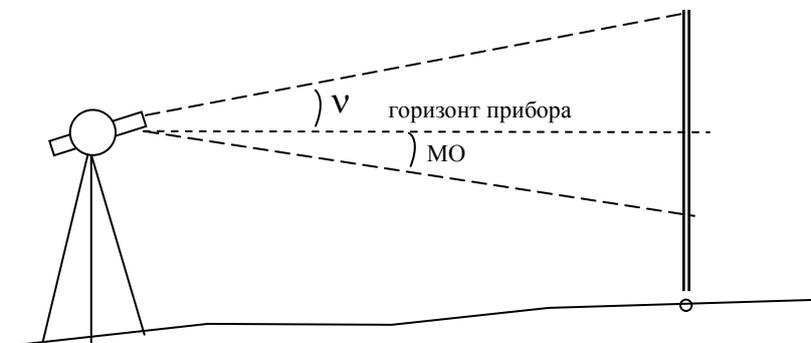


Рис.27- Измерение вертикального угла

Чтобы получить v , необходимо определить место нуля (МО) вертикального круга (ВК) - отсчет по ВК, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а пузырек цилиндрического уровня находится на середине - необходимо навести среднюю нить на четко видимую точку и снять отсчеты П и Л по вертикальному кругу соответственно при КП и КЛ. МО и применительно к различным теодолитам вычисляются по следующим формулам:

$$\text{МО} = (\text{Л} + \text{П}) / 2 - \text{для } 2\text{T30}$$

$$\text{МО} = (\text{Л} + \text{П} \pm 180^\circ) / 2 - \text{для } \text{TOM}, \text{T30}$$

$$v = \text{Л} - \text{МО}, \quad v = \text{МО} - \text{П} \quad (2\text{T30}),$$

$$v = \text{МО} - \text{П} \pm 180^\circ \quad (\text{TOM}, \text{T30})$$

Пример. Отсчеты по вертикальному кругу теодолита Т30 при наведении зрительной трубы на одну и ту же точку $\text{Л} = 7^\circ 11'$, $\text{П} = 172^\circ 53'$. Тогда,

$$\text{МО} = \frac{7^\circ 11' + 172^\circ 53' - 180^\circ}{2} = +0^\circ 02';$$

$$v = 7^\circ 11' - (+0^\circ 02') = 7^\circ 09'.$$

При измерениях вертикальных углов величина МО не должна превышать двойной точности отсчетного устройства. На заводе при сборке теодолитов величину МО устанавливают близкой $0^\circ 00'$ при этом стремятся чтобы визирная ось совпадала с оптической. Поэтому изменять величину МО больше чем на $2'$ не рекомендуется, так как отклонение визирной оси от оптической будет значительным при перефокусировке трубы.

29 Методы нивелирования и их точность

Нивелированием называются геодезические работы по измерению превышений, разности высот точек. Различают следующие методы нивелирования: *геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое, барометрическое, механическое, стереофотограмметрическое.*

Геометрическое нивелирование производится горизонтальным визирным лучом, который получают чаще всего при помощи приборов, называемых нивелирами. Точность геометрического нивелирования характеризуется средней квадратической погрешностью нивелирования на 1 км двойного хода равной от 0.5 до 10.0 мм в зависимости от типа используемых приборов.

Тригонометрическое нивелирование предусматривает измерение расстояния и угла наклона, которые необходимы для вычисления превышения по тригонометрическим формулам. Точность определения превышения на станции

зависит от погрешностей измерений угла и расстояния и обычно на один порядок (в 10 раз) меньше чем при геометрическом нивелировании.

Гидростатическое нивелирование основано на свойстве поверхности жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одной высоте. Этот метод применяют для выверки строительных конструкций по высоте в стесненных условиях, а также при наблюдениях за деформациями инженерных сооружений. Точность определения превышений достигает 0.1 - 1.0 мм.

Барометрическое нивелирование использует зависимость высот точек местности от величины атмосферного давления в этих точках. Наиболее точные барометры позволяют определять превышения с погрешностью 0.3 - 0.5 м.

Радиолокационное нивелирование производят с летательных аппаратов посредством определения длины пути прохождения электромагнитных волн отраженных от земной поверхности.

Механическое нивелирование производят при помощи специального прибора, содержащего датчик углов наклона продольной оси транспортного средства относительно маятника, сохраняющего отвесное положение, и датчик пути. Погрешность такого нивелирования со скоростью 30 км/ч от 0.3 до 0.6 м на 1 км хода.

30 Способы геометрического нивелирования

Геометрическое нивелирование выполняется горизонтальным лучом визирования. Перед нивелированием точки на местности закрепляют колышками, костылями, башмаками, на которые устанавливают вертикально нивелирные рейки. Место установки нивелира для работы называют станцией, а расстояние от нивелира до рейки - плечом нивелирования.

Различают *два способа геометрического нивелирования*: из середины и вперед. При нивелировании из середины (рис. 28а) нивелир устанавливается примерно на равных расстояниях от реек, поставленных на точки А и В, а превышение вычисляют по формуле:

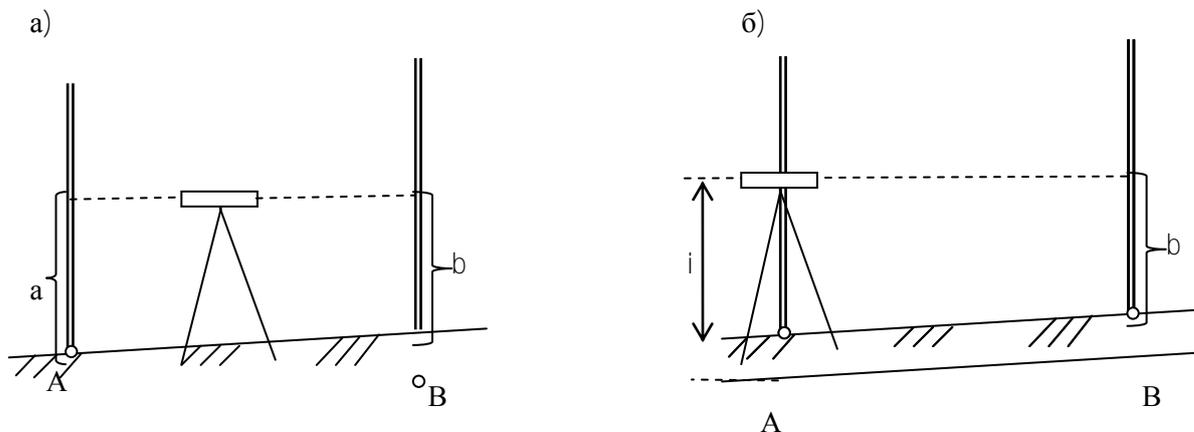


Рис.28 - Способы геометрического нивелирования: а - из середины; б – вперед

$$h = a - b,$$

где a и b - отсчеты в мм по рейкам, установленным соответственно на задней по ходу движения при нивелировании и передней точках.

Знак превышения h получится положительным, если a больше b , и отрицательным, если a меньше b .

Если известна высота H_A задней точки A , то высота передней точки B

$$H_B = H_A + h.$$

При нивелировании вперед нивелир ставят так, чтобы его окуляр находился над точкой A , измеряют высоту прибора i , затем визируя на рейку, отвесно поставленную в точке B , берут отсчет b . В этом случае:

$$h = i - b.$$

При нивелировании нескольких точек для вычисления их высот используют горизонт прибора, которым называют высоту горизонтальной линии визирования, т.е. горизонт прибора равен высоте точки, на которой установлена рейка, плюс отсчет по рейке. Из рис. 28б следует:

$$ГП = H_A + i; H_B = ГП - b.$$

Последовательное нивелирование применяется для измерения превышений между точками A и D , разделенными значительным расстоянием или превышениями.

31 Классификация нивелиров. Устройство технических нивелиров

В зависимости от устройств, применяемых для приведения визирной оси трубы в горизонтальное положение, нивелиры изготавливают двух видов - с цилиндрическим уровнем на зрительной трубе (рис.29) и с компенсатором углов наклона, т.е. без цилиндрического уровня. Число в названии нивелира означает среднюю квадратическую погрешность в мм нивелирования на 1 км двойного хода. Для обозначения нивелиров с компенсатором к цифре добавляется буква K , а для нивелиров с горизонтальным лимбом - буква L , например $H-10KL$.

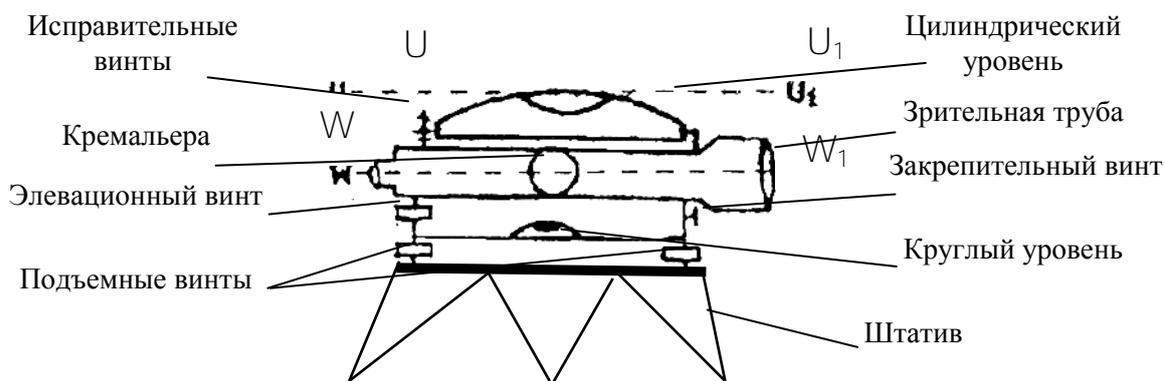


Рис. 29 - Схема нивелира и название его частей

Нивелиры бывают трех классов точности:

- 1) $H-05$, $H-1$, $H-2$ - высокоточные для нивелирования I и II классов;
- 2) $H-3$ - точные для нивелирования III и IV классов;

- 3) Н-10 - технические для топографических съемок и других видов инженерных работ.

Для установки нивелира в рабочее положение его закрепляют на штативе становым винтом и вращением сначала двух, а затем третьего подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину. Отклонение пузырька от середины допускается в пределах второй окружности. В этом случае диапазон работы элевационного винта позволит установить пузырек цилиндрического уровня в нульпункт (рис.30в) и установить визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение при соблюдении главного условия (для нивелира с цилиндрическим уровнем UU1 WW1).

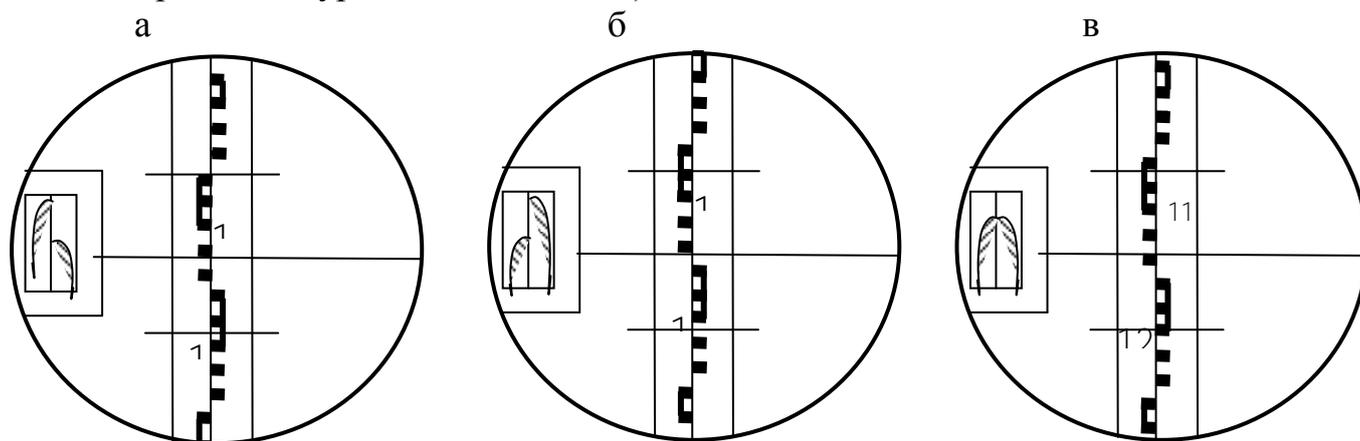


Рис.30 - Поле зрения зрительной трубы нивелира Н-10 при положениях пузырька цилиндрического уровня вне нуль-пункта (а,б) и в нуль-пункте (в) – отсчеты: по средней нити - 1179 мм, по дальномерным нитям - 1111 и 1243 мм.

Приближенное наведение на нивелирную рейку выполняют с помощью мушки, расположенной сверху зрительной трубы. Более точное наведение осуществляют вращением наводящего винта зрительной трубы, которую перед отсчетом по рейке предварительно устанавливают по глазу (вращением окуляра) и по предмету (вращением кремальеры) для четкого совместного изображения сетки нитей и делений на нивелирной рейке. Перед отсчетом по средней нити тщательно совмещают концы пузырька цилиндрического уровня в поле зрения трубы, медленно вращая элевационный винт.

32 Работа и контроль на станции при техническом нивелировании. Источники погрешностей при нивелировании

Для технического нивелирования используют нивелиры Н-10, Н-3 и рейки РН-3, РН-10. Работу на станции выполняют в следующей последовательности:

1. На крайние точки А и В нивелируемой линии устанавливают рейки, и на равном удалении от них - нивелир. Неравенство плеч на станции не должно превышать 10 м;

2. Нивелир приводят в рабочее положение, наводят трубу на заднюю рейку и берут отсчет по черной ее стороне $a_ч$;

3. Наводят трубу на переднюю рейку и берут отсчеты сначала по черной, а затем по красной стороне $b_ч$ и $b_к$;

4. Наводят трубу на заднюю рейку и берут отсчет по красной стороне $a_к$;

5. Если кроме крайних точек А и В необходимо определить высоты точек C_1, C_2, \dots, C_n промежуточных точек, то заднюю рейку последовательно устанавливают на эти точки и берут отсчеты C_1, C_2, \dots, C_n по черной стороне. При выполнении ответственных работ отсчеты на промежуточных точках производят по обеим сторонам рейки. При использовании уровенных нивелиров перед каждым отсчетом пузырек приводят в нуль-пункт;

6. Для контроля вычисляют разность нулей передней $PO_н = a_к - a_ч$ и задней $PO_з = b_к - b_ч$. Расхождение разности нулей по абсолютной величине не должно превышать 5 мм;

7. На каждой станции вычисляют значения превышений, определяемых по черным и красным сторонам реек: $h_ч = a_ч - b_ч$, $h_к = a_к - b_к$. Измерения считают выполненными правильно, если $h_ч - h_к < 5$ мм;

В техническом нивелировании расстояние от нивелира до реек не должно превышать 120 м. Высоту передней точки вычисляют по формуле $H_B = H_A + h$. Высоты промежуточных точек удобно вычислять через горизонт прибора (ГП).

ГП - высота визирного луча над исходной уровенной поверхностью. $ГП = H_A + a = H_B + b$. Высоты промежуточных точек $H_C = ГП - c$.

Случайные и систематические погрешности при нивелировании возникают вследствие недостаточной точности нивелира и реек, неполной юстировки нивелира, влияния внешней среды и нарушения методики измерений.

Для уменьшения приборных погрешностей превышения рекомендуется измерять способом из середины по двум сторонам реек, а рейки удерживать отвесно на устойчивых предметах. Предельные расстояния от нивелира до реек ограничивают 100-120 м, погрешности измерений превышений на станции в этом случае не превысят 5 мм.

33 Полевые проверки и юстировки уровенных нивелиров

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

При проверке, подъемными винтами подставки пузырек круглого уровня приводят в нуль-пункт и верхнюю часть нивелира поворачивают на 180° вокруг оси вращения нивелира. Если пузырек остался в нуль-пункте - условие выполнено. Если же отклонился, вращением юстировочных винтов его возвращают к центру ампулы до половины дуги отклонения. Проверку повторяют.

2. Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира. Вращая зрительную трубу наводящим винтом, следят,

изменяется ли отсчет при перемещении изображения рейки от одного края поля зрения к другому. Если отсчет изменяется больше чем на 1 мм, диафрагму с сеткой необходимо развернуть в требуемое положение, ослабив крепящие ее винты.

3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы. Это условие, называемое главным, проверяют двойным нивелированием пары точек способом "из середины" и "вперед" (рис.31).

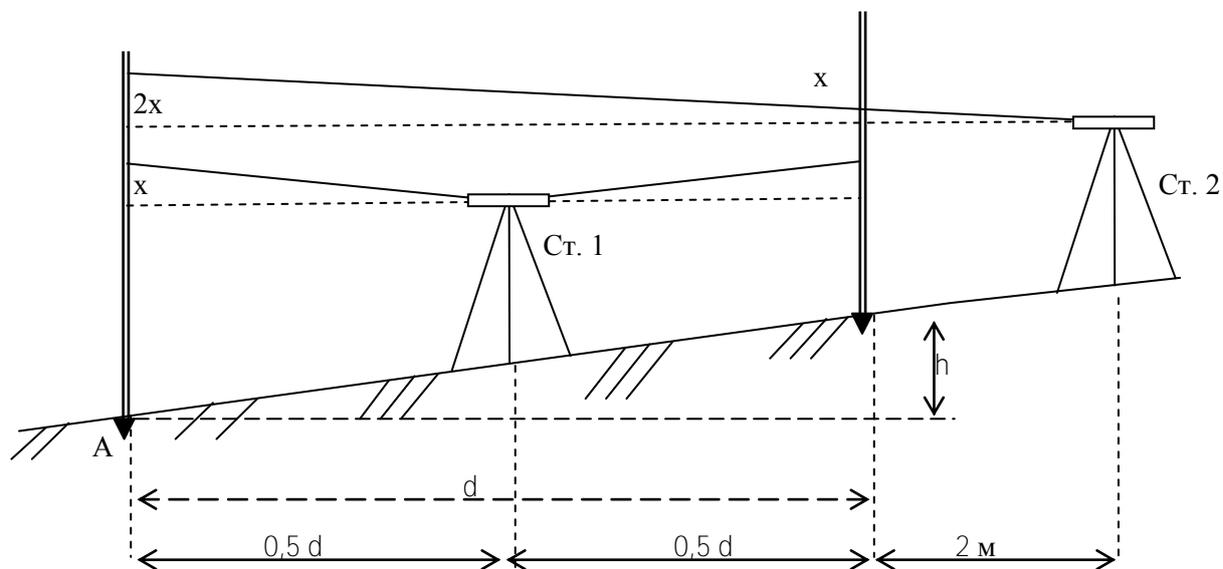


Рис.31 - Проверка главного условия нивелира

Для этого закрепляют неподвижно две нивелирные рейки на расстоянии 60-90 м, а нивелир устанавливают между ними на середину с погрешностью 1 м. Расстояния до реек измеряют нитяным дальномером. Определяют превышение между рейками при двух горизонтах прибора, как разность отсчетов на заднюю и переднюю рейки. Превышение, полученное при одном горизонте прибора, не должно отличаться от превышения, полученного при втором горизонте прибора, не более 3 мм. Затем выбирают вторую станцию на расстоянии предела фокусирования (2...3 м) от одной из реек и берут по ней отсчет, который считают свободным от влияния непараллельности оси цилиндрического уровня и визирной оси. Используя этот отсчет и превышение, полученное на первой станции вычисляют отсчет по дальней рейке. Если вычисленный отсчет отличается от наблюдаемого более чем на 3 мм, устанавливают вычисленный отсчет на рейке элевационным винтом, а исправительными винтами цилиндрического уровня (двумя вертикальными, предварительно ослабив один горизонтальный) приводят пузырек на середину.

34 Проверки и юстировки нивелиров с компенсаторами

Для нивелиров с компенсатором проверки и юстировки 1 и 2 (круглого уровня и сетки нитей) выполняются так же, как и для нивелиров с цилиндриче-

ским уровнем. Рассмотрим особенности юстировки главного условия (поверка 3).

Визирный луч зрительной трубы должен быть горизонтален в диапазоне работы компенсатора. При выполнении проверки нивелир устанавливают в рабочее состояние по круглому уровню. На второй станции, при нивелировании способом "вперед", наклон визирного луча устраняют перемещением диафрагмы с сеткой ее вертикальным юстировочным винтом, устанавливают среднюю нить на отсчет по рейке, который соответствует горизонтальному положению визирного луча.

Проверяя работу компенсатора, пузырек уровня приводят в нуль-пункт и берут отсчет по рейке, удаленной на 70-80 м от нивелира. Затем подъемными винтами нивелир наклоняют вперед, назад, влево, и вправо на углы, равные отклонению пузырька круглого уровня от нуль-пункта на одно кольцевое деление. Отсчеты не должны изменяться более чем на 1-2 мм. Нивелир исправляют в заводских условиях.

35 Отличительные особенности поверки и юстировки главного условия нивелиров НЗ и НЗК

Главное условие нивелира НЗК: линия визирования должна быть горизонтальна при наклонах оси прибора в диапазоне работы компенсатора.

Главное условие нивелира НЗ: визирная ось и ось цилиндрического уровня должны быть параллельны.

Проверка этих условий выполняется двойным нивелированием пары точек способом "из середины" и "вперед" (рис.33). Для этого закрепляют неподвижно две нивелирные рейки на расстоянии 60-90 м, а нивелир устанавливают между ними на середину с погрешностью 1 м. Расстояния до реек измеряют нитяным дальномером. Определяют превышение между рейками при двух горизонтах прибора, как разность отсчетов на заднюю и переднюю рейки.

Превышение, полученное при одном горизонте прибора, не должно отличаться от превышения, полученного при втором горизонте прибора, не более 3 мм. Затем выбирают вторую станцию на расстоянии предела фокусирования (2...3 м) от одной из реек и берут по ней отсчет.

Используя этот отсчет и превышение, полученное на первой станции вычисляют отсчет по дальней рейке. Если вычисленный отсчет отличается от наблюдаемого более чем на 3 мм, то:

- для нивелира с цилиндрическим уровнем - устанавливают вычисленный отсчет на рейке элевационным винтом, а исправительными винтами цилиндрического уровня (двумя вертикальными, предварительно ослабив один горизонтальный) приводят пузырек на середину;
- для нивелира с компенсатором - наклон визирного луча устраняют перемещением диафрагмы с сеткой ее вертикальным юстировочным винтом, устанавливают среднюю нить на вычисленный отсчет по рейке, который соответствует горизонтальному положению визирного луча.

36 Линейные измерения. Средства измерений и их точность

Линейные измерения на местности производят *непосредственным* или *косвенным методами*. Для непосредственного измерения расстояний используют землемерные ленты, измерительные рулетки или инварные проволоки, которые последовательно укладывают в створе измеряемой линии. При вычислении длины линии учитывают поправки, связанные с компарированием мерного прибора, его температурой и углом наклона линии к горизонту. С помощью стальных лент и рулеток длины линий измеряют с относительной погрешностью 1:1000 - 1:5000 в зависимости от методики и условий измерений. При косвенном методе измерений используют оптические или электронные дальномеры, позволяющие получать расстояния по измеренным углам, базисам, времени и другим параметрам. Принцип работы оптических дальномеров основан на решении прямоугольного треугольника (рис. 32), в котором по малому (параллактическому) углу β и противолежащему катету b (базису) вычисляют длину другого катета $D = b \cdot \text{ctg}\beta$. Для удобства измерений одну из величин (b или β) принимают постоянной, а другую измеряют. Поэтому оптические дальномеры бывают с постоянным углом и переменным базисом (например, нитяный дальномер) и постоянным базисом и переменным углом. Точность измерения расстояний оптическими дальномерами характеризуется относительной погрешностью от 1:200 до 1:2000.

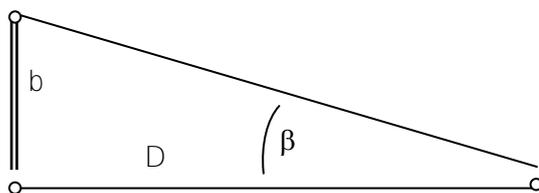


Рис.32 - Параллактический треугольник

Электронные дальномеры, к которым относят светодальномеры, лазерные рулетки, электронные дальномерные насадки, измеряют расстояния с использованием электромагнитных волн. Погрешность измерения составляет от 3 мм до (10 мм + 5 мм/км). В основе электронных средств измерений лежит известное из физики соотношение между измеряемым расстоянием, скоростью распространения электромагнитных колебаний и времени их прохождения вдоль линии и обратно. Радиодальномеры из-за особенностей распространения радиоволны главным образом используются при измерении значительных расстояний и в навигации. Светодальномеры используют электромагнитные колебания светового диапазона и широко используются в инженерно – геодезических измерениях. Для этого в одной точке устанавливают светодальномер, а в другой отражатель. Световой поток посылается из передатчика на отражатель и принимается обратно на тот же прибор. По времени прохождения светового потока измеряется расстояние. В последнее время широкое распространение

получили лазерные дальнометры, которые не требуют специальных отражателей.

37 Источники погрешностей при измерении расстояний лентой и способы уменьшения их влияния

Измерение расстояний лентой выполняется двумя мерщиками. Передний берет 5 шпилек, задний совмещает конец ленты в начальной точке, убедившись в том, что подписи метровых делений возрастают от заднего конца ленты к переднему. Затем задний мерщик направляет переднего, который, встряхивая и натягивая ленту, помещает ее в створ линии, обозначенный вехами, закрепляет передний конец натянутой ленты шпилькой, поставленной вертикально. Для исключения сдвижки ленты и удобства ее ориентации задний конец ленты прижимают ногой к земле.

Перед перемещением (протягиванием) ленты вперед на ее длину сначала задний мерщик вынимает свою шпильку, а затем передний снимает ленту со своей шпильки, которая остается в земле и от которой измерение продолжается.

На точность измерения линий влияют следующие погрешности и условия измерений:

1. Укладка ленты не в створе измеряемой линии вызывает одностороннюю систематическую погрешность, которая может быть уменьшена установкой вешек через каждые 80 - 120 м;

2. Прогиб ленты, для устранения которого ленту встряхивают и натягивают с силой 98 Н;

3. Погрешности в длине самой ленты, определяемые при компарировании (сравнении с эталоном) и учитываемые при измерении;

4. Углы наклона линии к горизонту превышающие 2° , которые учитываются при вычислении горизонтального проложения ($d = D \cos \nu$) и должны быть измерены эклиметром;

5. Разность температур при измерении t и компарировании t_k превышает 8° , и поэтому в длину линии D вводят поправку за температуру

$$\Delta D_t = \alpha(t - t_k)D,$$

где α - коэффициент линейного расширения материала мерного прибора (для стали $\alpha = 12.5 \cdot 10^{-6}$);

Кроме перечисленных систематических, на точность линейных измерений влияют и случайные погрешности, связанные с отсчитыванием по шкале ленты, фиксацией концов ленты, ее сдвижка при натяжении, неровностями поверхности вдоль измеряемой линии и другие факторы.

К грубым погрешностям на учебной геодезической практике следует отнести следующие:

а) при вычислении длины линии $D = n/r$, неправильно определено число целых отложений ленты длиной r в измеряемой линии. Число отложений n должно соответствовать количеству шпилек у заднего мерщика. Неправильно

измерен остаток r - расстояние от заднего нулевого штриха до центра знака конечной точки;

б) не выполнен контроль измеренного расстояния D , который предусматривает повторное измерение линии в обратном направлении. Расхождение ΔD прямого и обратного результатов допускается не более $(1:2000) D$.

38 Определение неприступного расстояния

Неприступным называют расстояние, которое нельзя измерить непосредственно; такое расстояние определяют косвенным путем. Для этого выбирают на ровной местности базисы b_1 и b_2 так, чтобы треугольники были по возможности равносторонними (рис.33).

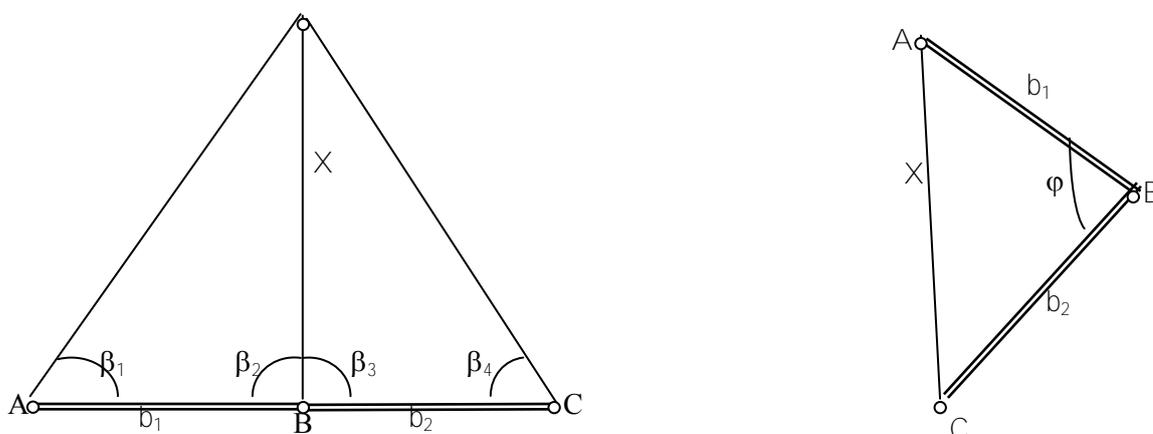


Рис.33- Схемы определения неприступных расстояний

Измеряя с контролем базисы и два прилежащих к ним угла, можно вычислить длину x неприступного расстояния по формулам:

$$X_1 = \frac{b_1 \cdot \sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} \quad X_2 = \frac{b_2 \cdot \sin \beta_4}{\sin(\beta_3 + \beta_4)} \quad \cos \varphi = \frac{b_1^2 + b_2^2 - X^2}{2 \cdot b_1 \cdot b_2}$$

P

$$X = \sqrt{b_1^2 + b_2^2 - 2b_1 b_2 \cos \varphi}$$

Если расхождения между двумя результатами определения неприступного расстояния допустимо (менее 1:1500), то за окончательный результат принимают среднее арифметическое. Относительную погрешность определения расстояния вычисляют по формуле:

$$\frac{X_1 - X_2}{X_{\varphi}} = \frac{1}{1500}$$

Точность определения неприступного расстояния зависит от погрешностей измерения базисов, величины углов треугольников. Практически, длины b_1 и b_2 выбирают так, чтобы оба треугольника были близки к равносторонним.

Пример: $\beta_1 = 78^\circ 32'$; $\beta_2 = 41^\circ 39'$; $\beta_3 = 52^\circ 46'$, $\beta_4 = 65^\circ 19.5'$; $b_1 = 67.10$ м; $b_2 = 73.90$ м.

Решение : $X_1 = \frac{67,10 \cdot \sin 78^\circ 32'}{\sin(78^\circ 32' + 41^\circ 39')} = 76,08$ м $X_2 = \frac{73,90 \cdot \sin 65^\circ 19,5}{\sin(52^\circ 46' + 65^\circ 19,5')} = 76,12$ м

Контроль:

$$(X_1 - X_2)/2 = 1/1900 < 1/1500, \quad X_{cp} = 76,10 \text{ м.}$$

39 Общие сведения о топографических съемках местности

Топосъемка - это комплекс работ, выполняемых с целью получения топографического плана, карты или цифровой модели местности (ЦММ). Планы и карты создаются в основном методами аэрофотосъемки, но на небольших участках их получают наземными съемками, которые различают по видам используемых основных приборов:

- 1) теодолитная - теодолит и лента;
- 2) мензульная - мензула и кипрегель;
- 3) тахеометрическая - тахеометр;
- 4) нивелирование по квадратам - нивелир;
- 5) фототопографическая съемка - фототеодолит.

Для различных видов строительства и в зависимости от стадии проектирования выбирают масштаб съемки. От масштаба зависит точность планов и карт. Так, максимальная точность масштаба 1:1000 характеризуется величиной $t=0.1 \cdot 1000 = 0.10$ м. Средняя погрешность в изображении на планах предметов с четкими очертаниями не должна превышать 0.5 мм относительно ближайших точек съемочного обоснования, погрешность в изображении рельефа - 1/3 высоты сечения рельефа горизонталями.

Топосъемка производится относительно пунктов съемочного обоснования, созданного теодолитно-нивелирными ходами, и состоит из полевых и камеральных работ.

Полевые работы включают:

- рекогносцировку - предварительный осмотр местности;
- закрепление точек съемочного обоснования и привязка их к местным предметам линейными промерами;
- измерение горизонтальных углов и длин сторон;
- съемку элементов ситуации и рельефа местности.

К камеральным работам относят:

- вычисление координат и высот пунктов теодолитно-нивелирных ходов;
- нанесение на план этих пунктов;
- построение на плане элементов ситуации и характерных высотных точек с полевых журналов и абрисов;
- проведение горизонталей и вычерчивание плана в соответствии с условными топографическими знаками.

40 Теодолитная съемка, способы съемки ситуации

Целью теодолитной (горизонтальной) съемки является составление контурного плана местности. Съемка элементов ситуации на местности производится относительно пунктов и сторон теодолитного хода съемочного обоснования. На рис. 34 показан абрис теодолитной съемки по линии 1-2 теодолитного хода. Арабскими цифрами в кружках указаны точки, положение которых получено следующими способами съемки ситуации:

- 1 - прямоугольных координат;
- 2 - линейной засечки;
- 3 - угловой засечки;
- 4 - полярных координат;
- 5 - створа; 6 - обмера.

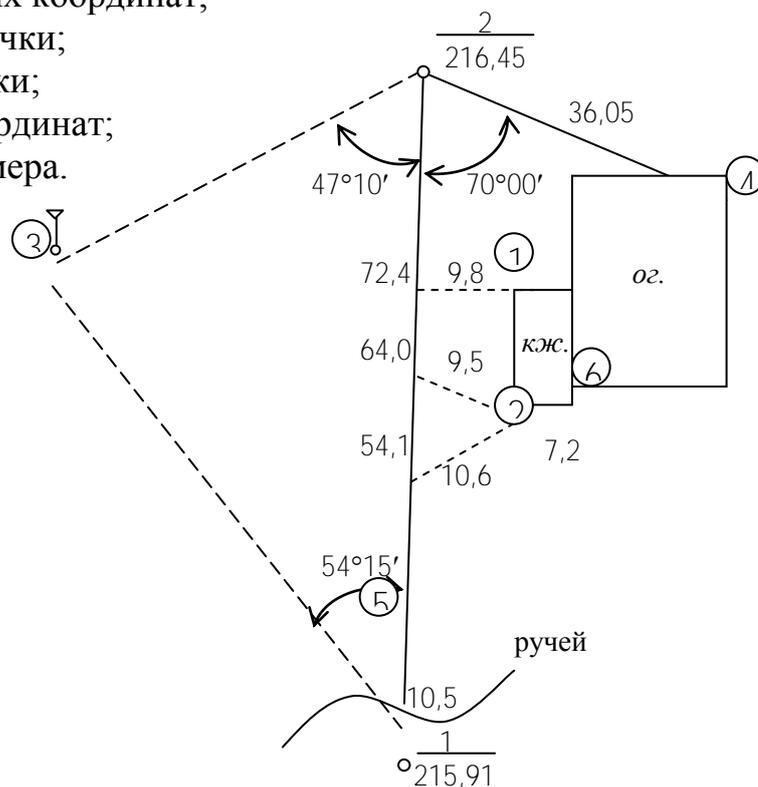


Рис. 34 - Способы съемки ситуации

При съемке способом прямоугольных координат, положение точки 1 определено координатами $X = 72.4$ м, $Y = 9.8$ м от линии теодолитного хода 1-2. Приложив нулевой штрих рулетки к углу дома (точка 1), на ленту расположенную на линии 1-2 теодолитного хода опускают перпендикуляр и отсчитывают его длину по рулетке (9.8 м), по ленте - расстояние от пункта 1 съемочного обоснования до основания перпендикуляра (72.4 м). Перпендикуляры длиной до 4...8 в зависимости от масштаба съемки восстанавливаются визуально, а при использовании эккера могут быть увеличены примерно в пять раз. **Эккер** - прибор для построения на местности прямых углов.

Способом линейных засечек определено положение второго угла дома (точки 2). Для этого на местности измерено расстояния 10.6 и 9.8 м от опорных точек на линии с абсциссами соответственно 54.1 и 64.0. Угол дома на плане окажется в точке пересечения дуг с радиусами измеренных расстояний.

Способом угловой засечки на плане может быть получена точка 3. Для этого измерены теодолитом углы $33\ 35'$ и $65\ 05'$.

Способ полярных координат предусматривает измерение на местности (точка 4) полярного угла ($70^{\circ} 00'$) и его стороны (35.3 м).

Способ створа (вертикальная плоскость через две точки) использован при съемке точки пересечения ручьем линии теодолитного хода (точка 5). Расстояние (10.5 м) измерено по створу от пункта 1.

Способ обмера элементов ситуации применяют для контроля полевых измерений и графических построений на плане.

41 Тахеометрическая съемка, используемые приборы и формулы

Сущность тахеометрической съемки заключается в том, что плановое положение характерных (речных) точек местности определяется полярным способом от линии теодолитного хода, а их высотное положение определяется одним из двух методов: геометрическим или тригонометрическим нивелированием. Расстояние от прибора до рек зависит от масштаба составляемого топоплана и для масштаба 1:1000 - допускается до 150 м, а между соседними речными точками менее 35 м.

Результаты съемки наносятся на план при помощи транспортира с погрешностью превышающей 8 минут, а полярные расстояния до речных точек определяются на местности по нитяному дальномеру со средней относительной погрешностью $\Delta D/D = 1/200$. Для сравнения отметим, что относительные погрешности измерений расстояний землемерной лентой или 20-метровой рулеткой составляют порядка 1/2000, шагами - 1/20. При определении расстояний одну из дальномерных нитей совмещают с началом дециметрового деления на рейке (обычно с 1000 мм), а по второй дальномерной нити берут отсчет (на рис. 35 – 1565 мм). Разность отсчетов на рейке по верхней и нижней дальномерным нитям умноженная на коэффициент дальномера, равный 100, и будет соответствовать расстоянию от прибора до рейки.

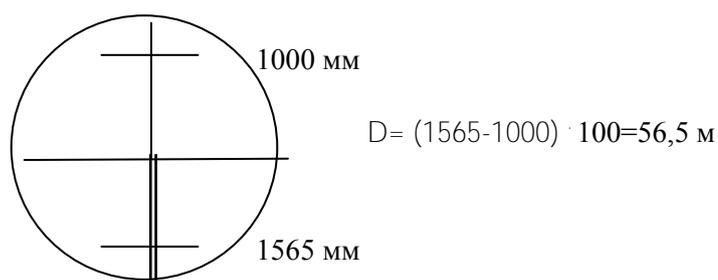


Рис. 35 - Определение расстояния по нитяному дальномеру

При тахеометрической съемке высоты речных точек в зависимости от условий местности получают при горизонтальном визировании (геометрическое нивелирование способом "вперед") или наклоном (тригонометрическое нивелирование). Используемые при этом формулы могут быть получены из рис. 36.

При геометрическом нивелировании способом "вперед" сначала определяют горизонт прибора $ГП = H_{ст} + I$. Затем устанавливают на вертикальном круге теодолита отсчет равный $МО$. Высоты реечных точек вычисляют по формуле

$$H_i = ГП - a_i,$$

где a_i - отсчеты по рейке при горизонтальном визировании.

При тригонометрическом нивелировании реечных точек при КЛ наводят среднюю нить сетки на отсчет V_j (для упрощения последующих вычислений по возможности отсчет V_j должен быть равен высоте прибора I), снимают отсчет L по ВК и вычисляют угол наклона

$$v = L - МО.$$

Наклонное расстояние D от прибора до реечной точки определяют по штриховому (нитяному) дальномеру. Так как вертикально (отвесно) установленная рейка не перпендикулярна визирному лучу на величину угла наклона v , то

$$D = D' \cos v, \quad d = D' \cos^2 v,$$

где D' - расстояние, определяемое по штриховому дальномеру и отвесно установленной рейке.

а) геометрическое нивелирование б) тригонометрическое нивелирование:

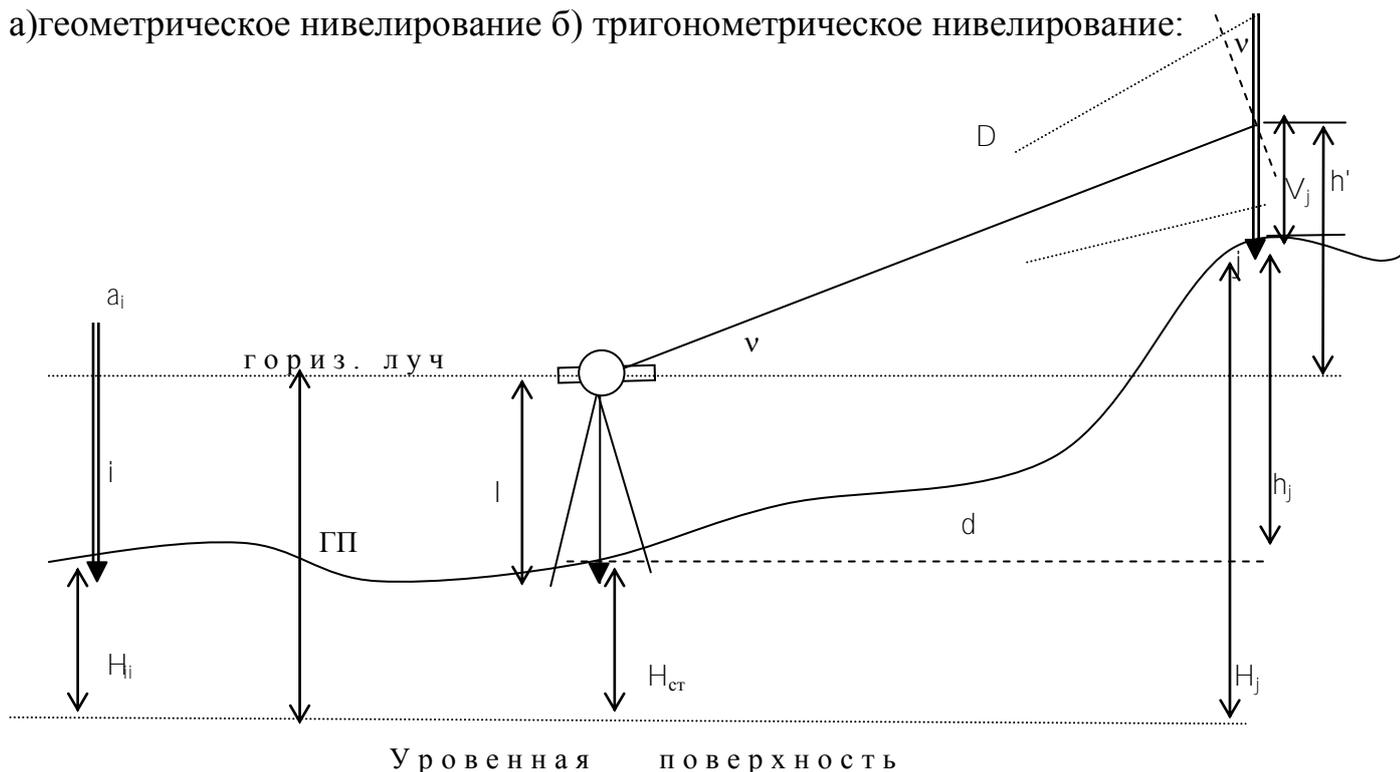


Рис. 36 - Схема геометрического и тригонометрического нивелирования

Тогда из прямоугольного треугольника (рис.41.2), у которого определены D и v , так называемое "неполное" превышение

$$h' = D \sin v = D' \cos v \sin v = (1/2) D' \sin 2v$$

или

$$h' = d \operatorname{tg} v = D' \cos^2 v \sin v / \cos v = (1/2) D' \sin 2v.$$

На равнинной местности при углах наклона $v < 5^\circ$ "неполное" превышения можно вычислять по приближенной формуле:

$$h' = D' \sin v.$$

Высоты реечных точек, определяемых тригонометрическим нивелированием, вычисляются по формуле:

$$H_j = H_{\text{ст}} + h' + I - V_j.$$

Если высота наведения V_j равна высоте прибора I , то формула вычисления высот упрощается

$$H_j = H_{\text{ст}} + h'.$$

Полевые работы при тахеометрической съемке на станции включают следующие действия:

- установку прибора над точкой с известными координатами и приведение его в рабочее положение (допускается выполнять центрирование с погрешностью до 3 см, т.е. на порядок грубее, чем при измерении горизонтальных углов);
- определение места нуля вертикального круга (п.28);
- составление абриса на станции с указанием на нем положения реечных точек;
- измерение высоты прибора с погрешностью 1-2 см;
- ориентирование нуля лимба горизонтального круга на соседнюю точку съемочного обоснования, координаты которой известны;
- наблюдение реечных точек при КЛ: определение расстояния от прибора до рейки по дальномеру, снятие отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам при наведении средней горизонтальной нити на определенный отсчет, например $V_j = I$;
- вычисление углов наклона, неполных превышений и высот реечных точек по формулам

$$v = \text{Л} - \text{M0},$$

$$h' = 0.5 D' \sin 2v,$$

$$H_j = H_{\text{ст}} + h' + I - V_j.$$

Если рельеф местности позволяет брать отсчет по рейке горизонтальным лучом визирования (в этом случае отсчет по ВК должен быть равен M0), то высоты реечных точек

$$H_i = \text{ГП} - a_i,$$

где ГП - горизонт прибора $\text{ГП} = H_{\text{ст}} + I$; a_i - отсчет по рейке горизонтальным лучом визирования.

Результаты измерений и вычислений записывают в журнал тахеометрической съемки (см. п. 4.4).

При камеральной обработке проверяют журналы тахеометрической съемки и исправляют ошибки вычислений. Затем с помощью тахеографа нано-

сят на план пикетные (реечные) точки по значениям полярных углов и расстояний. Около пикетных точек выписывают их номера и высоты. В соответствии с абрисами рисуют на плане контуры угодий, элементы ситуации и обозначают их условными знаками. Для отображения рельефа проводят горизонталы.

В электронных тахеометрах расстояния измеряются по разности фаз излучаемого и отраженного луча (фазовый метод), а иногда (в некоторых современных моделях) — по времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно (импульсный метод). Точность измерения зависит от технических возможностей модели тахеометра, а также от многих внешних параметров: температуры, давления, влажности и т. п.

Большинство современных тахеометров оборудованы вычислительным и запоминающим устройствами, позволяющими сохранять измеренные или проектные данные, вычислять координаты точек, недоступных для прямых измерений, по косвенным наблюдениям, и т. д.

42 Нивелирование поверхности участка по квадратам

Представляет собой наиболее простой вид топоъемки. Используется на открытой местности со слабо выраженным рельефом. Получаемый нивелированием по квадратам топографический план наиболее удобен для определения объемов земляных масс при проектировании искусственного рельефа местности.

Построение сетки квадратов на местности выполняется теодолитом и лентой. Стороны квадратов в зависимости от масштаба съемки и рельефа местности принимают равными 10, 20, 40 и более метров. Рассмотрим вариант разбивки шести квадратов со сторонами 40 м (рис. 37). За начальное направление выбирают наиболее длинную линию A_1-A_4 . В створе этой линии забивают через 40 м колышки соответствующие точкам A_1, A_2, A_3, A_4 . В угловых точках A_1 и A_4 строят прямые углы и откладывают отрезки A_1-B_1 и A_4-B_4 , фиксируют колышками угловые точки B_1 и B_4 . Для контроля измеряют сторону B_1-B_4 и, если ее длина не отличается от проектной более чем на 1:2000 (<5 см на 100 м), то выполняют разбивку точек B_1, B_4 и, вешением в соответствующих створах, — точек B_2 и B_3 . Колышки забивают вровень с поверхностью земли, рядом забивают колышки — "сторожки", на которых подписывают обозначения вершин квадратов.

Плановое положение элементов ситуаций определяют линейными промерами от вершин и сторон квадратов способами прямоугольных координат, линейных засечек и створов. Высоты вершин квадратов получают из геометрического нивелирования $H_i = ГП - b_i$, где $ГП$ — горизонт прибора $ГП = H_{рп} + b_{рп}$; b_i — отсчет по черной стороне рейки.

В журнале-схеме (рис.42) записывают отсчеты по черной и красной сторонам рейки, поставленной на землю, поочередно у каждой вершины квадратов.

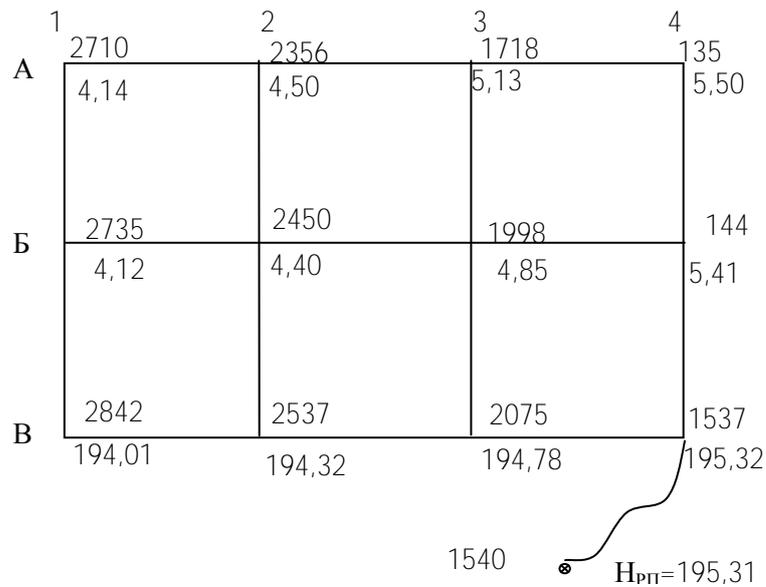


Рис. 37 - Схема нивелирования по квадратам

Контроль правильности отсчетов выполняют по разности нулей (РО), которая не должна отличаться от стандартного значения не более 3 мм. Высоты целесообразно выражать в метрах с округлением до 0.01 м. Привязка сетки квадратов к пунктам геодезической сети с целью построения топоплана в принятой системе координат выполняется прокладкой теодолитно-нивелирного хода. В учебном задании таким ходом является обратный ход от пункта 513 до пункта 512 через точки D7 и D1 (приложение E). Высотная привязка (определение высот этих точек) выполнена замкнутым нивелирным ходом от одного пункта 512 без дополнительного контроля высот, что обычно не рекомендуется нормативными документами.

43 Общие сведения о мензурной и фототопографической съемках

Мензурной называется топосъемка выполняемая с помощью мензулы и кипрегеля. Мензула означает столик размером 60x60 см, на который закрепляют чертежную бумагу и вычерчивают план (рис. 38).

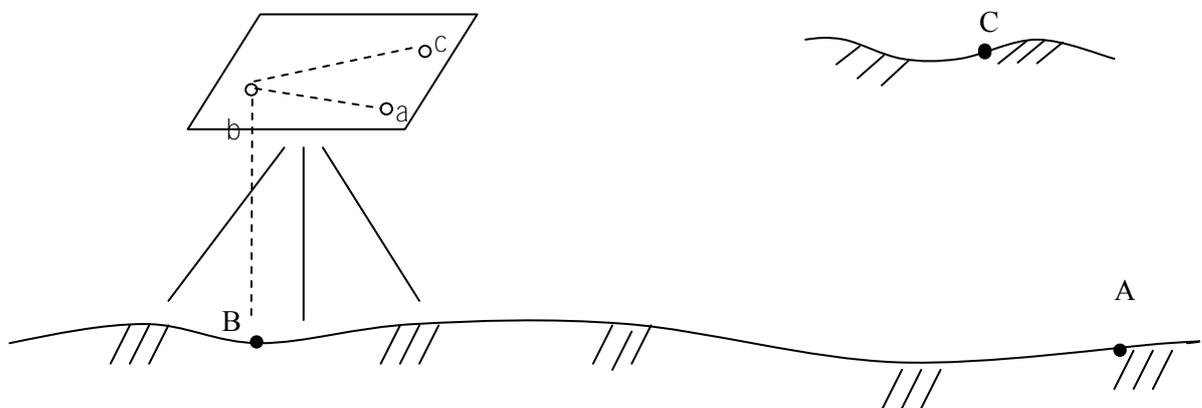


Рис. 38 - Построение горизонтального угла при мензурной съемке

Кипрегель - геодезический прибор, состоящий из зрительной трубы, вертикального круга и линейки, установленной параллельно направлению визирной оси зрительной трубы.

Мензульная съемка - углоначертательная съемка при которой горизонтальные углы не измеряют, а получают графическими построениями.

Преимущество съемки по сравнению с другими видами топографических съемок заключается в том, что план местности выполняется непосредственно в поле и имеется возможность сравнивать получаемое на плане изображение с натурой.

К *недостаткам съемки* следует отнести громоздкость мензульного комплекта и более повышенные требования к погодным условиям.

Фототопографическая съемка позволяет по фотоснимкам местности создавать топопланы или ЦММ. В зависимости от решаемых задач используют наземную или воздушную съемки. Наземную съемку применяют при составлении планов горных участков и карьеров. Фотографирование выполняется специальными приборами - фототеодолитами, фотокамерами и стереофотокамерами.

Воздушная (аэрофотосъемка или космическая) - используется на обширных территориях с помощью самолетов, имеющих специальную гироплатформу. Съемка одного и того же участка производится с двух пространственных точек, разделенных базисом фотографирования. Продольное перекрытие обычно составляет 60...80%, поперечное - 30...50%.

Аэрофотоаппараты (АФА) имеют квадратный формат снимков со сторонами от 80 до 300 мм, а фокусные расстояния объективов от 50 до 500 мм. В последнее время используется фотокамера РС-30 с разрешением 1 м на местности. Положение плоскости снимка относительно центра проекции (узловой точки объектива) определяется элементами внутреннего ориентирования снимка: фокусным расстоянием f съемочной камеры и координатами (x, y) главной точки, определяемой как основание перпендикуляра опущенного из центра проектирования на плоскость снимка. Однозначное соответствие между координатами X_M, Y_M, Z_M точки M местности и координатами (x_M, y_M) ее изображения на снимке устанавливается через элементы внешнего ориентирования: координатами X_S, Y_S, Z_S центра проекции снимка S в системе пространственных координат X, Y, Z и углами продольного наклона α , поперечного наклона ω и разворота χ снимка.

Для приведения снимков к одному заданному масштабу и для исправления искажений за углы наклона фотоснимки преобразуют (трансформируют): устанавливают их негативы в проектирующие камеры фототрансформатора и проектируют их изображения на плоскость экрана, на котором в заданном масштабе по известным координатам нанесены как минимум четыре точки, изображенные на данном снимке. Перемещая и наклоняя экран, добиваются совмещения проектируемых точек и тем самым получают на экране изображение, соответствующее горизонтальному снимку местности в принятом масштабе.

Создание топоплана выполняется на фотограмметрических приборах - стереокомпараторе, стереоавтографе, технокарте, СД-3000 и других, а также с помощью компьютерных технологий.

44 Инженерно-геодезические изыскания сооружений линейного типа. Разбивка пикетажа и поперечников. Пикетажная книжка

Практически любому строительству предшествуют изыскания – комплекс экономических, геодезических, геологических, гидрогеологических и других исследований участка предполагаемого строительства с целью получения данных, необходимых для решения задач проектирования, строительства и эксплуатации различных объектов. В результате инженерно-геодезических изысканий составляют топопланы и профили, создают на местности основу для выноса и разбивки проекта в натуре.

При геодезических изысканиях линейных сооружений (дорог, каналов, линий электропередач и т.д.) выполняют трассирование. Под **трассой** понимают ось линейного сооружения, обозначенная на плане, карте или закрепленная на местности. Трассирование бывает *камеральным* - проектирование трассы выполняется на планах или картах и *полевым* - положение трассы уточняется и закрепляется на местности.

При полевом трассировании на местности определяют и закрепляют специальными знаками главные точки трассы: начала и конца, вершин углов поворота. Затем по трассе прокладывают теодолитный или полигонометрический ход, разбивают пикетаж с обозначением плюсовых точек и поперечников. Пикеты закрепляют через сто метров (для дорог) кольями, забиваемыми вровень с землей. Рядом устанавливают сторожек, на котором подписывают номер пикета (рис. 39).

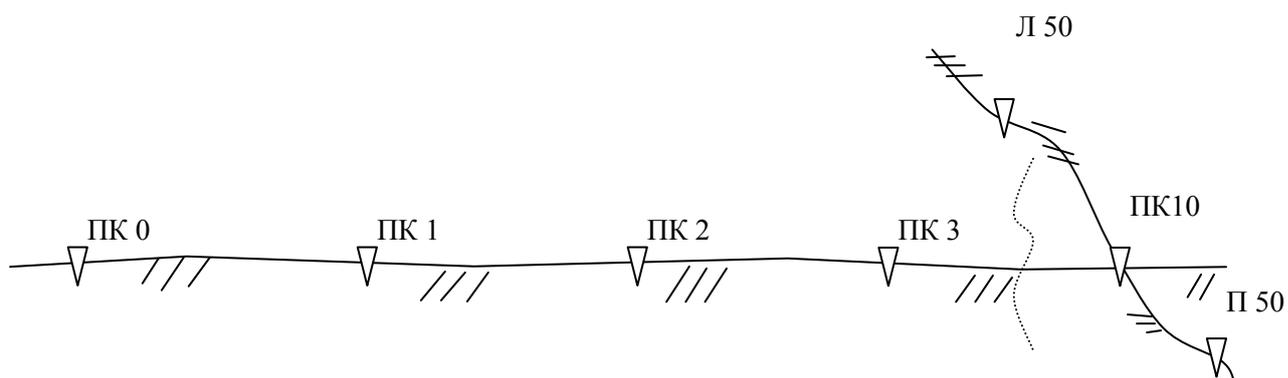


Рис. 39 - Разбивка пикетажа и поперечника

Вместе с разбивкой пикетажа заполняют пикетажный журнал бланкотно-го типа (рис. 40), в котором показывают схематично ось трассы и элементы ситуации (абрис). При этом съемка ситуации влево и вправо от оси трассы на рас-

стоянии 20 м выполняется способами перпендикуляров и линейных засечек, - от 20 до 50 м - выполняют глазомерную съемку.

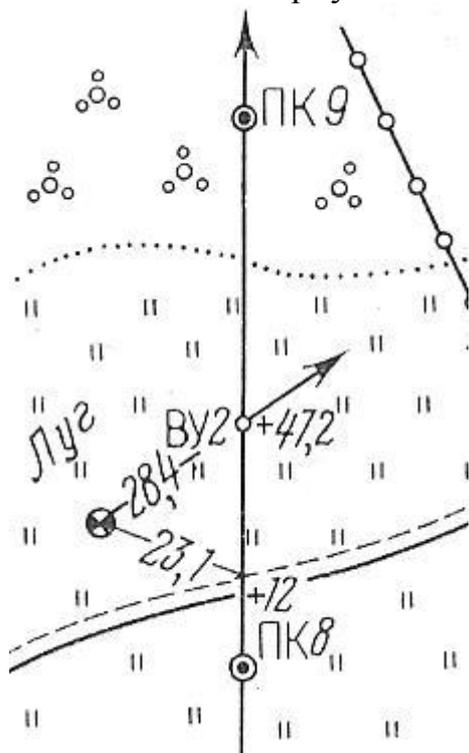


Рис.40 - Фрагмент заполнения пикетажного журнала

Технология выполнения разбивочных работ на трассе следующая. Закрепляют на местности пикет 0, устанавливают теодолит, определяют дирекционный угол начального направления. С помощью ленты разбивают пикетаж по предварительно провешенному направлению. На отдельных участках для характеристики рельефа местности в поперечном направлении составляют профили влево и вправо на 50 м от оси трассы.

45 Расчет основных элементов круговой кривой

При разбивке пикетажа в вершинах углов поворота трассы ВУ1 (ПК4) и ВУ2 (ПК11+30,01) измеряют правые по ходу горизонтальные углы β_1 , β_2 (рис.41) и вычисляют углы поворота (отклонения от прямой) трассы $Q_{лев}$, $Q_{прав}$

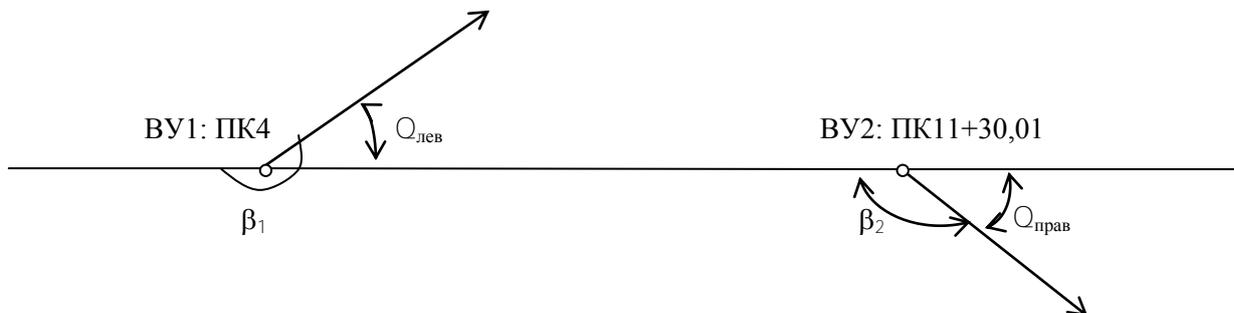


Рис.41 - Углы поворота трассы

$$Q_{\text{лев}} = \beta_1 - 180^\circ, \quad Q_{\text{прав}} = 180^\circ - \beta_2.$$

Имея углы поворота трассы и, принимая радиусы круговой кривой R согласно технических условий проектируемой дороги, вычисляют следующие основные элементы круговой кривой: тангенс (Т), биссектрису (Б), кривую (К) и домер (Д) (рис.42)

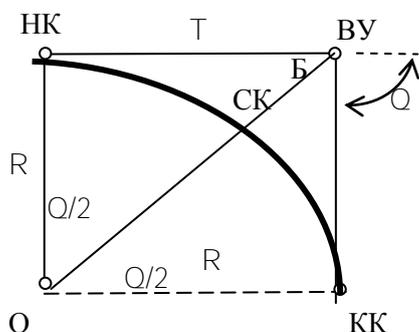


Рис.42 - Элементы круговой кривой

Для вставки кривой в пикетаж определяют пикетажные наименования начала и конца круговой кривой по формулам

$$\text{НК} = \text{ВУ} - \text{Т}, \quad \text{КК} = \text{НК} + \text{К}.$$

Результаты вычислений контролируют повторным вычислением КК

$$\text{КК} = \text{ВУ} + \text{Т} - \text{Д}.$$

Пример. Пусть $R = 200$ м, $Q = 90^\circ 00'$, ВУ ПК11+30,01. Необходимо определить пикетажное наименование НК и КК.

По формулам, полученным из рис. 42, имеем: $\text{Т} = 200 \cdot \text{tg } 45^\circ = 200.00$ м, $\text{К} = 3.1416 \cdot 200 \cdot 90/180 = 314.16$ м, $\text{Д} = 2 \cdot 200.00 - 314.16 = 85.84$ м. $\text{Б} = 200(1/\cos 45^\circ - 1) = 82.84$ м.

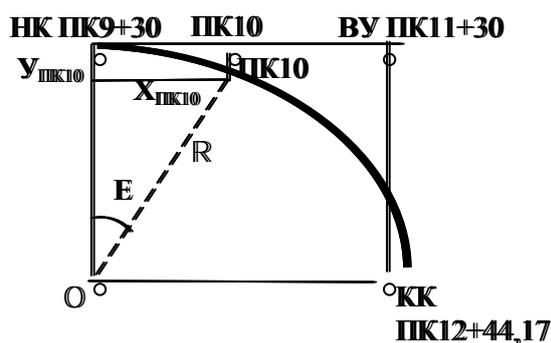
Вычислим НК и КК:

Расчет		Контроль	
ВУ	ПК 11 + 30.01	ВУ	ПК 11 + 30.01
-Т	2 + 00.00	+Т	2 + 00.00
НК	ПК 9 + 30.01	Σ	ПК 13 + 30.01
+К	3 + 14.16	-Д	85.84
КК	ПК 12 + 44.17	КК	ПК 12 + 44.17

Разбивка начала и конца круговой кривой на местности сводится к отложению расстояния 30.01 м от ПК9, и расстояния 44.17 от ПК12, сдвинутого вперед на величину домера $D = 85.84$.

46 Перенесение пикетов с тангенсов на кривую.

Чтобы уточнить положение кривой на местности, обычно выполняют разбивку кривой способом прямоугольных координат и обозначают пикетные и плюсовые точки. Для каждой точки определяют расстояние к от начала или конца кривой. Прямоугольные координаты вычисляют в соответствии с рис.43 по следующим формулам:



$$X_{ПК10} = R \cdot \sin E,$$

$$Y_{ПК11} = R - R \cdot \cos E = 2R \cdot \sin^2 E/2$$

$$E/360^\circ = k/2\pi R, \Rightarrow E = (k \cdot 180^\circ)/\pi R$$

Рис.43 - Вынос пикетов на кривую

где k - расстояние от начала или конца кривой до переносимого пикета.

Из рис.46 $k_{ПК10} = 70.00$ м, $k_{ПК11} = 170.00$ м, $k_{ПК12} = 44.16$ м, тогда

$$E_{ПК10} = (k_{ПК10} \cdot 180^\circ) / \pi R = (70.00 \text{ м} \cdot 180^\circ) / 3.1416 \cdot 200 \text{ м} = 20.053^\circ .$$

$$E_{ПК11} = (k_{ПК11} \cdot 180^\circ) / \pi R = (170.00 \text{ м} \cdot 180^\circ) / 3.1416 \cdot 200 \text{ м} = 48.701^\circ .$$

$$E_{ПК12} = (k_{ПК12} \cdot 180^\circ) / \pi R = (44.16 \text{ м} \cdot 180^\circ) / 3.1416 \cdot 200 \text{ м} = 12.651^\circ .$$

$$X_{ПК10} = R \cdot \sin E_{ПК10} = 200.00 \cdot \sin 20.054 = 68.58 \text{ м},$$

$$Y_{ПК10} = 2R \cdot \sin^2(E_{ПК10}/2) = 400.00 \cdot \sin^2(20.054/2) = 12.13 \text{ м},$$

$$X_{ПК11} = R \cdot \sin E_{ПК11} = 200.00 \cdot \sin 48.702 = 150.26 \text{ м},$$

$$Y_{ПК11} = 2R \cdot \sin^2(E_{ПК11}/2) = 400.00 \cdot \sin^2(48.702/2) = 68.00 \text{ м},$$

$$X_{ПК12} = R \cdot \sin E_{ПК12} = 200.00 \cdot \sin 12.651 = 43.80 \text{ м},$$

$$Y_{ПК12} = 2R \cdot \sin^2(E_{ПК12}/2) = 400.00 \cdot \sin^2(12.651/2) = 4.86 \text{ м}.$$

47 Нивелирование трассы и поперечников

Для определения высот пикетов и промежуточных точек прокладывают нивелирный ход (рис. 44), который привязывают к реперам.

При нивелировании различают следующие точки:

а) **связующие** (переходные) - общие точки для двух смежных станций, между этими точками превышения определяют дважды - по черным и по красным сторонам реек (превышение, полученное по черным сторонам реек, не должно отличаться от превышения, полученного по красным сторонам реек не более чем на +4 мм); на одной станции связующая точка является передней, а на следующей станции - задней;

б) **промежуточные** - характерные точки рельефа, на которых берут один отсчет только по черной стороне рейки;

в) **иксовые**, которые являются связующими точками и используются при больших перепадах высот, но на профиль их не наносят.

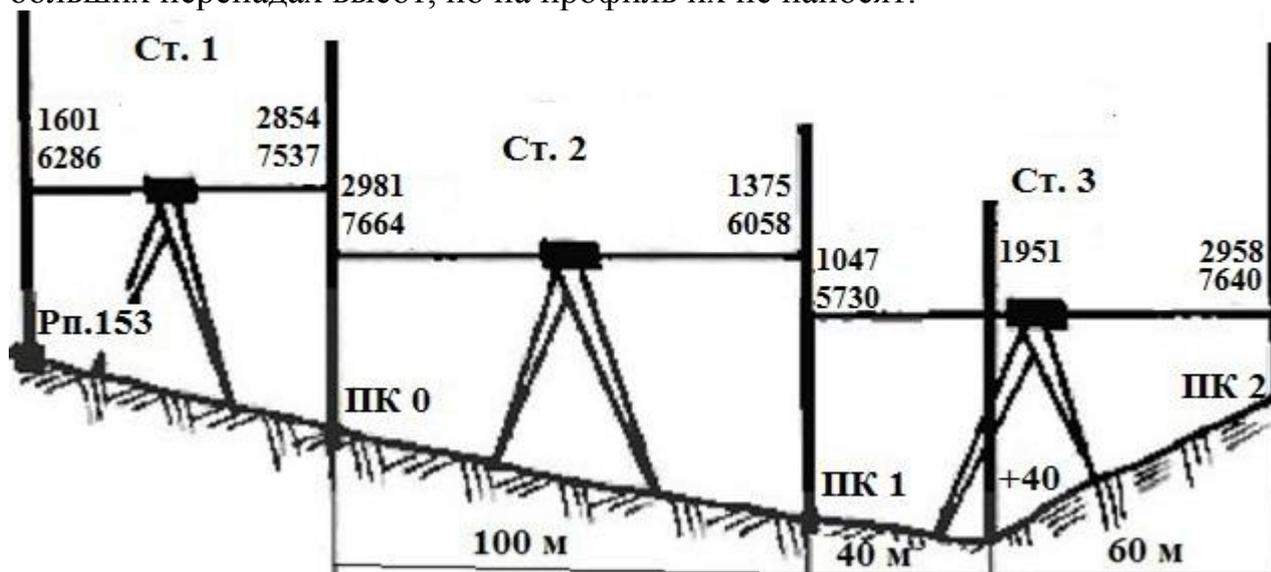


Рис.44 - Нивелирование трассы

Контроль нивелирования трассы выполняют по невязке (разности между суммой измеренных превышений и их теоретическим значением), которая не должна превышать $+30 \cdot \sqrt{L}$ мм, где L - длина хода в километрах.

При этом нивелирование можно выполнять одним из следующих способов:

1. Трассу нивелируют два раза одним прибором в прямом и обратном направлениях. Таким образом, образуют замкнутый нивелирный ход, в котором теоретическая сумма превышений между связующими точками равна нулю.

2. Прокладывают ход между реперами, высоты которых известны из нивелирования более высокого класса. Тогда, теоретическая сумма превышений будет равна разности высот конечного и начального реперов.

48 Вычислительная обработка журнала технического нивелирования

Камеральные работы при обработке результатов технического нивелирования выполняются обычно в следующей последовательности.

1. Проверка записей полевых отсчетов в журнале. Отсчеты должны быть записаны в виде четырехзначных цифр и соответствовать наименованию точки и ее положению на местности. Разность отсчетов по красной и черной сторонам рейки на связующих точках не должна отличаться от стандартной разности пяток рейки (4783 или 4683) не более +3 мм.

2. Вычисление превышений между переходными, связующими точками

$$h_{\text{ч}} = Z_{\text{ч}} - П_{\text{ч}},$$

$$h_{\text{к}} = Z_{\text{к}} - П_{\text{к}}.$$

Контролем работы на станции является $h_{\text{ч}} - h_{\text{к}}$, +4 мм. Тогда, $h_{\text{ср}} = (h_{\text{ч}} + h_{\text{к}})/2$ с округлением по Гауссу до целых мм.

Например, 0546.5 округляют до 0546, а 0547.5 округляют до 0547мм.

3. Выполняют постраничный контроль

$$(\Sigma Z - \Sigma П) / 2 = \Sigma h_{\text{ср}},$$

где ΣZ и $\Sigma П$ - суммы задних и передних отсчетов по рейке.

4. Уравнивают превышение в нивелирном журнале:

а) находят невязку $fh = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_{\text{к}} - H_{\text{н}})$;

б) оценивают невязку $fh < fh_{\text{доп.}} (30 \text{ мм } \sqrt{L})$;

в) вводят поправки $b_{\text{h}} = -fh/n$;

г) выполняют контроль $\Sigma b_{\text{h}} = -fh$ и $\Sigma h_{\text{испр.}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}}$;

5. Вычисляют высоты связующих точек

$$H_{i+1} = H_i + h_{\text{испр.}}$$

6. Для тех станций, где имеются промежуточные точки (рис. 45), определяют горизонт прибора, от которого вычисляют отсчет по рейке и получают ее высоту

$$H_{\text{пр}} = ГП_{\text{ср}} - a_{\text{ч}}, \quad ГП_1 = H_{\text{пк1}} + Z_{\text{ч}}, \quad ГП_2 = H_{\text{пк2}} + П_{\text{ч}}, \quad ГП_{\text{ср}} = (ГП_1 + ГП_2) / 2.$$

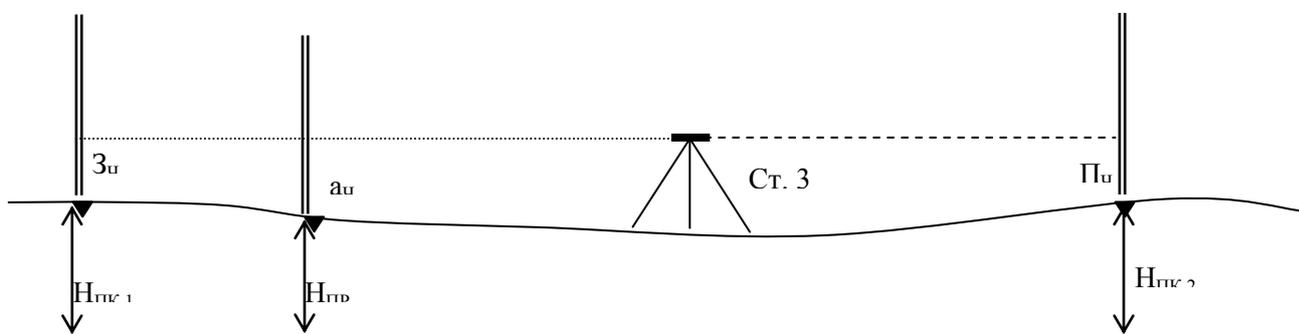


Рис.45 - Определение высот промежуточных точек

49 Построение продольного и поперечного профилей. Проектирование на профилях. Расчет вертикальных кривых

Профильная сетка продольного профиля (рис.46) для большей наглядности и читаемости заполняется черным (все, что относится к существующим элементам местности) и красным (все проектируемое на профилях) цветами. Составление продольного профиля начинают с вычерчивания его сетки согласно образцу, установленному для данного вида сооружений. На рис. 49 приведена сетка продольного профиля оси автомобильной дороги относительно поверхности земли в масштабах: горизонтальном 1:5000, вертикальном 1: 500.

Первой заполняют графу "Пикеты", а их номера 0, 1, 2,... подписывают ниже. Между линиями пикетов отмечают линии плюсовых точек, которые нивелировались на перегибах рельефа, записывают расстояния между высотными точками. В графе "Прямые и кривые" показывают условный план трассы по данным пикетажного журнала и расчетов круговых кривых. Начало и конец каждой круговой кривой отмечают вертикальной чертой по их пикетным значениям. Криволинейные участки трассы изображают условными дугами, выпуклостью вниз при повороте трассы влево и выпуклостью вверх при повороте вправо, здесь же указывают значения θ , R и K . Для прямых участков (прямых вставок) указывают их длину и дирекционный угол.

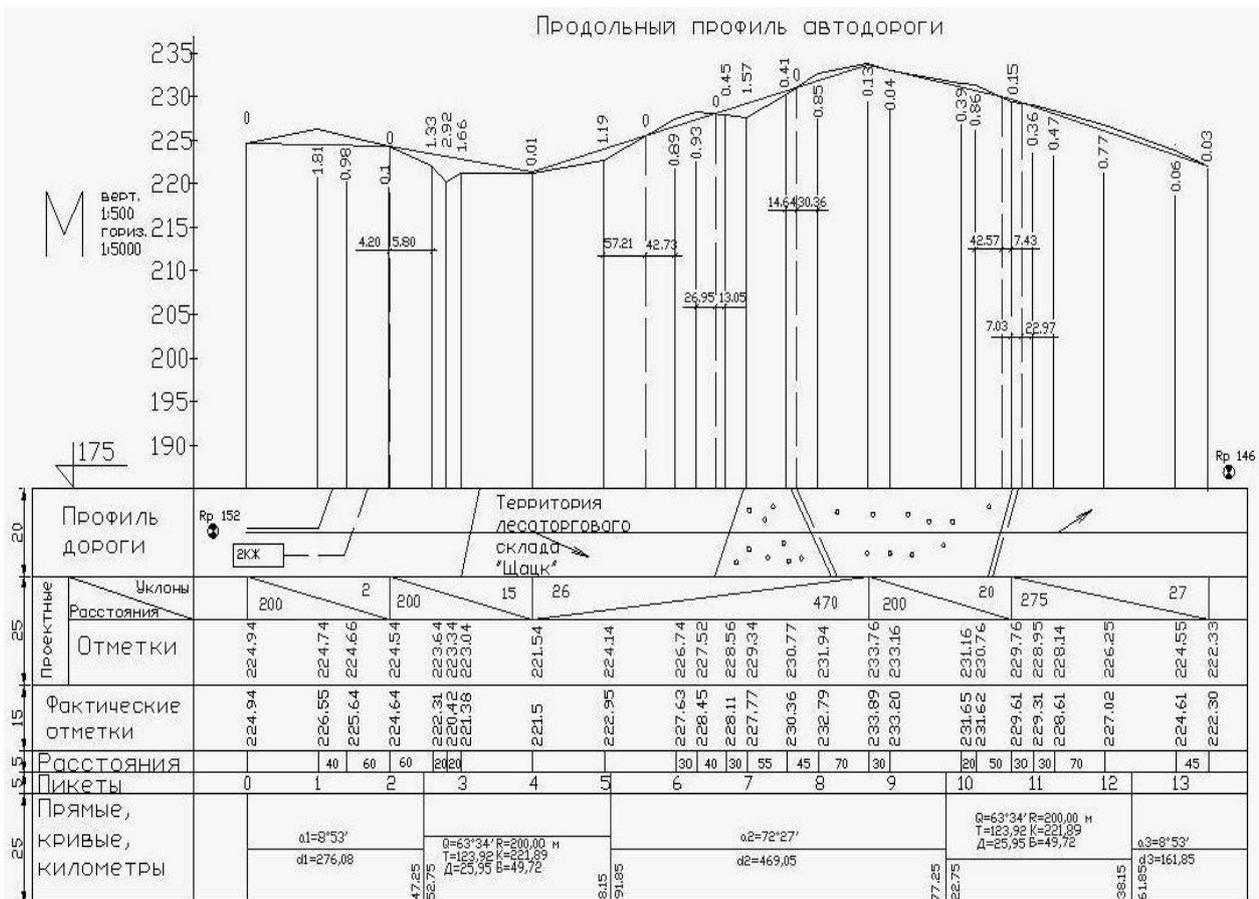


Рис.46 - Продольный профиль автодороги с элементами проектирования

При проектировании проектной линии необходимо руководствоваться заданными предельными уклонами, отметками фиксированных точек, техническими, экономическими и природными условиями проектирования. Проектные отметки точек трассы вычисляют по формуле:

$$H_k = H_n + id,$$

где H_k и H_n - конечная и начальная точки прямого отрезка трассы;
 i - проектный уклон, округленный до тысячных (целых промиллей);
 d - горизонтальное проложение прямого отрезка трассы.

Рабочие отметки - разность между проектными и фактическими отметками. Положительные рабочие отметки записывают над проектной линией. Они соответствуют высоте насыпи. Отрицательные отметки - глубине выемки. Их записывают под проектной линией.

Точки пересечения проектной линии с линией земли называют **точкой нулевых работ**. Для точек нулевых работ определяют расстояние до ближайших пикетов, а ее положение на профиле отмечается пунктирной ординатой

$$X = h_H \cdot d / (|h_H| + |h_B|), \quad Y = h_B \cdot d / (|h_H| + |h_B|).$$

$$\text{Контроль: } X + Y = d.$$

Пример 1: $h_H=0,60$ м, $h_B=0,40$ м, $d=60,0$ м (рис. 47).

Решение:

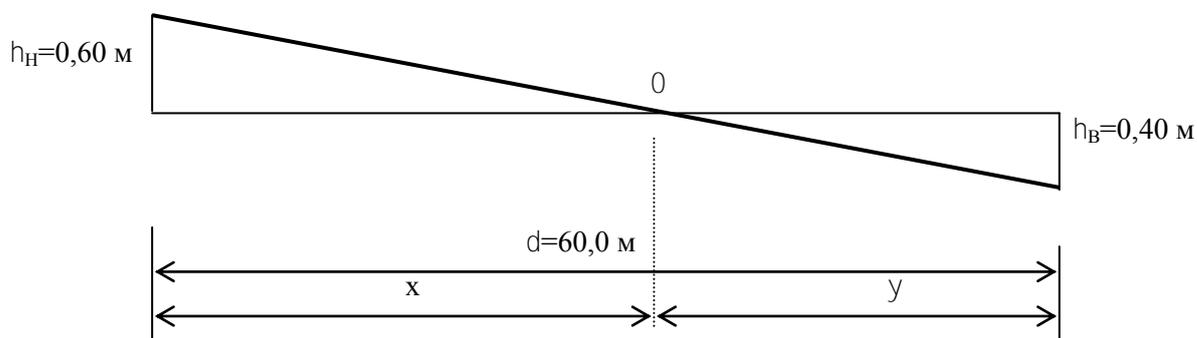


Рис.47 – Схема для определения расстояний до точек нулевых работ

$$X = 0.60 \cdot 60 / (0.60 + 0.40) = 36.0 \text{ м}, \quad Y = 0.40 \cdot 60 / (0.60 + 0.40) = 24.0 \text{ м}.$$

В местах изменения уклона продольного профиля наклонные прямые сопрягаются вертикальными кривыми (ВК) большого радиуса. Расчет основных элементов ВК выполняют по следующим приближенным формулам:

$$T = R \cdot \Delta i / 2 = K / 2, \quad K = R \cdot \Delta i, \quad B = T^2 / 2R,$$

где $\Delta i = |i_1| + |i_2|$ - сумма встречных уклонов, взятых по модулю.
 Вычисление значений записывают над продольным профилем.

Линии тангенсов ВК принимают за оси абсцисс, а вертикальные ординаты точек ВК вычисляют по формуле

$$y = x^2/2R.$$

Пример 2: $i_1 = -0,004$, $i_2 = +0,033$, $R = 10\,000$ м.

Решение: $T = 10\,000 \cdot 0,037/2 = 185$ м; $K = 370$ м; $B = 185^2/20\,000 = 1,71$ м

Составление поперечного профиля

Профили поперечников вычерчиваются в одном масштабе, соответствующем масштабу для вертикальных расстояний продольного профиля. Для учебных целей масштаб поперечного профиля примем 1:200 (рис. 48).

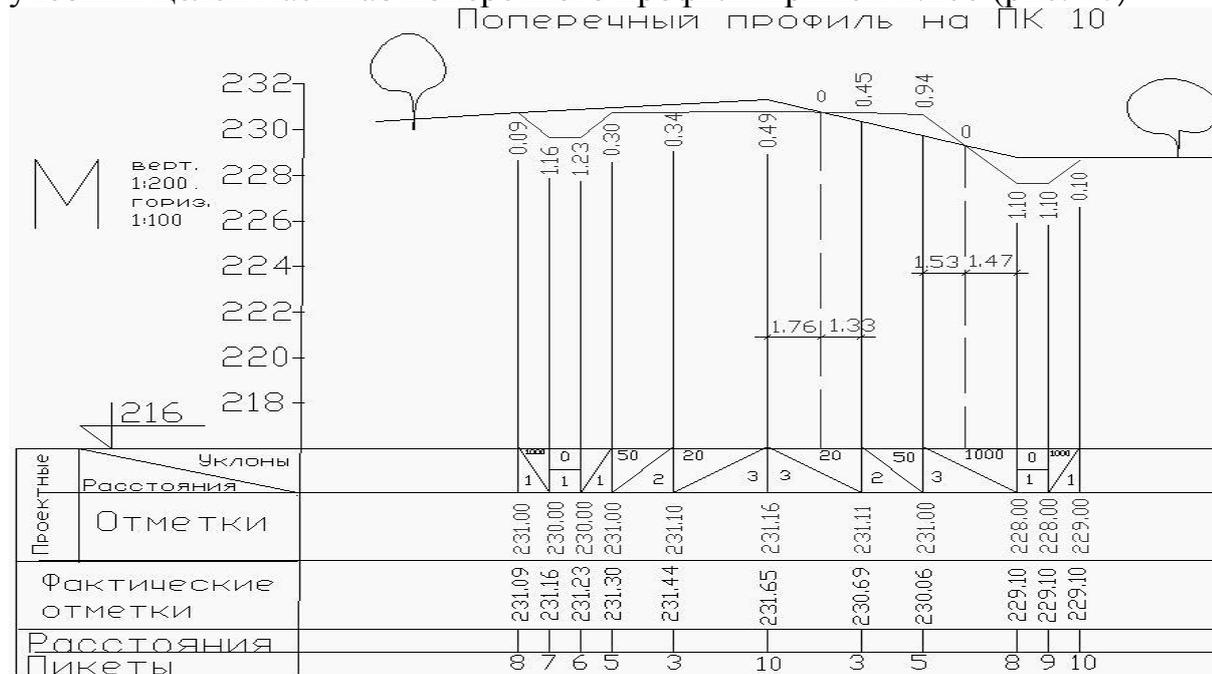


Рис. 48 – Поперечный профиль на ПК 10

50 Общие сведения о геодезических измерениях. Единицы измерений углов и длин. Погрешности измерений. Свойства случайных погрешностей

Измерение - процесс сравнения физической величины с единицей меры, другой однородной величиной. В инженерной геодезии за единицы измерений приняты метр, градус, минута, радиан.

Один метр - длина пути, проходящего электромагнитной волной в вакууме за $1/C$ долю секунды, где $C = 299792458$.

Один градус - $1/90$ часть прямого угла ($1^\circ = 60'$, $1' = 60''$). Центральный угол, опирающийся на дугу окружности равную радиусу называется радианом ($1 \text{ рад.} = 57.3 = 3438' = 206265''$).

Измерения различают *равноточные* и *неравноточные*. **Равноточные** – это результаты измерений однородных величин, выполняемые с помощью приборов одного класса, одним и тем же методом, одним исполнителем при

одних и тех же условиях. Все остальные измерения относятся к **неравноточным**.

Погрешности бывают систематические, грубые, случайные. Грубые - возникают в результате невнимательности (просчеты, неверные записи). Для их устранения измерения повторяют несколько раз.

Систематические - обусловлены неточностью измерительных приборов. Для уменьшения влияния вводят поправки.

Случайные погрешности обусловлены несовершенством приборов, изменением условий измерений, личными ошибками, неточным наведением и другими. Случайные погрешности определяются по формуле

$$X_i = l_i - X,$$

где l_i - результат измерения, X - истинное значение определяемой величины.

Статистические свойства случайных погрешностей (рис.49):

1) **ограниченности** (при данных условиях измерений случайные погрешности не могут превышать предела $|\Delta_i| < \Delta_{\text{пред}}$. В качестве предельной погрешности с вероятностью $p = 0.9973$ принимают утроенное значение стандарта $\Delta_{\text{ипред}} = 3m$;

2) **плотности** - малые по абсолютной величине погрешности появляются чаще больших.

3) **компенсации** - среднее арифметическое из случайных погрешностей стремится к нулю при неограниченном возрастании числа измерений $\lim \Sigma \Delta_i = 0$;

4) **симметрии** - одинаковые по абсолютной величине положительные и отрицательные погрешности равновозможны.

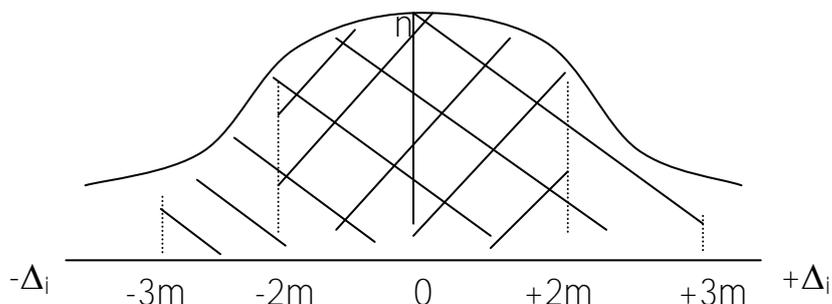


Рис. 49 - График нормального распределения случайных погрешностей.

51 Средняя квадратическая погрешность (СКП). Формулы Гаусса, Бесселя. Порядок обработки ряда равноточных измерений

Наилучшим критерием оценки точности измерений принято считать среднюю квадратическую погрешность (СКП) измерения, определяемую по формуле Гаусса:

$$m = \sqrt{\sum \Delta_i^2 / n}$$

где $\Delta_i = l_i - X$ (X - истинное значение измеряемой величины, а l_i - результат измерения).

Так как, в большинстве случаев истинное значение неизвестно, то СКП определяют по формуле Бесселя:

$$m = \sqrt{\sum \vartheta_i^2 / n - 1}$$

где $\vartheta_i = l_i - x$ (x - средняя арифметическое значение или вероятнейшее значение измеряемой величины, а l_i - результат измерения).

СКП арифметической середины:

$$M = m / \sqrt{n}$$

Эта формула показывает, что СКП арифметической середины в \sqrt{n} раз меньше СКП отдельного измерения.

На практике различают предельные и относительные погрешности. Теорией доказывается, а практикой подтверждается, что абсолютное большинство случайных погрешностей находится в интервале от 0 до m - 68% , от 0 до $2m$ - 95% , от 0 до $3m$ - 99.7%.

На практике за предельную погрешность принимают $2m$, т.е. с вероятностью 95% можно утверждать, что случайные погрешности не превысят величины равной $2m$. Если $n < 10$ то $\vartheta_{i(\text{пред})} = t_B \cdot M$, где t_B - коэффициент Стьюдента (табл. 5).

Таблица 5 - Коэффициенты Стьюдента при вероятности 95%

n	t _B	n	t _B	n	t _B
2	4,53	5	2,65	8	2,37
3	3,31	6	2,52	9	2,32
4	2,87	7	2,43	10	2,28

Рассмотрим на примере как выполняется математическая обработка результатов ряда равноточных измерений. Пусть длина линии измерена шесть раз (табл. 6). Необходимо найти вероятнейшее значение измеренной величины и оценить результаты измерений.

Таблица 6 – Математическая обработка ряда равноточных измерений

N	l, м	E, см	ϑ, см	ϑ ²	Вычисления
1	75.15	+5	-1	1	$l = 75.10$ м, $x = 75.10 + 0.37/6 = 75.16$ м, $m = \sqrt{91 / 5} = 4.2$ см, $M = 4.2 / \sqrt{6} = 1.7$ см, $\vartheta_{i(\text{пред})} = t_B \cdot M = 2.52 \cdot 1.7 = 4.4$ см, $L = 75.16 + 0.04$ м (P=95%), Отн. погр. $\Delta L / L = 4.4 / 7510 = 1 / 1700$
2	75.18	+8	+2	4	
3	75.20	+10	+4	16	
4	75.13	+3	-3	9	
5	75.10	0	-6	36	
6	75.21	+11	+5	25	
Σ		37	+1	91	

В табл. 6 вычислительная обработка ряда равноточных измерений одной и той же величины выполняется в следующей последовательности:

- определение вероятнейшего значения измеренной величины $x = \sum l_i / n$;
- оценка точности отдельного измерения $m = \sqrt{\sum \vartheta_i^2 / n - 1}$

- оценка точности арифметической середины (вероятнейшего значения)

$$M = m / \sqrt{n}$$

- определение окончательного результата $L = x \pm t_B M$.

52 Средняя квадратическая погрешность функции измеренных величин

Пусть известна функция общего вида

$$z = f(x, y, \dots, t),$$

где x, y, \dots, t - независимые измеренные величины, полученные с известными средними квадратическими погрешностями (СКП).

Тогда СКП функции независимых аргументов равна z корню квадратному из суммы квадратов произведений частных производных функций по каждому из аргументов на СКП соответствующих аргументов, т.е.

$$m_z = \sqrt{(df/dx)^2 m_x^2 + (df/dy)^2 m_y^2 + \dots + (df/dt)^2 m_t^2} \quad (*)$$

Если функция имеет вид $Z = x + y + \dots + t$,

то

$$m_z = \sqrt{m_x^2 + m_y^2 + \dots + m_t^2}$$

Для функции

$$z = k_1 x + k_2 y + \dots + k_n t,$$

где k_1, k_2, k_n - постоянные величины,

$$m_z = \sqrt{k_1^2 m_x^2 + k_2^2 m_y^2 + \dots + k_n^2 m_t^2}$$

Пример 1. Определить СКП превышения, полученного по формуле $h = d \cdot \operatorname{tg} v$, если горизонтальное проложение $d = 100.0$ м, $v = 4^\circ 30'$, $m_d = 0.5$ м, $m_v = 1'$.
Решение.

1. Находим частные производные

$$dh/dd = \operatorname{tg} v, \quad dh/dv = d / \cos^2 v.$$

2. По формуле (*) получаем

$$m_h = \sqrt{\operatorname{tg}^2 v \cdot m_d^2 + (d^2 / \cos^4 v) \cdot (m_v^2 / p^2)} = \sqrt{0.0787^2 \cdot 0.5^2 + 100^2 \cdot 1^2 / (0.9969^2 \cdot 3438^2)} = 0.039 \text{ м}$$

Пример 2. Определите с какой СКП получена площадь здания прямоугольной формы, если его длина и ширина соответственно равные 36 и 12 м измерены с СКП 1 см.

Решение.

Площадь здания $P = a \cdot b$.

$$m_p = \sqrt{(dP/da)^2 m_a^2 + (dP/db)^2 m_b^2}$$

Так как $(dP/da) = b$, $dP/db = a$, $m_a = m_b = m_{a,b}$, то

$$m_p = m_{a,b} \sqrt{b^2 + a^2} = 0.01 \sqrt{36^2 + 12^2} = 0.379 \text{ м}^2$$

III. Вопросы для самоконтроля и подготовки к лабораторным работам. Компьютерные тестовые вопросы и возможные варианты ответов

1 Угловые измерения. Нивелирование. Тахеометрическая съемка. Работа с картой

Угловые измерения: 1. Какие приборы и принадлежности используются для угловых измерений? 2. Какие типы теодолитов Вы знаете? 3. Назовите основные части теодолита и геометрические требования к ним? 4. Какие действия выполняют для приведения теодолита в рабочее положение? 5. Как выполнить центрирование и с какой точностью его выполняют? 6. Для чего и как выполняют горизонтирование? 7. Какие действия выполняют при установке зрительной трубы для наблюдений? 8. Какими способами можно измерять горизонтальные углы? 9. В чем сущность способа приемов? 10. Почему горизонтальные углы следует измерять при КЛ и КП? 11. Как выполняют контроль измерения горизонтального угла? 12. Какие погрешности влияют на точность измерения углов? 13. Для чего выполняют поверки теодолита? 14. Как выполнить поверку и юстировку цилиндрического уровня? 15. Как определить коллимационную погрешность и выполнить юстировку? 16. Как исправить МО в теодолите ТЗ0? 17. Что такое эксцентриситет и как уменьшить его влияние?

Нивелирование: 1. Что называют нивелированием? 2. Какие методы нивелирования Вы знаете и какова их точность? 3. В чем заключается принцип геометрического нивелирования? 4. Какие способы геометрического нивелирования Вам известны? 5. Как установить нивелир в рабочее положение? 6. Какая последовательность работы на станции при техническом нивелировании? 7. Какие способы контроля выполняют на станции при нивелировании? 8. Как вычисляют превышения, высоты точек, горизонт прибора? 9. Что значит "уравнять" (увязать) превышения? 10. Как вычисляют высоты промежуточных точек? 11. Что входит в комплект приборов для геометрического нивелирования? 12. Какие типы нивелиров Вы знаете? 13. Нарисуйте схему нивелира и укажите его основные оси. 14. Для чего служат элевационный винт, круглый уровень, исправит. винты? 15. В чем заключается главное условие нивелиров с уровнем и компенсатором? 16. Как устроен нивелир с компенсатором? 17. Как выполняется поверка главного условия нивелира? 18. Какие отличительные особенности юстировки главного условия нивелиров с уровнем и компенсатором? 19. Как устроены нивелирные рейки и как выполняется поверка их качества? 20. Для чего используют нивелирные башмаки и костыли, колышки?

Тахеометрическая съемка: 1. В чем сущность тахеометрической съемки? 2. Какие приборы используются для тахеометрической съемки? 3. Как получают формулы для вычислений превышений и высот при тахеометрической съемке? 4. В какие точки устанавливают рейку при съемке контуров и рельефа? 5. Как измеряют расстояния по нитяному дальномеру и с какой точностью? 6. В чем заключается принцип работы номограммных и электронных тахеометров? 7. Как создается планово-высотное обоснование для тахеометрической съемки?

8. Какая последовательность работы на станции при тахеометрической съемке?
9. Для чего ориентируют нуль лимба, определяют МО и составляют абрис?
10. Какие вычисления необходимы для получения топографического плана?
11. Как наносят на план ситуацию и рельеф?

Решение задач по карте: 1. Какие отличительные признаки карты от плана? 2. Что такое точность масштаба и как эту точность определить? 3. Запишите и объясните номенклатуру любого листа карты масштаба 1:10000? 4. В чем разница между масштабными и внемасштабными условными знаками? 5. Приведите пример, как по прямоугольным зональным координатам точки получить ее географические координаты и наоборот. 6. Какова зависимость между азимутами и дирекционными углами? 7. Что называют уклоном линии? 8. Как построить график заложений по уклонам и его использовать? 9. Как построить по горизонталям карты профиль местности? 10. Как определить координаты и отметки точек по карте? 11. Что называют горизонталью и какие ее основные свойства? 12. В чем сущность аналитического, геометрического (графического) и механического способов определения площадей по карте и какова их точность? 13. Как устроен планиметр? 14. Что такое цена деления полярного планиметра и как ее определить? 15. Как изменить цену деления планиметра?

2 Компьютерные тестовые вопросы и возможные варианты ответов (www.bntu.by/ФТК/кафедра инженерной геодезии\документы\тесты)

Какие системы координат используют в геодезии?

1. Полярная система координат.
2. Система плоских прямоугольных координат.
3. Зональная система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.
4. Система географических координат.
5. Все перечисленные пункты.

Что называют дирекционным углом?

1. Острый угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана, как по ходу так и против хода часовой стрелки, до направления линии.
2. Угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии параллельной ему, по ходу часовой стрелки до направления линии.
3. Угол, отсчитываемый от северного направления истинного меридиана или линии параллельной ему, по ходу часовой стрелки до направления линии.
4. Угол, отсчитываемый от северного направления магнитного меридиана, по ходу часовой стрелки до направления линии.
5. Угол, между истинным и магнитным меридианом.

Что называют склонением магнитной стрелки?

1. Вертикальный угол, образуемый осью свободно подвешенной магнитной стрелки с горизонтальной плоскостью.
2. Горизонтальный угол между истинным меридианом и направлением магнитной стрелки в данной точке местности.
3. Угол между истинным и осевым меридианами в данной точке местности.

4.Вертикальная плоскость, проходящая через концы свободно подвешенной магнитной стрелки.

5.Угол между северным направлением магнитной стрелки и направлением данной линии.

Что принято за начало счета координат в зональной системе прямоугольных координат Гаусса-Крюгера?

1.Нулевой Гринвический меридиан.

2.Северное направление осевого меридиана.

3.Центр земного эллипсоида.

4.Точка пересечения истинного меридиана зоны и экватора.

5.Точка пересечения осевого меридиана зоны, оси абсцисс, и экватора, оси ординат;

Что принято за начало счета высот Н в Балтийской системе высот?

1.Уровень моря.

2.Произвольная уровенная поверхность.

3.Нулевой Гринвический меридиан.

4.Экватор.

5.Уровень чистого пола.

Чему равна допустимая относительная линейная погрешность в теодолитном ходе

1. 1/100 .

2. 1/500 .

3. 1/2000 .

4. 1/10000 .

5. 1/25000 .

Что такое отметка точки на земной поверхности ?

1.Условный знак.

2.Центр.

3.Числовое значение высоты.

4.Марка.

5.Репер.

Каким из масштабов пользуются для точного построения плана или определения длин отрезков ?

1.Численным.

2.Поперечным.

3.Линейным.

4.Клиновым.

5.Все перечисленные пункты.

Что такое высота точки, высота сечения рельефа, заложение,уклон,крутизна ската? Выберите определение высоты точки.

1.Расстояние между 2-мя смежными горизонталями на плоскости.

2.Превышение приходящееся на единицу заложения.

3.Разность высот 2-х соседних горизонталей.

4.Тангенс угла наклона .

5. Расстояние от уровенной поверхности до данной точки местности.

Что такое карта; план; профиль; абрис; схема? Выберите правильное определение карты.

1. Изображение в уменьшенном виде отдельных участков местности без соблюдения масштаба, воспроизводящее взаимосвязь объектов, с указанием размеров.

2. Уменьшенное, обобщенное изображение больших по размерам участков земной поверхности на плоскости, построенное в картографической проекции по определенным математическим законам.

3. Уменьшенное, подобное изображение на плоскости орт. проекции небольших участков местности на плоскости.

4. Чертеж, где в уменьшенном виде изображают вертикальный разрез местности по заданному направлению и приведены числовые данные рельефа по оси проекции сооружения.

5. Схематический чертеж, с соблюдением порядка и взаимного расположения контуров и объектов местности относительно опорной линии.

Какие способы съемки ситуации применяют при горизонтальной (теодолитной) съемке ?

1. Способ перпендикуляров (координат).

2. Способ полярных координат.

3. Способ линейных засечек.

4. Способ угловых засечек; способ створа; обмера.

5. Все выше перечисленные способы.

Как определяют горизонтальное проложение линии при тахеометрической съемке ?

1. Нитяным дальномером.

2. Мерной лентой.

3. Дальномерной рейкой.

4. Вычисляют по формуле $d = D \cos \nu$ (или по тахеометрическим таблицам Л.С.Хренова)

5. Тахеометром.

Тахеометрическая съемка - это

1. один из видов теодолитной съемки, в результате которой получают контурный план местности;

2. один из видов нивелирования по квадратам;

3. один из видов мензурной съемки;

4. один из видов топографической съемки, в результате которой получают на плане, кроме контуров и объектов, рельеф местности;

5. один из видов аэрофотосъемки.

Какие приборы применяют для измерения расстояний на местности ?

1. Рулетка.

2. Мерная лента.

3. Инварная проволока.

4. Оптический дальномер, световой и радиодальномеры.

5. Все перечисленные пункты.

Планы и карты содержат

- 1.Контурные или масштабные условные знаки, изображающие объекты местности в подробной форме;
- 2.Внемасштабные условные знаки;
- 3.Горизонтالي, линии равных высот, и точки с подписанными отметками;
- 4.Объекты гидрографии; дорожную сеть; коммуникации;
- 5.Все выше перечисленные пункты.

Горизонталями изображаются следующие формы рельефа...

- 1.Пункты государственной геодезической сети;
- 2.Гора, холм, седловина; котловина; ложбина.
- 3.Леса, луга, просеки;
- 4.Здания, сооружения;
- 5.Все выше перечисленные пункты.

Какие способы интерполирования горизонталей Вы знаете ?

- 1.Механический;
- 2.Аналитический; графический;
- 3.Визуальный;
- 4.Оптический;
- 5.Все перечисленные.

Какие приборы используют при измерении горизонтальных углов на местности?

- 1.Эккер;
- 2.Теодолит;
- 3.Нивелир;
- 4.Эклиметр;
- 5.Все выше перечисленные.

Какие приборы используют для измерения превышений при техническом нивелировании ?

- 1.Тахеограф;
- 2.Теодолит и рейка;
- 3.Теодолит и мерная лента;
- 4.Нивелир и рейка;
- 5.Тахеометр.

Какие способы геометрического нивелирования применяют при геодезических работах ?

- 1.Продольное нивелирование;
- 2.Нивелирование поверхности по квадратам;
- 3.Техническое;
- 4.Из середины, вперед, последовательное;
- 5.Все выше перечисленные.

Что измеряют при геометрическом нивелировании ?

- 1.Высоту точки;
- 2.Угол наклона;
- 3.Горизонт прибора;

4. Превышение;

5. Длину линии.

Почему геометрическое нивелирование рекомендуется выполнять точно "из середины" ?

1. Чтобы избежать ошибок за кривизну Земли и рефракцию;

2. Чтобы устранить влияние непараллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня;

3. Чтобы уменьшить влияние ошибок наблюдателя;

4. Чтобы повысить точность отсчета по рейкам;

5. Все выше перечисленные пункты.

Контролем измерения превышений на станции при техническом нивелировании является...

1. Разность превышений, вычисленных по черной и красной сторонам реек на станции, не должна превышать более 5 мм;

2. Разность нулей пьоток реек;

3. Двойное нивелирование линии "вперед и обратно";

4. Горизонт прибора;

5. Все выше перечисленные пункты.

С какой целью выполняют постраничный контроль в журнале технического нивелирования ?

1. Для обнаружения ошибок измерения превышений;

2. Для уравнивания превышений;

3. Для систематизации вычислений;

4. Для контроля правильности вычисления превышений;

5. Для устранения систематических ошибок.

Как распределяют невязку при техническом нивелировании ?

1. Поровну на все превышения;

2. Прямо пропорционально длинам линий;

3. Обратно пропорционально длинам линий;

4. Поровну на все станции;

5. Все выше перечисленные пункты.

Что такое горизонт прибора ?

1. Плоскость проходящая через визирную ось;

2. Высота прибора;

3. Высота визирной оси;

4. Расстояние от поверхности земли до центра окуляра или центра объектива;

5. Все выше перечисленные пункты.

Визирная ось зрительной трубы теодолита это...

1. Касательная к пузырьку цилиндрического уровня в "нуль-пункте";

2. Оптическая линия, соединяющая центр окуляра и центр сетки нитей;

3. Отвесная линия, проходящая через центр лимба горизонтального круга;

4. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы;

5. Нет правильного определения.

Какой способ измерения отдельного угла применяют при измерении горизонтальных углов в теодолитном ходе ?

- 1.Круговых приемов;
- 2.Повторений;
- 3.Приемов;
- 4.Все выше перечисленные;
- 5.Нет правильного ответа.

Что соответствует правильному определению отсчетного приспособления теодолита ?

- 1.Эксцентриситет алидады - это рен шкалового микроскопа;
- 2.Отсчетный микроскоп - это оптическая система, позволяющая сравнивать увеличенное изображение мерной планки с ценой деления микроскопа;
- 3.Эксцентриситет алидады - это несовпадение оси вращения алидады с центром деления лимба;
- 4.Отсчетный микроскоп - это оптическая система,выводящая через окуляр изображения шкал лимба горизонтального и вертикального кругов;
- 5.Нет верных определений.

Что такое место нуля вертикального круга теодолита ?

- 1.Среднее положение пузырька цилиндрического уровня;
- 2.Отсчет по горизонтальному кругу при горизонтальном положении визирной оси;
- 3.Отсчет по вертикальному кругу теодолита при горизонтальном положении визирной оси и при положении пузырька цилиндрического уровня в "нуль-пункте";
- 4.Отсчет, когда нуль лимба совпадает с нулевым штрихом алидады.
- 5.Нет правильного ответа.

IV. Лабораторные работы

1 Устройство теодолита. Измерение горизонтальных углов

Задание: Составить схематический рисунок теодолита с указанием его геометрических осей: вертикальной оси вращения прибора (OO_1), оси цилиндрического уровня (UU_1), визирной оси зрительной трубы (WW_1), оси вращения зрительной трубы (VV_1). Записать геометрические требования, предъявляемые к осям. Установить прибор в рабочее положение и измерить горизонтальный угол с контролем способом приемов. Начертить схему измеряемого угла. Данные индивидуальных измерений и вычислений оформить в конспекте с возможностью использования в качестве примера на учебной геодезической практике.

Основные оси теодолита (рис. 4.1):

1. Визирная ось (WW_1) – мнимая линия, соединяющая перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива.
2. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга (UU_1) – это касательная к дуге продольного сечения внутренней поверхности ампулы в нуль-пункте.
3. Ось вращения алидады горизонтального круга (OO_1) – основная ось, вокруг которой осуществляется поворот прибора в горизонтальной плоскости.
4. Ось вращения зрительной трубы теодолита (VV_1) – мнимая линия, вокруг которой происходит вращение зрительной трубы.

Основные геометрические требования к осям, которые должны быть соблюдены в теодолите при измерении углов: 1) $UU_1 \perp OO_1$; 2) $WW_1 \perp VV_1$; 3) $VV_1 \perp OO_1$. Они обеспечиваются посредством выполнения соответствующих проверок и юстировок, общих для теодолитов всех конструкций.

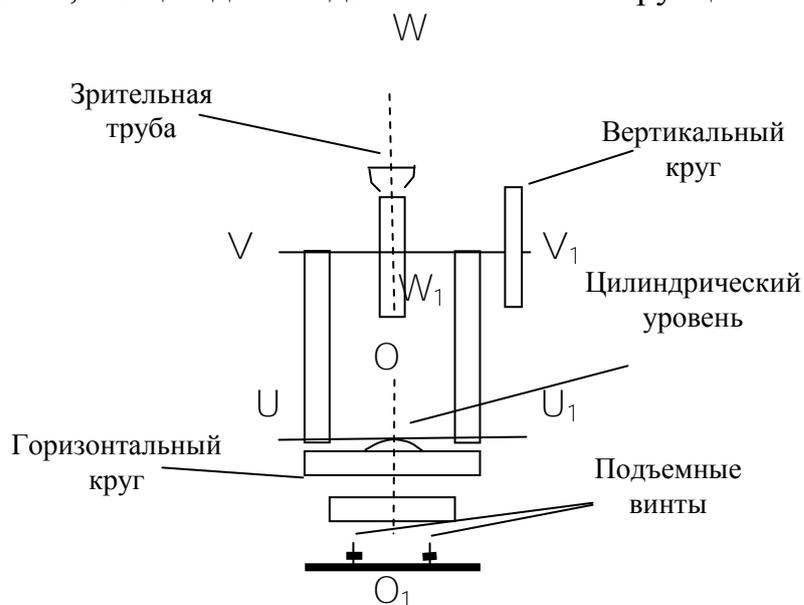


Рис.4.1 – Основные оси теодолита

Деления на горизонтальном и вертикальном кругах (рис.4.2), нанесены через $10'$ с оцифровкой каждого градуса. Изображение отсчетного индекса и штрихов обоих кругов передано в поле зрения отсчетного микроскопа посредством оптической системы. Изображение вертикального круга обозначено буквой «В», горизонтального — «Г». Отсчеты производят по индексу с округлением до десятых долей деления, оцениваемых глазомерно (визуально). На рис. 4.2 а, отсчет по вертикальному кругу — $356^{\circ}48'$, по горизонтальному — $70^{\circ}05'$; на рис. 4.2 б соответственно $1^{\circ}37'$ и $18^{\circ}04'$; на рис. 4.2 в по вертикальному кругу — $-0^{\circ}43'$, по горизонтальному — $111^{\circ}37'$.

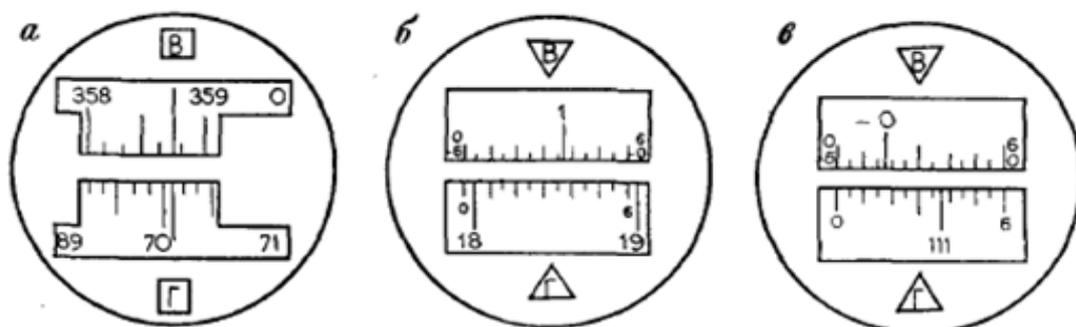


Рис.4.2 - Поле зрения отсчетного устройства:

а – теодолита Т30; *б* – теодолита 2Т30 при положительном угле наклона, *в* – теодолита 2Т30 при отрицательном угле наклона

Приведение теодолита в рабочее положение предусматривает:

1. Центрирование - установка центра горизонтального круга над вершиной измеряемого угла. Выполняется с помощью нитяного отвеса или оптического центрира, перемещением ножек штатива и с последующим передвижением прибора на головке штатива. Погрешность центрирования зависит от требуемой точности выполняемых работ и не должна превышать 3 мм при измерении горизонтальных углов;

2. Горизонтирование – приведение плоскости лимба горизонтального круга в горизонтальное положение, т.е. установка вертикальной оси вращения теодолита (OO_1) в отвесное положение. Для этого устанавливают цилиндрический уровень параллельно двум подъемным винтам и, вращая их одновременно в противоположные стороны выводят пузырек уровня на середину ампулы. Затем поворачивают цилиндрический уровень на 90° по направлению третьего подъемного винта и, вращая его, опять выводят пузырек в нуль-пункт. Эти действия повторяют до тех пор пока пузырек не будет отклоняться от центра ампулы более чем на одно деление. При измерении вертикальных углов отклонение пузырька от середины не должно превышать полделения;

3. Подготовка зрительной трубы для наблюдений: а) по глазу - вращением окуляра (от -5 до +5 диоптрий) до получения четкого изображения сетки ни-

тей на светлом фоне; б) по предмету вращением кремальеры до четкого изображения визирной цели. Если изображение предмета не совпадает с плоскостью сетки нитей, то при перемещении глаза относительно окуляра точка пересечения нитей будет проецироваться на различные точки наблюдаемого предмета. в) возникает параллакс, который устраняется небольшим поворотом кремальеры.

Измерение горизонтального угла способом приемов (способ отдельного угла) заключается в том, что один и тот же угол измеряется дважды, при двух положениях вертикального круга относительно зрительной трубы: при круге слева (КЛ) и при круге справа (КП). При переходе от одного приема к другому зрительную трубу переводят через зенит и **смещают лимб** горизонтального круга на $1 \dots 5^\circ$. Эти действия позволяют обнаружить возможные грубые ошибки при отсчетах на лимбе и уменьшить приборные погрешности. Так как лимб оцифрован по ходу часовой стрелки, наведение зрительной трубы принято выполнять сначала на правую точку, а затем на левую. Контролем измерений горизонтального угла является разность значений угла, полученная из двух измерений (КЛ и КП), не превышающая двойной точности отсчетного устройства, т.е.

$$\beta_{КЛ} - \beta_{КП} \leq 2t.$$

Журнал измерения горизонтальных углов (Теодолит: 2Т30П №07341)

№ станции	Круг	№ точки	Отсчет по горизонтальному кругу	Горизонтальный угол	Среднее значение	Схема
В	КЛ	А	186° 52'	79° 57'	79° 57,5'	
		С	106° 55'			
	КП	А	2° 21'	79° 58'		
		С	289° 55'			
С	КЛ	В	233° 09'	41° 36'	41° 36,0'	
		А	191° 33'			
	КП	В	58° 08'	41° 36'		
		А	16° 33'			

Контроль:

$$\beta_{кЛ} - \beta_{кП} \leq \pm 0^\circ 02,0'$$

2 Устройство нивелира. Техническое нивелирование

Задание: Начертить схематично зрительную трубу, цилиндрический уровень, элевационный винт, круглый уровень, подъемные винты, штатив (рис.4.3). Показать визирную ось трубы (WW_1) и ось цилиндрического уровня (UU_1), записать главное условие нивелира ($UU_1 \parallel WW_1$). Выполнить нивелирование вершин треугольника в аудитории по модельным рейкам с контролем (при двух горизонтах прибора на каждой станции), уравнивать превышения и вычислить высоты точек. Высоту точки А принять индивидуально в соответствии с номером студенческого билета N (например, $N = 7$, тогда $H_A = 2N, N? = 207,077$ м). Данные индивидуальных измерений и вычислений оформить в журнале технического нивелирования. Составить схему нивелирования, на которой указать измеренные и уравненные превышения, высоты точек.

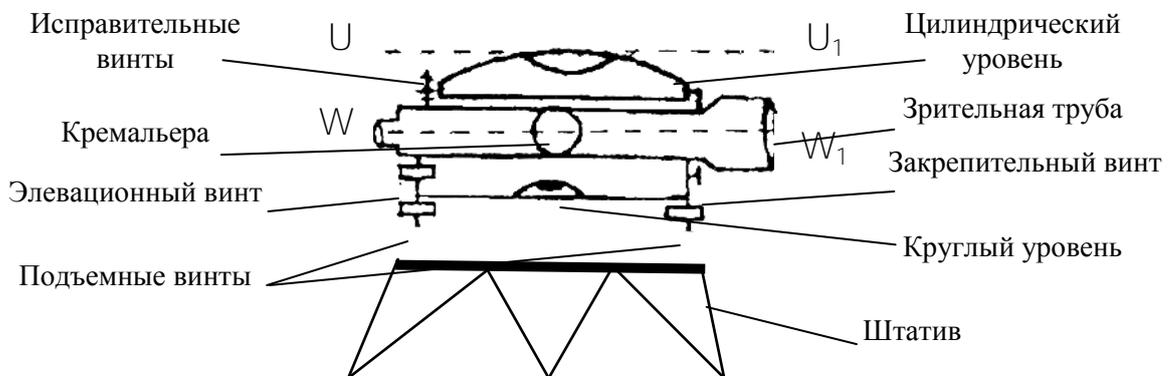


Рис.4.3 - Схема нивелира и название его основных частей

Для установки нивелира (рис.4.4) в рабочее положение его закрепляют на штативе становым винтом и вращением сначала двух, а затем третьего подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину. Отклонение пузырька от середины допускается в пределах второй окружности. В этом случае диапазон работы элевационного винта позволит установить пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт и установить визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение. Приближенное наведение на нивелирную рейку выполняют с помощью мушки, расположенной сверху зрительной трубы. Более точное наведение осуществляют вращением наводящего винта зрительной трубы, которую перед отсчетом по рейке предварительно устанавливают по глазу (вращением окуляра) и по предмету (вращением кремальеры) для четкого совместного изображения сетки нитей и делений на нивелирной рейке. Перед отсчетом по средней нити тщательно совмещают концы пузырька цилиндрического уровня в поле зрения трубы, медленно вращая элевационный винт.

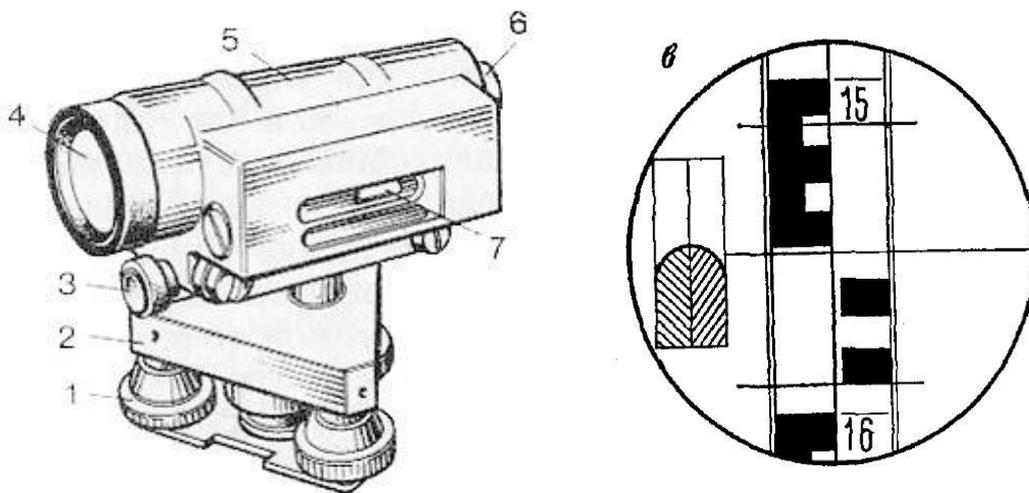


Рис. 4.4 - Нивелир (1 - подъемный винт, 2 - подставка, 3 - закрепительный винт, 4 - объектив, 5 - труба, 6 - окуляр, 7 - уровень) и рейка в поле зрения трубы (отсчет по среднему штриху 1552 мм, расстояние до рейки по дальномерным штрихам – $(1590-1513) \times 100 = 7,7$ м)

Превышение на станции h между двумя точками A и B (рис.4.5) вычисляют как разность отсчетов по задней рейке (a) и по передней - (b)

$$h = a - b.$$

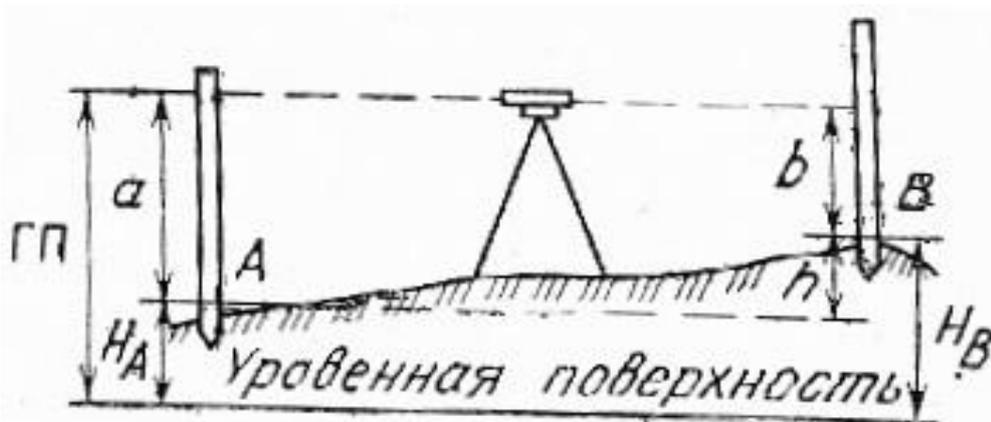


Рис.4.5 - Нивелирование из середины

Для контроля и уменьшения погрешностей нивелирование между переходными (связующими) точками выполняют в аудиторных условиях дважды, по черным сторонам реек при двух горизонтах прибора (см. журнал нивелирования). При техническом нивелировании полученные превышения не должны отличаться более чем на 4-5 мм. Среднее превышение записывается с точностью до целых миллиметров. При необходимости выполняют округление до ближайшей четной цифры (по правилам Гаусса).

Расстояния D до речных точек следует определить нитяным дальномером. Для упрощения вычислений расстояний одну из дальномерных нитей совмещают с началом дециметрового деления на рейке (обычно с 1000 мм), а по вто-

рой дальномерной нити берут отсчет. Разность отсчетов по верхней и нижней дальномерным нитям умноженная на коэффициент дальномера, равный 100, и будет соответствовать расстоянию от прибора до рейки.

Журнал технического нивелирования (нивелир НВ-1 №026258)

№ станции	№ точки, (D, м)	Отсчет по рейкам, мм		Превышение, мм		Поправка	Исправленное превышение	Высота точки, м
		задней	передней	вычисленное	среднее			
1	А (29,7)	0922(1)		-1299(3)	-1300(7)	-1	-1301	207,077
	В (30,3)	0831(4)	2221(2) 2133(5)	-1302(6)				205,776
2	В (30,3)	2449 2387		1024	+1023	-2	+1021	
	С (30,1)		1425 1365	1022				206,797
3	С (30,1)	1222 1347		0281	+0282	-2	+0280	
	А (29,7)		0941 1063	0284				207,077

В журнале нивелирования на станции 1 приведенные цифры в скобках (1), (2), ... (7) соответствуют последовательности выполняемых действий на станции.

Процесс уравнивания превышений в нивелирном ходе состоит из следующих вычислительных операций:

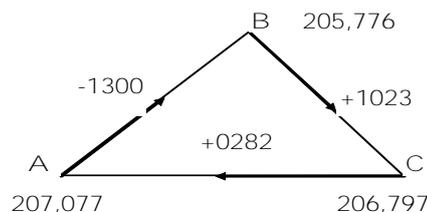
1) находят невязку f_h как разность между суммой практических результатов и их теоретическим значением;

2) сравнивают полученную невязку с допустимой величиной, определяемой по формуле $f_{h_{доп.}} = \pm 30 \text{ мм} \sqrt{L}$,

где L – длина нивелирного хода в км;

3) если невязка допустима, распределяют её с обратным знаком прямо пропорционально расстояниям между нивелируемыми точками или числу станций между ними;

4) выполняют контроль вычислений: сумма исправленных превышений должна быть равна теоретическому значению $(H_K - H_H)$.



$$\sum h_{cp.} = +5\text{мм}$$

$$\sum h_{теор.} = 0\text{мм}$$

$$fh = +5\text{мм}$$

$$f\hat{h}_{дон} = 30\sqrt{0,24} = \pm 15\text{мм}$$

Рис. 4.6 - Рабочая схема уравнивания превышений

3 Построение координатной сетки, точек съемочного обоснования и результатов теодолитной съемки на топоплане

Координатную сетку наносят на планы с высокой точностью с помощью координатографа, или компьютерных технологий, или при помощи шаблонов, или же при помощи координатной линейки ЛД-1 Дробышева. В металлической основе такой линейки вырезаны 6 окошек (рис. 4.7, а), скошенные края которых очерчены дугами радиусов 10, 20, ..., 50 мм с общим центром 0 в начальном окошке. Скошенный конец линейки очерчен по дуге радиуса 70,711 мм, которая равна диагонали квадрата со сторонами 50×50 см.

На листе чертежной бумаги формата А1 (60×75 см) с помощью линейки и остро отточенного карандаша прочерчивают прямую AB (рис. 4.7, б) на расстоянии примерно 5 см от края листа. Линейку смещают так, чтобы линия AB пересекала окошки, вдоль их скошенных краев проводят штрихи 0, 1, 2, ..., 5. После этого линейку кладут перпендикулярно линии AB , совмещают 0 линейки со штрихом 5 и прочерчивают штрихи 1', 2', ..., 5'. Потом линейку кладут по диагонали A_3B_3 , совмещают нуль линейки с центром штриха 0 на линии AB и по скошенному концу линейки прочерчивают дугу, пересекающую штрих 5'. Через полученную точку пересечения 5' и точку 5 вычерчивают перпендикуляр A_1B_1 к линии AB . Аналогично находят перпендикуляр A_2B_2 и на нем штрихи 1'', 2'', ..., 5''. Линейку кладут на линию 5''–5'. Нуль 0 линейки совмещают с точкой 5''. При этом дуга в шестом окошке должна пересечь точку 5' (допускается несовпадение дуг и соответствующих точек 0,1–0,2 мм). После этого проводят остальные штрихи 1, 2, ... – метки сетки квадратов. После нанесения всей координатной сетки проверяют ее точность: линейку совмещают скошенным краем с точками 0 и 5' и через вершины сетки прочерчивают короткие штрихи, треугольники погрешностей не должны превышать 0,2 мм. Аналогично сетку проверяют по другим диагональным направлениям.

Контур сетки служит внутренней линией рамки планшета или отдельного плана. Между внутренней (толщиной 0,1 мм) и внешней (1,2 мм) линиями рамки (расстояние 12,8 мм) в четырех углах подписываются абсциссы и ординаты в соответствии с принятой оцифровкой координатной сетки.

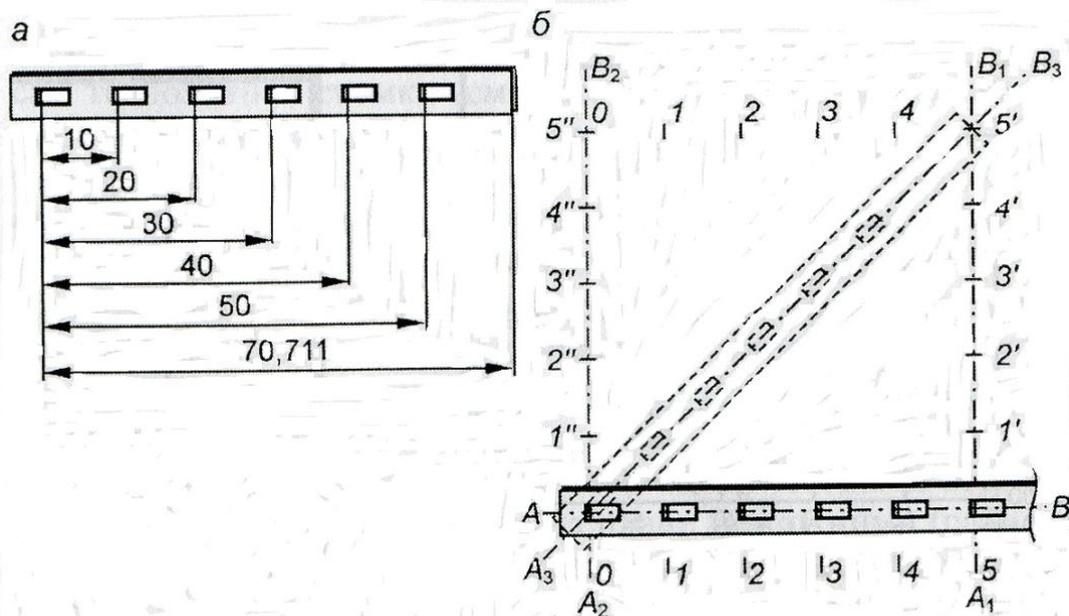


Рис. 4.7 - Координатная линейка Дробышева:
а – линейка; *б* – нанесение на план меток координатной сетки

На учебных планах сетку оцифровывают с таким расчетом, чтобы участок съемки полностью изображался на листе в масштабе 1:1000. При этом положительное направление оси абсцисс должно совпадать с направлением на север (верх листа), положительное направление оси ординат – на восток (направо), а точки съемочного обоснования размещались с учетом последующего графического отображения результатов тахеометрической съемки и нивелирования по квадратам.

В первом приближении при эскизном, предварительном нанесении на план точек съемочного обоснования оцифровку сетки можно принять в соответствии с прилагаемым примером (рис. 4.8), а в последующем оцифровку возможно необходимо будет изменить для более компактного расположения на плане элементов ситуации и рельефа местности.

Построение на плане точек съемочного обоснования по их координатам. Нанесение точек выполняют с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Сначала выясняют, в каком из оцифрованных квадратов сетки должна находиться эта точка. Затем от горизонтальной стороны данного квадрата откладывают необходимые отрезки абсциссы точки, соединяют их концы линией, по которой измерителем от вертикальной стороны квадрата откладывают необходимый отрезок ординаты этой же точки и наколом иглы измерителя обозначают положение её на плане. Аналогично наносят все остальные точки съемочного обоснования, а для проверки измеряют на плане расстояния между ними и сравнивают их с величинами, соответствующими горизонтальным проложениям, записанным в координатной ведомости. Допускается расхождение до 0,3 мм.

Полученные точки съемочного обоснования должны быть обозначены слабым наколом иглы циркуля-измерителя и обведены окружностями диаметром 1,5 мм; внутрь этих окружностей никакие линии проводить нельзя. Рядом записывают в виде дроби: в числителе - номер точки, а в знаменателе - ее отметку с округлением до сотых долей метра.

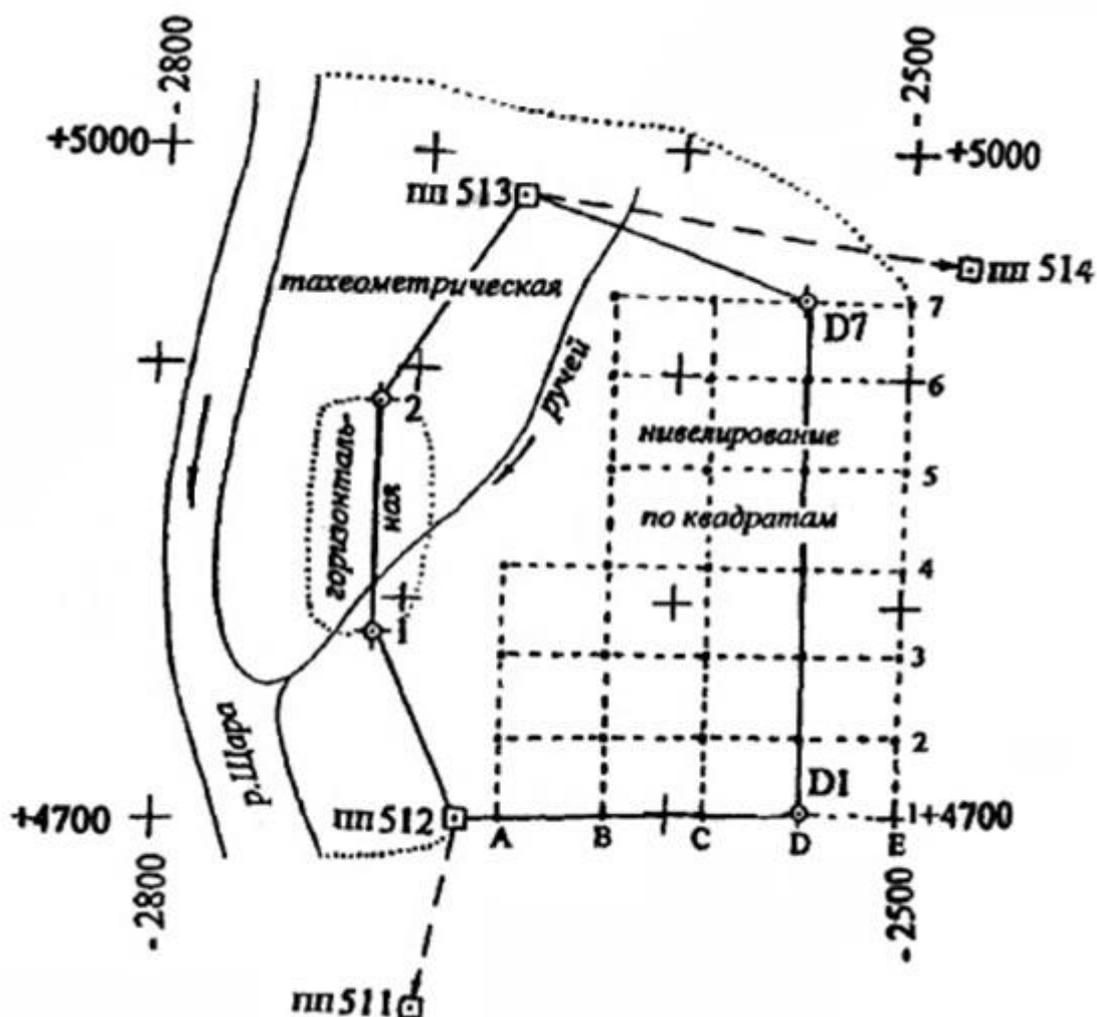


Рис.4.8 – Пример оцифровки координатной сетки (+X, -Y)

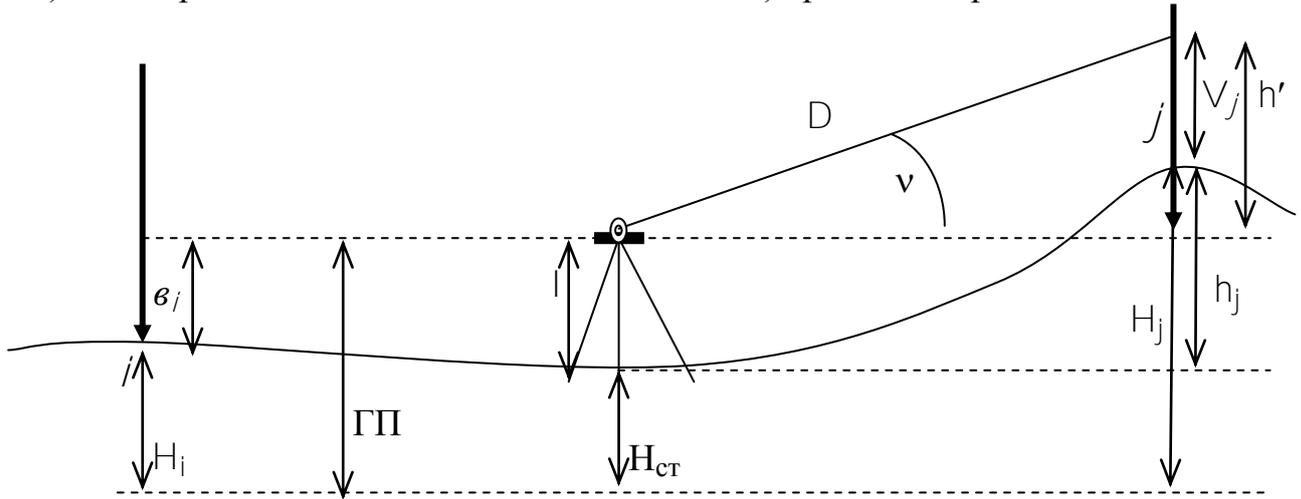
Для нанесения на план элементов ситуации используют абрис - схематический чертеж местности с указанием результатов натуральных измерений от линии теодолитного хода между точками 1-2 (см. конспект лекций, п. 40). Попутно с нанесением ситуации на план надо усвоить способы теодолитной съемки (прямоугольных и полярных координат, угловой и линейной засечек, створа и обмера).

4 Работа на станции при тахеометрической съемке

Задание: Определить высоты четырех речных точек на макете местности двумя методами: геометрическим (горизонтальным визированием) и тригонометрическим нивелированием (рис. 4.9). Горизонт прибора и высоту станции вычислить индивидуально с учетом высоты точки А из лабораторной работы №2. Ориентирование нуля горизонтального круга выполнить по буссоли на север. Расстояния D до речных точек определить нитяным дальномером. Данные индивидуальных измерений и результаты вычислений оформить в журнале тахеометрической съемки и на чертеже в масштабе, удобном для проведения горизонталей.

а) геометрическое

б) тригонометрическое



$$H_j = \Gamma\Pi - a_j$$

$$H_j = H_{ст.} + \frac{1}{2} D \sin 2v + l - V_j$$

Рис. 4.9 - Схема геометрического и тригонометрического нивелирования

Журнал тахеометрической съемки (пример заполнения)

Станция № 5. Ориентирование нуля горизонтального круга по буссоли на север.
 Высота прибора $I = 1,57$ м $MO = (Л + П)/2 = (13^\circ 59' - 13^\circ 57')/2 = 0^\circ 01'$
 Высота станции $H = 236,91$ м Наблюдения при КЛ
 Горизонт прибора $\Gamma\Pi = 238,48$ м Теодолит 2Т30П № 07346

№ точки	Расстояния		Отсчеты по			Угол наклона, v	Высота наведения V_j , м	Неполное превышение	/ - \sqrt	Полное превышение h_j , м	Высота H , м
	по дальности	гор. проложение	ГК	рейке v_j , м	ВК						
Сев.			$0^\circ 00'$								
Метод геометрического нивелирования $H_j = \Gamma\Pi - v_j$											
A	37,5		$38^\circ 15'$	2,68	МО						235,80
B	52,0		$55^\circ 31'$	2,39	МО						236,09
C	47,5		$338^\circ 45'$	2,71	МО						235,77
D	52,1		$95^\circ 31'$	2,17	МО						236,31
Метод тригонометрического нивелирования $H_j = H + h_j + l - V_j$											
A	37,5		$38^\circ 15'$		$-1^\circ 45'$	$-1^\circ 46'$	1,57	-1,15	0	-1,15	235,76
B	52,0		$55^\circ 31'$		$-0^\circ 55'$	$-0^\circ 55'$	1,57	-0,83	0	-0,83	236,08
C	47,5		$338^\circ 45'$		$-1^\circ 25'$	$-1^\circ 25'$	1,57	-1,17	0	-1,17	235,74
Сев.			$0^\circ 00'$								

5 Решение задач по топографической карте

Задание: Для решения типовых задач, связанных с разработкой проектной документации для строительства и эксплуатации различных инженерных объектов, а также для изучения условных знаков топографических планов и карт, ознакомлением с их оформлением, в учебных целях студентам предлагается по карте масштаба 1:10 000, фрагмент которой показан на рис.4.10, выполнить решение следующих задач.

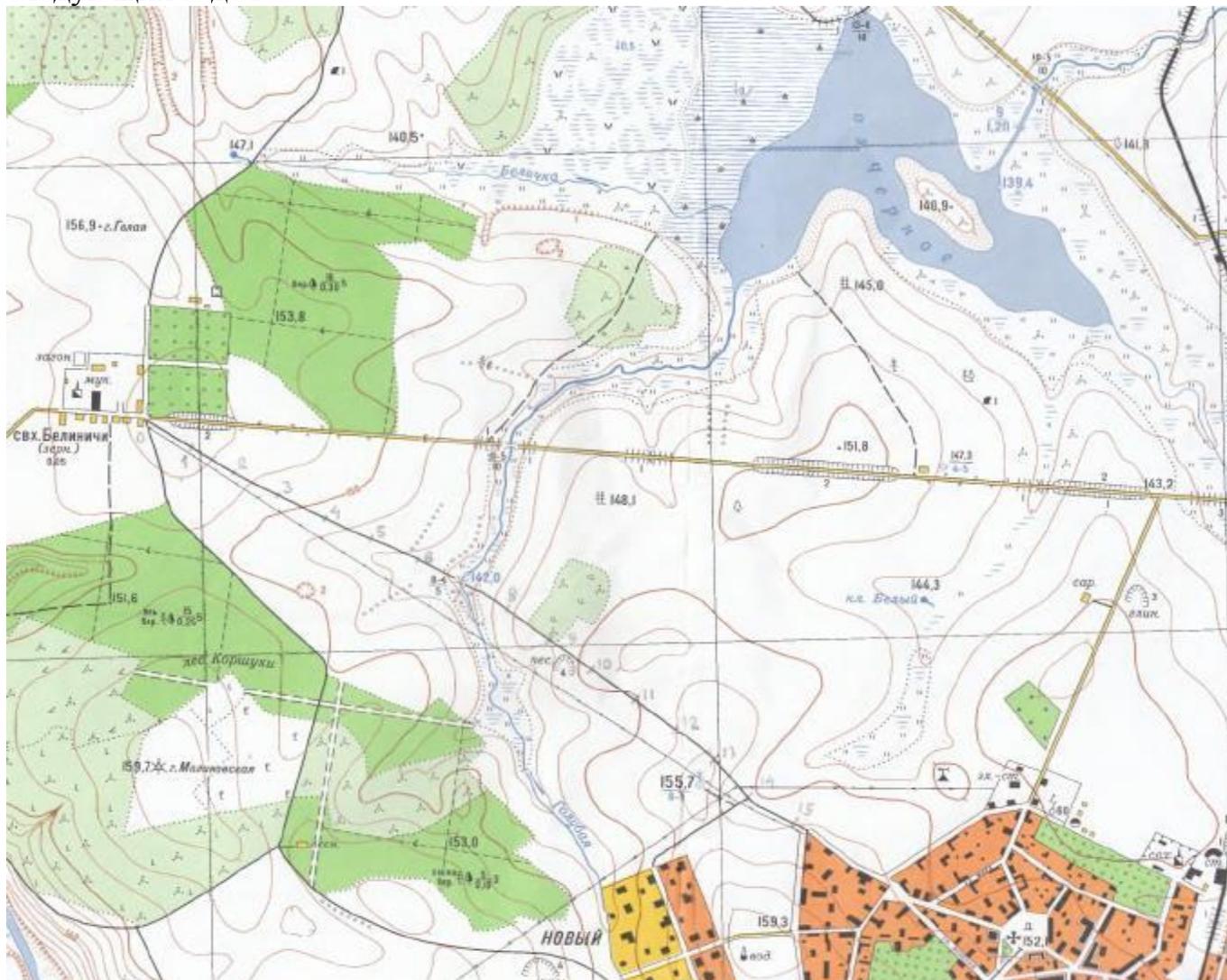


Рис. 4.10 – Фрагмент учебной топографической карты масштаба 1:10000

5.1 Выполнить топографическое описание кратчайшего маршрута перевозки строительных материалов от г. снов до зерносовхоза «беличи» автомашинами с грузоподъемностью 10 тонн.

Решение. Кратчайшим маршрутом является грунтовая дорога, соединяющая город Снов и совхоз Белинички. Однако использование этой дороги не представляется возможным в связи с недостаточной грузоподъемностью моста через реку "Голубая", впадающую в озеро Черное. Поэтому для перевозки грузов выбрана улучшенная грунтовая дорога шириной 6 м, которая от города Снов сначала ори-

ентирована в северо-восточном направлении, а затем поворачивает на запад и в этом направлении она проходит по вспаханным землям по пересеченному оврагами и холмами рельефу. Справа, на расстоянии около 18 м от дороги, находится колодец с родниковой водой, глубиной 4 м. Дальше, дорога пересекает реку, через которую построен деревянный мост, длиной 11 м, шириной 5 м, грузоподъемностью 10 т. За мостом дорога проходит в насыпи высотой 3 м и далее соединяется с улицей совхоза "Белинчи" (17 домов, мукомольное предприятие, садоводческое хозяйство).

5.2 Определить географические координаты точек А и В, выбранных на карте.

Решение. Используя географические координаты углов трапеции, образованной пересечением соответствующих для различных масштабов карт меридианов и параллелей, а также внутреннюю (минутную) рамку карты находят географические широты (φ) и долготы (λ) точек. Например, для точек А и В, заданных соответственно на пересечении улицы совхоза Беличи и дороги на восток и на ближайшем пересечении дорог, имеем

$$\varphi_A = 54^\circ 40' 42'' \text{СШ}; \quad \lambda_A = 18^\circ 04' 56'' \text{ВД};$$

$$\varphi_B = 54^\circ 40' 40'' \text{СШ}; \quad \lambda_B = 18^\circ 06' 50'' \text{ВД}.$$

5.3 Определить зональные прямоугольные координаты точек А и В

Решение. Опускают перпендикуляры из заданных точек на линии координатной (километровой) сетки и измеряют их длины. Затем, используя масштаб карты и оцифровку координатной сетки, получают их координаты, которые можно сравнить с географическими. Для заданных точек, имеем

$$X_A = 6065,45 \text{ км}; \quad Y_A = 4311,85 \text{ км} (-188,15 \text{ км});$$

$$X_B = 6065,20 \text{ км}; \quad Y_A = 4313,82 \text{ км} (-186,18 \text{ км}).$$

Откуда следует, что точки А и В расположены западнее осевого меридиана четвертой шестиградусной зоны на 188.15 и 186.18 км соответственно.

5.4 Определить дирекционный угол, истинный и магнитный азимуты направления АВ.

Решение. Для определения дирекционного угла линии АВ с помощью транспортира измеряют на карте по ходу часовой стрелки горизонтальный угол между северным направлением осевого меридиана зоны (линией координатной сетки) и заданным направлением. В нашем примере дирекционный угол направления АВ $\alpha_{AB} = 94^\circ 45'$. Истинный азимут отличается от дирекционного угла на величину сближения меридианов ($\pm\gamma$), а магнитный азимут отличается от истинного на величину склонения магнитной стрелки ($\pm\delta$). Из схемы взаимного расположения осевого, истинного и магнитного меридианов, находящейся под южной рамкой карты, видно, что на этом листе карты истинный азимут $A_{и}$ меньше дирекционного угла α на величину сближения меридианов $\gamma = 2^\circ 22'$, а магнитный азимут $A_{м}$ меньше истинного на величину склонения магнитной стрелки $\delta = 6^\circ 12'$. Следовательно:

$$A_{и AB} = \alpha_{AB} - \gamma = 94^\circ 45' - 2^\circ 22' = 92^\circ 23';$$

$$A_{mAB} = A_{иAB} - \delta = 92^{\circ}23' - 6^{\circ}12' = 86^{\circ}11'$$

5.5 Определить высоты точек А и В и уклон линии АВ.

Решение. Высоты точек на карте определяют графически, интерполированием между соседними горизонталями. В нашем примере высоты точек $H_A = 155.2$ м, $H_B = 143.2$ м. Тогда уклон линии АВ

$$i_{AB} = (H_B - H_A) / d_{AB} = -12.0 / 2000 = -0.006 = -6\text{‰},$$

где d_{AB} – горизонтальное проложение линии АВ, равное 2000 м.

5.6 Построить продольный профиль грунтовой автодороги свх. Белинчи – г. Снов

Решение. На миллиметровой бумаге (или на бумаге в клеточку в конспекте) строят стандартные графы профиля автодороги, в которые записывают номера пикетов через 100 м по грунтовой дороге от свх. Белинчи до г. Снов, расстояния между ними и их высоты. Горизонтальный масштаб профиля принимают равным 1:5000. Вертикальный масштаб, по которому откладывают высоты от выбранного условного горизонта, обычно принимают в 10 раз крупнее горизонтального, т. е. 1:500. Полученные точки на профиле соединяют ломаной линией черного цвета (рис. 4.11

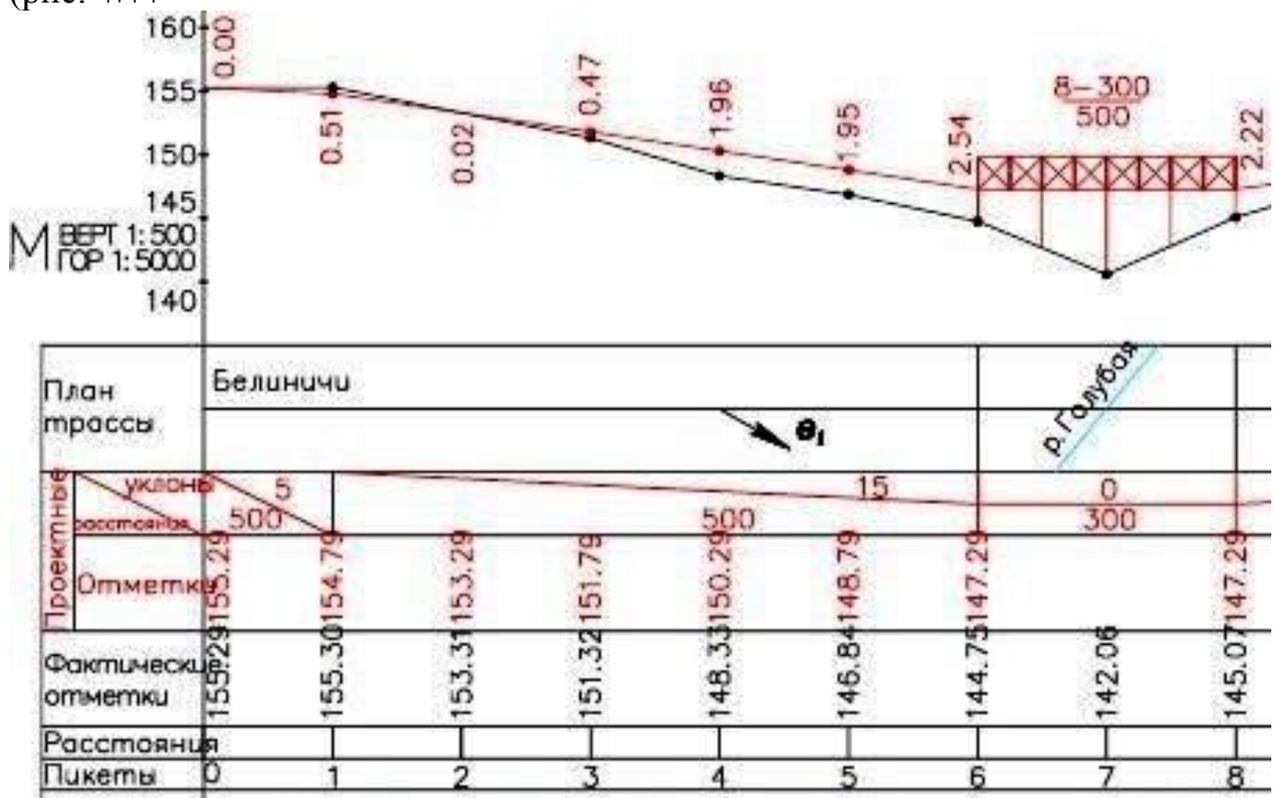


Рис. 4.11 – Продольный профиль автодороги с элементами проектирования

5.7 Провести на карте между двумя точками кратчайшую линию с заданным, проектным уклоном

Решение. Вычисляют величину заложения (расстояния между горизонталями) d по формуле $d = h / i$, где h – высота сечения рельефа горизонталями. Это заложение в масштабе карты берут в раствор измерителя и из начальной точки по направлению второй точки этим расстоянием засекают на соседней горизонтали

точку, от которой тем же раствором засекают следующую точку на соседней горизонтали и т.д. Соединив последовательно все точки, получают ломаную линию с уклоном, равным заданному (решение этой задачи выполняется на учебном топографическом плане с использованием графика заложений по уклонам).

5.8 Определить площадь озера «Черное» графическим и механическим способами

Решение. Графический способ определения площади предусматривает разбивку озера на элементарные геометрические фигуры (треугольники, четырехугольники и трапеции), площади которых вычисляют по измеренным на карте с учетом масштаба длинам сторон и высот. Относительная погрешность суммарной площади, полученной графически, обычно составляет более 0.5-1.0%.

Механический способ основан на применении специального прибора – полярного планиметра, который состоит из полюсного и обводного рычагов и счетного механизма. Перед измерением площади озера вычисляют цену деления планиметра c – площадь, соответствующую одному делению планиметра. Для этого на карте обводят планиметром один квадрат километровой сетки с известной площадью $R_{изв.} = 100$ га. Отсчеты по счетному механизму берут до обводки n_1 и после обводки n_2 , вычисляют их разность ΔU , которую уточняют несколько раз.

Например, $n_1 = 3546$, $n_2 = 4547$. Тогда цена деления планиметра $c = R_{изв.}/\Delta U = 100/1001 = 0.09990$ га.

Площадь озера $P_{оз.}$ сначала получают в результате обводки в делениях планиметра ΔU , а затем, используя цену деления c , – в гектарах $P_{оз.} = c \times \Delta U$. Контроль полученных результатов выполняется повторными измерениями и вычислениями цены деления планиметра и определяемой площади. Относительная погрешность измерений площади планиметром составляет порядка 1:300.

6 Графическое оформление результатов тахеометрической съемки. Рисовка горизонталей. Зарамочное оформление

Реечные точки наносят на план с помощью циркуля-измерителя, масштабной линейки и транспортира. Данные для нанесения берут из тахеометрических журналов. При тахеометрической съемке на станции 1 (см. РГР №3 и приложение Е) нулевой отсчет на горизонтальном круге теодолита был ориентирован по направлению на следующую станцию 2 (отсчет по горизонтальному кругу в направлении на станцию 2 равен $0^\circ 00'$). С помощью транспортира вправо (по ходу часовой стрелки) от направления линии 1-2 откладывают горизонтальные углы (отсчеты по горизонтальному кругу), измеренные при визировании на реечные точки 1, 2, ...21 (см. абрис на станции 1). Получив на плане направления на эти реечные точки, от станции 1 по ним откладывают в масштабе 1:1000 значения соответствующих горизонтальных расстояний (графа 3). Так как план составляется в масштабе 1:1000, точность которого 0,1 м, длины откладываемых отрезков мысленно округляют до 0,1 м. При съемке со станций 2 лимб ориентировали по направлению на точку 513. Поэтому при нанесении реечных точек $1'$, $2'$, ..., $23'$ на план горизонтальные углы на этих станциях надо откладывать по часовой стрелке от направ-

ления 2-513. Нанесение речных точек на план удобно выполнять с помощью топографического тахеографа (рис.4.12). Для этого центр тахеографа (нуль линейки) совмещают на плане со станцией и прикалывают иглой. Вращая по ходу часовой стрелки вокруг иглы, устанавливают значение горизонтального угла на речную точку относительно направления на соседнюю станцию, на которую ориентировали нуль горизонтального круга при съемке. Затем по линейке в соответствии с масштабом откладывают расстояние и накалывают речную точку.

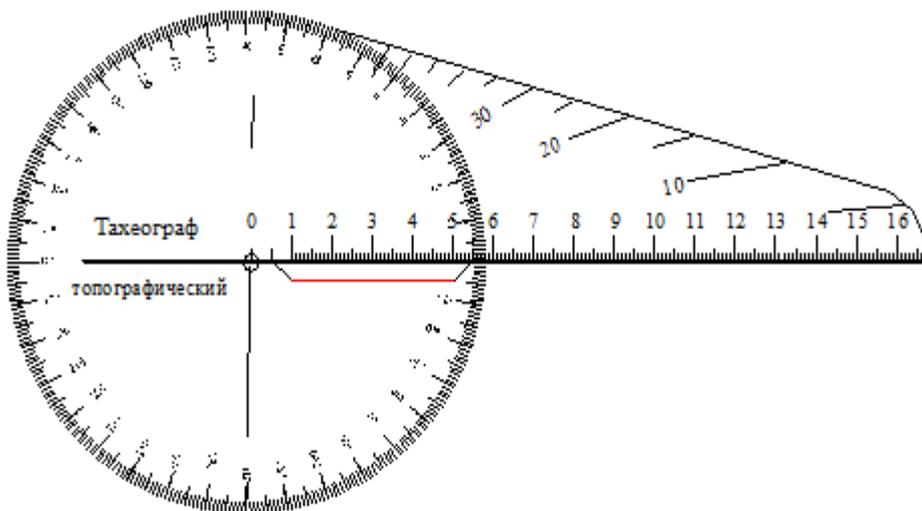


Рис.4.12 - Схема тахеографа топографического

Нанесенную на план речную точку обозначают слабым наколом иглы измерителя и обводят окружностью диаметром 0,6 мм. Рядом карандашом подписывают в виде дроби номер точки и ее отметку с округлением до десятых долей метра. Речные точки 1, 2, 3 (на станции 1) и 9', 10' (на станции 2), которые определяют только плановое положение берега реки Щара, отметок в журналах не имеют и поэтому на плане подписывают только их номера.

Изображение элементов ситуации на плане. Рисовку элементов ситуации производят в масштабе 1:1000 по абрисам тахеометрической съемки (см. полевые журналы). Вначале рекомендуется нанести элементы гидрографии – реку Щару и ручей, которые являются определяющими при изображении горизонталями рельефа местности.

Рисовка рельефа на плане. По отметкам станций и речных точек на плане проводят горизонтали с сечением рельефа через 1 м. Следы горизонталей следует отыскивать графической интерполяцией; ее выполняют только между соседними речными точками, расположенными с одной стороны ручья и реки. Интерполяция между двумя речными точками, расположенными с двух сторон ручья не допускается. Интерполяция по намеченным линиям может производиться любым из способов, описанных в учебной литературе. Наиболее приемлемым для студентов является *графический способ*, который предусматривает использование палетки, представляющей собой прозрачный лист бумаги или пластика с нанесенным рядом параллельных линий (горизонталей) через 5...10 мм друг от друга. Подписав на палетке отметки горизонталей, которые необходимо провести, и, по-

ворачивая палетку на плане, совмещают точки с отметками с горизонталями на палетке, продавливают карандашом их на план.

Найденные интерполяцией следы одноименных горизонталей соединяют плавными кривыми и таким образом получают горизонтали. Ручей горизонтали пересекают под прямым углом, огибают ручей, подчеркивая тем самым его значение как водосборной линии. Отметки горизонталей, кратные 5 м, подписывают в разрывах горизонталей; при этом верх цифр должен быть обращен в сторону повышения рельефа местности. На некоторых горизонталях ставят бергштрихи в направлениях характерных, орографических (водораздельных и водосборных) линий рельефа; бергштрих обязательно ставят на каждой замкнутой горизонтали. Через контуры зданий и грунтовой дороги горизонтали не проводят.

7 Ознакомление с современными и доступными приборами и принадлежностями для различных видов топографических съемок

Электронные тахеометры обеспечивают высокую степень автоматизации процессов измерения углов и расстояний и обработки данных измерений. Предусмотрена комбинация ряда конструкций названных тахеометров со спутниковыми приемниками, у которых точность местоопределения составляет 5–10 мм в плане и 10–20 мм по высоте и достаточна для создания съемочного обоснования при крупномасштабных съемках. На рис. 4.13 в качестве примера внешнего вида дано изображение электронного тахеометра с радиомодемом и однопризменного отражателя.



Рис. 4.13 - Электронный тахеометр и отражатель

Электронные тахеометры снабжены вычислительным блоком с дисплеем, блок работает по программам вычисления горизонтальных проложений, превышений, дирекционных углов, плановых и высотных координат пунктов съемочного обоснования и аналогичных данных для съемочных пикетов. Данные измерений, записанные в карту памяти, можно передавать на компьютер для хранения и автоматического составления цифровых моделей местности и получения топографических планов в графическом виде.

При работе электронный тахеометр устанавливают над пунктом съемочного обоснования, ориентируют, во встроенный компьютер вводят координаты этого пункта, высоту прибора, а над съемочными точками местности устанавливают призму светотражателя, на нее визируют зрительной трубой и нажимают клавишу исполнения измерений. На дисплее прибора высвечиваются в соответствии с заданной программой отсчеты по угломерным кругам, дальность и пространственные прямоугольные координаты съемочной точки. Семантические (описательные) данные об объектах местности записываются на электронный носитель.

Наиболее точные электронные тахеометры характеризуются угловой погрешностью 0,5"; 1", линейной погрешностью $\pm(0,5 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})$; $\pm(1 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})$ при наведении на светотражатель (до 3500 м) или на светотражательную пленку размером 60×60 мм (до 250 м). Линейная погрешность без отражателя составляет $\pm(2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm})$ на расстояниях до 200 м. Электронные тахеометры меньшей точности характеризуются угловой приборной погрешностью 3, 5 и 7", линейной погрешностью от $\pm(3 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})$ до $\pm(5 \text{ мм} + 2 \text{ ppm})$.

Спутниковыми геодезическими приборами можно создавать плановое и высотное съемочное обоснование, а также выполнять съемки местности. Один из наземных приемников (базовый приемник) устанавливают на пункте геодезической сети с известными координатами (базовом пункте). Мобильные приемники устанавливают над пунктами, координат которых требуется определить. Все приемники одновременно принимают сигналы с видимых спутников. При ограниченных до 30–50 км расстояниях между базовым и мобильными приемниками все основные погрешности непосредственного позиционирования, оказываются практически равными на территории приема сигналов и исключаются из разностей спутниковых координат базового и мобильных приемников. В результате такой схемы приема сигналов искомые координаты точек определяются относительно базового пункта с точностью $\pm(10 \div 20 + 2 \times 10^{-6} D)$ мм при работе мобильного приемника в движении или с короткими остановками.

Лазерные рулетки (рис.4.14) различных модификаций представляют малогабаритные лазерные светодальномеры, рассчитанные на безотражательный режим работы. Действуют также со светотражателями в виде призм или специальных пленок. Лазерные рулетки оснащены визирным устройством для наведения лазерного луча на точку объекта. Нажатием кнопки прибор активизируется и на дисплее высвечивается результат – расстояние с погрешностью от 1 до 5 мм в зависимости от точности прибора. В пасмурную погоду и в тени многие лазерные рулетки действуют без светотражателя при расстояниях до 200 м. Масса приборов составляет 0,4 – 0,5 кг. Аккумулятор встроенный. Процессор различных приборов обладает внутренней памятью на 20 – 2000 измерений, а также некоторыми встроенными функциями. Применяется функция по вычислению площади прямоугольного помещения, его объема, если измерены его длина, ширина и высота, а также функция по вычислению высоты вертикальной конструкции, если измерены горизонтальное расстояние (катет) и наклонное расстояние (гипотенуза) от прибора до соответствующих точек объекта.

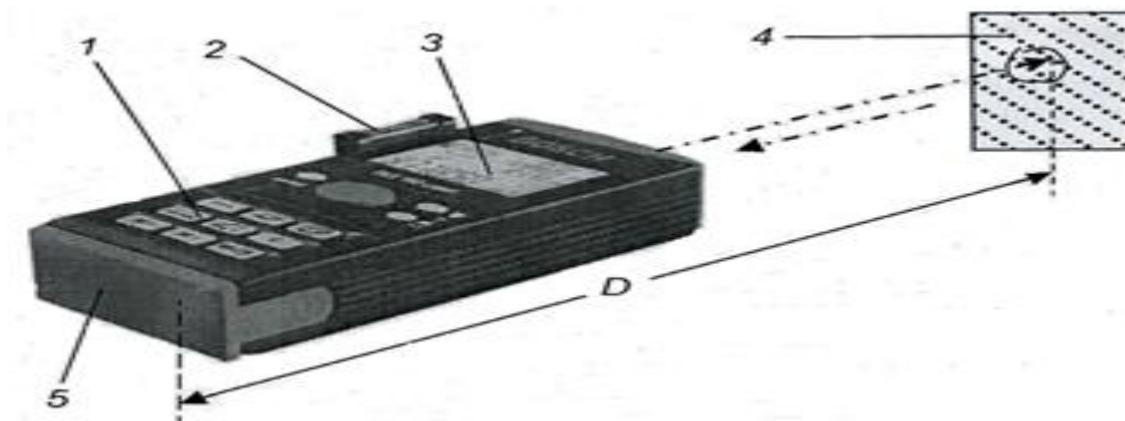


Рис. 4.14 - Лазерная рулетка DLE15:

1 – панель управления встроенным процессором; 2 – цилиндрический уровень; 3 – дисплей; 4 – поверхность объекта; 5 – плоское основание (упор); D - измеряемое расстояние

Лазерные сканеры (рис.4.15) определяют положение точек съемки в пространственной системе координат. Приборы содержат лазерный сканирующий



Рис. 4.15 - Сканеры фирмы Leica различного назначения:

а – Scan Station (геодезические измерения по созданию съемочного обоснования и сканерные съемки на дистанциях 1 – 150 м, точность определения расстояний 4 мм); б – HDS 600 (съемки инженерных сооружений на дистанциях 1 – 79 м, точность 2 – 4 мм); в – Laser Ace 600P (съемки карьеров при дистанциях 1 – 700 м, разрешение 1 см, точность съемки 5 см)

светодальномер (излучающий прерывистые направленные лазерные лучи и принимающий часть энергии, отраженной от точек на поверхности объектов съемки); устройство для поворотов корпуса прибора (и вертикальной плоскости сканирования) через заданный угловой интервал по азимуту в пределах до 360°; устройство для поворотов зеркала вертикальной развертки сканирующего луча с за-

данным угловым шагом или в пределах вертикальных секторов сканирования; процессор, регистрирующий углы горизонтальных и вертикальных направлений сканирующего луча и измеренные расстояния и вычисляющий пространственные координаты сканированных точек. Целевая обработка цифровой информации сканирования выполняется при помощи компьютера по специальным программам. По результатам сканирования, например, фасада архитектурного памятника получают его цифровую модель, графические детальные планы и профили, а также численные значения размеров его элементов.

Наземный лазерный сканер (Scan Station) фирмы Leica (рис. 4.15, а) предназначен для съемки высокого разрешения. Масса прибора без штатива равна 19 кг. Сканирующие лазерные лучи развертываются в единичной вертикальной плоскости в пределах углового сектора $\nu = 37^\circ$ или углового сектора $z = 57^\circ$. Время развертки $\approx 0,3$ секунды, при этом скорость сканирования равна 50 000 единичных сканирований за 1 секунду. Погрешность светодальномера дальномера составляет ± 4 мм. Угловое разрешение по горизонтали (угол $\Delta\beta$ между вертикальными плоскостями сканирования) составляет $\Delta\beta = 0,22$ миллирадиана ($45,3''$) или 22 мм на 100 м; точность моделирования рельефа поверхностей близка к ± 3 мм; наиболее точные результаты специальных съемок достигаются на расстояниях от 1 до 80 м. Предельное расстояние сканирования близко к 280 м, при этом точность определения координат точки, четко отражающей луч, достигает $\pm 5 - 7$ мм, а точность моделирования рельефа на максимальных удалениях составляет 15 – 30 мм.

Цифровые аэрофотокамеры обеспечивают получение цветных снимков высокого разрешения, а также мультиспектральных снимков в инфракрасной зоне спектра. Камеры оснащены системой определения положения и ориентации, обеспечивающей определение элементов внешнего ориентирования снимков непосредственно в полете с высокой точностью. Цифровая камера ADS-40 (рис. 4.16) обладает возможностью получения стереопар изображений с высоким значением отношения базиса фотографирования к высоте фотографирования, наиболее подходит для съемки рельефа.

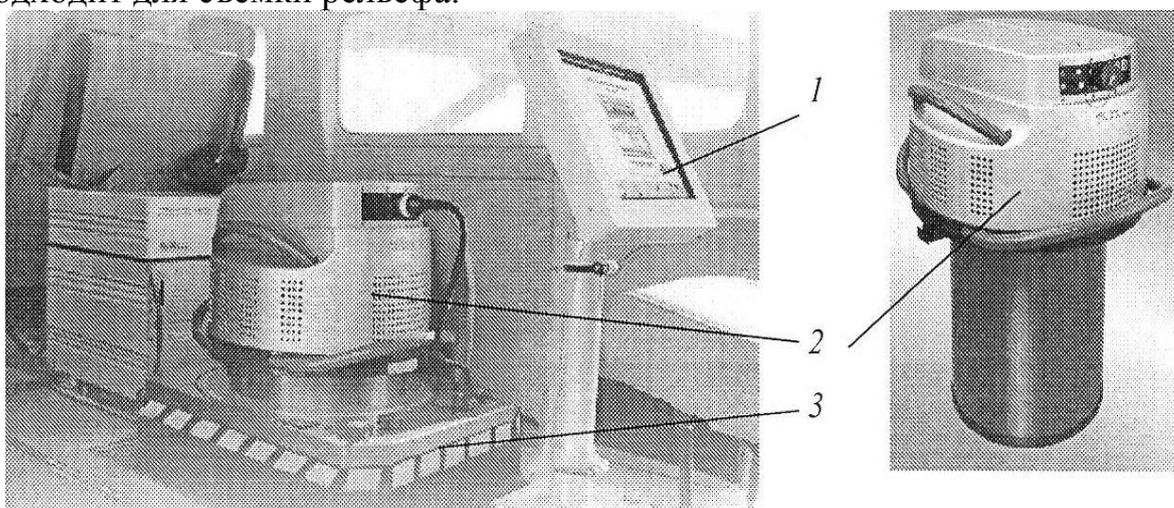


Рис. 4.16 – Цифровая аэрофотокамера ADS-40 (1 – монитор бортового компьютера контроля фотосъемки, 2 – аэрофотокамера, 3 - гиropлатформа)

V. Расчетно-графические работы

1 Вычислительная обработка полевых журналов топографо-геодезических работ на участке поймы р. Щара, вычисление координат и высот точек съемочного обоснования

Для производства топографических съемок местности на участке поймы реки Щара между двумя пунктами полигонометрии 512 и 513 создано съемочное обоснование (точки 1, 2, D₇ и D₁) посредством прокладки двух теодолитно-нивелирных ходов, схема которых (рис. 5.1) и результаты полевых измерений приведены в [10] и можно найти на сайтах www.bntu.by (ФТК - кафедра инженерной геодезии-документы - полевые журналы), www.twirpx.com.

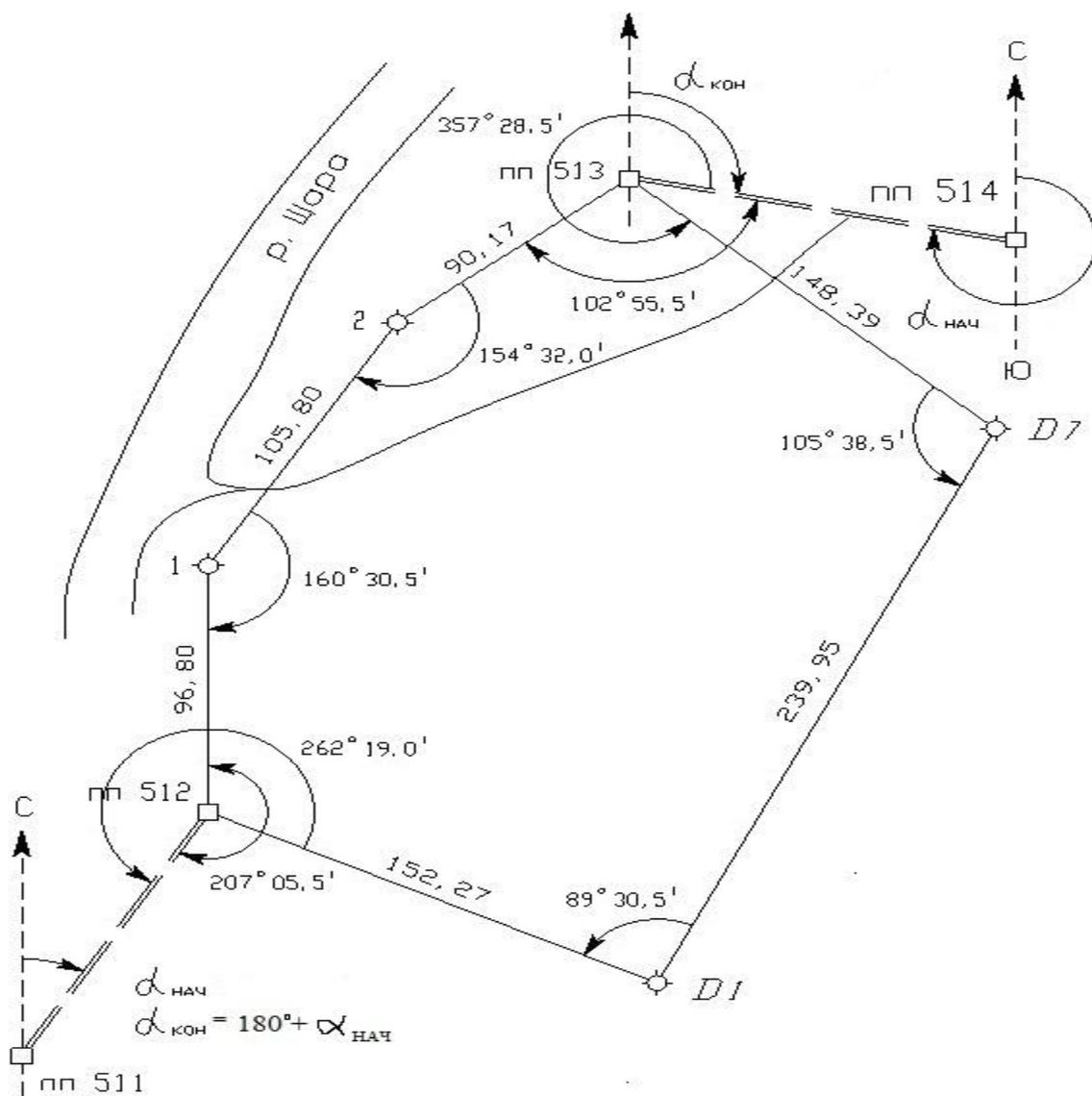


Рис. 5.1 - Схема теодолитных ходов 511-512-1-2-513-514 и 514-513-D₇-D₁-512-511

Измерены длины линий между точками, а на каждой точке – правый по ходу горизонтальный угол способом приемов и углы наклона, превышающие 2° , на предыдущую и последующую точки. Измерение углов производилось теодолитом 2Т30. Результаты измерений горизонтальных углов и линий, а также технического нивелирования являются общими для всех вариантов задания. Известны координаты полигонометрического пункта 512 ($X_{512}=+4701,43$ м, $Y_{512}=-2692,27$ м – одинаковы для всех вариантов). Все остальные исходные данные для выполнения задания (координаты пункта 513, дирекционные углы $\alpha_{511-512}$ и $\alpha_{513-514}$, высоты пунктов 512 и 513) необходимо выбрать в соответствии с вариантом задания. Выполняется тот вариант из таблицы вариантов (приложение Ж), у которого буква совпадает с начальной буквой фамилии, а номер – с последней цифрой номера студенческого билета или шифра студента (если последняя цифра 0, то принимается десятый вариант). Например, студент Петров А.С., шифр 99-С-17, должен выполнять вариант, у которого координаты $X_{513} = + 4423,56$, $Y_{513} = -2713,15$, $\alpha_{511-512} = 190^\circ 33,6'$, $\alpha_{513-514} = 285^\circ 31,7'$, $H_{512}=200,837$ м, $H_{513}=204,931$ м.

Задание выполняется поэтапно и заключается в заполнении необходимыми данными журналов полевых измерений и ведомостей вычисления координат и высот пунктов съёмочного обоснования. В таблицах 5.1 и 5.2 приведены примеры заполнения ведомостей вычисления координат пунктов съёмочного обоснования. Заполнение ведомостей вычисления координат выполняется в следующем порядке.

Уравнивание (увязка) горизонтальных углов хода. Значения измеренных углов записывают в графу 2 ведомости вычисления координат. В графе 5 записывают и подчеркивают начальный дирекционный угол $\alpha_{\text{нач}}$ (в верхней строчке) и конечный дирекционный угол $\alpha_{\text{кон}}$ (в нижней строчке). При заполнении таблицы 2 начальный дирекционный угол $\alpha_{514-513} = \alpha_{513-514} + 180^\circ$, а конечный - $\alpha_{512-511} = \alpha_{511-512} + 180^\circ$. Вычисляют сумму измеренных углов хода $\Sigma\beta_{\text{пр}}$. Определяют теоретическую сумму углов:

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ \times n - \alpha_{\text{кон}},$$

где n – число пунктов хода.

Находят угловую невязку:

$$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{пр}} - \Sigma\beta_{\text{т}}.$$

Если невязка f_β не превышает допустимой величины $f_\beta \text{ доп} = \pm 1' \sqrt{n}$, то ее распределяют с обратным знаком поровну на все углы хода с округлением значений поправок до десятых долей минут. В углы с более короткими сторонами можно ввести большую поправку, так как их измеряют менее точно. Исправленные горизонтальные углы записывают в графу 4 ведомости. Сумма исправленных углов должна равняться теоретической.

Таблица 5.1- ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА (пп 511 – пп 512 – 1 – 2 – пп 513 – пп 514)

№ точки	Измеренный угол β ° ' ,	Поправка '	Исправленный угол β ° ' ,	Дирекционный угол α ° ' ,	Румб, r		Горизонтальное проложение d , м	ПРИРАЩЕНИЯ				КООРДИНАТЫ	
					Название	° ' ,		вычисленные		исправленные		± X	± Y
								± ΔX	± ΔY	± $\Delta X'$	± $\Delta Y'$		
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15
пп511													
пп512	207° 05,5'	-0,3	207° 05,2'	<u>14° 23,5'</u>									+ <u>4701,43</u> - <u>2692,27</u>
1	160° 30,5'	-0,3	160° 30,2'	347° 18,3'	СЗ	12° 41,7'	96,80	+ 94,43	- 21,27	+ 94,47	- 21,25		+ 4795,90 - 2713,52
				6° 48,1'	СВ	6° 48,1'	105,80	+ 105,06	+ 12,53	+ 105,10	+ 12,55		
2	154° 32,0'	-0,3	154° 31,7'	32° 16,4'	СВ	32° 16,4'	90,16	+ 76,23	+ 48,14	+ 76,26	+ 48,15		+ 4901,00 - 2700,97
пп513	102° 55,5'	-0,3	102° 55,2'	<u>109° 21,2'</u>									+ <u>4977,26</u> - <u>2652,82</u>
пп514													

$$\sum d = 292,76$$

$$\sum \Delta_{np.} = +275,72 \quad +39,40 \quad +275,83 \quad +39,45$$

$$\sum \Delta_r = +275,83 \quad +39,45 \quad +275,83 \quad +39,45$$

$$f_x = -0,11 \quad f_y = -0,05 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$\sum \beta_{np.} = 625^\circ 03,5'$$

$$\sum \beta_{теор.} = 625^\circ 02,3'$$

$$f_\beta = \pm 1,2'$$

$$f_{\beta доп} = \pm 2t \sqrt{n} = \pm 2,0'$$

$$f_d = \sqrt{(f_{\Delta X})^2 + (f_{\Delta Y})^2} \approx 0,12 \text{ м};$$

$$\frac{f_d}{\sum d} \approx \frac{1}{2400} \leq \frac{1}{2000}; \quad f_{d доп.} = \frac{\sum d}{2000} = 0,15 \text{ м}$$

Таблица 5.2- ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА (пп 514 – пп 513 – D7 – D1 – пп 512 – пп 511)

№ точки	Измеренный угол β	Поправка	Исправленный угол β	Дирекционный угол α	Румб, r		Горизонтальное проложение d , м	ПРИРАЩЕНИЯ				КООРДИНАТЫ	
					Название	° ′		вычисленные		исправленные		± X	± Y
								± ΔX	± ΔY	± ΔX'	± ΔY'		
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15
пп514													
пп513	357° 28,5'	+0,3	357° 28,8'	<u>289° 21,2'</u>								+ <u>4977,26</u>	- <u>2652,82</u>
D7	105° 38,5'	+0,3	105° 38,8'	111° 52,4'	ЮВ	68° 07,6'	148,39	- 55,28	+ 137,71	- 55,26	+ 137,73	+ 4922,00	- 2515,09
D1	89° 30,5'	+0,3	89° 30,8'	186° 13,6'	ЮЗ	6° 13,6'	239,85	- 238,44	- 26,01	- 238,40	- 25,98	+ 4683,60	- 2541,07
пп512	262° 19,0'	+0,3	262° 19,3'	276° 42,8'	СЗ	83° 17,2'	152,27	+ 17,80	- 151,22	+ 17,83	- 151,20	+ <u>4701,43</u>	- <u>2692,27</u>
пп511				<u>194° 23,5'</u>									

$$\sum d = 540,51$$

$$\begin{aligned} \sum \beta_{\text{пр.}} &= 814^{\circ} 56,5' \\ \sum \beta_{\text{теор.}} &= 814^{\circ} 57,7' \\ f_{\beta} &= -1,2' \\ f_{\beta \text{ доп}} &= \pm 2t \sqrt{n} = \pm 2,0' \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} \sum \Delta_{\text{пр.}} \quad -275,92 \quad -39,52 \quad -275,83 \quad -39,45 \\ \sum \Delta_{\text{т.}} \quad -275,83 \quad -39,45 \quad -275,83 \quad -39,45 \\ \hline f_x = -0,09 \quad f_y = -0,07 \quad 0,00 \quad 0,00 \end{array}$$

$$f_d = \sqrt{(f_{\Delta X})^2 + (f_{\Delta Y})^2} \approx 0,11 \text{ м}; \quad \frac{f_d}{\sum d} \approx \frac{1}{4900} \leq \frac{1}{2000}; \quad f_{d \text{ доп.}} = \frac{\sum d}{2000} = 0,27 \text{ м}$$

Вычисление дирекционных углов и румбов сторон хода. По исходному дирекционному углу $\alpha_{\text{нач}}$ и исправленным значениям горизонтальных углов β хода по формуле для правых углов вычисляют дирекционные углы всех остальных сторон: *дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус правый (исправленный) угол хода, образованный этими сторонами.* Если в результате вычислений получится отрицательный дирекционный угол, то в этом случае, необходимо прибавить еще 360° .

Пример:

$$\alpha_{512-1} = \alpha_{511-512} + 180^\circ - \beta_{512} = 14^\circ 23,5' + 180^\circ + 360^\circ - 207^\circ 05,2' = 347^\circ 18,3'.$$

Для контроля вычисления дирекционных углов следует найти конечный дирекционный угол $\alpha_{513-514}$ по дирекционному углу α_{2-513} последней стороны и исправленному углу β_{513} на пункте 513 (см. приложение 1):

$$\alpha_{513-514} = \alpha_{2-513} + 180^\circ - \beta_{513} = 32^\circ 16,4' + 180^\circ - 102^\circ 55,2' = 109^\circ 21,2'.$$

Это вычисленное значение $\alpha_{\text{кон}}$ должно совпасть с заданным дирекционным углом $\alpha_{513-514}$. При переходе от дирекционных углов α к румбам r необходимо сначала определить название румба (СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ) в зависимости от четверти прямоугольной геодезической системы координат, в которой положительная ось абсцисс направлена на север. Значения дирекционных углов записывают в графу 5 ведомости с округлением до десятых долей минут, а румбов – в графу 7.

Вычисление приращений координат. Приращения координат вычисляют по формулам:

$$\Delta x = d \cos \alpha = \pm d \cos r; \quad \Delta y = d \sin \alpha = \pm d \sin r,$$

где d – горизонтальное проложение соответствующей линии,

α – дирекционный угол этой же линии.

Вычисленные значения приращений ΔX и ΔY выписывают в графы 9 и 10 ведомости с округлением до десятых долей метра. Знаки приращений устанавливают в зависимости от знаков $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$ либо по названию румба. В каждой из граф складывают все вычисленные значения ΔX и ΔY , находя практические суммы приращений координат $\Sigma \Delta X_{\text{пр}}$ и $\Sigma \Delta Y_{\text{пр}}$.

Нахождение абсолютной и относительной линейных невязок хода; уравнивание (увязка) приращений координат. Сначала вычисляют невязки f_x и f_y в приращениях координат по осям X и Y :

$$f_x = \Sigma \Delta X_{\text{пр}} - \Sigma \Delta X_{\text{т}},$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y_{\text{пр}} - \Sigma \Delta Y_{\text{т}},$$

где $\Sigma \Delta X_{\text{т}} = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}$.

$$\Sigma \Delta Y_{\text{т}} = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}.$$

Примечание. Координаты начальной и конечной точек хода предварительно записывают в графах 13 и 14 ведомости и подчеркивают.

Абсолютную линейную невязку Δd хода вычисляют по формуле

$$\Delta d = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

и записывают с округлением до сотых долей метра.

Относительная линейная невязка $\Delta d/\Sigma d$ хода (Σd – сумма длин сторон хода) выражается простой дробью с единицей в числителе. Если относительная невязка окажется меньше допустимой $1/2000$, то невязка f_x и f_y распределяют, вводя поправки в вычисленные значения приращений координат. Поправки в приращения распределяют прямо пропорционально длинам сторон хода, записанным в графе 8, и вводят со знаком, обратным знаку соответствующей невязки. Значения поправок округляют до сотых долей метра и записывают в ведомости над соответствующими приращениями, следя за тем, чтобы суммы поправок в ΔX и ΔY равнялись невязке соответственно f_x или f_y с противоположным знаком. Исправленные приращения записывают в графы 9 и 10; суммы исправленных приращений координат должны быть равны соответственно $\Sigma \Delta X_T$ и $\Sigma \Delta Y_T$.

Примечание. Исходные данные в задании подобраны так, чтобы невязка $\Delta d/\Sigma d$ получалась допустимой. Если эта величина окажется больше $1/2000$, значит в вычислениях допущена ошибка. *Чаще всего встречаются следующие ошибки: при вычислении дирекционных углов; при переводе дирекционных углов в румбы; в знаках приращений ΔX и ΔY ; при вычислении приращений координат.*

Вычисление координат точек съемочного обоснования. Координаты точек получают путем последовательного алгебраического сложения координат предыдущих точек хода с соответствующими исправленными приращениями:

$$X_1 = X_{512} + \Delta x_{512-1}; \quad X_2 = X_1 + \Delta x_{1-2} \text{ и т.д.}$$

Контролем правильности вычислений являются полное соответствие полученных по формулам координат конечных точек и исходных координат этих же точек.

Вычисление высот точек съемочного обоснования. Исходными данными для вычисления высот точек являются известные высоты пунктов полигонометрии 512 и 513 и превышения, полученные в результате технического нивелирования (приложение 1). Примеры заполнения ведомостей вычислений высот точек теодолитных ходов приведены в таблицах 5.3 и 5.4.

Вычислительные действия по уравниванию превышений аналогичны действиям по уравниванию горизонтальных углов и приращений координат, т.е.

- находят невязку в превышениях $f_h = \Sigma h_{сп} - (N_{кон} - N_{нач})$;
- сравнивают полученную невязку с допустимым значением $f_{h_{доп.}} = 30 \text{ мм} \sqrt{L}$;
- если невязка не превышает допустимого значения, вводят поправки $b_h = -f_h/n$;
- выполняют контроль $\Sigma b_h = -f_h$ и $\Sigma h_{испр.} = N_{кон} - N_{нач}$;
- вычисляют высоты связующих точек $H_{i+1} = H_i + h_{испр.}$.

Таблица 5.3 – Ведомость вычисления высот точек теодолитного хода
(от пп 512 до пп 513)

№ точки	Среднее превышение, мм	Поправки мм	Исправленное превышение мм	Высота точки Н, м	Примечание
1	2	3	4	5	6
512				208,758	
1	-0546	+2	-0544	208,214	
X ₁	+0785	+2	+0787	209,001	
2	+0812	+2	+0814	209,815	
X ₂	+1456	+2	+1458	211,273	
X ₃	+2607	+2	+2609	213,882	
пп513	-1006	+2	-1004	212,878	

$$\sum h_{cp.} = +4108$$

$$\sum h_{испр.} = +4120$$

$$fh = \sum h_{cp.} - (H_K - H_H) = +4120$$

$$fh_{доп.} = \pm 30 \text{ мм} \sqrt{L(\text{км})}$$

$$fh = -0012$$

$$fh_{доп.} = \pm 16 \text{ мм} \geq fh$$

Таблица 5.4 – Ведомость вычисления высот точек D1, D7

№ точки	Среднее превышение, мм	Поправки мм	Исправленное превышение мм	Высота точки Н, м	Примечание
512				208,758	
X ₁	+1805		+1805	210,563	
D ₁	+1278	-1	+1277	211,840	
D ₇	+0482	-1	+0481	212,321	
X ₂	-0529	-1	-0530	211,791	
X ₃	-1782	-1	-1783	210,008	
пп512	-1250		-1250	208,758	

$$\sum h_{cp.} = +0004$$

$$\sum h_{испр.} = 0$$

$$fh = \sum h_{cp.} = +0004$$

$$fh_{доп.} = \pm 30 \text{ мм} \sqrt{L(\text{км})}$$

$$fh = +0004$$

$$fh_{доп.} = \pm 25 \text{ мм} \geq fh$$

2 Вычислительная обработка журналов топографических съемок (нивелирования по квадратам и тахеометрической съемки)

Нивелирование по квадратам представляет собой наиболее простой вид топо съемки и выполнено на открытой местности со слабо выраженным рельефом. Построение сетки квадратов на местности осуществлялось теодолитом и лентой от линии теодолитного хода D1-D7 (рис. 5.2). Стороны квадратов приняты равными 40 метров. Привязка сетки квадратов к пунктам геодезической сети с целью построения топоплана в принятой системе координат выполнена прокладкой теодолитно-нивелирного хода. В учебном задании таким ходом является теодолитный ход от пункта 513 до пункта 512 через точки D7 и D1. Высотная привязка точки D1 и D7 выполнена замкнутым нивелирным ходом от пункта 512 до точки D7 и обратно без дополнительного контроля высот.

	1508	0925	0428	0156	
	242,16	242,74	243,24	243,51	7
	1547	1055	0737	0195	
	242,12	242,61	242,93	243,47	6
	2166	1537	1076	0675	
	241,50	242,13	242,59	242,99	5
2707	1504	1118	0866	0257	
240,96	242,16	242,55	242,80	243,41	4
1747	1168	0685	0264	0118	
241,92	242,50	242,98	243,40	243,55	3
2678	1647	1025	0523	0206	
240,99	242,02	242,64	243,14	243,46	2
2987	2005	1368	0908	0464	
240,68	241,66	242,30	242,76	243,20	1
A	B	C	D	E	
+	$H_{D1} =$	243,236	+	$H_{D1} =$	242,755
	$a_{D1} =$	0428		$a_{D1} =$	0908
	<hr/>	ГП = 243,664		<hr/>	ГП = 243,663
		ГПср = 243,664м			

Рис. 5.2 – Журнал-схема нивелирования по квадратам (a=40 м)

В журнале-схеме записаны отсчеты в мм только по черной стороне рейки, поставленной на землю, поочередно у каждой вершины квадратов. Вычисленные высоты следует выражать в метрах с округлением до 0.01 м.

Плановое положение границы леса и пашни определено линейными промерами от вершин квадратов. Высоты вершин квадратов получают из геометрического нивелирования

$$H_i = \text{ГП} - b_i,$$

где ГП - горизонт прибора $\text{ГП} = (\text{ГП}_1 + \text{ГП}_2)$; $\text{ГП}_1 = H_{D7} + 0,428$; $\text{ГП}_2 = H_{D1} + 0,908$;
 b_i - отсчет по рейке горизонтальным лучом визирования в метрах.

Обработка тахеометрического журнала. Пример вычислительной обработки журнала тахеометрической съемки на станции 1 (рис. 5.3) приведен в табл. 5.1 и в электронных таблицах Excel и Open Office (www.bntu.by/ФТК/кафедра инженерной геодезии/документы/Полевые журналы). В этом журнале и таблицах плановое положение характерных (речных) точек местности определяется полярным способом от линии теодолитного хода, а их высотное положение определяется одним из двух методов: геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

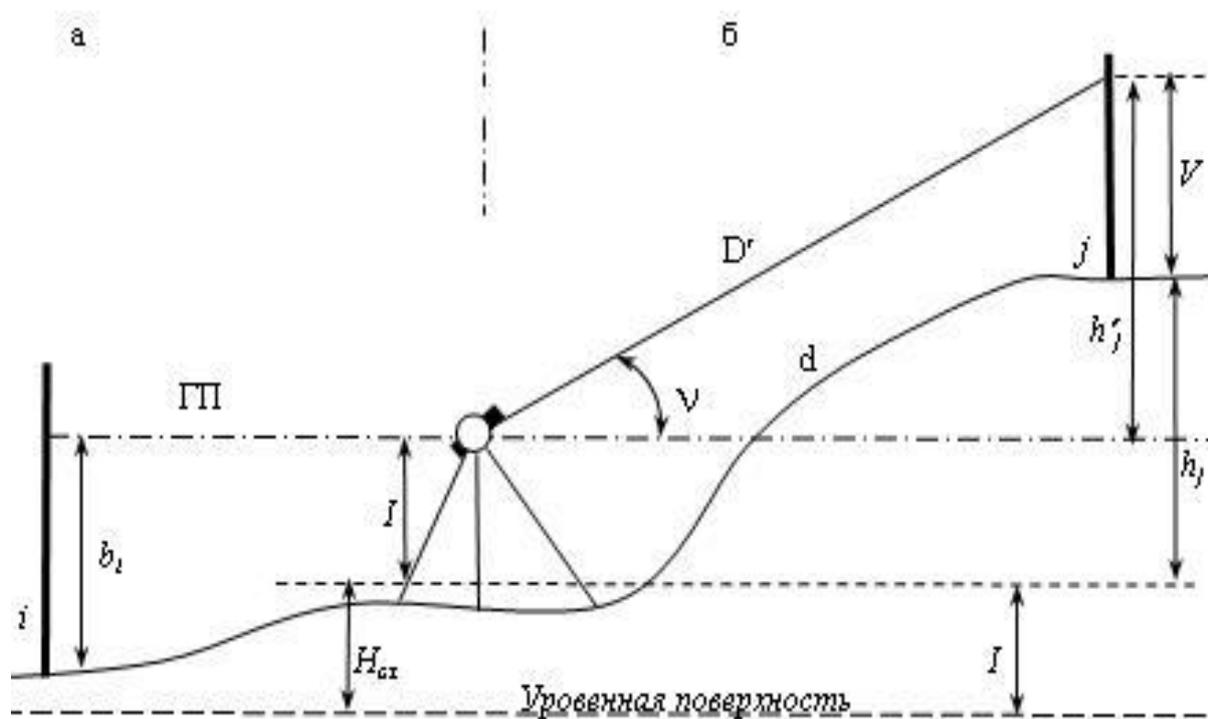


Рис. 5.3 – Схема геометрического (а) и тригонометрического (б) нивелирования: $H_{ст}$ - высота станции; l - высота прибора; i - номер речной точки, высота которой определяется геометрическим нивелированием; j - номер точки, высота которой определяется тригонометрическим нивелированием; b_i - отсчет по черной стороне рейки горизонтальным лучом; ГП - горизонт прибора; D' - расстояние от станции до речной точки, определяемое по нитяному дальномеру; V - высота наведения; v - угол наклона на точку визирования; h' - «неполное» превышение; h - «полное» превышение.

Таблица 5.1 - Журнал тахеометрической съемки

Станция 1. Ориентирование на точку 2

Высота станции $H_1 = 239,13$ м

Дата 16.03.2016

Высота прибора $i_1 = 1,48$ м

Наблюдения при КЛ

Горизонт прибора = 240,61 м

$$MO = \frac{Л + П}{2} = \frac{+7^{\circ}21' - 7^{\circ}23'}{2} = -0^{\circ}01'$$

Но- мер точ- ки	Рас- стоя- ние по даль- номеру, м	Гори- зон- таль- ное про- ложе- ние, м	Отсчет по			Угол накло- на, °	Высота наведе- ния, м	Непол- ное превы- шение, м	l-V	Пол- ное превы- шение, м	Высота точки, м
			горизон- тальному кругу, °	рейке, м	верти- каль- ному кругу, °						
	D'	d	β	b	КЛ	v	V	h'	$l-V$	h	H
1	2	3	5	4	6	7	8	9	10	11	12
т. 2	106		0° 00'								240,72
1	109		201° 30'								
2	80		244° 15'								
3	78		306° 05'								
4	63		312° 35'	2,07	МО						238,54
5	57		266° 40'	2,12	МО						238,49
6	62		225° 00'	2,12	МО						238,49
7	39	38,9	254° 05'		2° 36'	2° 37'	1,48	1,78	0	1,78	240,91
8	26		224° 45'	1,97	МО						238,64
9	44		217° 30'	2,12	МО						238,49
10	69	69,0	201° 10'		-0° 34'	-0° 33'	1,48	-0,66	0	-0,66	238,47
11	95	95,0	185° 30'		-0° 28'	-0° 27'	1,48	-0,75	0	-0,75	238,38
12	65		166° 00'	0,62	МО						239,99
13	32		168° 45'	0,57	МО						240,04
14	9		344° 30'	1,83	МО						238,78
15	34		308° 10'	1,58	МО						239,03
16	47		345° 35'	1,26	МО						239,35
17	63		32° 45'	1,39	МО						239,22
18	40	40,0	66° 10'		1° 30'	1° 31'	1,48	1,06	0	1,06	240,19
19	40	39,9	109° 10'		2° 37'	2° 38'	1,48	1,83	0	1,84	240,97
т. 2	106		0° 00'								240,72

При геометрическом нивелировании способом "вперед" сначала определяют горизонт прибора на станции $ГП = H_{ст} + I$. Затем устанавливают на вертикальном круге теодолита отсчет равный $МО$, в этом случае зрительной трубы принимает горизонтальное положение. Высоты речных точек вычисляют по формуле

$$H_i = ГП - b_i,$$

где b_i - отсчеты по рейке при горизонтальном визировании.

При тригонометрическом нивелировании реечных точек при КЛ наводят среднюю нить сетки на отсчет V_j (для упрощения последующих вычислений по возможности отсчет V_j должен быть равен высоте прибора I), снимают отсчет L по ВК и вычисляют угол наклона

$$v = L - MO.$$

Наклонное расстояние D от прибора до реечной точки определяют по штриховому (нитяному) дальномеру. Так как вертикально (отвесно) установленная рейка не перпендикулярна визирному лучу на величину угла наклона v , то

$$D = D' \cos v, \quad d = D' \cos^2 v,$$

где D' - расстояние, определяемое по штриховому дальномеру и отвесно установленной рейке.

Тогда из прямоугольного треугольника (см. схему геометрического и тригонометрического нивелирования), у которого определены D и v , так называемое "неполное" превышение

$$h' = D \sin v = D' \cos v \sin v = (1/2)D' \sin 2v$$

или

$$h' = d \operatorname{tg} v = D' \cos^2 v \sin v / \cos v = (1/2)D' \sin 2v.$$

На равнинной местности при углах наклона $v < 5^\circ$ "неполное" превышения можно вычислять по приближенной формуле:

$$h' = D' \sin v.$$

Высоты реечных точек, определяемых тригонометрическим нивелированием, вычисляются по формуле:

$$H_j = H_{\text{ст}} + h' + I - V_j.$$

Если высота наведения V_j равна высоте прибора I , то формула вычисления высот упрощается

$$H_j = H_{\text{ст}} + h'.$$

Вычисление места нуля вертикального круга и углов наклона. Из отсчетов по вертикальному кругу при «круге лево» (КЛ) и «круге право» (КП) на четко видимую, находящуюся под углом к горизонту, точку вычисляют место нуля (МО). Для оптического теодолита 2Т30, которым была выполнена тахеометрическая съемка (см. журнал тахеометрической съемки на станции 1)

$$MO = (KL + KP) / 2 = (+7^\circ 21' - 7^\circ 23') = -0^\circ 01'.$$

Углы наклона v на реечные точки (см. абрисы тахеометрической съемки) вычисляют по формуле

$$v = KL - MO$$

и записывают со своим знаком (плюс или минус). Например, при наблюдении со станции 1 на речную точку 7 угол наклона

$$v = 2^{\circ}36' - (-0^{\circ}01') = +2^{\circ}37'.$$

Вычисление горизонтальных проложений и превышений. В журнале тахеометрической съемки вычисление горизонтальных проложений d (графа 3) от станции до речных точек производят по значениям расстояний D' (графа 2) , полученных по нитяному дальномеру:

$$d = D' \cos^2 v.$$

Значения горизонтальных проложений d записывают в графу 3 журнала с округлением до десятых долей метра. Если угол наклона меньше 2° , то горизонтальное проложение принимают практически равным измеренному расстоянию.

Вычисленные значения h' записывают в графу 9 с округлением до сотых долей метра. В графу 11 записывают значения превышений h . Если при визировании на точку труба наводилась на высоту, равную высоте прибора ($V = 1$), то $h = h'$ и значение превышения из графы 9 без изменения переписывают в графу 11,

В качестве примера вычисления горизонтального проложения и полного превышения на станции 1 в журнале использованы результаты измерений по нитяному дальномеру и вертикальному кругу на речную точку 7 при наведении средней нити на отсчет $V = 1,48$ м. Полученный при этом угол наклон $v = +2^{\circ}37'$, а «неполное» и полное превышения равны $+1,78$ м. Данные в графах 1-11 журналов тахеометрической съемки будут общие для всех студентов, а высоты станций и речных точек каждый студент находит самостоятельно.

Вычисление высот станций и речных точек. Высоты станций (точек съемочного обоснования, с которых производилась тахеометрическая съемка) в журнал выписывают из ведомости вычисления высот точек теодолитных ходов, а высоты речных точек на каждой станции при тригонометрическом нивелировании вычисляют путем алгебраического сложения отметки данной станции с соответствующим превышением. В случаях, когда отсчет по вертикальному кругу равен МО, от горизонта прибора на станции вычитают отсчет по рейке горизонтальным лучом визирования (графа 5) и получают высоту речной точки. Полученные высоты записывают в графу 12. Контроль правильности вычислений в журнале на этом этапе работы можно выполнить только повторными вычислениями, а по окончании работы - по характеру рельефа на топографическом плане.

3 Составление топографического плана участка по результатам теодолитной, тахеометрической съемок и нивелирования по квадратам

Построение координатной сетки. Способы построения сетки квадратов подробно описаны в литературе и лабораторной работе 3. Если для построения сетки используется линейка Ф.В. Дробышева, то удобнее взять лист размерами не менее 60 X 60 см. Необходимое количество квадратов сетки рассчитывают,

исходя из полученных значений координат точек теодолитных ходов. Построение координатной сетки необходимо тщательно проконтролировать: циркулем-измерителем сравнивают между собой диагонали квадратов. Расхождения в их длинах допускаются не более 0,2 мм; если расхождения получаются больше, сетку строят заново. Координатную сетку оцифровывают так, чтобы положительное направление оси абсцисс совпадало с направлением на север (верх листа), положительное направление оси ординат – на восток (направо), а точки съемочного обоснования размещались примерно в середине листа бумаги. В первом приближении при эскизном, предварительном нанесении на план точек съемочного обоснования и сетки квадратов оцифровку сетки можно принять в соответствии с прилагаемым примером (рис. 5.4), а в последующем оцифровку возможно необходимо будет изменить для более компактного расположения на плане элементов ситуации и рельефа местности.

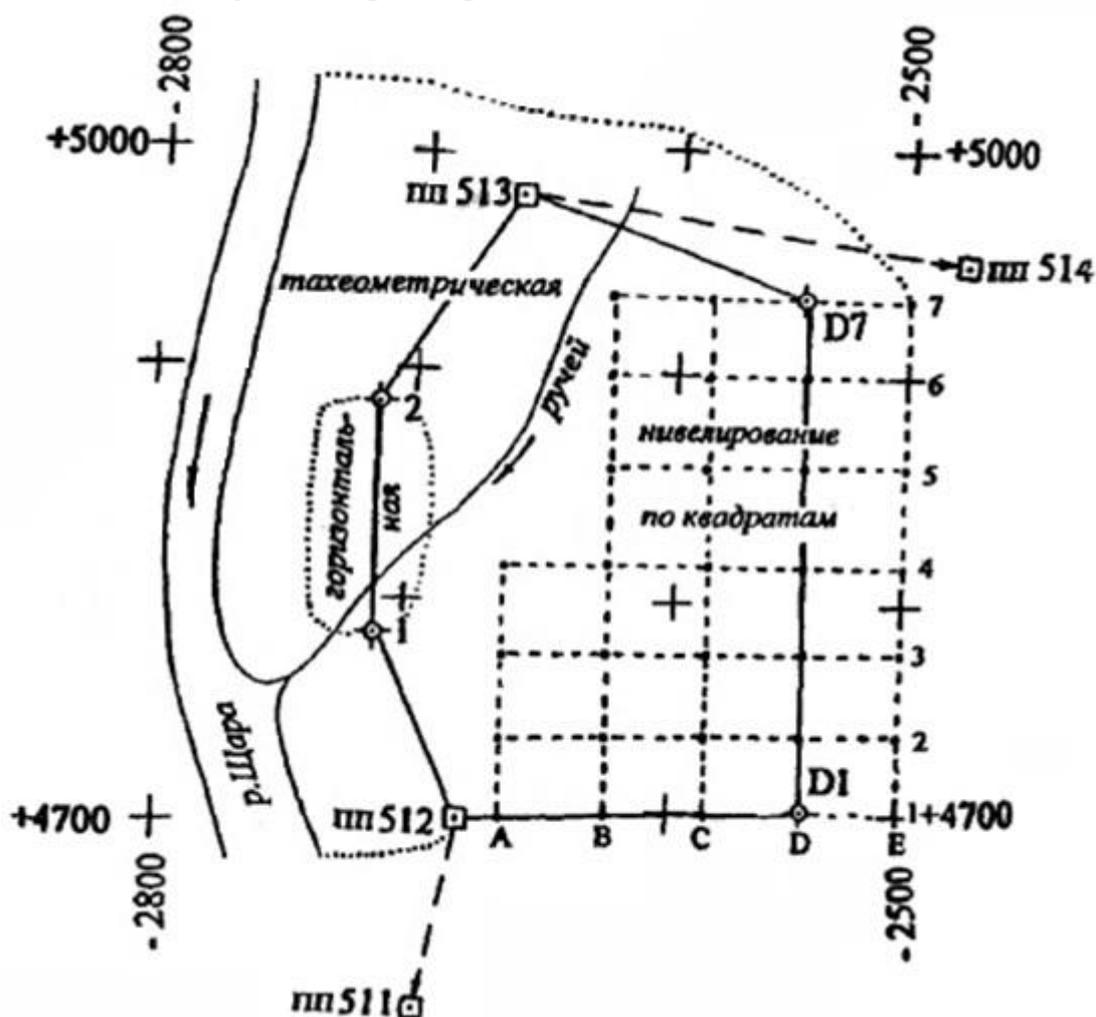


Рис.5.4 – Пример оцифровки координатной сетки

Построение на плане точек съемочного обоснования по их координатам. Нанесение точек выполняют с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Сначала выясняют, в каком из оцифрованных квадратов сетки должна находиться эта точка. Затем от горизонтальной стороны данного квадрата откладывают необходимые отрезки абсциссы точки, соединяют их концы

линией, по которой измерителем от вертикальной стороны квадрата откладывают необходимый отрезок ординаты этой же точки и наколом иглы измерителя обозначают положение её на плане. Аналогично наносят все остальные точки съёмочного обоснования, а для проверки измеряют на плане расстояния между ними и сравнивают их с величинами, соответствующими горизонтальным проложениям, записанным в координатной ведомости. Допускается расхождение до 0,3 мм.

Полученные точки съёмочного обоснования должны быть обозначены слабым наколом иглы циркуля-измерителя и обведены окружностями диаметром 1,5 мм; внутрь этих окружностей никакие линии проводить нельзя. Рядом записывают в виде дроби: в числителе - номер точки, а в знаменателе - её отметку с округлением до сотых долей метра.

Для нанесения на план элементов ситуации используют абрис - схематический чертеж местности с указанием результатов натуральных измерений от линии теодолитного хода между точками 1-2 (приложение Е). Попутно с нанесением ситуации на план надо усвоить название способов теодолитной съёмки (прямоугольных и полярных координат, угловой и линейной засечек, створа и обмера). При съёмке способом прямоугольных координат, положение точки 1 определено координатами $X = 72.4$ м, $Y = 9.8$ м от линии теодолитного хода 1-2. Приложив нулевой штрих рулетки к углу дома (точка 1), на ленту расположенную на линии 1-2 теодолитного хода опускают перпендикуляр и отсчитывают его длину по рулетке (9.8 м), по ленте - расстояние от пункта 1 съёмочного обоснования до основания перпендикуляра (72.4 м). Перпендикуляры длиной до 4...8 в зависимости от масштаба съёмки восстанавливаются визуально, а при использовании эккера могут быть увеличены примерно в пять раз. Эккер - прибор для построения на местности прямых углов.

Способом линейных засечек определено положение второго угла дома (точки 2). Для этого на местности измерено расстояния 10.6 и 9.8 м от опорных точек на линии с абсциссами соответственно 54.1 и 64.0. Угол дома на плане окажется в точке пересечения дуг с радиусами измеренных расстояний.

Способом угловой засечки на плане может быть получена точка 3. Для этого измерены теодолитом углы 33 35' и 65 05'.

Способ полярных координат предусматривает измерение на местности (точка 4) полярного угла (70 00') и его стороны (35.3 м).

Способ створа (вертикальная плоскость через две точки) использован при съёмке точки пересечения ручьем линии теодолитного хода (точка 5). Расстояние (10.5 м) измерено по створу от пункта 1.

Способ обмера элементов ситуации применяют для контроля полевых измерений и графических построений на плане.

Нанесение на план речных точек. Речные точки наносят на план с помощью циркуля-измерителя, масштабной линейки и транспортира. Данные для нанесения берут из тахеометрического журнала на станции 1 или 2.

Приемы нанесения на план речных точек рассмотрены в лабораторной работе № 6 и в учебной литературе.

При тахеометрической съемке на станции 1 нулевой отсчет на горизонтальном круге теодолита был ориентирован по направлению на следующую станцию 2 (отсчет по горизонтальному кругу в направлении на станцию 2 равен $0^{\circ} 00'$). С помощью транспортира вправо (по ходу часовой стрелки) от направления линии 1-2 откладывают горизонтальные углы (отсчеты по горизонтальному кругу), измеренные при визировании на речные точки 1, 2, ...21 (см. абрис на станции 1). Получив на плане направления на эти речные точки, от станции 1 по ним откладывают в масштабе 1:1000 значения соответствующих горизонтальных расстояний (графа 3). Так как план составляется в масштабе 1:1000, точность которого 0,1 м, длины откладываемых отрезков мысленно округляют до 0,1 м. При съемке со станций 2 лимб ориентировали по направлению на точку 513. Поэтому при нанесении речных точек $1'$, $2'$, ..., $23'$ на план горизонтальные углы на этих станциях надо откладывать по часовой стрелке от направления 2-513. Нанесение речных точек на план удобно выполнять с помощью топографического тахеографа (рис. 5.2). Для этого центр тахеографа (нуль линейки) совмещают на плане со станцией и прикалывают иглой. Вращая по ходу часовой стрелки вокруг иглы, устанавливают значение горизонтального угла на речную точку относительно направления на соседнюю станцию, на которую ориентировали нуль горизонтального круга при съемке. Затем по линейке в соответствии с масштабом откладывают расстояние и накалывают речную точку.

Нанесенную на план речную точку обозначают слабым наколом иглы измерителя и обводят окружностью диаметром 0,6 мм. Рядом карандашом подписывают в виде дроби номер точки и ее отметку с округлением до десятых долей метра. Речные точки 1, 2, 3 (на станции 1) и $9'$, $10'$ (на станции 2), которые определяют только плановое положение берега реки Щара, отметок в журналах не имеют и поэтому на плане подписывают только их номера.

Изображение элементов ситуации на плане. Рисовку элементов ситуации производят в масштабе 1:1000 по абрисам тахеометрической съемки (см. полевые журналы). Вначале рекомендуется нанести элементы гидрографии – реку Щару и ручей, которые являются определяющими при изображении горизонталями рельефа местности.

Рисовка рельефа на плане. По отметкам станций и речных точек на плане проводят горизонтали с сечением рельефа через 1 м. Следы горизонталей следует отыскивать графической интерполяцией; ее выполняют только между соседними речными точками, расположенными с одной стороны ручья и реки. Интерполяция между двумя речными точками, расположенными с двух сторон ручья не допускается. Интерполяция по намеченным линиям может производиться любым из способов, описанных в учебной литературе. Наиболее приемлемым для студентов является *графический способ*, который предусматривает использование палетки, представляющей собой прозрачный лист бумаги или кальки с нанесенным рядом параллельных линий (горизонталей) через 5...10 мм друг от друга. Подписав на палетке отметки горизонталей, которые необходимо провести, и, поворачивая палетку на плане, совмещают точки с отметками с

горизонталями на палетке, продавливают карандашом их на план.

Найденные интерполяцией следы одноименных горизонталей соединяют плавными кривыми и таким образом получают горизонтали. Ручей горизонтали пересекают под прямым углом, огибают ручей, подчеркивая тем самым его значение как водосборной линии. Отметки горизонталей, кратные 5 м, подписывают в разрывах горизонталей; при этом верх цифр должен быть обращен в сторону повышения рельефа местности. На некоторых горизонталях ставят бергштрихи в направлениях характерных, орографических (водораздельных и водосборных) линий рельефа; бергштрих обязательно ставят на каждой замкнутой горизонтали. Через контуры зданий и грунтовой дороги горизонтали не проводят.

Построение графика заложений по уклонам. В свободной части плана строят график заложений для уклонов. Задаваясь уклонами от 0,01 до 0,08 и высотой сечения рельефа равной 1 м, вычисляют соответствующие им заложения. Исходной формулой для вычисления является формула уклона $i = h/d$, где i - уклон; h - превышение (в нашем случае - высота сечения рельефа); d - заложение. При $h_c = 1.0$ м, имеем

$i, ‰$	80	60	40	30	20	10
$d, м$	12.5	16.7	25	33.3	50	100

При построении графика на горизонтальной прямой откладывают произвольной величины равные отрезки и надписывают величины уклонов. Из полученных точек вверх по вертикали откладывают соответствующие уклонам величины заложений в масштабе плана. Соединив точки плавной линией, получают график заложений по уклонам, который используют при определении и построении уклонов линий.

Оформление топографического плана. Все контуры и рельеф, изображаемые на плане, вычерчивают в соответствии с «Условными знаками...» [12]. При этом необходимо тщательно выдерживать очертания и размеры, а также порядок размещения значков, приведенных в "Условных знаках..." для масштаба 1:1000. Все построения и надписи выполняют тонкими линиями. Вспомогательные построения на плане не показывают. Береговые линии реки, ручей и маленькие окружности, обозначающие речные точки, в которых были определены отметки уреза воды, вычерчивают зеленым цветом. При вычерчивании элементов рельефа горизонтали отображают коричневым цветом (жженой сиейной). Обычная толщина горизонталей должна быть 0,1 мм, а горизонтали с отметками, кратными 5 м, утолщают в 2,5 раза. Отметки горизонталей, кратные 5 м, подписывают в разрывах горизонталей; это делается тоже коричневым цветом (в отличие от отметок речных точек и станций, выписываемых черным цветом). Все остальные линии, условные знаки и надписи выполняют черным цветом.

Образцы оформления учебного топографического плана участка на берегу реки Щара приведены в [10] и на различных сайтах, например, www.dwg.ru и www.vk.com/inj.geod/docs.

VI. Автоматизация расчетно-графических работ

1 Использование электронных таблиц для вычисления координат и высот точек съемочного обоснования и характерных точек местности

В настоящее время компьютерные технологии составления крупномасштабных топографических планов имеют революционное научно-техническое значение по достигнутым результатам и их последующем использовании при автоматизированном проектировании различных объектов.

Поэтому, использование доступных программных средств автоматизации расчетно-графических работ по геодезии является актуальным и своевременным. Для автоматизации трудоемких вычислительных расчетов при обработке полевых топографо-геодезических измерений, а также закрепления теоретических знаний по информатике и инженерной геодезии, предложено учебные полевые журналы и ведомости вычисления координат стандартной формы обрабатывать с помощью электронных таблиц (Microsoft Excel или Calc OpenOffice).

Наглядное, комплексное решение по вычислительной обработке учебных полевых топографо-геодезических журналов выполнено в электронных таблицах и приведено на сайте БНТУ (www.bntu.by/ФТК/Кафедра инженерной геодезии/Документы/Полевые журналы), где последовательно выполняется уравнивание углов, превышений, приращений координат; оценка точности полевых измерений, вычисление координат и высот точек съемочного обоснования, нивелирования по квадратам и тахеометрической съемки. Несмотря на то, что исходные данные в каждом варианте различны, но их количество, расположение и структура одинаковы. Задача свелась к созданию совокупности электронных таблиц, которые внешне выглядят так же как и полевые журналы, но вычисления – автоматизированы с помощью записи необходимых формул в ячейки, где производится обработка данных. Необходимыми исходными данными для вычислений по известным геодезическим формулам являются варианты значения координат пунктов полигонометрии и дирекционных углов начального и конечного направлений (всего шесть цифровых значений) и содержание всех таблиц автоматически пересчитывается для каждого варианта. Так как результаты вычислений при создании съемочного обоснования, тахеометрической съемке и нивелировании по квадратам используются для построения топографического плана с помощью средств AutoCAD дополнительно формируется еще одна таблица, в которой приведены номера всех 73 точек (6 точек съемочного обоснования, 37 речных точек тахеометрической съемки с двух станций и 30 точек нивелирования по квадратам), их прямоугольные координаты и высоты.

2 Построения точек и горизонталей топоплана средствами AutoCAD

Для автоматизированного построения точек на топоплане разработана программа PAS.lsp на языке AutoLISP (приложение А). Номера пикетных точек, их отметки, наименование станций, горизонталы и другие элементы для удобства работы размещаются в разных слоях и в последующем могут редактироваться средствами AutoCAD.

Построение всех точек съемочного обоснования, вершин квадратов (по результатам геометрического нивелирования) и речных точек тахеометрической съемки выполняется автоматически. Программа PAS по координатам точек из текстового файла рисует кружочки и подписывает номера точек (N) и их отметки (H) ([www.bntu.by/факультет транспортных коммуникаций/кафедра инженерной геодезии/документы/полевые журналы](http://www.bntu.by/факультет%20транспортных%20коммуникаций/кафедра%20инженерной%20геодезии/документы/полевые%20журналы)). Текстовый формат исходных данных, полученных из электронной таблицы, должен иметь цифровой (без букв), следующий вид (N X Y H), например:

512 4780.03 -2425.04 234.24

100 4759.96 -2615.18 231.79

.....

20 4716.92 -2530.71 230.62

21 4712.95 -2497.53 232.21 и т.д.

При построении всех точек создается три слоя, в которых размещены номера, отметки точек и их отображения, которые при необходимости можно редактировать послойно. Для этого в программе AutoCAD выбираем команду Сервис – AutoLISP – Приложения и загружаем программу PAS.lsp. В командной строке набираем название приложения – PAS. В появившемся окне выбираем ранее сохраненный файл с нашими данными (N X Y H), например Щара7.txt, для считывания координат. Все точки, в соответствии со своими координатами появляются на экране. Теперь, используя инструменты AutoCAD (соединение полилинией в соответствии с абрисами берегов реки и ручья, сглаживание, визуальная интерполяция и проведение горизонталей и т.д.) выполняем нужные построения (рис. 6.1).

Зарамочное оформление топографического плана в автокаде выполняем следующим образом:

1. Определяем на плане координаты точки вставки готового блока "Зарамочное оформление", например, юго-западного угла плана с учетом последующих построений.

2. В отдельном окне открываем образец зарамочного оформления, выделяем все и копируем с базовой точкой вставки, которую выбираем в юго-западном углу координатной сетки.

3. Открываем окно с нашим планом и вставляем блок по набранным координатам юго-западного угла координатной сетки плана.
4. Исправляем подписи координатной сетки в соответствии с координатами нашего плана и фамилию исполнителя.

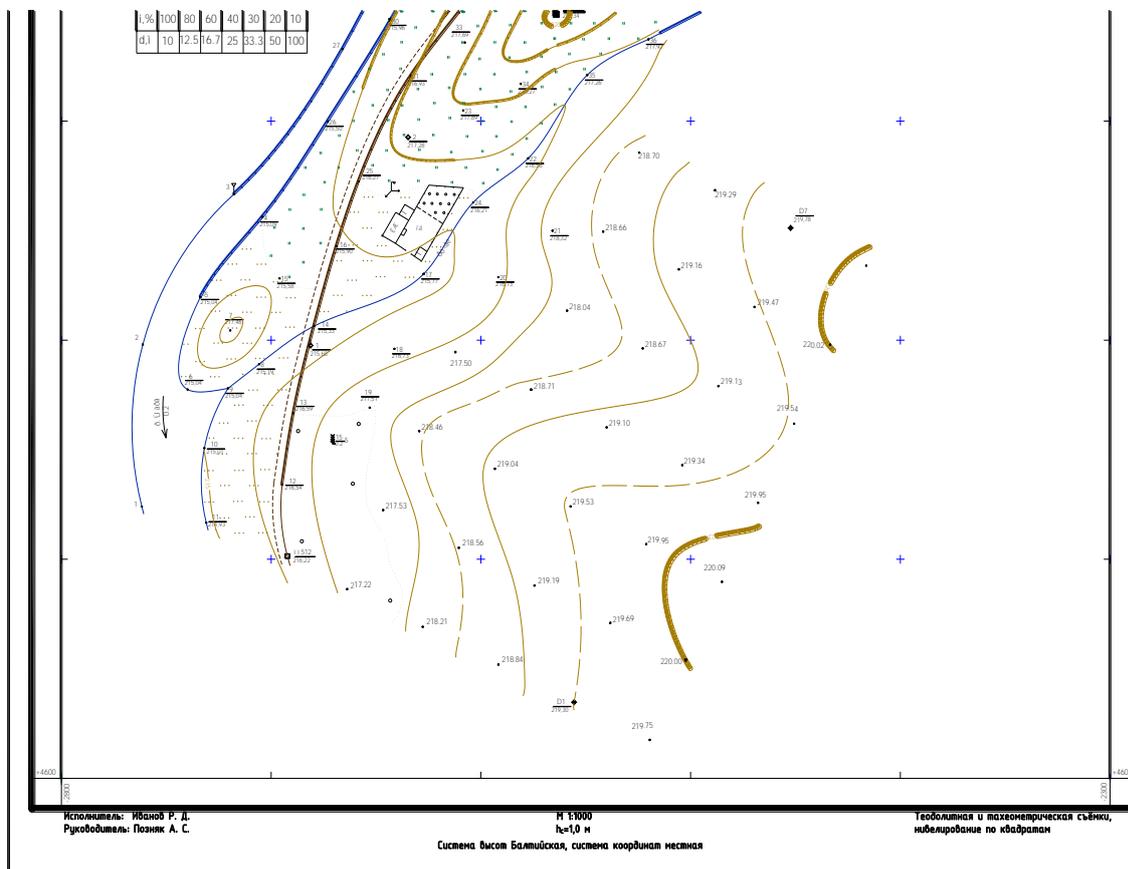


Рис.6.1 - Фрагмент учебного топографического плана с элементами зарамочного оформления

3 Автоматизация вычислительной и графической обработки результатов тахеометрической съемки средствами Pascal и AutoCAD

Рассмотрим еще один способ построения топографического плана. На этот раз с помощью средств Pascal и AutoCAD. На языке Pascal составлена программа (приложение Б), которая автоматически вычисляет координаты точек теодолитного хода и оценивает результаты полевых измерений при вводе количества точек, начального и конечного дирекционных углов, координат исходных пунктов, значений измеренных углов и длин линий. Пример файла исходных данных приведен на рис. 6.2.

нажимаем Сервис-AutoLISP-приложения - PAS.lsp. В командной строке прописываем PAS и нажимаем ENTER. В появившемся окошке выбираем сохранённый файл для считывания координат. Нажимаем Открыть. Все точки теодолитного хода в соответствии со своими координатами появляются на экране.

Далее переходим к построению точек тахеометрической съёмки. Запускаем приложение TAXEO.lsp (приложение В) при помощи команд: Сервис-AutoLISP-приложения. В командной строке набираем TAXEO, вводим данные конкретной станции и всех пикетов, измеренных с этой точки. И так последовательно вводим все станции и все точки тахеометрической съёмки. В результате получаем, что все точки тахеометрической съёмки построены в соответствии со своими координатами и высотами, которые не пришлось высчитывать вручную. Основа плана готова, т.е. все точки построены. Дальнейшая работа – проведение горизонталей, нанесение элементов ситуации, условных знаков и т.д.

Использованные программы успешно апробированы во время учебной геодезической практики, одним из основных элементов которой являлись работы по составлению топоплана (рис. 6.4). Благодаря рассмотренным программам можно вычислить погрешности измерений, быстро узнать об ошибках и возможной необходимости выполнять повторные полевые работы.

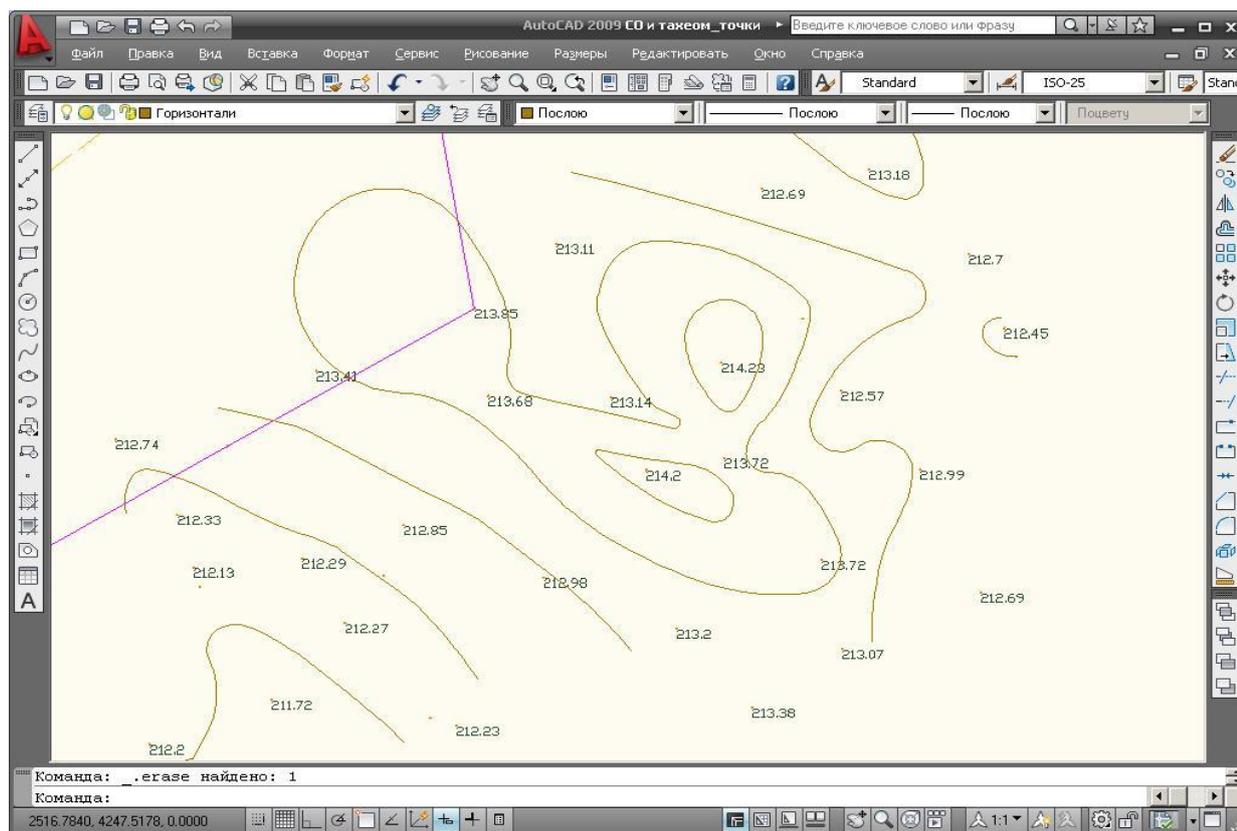


Рис.6.4- Фрагмент учебного топографического плана, построенного в автокаде

Алгоритмы, которые используются при разработке средств автоматизации, многократно проверялись в процессе разработки на наличие скрытых ошибок, что позволило довести надежность процесса вычислений до необхо-

димого уровня. Их применение значительно сократило время работы и несомненно повысило качество учебных топографических планов.

4 Алгоритм использования программы «Планировка» для построения ЦМР

Используя программу «Планировка» можно повторно в новом слое строить характерные точки местности и автоматизировано рисовать горизонтали по треугольникам. Приложение «Планировка» распространяется бесплатно. Для установки приложения «Планировка» необходимо разархивировать (<http://dwg.ru/dnl/6362>) и скопировать папку Elevation 0.2 на локальный диск компьютера. Данная папка содержит все необходимые для работы приложения файлы и указания по их применению. Приложение поддерживает импорт точек из текстового файла и из точек AutoCAD.

Из текстового файла – функция импорта точек из текстового файла. Настройки по импорту точек и предварительный просмотр файла осуществляются в окне Импорт точек из текстового файла (рис.6.5).

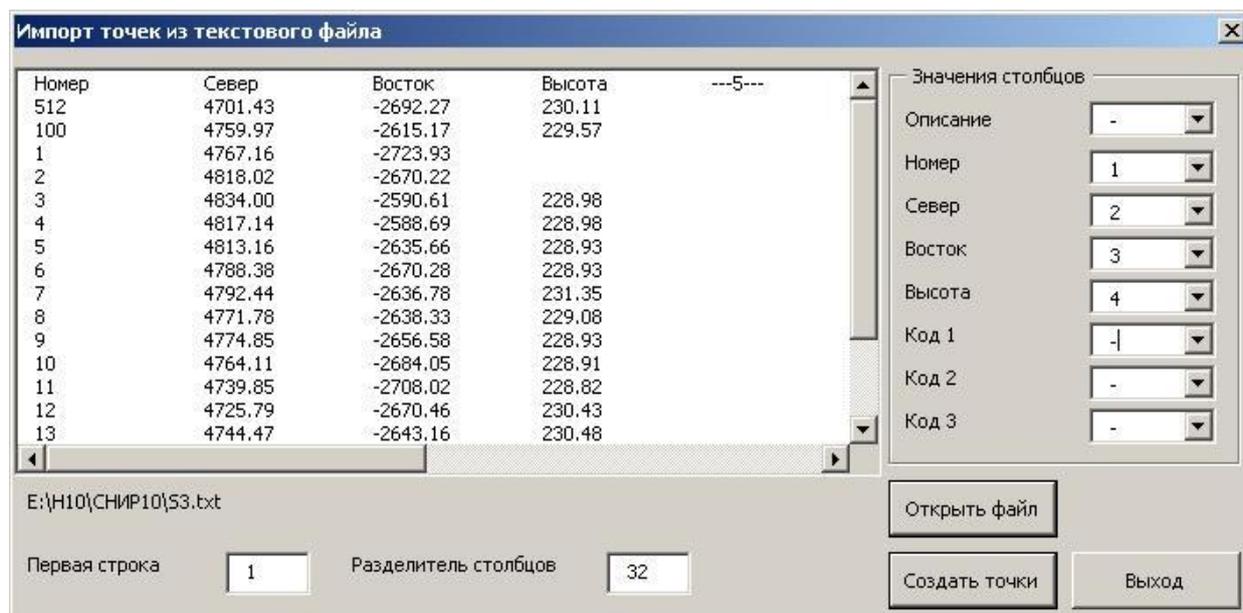


Рис.6.5- Импорт точек из текстового файла

Файл должен состоять из строк, каждая из которых описывает одну точку. В каждой строке записаны координаты точки, ее описание, номер, код и т.п. Значения (столбцы) разделяются между собой с помощью некоторого символа (указывается в поле Разделитель столбцов в виде кода символа или непосредственно вводится сам символ). Порядок столбцов может быть любым, но одинаковым для всего файла. Значение каждого столбца указывается в полях Значения столбцов. Разделителем целой и дробной части для действительных чисел может быть либо точка, либо запятая. Символы разделителя целой и дробной части и разделитель столбцов должны быть различны. Перед строками с описанием точек, может располагаться произвольное количество строк со служебной

информацией. Данные строки будут пропущены. Номер строки, с которой необходимо начать чтение точек, задается в поле Первая строка. Описание каждой точки состоит из 6 столбцов, разделенных пробелом и обозначающих номер точки, северную и восточную координаты, высоту, описание и код точки соответственно.

По умолчанию в качестве блока для отображения точек используется блок `m_point_01`. На основе данного блока можно создать любой другой блок и указать его в качестве блока для вставки точек (Планировка – Настройка – Параметры создания новых точек: Имя блока для вставки точки). Главное, чтобы созданный блок содержал те же атрибуты, что и блок `m_point_01`.

Предусмотрено три способа выбора слоя, в который будут вставлены созданные точки:

1. Текущий – точки будут вставлены в текущий слой
2. По описанию точки – точки будут вставлены в слой, имя которого соответствует описанию точки. Если описание точки содержит строку, которая не может быть именем слоя, то точка будет вставлена в текущий слой.
3. Определенный – точки будут вставлены в слой, определенный пользователем.

Способ определения слоя для вставки точек указывается в окне Планировка – Настройка – Параметры создания новых точек – Слой точки.

Горизонталы – функция строит горизонталы внутри треугольника, заданного тремя wybranными точками (рис. 6.6). Шаг горизонталей задается непосредственно перед их построением. Слой, в котором они будут созданы, выбирается в окне Планировка – Настройка – Дополнительные настройки – Слой горизонталей.

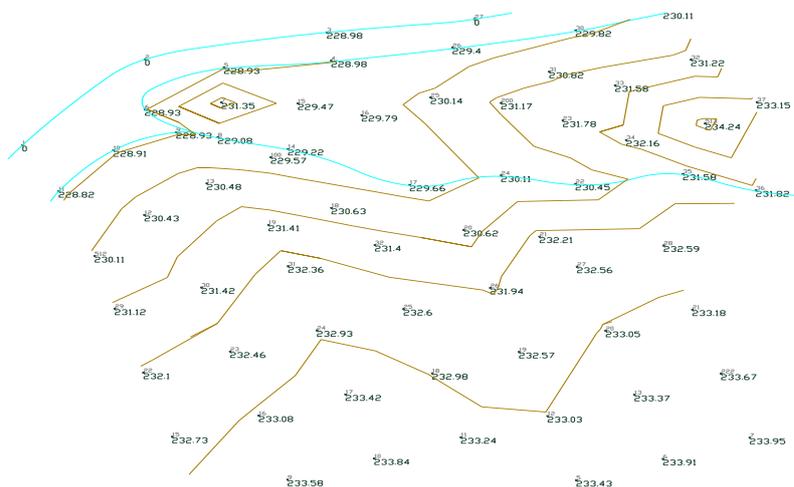


Рис. 6.6 - Результаты автоматизированного построения горизонталей по треугольникам

Горизонталы строятся в виде отрезков, которые в последующем можно преобразовать в полилинии и сгладить. Фрагмент топографического плана с элементами проектирования, приведен на рис. 6.7.

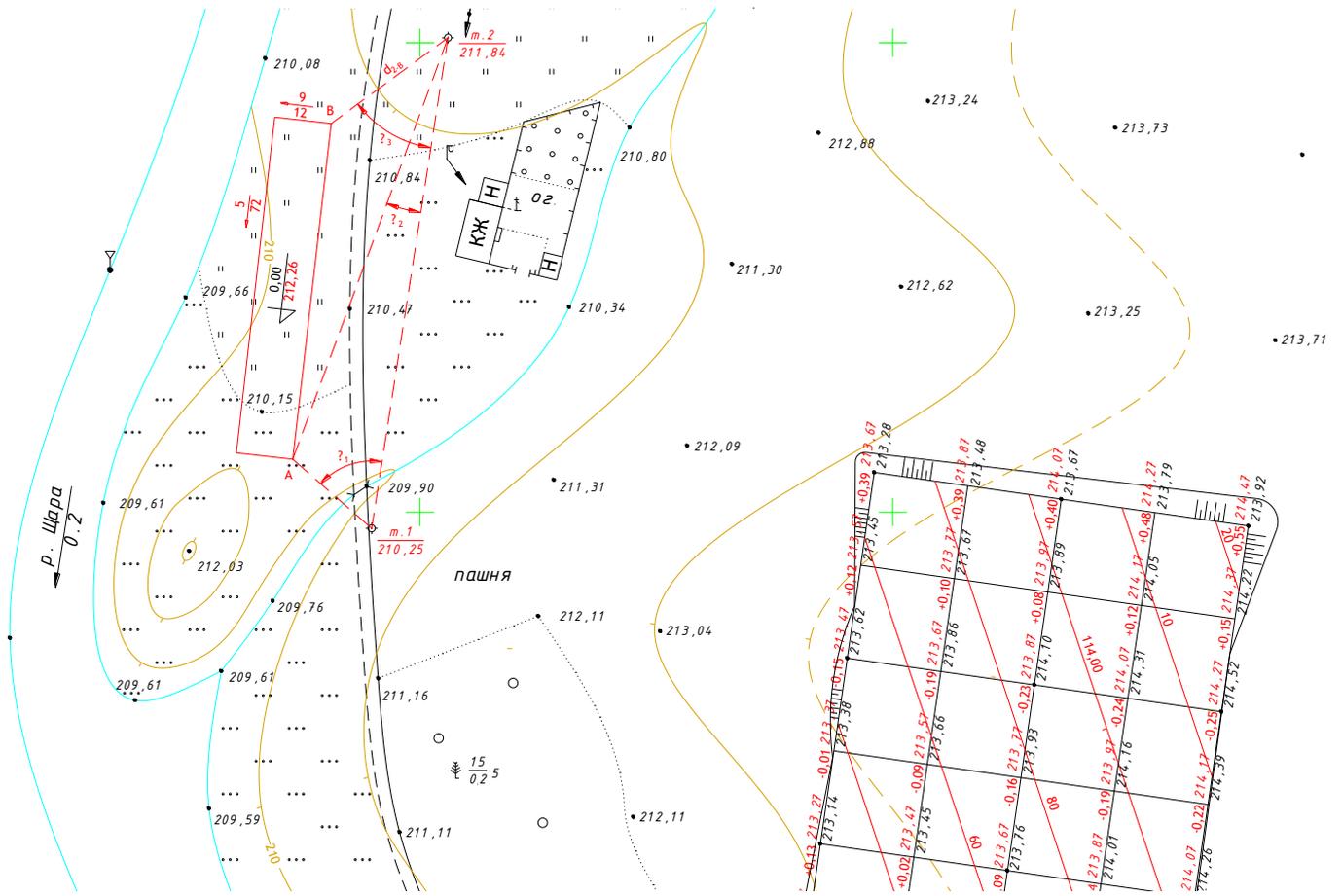


Рис.6.7 - Фрагмент топографического плана с элементами проектирования

ЛИТЕРАТУРА

1. Подшивалов, В.П. Инженерная геодезия / В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок. Мн.: Вышэйшая школа, 2011, 463с.
2. Подшивалов, В.П. Геодезия в строительстве: учеб. /В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк - Минск: РИПО, 2015. - 395 с..
3. Курс инженерной геодезии. Учебник для вузов под редакцией В.Е. Новака. - М.,Недра, 1989, 430с.
4. Лукьянов, В.Ф. Лабораторный практикум по инженерной геодезии / В.Ф. Лукьянов [и др.]. - М., Недра, 1990, 334с.
5. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Под ред. Михелева Д.Ш. -М.: Высшая школа, 2000, - 464 с.
6. Нестеренок, М.С. Геодезия: учеб. / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок., А.С. Позняк - Мн., Университетское, 2001, 310с.
7. Ковалев, А.А. Спутниковые системы позиционирования, электронные тахеометры и их применение в инженерной геодезии. Методическое пособие для студентов строительных специальностей / А.А. Ковалев, М.С. Нестеренок, А.С. Позняк. Мн., БНТУ, 2005, 66с.
8. Позняк А.С. Алгоритмы и программы автоматизированного проектирования вертикальной планировки незастроенных участков. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы по курсу инженерной геодезии для студентов строительных специальностей. Минск, БНТУ, 2005, 36 с.
9. Позняк А.С. Алгоритмы и программы для решения типовых геодезических задач. Методическое пособие для студентов строительных специальностей. Минск, БНТУ, 2008, 66 с.
- 10.Нестеренок М.С., Позняк А.С. Инженерная геодезия. Методическое пособие к контрольным и лабораторным работам для студентов строительных специальностей заочной формы обучения. Минск, БНТУ, 2005, 116 с.
11. Позняк А.С. Методические указания по компьютерной обработке теодолитных ходов для студентов строительных специальностей. Минск, БНТУ, 2005, 22 с.
12. ТКП 45-1.02-293-2014 (02250). Инженерные изыскания для строительства. Условные обозначения для инженерно-топографических планов масштабов 1:1000, 1:500, 1:200.
13. Полевые журналы [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.bntu.by/\ФТК\кафедра инженерной геодезии\документы\Полевые журналы.xls.
14. Использование средств AutoCAD для автоматизации РГР по геодезии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: vk.com/inj.geod/docs.
15. Видеофильмы по исполнительным съемкам и использованию геодезических приборов [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.bezuglyy.com.

Текст программы для построения точек в автокаде на языке AutoLisp

```

(defun keyvalue (key lst)
  (cdr (assoc key lst))
);ok
(defun readfile (fn del / fd st tmp lst)
  (if (setq fd (open fn "r"))
    (while (setq st (read-line fd))
      (setq tmp (strlist st del))
      (setq lst (cons tmp lst))
    )
  )
  (if fd (close fd))
  (reverse lst)
);ok
(defun strlist (strExp strDel / strLst)
  (while (setq pos (vl-string-position (ascii strDel) strExp))
    (setq itm (substr strExp 1 pos))
    (setq strLst (append strLst (list itm)))
    (setq strExp (substr strExp (+ pos 2)))
  )
  (setq strLst (append strLst (list strExp)))
);ok
(defun check-layer (name color)
  (or
    (tblsearch "layer" name)
    (entmake
      (list
        '(0 . "LAYER")
        '(100 . "AcDbSymbolTableRecord")
        '(100 . "AcDbLayerTableRecord")
        '(70 . 0)
        (cons 2 name)
        (cons 62 color))))))
(defun entmakestyle (name ht wid obl font)
  (or (tblsearch "STYLE" name)
    (entmake
      (list
        '(0 . "STYLE")
        '(100 . "AcDbSymbolTableRecord")
        '(100 . "AcDbTextStyleTableRecord")
        (cons 2 name)
        '(70 . 0); флаг стиля
        (cons 40 ht); высота текста

```

```

(cons 41 wid); коэф-т ширины букв
(cons 50 obl); наклон
'(71 . 0); флаг отображения текста
;;;(42 . 0.2); высота последнего используемого стиля
(cons 3 font); имя файла шрифта с расширением
;;;(4 . ""); big font
)
)
)
)
;;;(entmakestyle "TEXT-STYLE" 250.0 0.8 0.0 "simplex.shx")
;; minimum to entmake lwpolyline — by Michael Puckett
;; :arguments: a point list flag for close and pline width
(defun entmakelwpline (plist flag layer width)
(entmake
(append
(list
(cons 0 "LWPOLYLINE")
(cons 100 "AcDbEntity")
(cons 8 layer)
(cons 100 "AcDbPolyline")
(cons 90 (length plist)) ;number of vertices
(cons 70 flag)
(cons 43 width) ;constant width
)
(mapcar '(lambda (x) (cons 10 x)) plist)
)
)
)
(defun group-by-num (lst num / ls ret)
(if (= (rem (length lst) num) 0)
(progn
(setq ls nil)
(repeat (/ (length lst) num)
(repeat num (setq ls
(cons (car lst) ls)
lst (cdr lst))))
(setq ret (append ret (list (reverse ls)))
ls nil)))
)
ret
)
;get polyline vertices

```

```

(defun get-vexs (pline_obj / verts)
  (setq verts (vlax-get pline_obj 'Coordinates)
  verts
  (cond
  ((wcmatch (vlax-get pline_obj 'Objectname)
  "AcDb2dPolyline,AcDb3dPolyline")
  (group-by-num verts 3)
  )
  ((eq (vlax-get pline_obj 'Objectname)
  "AcDbPolyline")
  (group-by-num verts 2)
  )
  (T nil)
  )
  )
  )
  )
  )
  (defun C:pas (/ acsp cpt elev elist en fname
  hgt int_point int_points lp
  maxitm maxp minitm minp num p1
  p2 p3 p4 p5 pl
  plane_points pt pts pu rad
  rp segm_points spl tmp topodata
  )
  (setvar "cmdecho" 0)
  (check-layer "Отметки" 117)
  (check-layer "Точки" 137)
  (check-layer "Номера точек" 253)
  (setq fname (getfiled "* Выбрать файл для считывания координат *" (getvar
  "dwgprefix") "txt" 8))
  (setq topodata (readfile fname (chr 32)))
  (setq topodata (mapcar (function (lambda(x)
  (list (car x)
  (atof (cadr x))
  (atof (caddr x))
  (atof (last x))))))
  topodata))
  (setq rad 0.25)
  (repeat (length topodata)
  (setq tmp (car topodata))
  (setq num (car tmp))
  pt (trans (list (caddr tmp)(cadr tmp) (last tmp)) 0 1)
  pts (cons (list (car pt)(cadr pt)) pts)
  hgt (rtos (last tmp) 2 2))
  (setq pu (trans (list (+ rad (car pt))(+ (* rad 2)(cadr pt))(caddr pt)) 0 1)

```

```

pl (trans (list (+ rad (car pt))(- (cadr pt)(* rad 2))(caddr pt)) 0 1)
)
(entmake
(list
(cons 0 "TEXT")
(cons 100 "AcDbEntity")
(cons 100 "AcDbText")
(cons 1 num)
(cons 7 "Standard")
(cons 8 "Номера точек")
(cons 62 256)
(cons 10 pu)
(cons 11 pu)
(cons 40 2.0)
(cons 41 1.0)
(cons 50 0.0)
(cons 51 0.0)
'(71 . 0)
'(72 . 0)
'(73 . 0)
)
)
(entmake
(list
(cons 0 "TEXT")
(cons 100 "AcDbEntity")
(cons 100 "AcDbText")
(cons 1 hgt)
(cons 7 "Standard")
(cons 8 "Отметки")
(cons 62 256)
(cons 10 pl)
(cons 11 pl)
(cons 40 3.0)
(cons 41 1.0)
(cons 50 0.0)
(cons 51 0.0)
'(71 . 0)
'(72 . 0)
'(73 . 3)
)
)
(entmake
(list

```

```

(cons 0 "CIRCLE")
(cons 100 "AcDbEntity")
(cons 67 0)
(cons 410 "Model")
(cons 8 "Точки")
(cons 6 "Continuous")
(cons 100 "AcDbCircle")
(cons 10 pt)
(cons 40 rad)))
(setq en (entlast)
elist (entget en)
cpt (keyvalue 10 elist)
rad (keyvalue 40 elist)
lp (trans (list (- (car cpt) rad)(cadr cpt)(caddr cpt)) 0 1)
rp (trans (list (+ (car cpt) rad)(cadr cpt)(caddr cpt)) 0 1)
)
(setvar "hpassoc" 0)
(entmake
(list
(cons 0 "HATCH")
(cons 100 "AcDbEntity")
(cons 67 0)
(cons 410 "Model")
(cons 8 "Точки")
(cons 100 "AcDbHatch")
(cons 10 (list 0.0 0.0 0.0))
(cons 210 (list 0.0 0.0 1.0))
(cons 2 "SOLID")
(cons 70 1)
(cons 71 0)
(cons 91 1)
(cons 92 7)
(cons 72 1)
(cons 73 1)
(cons 93 2)
(cons 10 rp);right
;;;(10 100.784 120.344 0.0)
(cons 42 1.0)
(cons 10 lp);right
;;;(10 101.284 120.344 0.0)
(cons 42 1.0)
(cons 97 0)
(cons 75 0)
(cons 76 1)

```

```

(cons 47 0.01)
;;;(47 . 0.00423485)
(cons 98 1)
(cons 10 cpt)
;;;(10 101.086 120.531 0.0)
(cons 450 0)
(cons 451 0)
(cons 460 0.0)
(cons 461 0.0)
(cons 452 1)
(cons 462 1.0)
(cons 453 2)
(cons 463 0.0)
(cons 63 5)
(cons 421 255)
(cons 463 1.0)
(cons 63 7)
(cons 421 16777215)
(cons 470 "LINEAR"))))
(setq topodata (cdr topodata))
)
(command "_zoom" "_a")
(setvar "cmdecho" 1)
(princ)
)
; TesT : (C:PAS)
(princ "\n * В командной строке набрать PAS (англ.) *")
(princ)

```

Приложение Б

Текст программы вычисления координат точек теодолитного хода на языке Pascal

```

uses crt,dos;
label 1;
var f1,f2:text;
    Name,ccc,sss,filedat,fileres:string;
    Ntochka,Ktochka:integer;
    q,l,m,num,aH,aK,xH,yH,xK,yK:real;
    bsumm,dsumm,bsummg,bsummm,tbsummg,tbsummm:real;
    tbsumm,fn,fnm,fnm1,fng,fd,fo,fe:real;
    DXsumm,DYsumm,DXsummt,DYsummt:real;
    ndx,ndy:real;
    grad1,min1:real;
    grad,min:real;

```

```

ss:array [1..20] of string;
xxx:array [1..99] of record
  mrymb,grymb,nn,bb,bm,bg,dd,dir,gdir,mdir,dx1,dy1,nx,ny,dx,dy,x,y:real;
  end;
i,j,t:integer;
count:real;
const NL: string = #13#10;
begin
{Чтение файла с исходными данными}
clrscr;
filedat:='tx.dat';
assign(f1,filedat);
reset(f1);
  readln(f1,Name);
  read(f1,num);
  read(f1,grad,min); grad1:=grad; min1:=min;
  aH:=(grad+(min/60))*pi/180;
  read(f1,grad,min);
  aK:=(grad+(min/60))*pi/180;
  readln(f1,xH,yH,xK,yK);
  readln(f1);readln(f1);readln(f1);readln(f1);readln(f1);
  readln(f1,Ntochka);
  i:=1;
  while i<=(num-2) do begin
    readln(f1,xxx[i].nn,grad,min,xxx[i].dd);
    xxx[i].bg:=grad;xxx[i].bm:=min;
    xxx[i].bb:=(grad+(min/60))*pi/180;
    inc(i);
  end;readln(f1,Ktochka);
  count:=i-1;
{Суммы значений углов и длинн}
  bsumm:=0;q:=0;
  dsumm:=0;
  for j:=1 to i-1 do bsumm:=bsumm+xxx[j].bb;
  for j:=1 to i-1 do dsumm:=dsumm+xxx[j].dd;
  q:=(bsumm*180)/pi;bsummg:=int(q);bsummm:=(q-bsummg)*60;
{Невязки углов}
  tsumm:=aH+pi*(count)-aK; q:=0; m:=0;
  q:=(tsumm*180)/pi;tsummg:=int(q);tsummm:=(q-tsummg)*60; q:=0;
  fn:=bsumm-tsumm;
  if fn<=((-2)*pi) then begin fn:=fn+2*pi;end;
  if fn<=((-2)*pi) then begin fn:=fn+2*pi;end;
  if fn<=((-2)*pi) then begin fn:=fn+2*pi;end;
  if fn<=((-2)*pi) then begin fn:=fn+2*pi;end;

```

```

if fn<=((-2)*pi) then begin fn:=fn+2*pi;end;
if fn<=((-2)*6.265732) then begin fn:=fn+2*pi;end;
if fn>=(2*pi) then begin fn:=fn-(2)*pi;end;
q:=(180*fn)/(pi);
fng:=int(q); m:=0;
if fng<=(-1) then begin fnm:=(abs(q-fng))*60; end;
if (q>(-1)) and (q<0) then begin fng:=int(q);fnm:=(q-fng)*60;end;
if (q>0) then begin fng:=int(q);fnm:=(q-fng)*60;end;
fnm1:=(-1)*((q-fng)*60)/(count);
q:=0;l:=0;m:=0;
q:=2*((30/60)*pi)/180*sqrt(count);fd:=q*180/pi;
{Распределение поправок в измеренные углы}
  for j:=1 to i-1 do xxx[j].bb:=xxx[j].bb-(fn/count);
{Вычисление дирекционных углов}
  q:=0;
  xxx[1].dir:=aH+pi-xxx[1].bb;
  for j:=2 to i-1 do begin
  xxx[j].dir:=xxx[j-1].dir+pi-xxx[j].bb;
  end;
{Приращение координат}
  for j:=1 to i-1 do begin
    xxx[j].dx1:=xxx[j].dd*cos(xxx[j].dir);
    xxx[j].dy1:=xxx[j].dd*sin(xxx[j].dir);
  end;
{Суммирование приращений}
  q:=0;
  DXsumm:=0;
  DYsumm:=0;
  for j:=1 to i-1 do begin
    DXsumm:=DXsumm+xxx[j].dx1;
    DYsumm:=DYsumm+xxx[j].dy1;
  end;
  DXsummt:=xK-xH;DYsummt:=yK-yH;
{Невязки координат + распределение}
  ndx:=DXsumm-(xK-xH);
  ndy:=DYsumm-(yK-yH);

  for j:=1 to i-2 do begin
  xxx[j].nx:=-ndx*xxx[j].dd/dsumm;
  xxx[j].ny:=-ndy*xxx[j].dd/dsumm;

```

```

xxx[j].dx:=xxx[j].dx1+xxx[j].nx;
xxx[j].dy:=xxx[j].dy1+xxx[j].ny;
end;

```

{Абсолютные невязки}

```

fe:=sqrt(ndx*ndx+ndy*ndy);
fo:=dsumm/fe;

```

{Вычисление координат точек теодолитного хода}

```

xxx[1].x:=xH;
xxx[1].y:=yH;
for j:=2 to i-1 do begin
    xxx[j].x:=xxx[j-1].x+xxx[j-1].dx;
    xxx[j].y:=xxx[j-1].y+xxx[j-1].dy;
end;

```

```

for t:=1 to i-1 do begin
xxx[t].bb:=(xxx[t].bb/pi)*180; end;

```

{Перевод дирекционных углов из радианной меры в градусную меру}

```

q:=xxx[1].dir*180/pi;
xxx[1].gdir:=int(q);
xxx[1].mdir:=(q-xxx[1].gdir)*60; q:=0;

```

1:

```

for j:=2 to i-1 do begin
q:=xxx[j].dir*180/pi;
if ((q<0) and (q>(-1))) then begin
xxx[j].gdir:=int(q);xxx[j].mdir:=(q-xxx[j].gdir)*60;
goto 1;end;
xxx[j].gdir:=int(q);xxx[j].mdir:=(abs(q-xxx[j].gdir))*60;end;

```

{Корректирование дирекционных углов}

```

for j:=1 to i-1 do begin
if (xxx[j].gdir=0) and (xxx[j].mdir<0) then begin
xxx[j].gdir:=359+xxx[j].gdir;xxx[j].mdir:=60+xxx[j].mdir;end;
if (xxx[j].gdir<=(-1)) then begin
xxx[j].gdir:=359+xxx[j].gdir;xxx[j].mdir:=60-xxx[j].mdir;end;
if xxx[j].gdir>=360 then begin xxx[j].gdir:=xxx[j].gdir-360;end;
if xxx[j].gdir>=360 then begin xxx[j].gdir:=xxx[j].gdir-360;end;
if xxx[j].gdir>=360 then begin xxx[j].gdir:=xxx[j].gdir-360;end;
end;

```

{Вычисление румбов}

```

for j:=1 to i-1 do begin
if (xxx[j].gdir>=0) and (xxx[j].gdir<90) then begin
xxx[j].grymb:=xxx[j].gdir;xxx[j].mrymb:=xxx[j].mdir;
ss[j]:='CB:'; end;
if (xxx[j].gdir>=180) and (xxx[j].gdir<270) then begin
xxx[j].grymb:=xxx[j].gdir-180;xxx[j].mrymb:=xxx[j].mdir;
ss[j]:='ЮЗ:'; end;

```

```

if (xxx[j].gdir>=90) and (xxx[j].gdir<180)then begin xxx[j].grymb:=179-
xxx[j].gdir;xxx[j].mrymb:=60-xxx[j].mdir;
ss[j]:='ЮВ:'; end;
if (xxx[j].gdir>=270) and (xxx[j].gdir<360)then begin xxx[j].grymb:=359-
xxx[j].gdir;xxx[j].mrymb:=60-xxx[j].mdir;
ss[j]:='СЗ:'; end; end;

```

{Вывод результатов}

```

clrscr;
textcolor(4);
fileres:='tx.res';
clrscr;
assign(f2,fileres);
rewrite(f2);
writeln(f2);
writeln(f2,

```

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК

ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА',+NL+

НОМЕРА ИЗМЕРЕН-				ПОПРАВКИ ДИРЕКЦИОН-				РУМБЫ		ДЛИНЫ
ВЫЧИСЛЕН. ПРИРАЩЕНИЯ				КООРДИНАТЫ						
		ННЫЕ УГЛЫ		В УГЛЫ		ННЫЕ УГЛЫ				СТОРОН
ТОЧЕК	ГР. МИН.	МИН.	ГР. МИН.	ГР. МИН.	d,м.	dX,м.	dY,м.	X,м.		
Y,м.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

```

write(f2,' ',Ntochka:4,' ');
writeln(f2,' ');

```

```

write(f2,' ',grad1:3:0,' ',min1:4:1,' ');
writeln(f2,' ');

```

for j:=1 to i-1 do begin

```

write(f2,' ',xxx[j].nn:4:0,' ',xxx[j].bg:3:0,' ',xxx[j].bm:4:1);
write(f2,' ',fnn1:5:1,' ',xxx[j].nx:7:2,' ',xxx[j].ny:7:2,' ');
writeln(f2,xxx[j].x:8:2,' ',xxx[j].y:8:2,' ');

```

```

write(f2,' ',xxx[j].gdir:3:0,' ',xxx[j].mdir:4:1);
write(f2,' ',ss[j]:3,xxx[j].grymb:2:0,' ',xxx[j].mrymb:4:1);
write(f2,' ',xxx[j].dd:6:2,' ',xxx[j].dx1:7:2,' ',xxx[j].dy1:7:2,' ');
writeln(f2,' ');
end;

```

```

write(f2,' ',Ktochka:4,' ');
writeln(f2,' ');
writeln(f2,

```

```

write(f2,'SUMbпр=',bsummg:4:0,' ',bsummm:4:1,'
SUML=',dsumm:7:2,' SUMdXпр=',DXsumm:7:2);

```

```

writeln(f2,' SUMdYпр=' ,DYsumm:7:2);
write(f2,'SUMbт      =' ,tbsummг:4:0,'      ',tbsummм:4:1,
SUMdXт =' ,DXsummt:7:2);
writeln(f2,' SUMdYт =' ,DYsummt:7:2);
writeln(f2,'fb      =' ,      fnm:9:1,'      fx=' ,ndx:7:2,'
fy=' ,ndy:7:2);
write(f2,'fbдоп =' ,fd:9:1,'      faбс= ' ,fe:2:2,'
foтн=1/ ,fo:5:0);
close(f1);
close(f2);
gotoxy(20,20);
textcolor(4);write('Результаты вычислений в файле');textcolor(10);write('
TX.RES'); readln;
end.

```

Контрольный пример проверки работы программы

Файл исходных данных (tx.dat):

Введите кол-во точек, нач. и кон. дир. углы и координаты исх. пунктов
 7 145 14.0 240 09.5 4721.43 -2687.41 4430.22 -2367.87

Исходные данные		
№ точек	Измер.углы, °`	Длины линий

```

511
512  207 05.5      112.43
1    160 30.0      105.80
2    154 32.0      90.17
3    222 11.5      143.31
513  60 45.0      0.00
514

```

Файл результатов вычислений (tx.res):

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

НОМЕРА ТОЧЕК	ИЗМЕРЕН- НЫЕ УГЛЫ		ПОПРАВКИ В УГЛЫ МИН.	ДИРЕКЦИОН- НЫЕ УГЛЫ		РУМБЫ	ДЛИНЫ СТОРОН d, м.	ВЫЧИСЛЕН. ПРИРАЩЕНИЯ		КООРДИНАТЫ	
	ГР.	МИН.		ГР.	МИН.			ГР.	МИН.	dX, м.	dY, м.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
511				145 14.0							
512	207 5.5	0.1		118 8.4	ЮВ:61 51.6	112.43	-0.03	-0.01	4721.43	-2687.41	
1	160 30.0	0.1		137 38.3	ЮВ:42 21.7	105.80	-53.03	99.14	4668.38	-2588.28	
2	154 32.0	0.1		163 6.2	ЮВ:16 53.8	90.17	-0.03	-0.01	4590.17	-2517.01	
3	222 11.5	0.1		120 54.6	ЮВ:59 5.4	143.31	-78.18	71.29	4503.87	-2490.81	
513	60 45.0	0.1		240 9.5	ЮЗ:60 9.5	0.00	-86.28	26.21	4430.22	-2367.87	
514							-0.02	-0.01			
							0.00	0.00			
							0.00	0.00			

```

SUMbпр= 805 4.0      SUML= 451.71      SUMdXпр=-291.10      SUMdYпр= 319.59
SUMbт = 805 4.5      SUMdXт =-291.21      SUMdYт = 319.54
fb      = -0.5      fx= 0.11      fy= 0.05
fbдоп = 2.2      faбс= 0.13      foтн=1/ 3583

```

Текст программы «Тахеометрическая съёмка - вычисление и построение»

```

(defun c:Taxeo ( )
  (setvar "blipmode" 1)
  (setvar "cmdecho" 0)
  ; список слоёв
  (setq layll (list "ОТМЕТКИ" "RELIEF" "STATION" "ПИКЕТ"))
  ; анализ наличия слоёв
  (setq layl (list))
  (setq lay (cdr (car (cdr (tblnext "layer" 1)))))
  (setq layl (cons lay layl))
  (while lay
    (setq lay (tblnext "layer" ))
    (if (/= lay nil)(progn
      (setq lay (cdr (car (cdr lay))))
      (setq layl (cons lay layl))))
    )
  ; создание слоёв
  (setq m 0)(setq lay ",")
  (repeat 4
    (if (= nil (member (nth m layll) layl)) (progn
      (setq lay (strcat lay (nth m layll))) (setq lay (strcat lay ","))))
    (setq m (1+ m))
    )
  (if (> (strlen lay) 1)(progn
    (setq m (strlen lay))
    (setq lay (substr lay 2 (- m 2)))
    (command "_layer" "_new" lay "")))
  ; отключение слоёв
  (command "_layer" "_off" "ОТМЕТКИ,RELIEF,STATION,ПИКЕТ" "")
  (setq fl6 t)
  (while fl6
    (setq fl5 (getstring "\nновая станция (д/н)?: "))
    (if (= nil (or (= fl5 "д") (= fl5 "н")))(princ "неверно! д или н ")
      (setq fl6 nil))
    )
  (if (= fl5 "д") (progn
  ; вид съёмки
  (setq fl4 t)
  (while fl4
    (setq fl3 (getstring "\nгоризонтальная или вертикальная съёмка (г/в)?: "))
    (if (= nil (or (= fl3 "г") (= fl3 "в")))(princ "неверно! д или н")(setq fl4 nil))
    )
  ; указание станции и вывод её координат на экран

```

```

(command "_layer" "_on" "station" "")(setvar "osmode" 9)
(setq ps (getpoint"\nпокажите точку стояния: "))
(princ " X=")
(princ (car ps))
(princ " Y=")
(princ (cadr ps))
(princ " H=")
(princ (caddr ps))
(if (= fl3 "в")(setq psh (getreal "\nвведите её высоту H= "))
(princ "h=")
(princ (caddr ps))
(setq psn (getreal "\nвведите её номер: "))
(setq hi (getreal "\nвведите высоту прибора i= "))
; (setq hi 0)
; указание точки ориентирования и вывод её координат на экран
(setq po (getpoint ps "\nпокажите точку ориентирования: "))
(princ " X=")
(princ (car po))
(princ " Y=")
(princ (cadr po))
(princ " H=")
(princ (caddr po))
(command "_osnap" "_none")
; anor - ориентирное направление
(setq anor (angle ps po))
(setq rad (/ 180 pi))
(setq fl1 1))
)
; ввод номера пикета
(setq fl1 t) (setq n 0)
(while fl1
(setq n (1+ n))
(if (= n 1) (setq n2 n)) (setq n3 n2)
(princ "\nномер пикета <") (princ n2) (princ ">:")
(setq n2 (getint))
(if (= n2 nil) (setq n2 n3))
(setq n3 n2) (setq n2 (1+ n2))
; ввод горизонтального угла
(princ "\nВведите горизонтальный угол." )
; ввод градусов
(setq gra (getint "\nвведите гр.= "))
(while
(if (= (numberp gra) nil) (princ " неверно!")
(if (> gra 360) (princ " неверно!" ) nil ))

```

```

(setq gra (getint "\nвведите гр.= "))
)
; ВВОД МИНУТ
(setq mnt (getreal "\nвведите мин.= "))
(while
(if (= (numberp mnt) nil) (princ " неверно!")
(if (> mnt 60) (princ " неверно!" ) nil ))
(setq mnt (getint "\nвведите мин.= "))
)
; ВВОД ВЕРТИКАЛЬНОГО УГЛА
(princ "\nвведите вертикальный угол:" )
; ВВОД ГРАДУСОВ
(setq grav (getint "\nвведите гр.= "))
(while
(if (= (numberp grav) nil) (princ " неверно!")
(if (> grav 360) (princ " неверно!" ) nil ))
(setq grav (getint "\nвведите гр.= "))
)
; ВВОД МИНУТ
(setq mntv (getreal "\nвведите мин.= "))
(while
(if (= (numberp mntv) nil) (princ " неверно!")
(if (> mntv 60) (princ " неверно!" ) nil ))
(setq mntv (getint "\nвведите мин.= "))
)
;(setq grav 0 mntv 0 )
; ВВОД РАССТОЯНИЯ
(setq ras (getreal "\nвведите расстояние= "))
(while
(if (= (numberp ras) nil) (princ " неверно!")
(if (< ras 0) (princ " неверно!" ) nil ))
(setq ras (getint "\nвведите расстояние= "))
)
; ВВОД ВЫСОТЫ НАВЕДЕНИЯ
(if (= fl3 "в") (progn
(setq l (getreal "\nвведите высоту наведения v= "))
(while
(if (= (numberp l) nil) (princ " неверно!")
(if (< l 0) (princ " неверно!" ) nil ))
(setq l (getint "\nвведите высоту наведения v= "))))))
)
;(setq l 0)
; построение точки
(setq angr (+ gra (/ mnt 60)))

```

```

(setq angr (- (* anor rad) angr)) (setq angr (/ angr rad))
(setq angrv (/ (+ grav (/ mntv 60) ) rad))
(setq ras (* ras (cos angrv)))
(setq dh (* ras (/ (sin angrv) (cos angrv))))
(if (= fl3 "В") (setq hpc (- (+ psh dh hi) l)))
(setq pc (polar ps angr ras))
(command "_redraw")
(command "_point" pc )
(setq pct (list (+ 1 (car pc)) (nth 1 pc)))
(command "_layer" "_s" "STATION" "")
(command "_text" pct "2.0" "0" (rtos psn 2 0))
(command "_layer" "_s" "PIKET" "")
(command "_text" pct "2.0" "0" (rtos n3 2 0))
(if (= fl3 "В") (progn
(command "_layer" "_s" "ОТМЕТКИ" "")
(command "_text" pct "2.0" "0" (rtos hpc 2 2))
(setq pc (list (nth 0 pc) (nth 1 pc) hpc))
(command "_layer" "_s" "RELIEF" "")
(command "_point" pc )))
(command "_layer" "_s" "0" "")
(command "_layer" "_on" "ОТМЕТКИ,RELIEF,STATION,PIKET" ""))
(setq fl (getstring))
(if( = "конточка" fl) (progn
(setq fl1 nil)
(command "_redraw")
(princ)))(princ)
(if( = "отмени" fl) (progn
(if (= fl3 "В") (progn (command "_undo" "11") (setq n2 (- n2 1))))
(if (= fl3 "Г") (progn (command "_undo" "7") (setq n2 (- n2 1))))))
)(princ)
)

```

Типовые вопросы и задачи по инженерной геодезии

1. Предмет и задачи инженерной геодезии.
2. Исторические сведения о развитии геодезии.
3. Форма и размеры Земли. Понятия о геоиде и эллипсоиде.
4. Метод проекции в геодезии и основные элементы измерений на местности.
5. Влияние кривизны Земли при измерении расстояний и высот.
6. Системы координат, используемые в геодезии. Спутниковые системы координат.
7. Зональная система прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.
8. Ориентирование линий. Азимуты, румб, дирекционный угол.
9. Зависимость между азимутами истинным, магнитным и дирекционным углом.
10. Зависимость между горизонтальными и дирекционными углами теодолитного хода. Уравнивание (увязка) горизонтальных углов.
11. Прямая и обратная геодезические задачи. Знаки приращений координат.
12. Уравнивание приращений координат теодолитного хода.
13. Геодезические сети: государственная, сгущения, съемочное обоснование. Геодезические пункты. Высотные знаки.
14. Методы построения геодезических сетей.
15. Топографические планы, карты и профили. Масштабы планов и карт.
16. Содержание планов и карт. Условные знаки. Технология составления планов.
17. Основные формы рельефа и их изображение горизонталями.
18. Способы интерполирования горизонталей и особенности их проведения.
19. Задачи, решаемые на планах и картах. Способы определения площадей.
20. Угловые измерения. Устройство теодолита. Типы теодолитов.
21. Устройство зрительной трубы, установка ее для наблюдений.
22. Уровни, их устройство и назначение. Цена деления уровня.
23. Отсчетные приспособления: верньер, штриховой и шкаловой микроскопы. Эксцентриситет горизонтального круга.
24. Приведение теодолита в рабочее положение (центрирование, горизонтирование, установка трубы для наблюдений).
25. Полевые поверки и юстировки теодолита.
26. Способы измерения горизонтальных углов: приемов, круговых приемов и повторений.
27. Погрешности, влияющие на точность измерения горизонтальных углов.
28. Измерение вертикальных углов. Место нуля вертикального круга.
29. Методы нивелирования и их точность.
30. Способы геометрического нивелирования.
31. Классификация нивелиров. Устройство технических нивелиров.
32. Работа и контроль на станции при техническом нивелировании. Источники погрешностей при нивелировании.

33. Полевые поверки и юстировки уровенных нивелиров.
34. Поверки и юстировки нивелиров с компенсаторами.
35. Отличительные особенности поверки и юстировки главного условия нивелиров Н-3 и Н-3К.
36. Линейные измерения. Средства измерений и их точность. Измерение расстояний стальной лентой.
37. Источники погрешностей при непосредственных линейных измерениях.
38. Определение неприступных расстояний.
39. Общие сведения о топографических съемках.
40. Теодолитная съемка. Способы съемки ситуации.
41. Тахеометрическая съемка, используемые приборы и формулы. Порядок работы на станции. Вычислительная и графическая обработка результатов тахеометрической съемки.
42. Нивелирование поверхности участка по квадратам.
43. Общие сведения о мензуральной и фототопографической съемках.
44. Инженерно-геодезические изыскания. Разбивка пикетажа и поперечников. Пикетажный журнал.
45. Расчет основных элементов круговой кривой.
46. Перенесение пикетов с тангенсов на кривую.
47. Нивелирование трассы и поперечников. Связующие и промежуточные точки.
48. Вычислительная обработка журнала технического нивелирования.
49. Построение продольного и поперечного профилей. Геодезическое проектирование на профилях. Расчет вертикальных кривых.
50. Общие сведения о геодезических измерениях. Единицы измерений углов и длины. Погрешности измерений. Свойство случайных погрешностей.
51. Средняя квадратическая погрешность. Формулы Гаусса и Бесселя. Порядок математической обработки ряда равноточных измерений. Предельная, абсолютная и относительная погрешности.

Примечание. Вопросы с 20 по 38 необходимо законспектировать самостоятельно

при подготовке к первым лабораторным работам.

Типовые задачи

1. Вычислить координаты точки В, если координаты точки А $X_A = +4875.30$ м, $Y_A = -2750.48$ м, горизонтальное проложение линии АВ $d_{AB} = 100.77$ м, дирекционный угол направления АВ $\alpha_{AB} = 270^\circ 00'$.

2. Вычислить горизонтальное проложение и дирекционный угол линии АВ, если координаты точек А и В соответственно равны $X_A = 1000.00$ м, $Y_A = 1000.00$ м, $X_B = 1100.00$ м, $Y_B = 1100.00$ м.

3. Определить уклон линии АВ, если $H_A = 216.80$ м, $H_B = 215.60$ м, $d = 120$ м.

4. Определить цену деления планиметра по карте масштаба 1:10000.

5. Выполнить математическую обработку ряда равноточных измерений линии, если $D_1 = 56.25$ м, $D_2 = 56.23$ м, $D_3 = 56.24$ м, $D_4 = 56.23$ м, $D_5 = 56.26$ м, $D_6 = 56.23$ м.

6. Вычислить МО и вертикальный угол, если отсчеты по вертикальному кругу при КП: $-10^{\circ}33'$ и КЛ: $10^{\circ}30'$.

7. Определить горизонтальное проложение линии, если ее измеренная длина $D=50,027$ м, длина используемой 20-метровой стальной рулетки при компарировании составила 20.009 м, температура компарирования $t_k=+20^{\circ}\text{C}$, температура воздуха при измерении линии $t = +4^{\circ}\text{C}$, наклон линии $\nu = 2^{\circ}30'$, ($\alpha=0.000012$, $h=2,183$ м, $\cos\nu=0,999048$).

8. Вычислить превышение определяемое методом тригонометрического нивелирования, если наклонное дальномерное расстояние $D = 100,00$ м, а угол наклона визирной оси $\nu=45^{\circ}00'$.

9. Вычислить высоты точек В и С через горизонт прибора при геометрическом нивелировании, если высота точки А $H_A=199.367$ м, а отсчеты по рейкам в точках А, В и С соответственно равны $a=2956$, $b=1911$, $c=2511$ мм.

10. Уравнять (увязать) измеренные горизонтальные углы в треугольнике, вычислить дирекционные углы и указать знаки приращений координат.

11. Вычислить дирекционные и горизонтальные углы в треугольнике, если $X_1=U_1=1100,00$ м, $X_2=U_2=1000,00$ м, $X_3=1100,00$ м, $U_3=800,00$ м.

12. Уравнять (увязать) превышения разомкнутого нивелирного хода.

13. Определить главные точки круговой кривой на трассе с углом поворота на ПК11+30,01, $Q_L=90^{\circ}00'$ и радиусом кривой $R=100.00$ м.

14. Выполнить необходимые расчеты для перенесения пикетов на кривую и детальной разбивки кривой через 20 м при угле поворота на ПК11+30,01, $Q_L = 90^{\circ}00'$ и радиусе кривой $R=100$ м.

15. Провести горизонтали с высотой сечения рельефа $h_c=1.0$ м на прилагаемом фрагменте топоплана.

Единые требования на зачете

Студент обязан:

1. Предъявить топографический план (М 1:1000, $h_c=1,0$ м), оформленный в карандаше с результатами теодолитной и тахеометрической съемок, нивелирования по квадратам.

2. Уметь объяснить все записи в полевых журналах, как и зачем выполняют уравнивание (увязку) углов, приращений и превышений. Знать формулы допустимых погрешностей при измерении углов, длин линий лентой и нитяным дальномером, превышений при техническом нивелировании.

3. Иметь правильные записи в конспекте результатов индивидуальных измерений: а) горизонтального угла – способом приемов с перестановкой лимба на 1 – 5 градусов; б) превышений в треугольнике при техническом нивелировании; в) высот не менее трех речных точек двумя методами – геометрическим и тригонометрическим нивелированием (тахеометрическая съемка) с ориентацией нуля лимба на магнитный север; г) площади контура – планиметром.

4. Знать устройство (иметь схематические рисунки) и требования к основным осям теодолита ($UU_1 \perp OO_1$, $WW_1 \perp VV_1$, $VV_1 \perp OO_1$) и нивелира

(UU1ПW1). Уметь приводить приборы в рабочее положение, иметь соответствующие записи в конспекте.

5. В конспекте должны быть ответы более чем на 50 типовых вопросов и решения следующих домашних контрольных задач:

5.1. Вычислить координаты вершин треугольника, если: $\alpha_{1-2}=200^\circ+N^\circ N'$; $X_1=Y_1=1000.00\text{м}$; $d_{1-2}=100.00\pm 0.04\text{ м}$; $\beta_1=60^\circ 00'\pm 0^\circ 00.5$. Используя доступные программы (например, Позняк А.С. Методические указания по компьютерной обработке теодолитных ходов. Мн., 2005, 22с., www.twirpx.com), уравнивать результаты полевых измерений и вычислить координаты точек 4-х замкнутых теодолитных ходов: 1) 511-512-1-2-513-D7-D1-512-511; 2) 511-512-D1-D7-513-2-1-512-511; 3) 514-513-D7-D1-512-1-2-513-514; 4) 514-513-2-1-512-D1-D7-513-514;

5.2. По данным своего варианта и результатам вычислений показать на схеме все геодезические элементы в одном из треугольнике № N (X, Y, H, P, d, D, h, α , Δx , Δy , β , v). №N: 1) 512-1- D1, 2) 1-2-513, 3) 2-513-512, 4) 1-2- D7, 5) 512-1-2, 6) 1-2- D1, 7) 512-1- D7, 8) 512-1-513, 9) 512-2-513, 10) 512-513- D1, 11) 512-513- D7 (www.vk.com/inj.geod/docs);

5.3. Составить план и провести горизонтали по результатам нивелирования по квадратам, если $H_{рп}=200.00+N.N$ (м) при юго-западном склоне участка (см. конспект);

5.4. Вычислить площадь полигона по координатам точек замкнутого теодолитного хода 512-1-2-513- D1 -D7 -512;

5.5. Определить элементы и главные точки круговой кривой, если ВУ: ПК11+30.01, $R=200\text{ м}$, $Q=90^\circ 00'-N^\circ N'$. Составить схему и выполнить необходимые расчеты для выноса пикетов с тангенсов на кривую и для детальной разбивки кривой через 20 м.

Принятые обозначения: N – номер фамилии студента в списке группы (№ зачетной книжки).

6. Правильно оформить зачетный лист по работе с теодолитом, нивелиром, тахеометром и тестированию (www.bntu.by\ФТК\кафедра инженерной геодезии\документы\тесты).

Примеры решения и оформления контрольных заданий.

Задание №1. Вычислить координаты точек теодолитного хода в виде треугольника и оценить полученные угловые и линейные погрешности полевых измерений, если: $X_2=1000.00\text{ м}$, $Y_2= -1000.00\text{ м}$, $\alpha_{1-2} = 100^\circ +N^\circ +N'$ (где N – порядковый номер студента в списке группы), $d_{1-2}=100.02\text{ м}$, $d_{2-3}=100.03\text{ м}$, $d_{3-1}=99.98\text{ м}$, $\beta_1=59^\circ 59.5'$, $\beta_2=60^\circ 00.5'$, $\beta_3=59^\circ 59.5'$. Результаты вычислений выполнить в ведомости стандартной общепринятой формы.

Решение №1 с помощью компьютерной программы (приложение Б).

Исходные данные (tx.dat) для программы tx.exe [11]:

Введите кол-во точек, нач. и кон. дир. углы и координаты исх. пунктов

5 123 30.6 123 30.6 1000.00 -1000.00 1000.00 -1000.00

Исходные данные		
№ точек	Изм. углы	Длины линий

1		
2	60 00.5	100.03
3	59 59.5	99.98
1	59 59.5	100.02
2		

Результаты вычислений (tx.res):

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

НОМЕРА ТОЧЕК	ИЗМЕРЕННЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	ПОПРАВКИ В УГЛЫ МИН.	ДИРЕКЦИОННЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	РУМБЫ ГР. МИН.	ДЛИНЫ СТОРОН d, м.	ВЫЧИСЛЕН. ПРИРАЩЕНИЯ		КООРДИНАТЫ	
						dX, м.	dY, м.	X, м.	Y, м.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1			123 30.6						
2	60 0.5	0.2	243 29.9	ЮЗ: 63 29.9	100.03	0.02	0.00	1000.00	-1000.00
3	59 59.5	0.2	3 30.3	СВ: 3 30.3	99.98	0.02	0.00	955.39	-1089.52
1	59 59.5	0.2	123 30.6	ЮВ: 56 29.4	100.02	99.79	6.11	1055.20	-1083.40
2						0.02	0.00		
						-55.22	83.40		

SUMb_{np} = 179 59.5 SUML = 300.03 SUMdX_{np} = -0.06 SUMdY_{np} = -0.01
 SUMb_т = 180 0.0 SUMdX_т = 0.00 SUMdY_т = 0.00
 fb = -0.5 fx = -0.06 fy = -0.01
 fbдоп = 1.7 faбс = 0.06 fотн = 1/ 4808

Решение №2 в электронной таблице

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

№	Измеренный угол β, °	Поправка,	Исправленный угол, β', °	Дирекционный угол, α, °	Горизонтальное проложение, d, м	ПРИРАЩЕНИЯ, м				КООРДИНАТЫ, м	
						вычисленные		исправленные		X	Y
						ΔX	ΔY	X'	Y'		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1				220°20,0'							
2	59°59,0'	0,3	59°59,3'	340°20,7'	100,00	+0,04	+0,05	94,21	-33,59	1000,00	-1000,00
3	59°59,0'	0,3	59°59,4'	100°21,4'	99,95	+0,02	+0,01	-17,95	+98,34	1094,21	-1033,59
1	60°01,0'	0,3	60°01,4'	220°20,0'	100,05	+0,01	+0,01	-76,27	-64,76	1076,26	-935,25
2										1000,00	-1000,00
Σβ _{изм} = 179°59'						Σd = 300,00		ΣΔ _{np,x} = -0,07			
Σβ _{теор} = 180°00'								ΣΔ _{np,y} = -0,08			
f _β = -0°01'								ΣΔ _{m,x} = 0			
								ΣΔ _{m,y} = 0			
								f _x = -0,07; f _y = -0,08			

$$f_{\beta} = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор} = 179^{\circ}59' - 180^{\circ} = -0^{\circ}01'; f_d = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} = \sqrt{(-0,07)^2 + (-0,08)^2} = 0,11\text{м};$$

$$f_{\text{доп}} = \frac{\Sigma\alpha}{2000} = \frac{300}{2000} = 0,15; \quad \frac{f_{\alpha}}{\Sigma\alpha} = \frac{1}{\Sigma\alpha \cdot f_{\alpha}} = \frac{1}{2727} \leq \frac{1}{2000}$$

Задание №1.1. Используя доступные программы (Позняк А.С. Методические указания по компьютерной обработке теодолитных ходов. Мн., 2005, 22с., www.twirpx.com), урвать результаты полевых измерений и вычислить координаты точек 4-х замкнутых теодолитных ходов: 1) 511-512-1-2-513-D7-D1-512-511; 2) 511-512-D1-D7-513-2-1-512-511; 3) 514-513-D7-D1-512-1-2-513-514; 4) 514-513-2-1-512-D1-D7-513-514.

Компьютерные распечатки по программе tx.exe [11] исходных данных (tx.dat) и результатов вычислений координат точек (tx.res) указанных теодолитных ходов:

1) 511-512-1-2-513-D7-D1-512-511

Введите кол-во точек, нач. и кон. дир. углы и координаты исх. пунктов

9 8 12.0 188 12.0 4701.43 -2692.27 4701.43 -2692.27

Исходные данные		
№точек	Изм.углы	Длины линий

```

511
512 207 05.5 96.80
1 160 30.5 105.80
2 154 32.0 90.16
513 100 24.0 148.30
70 105 38.5 239.95
10 89 30.5 152.15
512 262 19.5 0.00
511
  
```

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

НОМЕРА ТОЧЕК	ИЗМЕРЕН- НЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	ПОПРАВКИ В УГЛЫ МИН.	ДИРЕКЦИОН- НЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	РУМБЫ ГР. МИН.	ДЛИНЫ СТОРОН d, м.	ВЫЧИСЛЕН. ПРИРАЩЕНИЯ		КООРДИНАТЫ	
						dX, м.	dY, м.	X, м.	Y, м.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
511			8 12.0						
512	207 5.5	-0.1	341 6.6	СЗ:18 53.4	96.80	0.03 91.59	0.01 -31.34	4701.43	-2692.27
1	160 30.5	-0.1	0 36.1	СВ: 0 36.1	105.80	0.03 105.79	0.01 1.11	4793.05	-2723.60
2	154 32.0	-0.1	26 4.2	СВ:26 4.2	90.16	0.03 80.99	0.01 39.62	4898.87	-2722.48
513	100 24.0	-0.1	105 40.3	ЮВ:74 19.7	148.30	0.04 -40.06	0.02 142.79	4979.89	-2682.84
70	105 38.5	-0.1	180 1.9	ЮЗ: 0 1.9	239.95	0.07 -239.95	0.03 -0.13	4939.87	-2540.04
10	89 30.5	-0.1	270 31.4	СЗ:89 28.6	152.15	0.05 1.39	0.02 -152.14	4699.99	-2540.14
512	262 19.5	-0.1	188 12.0	ЮЗ: 8 12.0	0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	4701.43	-2692.27
511									

```

SUMbпр=1080 0.5          SUML= 833.16  SUMdXпр= -0.25  SUMdYпр= -0.09
SUMbт =1080 0.0          SUMdXт = 0.00  SUMdYт = 0.00
fb = 0.5                  fx= -0.25  fy= -0.09
fbдоп = 2.6              фабс= 0.27  фотн=1/ 3125
  
```

2) 511-512-D1-D7-513-2-1-512-511

Введите кол-во точек, нач. и кон. дир. углы и координаты исх. пунктов

9 368 12.0 188 12.0 4701.43 -2692.27 4701.43 -2692.27

Исходные данные		
№точек	Изм.углы	Длины линий

```

511
512 97 40.5 152.15
10 270 29.5 239.95
70 254 21.5 148.30
513 259 36.0 90.16
2 205 28.0 105.80
1 199 29.5 96.80
512 152 54.5 0.00
  
```

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

НОМЕРА ТОЧЕК	ИЗМЕРЕН- НЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	ПОПРАВКИ В УГЛЫ МИН.	ДИРЕКЦИОН- НЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	РУМБЫ ГР. МИН.	ДЛИНЫ СТОРОН d, м.	ВЫЧИСЛЕН. ПРИРАЩЕНИЯ		КООРДИНАТЫ	
						dX, м.	dY, м.	X, м.	Y, м.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
511			368 12.0						
512	97 40.5	0.1	90 31.4	ЮВ:89 28.6	152.15	-0.05	-0.02	4701.43	-2692.27
10	270 29.5	0.1	0 1.9	СВ: 0 1.9	239.95	-1.39	152.14	4699.99	-2540.14
70	254 21.5	0.1	285 40.3	СЗ:74 19.7	148.30	-0.07	-0.03	4939.87	-2540.04
513	259 36.0	0.1	206 4.2	ЮЗ:26 4.2	90.16	40.06	-142.79	4979.89	-2682.84
2	205 28.0	0.1	180 36.1	ЮЗ: 0 36.1	105.80	-0.03	-0.01	4898.87	-2722.48
1	199 29.5	0.1	161 6.6	ЮВ:18 53.4	96.80	-105.79	-1.11	4793.05	-2723.60
512	152 54.5	0.1	188 12.0	ЮЗ: 8 12.0	0.00	-0.03	-0.01	4701.43	-2692.27
511						0.00	0.00		

SUMbпр=1439 59.5 SUML= 833.16 SUMdXпр= 0.25 SUMdYпр= 0.09
SUMbt =1440 0.0 SUMdXт = 0.00 SUMdYт = 0.00
fb = -0.5 fx= 0.25 fy= 0.09
fbдоп = 2.6 faбс= 0.27 foтн=1/ 3125

3) 514-513-D7-D1-512-1-2-513-514

Введите кол-во точек, нач. и кон. дир. углы и координаты исх. пунктов
9 283 07.5 463 07.5 4979.76 -2682.80 4979.76 -2682.80

Исходные данные		
№точек	Изм.углы	Длины линий

514
513 357 28.5 148.30
70 105 38.5 239.95
10 89 30.5 152.15
512 109 25.5 96.80
1 160 30.5 105.80
2 154 32.0 90.16
513 102 55.5 0.00
514

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

НОМЕРА ТОЧЕК	ИЗМЕРЕН- НЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	ПОПРАВКИ В УГЛЫ МИН.	ДИРЕКЦИОН- НЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	РУМБЫ ГР. МИН.	ДЛИНЫ СТОРОН d, м.	ВЫЧИСЛЕН. ПРИРАЩЕНИЯ		КООРДИНАТЫ	
						dX, м.	dY, м.	X, м.	Y, м.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
514			283 7.5						
513	357 28.5	-0.1	105 39.1	ЮВ:74 20.9	148.30	0.04	0.02	4979.76	-2682.80
70	105 38.5	-0.1	180 0.8	ЮЗ: 0 0.8	239.95	-40.01	142.80	4939.79	-2539.98
10	89 30.5	-0.1	270 30.4	СЗ:89 29.6	152.15	0.07	0.03	4699.91	-2540.00
512	109 25.5	-0.1	341 5.1	СЗ:18 54.9	96.80	-239.95	-0.05	4701.30	-2692.12
1	160 30.5	-0.1	0 34.7	СВ: 0 34.7	105.80	0.04	0.02	4792.91	-2723.49
2	154 32.0	-0.1	26 2.9	СВ:26 2.9	90.16	1.35	-152.14	4898.73	-2722.40
513	102 55.5	-0.1	103 7.5	ЮВ:76 52.5	0.00	0.03	0.01	4979.76	-2682.80
514						91.57	-31.38		

SUMbпр=1080 1.0 SUML= 833.16 SUMdXпр= -0.25 SUMdYпр= -0.12
SUMbt =1080 0.0 SUMdXт = 0.00 SUMdYт = 0.00
fb = 1.0 fx= -0.25 fy= -0.12
fbдоп = 2.6 faбс= 0.27 foтн=1/ 3058

4) 514-513-2-1-512-D1-D7-513-514

Введите кол-во точек, нач. и кон. дир. углы и координаты исх. пунктов
 9 283 07.5 103 07.5 4979.76 -2682.80 4979.76 -2682.80

Исходные данные		
№ точек	Изм. углы	Длины линий

514		
513	257 04.5	90.16
2	205 28.0	105.80
1	199 29.5	96.80
512	250 34.5	152.15
10	270 29.5	239.95
70	254 21.5	148.30
513	2 31.5	0.00
514		

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

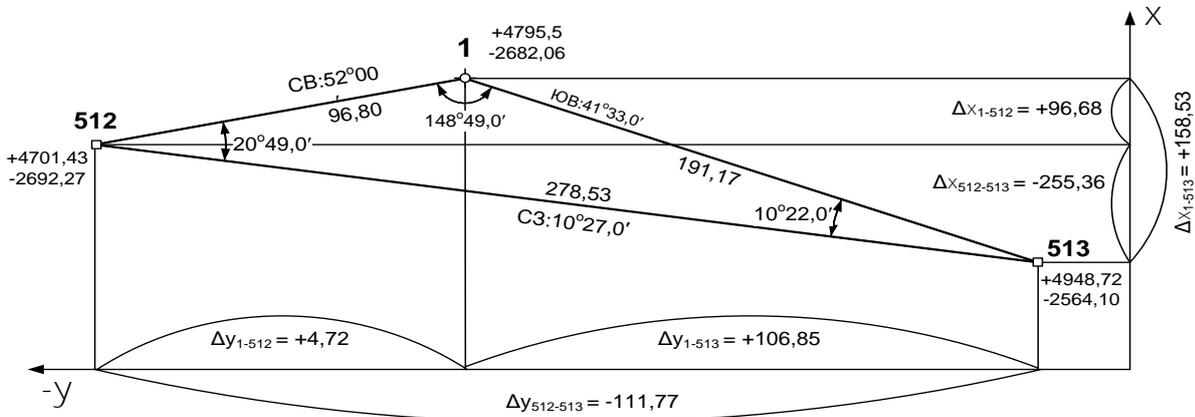
НОМЕРА ТОЧЕК	ИЗМЕРЕННЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	ПОПРАВКИ В УГЛЫ МИН.	ДИРЕКЦИОННЫЕ УГЛЫ ГР. МИН.	РУМБЫ ГР. МИН.	ДЛИНЫ СТОРОН d, м.	ВЫЧИСЛЕН. ПРИРАЩЕНИЯ		КООРДИНАТЫ	
						dX, м.	dY, м.	X, м.	Y, м.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
514			283 7.5						
513	257 4.5	0.1	206 2.9	ЮЗ:26 2.9	90.16	-0.03	-0.01	4979.76	-2682.80
2	205 28.0	0.1	180 34.7	ЮЗ: 0 34.7	105.80	-0.03	-0.02	4898.73	-2722.40
1	199 29.5	0.1	161 5.1	ЮВ:18 54.9	96.80	-105.79	-1.07	4792.91	-2723.49
512	250 34.5	0.1	90 30.4	ЮВ:89 29.6	152.15	-0.03	-0.01	4701.30	-2692.12
10	270 29.5	0.1	0 0.8	СВ: 0 0.8	239.95	-0.04	-0.02	4699.91	-2540.00
70	254 21.5	0.1	285 39.2	СЗ:74 20.8	148.30	-0.07	-0.03	4939.79	-2539.98
513	2 31.5	0.1	103 7.5	ЮВ:76 52.5	0.00	239.95	0.05	4979.76	-2682.80
514					0.00	-0.04	-0.02		

SUMb_{np}=1439 59.0
 SUMb_т =1440 0.0
 fb = -1.0
 fbдоп = 2.6

SUML= 833.16
 SUMdX_{np}= 0.25
 SUMdX_т = 0.00
 fx= 0.25
 faбс= 0.27

SUMdY_{np}= 0.12
 SUMdY_т = 0.00
 fy= 0.12
 fотн=1/ 3058

Задание №2. По данным своего варианта и результатам вычислений показать на схеме и таблице все геодезические элементы (X, Y, H, d, D, h, Δx, Δy, α, γ, β, ν) в одном из треугольников №N: 1) 512-1-D1, 2) 1-2-513, 3) 2-513-512, 4) 1-2-D7, 5) 512-1-2, 6) 1-2-D1, 7) 512-1-D7, 8) 512-1-513, 9) 512-2-513, 10) 512-513-D1, 11) 512-513-D7.

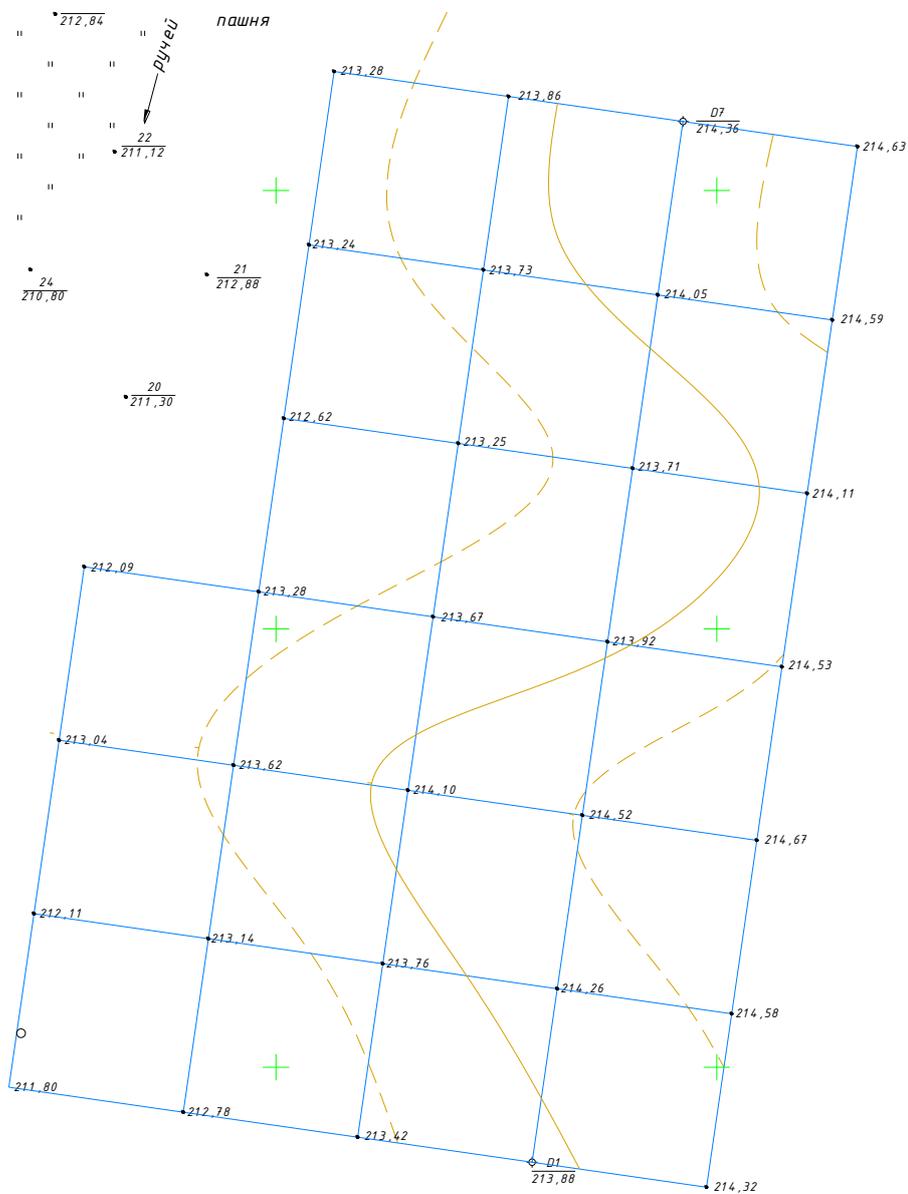


№	КООРДИНАТЫ			Гор пр-е d, м	D	ПРИРАЩЕНИЯ		Прев-е h, мм	Дир-й угол α	Гор-й угол β	Румб γ	Верг-й угол ν
	X	Y	H			Δx	Δy					
512	+4701,43	-2692,27	222,654							20°49,0'		
				96,80	96,80	+96,68	+4,72	-0546	52°00,0'		52°00,0'	18°25'
1	+4795,5	-2682,06	222,109							148°49,0'		
				191,17	191,17	+158,53	+106,85	0036	318°27,0'		41°33,0'	0°37'
513	+4948,72	-2564,10	226,752							10°22,0'		
				278,53	278,53	-255,36	-111,77	-1074	169°33,0'		10°27,0'	15°34'
512	+4701,43	-2692,27	222,654									
										180°00,0'		

Задание №3. Составить топографический план по результатам нивелирования по квадратам со сторонами 40 м в масштабе 1: 2000 с высотой сечения рельефа горизонталями 0,5 м.

Вариант решения №1. Дирекционный угол направления D1- D7 равен 6°13,6' (см. полевые журналы, вариант П7)

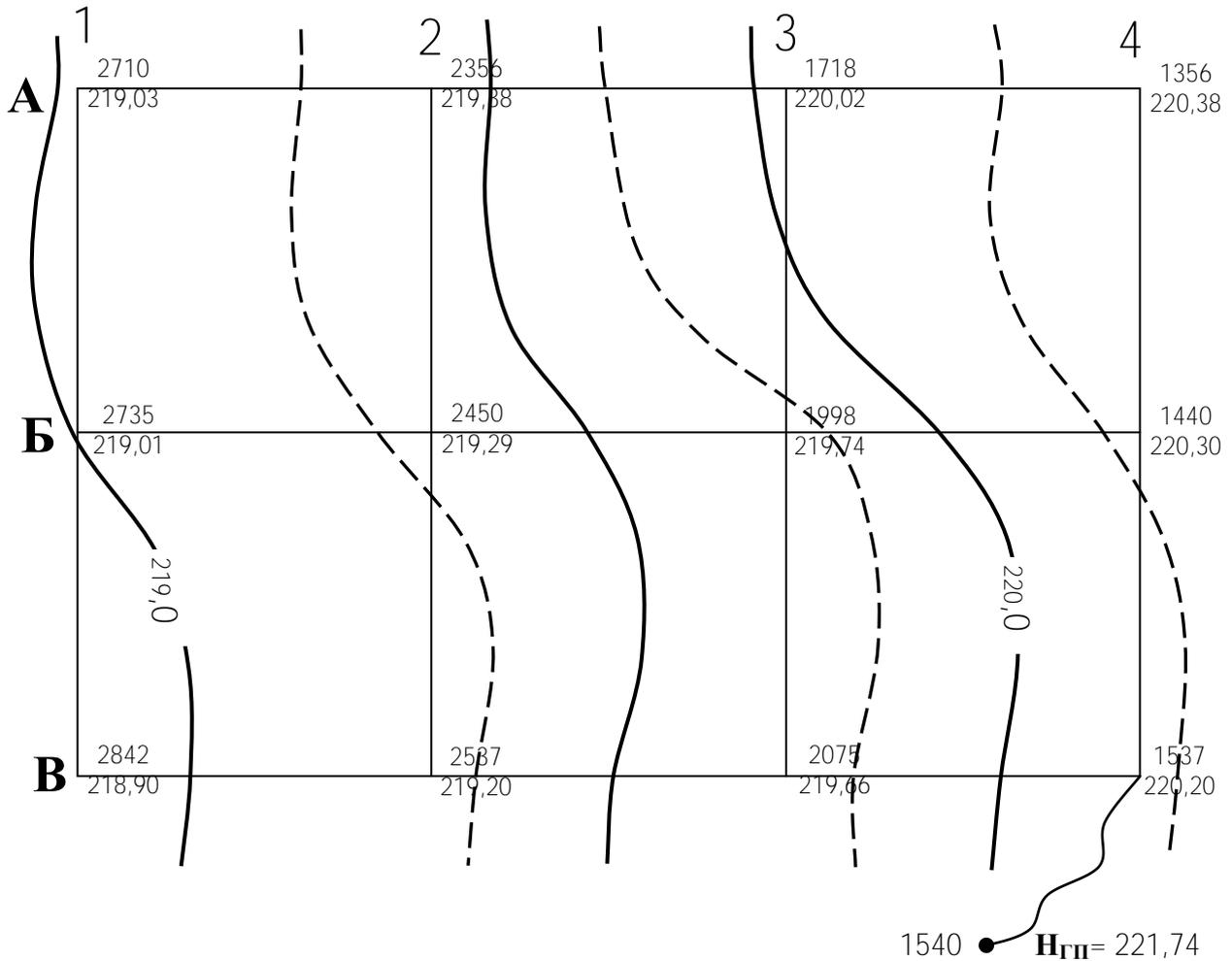
Север



$M \approx 1: 1500, h_c=0,5 \text{ м}$

Юг

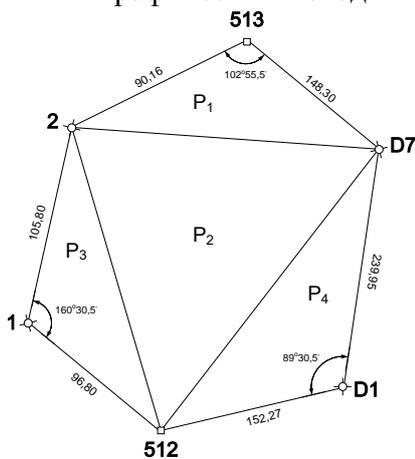
Вариант решения №2



м 1:1000, hc=0,5 м

Задание №4. Вычислить площадь полигона замкнутого теодолитного хода 512-1-2-513-D7-D1-512 графическим и аналитическим способами, выполнить сравнительную оценку полученных результатов.

Графический метод



$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 90,16 \cdot 148,30 \cdot \sin 102^\circ 55,5' = 6515,981546 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot 96,80 \cdot 105,80 \cdot \sin 160^\circ 30,5' = 1708,629400 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$P_4 = \frac{1}{2} \cdot 152,27 \cdot 239,95 \cdot \sin 89^\circ 30,5' = 18267,920600 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$2-512 = \sqrt{96,80^2 + 105,80^2 - 2 \cdot 96,80 \cdot 105,80 \cdot \cos 160^\circ 30,5'} = 199,6820 \text{ (м)}$$

$$D7-512 = \sqrt{152,27^2 + 239,95^2 - 2 \cdot 152,27 \cdot 239,95 \cdot \cos 89^\circ 30,5'} = 283,0814 \text{ (м)}$$

$$D7-2 = \sqrt{90,16^2 + 148,30^2 - 2 \cdot 90,16 \cdot 148,30 \cdot \cos 102^\circ 55,5'} = 190,0082 \text{ (м)}$$

$$p = \frac{283,0814 + 199,6820 + 190,0082}{2} = 336,3858 \text{ (м)}$$

$$P_4 = \sqrt{336,3858(336,3858 - 283,0814)(336,3858 - 199,6820)(336,3858 - 190,0082)} = 18942,0929 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 6515,98 + 18267,92 + 1708,63 + 18942,09 = 45434,62 \text{ (м}^2\text{)}$$

Ведомость вычисления площади полигона по координатам его вершин

№	Координаты, м					
	X _i	Y _i	Y _{i+1} - Y _{i-1}	X _{i-1} - X _{i+1}	X _i · (Y _{i+1} - Y _{i-1})	Y _i · (X _{i-1} - X _{i+1})
512	+4701,43	-2692,27	-135,39	-153,90	-636526,6077	+414340,3530
1	+4795,50	-2682,06	+56,32	-189,10	+270082,5600	+507177,5460
2	+4890,53	-2635,95	+117,96	-153,22	+576886,9188	+403880,2590
513	+4948,72	-2564,10	+185,31	+29,60	+917047,3032	-75897,3600
D7	+4860,93	-2450,64	+17,43	+307,12	+84726,0099	-752640,5568
D1	+4641,60	-2546,67	-241,63	+159,50	-1121549,8080	-406193,8650

$$\Sigma = 90666,3762 \quad \Sigma = 90666,3762$$

$$P = \Sigma X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1}) / 2 = 90666,3762 / 2 = 45333,1881 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$P = \Sigma Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1}) / 2 = 90666,3762 / 2 = 45333,1881 \text{ (м}^2\text{)}$$

Задание №5. Определить элементы и пикетажные значения главных точек круговой кривой, если: ВУ ПК11+30,01, R=200 м, Q=90°00'-N°N'. Составить схему и выполнить необходимые расчеты для выноса пикетов с тангенсов на кривую и для детальной разбивки кривой через 20 м;

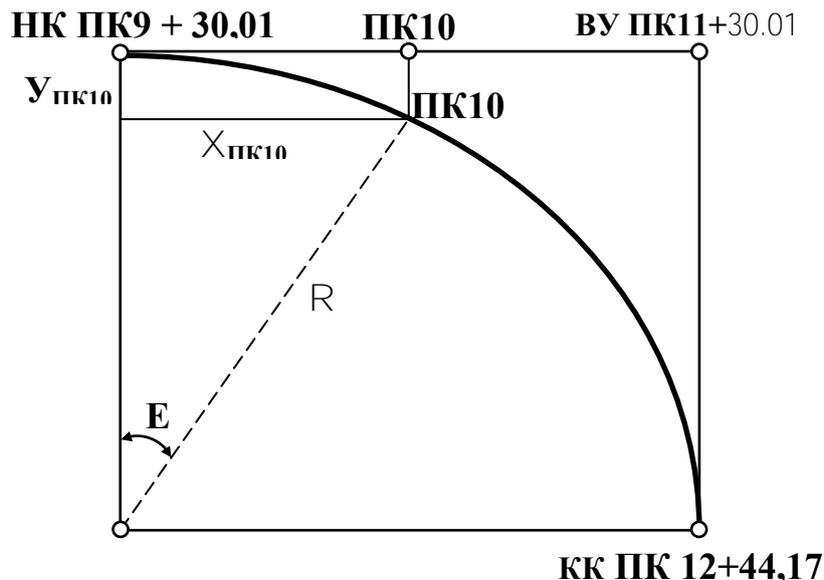
$$R = 200 \text{ м, } Q = 90^\circ 00', \text{ ВУ ПК} 11 + 30,01.$$

$$T = R \cdot \operatorname{tg} 45^\circ = 200,00 \text{ (м)}$$

$$K = \pi \cdot R \cdot \theta / 180^\circ = 3,1416 \cdot 200,00 \cdot 90 / 180 = 314,16 \text{ (м)}$$

$$D = 2T - K = 2 \cdot 200,00 - 314,16 = 85,84 \text{ (м)}$$

Расчет	Контроль
ВУ ПК 11 + 30,01	ВУ ПК 11 + 30,01
- T 2 + 0,00	+ T 2 + 0,00
НК ПК 9 + 30,01	Σ ПК 13 + 30,01
+ K 3 + 14,16	- Д 85,84
КК ПК 12 + 44,17	КК ПК 12 + 44,17
- 1/2K 1 57,09	- 1/2K 1 57,09
СК ПК 10 + 87,09	СК ПК 10 + 87,09
+ 1/2Д 42,92	+ 1/2Д 42,92
ВУ ПК 11 + 30,01	ВУ ПК 11 + 30,01



Длина по кривой до пикетов ПК10, ПК11 и ПК12:

$k_{ПК10} = 69,99$ (м) от НК; $k_{ПК11} = 144,17$ (м) от КК; $k_{ПК12} = 44,17$ (м) от КК.

$$E_{ПК10} = \frac{k_{ПК10} \cdot 180^0}{\pi \cdot R} = \frac{69,99 \cdot 180}{3,1416 \cdot 200} = 20,051^0$$

$$E_{ПК11} = \frac{k_{ПК11} \cdot 180^0}{\pi \cdot R} = \frac{144,17 \cdot 180}{3,1416 \cdot 200} = 41,302^0$$

$$E_{ПК12} = \frac{k_{ПК12} \cdot 180^0}{\pi \cdot R} = \frac{44,17 \cdot 180}{3,1416 \cdot 200} = 12,654^0$$

$$X_{ПК10} = R \cdot \sin E_{ПК10} = 200 \cdot \sin 20,051 = 68,57 \text{ (м)}$$

$$Y_{ПК10} = 2R \cdot \sin^2 \frac{E_{ПК10}}{2} = 400 \cdot \sin^2 \frac{20,051}{2} = 12,11 \text{ (м)}$$

$$X_{ПК11} = R \cdot \sin E_{ПК11} = 200 \cdot \sin 41,302 = 132,01 \text{ (м)}$$

$$Y_{ПК11} = 2R \cdot \sin^2 \frac{E_{ПК11}}{2} = 400 \cdot \sin^2 \frac{41,302}{2} = 49,75 \text{ (м)}$$

$$X_{ПК12} = R \cdot \sin E_{ПК12} = 200 \cdot \sin 12,654 = 43,81 \text{ (м)}$$

$$Y_{ПК12} = 2R \cdot \sin^2 \frac{E_{ПК12}}{2} = 400 \cdot \sin^2 \frac{12,654}{2} = 4,84 \text{ (м)}$$

Таблица Е5 - -Детальная разбивка кривой через 20 метров

№ п/п	1	2	3	4	14	15	16
№ т.	ПК9+40	ПК9+60	ПК9+80	ПК10	ПК12	ПК12+20	ПК12+40
k_i , м	9,99	29,99	49,99	69,99	44,17	24,17	4,17
E_i , гр	2,86	8,59	14,32	20,05	12,65	6,92	1,19
X_i , м	9,98	29,87	49,47	68,57	43,81	24,11	4,17
Y_i , м	0,25	2,25	6,25	12,11	4,84	1,46	0,04

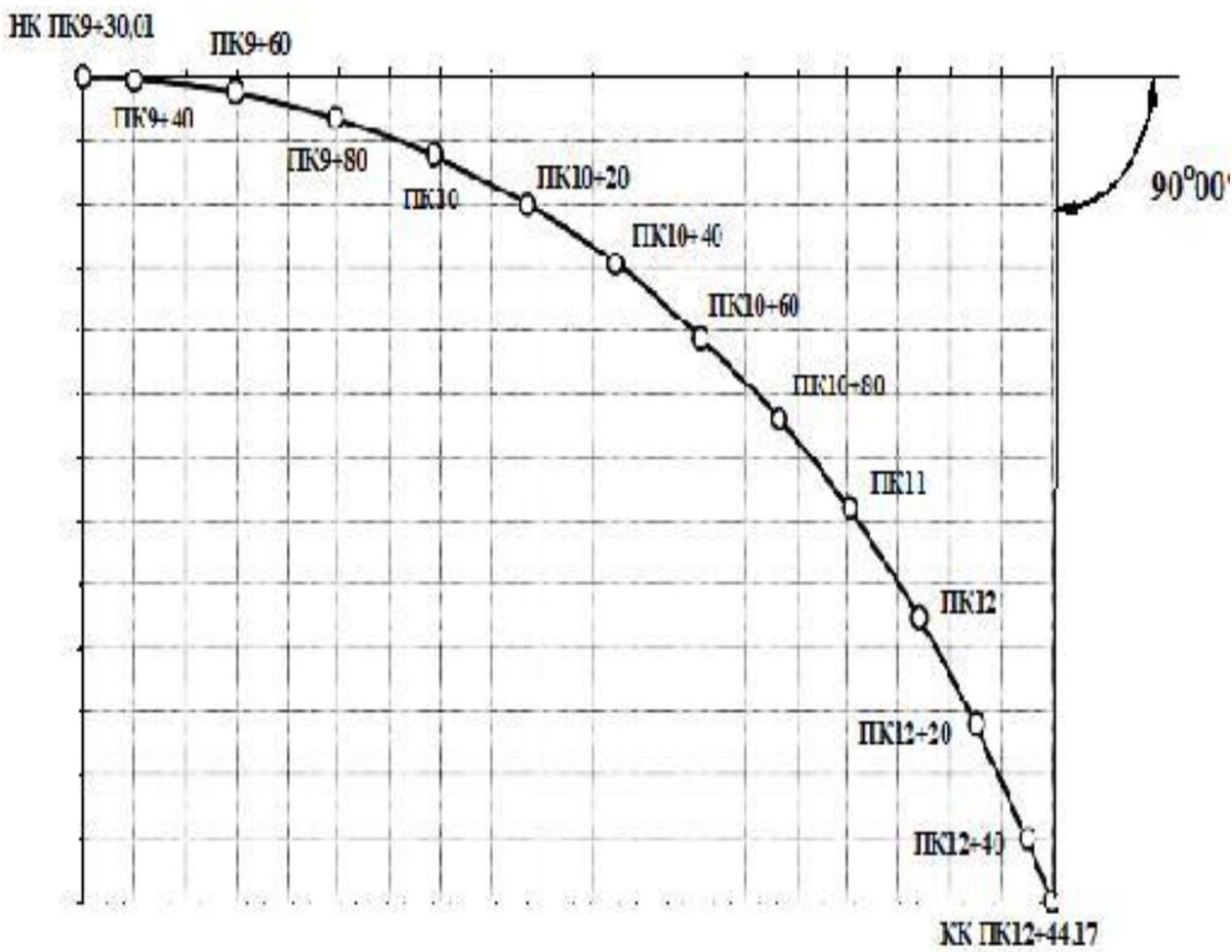


Рис. Е5 - Схема детальной разбивки кривой через 20 метров

Исходные данные для выполнения задания по вычислительной обработке результатов полевых измерений и составлению топографического плана

При выполнении задания координаты геодезических пунктов необходимо использовать в соответствии с вариантом задания (приложение Ж), который выбирают в соответствии с начальной буквой фамилии и последней цифрой номера студенческого билета или зачетной книжки).

Исходные данные:

$$X_{512} = + 4701,43 \text{ м}$$

$$X_{513} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Y_{512} = - 2692,27 \text{ м}$$

$$Y_{513} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Дирекционные углы:

$$\alpha_{511-512} = \underline{\hspace{2cm}}$$

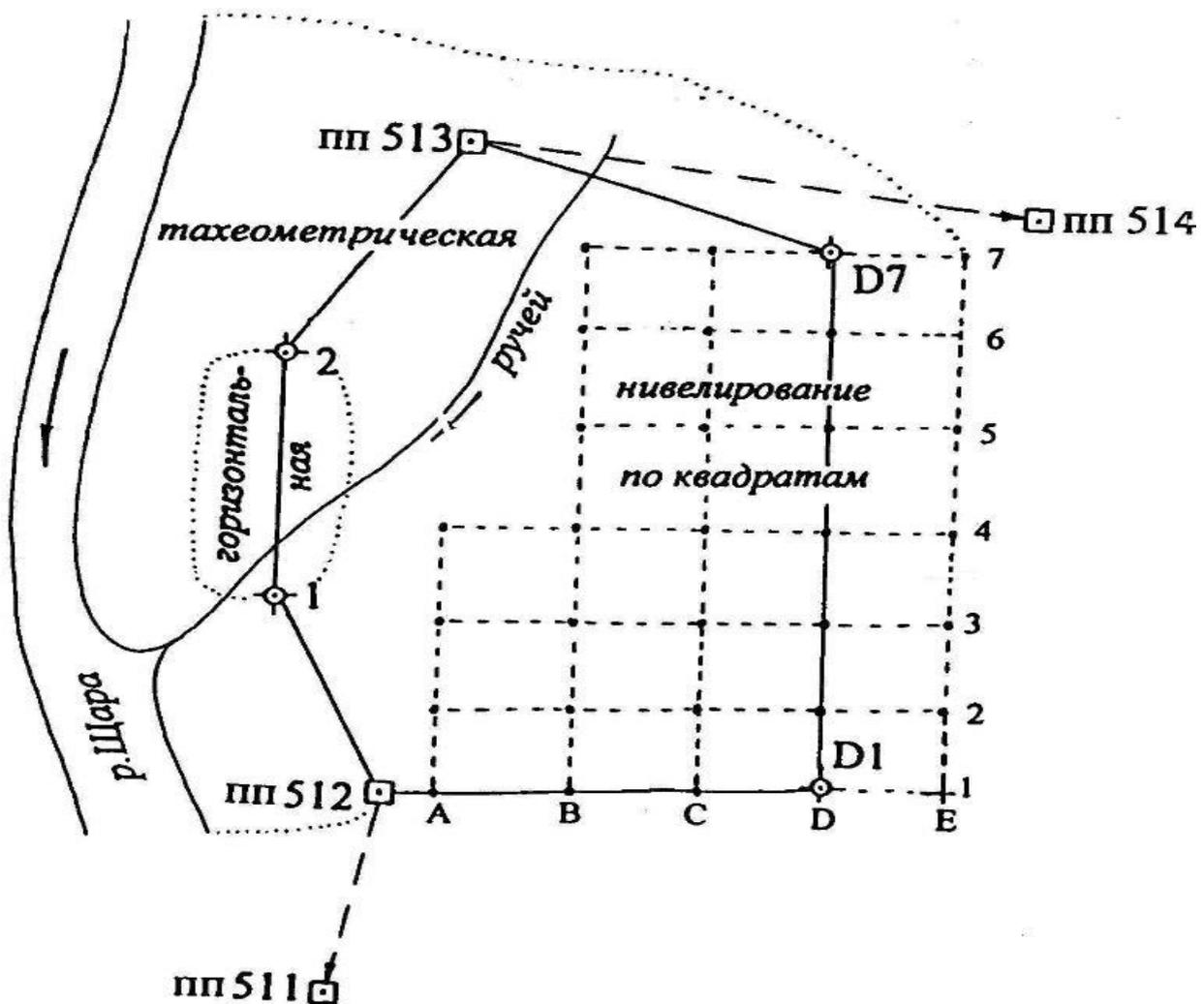
$$\alpha_{513-514} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Высоты точек:

$$H_{512} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$H_{513} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Схема теодолитно-нивелирных ходов с картограммой видов топосъемок



Журнал измерения горизонтальных углов и длин линий
Теодолитный ход 1 (пп512, 1, 2, пп513)

Номер станции	Круг	Номер точки	Отсчет по гориз. кругу, ° ' "	Горизонтальный угол		Длина линии, м	Угол наклона
				измеренный	средний		Гориз. проложение
				° ' "	° ' "		° ' / м
1	2	3	4	5	6	7	8
пп 512	КЛ	511 1	324° 15' 117° 10'	207° 05'	207° 05,5'	96,78	
	КП	511 1	146° 46' 299° 40'				
1	КЛ	512 2	176° 58' 16° 27'			96,82	96,80
	КП	512 2	358° 22' 197° 52'			105,80	
2	КЛ	1 513	33° 55' 239° 23'			105,81	
	КП	1 513	215° 11' 60° 39'			90,22	
пп 513	КЛ	2 514	153° 32' 50° 36'			90,21	90,17
	КП	2 514	335° 40' 232° 45'				

Теодолитный ход 2 (пп513, D1, D1, пп512)

пп 513	КЛ	514 D1	29° 37' 32° 09'	357° 28'	357° 28,5'	148,49	2° 00'
	КП	514 D1	211° 30' 214° 01'				
D1	КЛ	513 D1	248° 50' 143° 11'			148,47	148,39
	КП	513 D1	68° 22' 322° 44'			239,93	
D1	КЛ	D1 512	190° 34' 101° 03'			239,97	
	КП	D1 512	13° 04' 283° 34'			152,26	
пп 512	КЛ	D1 511	104° 11' 201° 52'			152,28	
	КП	D1 511	286° 22' 24° 03'				

Журнал нивелирования точек теодолитного хода 1 (пп512, 1, 2, пп513)

Номер станции	Номер точки	Отсчеты по рейкам		Превышение, мм	
		задней	передней	вычисленное	среднее
1	2	3	4	5	6
1	пп 512	1315 (1)			- 0546 (9)
		6098 (6)		- 0548 (3)	
		4783 (7)			
	1		1863 (2)		- 0545 (8)
			6643 (4)		
			4780 (5)		
2	1	1725			
		6507			
	X ₁		0940		
			5722		
3	X ₁	2321			
		7102			
	2		1508		
			6290		
4	2	2481			
		7267			
	X ₂		1025		
			5810		
5	X ₂	2843			
		7623			
	X ₃		0235		
			5017		
6	X ₃	0682			
		5464			
	пп 513		1687		
			6472		

Контроль: $\Sigma Z =$ $\Sigma П =$ $\Sigma h_{\text{выч}} =$ $\Sigma h_{\text{ср}} =$

Журнал нивелирования точек теодолитного хода 2 (пп512, D1, D7, пп512)

1	2	3	4	5	6
1	пп512	1921			+ 1805
		6606		+ 1804	
	X ₁		0117		
			4800		+ 1806
2	X ₁	1559			
		6243			
	D1		0281		
			4964		
3	D1	1724			
		6408			
	D7		1241		
			5926		
4	D7	1384			
		6068			
	X ₂		1914		
			6596		
5	X ₂	0227			
		4909			
	X ₃		2009		
			6692		
6	X ₃	1737			
		6418			
	пп 512		2987		
			7667		

Контроль: $\Sigma Z =$ $\Sigma П =$ $\Sigma h_{\text{выч}} =$ $\Sigma h_{\text{ср}} =$

Примечание: цифры в скобках от 1 до 9 указывают очередность наблюдений и вычислений на станции.

Ведомость

вычисления высот точек теодолитного хода (от пп 512 до пп 513)

№ точки	Среднее превышение, $h_{\text{ср}}$, мм	Поправка $\delta_{\text{и}}$, мм	Исправленное превышение $h_{\text{испр}}$, мм	Высота точки Н, м
1	2	3	4	5
пп512				
	-0546			
1				
X_1				
2				
X_2				
X_3				
пп513				

$$\begin{aligned}
 \sum h_{\text{ср}} &= & \sum h_{\text{испр}} &= \\
 \sum h_{\text{т}} &= & f_h &= \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{к}} - H_{\text{н}}) = \\
 f_{h \text{ доп}} &= \pm 30 \text{ мм} \sqrt{L} \text{ км} = & f_{h \text{ доп}} \pm & \geq f_h
 \end{aligned}$$

Ведомость

вычисления высот точек Д1, Д1

№ точки	Среднее пре- вышение, $h_{\text{ср}}$, мм	Поправка $\delta_{\text{и}}$, мм	Исправленное пре- вышение $h_{\text{испр}}$, мм	Высота точки Н, м
1	2	3	4	5
пп512				
	+1805			
X_1				
Д1				
Д1				
X_2				
X_3				
пп512				

$$\begin{aligned}
 \sum h_{\text{ср}} &= & \sum h_{\text{испр}} &= \\
 \sum h_{\text{т}} &= & f_h &= \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{к}} - H_{\text{н}}) = \\
 f_{h \text{ доп}} &= \pm 30 \text{ мм} \sqrt{L} \text{ км} = & f_{h \text{ доп}} \pm & \geq f_h
 \end{aligned}$$

Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

(пп 511 – пп 512 – 1 – 2 – пп 513 – пп 514)

№ точки	Измеренный угол β, ° , ' , ''	Поправка, ' , ''	Исправленный угол β', ° , ' , ''	Дирекционный угол α, ° , ' , ''	Румб		Горизонтальное проложение d, м	ПРИРАЩЕНИЯ, м				КООРДИНАТЫ, м	
					Название	° , ' , ''		вычисленные		исправленные		± X	± Y
								± ΔX	± ΔY	± ΔX'	± ΔY'		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
пп511				14°23,5'									
пп512	207°05,5'	-0,3	207°05,2'									+ 4701,43	- 2692,27
				347°18,3'	СЗ	12°41,7'	96,80	+ 94,43	- 21,27	+ 94,46	- 21,26		
1	160°30,5'	-0,3	160°30,2'									+ 4795,89	- 2713,53
				6°48,1'	СВ	6°48,1'	105,80	+ 105,06	+ 12,53	+ 105,10	+ 12,55		
2	154°32,0'	-0,3	154°31,7'									+ 4900,99	- 2700,98
				32°16,4'	СВ	32°16,4'	90,17	+ 76,24	+ 48,15	+ 76,27	+ 48,16		
пп513	102°55,5'	-0,3	102°55,2'									+ 4977,26	- 2652,82
				109°21,2'									
пп514													

$$\Sigma\beta_{\text{изм}} = 625^{\circ}03,5'$$

$$\Sigma d = 292,77$$

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 625^{\circ}02,3'$$

$$\Sigma\Delta_{\text{пр}} = +275,73 + 39,41 + 275,83 + 39,45$$

$$f_{\beta} = +0^{\circ}01,2'$$

$$\Sigma\Delta_{\text{теор}} = +275,83 + 39,45 + 275,83 + 39,45$$

$$f_x = -0,10 \quad f_y = -0,04 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$f_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 2,0'$$

$$f_d = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} \approx 0,11 \text{ м,}$$

$$f_{d\text{доп}} = \frac{\Sigma d}{2000} = 0,15 \text{ м}$$

$$\frac{f_d}{\Sigma d} \approx \frac{1}{2000} < \frac{1}{2000}$$

Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

(пп 514 – пп 513 – Д1 – Д1 – пп 512 – пп 511)

№ точки	Измеренный угол β, ° , ' , ''	Поправка, ' , ''	Исправленный угол β', ° , ' , ''	Дирекционный угол α, ° , ' , ''	Румб		Горизонтальное проложение d, м	ПРИРАЩЕНИЯ, м				КООРДИНАТЫ, м	
					Название	° , ' , ''		вычисленные		исправленные		± X	± Y
								± ΔX	± ΔY	± ΔX'	± ΔY'		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
пп514				289°21,2'									
пп513	357°28,5'	+0,3	357°28,8'									+ 4977,26	- 2652,82
				111°52,4'	ЮВ	68°07,6'	148,39	- 55,28	+ 137,71	- 55,23	+ 137,73		
Д1	105°38,5'	+0,3	105°38,8'									+ 4922,03	- 2515,09
				186°13,6'	ЮЗ	6°13,6'	239,95	- 238,53	- 26,02	- 238,45	- 25,98		
Д1	89°30,5'	+0,3	89°30,8'									+ 4683,58	- 2541,07
				276°42,8'	СЗ	83°17,2'	152,27	+ 17,80	- 151,22	+ 17,85	- 151,20		
пп512	262°19,0'	+0,3	262°19,3'									+ 4701,43	- 2692,27
				194°23,5'									
пп511													

$$\Sigma\beta_{\text{изм}} = 814^{\circ}56,5'$$

$$\Sigma d = 540,61$$

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 814^{\circ}57,7'$$

$$\Sigma\Delta_{\text{пр}} = -276,01 - 39,53 - 275,83 - 39,45$$

$$f_{\beta} = -0^{\circ}01,2'$$

$$\Sigma\Delta_{\text{теор}} = -275,83 - 39,45 - 275,83 - 39,45$$

$$f_x = -0,18 \quad f_y = -0,08 \quad 0,00 \quad 0,00$$

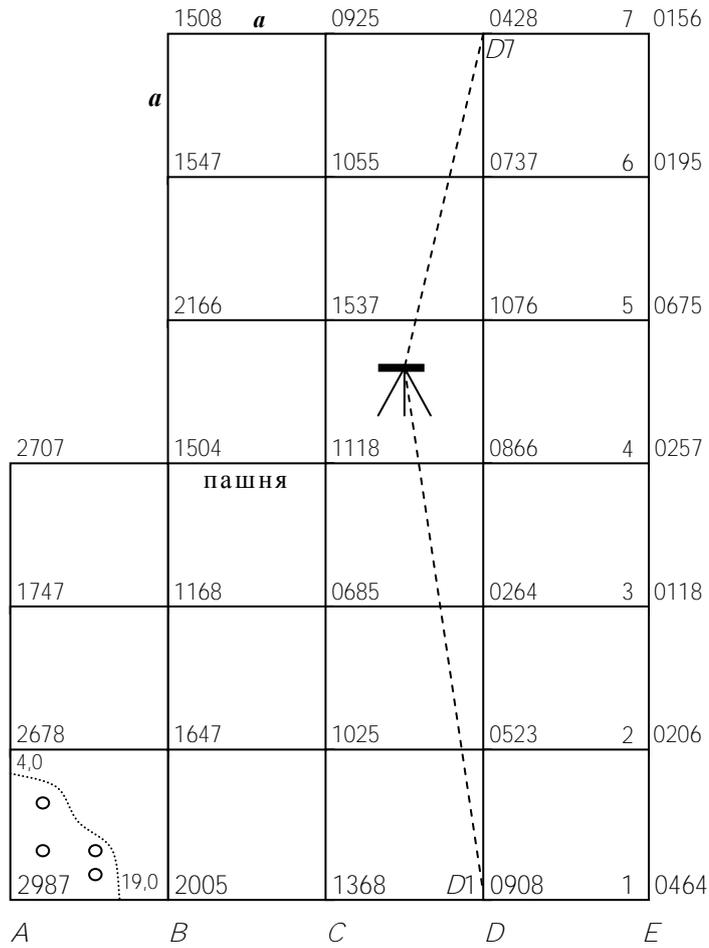
$$f_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 2,0'$$

$$f_d = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} \approx 0,20 \text{ м,}$$

$$f_{d\text{доп}} = \frac{\Sigma d}{2000} = 0,27 \text{ м}$$

$$\frac{f_d}{\Sigma d} \approx \frac{1}{1500} < \frac{1}{1500}$$

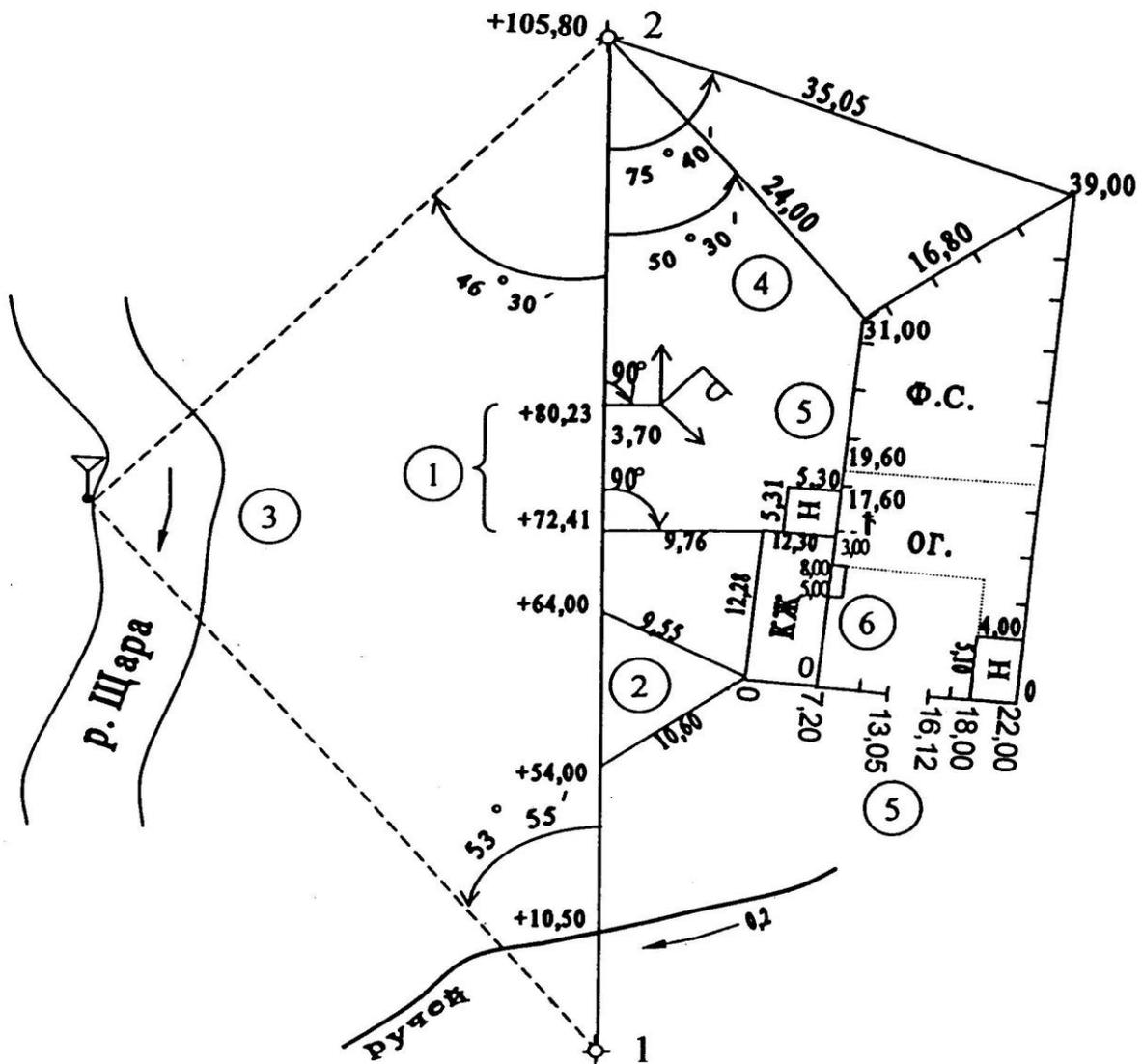
Журнал-схема
 нивелирования поверхности по квадратам ($a = 40 \text{ м}$)



$$\begin{array}{r}
 H_{D1} = \dots\dots\dots \\
 + \\
 \hline
 a_{D1} = \dots\dots\dots \\
 \hline
 \Gamma\Pi = \dots\dots\dots
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 H_{D1} = \dots\dots\dots \\
 + \\
 \hline
 a_{D1} = \dots\dots\dots \\
 \hline
 \Gamma\Pi = \dots\dots\dots
 \end{array}$$

$\Gamma\Pi_{\text{ср}} = \dots\dots\dots$

Абрис
теодолитной съемки по линии 1-2



Способы съемки ситуации:

- 1— прямоугольных координат;
- 2— линейной засечки;
- 3— угловой засечки;
- 4— полярный;
- 5— створа;
- 6— обмера;

Журнал тахеометрической съемки
Станция 1. Ориентирование на точку 2

Высота станции $H_1 = \dots\dots\dots$ м

Дата

Высота прибора $i_1 = 1,48$ м

Наблюдения при КЛ

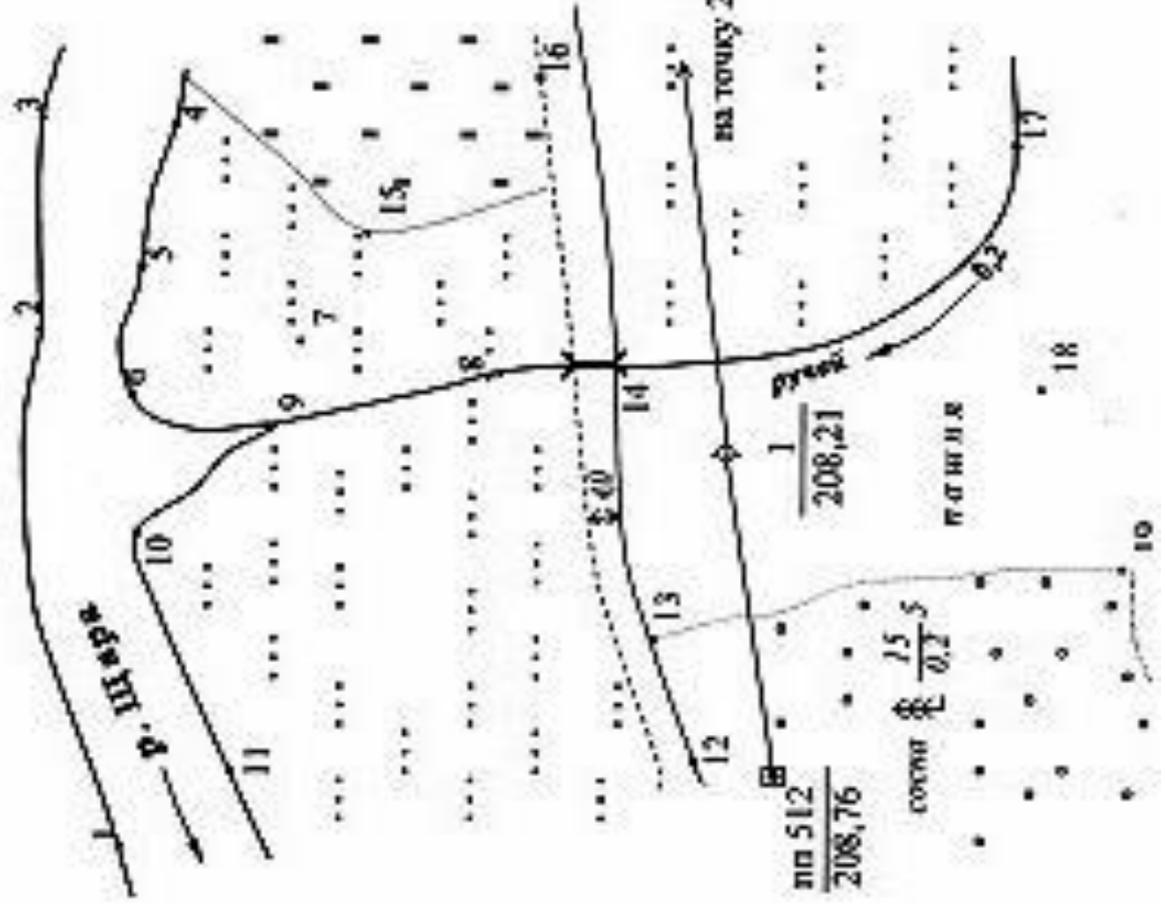
Горизонт прибора $\Pi_1 = \dots\dots\dots$ м

$$MO = \frac{Л + \Pi}{2} = \frac{+7^\circ 21' - 7^\circ 23'}{2} = -0^\circ 01'$$

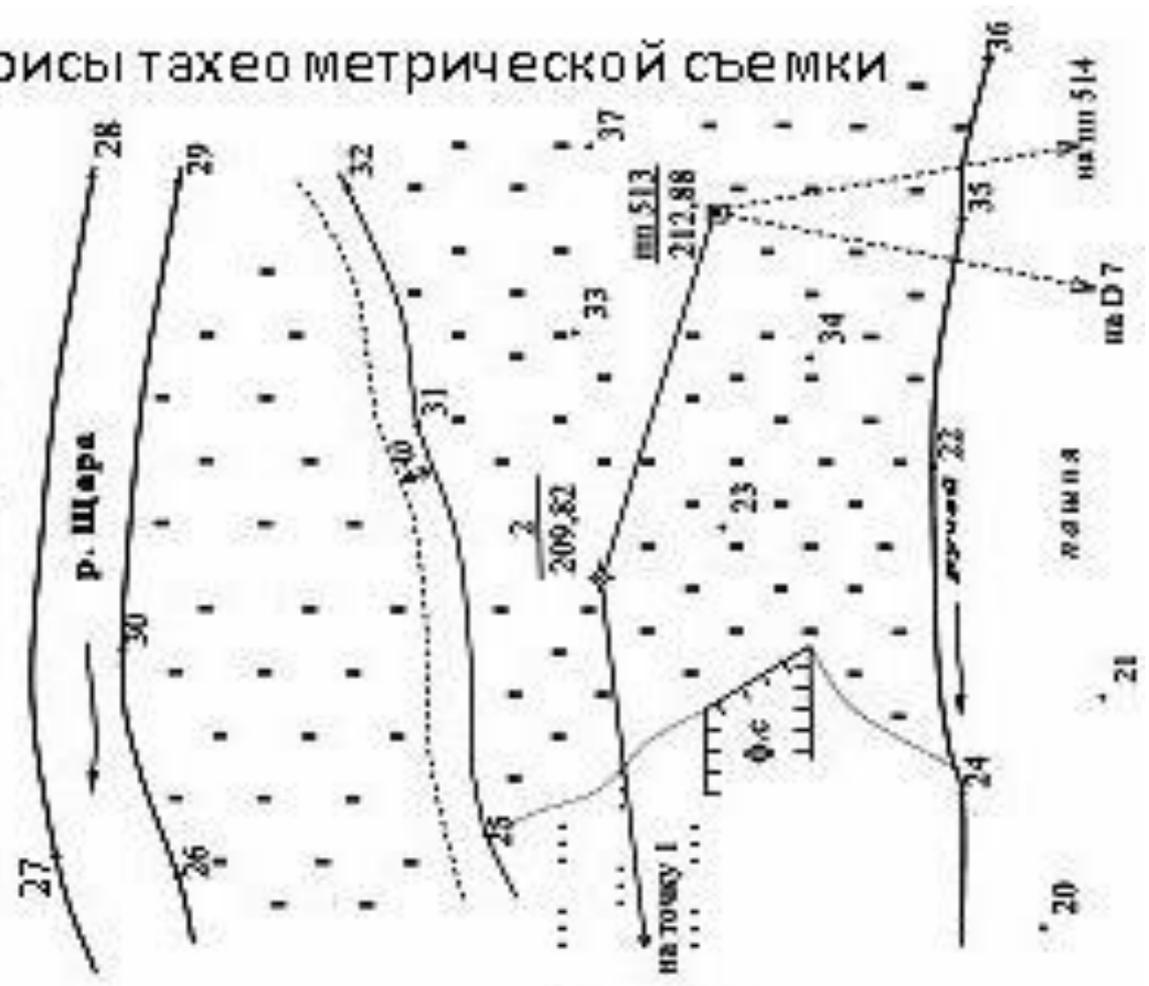
Номер точки	Расстояние		Отсчеты по			Угол наклона, ° ′	Высота наведения, м	Неполное превышение, м	$l-V$	Полное превышение, м	Высота, м
	по дальном., м	испр. за наклон м	ГК, ° ′	рейке, м	ВК, ° ′						
	D	d	β	b	КЛ	v	V	H	$l-V$	h	H
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Т. 2	106		0° 00'								
1	109		201°30'								
2	80		244°15'								
3	78		306°05'								
4	63		312°35'	2,07	МО						
5	57		266°40'	2,12	МО						
6	62		225°00'	2,12	МО						
7	39	38,9	254°05'		2°36'	+2° 37'	1,48	1,78	0	1,78	
8	26		224°45'	1,97	МО						
9	44		217°30'	2,12	МО						
10	69		201°10'		- 0°34'		1,48				
11	95		185°30'		- 0°28'		1,48				
12	65		166°00'	0,62	МО						
13	32		168°45'	0,57	МО						
14	9		344°30'	1,83	МО						
15	34		308°10'	1,58	МО						
16	47		345°35'	1,26	МО						
17	63		32°45'	1,39	МО						
18	40		66°10'		1°30'		1,48				
19	40		109°10'		2°37'		1,48				
Т. 2	106		0° 00'								

Абрисы тахеометрической съемки

на станции 1



на станции 2



Журнал тахеометрической съемки
Станция 2. Ориентирование на точку 513

Высота станции $H_2 = \dots\dots\dots$ м

Дата: _____

Высота прибора $i_2 = 1,50$ м

Наблюдения при КЛ

Горизонт прибора $ГП_2 = \dots\dots\dots$ м

$$MO = \frac{Л + П}{2} = -0^{\circ}01'$$

Номер точки	Расстояние		Отсчеты по			Угол наклона, ° ' "	Высота наведения, м	Неполное превышение, м	i-V	Полное превышение, м	Высота, м
	по дальномеру, м	исправленное за наклон, м	ГК, ° ' "	рейке, м	ВК, ° ' "						
	<i>D</i>	<i>d</i>	β	<i>b</i>	КЛ	<i>v</i>	<i>V</i>	<i>h</i>	<i>l-V</i>	<i>h</i>	<i>H</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
пп513	90		0° 00'								
20	77		94° 30'	2,05	МО						
21	81		70° 15'	0,46	МО						
22	58		48° 05'	2,22	МО						
23	29		13° 30'	0,89	МО						
24	43		82° 15'		-0° 46'		2,00				
25	31		178° 05'		-1° 53'		1,50				
26	39		229° 15'		-0° 25'		3,00				
27	51		249° 05'								
28	95		306° 10'								
29	89		315° 15'		- 0° 42'		1,50				
30	54		299° 30'		-1° 25'		1,50				
31	28		311° 05'	1,85	МО						
32	87		335° 10'	1,45	МО						
33	51		340° 30'		2° 08'		3,00				
34	59		14° 05'		0° 57'		1,50				
35	90		20° 05'	1,09	МО						
36	123		17° 10'		0° 59'		3,00				
37	112		352° 00'		1° 46'		3,00				
пп513	90		0° 00'								

Варианты исходных данных для выполнения РГР

$$X_{512} = + 4701,43 \text{ м}, \quad Y_{512} = - 2692,27 \text{ м}$$

Начальная буква фамилии студента	Номер варианта	Координаты, м		Дирекционные углы		Высоты, м	
		X_{513}	Y_{513}	$\alpha_{511-512}$ ° ,	$\alpha_{513-514}$ ° ,	H_{512}	H_{513}
А-Б	1	+4979,86	-2682,80	8 12,0	103 07,5	208,760	212,881
	2	+4918,71	-2517,90	45 00,0	139 55,8	224,442	228,562
	3	+4780,00	-2424,95	79 53,0	174 48,7	232,334	236,457
	4	+4574,56	-2444,22	123 22,0	218 17,7	249,177	253,294
	5	+4458,91	-2555,30	156 48,8	251 43,6	248,278	252,374
	6	+4424,12	-2665,24	180 42,0	275 37,8	248,230	252,324
	7	+4435,35	-2774,93	203 32,0	298 27,6	226,348	230,441
	8	+4483,37	-2865,66	224 44,6	319 41,6	209,657	213,779
	9	+4624,74	-2960,13	260 17,3	355 14,4	210,157	214,280
	10	+4796,91	-2954,04	296 19,1	31 16,3	211,330	215,450
В-Г	1	+4979,69	-2677,91	9 13,5	104 09,0	228,167	232,269
	2	+4956,72	-2580,66	29 53,5	124 49,0	222,654	226,752
	3	+4835,48	-2448,02	67 30,0	162 25,6	225,657	229,779
	4	+4673,86	-2415,01	101 57,0	196 52,5	234,757	238,872
	5	+4528,78	-2473,63	134 33,0	229 28,8	241,857	245,975
	6	+4429,27	-2632,52	173 53,0	268 50,3	212,483	216,603
	7	+4445,52	-2802,35	209 31,1	304 28,5	213,111	217,229
	8	+4559,88	-2932,27	245 43,6	340 41,1	214,710	218,831
	9	+4728,02	-2969,65	281 44,9	16 42,5	215,183	219,305
	10	+4886,75	-2900,35	317 57,1	52 54,8	226,231	230,353
Д-Е	1	+4979,76	-2679,53	8 53,5	103 49,0	214,237	218,341
	2	+4968,84	-2614,03	22 35,0	117 30,6	214,231	218,349
	3	+4878,79	-2477,41	56 43,0	151 38,5	223,331	227,452
	4	+4731,44	-2415,26	90 05,0	185 00,8	208,651	212,765
	5	+4562,31	-2450,86	126 12,7	221 10,5	217,238	221,359
	6	+4436,84	-2604,96	168 00,0	262 55,9	250,100	254,195
	7	+4428,97	-2750,64	198 21,4	293 19,3	218,560	222,679
	8	+4517,40	-2901,46	234 54,9	329 52,9	220,855	224,979
	9	+4674,10	-2969,58	270 38,1	5 36,2	219,110	223,226
	10	+4842,90	-2932,28	306 45,7	41 43,9	221,463	225,581
Ж-З	1	+4980,08	-2692,43	6 13,7	101 11,9	222,710	226,829
	2	+4927,49	-2529,41	42 00,9	136 59,2	207,456	211,574
	3	+4786,28	-2426,85	78 32,0	173 30,3	230,648	234,767
	4	+4612,18	-2428,30	114 56,3	209 54,7	236,419	240,542
	5	+4474,52	-2530,75	150 49,5	245 44,1	205,863	209,979
	6	+4422,90	-2692,82	186 23,0	281 17,7	219,217	223,340
	7	+4477,42	-2857,79	222 43,8	317 38,6	235,539	239,661
	8	+4616,58	-2957,60	258 32,0	353 26,9	249,110	253,230
	9	+4787,65	-2957,16	294 18,2	29 13,1	238,235	242,357
	10	+4926,52	-2856,41	330 09,7	65 04,7	233,670	237,787
И-К	1	+4979,02	-2668,21	11 13,5	106 09,0	221,567	225,669
	2	+4948,82	-2564,10	33 40,0	128 35,7	216,220	220,339
	3	+4835,50	-2448,00	67 30,3	162 25,8	224,546	228,668
	4	+4631,12	-2422,66	110 53,5	205 49,0	230,701	234,798

	5	+4504,06	-2495,63	141 21,5	236 18,5	217,125	221,247
	6	+4425,85	-2650,92	177 43,9	272 41,0	225,281	229,400
	7	+4454,33	-2820,93	213 45,0	308 42,2	224,581	228,700
	8	+4577,74	-2941,95	249 54,3	344 51,6	201,469	205,587
	9	+4744,68	-2967,55	285 11,8	20 09,1	219,006	223,125
	10	+4899,43	-2888,33	321 33,4	56 30,8	207,856	211,977
JI	1	+4978,47	-2662,56	12 23,5	107 19,0	238,410	242,511
	2	+4972,73	-2628,76	19 26,4	114 23,6	239,673	243,771
	3	+4964,52	-2600,43	25 30,0	120 27,3	217,328	221,446
	4	+4953,84	-2574,29	31 19,8	126 15,4	220,695	224,808
	5	+4878,78	-2477,45	56 43,2	151 38,5	222,220	226,341
	6	+4731,44	-2415,26	90 05,2	185 00,9	209,762	213,886
	7	+4563,52	-2450,22	125 56,9	220 51,9	248,859	252,954
	8	+4447,88	-2576,68	161 45,0	256 42,6	227,110	231,204
	9	+4807,85	-2949,76	298 42,6	33 40,3	201,370	205,464
	10	+4960,16	-2795,75	344 26,9	79 24,7	206,468	210,564
M	1	+4979,92	-2701,02	4 28,2	99 23,2	223,480	227,574
	2	+4931,38	-2534,92	40 40,0	135 35,0	224,046	228,140
	3	+4796,66	-2430,43	76 16,6	171 11,6	231,890	235,984
	4	+4611,11	-2428,69	115 11,5	210 06,6	251,375	255,469
	5	+4480,47	-2522,57	148 43,9	243 39,0	225,539	229,660
	6	+4422,93	-2683,10	184 23,0	279 20,5	254,468	258,587
	7	+4470,78	-2848,54	220 22,0	315 19,5	203,016	207,137
	8	+4606,45	-2954,23	256 19,9	351 17,7	216,100	220,220
	9	+4779,53	-2959,75	292 32,2	27 29,8	240,240	244,362
	10	+4921,68	-2862,94	328 28,8	63 26,7	204,706	208,827
H-O	1	+4977,91	-2657,74	13 23,5	108 19,0	200,158	204,258
	2	+4967,89	-2610,78	23 15,6	118 13,0	219,562	223,679
	3	+4959,06	-2586,08	28 39,5	123 36,8	218,583	222,698
	4	+4848,56	-2455,64	64 23,0	159 20,8	242,142	246,236
	5	+4681,02	-2414,37	100 28,3	195 26,0	255,155	259,277
	6	+4519,90	-2480,90	136 54,2	231 52,0	248,488	252,607
	7	+4430,50	-2627,16	172 45,1	267 43,0	217,639	221,760
	8	+4443,26	-2797,13	208 21,8	303 19,8	202,850	206,969
	9	+4578,85	-2942,49	250 09,6	345 07,7	245,356	249,477
	10	+4970,98	-2762,89	351 34,9	86 33,0	233,507	237,627
II-P	1	+4979,45	-2673,86	10 03,5	104 59,0	213,851	217,954
	2	+4962,09	-2593,76	26 57,6	121 55,7	210,355	214,477
	3	+4918,80	-2517,91	45 00,1	139 55,9	220,002	224,122
	4	+4780,03	-2424,92	79 53,1	174 48,8	230,112	234,235
	5	+4625,92	-2424,06	112 00,0	206 55,6	237,458	241,574
	6	+4491,22	-2509,38	145 14,0	240 09,5	216,851	220,956
	7	+4423,56	-2713,15	190 33,6	285 31,7	200,837	204,931
	8	+4488,62	-2872,13	226 27,5	321 25,7	247,010	251,104
	9	+4636,90	-2963,35	262 52,0	357 49,0	251,596	255,690
	10	+4937,16	-2840,85	334 01,9	68 59,0	219,766	223,862
C-T	1	+4980,06	-2694,87	5 43,7	100 40,8	205,035	209,130
	2	+4961,58	-2592,51	27 15,4	122 11,0	215,461	219,577
	3	+4850,41	-2456,84	63 56,0	158 53,2	228,270	232,364
	4	+4685,35	-2414,09	99 34,8	194 32,0	252,001	256,095
	5	+4525,03	-2476,63	135 32,1	230 29,4	213,908	218,027
	6	+4423,63	-2670,34	181 45,3	276 42,7	222,560	226,681
	7	+4471,27	-2849,25	220 32,6	315 30,0	232,800	236,920

	8	+4621,03	-2959,07	259 29,5	354 27,0	247,909	252,028
	9	+4804,20	-2951,28	297 54,0	32 51,6	201,999	206,120
	10	+4974,86	-2745,96	355 09,3	90 07,3	203,001	207,117
У-Ф	1	+4977,27	-2652,88	14 23,5	109 21,2	230,123	234,224
	2	+4902,22	-2499,18	50 08,5	145 03,5	229,610	233,731
	3	+4746,78	-2417,36	86 54,0	181 49,1	243,293	247,415
	4	+4577,22	-2442,87	122 45,3	217 40,5	250,297	254,417
	5	+4454,78	-2562,68	158 32,6	253 28,1	255,310	259,427
	6	+4427,00	-2740,40	196 13,3	291 09,0	210,388	214,507
	7	+4508,88	-2893,64	232 32,2	327 29,2	252,230	256,352
	8	+4663,52	-2968,33	268 26,8	3 24,0	204,113	208,232
	9	+4833,31	-2937,75	304 30,4	39 27,7	237,115	241,235
	10	+4951,44	-2815,30	340 03,4	75 01,0	254,010	258,127
Х-Ц	1	+4976,42	-2647,26	15 34,2	110 30,0	233,507	237,607
	2	+4735,89	-2415,83	89 09,8	184 04,4	210,456	214,577
	3	+4557,22	-2453,93	127 27,1	222 21,8	229,815	233,937
	4	+4440,25	-2595,50	165 56,4	260 51,1	250,463	254,585
	5	+4433,08	-2767,31	201 54,0	296 48,8	254,299	258,421
	6	+4527,28	-2909,69	237 34,1	332 28,9	237,284	241,406
	7	+4687,46	-2970,49	273 23,7	8 18,4	255,418	259,540
	8	+4853,19	-2925,88	309 16,4	44 11,4	223,008	227,130
	9	+4961,12	-2793,26	345 00,6	79 55,7	252,490	256,611
	10	+4975,77	-2740,97	356 12,0	91 07,2	204,233	208,355
Ч-Ш	1	+4974,48	-2636,65	17 46,8	112 44,1	237,412	241,511
	2	+4883,07	-2481,02	55 34,0	150 29,2	210,635	214,757
	3	+4725,09	-2414,65	91 23,8	186 19,0	255,530	259,652
	4	+4547,11	-2460,32	129 54,3	224 49,6	229,170	233,293
	5	+4437,66	-2602,50	167 28,1	262 23,5	250,688	254,811
	6	+4439,30	-2786,77	206 06,2	301 01,6	237,675	241,797
	7	+4546,74	-2924,01	242 32,0	337 27,5	254,319	258,441
	8	+4713,81	-2970,62	278 49,1	13 44,7	233,216	237,338
	9	+4872,57	-2912,16	314 09,3	49 05,0	252,680	256,802
	10	+4969,42	-2768,51	350 23,0	85 18,8	204,337	208,459
Щ-Э	1	+4975,74	-2643,32	16 23,5	111 19,0	210,798	214,897
	2	+4891,65	-2488,68	53 12,0	148 07,8	229,329	233,423
	3	+4737,99	-2416,05	88 43,6	183 39,5	255,618	259,712
	4	+4568,05	-2447,66	124 52,1	219 48,0	210,786	214,882
	5	+4450,39	-2571,38	160 32,7	255 28,7	250,866	254,960
	6	+4427,84	-2745,13	197 12,4	292 09,4	204,483	208,577
	7	+4513,77	-2898,21	233 54,8	328 51,9	237,766	241,860
	8	+4678,11	-2969,95	271 28,0	6 25,1	252,970	257,066
	9	+4850,37	-2927,75	308 33,8	43 31,0	233,010	237,104
	10	+4964,74	-2783,47	347 09,4	82 06,7	254,520	258,614
Ю-Я	1	+4979,84	-2703,72	3 54,9	98 52,0	223,461	227,583
	2	+4933,28	-2537,75	39 56,2	134 53,6	204,576	208,698
	3	+4800,73	-2431,90	75 23,0	170 20,5	255,812	259,935
	4	+4630,01	-2422,92	111 06,4	206 04,0	210,894	215,016
	5	+4484,93	-2516,89	147 14,7	242 12,4	250,967	255,089
	6	+4423,05	-2679,86	183 43,0	278 40,7	237,899	241,993
	8	+4602,32	-2952,70	255 25,5	350 23,4	252,777	256,871
	9	+4773,73	-2961,38	291 18,0	26 16,0	233,330	237,424
	10	+4918,58	-2866,85	327 27,3	62 25,3	254,770	258,864