

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛАСТНОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО
КОМИТЕТА

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
СВЕТЛОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по учебной работе
_____ Н.Н.Яхновец

Геодезия

**Методические рекомендации по изучению предмета,
задания для контрольной и рекомендации по их
выполнению для учащихся заочного отделения
по специальности 2-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»**

Светлогорск
2015-2016 учебный год

Автор: Куцанова Т.В., преподаватель геодезии учреждения образования «Светлогорский государственный индустриальный колледж», высшая категория.

Рецензент: Чайковская Т.И., председатель цикловой комиссии строительных дисциплин, преподаватель высшей категории учреждения образования «Светлогорский государственный индустриальный колледж».

Методические рекомендации разработаны на основе типовой учебной программы по геодезии, утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 16.12.2011 г., в соответствии с примерным тематическим планом дисциплины, утвержденным Министерством образования Республики Беларусь по специальности 2-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» 16.12.2011 г. И Образовательным стандартом по специальности.

Обсуждено и одобрено на заседании цикловой комиссии строительных дисциплин. Протокол № _____ от « _____ » _____ 2015 г.

Регистрационный номер _____ (обнов.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Геодезия» имеет важное значение в цикле изучаемых предметов по специальности «Промышленное и гражданское строительство». Геодезические работы ведутся в подготовительный, начальный, основной и завершённый периоды строительства. Они также ведут контроль за изменением строительных сооружений во времени.

Дисциплина «Геодезия» изучается на специальности заочного отделения «Промышленное и гражданское строительство» в соответствии с типовым учебным планом и Образовательным стандартом. По данной дисциплине программой предусмотрен: одна домашняя контрольная работа, экзамен и учебная полевая геодезическая практика.

На изучение дисциплины отведено 20 часов, в том числе 8 часов на практические занятия и 36 часов учебной полевой геодезической практики.

Специалист должен в области геодезии

знать на уровне представления:

- организацию государственной геодезической сети;
- организацию геодезического обеспечения строительно-монтажных работ;

знать на уровне понимания:

- требования нормативно-технических документов по геодезическому обеспечению строительства;
- методы геодезических измерений и разбивочных работ;
- правила работы с геодезическими приборами и инструментами;

уметь:

- применять инструктивно-нормативную документацию по геодезической службе в строительстве;
- пользоваться геодезическими приборами и инструментами;
- выполнять геодезические разбивочные работы;
- использовать различные методы и способы геодезических измерений в зависимости от характера строительства объекта и требований к точности геометрических параметров;
- осуществлять геодезический контроль качества производства строительно-монтажных работ;
- соблюдать правила безопасности при выполнении геодезических работ.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Раздел, тема	Количество часов				
	всего		в том числе		на самост. работу уч-ся
	для дневной формы	для заочной формы	на обзорн. занят.	на практ. занят.	
Введение	2	1	1		1
Раздел 1. 1.1. Ориентирование направлений. Прямая и обратная геодезические задачи 1.2. Понятие о государственных и съемочных геодезических сетях 1.3. Элементы теории погрешностей	10	3 2 1	3		7
Раздел 2. 2.1. Измерение углов 2.2. Измерение расстояний 2.3. Нивелирование 2.4. Плановое съемочное обоснование. Теодолитная съемка 2.5. Планово-высотные топографические съемки	34	8 2 4 2	4	6 2 2	34
Раздел 3. 3.1. Геодезическая основа строительно-разбивочных работ 3.2. Вертикальная планировка на строительной площадке 3.3. Геодезические работы в период подготовки строительства 3.4. Геодезическое обеспечение строительства гражданских зданий 3.5. Геодезическое обеспечение геометрической точности монтажа промышленных зданий 3.6. Геодезические работы при строительстве подземных коммуникаций 3.7. Использование исполнительной документации. Охрана труда при выполнении геодезических работ	30	6 2 2 2	4	2 2	24
Итого	84	18	12	6	66

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Введение

Понятие о геодезии. Применение геодезии в строительстве. Краткие сведения о развитии геодезии и ее современном научно-техническом состоянии.

РАЗДЕЛ 1. Общие сведения по геодезии

Тема 1.1. Ориентирование направлений

Азимуты географические и магнитные. Дирекционные углы, румбы, прямая и обратная геодезические задачи.

Тема 1.2. Понятие о государственных и съемочных геодезических сетях

Топографические карты, планы и профили. Изображение рельефа горизонталями. Поперечный масштаб. Решение инженерно-геодезических задач по планам.

Тема 1.3. Элементы теории погрешностей измерений

Абсолютная и относительная погрешности. Средняя квадратическая погрешность.

РАЗДЕЛ 2. Геодезические измерения и инженерно-геодезические изыскания для строительства

Тема 2.1. Измерение углов

Горизонтальные и вертикальные углы. Полевые поверки и юстировки теодолита.

Тема 2.2. Измерение расстояний

Компарирование лент и рулеток. Техника измерений. Оптические дальномеры.

Тема 2.3. Нивелирование и геодезические изыскания на трассе линейного сооружения

Поверки и юстировки нивелира. Устройство нивелира. Уравнивание превышений. Трасса сооружения линейного вида. Нивелирование пикетных точек трассы. Обработка нивелирных точек трассы. Обработка журнала нивелирования.

Тема 2.4. Плановое съемочное обоснование. Теодолитная съемка

Назначение планового съемочного обоснования, его виды. Теодолитные ходы. Вычисление координат вершин теодолитного хода. Составление контурного топографического плана.

Тема 2.5. Планово-высотные топографические съемки

Нивелирование поверхности по квадратам. Понятие о тахеометрической съемке.

РАЗДЕЛ 3. Геодезическое обеспечение строительного-монтажных работ

Тема 3.1. Геодезическая основа строительного-разбивочных работ

Сущность строительного-разбивочных работ. Элементы строительного-разбивочных работ. Здания и сооружения, их геометрические оси. Построение проектного горизонтального угла, проектного отрезка прямой линии; перенесение в натуру проектной отметки; построение вертикальной плоскости, линии с заданным углом. Строительные-монтажные допуски.

Тема 3.2. Вертикальная планировка на строительной площадке

Задачи вертикальной планировки. Учет баланса земляных работ.

Тема 3.3. Геодезические работы в период подготовки строительства

Способы разбивки основных осей зданий, траншей и трасс. Расчет границ откосов котлована и объема земляных работ.

Тема 3.4. Геодезическое обеспечение строительства гражданских зданий

Геодезическое обеспечение строительства гражданских зданий, башенных сооружений.

Тема 3.5. Геодезическое обеспечение геометрической точности монтажа промышленных зданий

Геодезическое обеспечение геометрической точности монтажа промышленных зданий. Исполнительные съемки.

Тема 3.6. Геодезические работы при строительстве подземных коммуникаций

Тема 3.7. Использование исполнительной документации. Охрана труда при выполнении геодезических работ

Общие сведения о геодезических работах при техническом обслуживании зданий и сооружений. Требования охраны труда при выполнении геодезических работ.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ по дисциплине «Геодезия»

1. Сущность предмета «Геодезия», его задачи.
2. Нивелирование по сетке квадратов. Вычисление отметок вершин квадратов через горизонт инструмента (пояснить по схеме).
3. Фигура Земли, ее размеры.
4. Выполнение поверки цилиндрического уровня (главное условие нивелира).
5. Географические координаты точек. Система плановых и высотных координат.
6. Установка нивелира в горизонтальном положении. Выполнение проверки круглого уровня.
7. Классификация ошибок измерений, свойства случайных ошибок.
8. Основное условие геометрического нивелирования. Выполнение поверки правильности установки сетки нитей.
9. План и карта местности, их различия. Численный и линейный масштабы, построение линейного масштаба.
10. Способы геометрического нивелирования.
11. Обозначение и закрепление точек наземной поверхности постоянными и временными знаками.
12. Построение на местности.
13. Арифметическая середина и средняя квадратическая погрешность (ошибка) измерений. Погрешности абсолютная и относительная.
14. Обработка результатов нивелирования. Определение превышений и отметок.
15. Масштабы планов и чертежей, применяемых в строительстве. Поперечный масштаб, его точность.
16. Вынесение на местность точек с заданными проектными отметками.
17. Условные знаки. Рельеф, изображение его на планах и картах. Свойства горизонталей.
18. Построение на местности линии заданного уклона.
19. Линейные измерения. Мерные приборы. Поправки к измеренному значению длин линий.

20. Передача проектной отметки на дно котлована.
21. Понятие об ориентировании. Истинные и магнитные азимуты и румбы, связь между ними.
22. Способ прямоугольных координат при построении на местности осевых точек сооружения.
23. Дирекционный угол. Связь между азимутом и дирекционным углом.
24. Построение на местности осевых точек сооружения полярным способом.
25. Определение положения опорных геодезических пунктов методами: триангуляции, трилатерации, полигонометрии и нивелирования.
26. Построение на местности осевых точек сооружения способом линейных засечек.
27. Принцип измерения горизонтальных углов. Устройство теодолита.
28. Проверка вертикальности сооружения.
29. Устройство зрительной трубы теодолита. Увеличение трубы. Установка зрительной по глазу и по предмету.
30. Устройство нивелира с уровнем при трубе. Установка нивелира в рабочее положение.
31. Назначение уровней в геодезических инструментах. Цилиндрический уровень, его устройство, ось, цена деления уровня. Проверка цилиндрического уровня теодолита.
32. Разбивка линии заданного уклона с помощью теодолита.
33. Типы современных теодолитов, их различие по отсчетным устройствам и точности. Приведение теодолита в горизонтальное положение.
34. Определение положения горизонталей на плане по данным нивелирования сетки квадратов (интерполирование).
35. Выполнение проверки теодолитов: а) правильность установки сетки нитей; б) коллимационной погрешности теодолита.
36. Передача осей на высоту здания.
37. Способы измерения горизонтальных углов. Форма угломерного журнала, порядок записей в нем.
38. Геодезические построения и выверка вертикальности ряда колонн.
39. Простейшие угломерные инструменты: эклиметр, экер, гониометр.
40. Геодезические построения и контроль при монтаже подкрановых балок.
41. Измерение расстояний с помощью нитяного дальномера (пояснить на схеме). Формула для определения расстояний.
42. Техническая документация для производства геодезических работ на строительной площадке.
43. Плановая съемка, ее сущность. Обоснование плановой съемки (теодолитный ход). Рекогносцировка участка, закрепление вершин теодолитного хода. Измерение горизонтальных углов и определение азимутов линий.
44. Разбивка линии заданного уклона с помощью нивелира (показать на схеме).
45. Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода. Определение румбов, угловой невязки и увязки углов.

46. Передача отметки на высотные точки зданий.
47. Прямоугольная система геодезических координат. Вычисление приращений координат. (Дать схему, поясняющую вычисление приращений координат). Определение невязки в приращениях координат в замкнутом полигоне.
48. Вынос проектной отметки чистого пола 1-го этажа здания.
49. Координатная сетка, ее построение, нанесение точек по координатам.
50. Составление профиля проектирования красной линии.
51. Понятие о нивелировании. Методы нивелирования.
52. Исполнительные схемы и чертежи.
53. Обратная геодезическая задача. Проверки нивелира.
54. Прямая геодезическая задача. Поверки теодолита. Коллимационная ошибка.
55. Составление профиля. Проектирование красной линии.
56. Исполнительные схемы и чертежи в строительстве.
57. Поверки нивелиров.
58. Коллимационная ошибка. Поверки теодолитов.
59. Определение высот труднодоступных точек сооружений.
60. Выполнение. Разбивка.

Методические рекомендации и задания к выполнению контрольной работы

Выполнение домашней контрольной работы предусматривает решение двух задач:

- 1) вычисление координат плановых точек, построение плана в масштабе 1:500 и привязка здания к плановым точкам полярным способом;
- 2) вертикальная планировка строительного участка с составлением картограммы земляных работ, подсчет объемов земляных работ и вертикальная привязка здания на плане с горизонталями.

Пояснительная записка к контрольной работе должна быть составлена кратко и содержать описание основных этапов и необходимые расчеты. Не следует переписывать дословно рекомендации методических рекомендаций и приводить однотипные вычисления.

Графический и табличный материал контрольной работы (см. приложения 1, 2, 3, 5, 6, 7) может быть представлен в туши или карандаше, но обязательно выполненным тщательно и аккуратно, надписи на всех приложениях должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 2.304-80 ЕСКД «Шрифты чертежные».

Примечания:

- 1) в методических рекомендациях задачи решены по произвольным исходным данным с необходимыми объяснениями;
- 2) листы и вкладыши с замечаниями преподавателя должны быть обязательно сохранены, а исправленные и дополненные приложения следует пометить словом «доработка»;

3) шифр учащегося соответствует порядковому номеру в журнале.

ЗАДАЧА 1

Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода. Построение плана по координатам в масштабе 1:500.

Плановая привязка здания 36x12 м полярным способом.

Примечания:

- 1) на строительной площадке привязка теодолитного хода производится к пунктам полигонометрических сетей, после чего определяются координаты этих точек.
- 2) при решении задач необходимо воспользоваться: Л-1 § 7-12, 23-29, 54-58; Л-2 Гл. 7.8. Гл 1.2.4.5.

Исходные данные

1. Внутренние измеренные углы полигона равны:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 110\ 06 \\ \beta_2 &= 81\ 01,5 \\ \beta_3 &= 93\ 57,5 \\ \beta_4 &= 74\ 56,5\end{aligned}$$

 $\Sigma\beta \text{ изм.} = 360^\circ 01,5$

2. Дирекционный угол α_{1-2} следует вычислить условно по формуле:

$$\alpha_{1-2} = \frac{5 \text{ (№ шифра)}, \text{ где } 5 \text{ № последней цифры группы}}{10},$$

где числитель состоит из двузначного шифра, впереди которого ставится цифра 1. Например, шифр учащегося – 64, тогда:

$$\alpha_{1-2} = \frac{164}{10} = 16,4 = 16^\circ 24'$$

3. Горизонтальные проложения линий равны:

$$\begin{aligned}d_{1-2} &= 50,36 \text{ м} \\ d_{2-3} &= 64,12 \text{ м} \\ d_{3-4} &= 61,79 \text{ м} \\ d_{4-1} &= 61,70 \text{ м}\end{aligned}$$

4. Координаты начальной точки 1 теодолитные хода равны:

$$x_1 = 0,00 \text{ м}, \quad y_1 = 0,00 \text{ м}$$

Этапы решения

1. Уравнение углов.
2. Вычисление дирекционных углов, румбов.
3. Вычисление и уравнивание приращений координат.
4. Вычисление координат точек теодолитного хода.
5. Построение координатной сетки и полигона по координатам.
6. Вычисление разбивочных элементов плановой привязки углов здания.

Решение задачи

1 этап. 1. Выписываем в ведомость вычисления координат исходные данные (см. прил. 1):

- а) измеренные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ – в графу 2,
- б) начальный дирекционный угол α_{1-2} – в графу 4,
- в) горизонтальные проложения сторон полигона $d_{1-2}, d_{2-3}, d_{3-4}, d_{4-1}$ – в графу 6,
- г) координаты начальной точки x_1 и y_1 – в графы 11 и 12.

2. Производим уравнивание измеренных углов полигона.

Для замкнутого полигона теоретическая сумма углов начисляется по формуле $\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ(n - 2)$, где n – число углов в полигоне. В примере $n = 4$, следовательно $\Sigma\beta_{\text{теор}} = 360^\circ00'$. Но так как при измерении углов допускались некоторые погрешности, то фактическая сумма $\Sigma\beta_{i \text{ изм}} \neq \Sigma\beta_{\text{теор}}$, а разница между $\Sigma\beta_{i \text{ изм}}$ и $\Sigma\beta_{\text{теор}}$ называется угловой невязкой (f_β).

Для данного примера:

$$f_\beta = \Sigma\beta_{i \text{ изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = 360^\circ01,5' - 360^\circ00' = +1,5'$$

Сравним полученную угловую невязку с допустимой для определения качества измерения углов.

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1' * \sqrt{n}, \text{ где } n - \text{число вершин замкнутого полигона.}$$

$$\text{Здесь } n = 4, f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1' * \sqrt{4} = \pm 2'.$$

Условие $|f_\beta| \leq f_{\beta \text{ доп}}$ выполняется: $1,5' < 2'$, углы измерены с необходимой точностью.

Угловую навязку следует распределить на измеренные углы с противоположным знаком так, чтобы ликвидировать в графе «Исправленные углы» десятые доли минут, а при наличии целых минут их следует распределить на углы, заключенные между наиболее короткими сторонами.

Вычисленные значения исправленных углов записывают в графу 3.

2 этап. 3. По исходному дирекционному углу α_{1-2} , равному для данного примера $16^\circ24'$, вычисляем дирекционные углы последующих линий, пользуясь формулой: $\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n$, так как измерены правые углы теодолитного хода.

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

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3,$$

$$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4.$$

Затем, для контроля, вычисляем $\alpha_{1-2} = \alpha_{4-1} + 180^\circ - \beta_1$.

Если полученный при этом дирекционный угол будет равен исходному, то вычисление выполнено правильно.

Пример расчета дирекционных углов рассматриваемого варианта задачи

$$\begin{array}{r} \alpha_{1-2} = 16^\circ 24' \\ + 180^\circ 00' \\ \hline 196^\circ 24' \\ - 81^\circ 01' \quad - \beta_2 \\ \hline \alpha_{2-3} = 115^\circ 23' \\ + 180^\circ 00' \\ \hline 295^\circ 23' \\ - 93^\circ 57' \quad - \beta_3 \\ \hline \alpha_{3-4} = 201^\circ 26' \\ + 180^\circ 00' \\ \hline 381^\circ 26' \\ - 74^\circ 56' \quad - \beta_4 \\ \hline \alpha_{4-1} = 306^\circ 30' \\ + 180^\circ 00' \\ \hline 486^\circ 30' \\ - 110^\circ 06' \quad - \beta_1 \\ \hline 376^\circ 24' \\ - 360^\circ 00' \\ \hline \alpha_{1-2} = 16^\circ 24' \quad - \text{исходный дирекционный угол} \end{array}$$

$$\alpha_{1-2} = 16^\circ 24' \quad - \text{исходный дирекционный угол.}$$

Вычисленные дирекционные углы записываем в графу 4 (прил. 1).

4. Пользуясь формулами зависимости между дирекционными углами (азимутами) и румбами, вычисляем румбы линий:

1 четверть $r = \alpha$ (румб северо-восточный),

2 четверть $r = 180^\circ - \alpha$ (румб юго-восточный),

- 3 четверть $r = \alpha - 180^\circ$ (румб юго-западный),
 4 четверть $r = 360^\circ - \alpha$ (румб северо-западный).

Полученные румбы записываем в графу 5 (прил. 1).

3 этап. По румбам и горизонтальным проложениям сторон полигона вычисляют приращения координат ΔX и ΔY , пользуясь формулами:

$$\Delta X = d * \cos r \text{ или } \Delta X = d * \cos \alpha;$$

$$\Delta Y = d * \sin r \text{ или } \Delta Y = d * \sin \alpha,$$

где d – горизонтальное положение линии, r – румб линии;

α – дирекционный угол линии.

Вычисление приращений производят до 0,001 м, при записи в ведомость их необходимо округлять до 0,01 м.

При вычислении приращений, кроме таблиц, можно использовать микрокалькуляторы, имеющие клавиши функций \sin и \cos . Для этого необходимо произвести преобразование минут в десятые доли градуса. Для примера преобразуем $r = 16^\circ 24' = 16;4^\circ$.

Знаки приращений координат зависят от направления линии, т.е. от названия румбов линий, и определяются по таблице:

Приращения	1 четверть СВ	2 четверть ЮВ	3 четверть ЮЗ	4 четверть СЗ
ΔX	+	–	–	+
ΔY	+	+	–	–

Вычисленные и округленные значения приращений с соответствующими знаками записываем в графы 7 и 8 (прил. 1).

6. Подсчитываем алгебраические суммы приращений $\Sigma \Delta X_{i\text{выч}}$ $\Sigma \Delta Y_{i\text{выч}}$.

Теоретическая сумма приращений замкнутого полигона должна быть равной нулю, т.е. $\Sigma \Delta X_{\text{теор}} = 0$; $\Sigma \Delta Y_{\text{теор}} = 0$.

Но так как при измерении углов и сторон полигона допускаются некоторые погрешности, то фактическая сумма вычисленных приращений не будет равна нулю. Разница между вычисленными суммами приращений и теоретическими называется невязкой по осям координат f_x и f_y .

$$f_x = \Sigma \Delta X_{\text{выч}} - \Sigma \Delta X_{\text{теор}}; f_y = \Sigma \Delta Y_{\text{выч}} - \Sigma \Delta Y_{\text{теор}}$$

В данном примере имеем:

$$f_x = + 0,01 \text{ м}; f_y = - 0,03 \text{ м};$$

7. Вычисляем абсолютную невязку по формуле:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{(f_x^2 + f_y^2)},$$

получаем

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{(f_x^2 + f_y^2)} = \sqrt{[(+0,01)^2 + (-0,03)^2]} = 0,03 \text{ м}$$

8. Вычисляем относительную линейную невязку по формуле

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P}, \text{ где } P = \Sigma d_i$$

Р
В примере

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{0,03}{237,93} = \frac{0,03 : 0,03}{237,93 : 0,03} = \frac{1}{7931}$$

9. Сравниваем полученную относительную невязку с допустимой:

$$f_{\text{отн}} \leq f_{\text{доп}}, \text{ где } f_{\text{доп}} = \frac{1}{2000} - \text{допустимая невязка.}$$

$$\frac{1}{7900} < \frac{1}{2000}$$

Относительная невязка меньше допустимой, условие выполнено.

10. Вычисленные линейные невязки f_x и f_y распределяем по приращениям пропорционально их горизонтальным проложениям с обратным знаком по формулам:

$$\Delta f_x = - \frac{f_x}{\sum d_i} * d_i; \quad \Delta f_y = - \frac{f_y}{\sum d_i} * d_i$$

где Δf_x и Δf_y – величины невязки, приходящиеся на сторону,

$\sum d_i$ – периметр полигона, d_i – горизонтальное проложение.

Полученные значения необходимо округлять до второго десятичного знака.

Если величина цифры линейной невязки меньше количества сторон полигона (в данном примере $f_x = + 0,01$, цифра 1, количество сторон равно 4), то в этом случае невязку нужно распределять на наиболее протяженную сторону (в примере $d_{\text{наиб}} = 64,12$).

Невязка $f_y = - 0,03$, в этом случае распределяем по одной сотой на наиболее длинные стороны.

11. Исправленные с учетом невязок приращения записываем в графы 9 и 10 (прил. 1).

Примечание. Если сумма исправленных приращений со знаками «+» и «-» будет равна нулю, то вычисления произведены верно.

4 этап. 12. Вычисляем координаты точек теодолитного хода по формулам:

$$X_n = X_{n-1} + \Delta X; \quad Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y.$$

путем последовательного решения прямых геодезических задач на плоскости, начиная от исходного пункта до возвращения к нему же в замкнутом ходе. Это дает возможность контролировать правильность вычисления координат.

Вычисленные координаты заносим в графы 11 и 12 (прил. 1).

Ведомость вычисления координат необходимо аккуратно оформить тушью или в карандаше в соответствии с прил. 1 на листе бумаги 20x30 см.

5 этап. 13. Пользуясь значениями вычисленных координат, следует нанести плановые точки на план масштаба 1:500. Для этого необходимо на чертежной или миллиметровой бумаге вычертить координатную сетку со сторонами квадратов 5 см и произвести соответствующую оцифровку координат на осях X и Y.

Полученные на плане точки необходимо соединить прямыми линиями и надписать значения румбов и горизонтальных положений сторон полигона (см. прил. 2).

Примечания. 1. Координатную сетку нанести в тонких линиях зеленой или синей тушью.

2. Точки соединить линиями толщиной 1-2 мм черной тушью или в карандаше.

3. Диаметр точек теодолитного хода для М 1:500 – 1,5 мм.

6 этап. 14. На план теодолитного хода М 1:500 накладываем контур здания 36x12 м (произвольно), два угла которого привязываем к плановым точкам ближайшей стороны полигона полярным способом.

15. Пользуясь поперечным масштабом, определяем координаты углов здания графическим способом.

В данном примере координаты точек:

$$X_A = 1,40 \text{ м}, \quad Y_A = 20,20 \text{ м}$$

$$X_D = 1,40 \text{ м}, \quad Y_D = 56,20 \text{ м}$$

Значения координат точек теодолитного хода т. 1 и т. 4 надо взять из ведомости вычисления координат (см. прил. 1):

$$X_1 = 0,00 \text{ м} \quad X_4 = -36,70 \text{ м}$$

$$Y_1 = 0,00 \text{ м} \quad Y_4 = 49,59 \text{ м}$$

16. Для определения длины стороны S_i дирекционного угла γ_i решаем обратную геодезическую задачу по формулам:

$$\operatorname{tg} \gamma_i = \frac{\Delta Y}{\Delta X}; \quad S_i = \frac{\Delta X_i}{\cos \gamma_i} = \frac{\Delta Y}{\operatorname{cosec} \gamma_i}$$

Вычисляем приращения:

$$\Delta X_1 = X_A - X_1 = 1,40 - 0,00 = 1,40 \text{ м}$$

$$\Delta Y_1 = Y_A - Y_1 = 20,20 - 0,00 = 20,20 \text{ м}$$

$$\Delta X_2 = X_D - X_4 = 1,40 - (-36,70) = 38,10 \text{ м}$$

$$\Delta Y_2 = Y_D - Y_4 = 56,20 - 49,59 = 6,61 \text{ м}$$

Дирекционные углы направлений 1-А и 4-Д соответственно равны

$$\operatorname{tg} \gamma_{1-A} = \frac{20,20}{1,40} = 14,428 \quad \gamma_{1-A} = 86^\circ 02'$$

$$\operatorname{tg} \gamma_{4-D} = \frac{6,61}{38,10} = 0,1735 \quad \gamma_{4-D} = 9^\circ 50'$$

Длины сторон

1,40

$$S_1 = \frac{1,40}{0,06917} = 20,24 \text{ м}$$

38,10

$$S_2 = \frac{38,10}{0,98530} = 38,67 \text{ м}$$

17. Для вычисления значений углов β_1 и β_2 надо найти разность дирекционных углов направлений 1-4 и 1-А; 4-1 и 4-Д.

Значения дирекционных углов теодолитного хода берем из ведомости вычисления координат (прил. 1).

$$\alpha_{1-4} = \alpha_{4-1} - 180^\circ = 306^\circ 30' - 180^\circ = 126^\circ 30'$$

$$\alpha_{4-1} = 306^\circ 30'$$

$$\beta_1 = \alpha_{1-4} - \gamma_{1-А} = 126^\circ 30' - 86^\circ 02' = 40^\circ 28'$$

$$\beta_2 = 360^\circ - \alpha_{4-1} + \gamma_{4-Д} = 360^\circ - 306^\circ 30' + 9^\circ 50' = 63^\circ 20'$$

18. Вычисленные значения расстояний и углов используем для составления разбивочного чертежа.

$$S_1 = 20,24 \text{ м}; \quad \beta_1 = 40^\circ 28'$$

$$S_2 = 38,67 \text{ м}; \quad \beta_2 = 63^\circ 20'$$

Приложения к задаче 1

1. Ведомость вычисления координат (прил. 1).
2. План по координатам с привязкой здания к точкам планового обоснования – М 1:500 (прил. 2).

ЗАДАЧА 2

По плану вертикальной планировки составить:

- картограмму земляных работ и произвести подсчет объемов земляных работ;
- план участка в горизонталях с вертикальной привязкой здания.

Этапы решения задачи

1. Вычисление черных, проектных и рабочих отметок.
2. Составление картограммы земляных работ.
3. Вычисление объемов земляных работ.
4. Составление плана участка в горизонталях.
5. Вертикальная привязка здания к строительной площадке.

Примечания. 1. Для решения задачи следует воспользоваться учебниками. Л-1 § 56, 57, 58; Л-2 §

2. На схеме (прил. 3) даны отсчеты по черным сторонам рейки, устанавливаемой поочередно на вершинах квадратов со сторонами 20x20 м, разбитых на строительной площадке. Для высотного определения планируемой поверхности использован рабочий (строительный) репер 1, расположенный в непосредственной близости от планируемой площадки. Отметка репера $H_{Rp} = 140,255$ м. Нивелирование произведено с одной станции (см. прил. 3).

Решение задачи

1 этап. 1. Вычертить на миллиметровой бумаге схему нивелирования в масштабе 1:500 (прил. 3) и с левой стороны условным знаком обозначить репер 1. Перенести на схему отсчеты по рейке на репере 1 и вершинах квадратов.

2. Определить отметку репера для своего варианта задачи.. Для этого к отметке репера необходимо прибавить количество метров, равное сумме двух последних цифр шифра учащегося. Так, если шифр оканчивается числом 155, отметка репера будет равна:

$$H_{Rp} = 140,255 + (5 + 5) = 150,255 \text{ м}$$

Отметку репера перенести на схему.

3. Вычислить черные отметки (отметки земли) вершин квадратов, для чего:

а) вычислить отметку горизонта инструмента (ГИ) со станции нивелирования, которая равна отметке репера плюс отсчет по черной стороне рейки «а», установленной на этом репере. Так, для рассматриваемого примера отметка горизонта инструмента будет равна:

$$ГИ = H_{Rp1} + a = 150,255 + 1,312 = 151,567 \text{ (см. прил. 3);}$$

б) вычислить черные отметки вершин квадратов по формуле:

$H = ГИ - В$, где $В$ – отсчет по рейке на соответствующей вершине квадрата, т.е.:

$$H_1 = ГИ - В_1 = 151,567 - 0,810 = 150,757,$$

$$H_2 = ГИ - В_2 = 151,567 - 0,724 = 150,443.$$

Аналогичным способом вычислить черные отметки для остальных вершин квадратов. Полученные отметки необходимо округлить до второго десятичного знака:

$$H_1 = 150,757 = 150,76 \text{ м,}$$

$$H_2 = 150,443 = 150,44 \text{ м и т.п.}$$

4. Вычислить проектную (красную) отметку горизонтальной плоскости площадки по формуле:

$$H_0 = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4}{4 * n},$$

где H_0 – проектная отметка;

ΣH_1 – сумма черных отметок, входящих в один квадрат;

$2\Sigma H_2$ – сумма черных отметок, входящих в два квадрата;

$3\Sigma H_3$ – сумма черных отметок, входящих в три квадрата;

$4\Sigma H_4$ – сумма черных отметок, входящих в четыре квадрата;

n – число всех квадратов.

Примечания. 1. В рассматриваемом примере черные отметки «Н₃» отсутствуют.

2. При вычислении проектной (красной) отметки руководствоваться прил. 4:

$$\Sigma H_1 = (150,76 + 150,63 + 149,20 + 148,77) = 599,36;$$

$$\Sigma H_2 = 2 (150,84 + 150,56 + 149,83 + 149,05 + 15000) = 2 * 899,63 = 1799,26$$

$$\Sigma H_2 = 4 (150,32 + 149,96) = 4 * 300,28 = 1201,12;$$

$$H_0 = \frac{599,36 + 1799,26 + 1201,12}{4 * 6} = \frac{3599,74}{24} = 149,99$$

Проектную (красную) отметку H₀ перенести на картограмму земляных работ (см. прил. 5).

6. Вычислить рабочие отметки на вершинах квадратов по формуле:

$$h_1 = H_0 - H_1$$

$$h_2 = H_0 - H_2 \text{ и т.д.}$$

Если рабочая отметка будет иметь знак «+», то это будет насыпь, если знак «-», то это выемка.

2 этап. 7. Вычертить на миллиметровой бумаге сетку квадратов 20x20 м в масштабе 1:500.

8. На каждую вершину квадрата вынести соответственно: проектную (красную), черную и рабочую отметки (см. прил. 5).

Примечание. Черные отметки на картограмме обозначить черным цветом, проектные и рабочие – красным.

9. Определить местоположение точек нулевых работ. Указанные точки определяются на сторонах квадратов, имеющих противоположные знаки рабочих отметок. Расстояние от вершины квадрата до точки вычисляется по формуле

$$X = \frac{|a|}{|a| + |b|} * d,$$

где X – расстояние от вершины квадрата до точки нулевых работ;

a – рабочая отметка вершины квадрата, от которой определяется расстояние X (т.е. отметка выемки);

b – рабочая отметка другой вершины квадрата, в направлении которой определяется местоположение точки нулевых работ (отметка насыпи);

d – длина стороны квадрата, равная 20 м.

При подстановке в формулу значений рабочих отметок их знаки во внимание не принимать, т.е. по модулю.

10. Полученные значения расстояний X отложить в масштабе на соответствующих сторонах квадратов, после чего точки соединить прямыми линиями. Эти линии называются линиями нулевых работ (границами между

насыпями и выемками). Площади фигур насыпей и выемок оформить условными знаками.

3 этап. 11. По составленной картограмме земляных работ подсчитать объем насыпей и выемок в каждом квадрате следующим образом:

а) пронумеровать квадраты и геометрические фигуры, полученные в результате обозначения линий нулевых работ, и записать их в картограмму земляных работ (прил. 5);

б) определить средние рабочие отметки вершин каждой фигуры и записать их в таблицу объемов земляных работ (прил. 6, графа 2). Если рассматриваемая фигура будет иметь форму четырехугольника, то

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum h_i}{4}, \text{ где } h_{\text{ср}} - \text{средняя рабочая отметка,}$$

$\sum h_i$ – сумма рабочих отметок на вершинах четырехугольника, включая и точки нулевых работ.

Если рассматриваемая фигура будет иметь форму треугольника, то

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum h_i}{3};$$

в) подсчитать площади пронумерованных фигур и записать их в таблицу объемов земляных работ (прил. 6, графа 3);

г) определить объемы насыпей и выемок в каждом квадрате путем умножения средней рабочей отметки на площадь фигуры и записать их значение в таблицу (прил. 6, графы 4 и 5). Полученные значения объемов земли (в м³) округлить до целых чисел;

д) составить общий баланс земляных работ, подсчитать суммы объемов земли (в м³) всех насыпей и выемок;

е) вычислить погрешность баланса (в %) по формуле:

$$\Delta V\% = \frac{\sum V_{\text{нас.}} - \sum V_{\text{выем.}}}{\sum V_{\text{нас.}} + \sum V_{\text{выем.}}} * 100\%$$

где $\sum V_{\text{нас}}$ – сумма объемов насыпей, м³,

$\sum V_{\text{выем}}$ – сумма объемов выемок, м³,

ж) сравниваем полученную погрешность с допустимой:

$$\Delta V\% \leq 5\%$$

Примечание. Схему нивелирования, картограмму земляных работ и таблицу объемов земли оформить тушью или в карандаше, кроме надписей на листах миллиметровой бумаги 20х30 см, в соответствии с приложениями 3, 5, 6.

4 этап. 12. План участка местности в горизонталях составляем на листе чертежной бумаги 20х30 см в масштабе 1:500 (прил. 7).

Для составления необходимо:

а) Нанести на план сеть квадратов со сторонами 20x20 м (см. прил. 3). Отметки вершин квадратов, округленных до 2-го десятичного знака, перенести на план;

б) Нанести на план горизонтали. Высота сечения рельефа для масштаба 1:500 $h = 0,5$ м. Нанесение горизонталей состоит в определении на плане точек, отметки которых должны быть кратными высоте сечения h , и в последовательном соединении их главными кривыми линиями. Определение положения этих точек на плане называется интерполированием. Интерполирование можно выполнить графическим или аналитическим способом. При графическом способе интерполирования используют палетку или обыкновенную масштабную линейку. Используя аналитический, определяют расстояния от вершины квадратов до точек и откладывают полученные расстояния в масштабе 1:500.

Рассмотрим графический способ интерполирования – интерполирование палеткой. Интерполировать при любом способе нужно все стороны квадратов. Палетка представляет собой прозрачный лист бумаги (пленки) с нанесенными на нем через равные интервалы (0,5-1 см) параллельными линиями. Количество линий в палетке будет соответствовать количеству интервалов высот через 0,5 м между наименьшей и наибольшей отметками плана. Для удобства интервал высоты 0,5 м разделим на 5 частей, т.е. через 0,1 м. В рассматриваемом примере количество интервалов

$$n = \frac{150,84 - 148,77}{0,5} = \frac{2,07}{0,5} = 4,14 \approx 4$$

Готовим палетку для 4 интервалов с 5 линиями (см. прил. 8). На палетке фиксируют иглой или карандашом положение точки 1 с отметкой 150,76, совмещают точку при помощи иглы с вершиной квадрата 1 и вращают палетку вокруг точки 1 до тех пор, пока точка 5 не займет на палетке положение, соответствующее ее отметке, т.е. 150,00 м.

Точку пересечения линий палетки с отметкой 150,50 со стороной квадрата 1-5 при помощи иглы или карандаша переносят на план. Эта точка «а» и является следом горизонтали, имеющей отметку 150,50 (см. прил. 8).

Аналогично определяют положение точки «в» на стороне 2-6 с отметкой 150,50 м. Выполнив интерполяцию квадрата 1-2-5-6, переходят к интерполяции следующего квадрата и т.д.

Соединяют точки, имеющие одинаковые отметки, плавной кривой (см. прил. 7, рис. 3) и получают горизонталь с отметкой 149,50. Горизонталы вычерчивают краской или тушью коричневого цвета. Верх цифр должен быть обращен в сторону повышения рельефа.

5 этап. Подобные задачи встречаются при курсовом и дипломном проектировании. Требуется произвести вертикальную привязку проектируемого здания ABCD к строительной площадке, рельеф которой изображен горизонталями на плане масштаба 1:500 (см. прил. 7). Проектный уклон I принять равным 0,01 или 10%.

Для выполнения этой работы необходимо:

1) произвольно расположить здание ABCD 36x12 м на плане в этом масштабе;

2) найти черные отметки углов здания ABCD и проставить их на чертеже. Для определения отметок точек ABCD необходимо воспользоваться следующими рекомендациями:

а) если точка располагается на горизонтали, ее отметка равна отметке этой горизонтали;

б) если точка располагается между двумя горизонталями, то ее отметка будет соответствовать отметке младшей по высоте горизонтали плюс превышение X . Необходимо через эту точку провести кратчайшим путем линию, соединяющую обе горизонтали, измерить длину отрезков m и d при помощи масштабной линейки:

m – расстояние от точки до горизонтали, младшей по высоте;

d – заложение – расстояние между двумя горизонталями.

Отметка точки $H = H_{м.г.} + X$, где

$$X = \frac{m}{d} * h_{сеч}$$

$H_{м.г.}$ – отметка младшей по высоте горизонтали;

$h_{сеч}$ – высота сечения рельефа ($h_{сеч} = 0,5$ м).

3. Найти красные отметки углов здания ABCD и проставить их на чертеже:

а) для определения красных отметок сначала надо найти отметку планировки как среднее арифметическое суммы двух черных отметок противоположных углов здания, большая из которых $H_B = 150,45$ м, меньшая $H_D = 149,72$ м

$$H_0 = \frac{150,45 + 149,72}{2} = 150,08 \text{ м};$$

б) затем определяется превышение между этими точками

$$h' = (a + b) * i$$

где i – проектный угол планировки,

a и b – соответственно длина и ширина здания,

$$h' = (36,00 + 12,00) * 0,010 = 0,48$$

в) красная отметка угла здания В будет выше H_0 на половину превышения, а угол Д – ниже на ту же величину;

$$H_{Вкр} = H_0 + 0,5 * h' = 150,08 + 0,24 = 150,32 \text{ м}$$

$$H_{Дкр} = H_0 + (-0,5 * h') = 150,08 - 0,24 = 149,84 \text{ м}$$

г) красные отметки у углов здания А и С можно определять от любого угла, отметка которого известна, с учетом заданного уклона планировки и расстояния между точками:

$$H_{Акр} = H_{Дкр} + a * I = 149,84 + 36,0 * 0,010 = 150,20 \text{ м}$$

$$H_{Скр} = H_{Дкр} + b * I = 149,84 + 12,0 * 0,010 = 149,96 \text{ м}$$

Приложения к задаче 2

1. Схема нивелирования по квадратам – М 1:500 (прил. 3).
2. Картограмма земляных работ – М 1:500 (прил. 5).
3. Таблица подсчета объемов земляных работ (прил. 6).
4. План вертикальной привязки здания к строительной площадке – М 1:500 (прил. 7).

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. **Ливанов М.М.** Геодезия в строительстве. Стройиздат, 1979 г.
2. **Нестеренок М.С., Нестеренок В.Ф.** Геодезия. Высшая школа. 2001 г.

Дополнительная

1. **Глотов Г.Ф.** Геодезия. – М.: Стройиздат, 1979 г.
2. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве.

Примечание. Для указания литературы к темам использованы шифры основного списка литературы.

Таблица для подсчета объемов земляных работ

№№ квадратов или их частей	Средняя рабочая отметка, м	Площадь квадрата или его части, м ²	Объемы земляных работ, м ²	
			насыпь	выемка
1	2	3	4	5
1	-0,49	400	–	196
2-в	-0,35	399,17	–	139,71
2-н	0,01	0,83	0,01	–
3-в	-0,30	350	–	105,88
3-н	0,05	50	2,38	–
4-в	-0,09	70,5	–	5,99
4-н	0,36	329,5	117,8	–
5-в	-0,11	62,3	–	6,86
5-н	0,32	337,7	108,73	–
6	0,59	400	235	–
			$\Sigma V = 464$	$\Sigma V = 455$

Проверил преподаватель:

Вычислил учащийся:

Шифр Дата

ЛИТЕРАТУРА

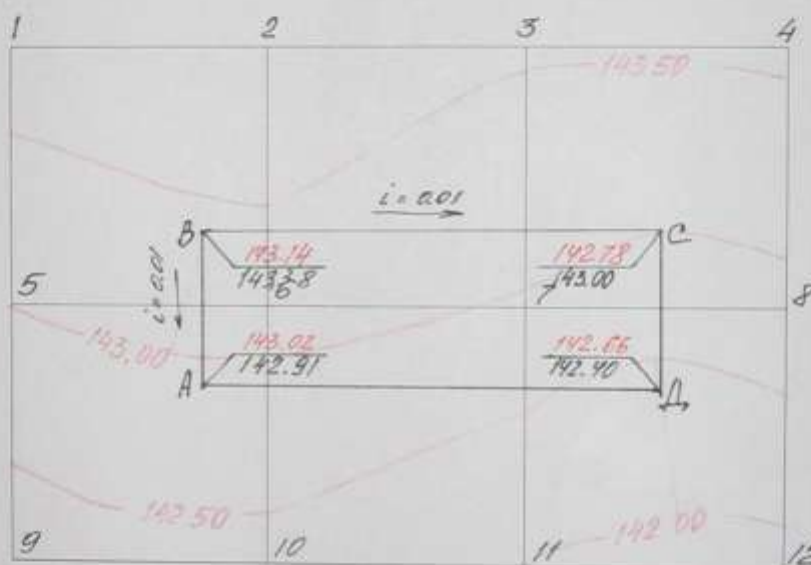
Основная

3. **Ливанов М.М. Геодезия в строительстве. Стройиздат, 1979 г.**
4. **Нестеренок М.С., Нестеренок В.Ф. Геодезия. Высшая школа. 2001 г.**

Дополнительная

3. **Готов Г.Ф. Геодезия. – М.: Стройиздат, 1979 г.**
4. **СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве.**

Вертикальная привязка здания ABCD
к строительной площадке
Масштаб 1: 500

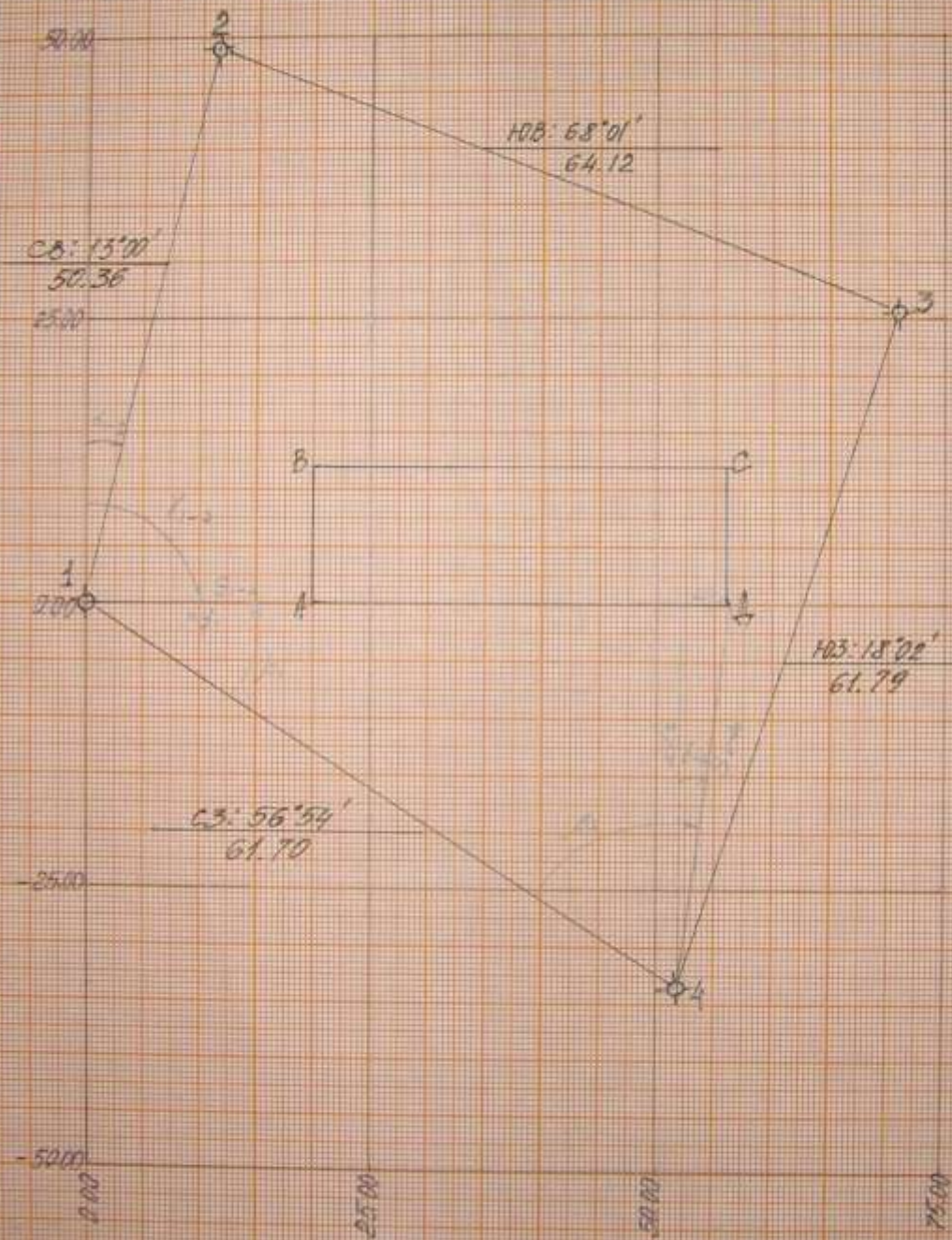


Проверил преподаватель:

Выполнил учащийся:

Шифр: 30 Дата:

План теодолитного хода M 1:500



Преподователь

Секретарь

Ильин 30

Ломо

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ

№ п/п	наименование линии и поворота, β	исходные данные угла, β	дирекционные углы, α	румбы, Z	длины проекций, L	Повороты				Координаты	
						вычисленные		исправленные			
						ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$76^{\circ}35'00''$	$26^{\circ}33'$								400,00	900,00
			$43^{\circ}06'$	св $43^{\circ}06'$	112,52	$+82,16^+$	$+76,88^+$	82,15	176,86		
2	$82^{\circ}02'30''$	$82^{\circ}02'$								182,15	976,86
			$141^{\circ}04'$	$108^{\circ}33'36''$	128,91	$-100,28^+$	$+81,01^+$	$-100,29$	$+81,00$		
3	$76^{\circ}24'30''$	$76^{\circ}24'$								1081,36	1037,86
			$244^{\circ}40'$	$103^{\circ}64'40''$	76,87	$-32,35^+$	$-68,73^+$	$-32,36$	$-68,76$		
4	$125^{\circ}01'30''$	$125^{\circ}01'$								1049,30	989,10
			$299^{\circ}39'$	$св 60^{\circ}21'$	102,51	$+30,71^+$	$-89,09^+$	$+30,70$	$-89,10$		
1										1100,00	900,00

$\Sigma \beta_{зам} = 360^{\circ}01'30''$ $360^{\circ}00'$
 $\Sigma \beta_{теор} = 360^{\circ}00''$ $360^{\circ}00'$
 $f_{\beta} = 0^{\circ}01'30''$ $0^{\circ}00'$
 $f_{\beta_{зам}} = \pm 1'30''$ $n=4$
 $f_{\beta_{теор}} = \pm 1'30''$ $\pm 1'$
 $f_{\beta} < f_{\beta_{зам}}$

проверка
наличие

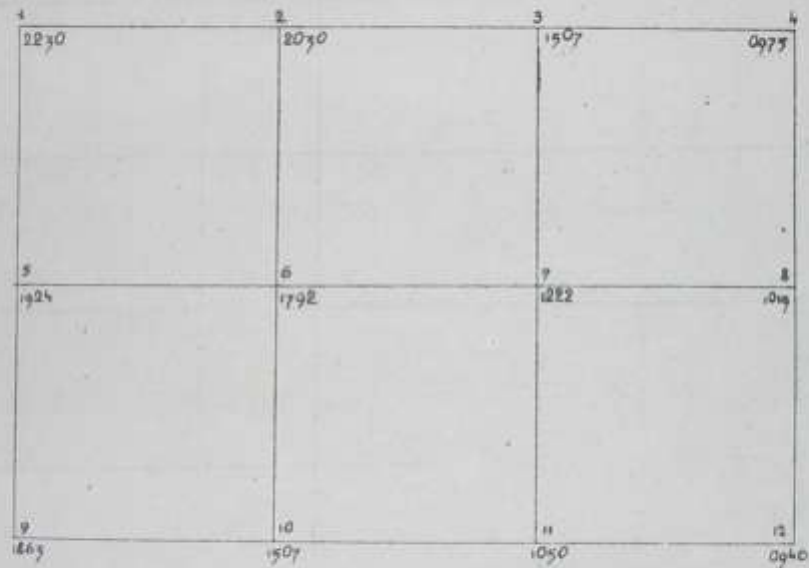
$p = 420,01$ $\Sigma 132,87$ $\Sigma -132,89$ $\Sigma -132,85$ $\Sigma +132,86$
 $\Sigma -132,83$ $\Sigma -132,84$ $\Sigma -132,85$ $\Sigma -132,86$
 $f_x = -0,04$ $f_y = -0,05$ $f_z = 0,00$ $f_w = 0,00$
 $f_{зам} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,0016 + 0,0025} = 0,034$
 $f_{теор} = \frac{f_{зам}}{p} = \frac{0,034}{420,01} = \frac{1}{12352} < \frac{1}{2000}$

вычисленные
х/у/з
ш/д/м

СХЕМА НИВЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

масштаб 1:500

⊙
 РЕПЕР №13
 отметка репера
 $H_R = 171,319$
 отсчет по рейке,
 установленной на
 репере №13 $d = 1253$
 горизонт инструмента
 $ГИ = H_R + a = 171,319 + 1253 = 1424,319$



проверил
 преподаватель

выполнил учащийся
 курса
 шифр дата