

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Составитель В. А. Горбунова

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ**

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности  
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе  
всех форм обучения

Кемерово 2022

Рецензенты

Михайлова Т. В.— доцент, заведующая кафедрой маркшейдерского дела и геологии

Изместьев А. Г. – старший преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геологии КузГТУ

**Горбунова Вера Акентьевна**

**Инженерная геодезия:** Методические материалы для обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», всех форм обучения / составитель В. А. Горбунова ; – Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2022. – Текст : электронный.

Настоящие методические материалы предназначены для проведения лабораторных занятий и организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Инженерная геодезия».

Приведено содержание лабораторных работ, материал, необходимый для успешного изучения дисциплины, контрольные вопросы для проверки полученных знаний.

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплине «Инженерная геодезия» и организации лабораторных работ. Приводятся требования по ведению рабочей тетради, виды самостоятельной работы по дисциплине, правила защиты отчетов по лабораторным работам и подготовки к промежуточной аттестации.

© Кузбасский государственный  
технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева, 2022  
© Горбунова В.А.,  
составление, 2022

## Содержание

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Общие положения                                                                                        | 4  |
| 2. Требования по ведению рабочей тетради                                                                  | 4  |
| 3. Защита отчетов по лабораторным работам                                                                 | 6  |
| 4. Подготовка к промежуточной аттестации                                                                  | 7  |
| Приложение А. Примерный перечень вопросов для промежуточной аттестации                                    | 8  |
| Приложение Б. Рабочая тетрадь Инженерной геодезии:                                                        | 14 |
| ЛР 1. Подготовка сведений о пространственных данных объектов на топографической основе для проектирования | 15 |
| ЛР 2. Вертикальная планировка строительной площадки                                                       | 25 |
| ЛР 3. Работа с теодолитом 2Т30М                                                                           | 32 |
| ЛР 4. Работа с нивелиром Н-3                                                                              | 38 |
| ЛР 5. Подготовка разбивочного чертежа для выноса проекта в натуру                                         | 43 |
| ЛР 6. Обработка результатов исполнительной съемки                                                         | 49 |
| ЛР 7. Решение инженерно-геодезических задач                                                               | 57 |
| Фрагмент топографической карты масштаба 1:10 000                                                          | 64 |

## **1. Общие положения**

Для успешного изучения дисциплины помимо контактной работы с преподавателем, студентам следует выполнить самостоятельную работу.

Самостоятельная работа студентов в рамках изучения данной дисциплины включает в себя:

- подготовку, оформление и защиту отчетов по лабораторным работам;

- самостоятельное изучение теоретических вопросов при подготовке к промежуточной аттестации (приложение А). Формой промежуточной аттестации является экзамен.

Для контроля успеваемости обучающихся с целью повышения качества обучения путем активизации учебной деятельности регулярно проводится текущий контроль. Оценивающими средствами для текущего контроля являются опрос обучающихся (или прохождение ими тестирования) и проверка отчетов по лабораторным работам с последующей защитой отчетов.

Для качественного выполнения лабораторной работы следует предварительно ознакомиться с ее содержанием, изучить теоретический материал, выписать в рабочую тетрадь основные определения, ответить на контрольные вопросы, следовать рекомендациям преподавателя и требованиям соответствующих инструкций. При необходимости следует завершить лабораторную работу в свободное время.

Все лабораторные работы в течение учебного года выполняются в соответствии с одним вариантом, который задает преподаватель.

С целью стандартизации требований к лабораторным работам, они представлены в виде рабочей тетради, которая приводится в приложении 2 к данным методическим указаниям.

## **2. Требования по ведению рабочей тетради**

1. Рабочая тетрадь должна быть выполнена на одной стороне неповрежденного листа писчей бумаги формата А4 без искажений, изменений шрифта, размера, и обязательно *скреплена по левому краю* в скоросшивателе или иным способом.

2. Рабочую тетрадь следует приносить на каждое занятие по дисциплине.

3. Не допускается складывать рабочую тетрадь пополам или на несколько частей.

4. Не принимаются к проверке и защите мятые, порванные, грязные листы карты и рабочей тетради.

5. Наличие заполненного титульного листа рабочей тетради обязательно.

6. Для выполнения лабораторных работ 1–5 используют фрагмент топографической карты, размещенной в конце рабочей тетради (приложение 2), которую следует распечатать на формате А4 без искажений, допускается печать карты как в цветном, так и в черно-белом исполнении.

7. Топографическую карту приносить вместе с рабочей тетрадью на все лабораторные работы.

8. Записи в отчете выполняют аккуратно, разборчиво, ручкой черного или синего цвета. Цифры записывают чертежным (тип А или тип Б по ГОСТ 2.304–81) или вычислительным шрифтом.

9. Все записи выполняют без орфографических ошибок и без сокращений (кроме общепринятых, например: г., и т. д.).

10. Чертежи выполняют карандашом с использованием чертежных принадлежностей.

11. При выполнении измерений с помощью геодезических приборов запрещено пользоваться черновиками, результаты записывают непосредственно в полевой журнал, без исправлений. Фрагменты полевых журналов приведены в рабочих тетрадях. При необходимости повторных измерений ошибочные результаты не уничтожают, их аккуратно зачеркивают по диагонали, указывают причину отбраковки, например, «не в допуске». Новые результаты измерений записывают ниже. При большом числе повторных измерений допускается вложение дополнительного листа полевого журнала. При ведении записей *в полевом журнале запрещено* использование корректора.

12. При исправлении ошибочно записанного числа *вне полевого журнала* его зачеркивают одной чертой, рядом записывают правильное число или, по желанию, пользуются корректором.

13. Соблюдают математические правила округления чисел. Однако, при ведении полевых журналов, если отбрасываемая часть равна строго 0,5, применяют правило четного числа (Гаусса), т. е. последнее оставляемое число округляют в сторону четного (0; 2; 4; 6; 8).

14. Вычисления выполняют с помощью *инженерного калькулятора*, подсчет результатов ведут с необходимой точностью:

- угловые величины – до целой секунды;
- превышения – до целого миллиметра ( $10^{-3}$  м);
- измерения длин на местности – до целого сантиметра ( $10^{-2}$  м);
- измерения длин на плане или карте – соответственно точности численного масштаба.

15. Исходные и контрольные значения записывают красным цветом (или выделяют маркером).

### **3. Защита отчетов по лабораторным работам**

После выполнения лабораторной работы, он предоставляется преподавателю на проверку, по результатам которой может быть дано два резюме: «К защите» или «Замечания» с указанием каждого замечания. При наличии замечаний они должны быть устранены. После того как на отчете преподаватель поставит резюме «К защите», он подлежит защите студентом.

При защите отчета по лабораторной работе преподаватель задает вопросы, касающиеся любых сведений, приведенных в отчете. Примерами таких вопросов являются:

1. Решить обратную геодезическую задачу по заданным координатам двух точек.

2. Построить точки на топографическом плане заданного масштаба по заданным координатам.

3. Определить отметки полученных точек.

4. Вычислить уклон линии  $AB$ , образованной этими точками.

5. Построить профиль по линии  $AB$  и определить наличие видимости между точками  $A$  и  $B$ .

6. Из точки  $B$  отложить горизонтальный угол  $\beta=205^{\circ}30'$ . На заданном расстоянии  $L=1025,65$  м поставить точку  $C$ . Вычислить

дирекционные углы линий  $BC$ ,  $AC$  и сравнить их с измеренными значениями.

7. Измерить дирекционный угол линии на карте.
8. Как подсчитать рабочую отметку при планировке участка.
9. Что такое картограмма земляных работ?
10. Измерить горизонтальный угол теодолитом.
11. Выполнить нивелирование на станции по методике технического нивелирования.

В ходе ответа на заданные вопросы студент должен показать владение материалом, представленном в отчете, легко в нем ориентироваться, а также знания и умения, сформированные в результате подготовки отчета.

При дистанционной форме обучения допускается заполнение рабочих тетрадей в электронном виде. Файл данной методички прикрепляется в системе *Moodle*, к дисциплине «Инженерная геодезия». В этом случае скачивают текст соответствующей лабораторной работы, выполняют ее в соответствии с заданием и указанием преподавателя. Выполненную лабораторную работу для проверки прикрепляют к соответствующему заданию в системе *Moodle*, после проверки отчета преподавателем может быть дано два резюме: «К защите» или «Замечания» с указанием каждого замечания. При наличии замечаний они должны быть устранены и отчет повторно должен быть прикреплен для проверки. Дальнейшая защита отчета происходит в соответствии с вышеизложенным.

#### **4. Подготовка к промежуточной аттестации**

Примерный перечень вопросов для промежуточной аттестации в форме экзамена представлен в приложении А. При подготовке к промежуточной аттестации рекомендуется использовать лекционные материалы, а также учебную литературу, приведенную в рабочей программе дисциплины.

## Приложение А

### Примерный перечень вопросов для промежуточной аттестации

При проведении экзамена инструментом измерения сформированности компетенций является ответ на два теоретических вопроса и решение обучающимся поставленной перед ним одной из задач из практического блока.

#### Теоретическая часть

1. Геодезия как наука. Ее связь с другими науками.
2. Основные этапы истории развития геодезии.
3. Роль геодезии в хозяйственном развитии страны, в строительстве.
4. Представление о форме и размерах Земли.
5. Нормативно-правовая база геодезии.
6. Влияние кривизны Земли на геодезические измерения (расстояний и превышений). Вывод формул.
7. Принципы отображения поверхности Земли на плоскости. Картографические и ортогональная проекции. Основные виды геодезических чертежей.
8. Географическая система координат.
9. Зональная система прямоугольных координат Гаусса–Крюгера.
10. Понятие о геоцентрической и топоцентрической системах координат.
11. Система полярных координат и её применение в геодезии.
12. Система высот в геодезии. Абсолютные и относительные высоты, в т.ч. в строительстве.
13. Ориентирные углы и связь между ними.
14. Румбы. Связь с дирекционными углами.
15. Передача дирекционных углов на смежные стороны по левым или правым измеренным горизонтальным углам.
16. Прямая и обратная геодезические задачи на плоскости.
17. Топографические планы и карты. Общие черты и различие. Применяемые масштабы, их виды. Точность масштабов.
18. Понятие о цифровом картографировании. ЦММ. ЦМР.
19. Номенклатура крупномасштабных планов с прямоуголь-



ной разграфкой.

20. Номенклатура топографических карт.

21. Условные знаки на топографических картах и планах.

22. Виды форм рельефа и их изображение на топографических картах и планах.

23. Уклон. Заложение. Горизонтальное проложение. Отметка. Высота точки. Превышение. Горизонталь. Свойства горизонталей.

24. Виды задач, решаемых по топографическим картам и планам.

25. Аналитический способ определения площадей.

26. Сущность геометрического и графического способов определения площадей.

27. Определение объемов насыпей на земной поверхности. Способы горизонтальных и вертикальных сечений.

28. Планиметр электронный. Устройство. Измерение площадей.

29. Общие сведения об измерениях и этапах геодезических работ. Единицы измерений, применяемые в геодезии.

30. Основные процессы производства геодезических работ. Факторы, влияющие на геодезические измерения.

31. Полевые журналы. Правила ведения. Основные правила вычислений.

32. Виды погрешностей. Классификация. Критерии точности измерений.

33. Классификация геодезических приборов.

34. Геодезические приборы и инструменты для измерения расстояний. Основные формулы. Точность измерений. Область применения.

35. Измерение линий рулеткой. Компарирование мерных приборов. Приведение измеренных наклонных расстояний к горизонту.

36. Теодолит. Устройство. Основные оси теодолита и соотношения между ними.

37. Поверки оптического /электронного/ теодолита.

38. Измерение вертикальных и горизонтальных углов теодолитом. Источники погрешностей при угловых измерениях.

39. Перечислить и раскрыть содержание методов определе-

ния превышений и отметок точек.

40. Нивелирование тригонометрическое. Вывод формул.

41. Нивелирование геометрическое. Сущность. Классы точности.

42. Нивелирные рейки, костыли, башмаки. Поверки нивелирных реек.

43. Нивелир. Устройство. Основные оси и соотношение между ними

44. Поверки нивелира. Главное условие нивелира.

45. Простое и сложное геометрическое нивелирование. Формулы для вычисления невязок в замкнутом и разомкнутом нивелирных ходах.

46. Способы нивелирования «из середины» и «вперед». Горизонт инструмента.

47. Методика нивелирования 4 класса. Допуски.

48. Методика технического нивелирования. Допуски.

49. Современные требования к структуре геодезических сетей.

50. Назначение и классификация геодезических сетей.

51. Строительная сетка: назначение, размеры, вынос на местность и закрепление.

52. Сведения о геодезических пунктах. Знак. Центр. Репер. Их виды и назначение. Каталоги координат и высот.

53. Методы построения плановых сетей.

54. Методы построения высотных сетей.

55. Краткий обзор видов съемок.

56. Тахеометрическая съёмка: сущность, работа на станции, ведение кроки, камеральная обработка.

57. Применение спутниковых приёмников ГНСС в геодезических работах.

58. Сущность лазерного сканирования местности.

59. Горизонтальные и вертикальные съемки. Пояснить чертежами.

60. Комбинированные съемки. Их виды, особенности, достоинства и недостатки.

61. Построение координатной сетки строительного плана и нанесение точек съемочного обоснования по координатам.

62. Способы создания планово-высотного съемочного обос-

нования.

63. Теодолитный ход. Последовательность работ.
64. Вычисление угловых и линейных невязок в замкнутом и разомкнутом теодолитных ходах.
65. Способы теодолитной съемки. Пояснить чертежами.
66. Сущность геодезических разбивочных работ.
67. Вынос проектных точек на местность в плане.
68. Вынос на местность точки с заданной отметкой и линии с заданным уклоном.
69. Трасса линейного сооружения. Разбивка круговой кривой.
70. Продольный и поперечный профили трассы.
71. Перечислить виды осей сооружения и способы их закрепления на местности.
72. Определение неприступных расстояний и высот.
73. Контроль вертикальности колонн.
74. Техника безопасности при выполнении топографо-геодезических работ.
75. Правила обращения с геодезическими инструментами.
76. Охрана природы при выполнении топографо-геодезических работ.

### **Практический блок**

1. Выполнить описание заданного маршрута по топографической карте.
2. Определить по топографической карте дирекционный угол, азимуты, румб заданной линии.
3. По заданным величинам вычертить исходные направления и определить ориентирные углы линии.
4. Решить прямую геодезическую задачу по исходным данным.
5. Решить обратную геодезическую задачу по исходным данным.
6. Определить прямоугольные координаты точки на топографической карте.
7. Определить географические координаты точки на топографической карте.
8. По топографической карте построить профиль местности

по заданной линии.

9. Вычислить уклон линии, заданной на топографической карте/плане.

10. Определить площадь заданного участка с прямолинейным контуром по формулам геометрических фигур.

11. Определить площадь заданного участка палеткой с квадратным окном.

12. Определить площадь земельного участка по топографической карте/плану электронным планиметром.

13. Определить извилистое расстояние между точками на карте.

14. Провести горизонтали по отметкам четырех точек.

15. По заданному масштабу карты или плана привести пример соответствующей номенклатуры

16. По заданной номенклатуре определить масштаб карты или плана.

17. Вычислить относительную погрешность измеренных линий.

18. Вычислить СКП по вероятнейшим погрешностям измерений длин линий.

19. Выполнить поверку цилиндрического уровня теодолита.

20. Измерить заданный горизонтальный угол одним полным приемом.

21. Вынести на местность заданный горизонтальный угол.

22. Измерить заданный вертикальный угол.

23. Определить заданное расстояние по нитяному дальномеру.

24. Определить превышение нивелиром по методике технического нивелирования.

25. Выполнить нивелирование на станции по методике 4-го класса.

26. Выполнить постраничный контроль в журнале нивелирования по результатам двух измерений.

27. Привести теодолит в рабочее положение над заданным геодезическим пунктом.

28. Вычислить место нуля теодолита по результатам измерений.

29. Определить коллимационную ошибку теодолита.

30. Определить пяточную разность пары реек по результа-

там нивелирования (по методике технического нивелирования).

31. Выполнить тригонометрическое нивелирование на станции.

32. Обработать фрагмент журнала тахеометрической съемки.

33. Определить исходные геодезические данные для выноса проектной точки на местность способом полярных координат.

34. Определить исходные геодезические данные для выноса проектной точки в натуру способом линейной засечки.

35. Определить исходные геодезические данные для выноса проектной точки на местность способом угловой засечки.

36. Определить исходные геодезические данные для выноса проектной точки на местность способом перпендикуляров.

37. Вычертить круговую кривую в вершине угла по исходным данным.

38. Проложить участок трассы по топографической карте исходным данным.

## Приложение Б

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

### РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

для обучающихся по специальности  
08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»  
всех форм обучения

Выполнил: студент гр. УЗс—\_\_\_\_\_  
индекс группы

\_\_\_\_\_  
ФИО студента

Вариант № \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_  
должность преподавателя

\_\_\_\_\_  
ФИО преподавателя

Дата защиты отчета

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
подпись преподавателя

Кемерово 20 \_\_\_\_

# Лабораторная работа № 1

## Подготовка сведений о пространственных данных объектов на топографической основе для проектирования

**Цель работы:** научиться применять топографические материалы для проектирования вариантов размещения объектов строительства.

**Пособия и принадлежности:** топографическая карта масштаба 1:10 000; циркуль-измеритель, топографический транспортир с линейкой, карандаш, калька, миллиметровая бумага, калькулятор.

### 1. Знакомство с топографической картой и топографическим планом

1.1. Ознакомится с содержанием топографической карты: рамками, координатными сетками, зарамочными надписями, условными знаками ситуации и рельефа.

1.2. Ознакомится с содержанием топографического плана.

1.3. Выявить внешнее отличие между топографическим планом и топографической картой.

1.4. Распечатать фрагмент топографической карты масштаба 1:10 000. Использовать эту карту для выполнения лабораторных работ 1, 2.

### 2. Задачи с масштабами

2.1. Расшифровать все элементы формулы численного масштаба, представляющего собой алиquotную (простую) дробь, в

которой числитель *всегда равен единице*:  $\frac{1}{M} = \frac{d}{S}$ ; где

M – \_\_\_\_\_

d – \_\_\_\_\_

S – \_\_\_\_\_

2.2. Если масштаб карты 1:10 000, то масштаб вдвое крупнее 1:\_\_\_\_\_, масштаб впятеро мельче 1:\_\_\_\_\_.

2.3. Если на картах разных масштабов измерен одинаковый по величине отрезок  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  (см), то на местности ему соответствуют разные отрезки  $S_i$  (исходные данные в табл. 1):

$$\begin{array}{llll} 1:25000 & S_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (м);} & 1:2000 & S_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (м);} \\ 1:5000 & S_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (м);} & 1:1000 & S_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (м).} \end{array}$$

Таблица 1

Исходные данные для задачи 2.3

| Вариант   | Отрезок $d$ , см | Вариант   | Отрезок $d$ , см | Вариант   | Отрезок $d$ , см |
|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|
| <b>1</b>  | 18,3             | <b>11</b> | 6,1              | <b>21</b> | 5,7              |
| <b>2</b>  | 6,6              | <b>12</b> | 19,2             | <b>22</b> | 6,7              |
| <b>3</b>  | 3,9              | <b>13</b> | 11,7             | <b>23</b> | 4,6              |
| <b>4</b>  | 2,5              | <b>14</b> | 9,5              | <b>24</b> | 7,5              |
| <b>5</b>  | 13,4             | <b>15</b> | 15,9             | <b>25</b> | 14,4             |
| <b>6</b>  | 4,3              | <b>16</b> | 5,1              | <b>26</b> | 8,7              |
| <b>7</b>  | 6,8              | <b>17</b> | 7,9              | <b>27</b> | 9,6              |
| <b>8</b>  | 12,6             | <b>18</b> | 10,4             | <b>28</b> | 3,5              |
| <b>9</b>  | 1,8              | <b>19</b> | 14,7             | <b>29</b> | 11,5             |
| <b>10</b> | 8,3              | <b>20</b> | 17,3             | <b>30</b> | 13,1             |

2.4. Если на местности длина горизонтальной линии равна  $S = \underline{\hspace{2cm}}$  (м), а на карте эта же линия имеет длину  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  (мм), то масштаб этой карты 1:  $\underline{\hspace{2cm}}$  (исходные данные в табл. 2).

Таблица 2

Исходные данные для задачи 2.4

| Вариант   | $S$ , м | $d$ , мм | Вариант   | $S$ , м | $d$ , мм | Вариант   | $S$ , м | $d$ , мм |
|-----------|---------|----------|-----------|---------|----------|-----------|---------|----------|
| <b>1</b>  | 625     | 25       | <b>11</b> | 160     | 32       | <b>21</b> | 33,8    | 16,9     |
| <b>2</b>  | 32      | 16       | <b>12</b> | 270     | 135      | <b>22</b> | 469     | 46,9     |
| <b>3</b>  | 14,8    | 14,8     | <b>13</b> | 9000    | 18       | <b>23</b> | 58,7    | 58,7     |
| <b>4</b>  | 658     | 65,8     | <b>14</b> | 135     | 67,5     | <b>24</b> | 290     | 58       |
| <b>5</b>  | 4000    | 80       | <b>15</b> | 325     | 13       | <b>25</b> | 162,8   | 81,4     |
| <b>6</b>  | 751     | 75,1     | <b>16</b> | 1850    | 37       | <b>26</b> | 73,7    | 73,7     |
| <b>7</b>  | 375     | 15       | <b>17</b> | 115     | 11,5     | <b>27</b> | 89,9    | 89,9     |
| <b>8</b>  | 90      | 18       | <b>18</b> | 55      | 27,5     | <b>28</b> | 300     | 60       |
| <b>9</b>  | 19,5    | 19,5     | <b>19</b> | 103     | 10,3     | <b>29</b> | 250     | 50       |
| <b>10</b> | 170     | 85       | <b>20</b> | 32      | 16       | <b>30</b> | 900     | 90       |

2.5. На топографической карте отыскать базовые точки  $A$ ,  $B$  и  $C$ , где  $A$  – это точка, соответствующая номеру варианта,  $B$  и  $C$  – следующие по счету точки. Например, для варианта 1 точка  $A$  –



точка №1, точка  $B$  – №2, точка  $C$  – №3. Соединить точки между собой. Измерить и записать длины полученных отрезков:

$S_{AB} =$  \_\_\_\_\_ м;  $S_{BC} =$  \_\_\_\_\_ м;  $S_{CA} =$  \_\_\_\_\_ м.

### 3. Определение прямоугольных координат

#### 3.1. Координаты точки – это

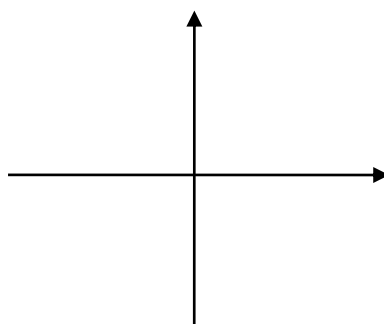
---

---

---

---

3.2. Подписать название частей света, наименование осей, четвертей и показать правило расстановки знаков приращений в различных четвертях:



3.3. Определить прямоугольные координаты  $X$  и  $Y$  трех точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  (см. задачу 2.5.) на карте масштаба 1:10 000, используя сетку прямоугольных координат:

точка  $A$  (№\_\_\_\_)  $X_A =$  \_\_\_\_\_ м;  $Y_A =$  \_\_\_\_\_ м;  
точка  $B$  (№\_\_\_\_)  $X_B =$  \_\_\_\_\_ м;  $Y_B =$  \_\_\_\_\_ м;  
точка  $C$  (№\_\_\_\_)  $X_C =$  \_\_\_\_\_ м;  $Y_C =$  \_\_\_\_\_ м.

3.4. Вычислить приращения координат  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  для линии  $AC$ :

$\Delta X_{AB} =$  \_\_\_\_\_;  $\Delta Y_{AB} =$  \_\_\_\_\_

3.5. Записать, как называется четверть, к которой относятся вычисленные приращения координат  $\Delta X_{AB}$ ,  $\Delta Y_{AB}$  \_\_\_\_\_

#### 4. Ориентирование линий

4.1. Измерить топографическим транспортиром на карте масштаба 1:10 000 для линии  $AB$  ее дирекционный угол  $\alpha_{AB}$ , вычислить румб  $r_{AB}$  этой линии (записать направление по сторонам света и табличный угол):

$$\alpha_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}; \quad r_{AB} = \underline{\hspace{1cm}} : \underline{\hspace{1cm}}$$

4.2. Заполнить таблицу 3 «Связь между румбом и дирекционным углом».

Таблица 3

Связь между румбом и дирекционным углом

| Название четверти по сторонам света | Значения дирекционных углов в четверти | Как вычислить                |                              | Знаки приращений координат |            |
|-------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------|
|                                     |                                        | румб, зная дирекционный угол | дирекционный угол, зная румб | $\Delta X$                 | $\Delta Y$ |
| 1 –                                 |                                        |                              |                              |                            |            |
| 2 –                                 |                                        |                              |                              |                            |            |
| 3 –                                 |                                        |                              |                              |                            |            |
| 4 –                                 |                                        |                              |                              |                            |            |

4.3. Решить прямую геодезическую задачу, используя результаты предыдущих измерений для линии  $AB$ :

Дано:

$$X_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$$

$$Y_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$$

$$\alpha_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$S_{AB} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$$

Решение:

$$\Delta X_{AB} = S_{AB} \times \cos \alpha_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta Y_{AB} = S_{AB} \times \sin \alpha_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\underline{\hspace{2cm}}$$

Найти:

$$X_B = ?$$

$$Y_B = ?$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\underline{\hspace{2cm}}$$

4.4. Решить обратную геодезическую задачу для линии  $AC$  по результатам измерений координат:

Дано:

$X_A =$  \_\_\_\_\_ м

$X_B =$  \_\_\_\_\_ м

$Y_A =$  \_\_\_\_\_ м

$Y_B =$  \_\_\_\_\_ м

Найти:

$S_{AC} = ?$

$\alpha_{AC} = ?$

Решение:

$\Delta X_{AB} = X_B - X_A =$  \_\_\_\_\_

$\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A =$  \_\_\_\_\_

$$S_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2}$$

$=$  \_\_\_\_\_

$$\text{tgr}_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} = \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$r_{AB} = \quad : \quad ^\circ \quad ' ; \quad \alpha_{AB} = \quad ^\circ \quad ' .$$

Проверка решения:

$$\Delta X_{AB} = S_{AB} \times \cos \alpha_{AB} = \quad$$

$$\Delta Y_{AB} = S_{AB} \times \sin \alpha_{AB} = \quad$$

## 5. Определение площади участка

5.1. Определить по топографической карте 1:10 000 площадь участка  $ABC$  аналитическим способом. Координаты точек взять из решения задачи 3.3. Результаты вычислений записать в таблице 4.

*Обязателен контроль вычислений:*

1. Суммы разностей в столбцах 4 и 5 с учетом знаков должны быть равны нулю.

2. Суммы произведений в столбцах 6 и 7 считаются с учетом знаков, они должны совпадать:  $P_1 = P_2$ .

$$P_1 = \frac{\sum [X_i (Y_{i-1} - Y_{i+1})]}{2}; \quad (1.1)$$

$$P_2 = \frac{\sum [Y_i (X_{i+1} - X_{i-1})]}{2}. \quad (1.2)$$

Таблица 4

## Ведомость вычисления площади аналитическим способом

| Вер-<br>шина                                                                       | Координаты, м |       | Разности, м         |                     | Произведения, м <sup>2</sup> |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|---------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------|
|                                                                                    | $X_i$         | $Y_i$ | $Y_{i-1} - Y_{i+1}$ | $X_{i+1} - X_{i-1}$ | $X_i(Y_{i-1} - Y_{i+1})$     | $Y_i(X_{i+1} - X_{i-1})$ |
| 1                                                                                  | 2             | 3     | 4                   | 5                   | 6                            | 7                        |
| <i>C</i>                                                                           |               |       | –                   | –                   | –                            | –                        |
| <i>A</i>                                                                           |               |       |                     |                     |                              |                          |
| <i>B</i>                                                                           |               |       |                     |                     |                              |                          |
| <i>C</i>                                                                           |               |       |                     |                     |                              |                          |
| <i>A</i>                                                                           |               |       | –                   | –                   | –                            | –                        |
| $i$ – текущая точка<br>( $i-1$ ) – предыдущая точка<br>( $i+1$ ) – следующая точка |               |       | $\Sigma = 0$        | $\Sigma = 0$        | $\Sigma =$                   | $\Sigma =$               |
|                                                                                    |               |       |                     |                     | $P_1 =$                      | $P_2 =$                  |

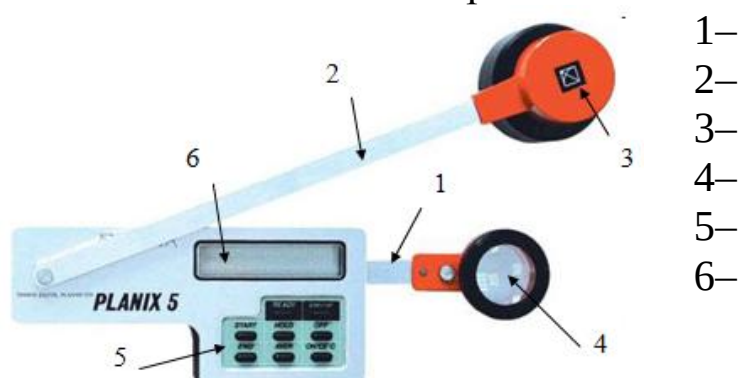
5.2. Вычислить площадь участка *ABC* геометрическим способом по формуле треугольника. Результаты представить в табл. 5.

Таблица 5

## Журнал вычисления площади геометрическим способом

| Основание<br>треугольника<br>на карте $a$ , см | Основание с<br>учетом масштаба<br>$A$ , м | Высота $h$ на<br>карте, см | Высота с уче-<br>том масштаба<br>$H$ , м | Площадь<br>участка $P$ , м <sup>2</sup><br>$P = \frac{A \times H}{2}$ |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                                                |                                           |                            |                                          |                                                                       |

5.3. Изучить устройство планиметра *PLANIX-5*, записать основные части планиметра:

Рис.1. Устройство планиметра *PLANIX-5*

5.4. Измерить площадь участка  $ABC$  электронным планиметром, результаты внести в табл. 6.

Таблица 6

Результат измерения площади электронным планиметром

| Показания планиметра, $\text{см}^2$                                 | Среднее значение, $\text{см}^2$        | $C$ – цена масштаба                                  | Площадь участка, $\text{м}^2$                        |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $P'_э = \underline{\hspace{1cm}}$ $P''э = \underline{\hspace{1cm}}$ | $P_{cp\ э} = \underline{\hspace{1cm}}$ | $100\text{м} \times 100\text{м} = 10000\ \text{м}^2$ | $Pэ = P_{cp\ э} \times C = \underline{\hspace{2cm}}$ |

5.5. Сравнить результаты измерения площади разными способами (табл. 7), расхождение между значениями площади выразить в процентах. Допустимое расхождение между измерениями: 0 – 10 %.

Таблица 7

Сравнительный анализ результатов

| Способ измерения | Площадь $P_{100}$ | $P_{cp}$ | $\Delta P = P_{max} - P_{min}$ | $t = \Delta P / P_{cp} \times 100\%$ |
|------------------|-------------------|----------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Аналитический    |                   |          |                                |                                      |
| Геометрический   |                   |          |                                |                                      |
| Планиметр        |                   |          |                                |                                      |

## 6. Решение задач с отметками точек по топографической основе

6.1. Определить отметки заданных по варианту точек:

$$H_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}; \quad H_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}; \quad H_C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}.$$

6.2. Вычислить уклоны  $i$  всех линий, результат записать в тысячных долях, в процентах (%) и в промилле (‰):

$$i_{AB} = \text{tg} \nu_{AB} = \frac{H_B - H_A}{S_{AB}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

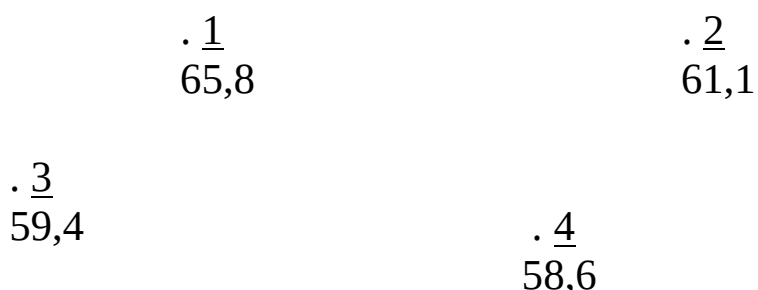
$$i_{BC} = \text{tg} \nu_{BC} = \frac{H_C - H_B}{S_{BC}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$i_{CA} = \text{tg} \nu_{CA} = \frac{H_A - H_C}{S_{CA}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

6.3. На рисунке показана линия 1-2. Известны: отметка начальной точки  $H_1 = 102$  м, отметка конечной точки  $H_2 = 117$  м. Выполнить интерполирование линии, если высота сечения рельефа  $h_0 = 2$  м. Показать на линии засечки, соответствующие значениям 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116 м. Проверить, одинаковые ли интервалы между засечками. При необходимости отрезки скорректировать.



6.4. Вычертить горизонтالي по отметкам четырёх точек. Высоту сечения рельефа  $h_0$  принять равной 1 метру.



6.5. Построить профиль местности по заданной линии  $ABC$  по предложенной сетке (рис. 2).

Профиль местности по линии \_\_\_\_\_  
Масштабы: горизонтальный 1:10 000 вертикальный 1:\_\_\_\_\_



Рис. 2. Сетка профиля местности

Горизонтальный масштаб принять равным масштабу топоосновы, вертикальный масштаб принять удобным, исходя из перепада высот по линии. Для этого предварительно определить отметки всех пересечений вашей линии с горизонталями. Оценить разницу между самой низкой и самой высокой точками на линии, подобрать такой масштаб, чтобы на чертеже вертикальная шкала высот была в диапазоне 5-10 сантиметров. Для удобства построений допускается строить профиль на миллиметровой бумаге / тетрадном листе в клеточку.

Подписать на чертеже масштабы и номера точек для ориентирования линии.

Если линия пересекает реку, определите урез воды, глубину реки для правильного ее отображения на профиле. Обратите внимание, что противоположные контуры берега реки находятся на одной высоте.

6.6. По профилю определить, имеется ли видимость между заданными точками А и В, В и С. Для этого соединить точки прямой линией. Если луч проходит над поверхностью земли, не касаясь ее, значит, видимость между точками имеется. Подчеркнуть вывод по заданной линии: *видимость между точками \_\_\_\_\_ имеется / видимость между точками \_\_\_\_\_ отсутствует.*

### Контрольные вопросы

1. Основное отличие понятий *заложение* и *горизонтальное проложение*.
2. Дать определение понятиям: *превышение*, *уклон*.
3. В чем отличие абсолютной, относительной и условной отметок?
4. Какова зависимость между крутизной склона и горизонтальным проложением линии?
5. Что такое пояснительный *масштаб*? Виды *масштабов*?
6. Что такое точность масштаба?
7. Что такое *ориентирование*?
8. Что такое *дирекционный угол*?
9. Что такое *румб*?
10. Сформулировать *условие прямой геодезической задачи*.
11. Сформулировать *условие обратной геодезической задачи*.

12. Для каких целей строят профиль линии?

**Вывод по лабораторной работе**

---

---

---



## Лабораторная работа № 2

### Вертикальная планировка строительной площадки

**Цель работы:** научиться применять данные нивелирования для вертикальной планировки горизонтальной и наклонной строительной площадки.

**Пособия и принадлежности:** топографическая карта 1:10 000; инженерный калькулятор.

**Исходные данные:**

- 1)  $L$  –сторона квадрата принимается по варианту (табл. 8);
- 2) заданные уклоны по осям  $i_x$  и  $i_y$  выбирают по варианту (табл. 8);

3) нивелируемый участок строительной площадки по длине и по ширине равен  $2 \times 2$  квадрата, одна из вершин должна располагаться в базовой точке, участок выбрать с учетом ситуации и рельефа местности, допускается любой разворот сторон участка. Так, на рисунке 3 показано одно из возможных положений участка для варианта 9.

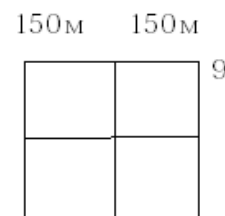


Рис.3.

Таблица 8

Исходные данные по строительной площадке

| Вариант | Сторона квадрата $L$ , м | Вариант  | $i_x$  | $i_y$  |
|---------|--------------------------|----------|--------|--------|
| 1–5     | 100                      | четный   | –0,015 | +0,020 |
|         |                          | нечетный | +0,010 | –0,005 |
| 6–10    | 150                      | четный   | –0,005 | +0,010 |
|         |                          | нечетный | +0,016 | –0,015 |
| 11–15   | 200                      | четный   | –0,015 | +0,012 |
|         |                          | нечетный | +0,011 | –0,009 |
| 16–20   | 100                      | четный   | –0,013 | +0,019 |
|         |                          | нечетный | +0,014 | –0,005 |
| 21–25   | 150                      | четный   | –0,017 | +0,020 |
|         |                          | нечетный | +0,009 | –0,015 |
| 26–30   | 200                      | четный   | –0,015 | +0,020 |
|         |                          | нечетный | +0,010 | –0,005 |

**Задание:** 1) вычислить объемы перемещаемых земляных масс, отдельно для выемки и насыпи, при вертикальной планировке горизонтальной площадки с соблюдением условия минимума земляных работ, вычертить картограмму земляных работ;

2) вычислить объемы перемещаемых земляных масс при вертикальной планировке наклонной площадки с соблюдением заданных уклонов по осям  $i_x$  и  $i_y$ , вычертить картограмму земляных работ.

### **Порядок проектирования горизонтальной площадки**

1. На топографической карте 1:10 000 по варианту вычертить сетку квадратов по исходным данным.

2. По карте определить отметку  $H_q$  каждой вершины квадрата с округлением до целого сантиметра. Эти отметки называются *черными или фактическими*.

3. На отдельном листе А4 вычерчивают план строительной сетки, подобрав соответствующий масштаб для заданных размеров, возле каждой точки *черным цветом* подписывают отметки  $H_q$ , измеренные по топографической карте.

4. По фактическим (черным) отметкам вершин квадрата строительной площадки проектируют горизонтальную площадку, исходя из условия баланса земляных работ – т. е. объем выемки и объем досыпки должны совпадать. Для этого вычисляют *проектную отметку*  $H_{пр}$  =

$$H_{пр} = \frac{\Sigma H_1 + 2 \Sigma H_2 + 3 \Sigma H_3 + 4 \Sigma H_4}{4n};$$

где  $H_1$  – отметка вершины, которая принадлежит только одному квадрату;  $H_2$  – отметка вершины, которая принадлежит одновременно двум квадратам;  $H_3$  – отметка вершины, которая принадлежит одновременно трем квадратам;  $H_4$  – отметка вершины, которая принадлежит одновременно четырем квадратам;  $n$  – число квадратов.

Расчет проектной отметки в отчете приводят обязательно.

$$H_{пр} =$$

5. Вычисляют *рабочие отметки* в каждой вершине строительной сетки  $h_{раб} = H_{пр} - H_{ф}$ , результаты расчетов подписывают на плане *красным цветом* возле соответствующей вершины под черной отметкой. Рабочая отметка показывает величину выемки грунта, т. е. его срезки, если она имеет знак *минус* (–), или величину насыпи, т. е. его подсыпки, если она имеет знак *плюс* (+).

6. После вычисления рабочих отметок проводят *линию нулевых работ*, т. е. границу между участками выемки и насыпи. Для

ее проведения на сторонах квадратов с разноименными рабочими отметками определяют положение точек нулевых работ графическим или аналитическим способом. В лабораторной работе применяют аналитический способ.

7. Для этого анализируют все стороны квадратов; там, где две соседние вершины имеют противоположные знаки, предварительно намечают положение точки нулевых работ. Более точно

их положение определяют по расстоянию:  $l_1 = \frac{l|h^+|}{|h^+| + |h^-|}$ , где

$h^+$  и  $h^-$  – соответствующие рабочие отметки в соседних вершинах. Расстояние  $l_1$  отмеряют от вершины, где находится  $h^+$ .

Расстояние  $l_2$  отмеряют от вершины, где находится  $h^-$ , его вычисляют по формуле  $l_2 = \frac{l|h^-|}{|h^+| + |h^-|}$

Контроль правильности вычислений  $L = l_1 + l_2$ .

Все расстояния указывают на плане, именуемом картограммой земляных работ (рис. 4).

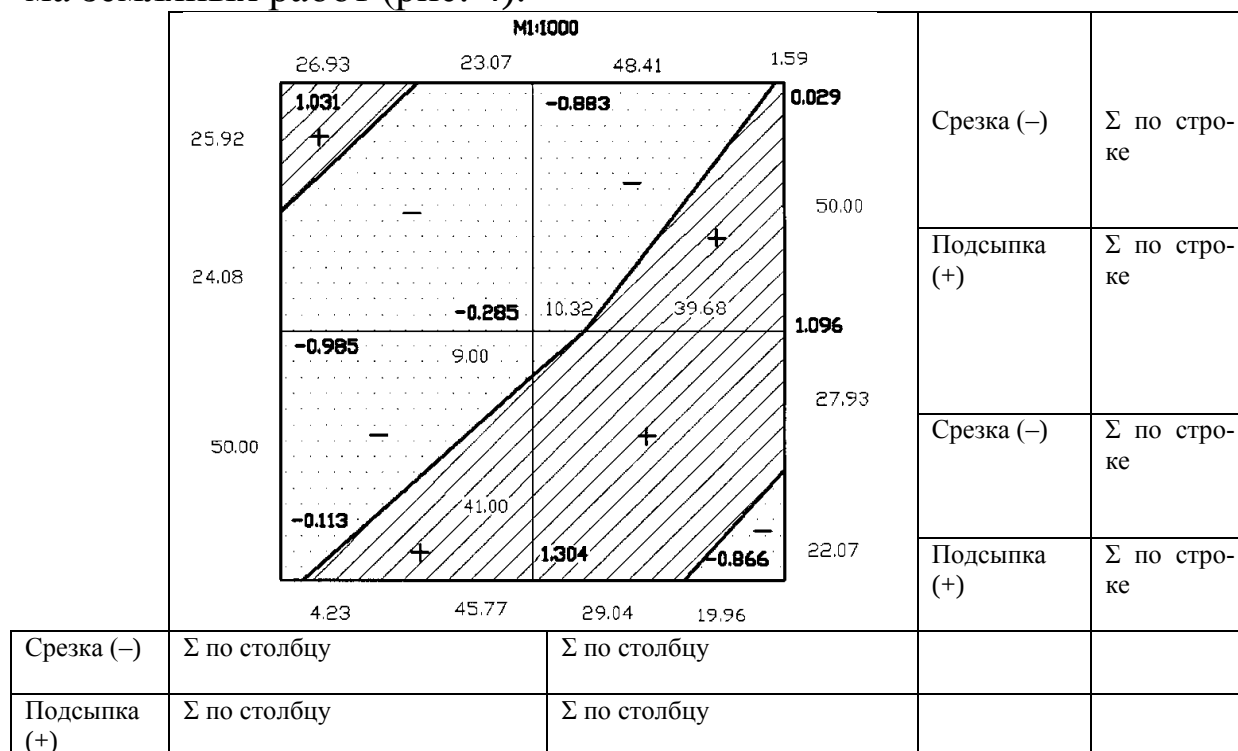


Рис. 4. Картограмма земляных работ для горизонтальной площадки

1. Соединяя последовательно полученные точки, получают линию нулевых работ. Ее вычерчивают утолщенными красными линиями. Если линия нулевых работ проведена правильно, то она примерно повторит контур прилегающих к ней горизонталей.

2. Составляют картограмму земляных работ, это обязательный графический документ вертикальной планировки. На картограмме указываются фактические, проектные и рабочие отметки, положение линии нулевых работ.

3. Площадки для срезки и подсыпки показывают разным цветом или разной штриховкой (рис. 4).

4. Вычисляют объемы перемещаемых земляных масс, отдельно для срезки и подсыпки, результаты вносят в (табл. 9).

Квадраты, имеющие в своих вершинах рабочие отметки с одинаковыми знаками (или только + или только –), называются полными; они представляют собой усеченные четырехугольные призмы. Квадраты, по которым проходит линия нулевых работ, в своих вершинах имеют отметки с разными знаками, их называют неполными. Эти квадраты состоят из нескольких усеченных  $n$ -угольных призм.

Объем грунта в каждом неполном квадрате определяется по формуле  $V = S \times h_{раб}^{cp}$ , где  $S$  – площадь основания  $n$  – угольной призмы (треугольной, четырехугольной или пятиугольной),  $h_{раб}^{cp}$  – средняя рабочая отметка в этом неполном квадрате, определяется как среднее арифметическое значение  $h_{раб}^{cp} = \frac{\sum h_{раб}}{n}$ , здесь  $h_{раб}$  – рабочие отметки в каждой точке основания, включая точки нулевых работ (в этих точках  $h_{раб}=0$ ).

В ведомости вычисления объемов обязательно проверяют суммарную площадь, она должна быть равна площади всей строительной площадки.

Таблица 9

**Ведомость вычисления объемов грунта при проектировании  
горизонтальной площадки**

| №<br>фигуры | Площадь $S$ , м <sup>2</sup> | Средняя рабочая от-<br>метка фигуры,<br>$h_{\text{раб}}^{\text{ср}}$ , м | Объём                         |              |
|-------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|
|             |                              |                                                                          | срезка (–)                    | подсыпка (+) |
| 1           |                              |                                                                          |                               |              |
| 2           |                              |                                                                          |                               |              |
| ...         |                              |                                                                          |                               |              |
|             | $\Sigma$                     |                                                                          | $\Sigma V^-$                  | $\Sigma V^+$ |
|             |                              |                                                                          | $\Sigma  V^-  + \Sigma  V^+ $ |              |

5. Определяют баланс земляных работ:

$$\delta = \frac{\Sigma |V^-| - \Sigma |V^+|}{\Sigma |V^-| + \Sigma |V^+|} \times 100 \text{ \%}.$$

Если ошибка не превышает 2–5 %, баланс соблюдается, в противном случае следует найти ошибку в расчетах.

**Порядок проектирования наклонной площадки**

1. На отдельном листе А4 вычерчивают план строительной сетки, возле каждой точки подписывают черным цветом фактические отметки, снятые с топографической карты.

2. На чертеже стрелками от базовой точки показывают направление проектных осей  $x$  и  $y$ .

3. Проектную отметку точки базовой точки  $H_1$  принимают равной фактической отметке.

4. Рассчитывают проектные отметки каждой вершины по формуле  $H_{\text{пр}} = H_1 + h$ , где превышение  $h$  определяется отдельно по каждой оси  $x$  и  $y$ :  $h_x = i_x \times L$ ;  $h_y = i_y \times L$ .

5. Вычисляют рабочие (красные) отметки в каждой точке строительной сетки:  $h_{\text{раб}} = H_{\text{пр}} - H_{\text{ф}}$ , результаты расчетов подписывают на плане красным цветом возле соответствующей точки.

6. Проанализировав все линии, намечают положение линий нулевых работ, если таковые имеются. Вычисляют расстояния  $l_1$ ,  $l_2$ , также, как и при проектировании горизонтальной площадки, наносят их на картограмму земляных работ (рис. 5).

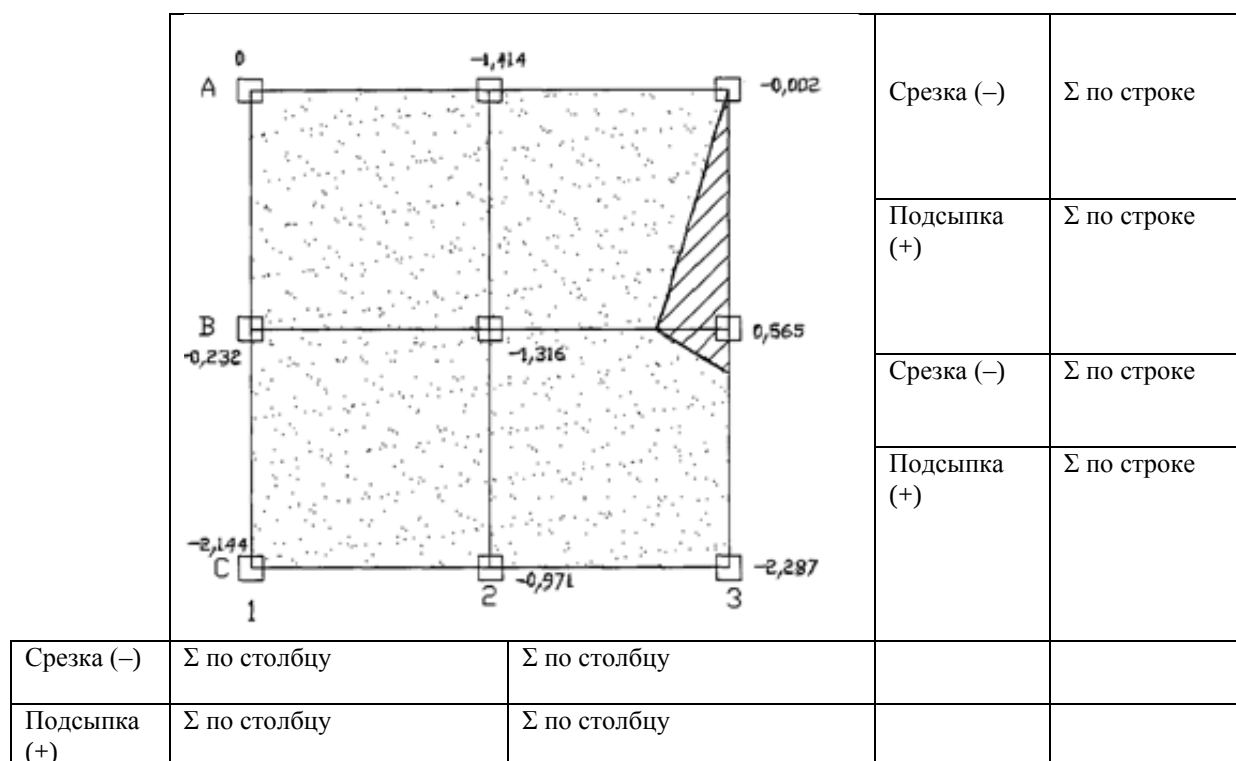


Рис. 5. Пример картограммы земляных работ при проектировании наклонной площадки

7. Вычисляют объемы перемещаемых земляных масс, отдельно для выемки и насыпи, результаты вносят в табл. 10.

Таблица 10

Ведомость вычисления объемов грунта при проектировании наклонной площадки

| № фигуры | Площадь S, м <sup>2</sup> | Средняя рабочая отметка фигуры, м | Объем            |                  |
|----------|---------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|
|          |                           |                                   | срезка (-)       | подсыпка (+)     |
| 1        |                           |                                   |                  |                  |
| ...      |                           |                                   |                  |                  |
|          | Σ                         |                                   | Σ V <sup>-</sup> | Σ V <sup>+</sup> |

При проектировании наклонной площадки баланс земляных работ соблюдаться не будет, поэтому вычисляют только общий объем земляных работ как сумму  $\Sigma V^{-}$  и  $\Sigma V^{+}$ .

### **Контрольные вопросы**

1. Как вычисляются рабочие отметки?
2. Что такое картограмма земляных работ?
3. Как вычисляют проектные отметки наклонной площадки?
4. Что такое баланс земляных работ?
5. Что такое точки нулевых работ?
6. Что такое вертикальная планировка? Ее задачи.
7. Как определить объем выемки или насыпи?
8. Как подсчитать отметки проектных точек при заданном проектном уклоне?
9. Что такое проектный уклон, как он определяется?
10. Единицы измерения уклона.

### **Вывод по лабораторной работе**

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 3

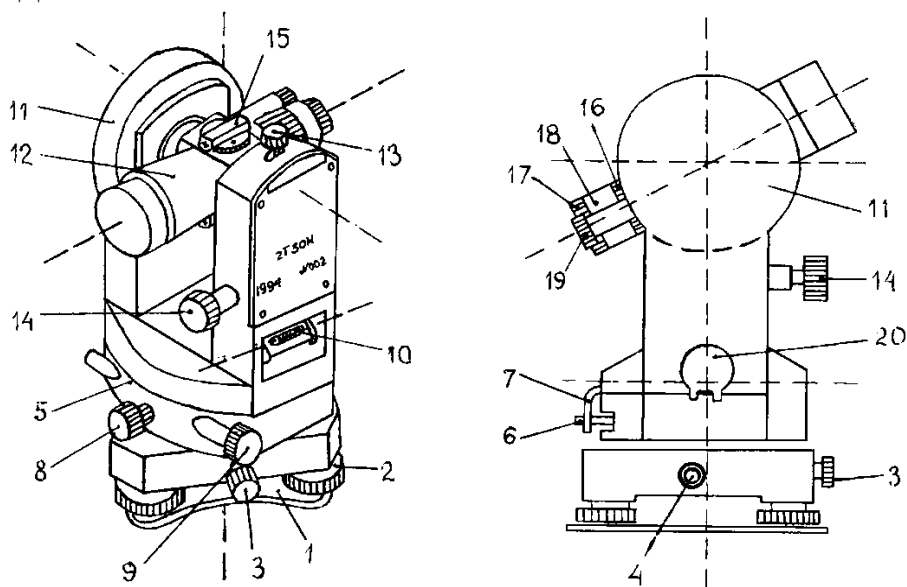
### Работа с теодолитом 2Т30М

**Цель работы:** изучить устройство теодолита, освоить правила обращения с прибором, приобрести навыки выполнения проверок и юстировок теодолита, освоить методику измерения горизонтальных и вертикальных углов и обработки полученных результатов.

**Пособия и принадлежности:** теодолит 2Т30М, становой винт, штатив, треугольник, нитяной отвес, визирные цели, шпильки.

### 1. Устройство оптического теодолита 2Т30М

1.1. Изучить устройство теодолита. Перечислить основные части теодолита 2Т30М.



|     |     |
|-----|-----|
| 1–  | 11– |
| 2–  | 12– |
| 3–  | 13– |
| 4–  | 14– |
| 5–  | 15– |
| 6–  | 16– |
| 7–  | 17– |
| 8–  | 18– |
| 9–  | 19– |
| 10– | 20– |



1.2. Подписать на рисунке основные оси теодолита 2Т30М и перечислить их: \_\_\_\_\_

---

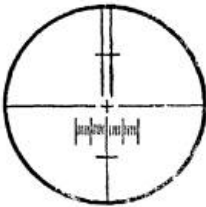


---



---

1.3. Описать назначение каждой нити сетки нитей теодолита 2Т30М.

|                                                                                   |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |
|                                                                                   |  |
|                                                                                   |  |
|                                                                                   |  |
|                                                                                   |  |

1.4. Снять отсчеты (через микроскоп) по вертикальному (ВК) и горизонтальному (ГК) кругу, скопировать их на чертеж:

|   |                                                                                    |   |   |   |   |   |   |                                                            |
|---|------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|------------------------------------------------------------|
|   | 0                                                                                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Отсчет по ВК<br>составляет:<br>Отсчет по ГК<br>составляет: |
| В |   |   |   |   |   |   |   |                                                            |
| Г |  |   |   |   |   |   |   |                                                            |
|   | 0                                                                                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |                                                            |

## 2. Приведение прибора в рабочее положение

2.1. Описать последовательность установки теодолита в рабочее положение в вершине угла \_\_\_\_\_

---



---



---



---

2.2. Записать определение понятия *поверка теодолита* \_\_\_\_\_

---



---



---

2.3. Изучить и кратко записать порядок выполнения **поверки цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга:**

а) формулировка \_\_\_\_\_

б) производство \_\_\_\_\_

---



---



---



---

в) исправление (юстировка) \_\_\_\_\_

---

2.4. Записать определение понятия *место нуля теодолита*:

---

2.5. Изучить и кратко записать порядок выполнения **поверки места нуля (МО) теодолита**:

а) формулировка \_\_\_\_\_

б) производство \_\_\_\_\_

---

в) исправление (юстировка) \_\_\_\_\_

---

### **3. Измерение вертикального и горизонтального углов**

3.1. Перечислить виды вертикальных углов \_\_\_\_\_

---

3.2. Записать определение понятия *угол наклона линии* \_\_\_\_\_

---

3.3. Выполнить измерение угла наклона  $v$  на заданную точку (по указанию преподавателя). Для этого при положении теодолита КП и КЛ визируют на определяемую точку, отсчеты по шкале *вертикального* круга записывают в журнал измерений (табл. 11).

Вычислить место нуля  $МО = \frac{КЛ + КП \pm 180^\circ}{2}$ . МО может иметь знак (+) и (–). Помните, что запись отрицательного значения погрешности МО может иметь разную форму. Например, запись  $МО = -0'30''$  равноценна записи  $МО = 359^\circ 59'30''$ .

Подсчитать углы наклона  $v$  по нижеприведенным формулам. Результаты по всем формулам должны совпасть, что говорит о безошибочных расчетах:

$$v = КЛ - МО;$$

$$v = 1/2(КЛ - КП - 180^\circ);$$

$$v = МО - КП - 180^\circ.$$

Ошибочные значения или расчеты в полевом журнале не стирают, не замазывают корректором, аккуратно зачеркивают и пишут новые значения на дополнительных пустых строчках.

Образец записи и расчетов приводится в первой строке табл. 11.

Таблица 11

Журнал измерения вертикальных углов

| Точки   |                  | Отсчеты по вертикальному кругу |                         | Место нуля<br>МО<br>' " | Угол<br>наклона $\nu$<br>° ' " |
|---------|------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| стояния | визирова-<br>ния | КЛ<br>° ' "                    | КП<br>° ' $\frac{1}{2}$ |                         |                                |
| 1       | Мыс              | 6° 15' 00"                     | 173° 44' 00"            | – 0' 30"                | 6° 15' 30"                     |
|         |                  |                                |                         |                         |                                |
|         |                  |                                |                         |                         |                                |
|         |                  |                                |                         |                         |                                |
|         |                  |                                |                         |                         |                                |
|         |                  |                                |                         |                         |                                |
|         |                  |                                |                         |                         |                                |

3.4. Измерить один горизонтальный угол способом полного приема (по указанию преподавателя) при положении теодолита КЛ и КП. Вначале в журнале следует вычертить схему измеряемого горизонтального угла, подписать номер станции (точки стояния) и названия направлений, образующих угол. Определиться, на какое направление следует визировать в первую очередь. Рекомендуется придерживаться правила движения часовой стрелки.

Отсчеты по шкале *горизонтального* круга записывают в журнал измерений (табл. 12).

Значение угла в полуприемах КЛ и КП могут расходиться на величину не более  $2t$ , где  $t$  – точность отсчитывания по шкале микроскопа. Для теодолита 2Т30М  $t=30''$ ,  $2t=60''=1'$ .

Если результат обличается на величину, превышающую допустимое значение, угол следует измерить повторно.

Образец записи и расчетов приводится в табл.12.

Таблица 12

## Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов

Дата.....

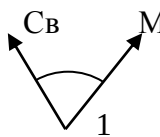
Теодолит 2Т30М

Наблюдал.....

Видимость.....

N.....

Вычислял.....

| Точки   |                  | Круг | Отсчет по<br>горизон-<br>тальному<br>кругу | Угол в<br>полуприеме | Среднее<br>значение<br>угла | Схема<br>располо-<br>жения<br>точек                                                 |
|---------|------------------|------|--------------------------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| стояния | визиро-<br>вания |      | °   '   ''                                 | °   '   ''           | °   '   ''                  |                                                                                     |
| 1       | Светлый          | КЛ   | 42° 15' 30''                               | 10° 33' 00''         | 10° 32' 30''                |  |
|         | Мыс              |      | 52° 48' 30''                               |                      |                             |                                                                                     |
| 1       | Светлый          | КП   | 207° 21' 00''                              | 10° 32' 00''         |                             |                                                                                     |
|         | Мыс              |      | 217° 53' 00''                              |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  | КЛ   |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  |      |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  | КП   |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  |      |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  | КЛ   |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  |      |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  | КП   |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  |      |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  | КЛ   |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  |      |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  | КП   |                                            |                      |                             |                                                                                     |
|         |                  |      |                                            |                      |                             |                                                                                     |

## Контрольные вопросы

1. Что такое теодолит?
2. Классификация теодолитов.
3. Назовите требования к взаимному положению осей теодолита?
4. Покажите, назовите основные части теодолита и разъясните их назначение.
5. Покажите, назовите основные геометрические оси теодолита, разъясните их смысл.
6. Вычертите и разъясните оптическую схему теодолита 2Т30М.
7. Что называется местом нуля МО вертикального круга и для чего его надо знать?

8. Последовательность измерений горизонтального угла одним приёмом.

9. Допустимые расхождения в результатах измерений при КЛ и КП при измерении горизонтальных и вертикальных углов.

10. Что такое коллимационная плоскость теодолита?

11. Что представляет собой сетка нитей теодолита 2Т30М? Каково назначение каждой из ее нитей?

12. Что называется геометрической, оптической и визирной осями зрительной трубы теодолита?

13. Какими винтами пользуются при поверках теодолита?

14. Что значит привести теодолит в рабочее положение. Показать практически и разъяснить теоретические положения.

### **Вывод по лабораторной работе**

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 4

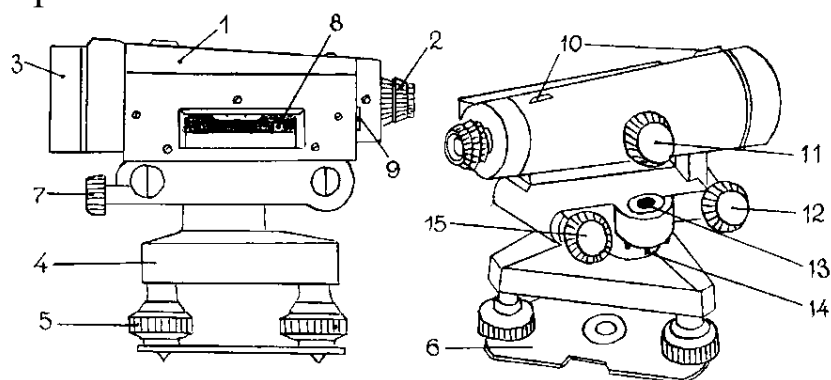
### Работа с нивелиром Н-3

**Цель работы:** изучить устройство нивелира, приобрести навыки выполнения его поверок и юстировок, научиться записывать отсчеты по рейке, освоить методику измерения превышений и обработки полученных результатов.

**Пособия и принадлежности:** нивелир НЗ, становой винт, штатив, две нивелирные рейки, два башмака (при работе на улице).

#### 1. Устройство нивелира Н-3 и нивелирной рейки

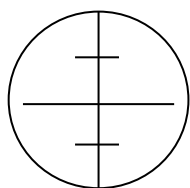
1.1. Изучить устройство и записать название основных частей нивелира Н-3:



|    |     |
|----|-----|
| 1— | 8—  |
| 2— | 9—  |
| 3— | 10— |
| 4— | 11— |
| 5— | 12— |
| 6— | 13— |
| 7— | 14— |

1.2. Показать на чертеже и подписать основные оси нивелира.

1.3. Изучить вид сетки нитей нивелира Н-3. Указать назначение нитей:



1.4. Дать определение понятию *пятка рейки* \_\_\_\_\_

---



---

1.5. Изучить, в чем отличие черной и красной сторон шашечной рейки. Разложить нивелирную рейку. Определить, каковы пяточные (начальные и конечные) отсчеты по двум сторонам рейки. Подписать на схеме пяточные отсчеты по красной стороне рейки:

черная сторона 3000 мм;  красная сторона  \_\_\_\_ мм;  
0000 мм; \_\_\_\_ мм.

Пяточная разность двух реек **ПР** определяется как \_\_\_\_\_

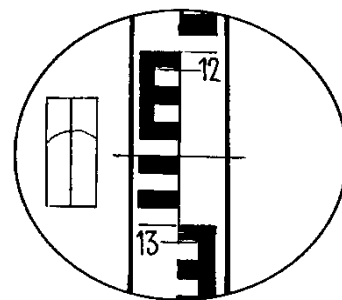
1.6. Указать наименьший отрезок, нанесенный на шашечную рейку \_\_\_\_\_, точность отсчитывания по рейке \_\_\_\_\_.

1.7. Записать отсчеты по черной стороне рейки:

отсчет по верхней нити **в** = \_\_\_\_\_ мм

отсчет по средней нити **с** = \_\_\_\_\_ мм

отсчет по нижней нити **н** = \_\_\_\_\_ мм



## 2. Поверки нивелира

### 2.1. Поверка круглого уровня

а) формулировка \_\_\_\_\_

б) производство \_\_\_\_\_

в) исправление \_\_\_\_\_

г) результат поверки круглого уровня: \_\_\_\_\_

### 2.2. Поверка главного условия нивелира

а) формулировка \_\_\_\_\_

б) производство \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

в) исправление \_\_\_\_\_

---

---

### 3. Измерение расстояния

3.1. Вычислить расстояние  $L$  от нивелира до рейки по нитяному дальномеру, используя отсчеты по черной стороне рейки.

$v =$  \_\_\_\_\_ мм;  $c =$  \_\_\_\_\_ мм;  $n =$  \_\_\_\_\_ мм.

$$L_1 = (n - v) : 10; \quad L_2 = (c - v) \times 2 : 10; \quad L_3 = (n - c) \times 2 : 10.$$

$$L_1 = \text{_____ м;}$$

$$L_2 = \text{_____ м;}$$

$$L_3 = \text{_____ м;}$$

$$L_{\text{ср}} = \text{_____ м;}$$

3.2. Проверить результат измерением расстояния рулеткой:  
 $L =$  \_\_\_\_\_ м. Расхождение в измерениях составляет \_\_\_\_\_ м.

### 4. Техническое нивелирование

4.1. Выполнить техническое нивелирование между тремя точками, образующими замкнутый нивелирный ход. Результат измерений внести в журнал технического нивелирования (табл. 13). При работе в аудитории можно использовать закрепленные на стенах рейки.

Последовательность записи и расчетов приводится в табл. 13. Примечания по операциям даются под таблицей 13.

4.2. Выполнить постраничный контроль для проверки правильности вычислений  $\Sigma Z - \Sigma П = \Sigma h = 2\Sigma h_{\text{ср}}$ . При нечетном числе измерений в последней части контроля может быть расхождение на величину  $ПР$  реек.

4.3. Выполнить контроль измерений в замкнутом нивелирном ходе: сумму превышений  $\Sigma h_{\text{ср}}$  (фактическая невязка хода



$f_h^{\text{факт}}$ ) сравнить с допустимой величиной  $f_h^{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$ ,  
где  $L$  – длина нивелирного хода, выраженная в километрах, получается суммированием расстояний между станциями.

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$f_h^{\text{доп}} = \pm \underline{\hspace{2cm}};$$

$$f_h^{\text{факт}} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Сделать вывод о качестве измерений:

– если  $|f_h^{\text{факт}}|$  меньше или равна  $|f_h^{\text{доп}}|$ , измерения выполнены качественно, повторные измерения не требуются;

– если  $|f_h^{\text{факт}}|$  больше  $|f_h^{\text{доп}}|$ , измерения выполнены некачественно, требуются повторные измерения.

Таблица 13

### Журнал технического нивелирования

Дата: \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Погода: \_\_\_\_\_

| № станции                 | № точек | Отсчеты по рейкам, мм |                  | Превышения $\pm h$ , мм | Средние превышения $\pm h_{\text{ср}}$ , мм | Отметки $H$ , м |
|---------------------------|---------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------|
|                           |         | задней                | передней         |                         |                                             |                 |
| 1                         | 2       | 3                     | 4                | 5                       | 6                                           | 7               |
| С.1                       |         | $L$ задн              | $L$ передн       |                         | +129 (10)                                   |                 |
|                           | Репб    | 1449 (1)              | 1319 (3)         | +130 (7)                |                                             |                 |
|                           | Т.1     | 6136 (2)              | 6108 (4)         | +28 (8)                 |                                             |                 |
|                           |         | 4687 (5)              | 4789 (6)         | -102/-102 (9)           |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
|                           |         |                       |                  |                         |                                             |                 |
| Постраничный контроль 11) |         | $\Sigma \zeta$        | $\Sigma \bar{i}$ | $\Sigma h$              | $\Sigma h_{\text{пд}}$                      |                 |

Примечания по операциям:

- 1, 3) – отсчеты по черной стороне рейки;
- 2, 4) – отсчеты по красной стороне рейки;
- 5, 6) – разность отсчетов по красной и черной сторонам одной рейки.
- 7, 8) – превышение по черной и красной сторонам реек, считается только по средним отсчетам;
- 9) – контрольные значения:  $8) - 7) = 5) - 6)$ , записывают дважды;
- 10) – среднее превышение вычисляют по формуле  $h_{cp} = \frac{(7) + (8)(\pm PP)}{2}$ , где  $PP$  – пяточная разность;
- 11) – постраничный контроль выполняют по формуле  $\Sigma \zeta - \Sigma i = \Sigma h = 2 \Sigma h_{\check{\alpha}\delta}$ .

### Контрольные вопросы

1. Что такое нивелир?
2. Классификация нивелиров.
3. Каково основное условие нивелира? Можно ли работать нивелиром, у которого оно не выполняется?
4. Какая точность отсчета по рейке с сантиметровыми делениями?
5. Какое назначение имеют башмаки и костыли, применяемые при геометрическом нивелировании?
6. Что такое пятка рейки?
7. Описать порядок работ при техническом нивелировании.
8. Назовите требования к взаимному положению осей нивелира.
9. Покажите, назовите части нивелира и разъясните их назначение.
10. Покажите, назовите основные геометрические оси нивелира, разъясните их смысл.
11. Что такое элевационный винт и его предназначение?
12. Какие виды уровней применяются в нивелире НЗ?
13. Допуски при работе на станции при техническом нивелировании.

### Вывод по лабораторной работе

---



---



---



---

## Лабораторная работа № 5

### Подготовка разбивочного чертежа для выноса проекта в натуру

**Цель работы:** освоить принцип камеральной подготовки исходных данных для выноса проектных точек на местность.

**Пособия и принадлежности:** топографический план, калькулятор, транспортир, линейка.

1. На крупномасштабном плане (1:1 000 или 1:500) с имеющимися пунктами съемочного обоснования по заданию преподавателя показаны четыре проектные точки А, Б, В, Г. Вычертить карандашом на *отдельном листе бумаги формата А4* «Схему расположения проектных точек и пунктов съемочной сети». Схему приложить к отчету о выполненной работе.

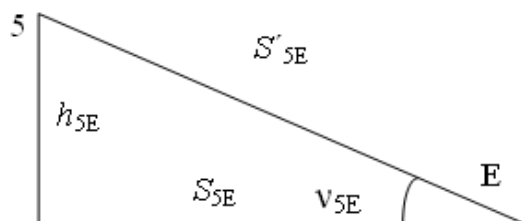
2. Определить координаты проектных точек картометрическим способом с учетом графической точности масштаба. Полученные значения записать в таблицу исходных данных, туда же из ведомости вычисления координат точек теодолитного хода выписать номера и координаты ближайших точек съемочного обоснования.

Картометрическим способом определить отметки проектных точек и внести их в эту же таблицу.

Исходные данные для расчетов

|                  | Координаты проектных точек |   |   |   | Координаты точек съемочного обоснования |         |
|------------------|----------------------------|---|---|---|-----------------------------------------|---------|
|                  | А                          | Б | В | Г | № _____                                 | № _____ |
| <i>X</i>         |                            |   |   |   |                                         |         |
| <i>Y</i>         |                            |   |   |   |                                         |         |
| Отметка <i>H</i> |                            |   |   |   |                                         |         |

3. Подготовить исходные геодезические данные для выноса проектных точек на местность в плане, используя способы: перпендикуляров, полярный, угловых засечек, линейных засечек. Для каждой точки применить один способ. Разбивочные элементы вычисляют из решения обратных геодезических задач, при этом проектные углы  $\beta$  вычисляют как разность дирекционных углов соответствующих направлений. Решение всех обратных геодезических задач вести в таблице ниже.



Следует помнить, что при всех способах выноса точек откладываемое по земле расстояние  $S'$  рассчитывается по теореме Пифагора через горизонтальное проложение  $S$  и превышение  $h$ , либо по формулам тригонометрии через угол наклона поверхности  $v$ , его расчет вести в таблице.

Решение обратных геодезических задач по линиям и переход  
от горизонтальных проложений к наклонным линиями  
на местности

| Расчетные элементы                            | Линия | Линия | Линия | Линия | Линия | Линия | Линия | Линия | Линия |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $X_{\text{кон}}$                              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $X_{\text{нач}}$                              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $\Delta X$                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $Y_{\text{кон}}$                              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $Y_{\text{нач}}$                              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $\Delta Y$                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $\text{tg } r = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $r$                                           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $\alpha$                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $S$                                           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Контроль<br>$\Delta X = S \times \cos \alpha$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Контроль<br>$\Delta Y = S \times \sin \alpha$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Превышение $h$                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Расстояние по земле                           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

4. Выполнить расчет для каждой проектной точки, его обязательно сопровождать поясняющей схемой, на которой показать: саму проектную точку, ближайшие точки съемочного обоснования, дирекционные углы и разбивочные элементы: проектные углы  $\beta$  и проектные расстояния  $S$ . Рассчитать ожидаемую среднюю квадратическую погрешность разбивки для каждой точки.

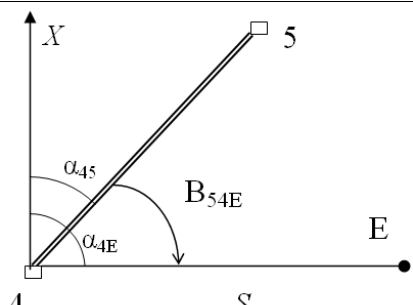
### Способ полярных координат для точки

Способ полярных координат широко используется для выноса точек в натуру, особенно при наличии тахеометра. Например, на ближайшем геодезическом пункте 4 устанавливается теодолит или тахеометр, ориентируется на исходную сторону 4-5 и выносится угол  $\beta$ . Фиксируют направление на местности точкой Е. Затем в полученном направлении откладывают наклонное расстояние  $S'$  (отличное от горизонтального проложения  $S$ ), закрепляют положение разбиваемой точки Е.

Значения проектных горизонтальных углов  $\beta$  вычисляют по разности дирекционных углов направлений, составляющих данный угол. Например,

$$\beta_{54E} = \alpha_{45} - \alpha_{4E}.$$

Справа от приведенного примера показать схематично расположение своих точек съемочного обоснования и выносимой точки \_\_\_\_\_. Ниже, под схемой, привести расчет угла  $\beta$ .

|                                                                                                                              |                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|  <p style="text-align: center;">Пример</p> | <p style="text-align: center;">Схема расчета для точки</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|

$\beta =$  \_\_\_\_\_

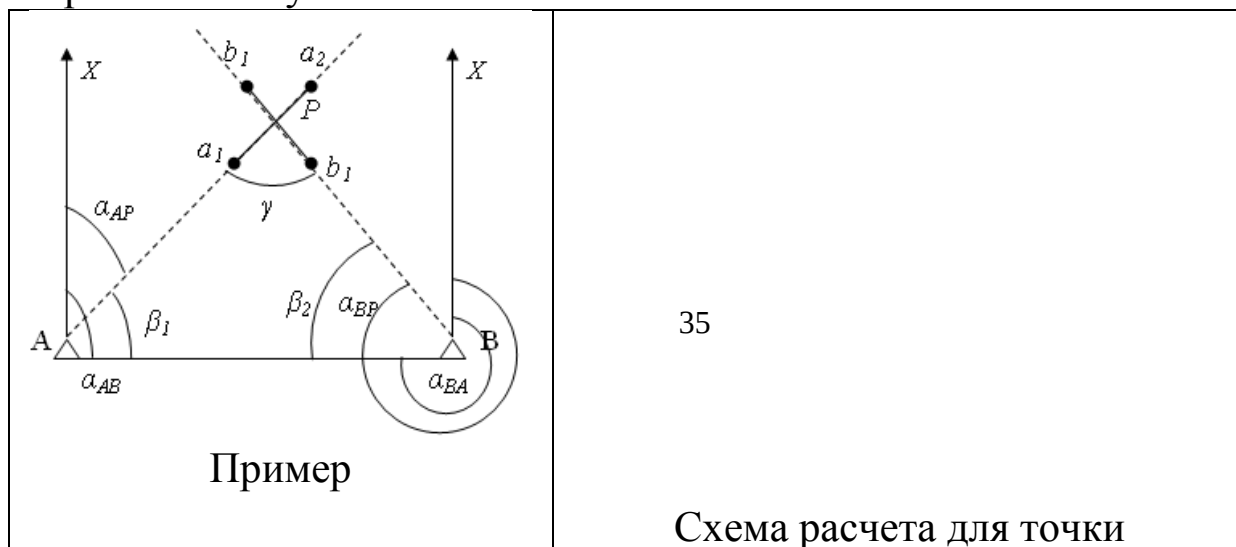
Средняя квадратическая погрешность (скп) разбивки точки способом полярных координат может быть предвычислена по формуле, где  $\rho = 206265''$ , СКП построения угла  $m_\beta$  и расстояния  $m_s$  принять в соответствии с характеристиками прибора, планиру-

емого для использования.  $m = \sqrt{\left(\frac{m_\beta''}{\rho''}\right)^2 S^2 + m_s^2} =$  \_\_\_\_\_

### Способ прямой угловой засечки для точки

Способ требует построения на местности двух горизонтальных углов с исходных геодезических пунктов, применяется, когда линейные измерения затруднены.

Чтобы построить точку  $P$  на местности способом прямой угловой засечки, от исходной стороны  $AB$  на пункте  $A$  откладывают угол  $\beta_1$  и направление визирной оси фиксируют на местности точками  $a_1$  и  $a_2$ . На пункте  $B$  откладывают от этой же стороны угол  $\beta_2$  и фиксируют направление точками  $b_1$  и  $b_2$ . Между точками  $a_1$  и  $a_2$ ,  $b_1$  и  $b_2$  натягивают проволоочки и в точке их пересечения находят положение выносимой точки  $P$ . Угол засечки  $\gamma$  должен быть в пределах от  $30^\circ$  до  $150^\circ$ , его измеряют транспортиром по плану.



Углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  вычисляют с использованием формул обратной геодезической задачи:

$$\beta_1 = \underline{\hspace{10cm}}$$

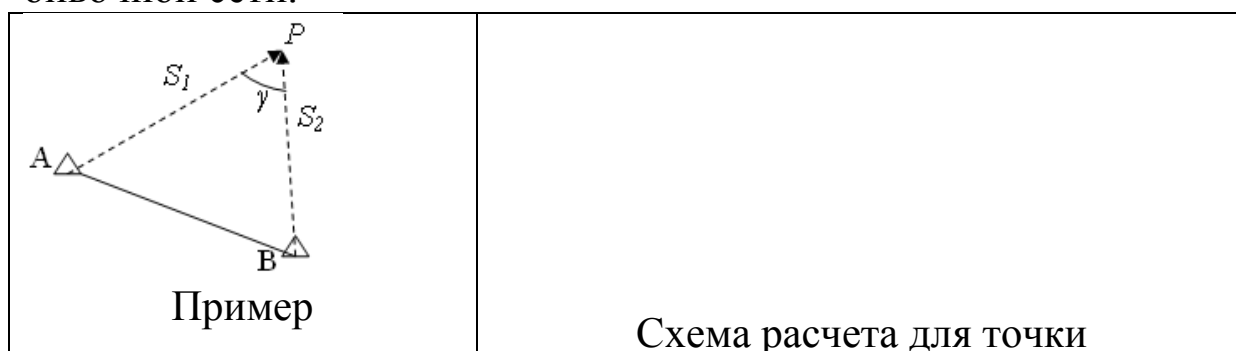
$$\beta_2 = \underline{\hspace{10cm}}$$

На точность разбивки способом прямой угловой засечки оказывают влияние погрешности: собственно прямой засечки, исходных данных, центрирования теодолита и визирных целей, фиксации разбивочной точки;  $\gamma$  – угол засечки, можно измерить по плану транспортиром:

$$m_C^2 = \left( \frac{m_{\beta}^2 S_{AB}^2}{\rho \sin^2 \gamma} + m_{S_{AB}}^2 \right) \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = \underline{\hspace{2cm}}$$

### Способ линейной засечки для точки

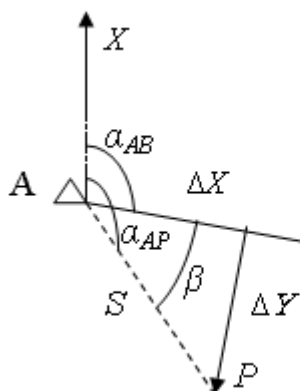
Способ линейной засечки может быть использован, если расстояние от выносимой точки до пунктов разбивочной сети меньше длины мерного прибора. Положение на местности иско-мой точки  $P$  получают на пересечении двух дуг, радиусы кото-рых равны проектным расстояниям  $S_1$  и  $S_2$  от пунктов  $A$  и  $B$  раз-бивочной сети.



Точность построения точки  $P$  способом линейной засечкой может быть предвычислена по формуле, где  $\gamma$  – угол засечки, можно измерить по плану транспортиром;  $m_{S_1}$  и  $m_{S_2}$  – средние квадратические погрешности отложения расстояний.

$$m = \operatorname{cosec} \gamma \sqrt{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

### Способ перпендикуляров для точки \_\_\_\_\_



Вдоль исходной линии  $AB$  откла-дывают отрезок  $\Delta X$ , затем по перпен-дикуляру отрезок  $\Delta Y$ , которые можно рассчитать в соответствии с рисунком. С этой целью из решения обратных геодезических задач вычисляют ди-рекционные углы и расстояние  $S$ . Го-ризонтальный угол  $\beta$  – это разность дирекционных углов, а перпендикуля-ры  $\Delta X = S \times \cos \beta$ ,  $\Delta Y = S \times \sin \beta$ .

Составить разбивочный чертеж в соответствии с расчетами в масштабе исходного топографического плана, на который по координатам нанести точки съемочного обоснования, проектные точки и все вычисленные разбивочные элементы (горизонтальные углы  $\beta$  и горизонтальные проложения  $S$ ). Ниже (рис. 6) приведен пример разбивочного чертежа.

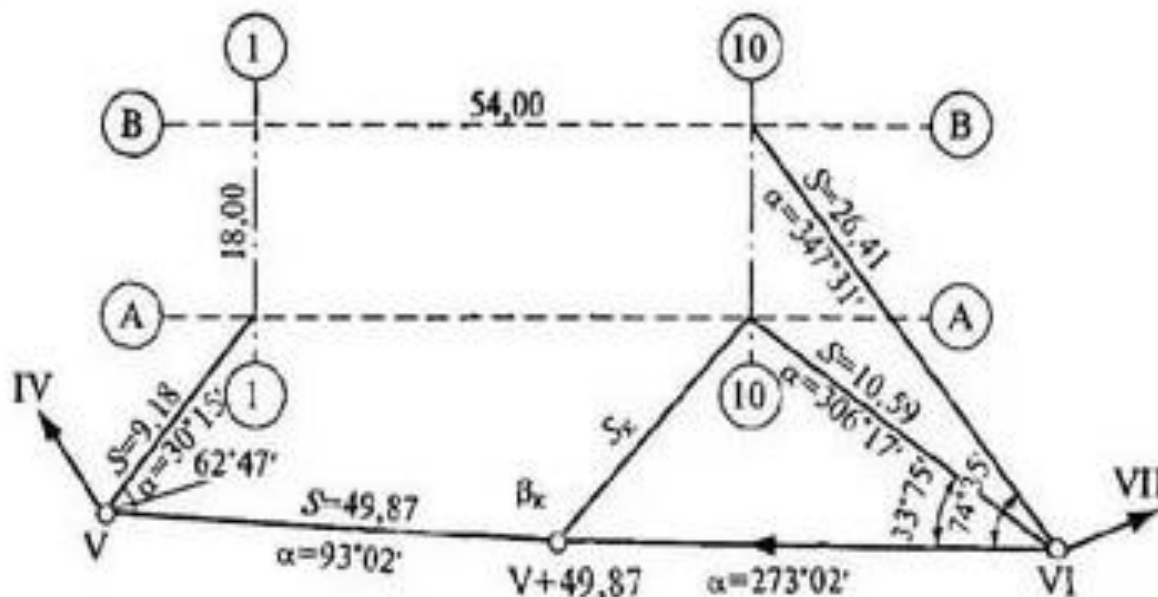


Рис. 6. Пример разбивочного чертежа

### Контрольные вопросы

1. Перечислить способы перенесения в натуру габаритов сооружения.
2. Каким образом закрепляются на местности оси сооружения.
3. Перечислить виды осей сооружения.
4. В чем сущность геодезических разбивочных работ?
5. Какими способами и в какой последовательности производят подготовку разбивочных данных?
6. Как перенести в натуру ось сооружения, используя разбивочные данные?
7. Каково содержание разбивочного чертежа?

### Вывод по лабораторной работе

---



---



---



## **Лабораторная работа 6**

### **Обработка результатов исполнительной съемки**

**Цель работы:** научиться обрабатывать результаты плановой и высотной исполнительной съемки и составлять исполнительную документацию по результатам съемки.

**Пособия и принадлежности:** журнал исполнительной съемки конструкций (выдает преподаватель на занятии), инженерный калькулятор, лист чертежной бумаги формата А3–А4.

#### **Теоретические положения**

При исполнительных съемках определяют положение конструкций здания в пространстве, вычисляют их отклонения от проектного положения и составляют исполнительный чертеж. По результатам исполнительной съемки оценивают качество монтажных работ и принимают решение о пригодности конструкций здания к эксплуатации. Исполнительной съемке подвергают наиболее ответственные конструкции зданий и сооружений.

В зависимости от вида контролируемых отклонений различают плановую и высотную исполнительные съемки.

#### **Плановая исполнительная съемка колонн здания**

В этом виде исполнительной съемки определяют отклонения оси колонны от проектной оси здания. Отклонения определяют раздельно в направлении продольной (буквенной) и поперечной (цифровой) осей здания в нижнем и верхнем сечениях колонны. Последнее позволяет вычислить наклон колонны в направлении соответствующей оси здания.

Исполнительную съемку колонн обычно осуществляют методом бокового нивелирования. Для этого от точек К и М (рис. 7, а) закрепления оси А–А откладывают по перпендикуляру к оси равные отрезки  $KK' \sim MM' = a$ . На рис. 7, б видно, что  $a = 350$  мм. Над одной из точек параллели  $K'M'$ , например, над точкой  $K'$ , устанавливают теодолит и визируют на точку  $M'$ . Далее по горизонтально установленным рейкам берут отсчеты в верхнем  $b_v$  и нижнем  $b_n$  сечениях колонны. Отсчеты указаны на рис. 7, б – их производят по черной (0195 мм) и красной (4980 мм) сторонам верхней рейки, по нижней рейке отсчеты по черной (0201 мм) и красной (4987 мм) сторонам. Контроль правильности отсчетов осуществляют вычислением разности  $PO = b^k - b^ч$  и сравнением

результата с теоретическим значением  $PO_T$ . Работу завершают измерением ширины колонны  $l_1$  и  $l_2$  с двух сторон (на рис. 7, б  $l_1=300$  мм и  $l_2=298$  мм).

Все результаты измерений записывают в миллиметрах в журнал исполнительной съемки (рис. 7, б). Отсчеты по черной и красной сторонам рейки в верхнем сечении колонны выписывают над чертой, в нижнем сечении колонны – под чертой.

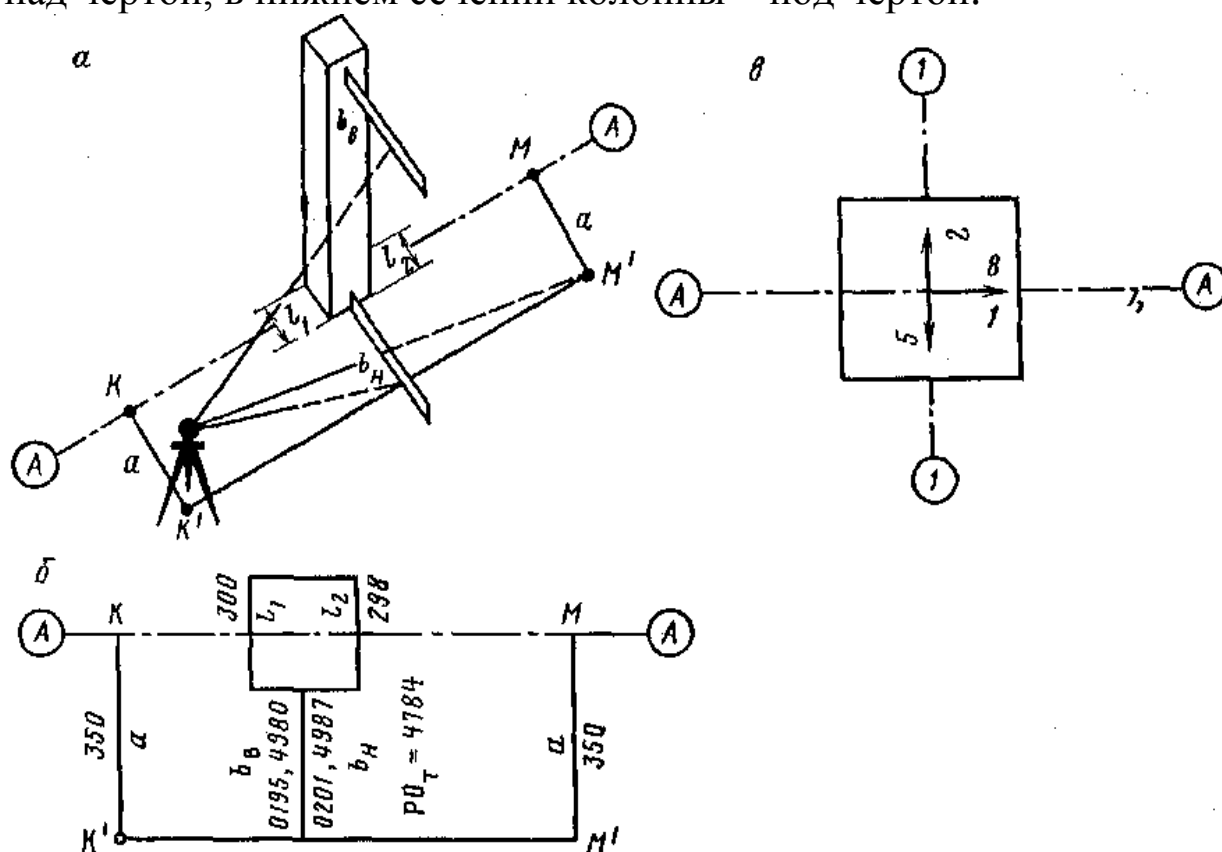


Рис. 7. Плановая исполнительная съемка колонн здания:  
а – схема съемки; б – журнал съемки; в – исполнительный чертеж

Обработку результатов плановой исполнительной съемки начинают с составления схемы. Для этого на листе чертежной бумаги формата А3 (в лабораторной работе – А4) в произвольном масштабе наносят оси здания и колонны. Колонны целесообразно увеличить в размерах, что позволит в последующем более свободно и наглядно нанести на чертеж графический и цифровой материал.

По результатам измерений, приведенным в журнале исполнительной съемки, вычисляют:

– среднюю ширину колонны  $l = 0,5(l_1 + l_2)$ ;  
 – отклонения оси колонны от оси здания в верхнем  $\Delta_B$  и нижнем  $\Delta_H$  сечениях по черной  $\Delta^Ч$  и красной  $\Delta^K$  сторонам рейки:

$$\Delta_B^Ч = a - b_B^Ч - 0,5l;$$

$$\Delta_B^K = a - b_B^K - PO_T - 0,5l;$$

$$\Delta_H^Ч = a - b_H^Ч - 0,5l;$$

$$\Delta_H^K = a - b_H^K - PO_T - 0,5l.$$

Расхождения в отклонениях по черной и красной сторонам рейки в данном сечении не должно превышать 5 мм. Если условие не соблюдается, то необходимо проверить правильность вычислений и осуществить контроль правильности отсчетов по рейке путем вычисления разности нулей. Если условие соблюдается, то за окончательное значение принимают среднее из отсчетов по обеим сторонам рейки:

$$\Delta_B = 0,5(\Delta_B^Ч + \Delta_B^K);$$

$$\Delta_H = 0,5(\Delta_H^Ч + \Delta_H^K).$$

В рассматриваемом примере:  $l = 0,5(300 + 298) = 299$  мм;

$$\Delta_B^Ч = 350 - 195 - 0,5 \times 299 = +5,5 \text{ мм};$$

$$\Delta_B^K = 350 - (4980 - 4784) - 0,5 \times 299 = +4,5 \text{ мм};$$

$$\Delta_H^Ч = 350 - 201 - 0,5 \times 299 = -0,5 \text{ мм};$$

$$\Delta_H^K = 350 - (4987 - 4784) - 0,5 \times 299 = -2,5 \text{ мм}.$$

Так как расхождения в отсчетах по черной и красной сторонам рейки составляют 1,0 и 2,0 мм, то вычисляем средние значения:

$$\Delta_B = 0,5(+5,5 + 4,5) = +5 \text{ мм};$$

$$\Delta_H = 0,5(-0,5 - 2,5) = -1,5 \sim -2 \text{ мм}.$$

Знак «плюс» у отклонения означает, что ось колонны смещена с проектной оси по направлению к параллели  $K'M'$ , а знак «минус» – смещение от нее.

Полученные отклонения выписывают на исполнительный чертеж (рис. 7, в). Отклонение в верхнем сечении колонны выписывают над стрелкой, показывающей направление отклонения, в нижнем сечении – под стрелкой. В рассматриваемом примере отклонение верха колонны +5 мм подписано над стрелкой, направленной к параллели  $K'M'$ , а отклонение –2 мм подписано под стрелкой, направленной от параллели.

При анализе результатов исполнительной съемки вычисляют наклон колонны по формуле  $\Delta_{\text{накл}} = \Delta_B - \Delta_H$ .

Аналогичным образом вычисляют и выписывают на исполнительный чертеж отклонения колонн по всему ряду (по оси  $A-A$ ).

Образец оформления исполнительного чертежа приведен на рис. 8.



## Высотная исполнительная съемка конструкций здания

При высотной исполнительной съемке определяют отметки опорных поверхностей несущих конструкций, вычисляют отклонения этих поверхностей от проектного положения и выписывают отклонения на исполнительный чертеж.

Отметки опорных поверхностей определяют геометрическим нивелированием от рабочего репера на монтажном горизонте. На каждой нивелирной станции работу начинают и завершают отсчетами по рейке, установленной на репере (рис. 9, а).

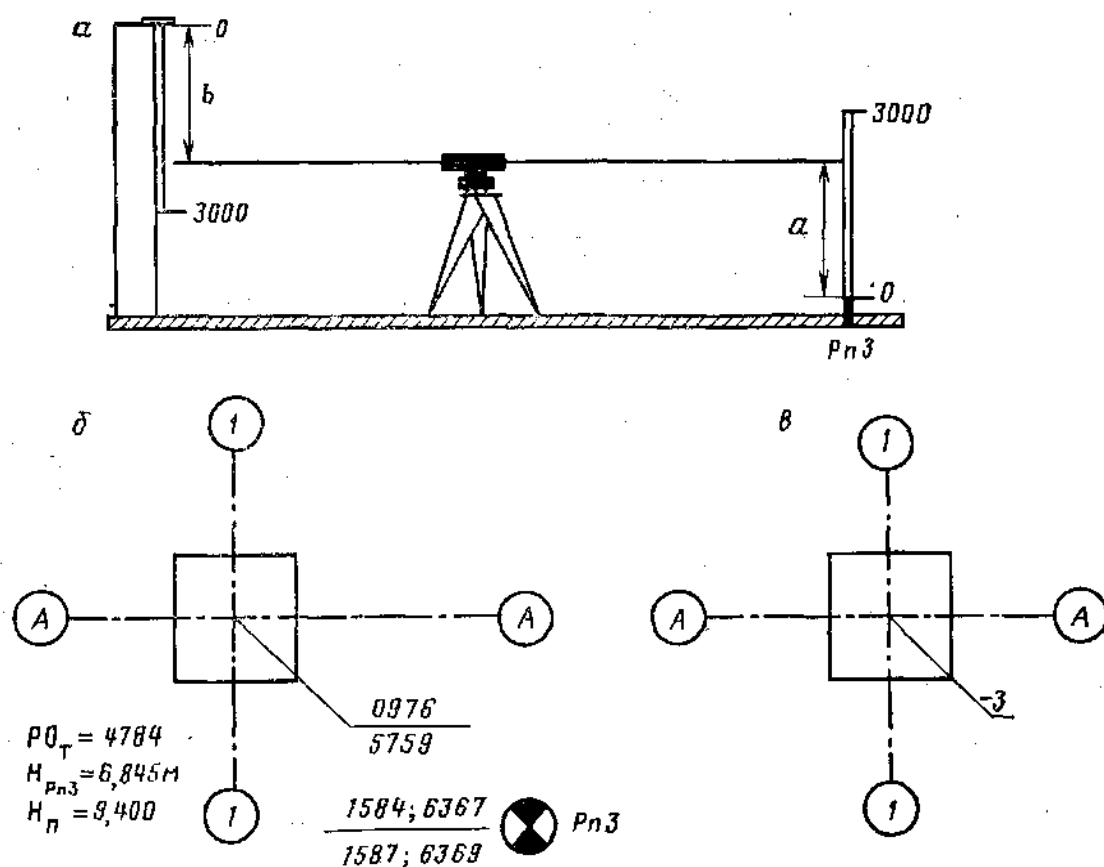


Рис. 9. Высотная исполнительная съемка колонн здания:  
а – схема съемки; б – журнал съемки; а – исполнительный чертеж

Отсчеты по черной и красной сторонам рейки в начале наблюдений записывают в журнал исполнительной съемки у обозначения репера в числителе, а отсчеты в конце работы на станции – в знаменателе. Так, в журнале исполнительной съемки на рис. 8, б отсчеты:

$a_H^q = 1584$  мм,  $a_H^k = 6367$  мм,  $a_K^q = 1587$  мм,  $a_K^k = 6369$  мм.

Если опорные конструкции расположены выше горизонта прибора, то рейку со специальным кронштейном подвешивают на опорной поверхности пяткой вверх (рис.9, а). Отсчеты по черной и красной сторонам рейки на данной конструкции записывают в журнал исполнительной съемки на выноске у соответствующей конструкции. Так, на рис. 9, б отсчеты  $b_{A1}^ч=0976$  мм и  $b_{A1}^к=5759$  мм выписаны у колонны А1. Контроль правильности отсчетов осуществляется вычислением разности нулей рейки  $PO=b^к-b^ч$  и сравнением полученного результата с  $PO_T$ .

Обработку результатов измерений производят следующим образом:

1. Вычисляют горизонт прибора по черной и красной сторонам рейки

$$ГП^ч = H_{рп} + 0,5(a_n^ч + a_k^ч);$$

$$ГП^к = H_{рп} + 0,5(a_n^к + a_k^к),$$

где  $H_{рп}$  – отметка рабочего репера.

В нашем примере:

$$ГП^ч = 6845 + 0,5(1584 + 1587) = 8430,5 \sim 8430 \text{ мм};$$

$$ГП^к = 6845 + 0,5(6367 + 6369) = 13213 \text{ мм}.$$

2. Для каждой конструкции (колонны) вычисляют отметку опорной поверхности по черной и красной сторонам рейки

$$H_i^ч = ГП_i^ч + b_i^ч;$$

$$H_i^к = ГП_i^к + b_i^к - 2PO_T.$$

Если значения отметок  $H_i^ч$  и  $H_i^к$  различаются существенно (более 5 мм), значит в вычислениях допущена ошибка. При исправлении ошибки предварительно осуществляют повторный контроль правильности отсчетов по разности нулей рейки, а затем вычисления отметок повторяют.

Если расхождение в значениях отметок допустимое, то вычисляют среднее значение

$$H = 0,5(H^ч + H^к).$$

В рассматриваемом примере  $H_{A1}^ч = 8430 + 0976 = 9406$  мм;  
 $H_{A1}^к = 13213 + 5758 - 2 \times 4784 = 9403$  мм.

Так как расхождение составляет 3 мм, то

$$H_{A1} = 0,5(9406 + 9403) = 9404 \text{ мм}.$$

3. Для каждой из конструкций вычисляют отклонения опорной поверхности от проектного положения

$$\Delta_i = H_{п} - H_i,$$

где  $H_{\text{п}}$  – проектная отметка опорной поверхности.

В нашем примере  $H_{\text{п}} = 9,400$  м и  $\Delta_{A1} = 9400 - 9403 = -3$  мм. После математической обработки результатов исполнительной съемки полученные значения  $\Delta_i$  выписывают на исполнительный чертеж. Так на рис. 9, в отклонение  $\Delta_{A1} = -3$  мм выписано на выноске у колонны А1.

Обычно для плановой и высотной исполнительной съемок принято составлять один объединенный чертеж.

### **Задание**

1. По результатам планово-высотной съемки фундаментов с анкерными болтами (по варианту в соответствии с карточками исходных данных, выданных преподавателем) выполнить схему с указанием:

- а) осей фундаментов, расстояние между осями;
- б) анкерных болтов и расстояние от осей фундаментов до болтов. В числителе в скобках – проектные размеры, в знаменателе без скобок – фактические;
- в) отметки болтов и бетона на выносной полке. В числителе – отметка верха болта, в знаменателе – отметка бетона.

Проектная отметка ( $H_{\text{пр}}$ ) приводится в скобках, фактическая  $H_{\text{ф}}$  – без скобок.

2. Даны допуски строительно-монтажных работ:

- а) плановое смещение анкерных болтов от строительных осей +10 мм;
- б) отклонение верхнего торца болта +20 мм;
- в) отклонения верха опорных поверхностей фундамента –10 мм.

3. Составить исполнительный чертеж без масштаба, вычислив отклонение проектных и фактических данных.

4. Сравнить отклонения с допусками и выписать завышение.

### **Контрольные вопросы**

- 1. Что такое исполнительная съемка? Ее виды.
- 2. Задачи исполнительной съемки.
- 3. Что такое плановая исполнительная съемка?
- 4. Сущность метода бокового нивелирования.
- 5. Какие приборы применяются при плановой исполнительной

ной съемке?

6. Какие приборы применяются при вертикальной исполнительной съемке?

7. Как оформляются результаты исполнительной съемки?

8. Что такое вертикальная исполнительная съемка?

9. Как составляется исполнительный чертеж?

10. Какими способами и в какой последовательности производят подготовку разбивочных данных?

### **Вывод по лабораторной работе**

---

---

---

---



## Лабораторная работа № 7

### Решение инженерно-геодезических задач

**Цель работы:** научиться выполнять различные вычисления и измерения на местности при определении высотного положения объекта.

**Пособия и принадлежности:** инженерный калькулятор, нивелир, нивелирные рейки.

**Задача 1.** Известна отметка исходного репера  $H_{\text{реп}}$ , проектная высота верха фундамента  $H_{\text{пр}}$  (табл. 14). Отсчет по рейке, установленной на репере, составляет величину  $a$ . Подсчитать соответствующий отсчет по рейке  $b$ , установленной на фундаменте. Выставить на обноске проектную высоту верха фундамента. Вычертить схему, поясняющую решение задачи.

Пояснение: обноска – приспособление для разбивки сооружения в натуре, состоящее из стоек и соединяющих их горизонтальных реек или досок и устанавливаемое вокруг сооружения вне его периметра для фиксации положения осей здания и отдельных его частей (рис. 10).

Таблица 14

Исходные данные для задачи 1

| Вариант | $H_{\text{реп}}$ | $H_{\text{пр}}$ | $a$  | Вариант | $H_{\text{реп}}$ | $H_{\text{пр}}$ | $a$  |
|---------|------------------|-----------------|------|---------|------------------|-----------------|------|
| 1.      | 15,737           | 14,237          | 0412 | 2.      | 56,249           | 57,029          | 0469 |
| 3.      | 22,145           | 21,016          | 0913 | 4.      | 95,597           | 96,569          | 0643 |
| 5.      | 34,017           | 32,825          | 0716 | 6.      | 55,946           | 54,258          | 0394 |
| 7.      | 48,355           | 47,124          | 0838 | 8.      | 77,985           | 78,548          | 0827 |
| 9.      | 53,672           | 52,253          | 0525 | 10.     | 64,109           | 64,997          | 1304 |
| 11.     | 61,803           | 60,585          | 0948 | 12.     | 45,978           | 46,846          | 1040 |
| 13.     | 77,526           | 76,408          | 1015 | 14.     | 97,604           | 98,041          | 1090 |
| 15.     | 86,413           | 85,276          | 1105 | 16.     | 73,120           | 74,218          | 0978 |
| 17.     | 90,037           | 88,972          | 0973 | 18.     | 81,020           | 82,046          | 0099 |
| 19.     | 10,294           | 8,978           | 1015 | 20.     | 10,946           | 9,287           | 0210 |
| 21.     | 18,128           | 17,978          | 0349 | 22.     | 32,534           | 32,958          | 1003 |
| 23.     | 49,258           | 50,138          | 1053 | 24.     | 18,909           | 19,066          | 0375 |
| 25.     | 65,297           | 64,291          | 0167 | 26.     | 54,681           | 53,258          | 0257 |
| 27.     | 25,289           | 26,289          | 0213 | 28.     | 34,261           | 33,128          | 0354 |
| 29.     | 28,587           | 27,951          | 0197 | 30.     | 65,150           | 64,099          | 0439 |

## Порядок решения

Рассмотрим пример решения задачи через горизонт инструмента. Пусть отметка репера  $H_{\text{реп}} = 125,375$  м, проектная высота фундамента  $H_{\text{пр}} = 124,423$  м,  $a = 1045$  мм.

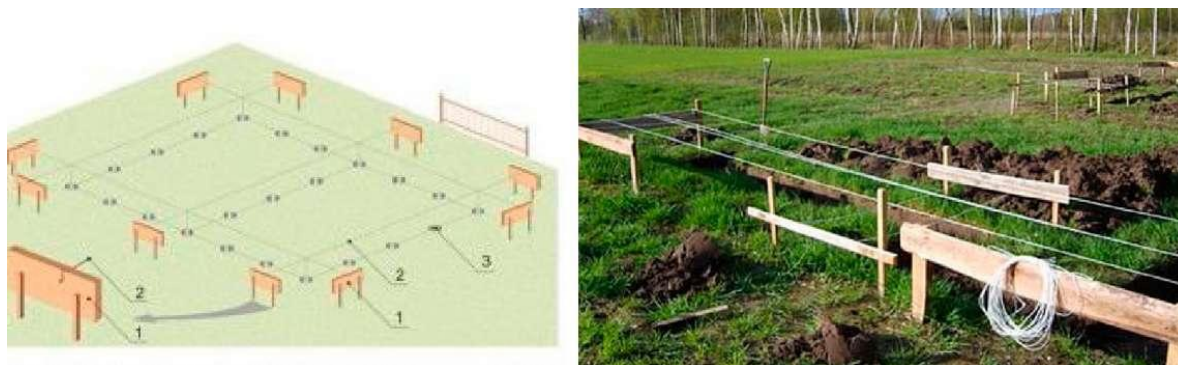


Рис. 10. Схема расстановки и внешний вид обноски

Подсчитывают, каким должен быть отсчет по рейке, чтобы ее пятка находилась на проектной высоте. Для этого вычисляют горизонт инструмента ГИ (не забывая перевести отсчет по рейке в метры):

$$\text{ГИ} = H_{\text{реп}} + a = 125,375 + 1,045 = 126,420 \text{ м.}$$

Искомый отсчет по рейке для заданной проектной высоты:

$$b = \text{ГИ} - H_{\text{реп}} = 126,420 - 124,423 = 1,997 \text{ м} = 1997 \text{ мм.}$$

На местности возле обноски устанавливают рейку. Перемещают рейку вверх или вниз вдоль обноски, останавливая ее, когда отсчет по рейке будет равен расчетному значению  $b = 1997$  мм. По пятке рейки карандашом на обноске горизонтальной чертой чертят проектный уровень фундамента.

**Задача 2.** Определить фактическую отметку точки  $B$  верха фундаментной подушки, если известна отметка репера  $H_{\text{реп}}$ . Нивелирование выполнено двумя станциями, через промежуточную точку  $X$ , отсчеты по рейкам приведены в (табл. 15). Схема нивелирования указана на рис. 11.

Таблица 15

Исходные данные для задачи 2

| Вариант   | Отметка репера $H_{\text{реп}}$ , м | Отсчеты по рейке, мм |      |       |       |
|-----------|-------------------------------------|----------------------|------|-------|-------|
|           |                                     | $a$                  | $b$  | $a_1$ | $b_1$ |
| 1, 11, 21 | 92,020                              | 0310                 | 0740 | 0682  | 2810  |
| 2, 12, 22 | 91,700                              | 0860                 | 0965 | 0895  | 3756  |

| Вариант    | Отметка<br>репера $H_{\text{реп}}$ , м | Отсчеты по рейке, мм |      |       |       |
|------------|----------------------------------------|----------------------|------|-------|-------|
|            |                                        | $a$                  | $b$  | $a_1$ | $b_1$ |
| 3, 13, 23  | 67,230                                 | 05 25                | 0617 | 0614  | 3250  |
| 4, 14, 24  | 77,777                                 | 0370                 | 0493 | 0475  | 3050  |
| 5, 15, 25  | 69,090                                 | 0402                 | 0803 | 0701  | 3333  |
| 6, 16, 26  | 67,850                                 | 0501                 | 0709 | 0650  | 3297  |
| 7, 17, 27  | 92,700                                 | 0903                 | 1020 | 0930  | 3302  |
| 8, 18, 28  | 54,300                                 | 0860                 | 0965 | 0890  | 3656  |
| 9, 19, 29  | 84,770                                 | 0415                 | 0512 | 0504  | 2950  |
| 10, 20, 30 | 63,230                                 | 0325                 | 0431 | 0456  | 3370  |

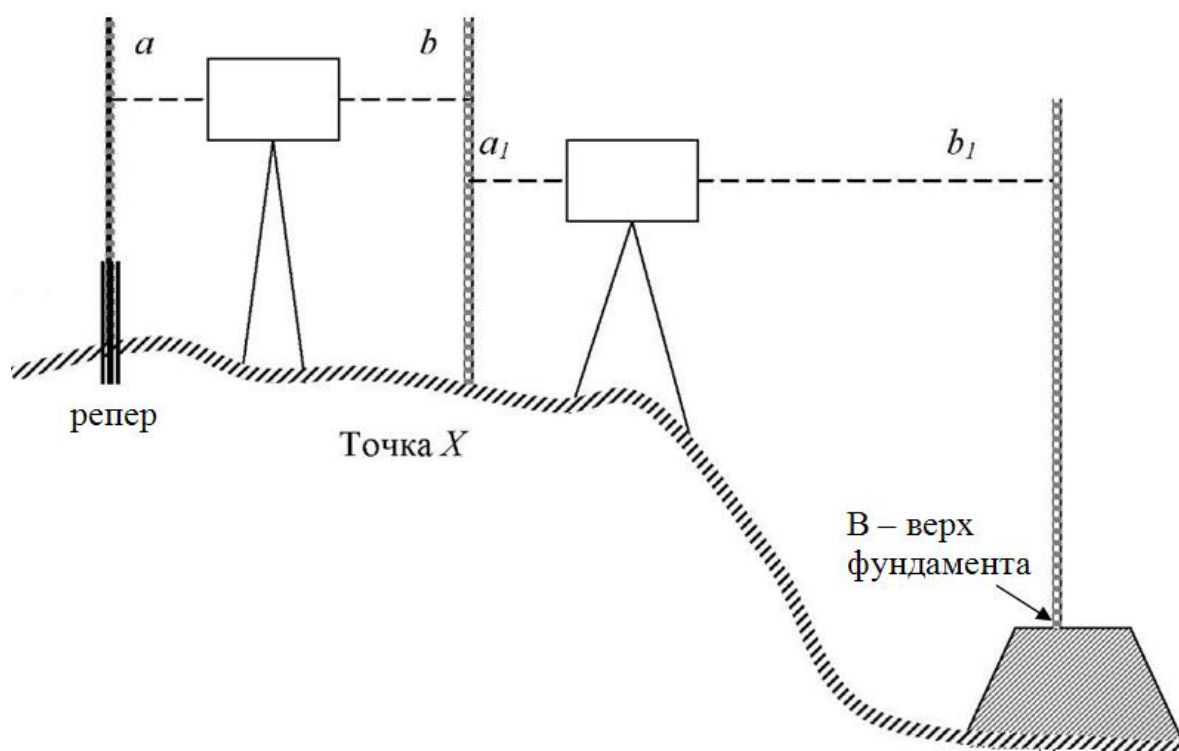


Рис. 11. Схема к решению задачи 2

**Задача 3.** При передаче отметки на дно глубокого котлована (рис. 12) были задействованы нивелир, рейка и вертикально закрепленная рулетка. Отсчеты взяты через нивелир: по рейкам по верху и на дне котлована –  $a$  и  $a_1$ , отсчеты по рулетке по верху и на котлована –  $b$  и  $b_1$ , они приведены в (табл. 16). Определить фактическую отметку дна котлована, т. е. места установки рейки на дне.

Таблица 16

Исходные данные для задачи 3

| Вариант    | Отметка репера<br>$H_{\text{реп}}, \text{м}$ | Отсчеты по рейке и рулетке, мм |      |       |       |
|------------|----------------------------------------------|--------------------------------|------|-------|-------|
|            |                                              | $a$                            | $b$  | $b_1$ | $a_1$ |
| 1, 11, 21  | 92,750                                       | 0658                           | 6450 | 1502  | 1910  |
| 2, 12, 22  | 33,810                                       | 1716                           | 6980 | 1610  | 1220  |
| 3, 13, 23  | 75,870                                       | 0740                           | 7100 | 1708  | 1415  |
| 4, 14, 24  | 32,840                                       | 0952                           | 8840 | 2115  | 1506  |
| 5, 15, 25  | 41,830                                       | 1650                           | 7350 | 2305  | 1320  |
| 6, 16, 26  | 82,310                                       | 1228                           | 5859 | 1890  | 1453  |
| 7, 17, 27  | 27,920                                       | 1112                           | 6800 | 2430  | 1840  |
| 8, 18, 28  | 67,812                                       | 1345                           | 8302 | 0950  | 0995  |
| 9, 19, 29  | 98,510                                       | 1310                           | 8653 | 1108  | 1480  |
| 10, 20, 30 | 76,080                                       | 1415                           | 7103 | 0895  | 1561  |

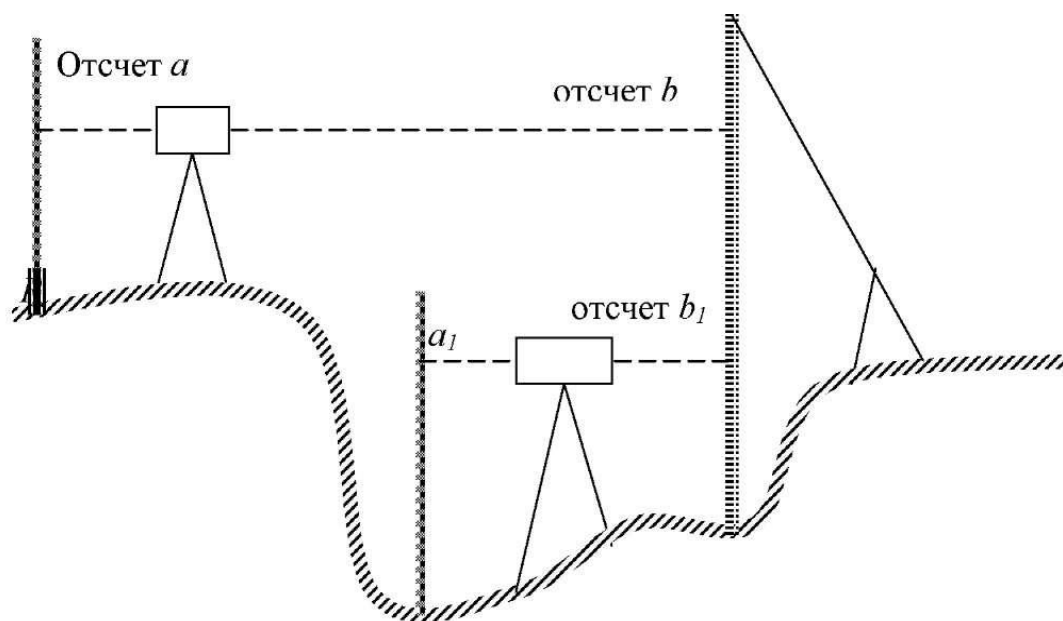


Рис. 12. Схема к решению задачи 3

**Задача 4.** В процессе строительства осуществляется контроль отсыпки насыпи (рис. 13). Передача отметки выполняется от исходного репера  $H_{\text{реп}}$ , на нем отсчет по рейке равен величине  $a$ . На текущий момент сверху насыпи в точке  $A$  установлена рейка, по рейке взят отсчет  $C_A$ . Определить, достигнута ли проектная высота насыпи  $H_{\text{пр}}$ . Определить оставшуюся величину подъема  $h$  до проектной высоты. Какой отсчет  $C_{\text{п}}$  должен быть на рейке на

проектной высоте  $H_{\text{пр}}$ ? Выполнить работу на местности, описать порядок ее выполнения. Исходные данные для выполнения задачи приведены в табл. 17.

Таблица 17

### Исходные данные для задачи 4

| Вариант    | Отметка репера<br>$H_{\text{реп}}$ , м | Проектная отметка<br>$H_{\text{пр}}$ | $a$  | $C_A$ |
|------------|----------------------------------------|--------------------------------------|------|-------|
| 1, 11, 21  | 16,247                                 | 14,430                               | 0415 | 2832  |
| 2, 12, 22  | 28,733                                 | 26,960                               | 0437 | 2810  |
| 3, 13, 23  | 38,015                                 | 36,170                               | 0452 | 2897  |
| 4, 14, 24  | 42,264                                 | 40,450                               | 0468 | 2882  |
| 5, 15, 25  | 52,237                                 | 55,500                               | 0507 | 2844  |
| 6, 16, 26  | 66,255                                 | 65,540                               | 0518 | 2833  |
| 7, 17, 27  | 71,772                                 | 70,170                               | 0523 | 2725  |
| 8, 18, 28  | 82,633                                 | 80,950                               | 0535 | 2818  |
| 9, 19, 29  | 95,148                                 | 93,470                               | 0588 | 2866  |
| 10, 20, 30 | 12,775                                 | 11,050                               | 0563 | 2888  |

## Порядок решения

Рассмотрим пример, если отметка исходного репера  $H_{\text{реп}}=25,328$  м, отсчет  $a=0850$  мм, проектная высота  $H_{\text{тр}}=24,075$  м, отсчет на точке  $A$  составляет  $C_A=2747$  мм.

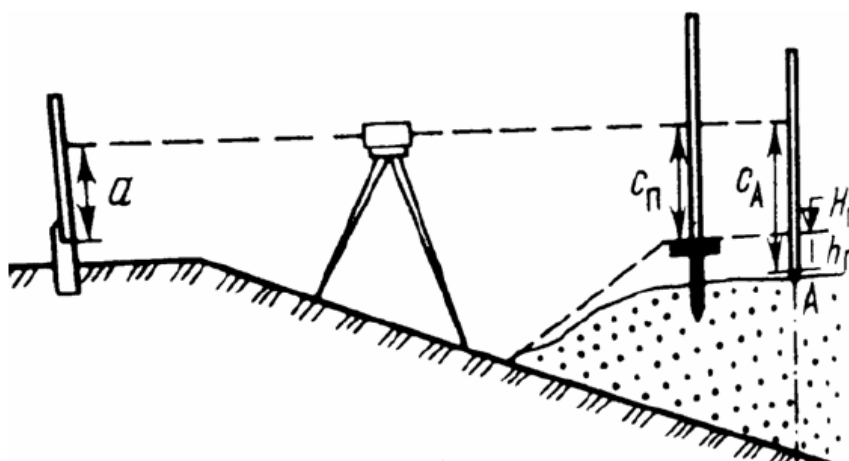


Рис. 13. Схема к решению задачи 4

Определяют высоту текущей точки  $A$  через горизонт инструмента ГИ и отсчет по рейке:

$$\Gamma_{II} = H_{\text{реп}} + a = 25,328 + 0,850 = 26,178 \text{ м}$$

$$H_A = \text{ГИ} - C_A = 26,178 - 2,747 = 23,431 \text{ м.}$$

Тогда высота подъёмки насыпи  $h = 24,075 - 23,431 = 0,644 \text{ м.}$

Отсчет по рейке на проектной высоте для установки высотника считают через горизонт инструмента:

$$C_{\text{п}} = \text{ГИ} - H_{\text{пр}} = 26,178 - 24,075 = 2,103 = 2103 \text{ мм.}$$

Таким образом, если насыпь достигнет проектной величины, отсчет по рейке на ней должен быть равен 2103 мм.

Можно сначала определить проектный отсчет, а потом величину подъёмки:  $2747 - 2103 = 0,644 \text{ м.}$

**Задача 5.** При строительстве моста известны проектные высоты лотка  $H_{\text{л}}$ , подферменной площадки  $H_{\text{п}}$ , кордонного камня  $H_{\text{к}}$  (рис. 14). Исходные данные для выполнения задачи приведены в табл. 18.

Необходимо так подобрать задний отсчет, чтобы можно было с одной станции проверить указанные проектные высоты. Практически это означает, что надо так установить нивелир, чтобы можно было взять отсчеты по трем рейкам, при условии, что длина рейки 3 м.

#### Порядок решения

Рассмотрим пример, если отметка репера  $H_{\text{рп}} = 12,250 \text{ м}$ , проектные отметки  $H_{\text{л}} = 11,050 \text{ м}$ ,  $H_{\text{п}} = 12,850$ ,  $H_{\text{к}} = 13,450 \text{ м}$ .

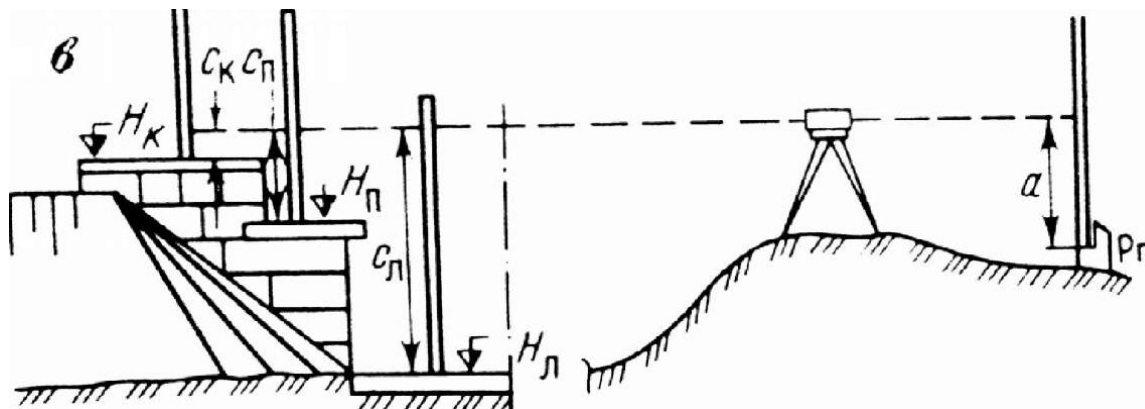


Рис. 14. Схема к решению задачи 5

Таблица 18

Исходные данные для задачи 4

| Вариант   | $H_{\text{л}}$ м | $H_{\text{п}}$ м | $H_{\text{к}}$ м |  |
|-----------|------------------|------------------|------------------|--|
| 1, 11, 21 | 14,430           | 16,247           | 16,921           |  |
| 2, 12, 22 | 26,960           | 28,733           | 29,013           |  |

| Вариант    | $H_{л}$ м | $H_{п}$ , м | $H_{к}$ м |  |
|------------|-----------|-------------|-----------|--|
| 3, 13, 23  | 36,170    | 38,015      | 38,649    |  |
| 4, 14, 24  | 40,450    | 42,264      | 42,559    |  |
| 5, 15, 25  | 52,237    | 55,500      | 55,798    |  |
| 6, 16, 26  | 65,255    | 66,540      | 67,028    |  |
| 7, 17, 27  | 70,170    | 71,772      | 72,036    |  |
| 8, 18, 28  | 80,950    | 82,633      | 83,055    |  |
| 9, 19, 29  | 93,470    | 95,148      | 95,678    |  |
| 10, 20, 30 | 11,050    | 12,775      | 13,321    |  |

Превышение между кордонным камнем и репером:  $13,450 - 12,250 = 1,200$  м.

Следовательно, если мы установим прибор таким образом, что отсчет по рейке на репере  $a$  меньше 1200, то нельзя будет взять отсчет по рейке на кордонном камне. Отсюда отсчет по рейке  $a$  должен быть более 1200.

С другой стороны, превышение между репером и лотком моста  $12,250 - 11,050 = 1,200$ . отсюда, так как длина рейки всего 3 м, то  $3000 - 1200 = 1800$ , это предельный отсчет по рейке на репере, при котором мы увидим только самый верх рейки в лотке моста, практически отсчет взять уже невозможно. Таким образом, мы установили пределы возможных отсчетов по рейке на репере:  $1200 < a < 1800$ .

Принимаем отсчет по рейке на репере, средний между предельными:  $a = 1500$ , соответственно устанавливаем нивелир. Тогда  $ГИ = Н_{рп} + a = 12,250 + 1,500 = 13,750$  м.

Далее определяем отсчеты на контрольные точки:

кордонный камень  $c_k = 13,750 - 13,450 = 0,300 = 0300$  мм;

лоток:  $СЛ = 13,750 - 11,050 = 2,700 = 2700$  мм;

подферменная площадка:  $СП = 13,750 - 12,850 = 0,900 = 0900$  мм.

### Контрольные вопросы

1. Назначение обноски при строительстве.
2. Что такое «нивелирование из середины» и «нивелирование вперед»?
3. Какие задачи, связанные с определением высотных значений, возникают на строительстве?



# Фрагмент топографической карты масштаба 1:10 000

