

Министерство сельского хозяйства РФ

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Кафедра природообустройства и водопользования

Дунаев А.И.

**ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЪЁМОК**

Учебно-методическое пособие

Брянск - 2020

УДК 528 (07)

ББК 26.12

Д 83

Дунаев, А. И. Обработка материалов измерений при производстве геодезических съёмок: учебно-методическое пособие / А. И. Дунаев. - Брянск: Брянский ГСХА, 2020. – 66 с.

В пособии изложены характерные вопросы по решению расчётно-графических задач, связанных с обработкой и анализом материалов измерений при производстве таких геодезических съёмок, как теодолитная (тахеометрическая) и нивелирование поверхности. Рассмотрен ряд вопросов проектного характера – по характеристикам рельефа и построению профилей местности. Излагаются методики расчётов и расчётные формулы с их графическими иллюстрациями. Приводятся конкретные примеры исполнения расчётов, образцы оформления соответствующих чертежей, а также исходные материалы (данные) для исполнения практических заданий.

Рекомендуется студентам для самостоятельной работы - как при выполнении курсовых работ, так и при решении расчётно-практических задач по дисциплине «Геодезия».

Ориентировано на бакалавриат, обучающийся по профилю подготовки: «Геодезическое обеспечение землеустройства и кадастров».

Рецензенты

Е.А. Мельникова – к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии и техносферной безопасности БГИТУ.

В.Ф. Василенков – д.т.н., профессор кафедры природообустройства и водопользования БГАУ.

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета энергетики и природопользования Брянского ГАУ, протокол №1 от 28 сентября 2020г.

© Брянский ГАУ, 2020

© Дунаев А.И., 2020

Содержание

Введение	4
1. Методические указания по выполнению курсовой работы	
1.1 Структурный состав курсовой работы	5
1.2 Материалы исходных данных	6
1.3 Указания по выполнению и оформлению отдельных разделов работы	6
Пример выполнения курсовой работы	
2. Вводная часть (общие сведения о геодезических съёмках)	
2.1 Теодолитная съёмка	13
2.2 Тахеометрическая съёмка	16
2.3 Нивелирование поверхности	19
3. Обработка материалов измерений теодолитной съёмки	
3.1 Определение углов и параметров ориентирования теодолитного хода	22
3.2 Определение координат точек теодолитного хода	23
4. Определение площади на плане	
4.1 Определение площади графическим методом.....	30
4.2 Определение площади аналитическим методом.....	31
4.3 Определение площади планиметром.....	32
5. Составление характеристики рельефа	
5.1 Определение отметок проектных точек по горизонталям	34
5.2 Определение уклонов поверхности земли	36
5.3 Характеристика рельефа.....	37
5.4 Построение профиля местности	38
6. Обработка материалов высотной съёмки	
6.1 Обработка результатов нивелирования связующего хода.....	40
6.2 Определение высотных отметок съёмочных точек и изображение ре- льефа	41
7. Проектирование вертикальной планировки под застройку	
7.1 Проектирование вертикальной планировки под горизонтальную плос- кость.....	45
7.2 Составление картограммы и определение объёмов земляных ра- бот.....	46
Приложения	
<i>Варианты исходных данных</i>	
<i>Приложение 1.</i> Параметры ориентирования и размеры сторон теодолит- ного хода	52
<i>Приложение 2.</i> Топографические планы проектных трасс	54
<i>Приложение 3.</i> Полевые журналы нивелирования под вертикальную пла- нировку	60
Литература	65

Введение

Геодезия (топография) изучает вопросы, связанные со съёмками относительно небольших участков земной поверхности и их детальным изображением в виде планов и карт.

Ключевые термины и определения

Геодезическая съёмка - представляет собой систему **геодезических измерений** (линейных, угловых, высотных), выполняемых на местности для получения плана, карты или профиля. Основные наземные геодезические съёмки, широко применяемые в практике хозяйственной деятельности, следующие:

1. Теодолитная съёмка - это горизонтальная (плановая) съёмка местности, исполняемая с помощью угломерного прибора (теодолита) и мерных лент (или дальномеров различных типов). При выполнении этой съёмки измеряются горизонтальные углы и расстояния. В результате этой съёмки получают ситуационный план местности с изображением контуров и местных предметов.

2. Тахеометрическая съёмка - выполняется теодолитами (тахеометрами), мерными лентами и дальномерами. При этой съёмке на местности измеряются горизонтальные и вертикальные углы (или сразу превышения) и расстояния до съёмочных точек. По результатам измерений в камеральных условиях строится топографический план местности.

3. Нивелирование поверхности (вертикальная или высотная съёмка) - производится с целью определения высот точек земной поверхности. Широко используются два основных вида нивелирования:

а) *геометрическое*, выполняемое с помощью приборов - нивелиров, обеспечивающих горизонтальное положение визирного луча в процессе измерений;

б) *тригонометрическое* (или *геодезическое*) - выполняется с помощью наклонного луча визирования приборами - теодолитами.

Геодезические работы разделяются на **полевые** и **камеральные**.

Главное содержание **полевых** работ – представляет собой процесс геодезических измерений на местности, а **камеральных** - вычислительный и графический процессы.

Вычислительный процесс заключается в математической обработке результатов измерений. Геодезические вычисления выполняются по определенным схемам и установленным нормативным правилам, позволяющим быстро находить требуемые результаты и своевременно контролировать правильность исполняемых расчётов.

1 Методические указания по выполнению курсовой работы

1.1 Структурный состав курсовой работы

Тематика работы: «*Обработка материалов измерений при производстве геодезических съёмок*»

1.1.1 Расчётно-пояснительная записка

Содержание

1. Исходные материалы (задание, исходные данные)

2. Вводная часть (сущность, основы производства съёмок и пр.)

3. Обработка материалов теодолитной (тахеометрической) съёмки

3.1 Определение параметров ориентирования линий.

3.2 Определение координат точек теодолитного хода (графически, аналитически).

4. Определение площади на плане

4.1 Определение площади графическим методом.

4.2 Определение площади аналитическим методом.

4.3 Определение площади планиметром.

5. Составление характеристики рельефа

5.1 Определение отметок по горизонталям.

5.2 Определение уклонов и построение профиля местности.

5.3 Характеристика рельефа.

6. Обработка материалов высотной съёмки

6.1 Обработка результатов нивелирования связующего хода.

6.2 Определение высотных отметок и изображение рельефа (построение плана с горизонталями).

7. Проектирование вертикальной планировки под застройку

7.1 Проектирование вертикальной планировки под горизонтальную плоскость.

7.2 Составление картограммы и определение объёмов земляных работ.

Литература

1.1.2 Графическая часть работы

В графической части работы требуется изобразить следующие элементы (по мере изложения работы или частично в виде отдельных приложений):

- исходные материалы;

- построение плана по румбам;
- графическое определение площади;
- построение профиля местности;
- построение плана с горизонталями по материалам высотной съёмки;
- составление картограммы под вертикальную планировку и пр. .

1.2 Материалы исходных данных

Исходные данные, необходимые для выполнения работы, представляются следующими материалами (согласно номерам вариантов, указываемым в задании):

1. Цифровые показатели – угловые параметры ориентирования и размеры сторон теодолитного хода (см. прилож. 1).
2. Графические материалы для исполнения практических заданий:
 - топографический план проектной трассы (см. прилож. 2);
 - полевой журнал нивелирования поверхности по квадратам - под вертикальную планировку (см. прилож. 3).

Варианты заданий и основные показатели исходных данных (дополнительно) указываются в задании на курсовую работу (см. бланк задания).

1.3 Указания по выполнению и оформлению отдельных разделов работы

Глава 2 (вводная часть) выполняется в реферативной форме. В ней требуется отразить по заданным геодезическим съёмкам их сущность и особенности их производства.

При выполнении задания главы 3 - решении прямой геодезической задачи (табл. 3.3) следует иметь в виду:

1. Измеренные углы теодолитного хода определяются (условно - в учебных целях) на основе решения задачи: «Построение плана хода по румбам» (см. п. 3.1);
2. Параметры ориентирования принимаются на основе: цифровых показателей исходных данных (см. прилож. 1 и табл. 1.1) и соотв. расчётных показателей п. 3.1;
3. Координаты точки «I» определяются графическим методом (см. рис.3.2) после произвольного изображения координатной сетки - с учётом заданного масштаба плана, т.е. назначаются условно.

Глава 4 (измерение площадей) выполняется на основе данных главы 3 (см. рис. 3.2 и табл. 3.3) – измеряется трижды площадь фигуры опорного полигона – различными методами (графически, аналитически, планиметром).

Глава 5 (по характеристикам рельефа и профиля местности) исполняется на основе отдельно выдаваемого топографического плана (см. прилож. 2).

Главы 6 и 7 (по нивелированию поверхности) выполняются на основе отдельного задания – полевого журнала нивелирования по квадратам (см. прилож. 3). Высотная отметка репера, сечение рельефа и масштаб указываются в задании (см. бланк задания).

Пример выполнения курсовой работы

БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

КАФЕДРА ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Форма обучения - очная

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине: «Геодезия»

на тему:

**«Обработка материалов измерений при производстве
геодезических съёмок»**

Выполнил студент: *Петров И.С.*

группа: Е-761

Проверил: *доцент Демина О.Н.*

Брянск - 2020

Брянский государственный аграрный университет

Институт Э и ПП

Кафедра ПО и ВП

Студент гр. Е-761

..... Петров И.С.

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу:

«Обработка материалов измерений при производстве геодезических съёмок»

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

1. Варианты задания: - цифровых показателей 30
- графических материалов 30
2. Виды и масштаб топографической съемки теодолитная -
M1:2000, нивелирование поверхности - M1:1000
3. Координаты точки «I» теодолитн. хода: $X_1 = \dots$ цел.; $Y_1 = \dots$ цел.
4. Сечение рельефа под вертикальную планировку 0,25 м
5. Высотная отметка опорного пункта (репера) 170,00 м
6. Прочие дополнительные данные: выд. отдельно

ТРЕБУЕТСЯ ВЫПОЛНИТЬ:

- во вводной части отразить: сущность и технологические особенности производства заданной топографической съемки;
- определить параметры ориентирования линий и координаты точек опорного теодолитного хода;
- определить площадь полигона на плане различными методами: аналитически, графически и планиметром;
- по топографическому плану составить характеристику рельефа и построить профиль местности;
- произвести обработку материалов съемки поверхности под вертикальную планировку (нивелир. по квадратам): изобразить рельеф, составить картограмму и определить объемы земляных работ.

Дата выдачи задания: 15/II-192

Подпись преподавателя: А.И.

Содержание

1. Исходные данные	
2. Вводная часть	
3. Обработка материалов теодолитной съёмки	
3.1 Определение углов и параметров ориентирования теодолитного хода	
3.2 Определение координат точек теодолитного хода	
4. Определение площади на плане	
4.1 Определение площади графическим методом	
4.2 Определение площади аналитическим методом	
4.3 Определение площади планиметром	
5. Составление характеристики рельефа	
5.1 Определение отметок проектных точек по горизонталям	
5.2 Определение уклонов поверхности земли	
5.3 Характеристика рельефа	
5.4 Построение профиля местности	
6. Обработка материалов высотной съёмки	
6.1 Обработка результатов нивелирования связующего хода	
6.2 Определение высотных отметок съёмочных точек и изображение рельефа	
7. Проектирование вертикальной планировки под застройку	
7.1 Проектирование вертикальной планировки под горизонтальную плоскость	
7.2 Составление картограммы и определение объёмов земляных работ	
Литература	

1 Исходные данные

Таблица 1.1 Параметры ориентирования и размеры сторон теодолитного хода

№ вар.	Сторона	Румбы	Длина, м
30	1-2	СЗ:88°02,0′	118,30
	2-3	СЗ:10°31,0′	197,87
	3-4	СВ:59°45,0′	162,79
	4-5	ЮВ:61°45,0′	163,49
	5-6	ЮЗ:02°01,0′	106,71
	6-1	ЮЗ:52°45,0′	158,47

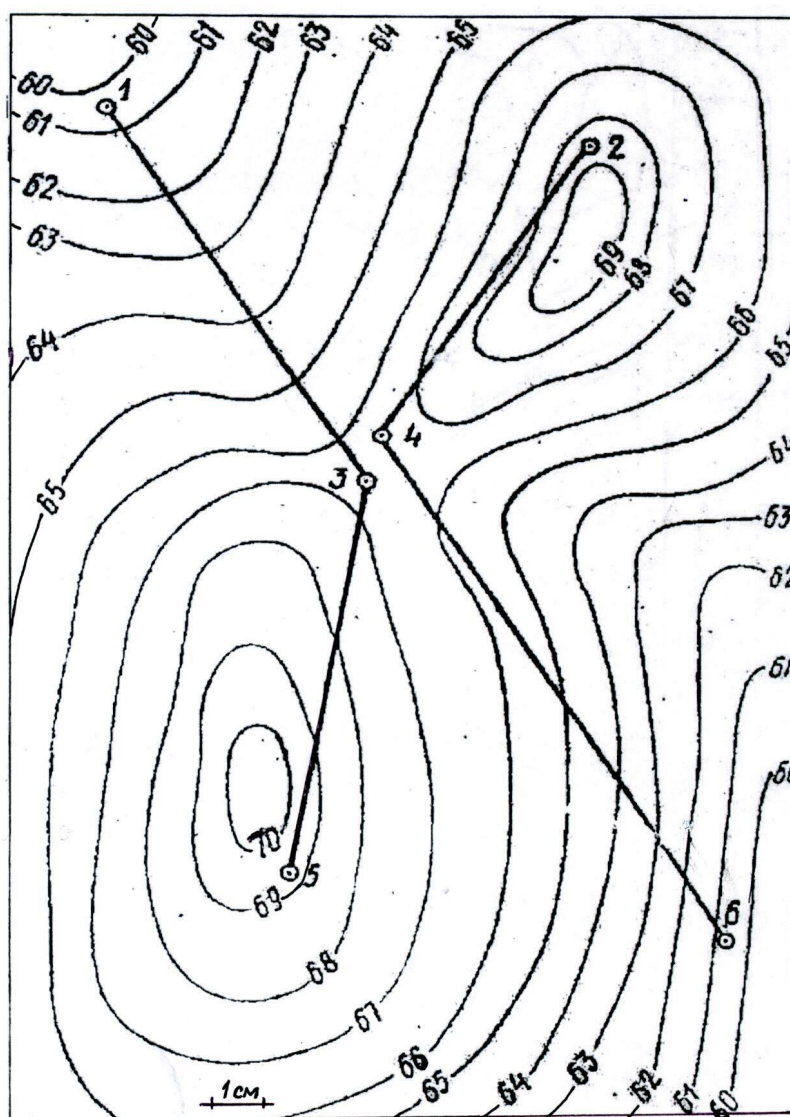


Рис. 1.1 Топографический план проектных трасс

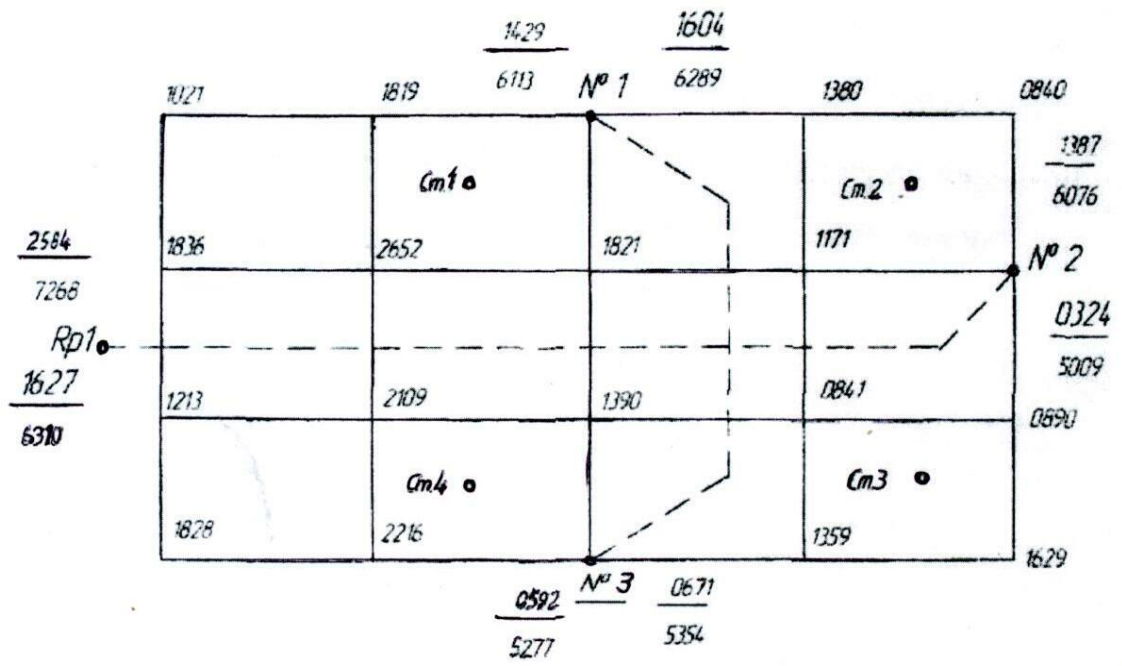


Рис. 1.2 Полевой журнал нивелирования поверхности под планировку

2 Вводная часть

(общие сведения о геодезических съёмках)

2.1 Теодолитная съёмка

2.1.1 Сущность теодолитной съёмки

Теодолитной называется горизонтальная (контурная) съёмка, результатом которой является получение плана местности без отображения рельефа - с изображением только ситуации (ландшафтных контуров, сооружений, дорог, коммуникаций и пр.).

Теодолитная съёмка относится к числу крупномасштабных съёмок (М1:5000...1:500) и применяется:

- на равнинной местности - в условиях сложной ситуации;
- на территориях застройки населенных пунктов;
- на строительных площадках, промплощадках предприятий и пр.

Теодолитная съёмка включает в себя три основных этапа работ: **подготовительные, полевые и камеральные работы**. Наибольший объём приходится на полевые работы, которые включают в себя:

- рекогносцировку снимаемого участка;
- прокладку теодолитных опорных ходов и полигонов и привязку их к существующим пунктам геодезической опорной сети;
- геодезическую съёмку ситуации.

Для исполнения теодолитной съёмки используются инструменты: теодолит и приборы для линейных измерений (стальные мерные ленты, рулетки, оптические и лазерные дальнометры и пр.

2.1.2 Опорные ходы теодолитной съёмки

Теодолитные ходы представляют собой системы ломаных линий, в которых измеряются горизонтальные углы и длины сторон. Опорные теодолитные ходы привязываются к существующим пунктам планово-высотного обоснования - государственных геодезических сетей и сетей сгущения.

По форме различают следующие виды теодолитных ходов:

1) **замкнутый ход (полигон)** - замкнутый многоугольник, обычно примыкающий к пункту геодезического обоснования (либо к двум пунктам);

2) **разомкнутый ход** - начало и конец хода опираются на пункты сети геодезического обоснования;

3) **висячий ход** – только один конец хода примыкает к пункту геодезического обоснования (второй конец остается свободным).

Форма опорного теодолитного хода зависит от характера снимаемой территории, а именно:

- при съёмках узких полос местности - при трассировании осей линейных сооружений (дорог, каналов, трубопроводов, ЛЭП и пр.) прокладываются **разомкнутые ходы**.

- при съёмках «площадных» объектов - населённых пунктов, различных угодий, строительных площадок - прокладываются **замкнутый ходы (полигоны)**.

- прокладка **висячих теодолитных ходов** производится в особых случаях – обычно при съёмках малоответственных объектов.

Длины опорных теодолитных ходов регламентируются нормативно-техническими условиями – в зависимости от следующих факторов: - масштаба съёмки; - принятой точности ходов; - топографических условий местности (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1 Допустимая длина теодолитного хода (не более), км

Масштаб съёмки	Открытая местность, застроенная территория местности				Закрытая местность
	для теодолитных ходов точности:				
	1:3000	1:2000	1:1000	1:2000	1:1000
1:5000	6,0	4,0	2,0	6,0	3,0
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,6	1,5
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,5
1:500	0,9	0,6	0,3	-	-

Длина висячего хода не должна превышать: 300 м - при съёмках М1:2000 и 200 м - при съёмках М1:1000.

Вершины теодолитных ходов закрепляются на местности в основном временными знаками: деревянными кольями, металлическими штырями, костылями, трубками и пр., забиваемыми вровень с поверхностью земли. Для облегчения отыскания точек хода рядом с ними забиваются **сторожки** - деревянные колья (на 30-35 см над поверхностью земли).

2.1.3 Прокладка теодолитных ходов на местности

Прокладка теодолитных ходов и полигонов включает в себя производство **угловых** и **линейных** измерений.

Привязка теодолитных ходов состоит в передаче с геодезических опорных пунктов:

- плановых координат - как минимум, на одну из точек теодолитного хода;
- дирекционного угла - на одну или несколько его сторон.

Угловые измерения

Горизонтальные углы в теодолитных ходах измеряются:

- техническими теодолитами - одним полным приёмом (с точностью не ниже 30");

-каждый горизонтальный угол измеряется при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП);

-при измерении углов на узловых точках, имеющих три направления и более, разрешается применять способ круговых приёмов.

Расхождение значений угла в двух полуприёмах не должно превышать $\pm 45''$.

Центрирование теодолита над точками хода осуществляется с помощью нитяного отвеса или оптического центрира с погрешностью не более 5мм - при длинах линий более 100м.

Линейные измерения

Длины сторон в теодолитных ходах измеряются компарированными мерными лентами или оптическими дальномерами, обеспечивающими установленную точность.

Для контроля каждая сторона измеряется дважды - одним из следующих способов:

-при использовании 20-метровой мерной ленты или оптического дальномера - в прямом и обратном направлениях;

-20- и 24-метровыми лентами - в одном направлении;

-20-метровой лентой и оптическим дальномером – в одном направлении;

Одновременно с линейными измерениями определяются углы наклона линий (либо их отдельных участков).

Расхождения между результатами двойных измерений длины каждой стороны хода не должны превышать нормативных величин - с учётом точности хода (1:3000...1:1000 от длины стороны).

Данные угловых и линейных измерений заносятся в соответствующие полевые журналы установленной формы.

2.2 Тахеометрическая съёмка

2.2.1 Сущность тахеометрической съёмки

Тахеометрическая съёмка представляет собой контурно-высотную съёмку, в результате которой получают план местности, как с изображением ситуации, так и рельефа. Тахеометрическая съёмка может выполняться:

-самостоятельно - для получения планов небольших участков местности в крупных масштабах ($M1:500 \dots 1:5000$);

- в сочетании - с другими видами геодезических съёмок,

- когда выполнение других съёмок экономически нецелесообразно или технически затруднительно.

Результаты тахеометрической съёмки широко используются:

- при ведении земельного или городского кадастра;

- для планировки населенных пунктов;

- при проектировании: отводов земель, мелиоративно-строительных и землеустроительных мероприятий и пр.

Особо выгодно применение тахеометрической съёмки для получения планов узких полос местности: при изысканиях проектных трасс линейных сооружений и различных коммуникаций.

Тахеометрическая съёмка может выполняться при помощи приборов:

- технических **теодолитов**;

- специальных приборов - **теодолитов-тахеометров**.

Сущность тахеометрической съёмки сводится к определению пространственных полярных координат: $(\alpha; \nu; d)$ – для снимаемых точек местности. При этом измеряются: горизонтальный угол α - горизонтальным кругом теодолита, вертикальный угол ν - вертикальным кругом теодолита, расстояние до точки d – дальномером соотв. прибора.

Процесс тахеометрической съёмки может быть автоматизирован – посредством использования электронных тахеометров, а составление топографического плана производится на компьютерной базе программного обеспечения.

2.2.2 Полевые работы при производстве тахеометрической съёмки

Тахеометрическая съёмка включает в себя три основных этапа работ: **подготовительные, полевые и камеральные работы**. Наибольший объём приходится на полевые работы, которые включают в себя:

-рекогносцировку местности;

- создание сети съёмочного обоснования;

-съемку ситуации и рельефа.

Полевым работам при тахеометрической съемке предшествуют работы подготовительного этапа, включающего в себя:

-подбор необходимых картографических материалов и каталогов пунктов планово-высотного обоснования;

-выбор способа создания съёмочной сети - в зависимости от типа объекта съёмки, ее масштаба и имеющихся в наличии геодезических приборов.

2.2.3 Создание сети съёмочного обоснования

Планово-высотную основу тахеометрической съёмки составляют:

- пункты государственной геодезической опорной сети;

- пункты сетей сгущения;

- точки создаваемой съёмочной сети.

Съёмочная геодезическая сеть создается в виде:

- теодолитно-нивелирных ходов - при съёмке рельефа с его сечением до 1,0 м;

-теодолитно-высотных и тахеометрических ходов - при съёмке рельефа с его сечением через 2,0м и более.

Опорные ходы тахеометрической съёмки создаются аналогично ходам теодолитной съёмки (см. п. 2.1.2). Пункты съёмочного обоснования должны доводиться до плотности, обеспечивающей возможность проложения тахеометрических ходов с соблюдением соответствующих нормативных требований (см. табл. 2.2).

Тахеометрические ходы отличаются от теодолитно-высотных тем, что стороны в них измеряются обычно с помощью дальномеров.

Таблица 2.2 Требования к параметрам опорных тахеометрических ходов

Масштаб съёмки	Максимальная длина хода, м	Максимальная длина сторон, м	Максимальное число сторон в ходе, шт
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

2.2.4 Камеральные работы при тахеометрической съёмке

Камеральные работы при тахеометрической съёмке включают в себя:

-проверку полевых журналов измерений;

- вычисление плановых и высотных координат (x, y, H) - точек теодолитно-высотных и тахеометрических ходов;
- вычисление отметок реечных точек на каждой станции;
- составление топографического плана местности.

2.2.5 *Обработка материалов геодезических измерений съёмочных ходов*

Вычисление и увязка плановых координат $(x; y)$ точек ходов выполняются аналогично, как и в теодолитных ходах. При этом допустимая угловая невязка хода - при измерении углов теодолитом 30-секундной точности определяется по формуле:

$$f_{\beta} = 1' \sqrt{n} \quad (2.1)$$

При измерении углов оптическими теодолитами:

$$f_{\beta} = 0,5' \sqrt{n} \quad (2.2)$$

где n - количество углов в ходе.

Допустимая абсолютная линейная невязка в тахеометрическом ходе определяется по формуле:

$$f_d = \frac{P}{400\sqrt{N}} \quad (2.3)$$

где: P - длина (периметр) хода, м; N - число сторон в ходе.

Высотные невязки в ходах определяются по формулам:

-для замкнутого хода:
$$f_h = \sum h_{cp.i} \quad (2.4)$$

-для разомкнутого хода:

$$f_h = \sum h_{cp.i} - (H_K - H_N) \quad (2.5)$$

где $\sum h_{cp.i}$ - сумма средних превышение точек хода;

H_K ; H_N – высотные отметки, соответственно: конечной и начальной точек хода.

Допустимая высотная невязка в теодолитно-высотном и тахеометрическом ходе определяется по формуле:

$$f_{h(D)} = \frac{0,04P}{\sqrt{N}} \quad (2.6)$$

Если фактическая высотная невязка хода допустима, т.е., выполняется условие: $f_h \leq f_{h(D)}$, то она распределяется с обратным знаком - пропорционально длинам сторон. Поправки в превышениях рассчитываются с округлением до 0,01 м - по формуле:

$$\delta_{hi} = -\frac{f_h}{P} \cdot d_i \quad (2.7)$$

где d_i - горизонтальное продолжение соответствующей стороны хода.

Сумма вычисленных поправок должна равняться невязке - с обратным знаком.

Зная высотную отметку начальной точки и исправленные превышения, последовательно рассчитываются отметки всех точек хода. Окончательным контролем правильности увязки высотных ходов является следующее:

-в замкнутом ходе в результате вычислений должна быть повторно получена отметка H_n (начальной точки), а в разомкнутом ходе - отметка H_k (конечной точки хода).

После определения высотных отметок точек тахеометрических ходов в полевых журналах съёмки вычисляются отметки $H_{пик}$ - пикетных (реечных) точек – посредством алгебраического прибавления превышений реечных точек к высотной отметке станции.

2.3 Нивелирование поверхности

Нивелирование поверхности производится для детального изображения рельефа местности в случаях:

- на строительных площадках и промплощадках предприятий;
- для проектирования вертикальной планировки на с/х угодьях и гидромелиоративных системах (планировка полей);
- для создания ЦММ и в прочих случаях.

2.3.1 Основные способы нивелирования поверхности

В зависимости от характера рельефа и ситуации местности, требуемой точности, а также от размеров нивелируемой площади могут применяться различные способы нивелирования, а именно: по готовому плану, способами параллельных линий, магистралей с поперечниками и по квадратам.

По готовому плану – этот способ применяется при наличии контурной съёмки крупного масштаба и заключается в определении высот точек, хорошо опознаваемых на плане и на местности.

Способ параллельных линий - используется при съёмке на ровной (или слегка всхолмлённой) местности, заросшей древесно-кустарниковой раститель-

ностью. При этом способе - посередине снимаемого участка – прокладывается один магистральный ход (либо два - взаимно перпендикулярных хода), которые привязываются к пунктам планово-высотной геодезической сети. Перпендикулярно к линиям основных (магистральных) ходов разбиваются параллельные съёмочные ходы, по которым в характерных точках закрепляются пикеты. Длины съёмочных ходов, как правило, не превышают 1500 м. Расстояния между съёмочными ходами и между пикетами зависят от назначения съёмки и требуемой точности и обычно составляют 50...100 м.

Способ магистралей с поперечниками - применяется в условиях довольно пересечённой местности - при изысканиях под сооружения линейного типа (каналы, дороги, трубопроводы и пр.).

По характерным линиям рельефа (по линиям тальвегов, лощин, балок) прокладывается основной (магистральный) теодолитный ход с разбивкой пикетажа. От основной магистрали разбиваются дополнительные магистрали - по ответвлениям. Конечные точки магистральной линии привязываются к существующим пунктам планово-высотного обоснования. Перпендикулярно к магистральным линиям разбиваются поперечники, густота и протяжённость которых зависит от конкретного характера местности. Одновременно с разбивкой пикетажа - от линий магистралей и поперечников - производится съёмка ситуации (с составлением абриса).

Нивелирование основных магистралей и их поперечников проводится так же, как и нивелирование трассы.

2.3.2 Способ нивелирования поверхности по квадратам

Способ нивелирования поверхности по квадратам применяется при топографической съёмке открытых участков местности, имеющих спокойный рельеф, в целях:

- составления проектов вертикальной планировки;
- определения объёмов земляных (планировочных) работ.

Эта съёмка производится в крупных масштабах (М1:500...М1:5000) и с малой высотой сечения рельефа: 0,20...0,50м. В начале съёмки разбивается сетка квадратов со сторонами от 10 до 100м - с учётом характера рельефа, его сложности, требуемой точности его изображения, а также назначения строительного объекта. При разбивке сетки квадратов в начале строится наружный полигон - в виде квадрата или прямоугольника. Разбивка квадратов внутри по-

лигона выполняется по параллельным створам линий. Вершины квадратов (в т.ч. пикеты) закрепляются кольшками. При необходимости, на сторонах квадратов - в точках перегиба рельефа местности - закрепляются «плюсовые» точки. При размерах сторон наружного полигона до 300м разбивка квадратов может исполняться длинными тросами, размеченными на расстояниях, равных длине стороны квадрата.

Перед началом нивелирования на листе плотной бумаги вычерчивается съёмочная схема квадратов, которая является одновременно и полевым журналом нивелирования.

При длине стороны квадратов 100 м и более - каждый квадрат нивелируется отдельно. В этом случае сначала прокладывается замкнутый ход - по наружным квадратам, а затем - по внутренним. Правильность отсчётов по рейкам контролируется суммой накрест лежащих отсчётов, взятых с двух соседних станций - по общей стороне смежных квадратов.

При небольших размерах (10...40 м) сторон квадратов - с одной станции нивелируются несколько квадратов. Для этого расположение станций выбирается с таким расчетом, чтобы из всех связующих точек образовывался замкнутый опорный полигон. На одну из связующих точек передается высотная отметка - от ближайшего репера.

Все остальные вершины квадратов нивелируются как промежуточные точки. Высоты промежуточных точек на каждой станции рассчитываются через высотную отметку горизонта прибора.

Высотная невязка в замкнутом опорном ходе нивелирования должна удовлетворять нормативно-техническому условию:

$$f_h = \sum h_i \leq 10\sqrt{n}, \text{ мм} \quad (2.8)$$

где $\sum h_i$ - сумма превышений между всеми связующими точками, мм;

n - число станций нивелирования.

3 Обработка материалов измерений теодолитной съёмки

3.1 Определение углов и параметров ориентирования теодолитного хода

Используя исходные данные таблицы 1.1, по румбам строим план в заданном масштабе и составляем расчётную схему - для определения параметров ориентирования (α , r) и внутренних углов (β) замкнутого теодолитного хода (см. рис. 3.1).

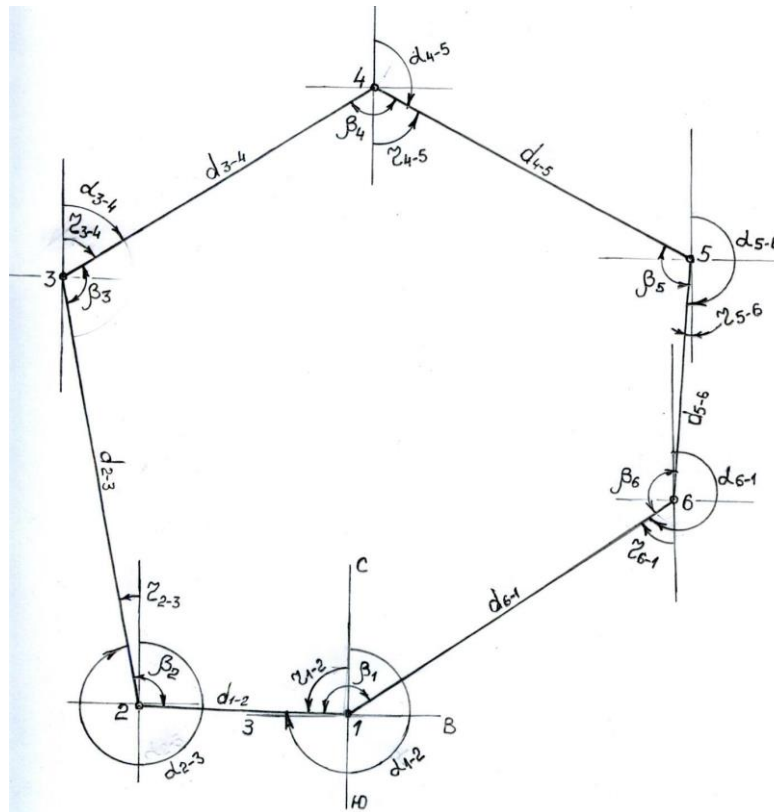


Рис. 3.1 Схема к определению параметров ориентирования и углов теодолитного хода

3.1.1 Определение внутренних углов

На основе схемы, изображенной на рис. 3.1, по румбам определяем внутренние углы замкнутого теодолитного хода:

$$\begin{aligned} \beta_1 &= r_{6-1} + r_{1-2} = 52^\circ 45,0' + 88^\circ 02,0' = \mathbf{140^\circ 47,0'} \\ \beta_2 &= (180^\circ - r_{1-2}) + r_{2-3} = (180^\circ - 88^\circ 02,0') + 10^\circ 31,0' = \mathbf{102^\circ 29,0'} \\ \beta_3 &= 180^\circ - r_{2-3} - r_{3-4} = 180^\circ - 10^\circ 31,0' - 59^\circ 45,0' = \mathbf{109^\circ 44,0'} \\ \beta_4 &= r_{3-4} + r_{4-5} = 59^\circ 45,0' + 61^\circ 45,0' = \mathbf{121^\circ 30,0'} \\ \beta_5 &= 180^\circ - r_{4-5} - r_{5-6} = 180^\circ - 61^\circ 45' - 02^\circ 01,0' = \mathbf{116^\circ 14'} \\ \beta_6 &= (180^\circ - r_{6-1}) + r_{5-6} = (180^\circ - 52^\circ 45,0') + 02^\circ 01,0' = \mathbf{129^\circ 16,0'} \end{aligned}$$

Вычисленные углы заносим в расчётную таблицу 3.3 в качестве исходных данных (согласно заданию) - измеренных внутренних углов теодолитного хода.

3.1.2 Определение дирекционных углов

Дирекционный угол начального направления (α_{1-2}) будет равен:

$$\alpha_{1-2} = 360^0 - r_{1-2} = 360^0 - 88^002,0' = 271^058,0'$$

Дирекционные углы остальных линий определяем по формуле (3.8):

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^0 - \beta_n$$

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^0 - \beta_2 = 271^058,0' + 180^0 - 102^029,0' = 349^029,0'$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^0 - \beta_3 = 349^029,0' + 180^0 - 109^044,0' = 419^045,0' = 59^045,0'$$

$$\alpha_{4-5} = \alpha_{3-4} + 180^0 - \beta_4 = 59^045,0' + 180^0 - 121^030,0' = 118^015,0'$$

$$\alpha_{5-6} = \alpha_{4-5} + 180^0 - \beta_5 = 118^015,0' + 180^0 - 116^014' = 182^001,0'$$

$$\alpha_{6-1} = \alpha_{5-6} + 180^0 - \beta_6 = 182^001,0' + 180^0 - 129^016,0' = 232^045,0'$$

$$\text{Контроль: } \alpha_{1-2} = \alpha_{6-1} + 180^0 - \beta_1 = 232^045,0' + 180^0 - 140^047,0' = 271^058,0'$$

3.2 Определение координат точек теодолитного хода

3.2.1 Графическое определение координат

Методика и расчетные формулы

Графическое определение координат выполняется посредством прочерчивания через расчётную точку «I» (см. рис. 3.2) соотв. вспомогательных линий - параллельно сторонам квадрата координатной сетки и измеряются на плане соответствующие отрезки: a и a_1 , b и b_1 - с точностью 0,1 мм.

Координаты точки A вычисляются по формулам:

$$X_A = X + \frac{100}{a + a_1} \cdot \frac{a \cdot M}{1000}, \text{ м} \quad (3.1)$$

$$Y_A = Y + \frac{100}{b + b_1} \cdot \frac{b \cdot M}{1000}, \text{ м} \quad (3.2)$$

где X – абсцисса нижней стороны квадрата сетки на плане;

Y – ордината левой стороны квадрата;

M – знаменатель масштаба плана.

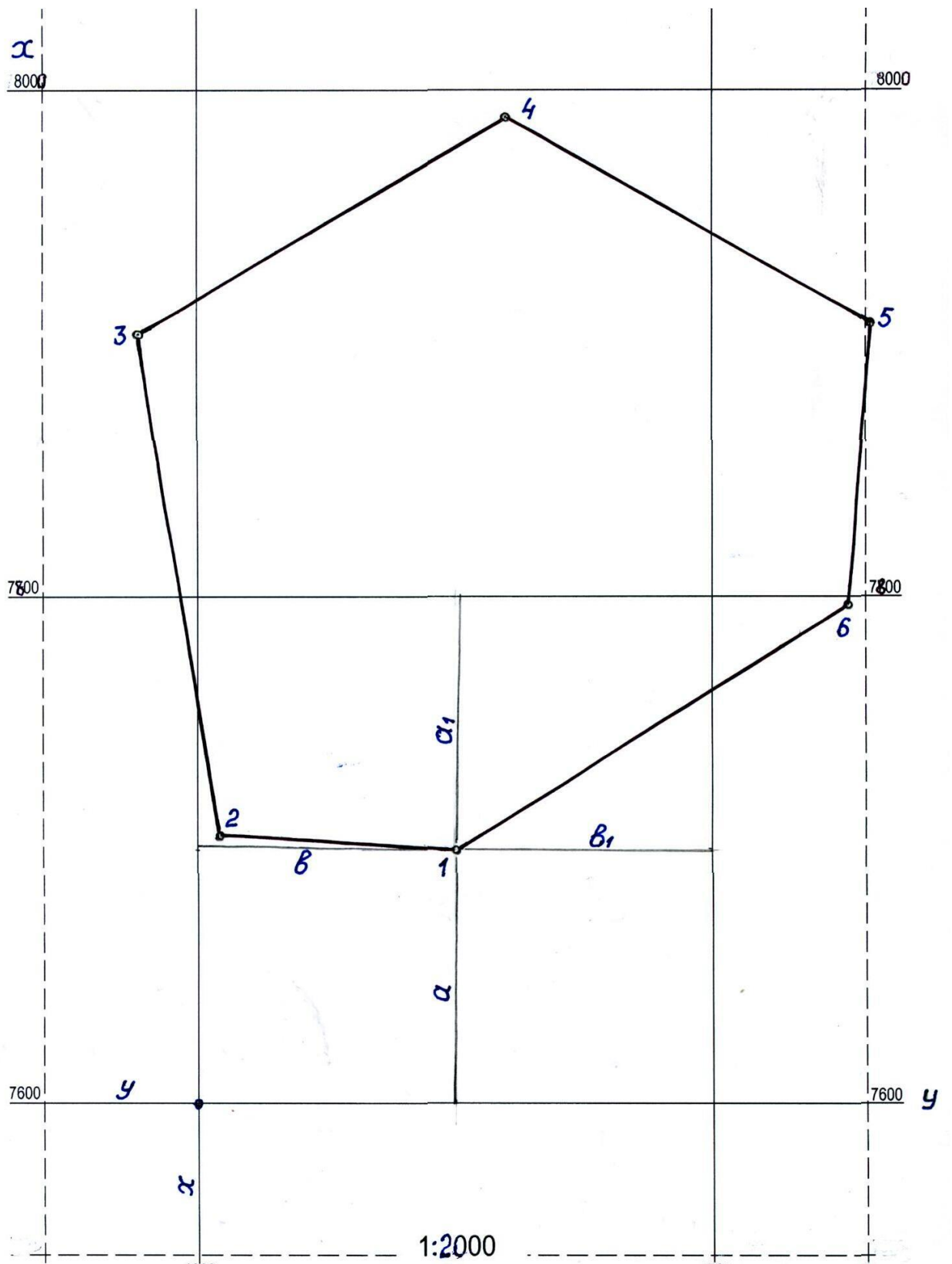


Рис. 3.2 Схема к определению координат точки «I» - графически по плану

Расчёт

В данном случае определяем координаты начальной точки (**I**) теодолитного хода.

По плану графически находим размеры соответствующих отрезков:

$$a = 49,6\text{мм}; \quad a_I = 49,7\text{мм}; \quad b = 49,8\text{мм}, \quad b_I = 50,1\text{мм}.$$

После подстановки в расчетные формулы (3.1 и 3.2) получаем координаты точки (**I**):

$$X_1 = 7600 + \frac{100}{49,6 + 49,7} \cdot \frac{49,6 \cdot 2000}{1000} = 7699,90\text{м}$$

$$Y_1 = 4300 + \frac{100}{49,8 + 50,1} \cdot \frac{49,8 \cdot 2000}{1000} = 4399,70\text{м}$$

Полученные координаты заносим в таблицу 3.2 – в качестве исходных координат точки (**I**).

3.2.2 Определение координат аналитическим методом

Координаты остальных точек теодолитного хода (**2...6**) определяем посредством решения прямой геодезической задачи (см. табл. 3.2).

Расчётные формулы и методика вычислений

а) увязка углов

Угловую невязку теодолитного хода производим по формуле:

$$f_{\beta} = \sum_1^n \beta_{\text{п}} - \sum_1^n \beta_{\text{т}}, \quad (3.3)$$

где $\sum_1^n \beta_{\text{п}}$ - сумма измеренных углов (практическая).

$\sum_1^n \beta_{\text{т}}$ - теоретическая сумма углов, определяемая по формуле:

$$\sum_1^n \beta_{\text{т}} = 180^0 (n-2) \quad (3.4)$$

$$\sum_1^n \beta_{\text{т}} = 180^0 (6-2) = 720^0$$

Допустимую невязку устанавливаем на основе особых правил теории погрешностей по формуле (для углов, измеренных тридцатисекундным теодолитом):

$$f_{\beta_{\text{д}}} = 1' \sqrt{n} \quad (3.5)$$

$$\text{или } f_{\beta} < 1' \sqrt{n} \quad (3.6)$$

$$f_{\beta_{\text{д}}} = 1' \cdot \sqrt{6} = 2,5'$$

Угловая невязка, если она допустима, распределяется на все углы поровну (поправки для углов имеют знак, противоположный знаку невязки), т.е.:

$$\delta = -f_{\beta} / n \quad (3.7)$$

$$\delta = -02,4' / 6 = -0,4'$$

б) вычисление дирекционных углов и румбов

Дирекционные углы определяем по формуле:

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пр}} + 180^{\circ} - \beta_{\text{испр}} \quad (3.8)$$

где $\alpha_{\text{посл}}$ – дирекционный угол последующей линии;

$\alpha_{\text{пр}}$ – дирекционный угол предыдущей линии;

$\beta_{\text{испр}}$ – исправленный угол, ограниченный этими линиями.

Дирекционный угол начального направления (α_{1-2}) будет равен:

$$\alpha_{1-2} = 360^{\circ} - r_{1-2} = 360^{\circ} - 88^{\circ}02,0' = 271^{\circ}58,0'$$

Контроль: в итоге последовательного определения дирекционных углов должен быть получен начальный дирекционный угол.

Румбы определяем по дирекционным углам с учётом таблицы 3.1, т.е. по числовому значению дирекционного угла определяется четверть, затем направление и формула для вычисления румба.

Таблица 3.1 Данные для определения румбов

Значение дирекционного угла	Четверть	Направление	Формулы для определения румба
$0^{\circ} - 90^{\circ}$	I	СВ (северо-восток)	$r = \alpha$
$90^{\circ} - 180^{\circ}$	II	ЮВ (юго-восток)	$r = 180^{\circ} - \alpha$
$180^{\circ} - 270^{\circ}$	III	ЮЗ (юго-запад)	$r = \alpha - 180^{\circ}$
$270^{\circ} - 360^{\circ}$	IV	СЗ (северо-запад)	$r = 360^{\circ} - \alpha$

в) приращения координат и координаты точек

Приращения координат определяем по формулам:

$$\Delta X = d \cdot \cos r \quad (3.9)$$

$$\Delta Y = d \cdot \sin r \quad (3.10)$$

где d – длина линии (горизонтальное проложение);

r – числовое значение румба.

Знаки приращений координат определяем по таблице 3.2.

Таблица 3.2 Знаки приращений координат

Направление	Приращения координат	
	$\Delta X = d \cdot \cos r$	$\Delta Y = d \cdot \sin r$
СВ	+	+
ЮВ	-	+
ЮЗ	-	-
СЗ	+	-

Невязки в приращениях координат определяем по формулам:

$$f_{\Delta X} = \sum_1^{\eta} \Delta X_{\text{выч}} - \sum_1^{\eta} \Delta X_{\text{теор}} \quad (3.11)$$

$$f_{\Delta Y} = \sum_1^{\eta} \Delta Y_{\text{выч}} - \sum_1^{\eta} \Delta Y_{\text{теор}} \quad (3.12)$$

$$f_{\Delta X} = \sum_1^{\eta} \Delta X_{\text{выч}} - \sum_1^{\eta} \Delta X_{\text{теор}} = 0,68 - 0,00 = 0,68 \text{ м}$$

$$f_{\Delta Y} = \sum_1^{\eta} \Delta Y_{\text{выч}} - \sum_1^{\eta} \Delta Y_{\text{теор}} = 0,40 - 0,00 = 0,40 \text{ м}$$

В замкнутом полигоне теоретические суммы приращений равны нулю.

Величина поправки в приращения координат распределяется пропорционально длинам линий (с обратным знаком):

$$\Delta f_{\Delta X} = -f_{\Delta X} \cdot \frac{d}{P} \quad (3.13)$$

$$\Delta f_{\Delta Y} = -f_{\Delta Y} \cdot \frac{d}{P} \quad (3.14)$$

Например, величины поправок для линии **1-2** будут равны:

$$\Delta f_{\Delta X} = -f_{\Delta X} \cdot \frac{d_{1-2}}{P} = -0,68 \cdot \frac{118,30}{907,63} = -0,0886 (-0,09 \text{ м})$$

$$\Delta f_{\Delta Y} = -f_{\Delta Y} \cdot \frac{d_{1-2}}{P} = -0,40 \cdot \frac{118,30}{907,63} = -0,0521 (-0,05 \text{ м})$$

Относительная невязка, которая наилучшим образом характеризует точность измерений, будет равна:

$$f_{\text{отн}} = f_{\text{абс}} / P \quad (3.15)$$

$$f_{\text{отн}} = 0,79 / 907,63 = 1:1519 \quad (\text{допустимая: } 1 / 1000 \dots 1/3000)$$

где P – периметр полигона, а линейная невязка в периметре:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{(f_{\Delta X})^2 + (f_{\Delta Y})^2} \quad (3.16)$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{0,68^2 + 0,40^2} = 0,79 \text{ м}$$

Полученные расчётом невязки должны быть допустимыми и распределены со знаками обратными знакам невязок на вычисленные приращения.

Контроль: суммы исправленных приращений координат должны равняться нулю.

Координаты точек определяются по формулам:

$$X_{\text{посл}} = X_{\text{пр}} + \Delta X \quad (3.17)$$

$$Y_{\text{посл}} = Y_{\text{пр}} + \Delta Y \quad (3.18)$$

где $X_{\text{посл}}$, $Y_{\text{посл}}$ - координаты последующих точек;

$X_{\text{пр}}$, $Y_{\text{пр}}$ – координаты предыдущих точек.

Вычисление координат точек теодолитного хода представлено в табличной форме (см. табл. 3.3).

Таблица 3.3 Ведомость вычисления координат точек опорного съёмочного хода

№ точек	Измеренные углы -0,4'	Исправленные углы	Дирекционные углы	Румбы	Длина линии (м)	Приращения координат вычисленные (м)		Приращения координат исправленные (м)		Координаты (м)	
						ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
1	140 ⁰ 47,4'	140 ⁰ 47,0'				-0,09	-0,05			7699,90	4399,70
	-0,3'		271 ⁰ 58,0'	СЗ:88 ⁰ 02,0'	118,30	4,06	-118,23	3,97	-118,28		
2	102 ⁰ 29,3'	102 ⁰ 29,0'				-0,15	-0,09			7703,87	4281,42
	-0,4'		349 ⁰ 29,0'	СЗ:10 ⁰ 31,0'	197,87	194,55	-36,12	194,40	-36,21		
3	109 ⁰ 44,4'	109 ⁰ 44,0'				-0,12	-0,07			7898,27	4245,21
	-0,4'		59 ⁰ 45,0'	СВ:59 ⁰ 45,0'	162,79	82,01	140,62	81,89	140,55		
4	121 ⁰ 30,4'	121 ⁰ 30,0'				-0,12	-0,07			7980,16	4385,76
	-0,5'		118 ⁰ 15,0'	ЮВ:61 ⁰ 45,0'	163,49	-77,38	144,02	-77,50	143,95		
5	116 ⁰ 14,5'	116 ⁰ 14,0'				-0,08	-0,05			7902,66	4529,71
	-0,4'		182 ⁰ 01,0'	ЮЗ:02 ⁰ 01,0'	106,71	-106,64	-3,75	-106,72	-3,80		
6	129 ⁰ 16,4'	129 ⁰ 16,0'				-0,12	-0,07			7795,94	4525,91
			232 ⁰ 45,0'	ЮЗ:52 ⁰ 45,0'	158,47	-95,92	-126,14	-96,04	-126,21		
1	-	-								7699,90	4399,7
Итого:	720⁰02,4'	720⁰00,0'	-	-	907,63	+0,68	+0,40	0,00	0,00	-	-
(сумма)											

4 Определение площади на плане

4.1 Определение площади графическим методом

Площадь определяется посредством разбивки на правильные геометрические фигуры (треугольники, см. рис. 4.1).

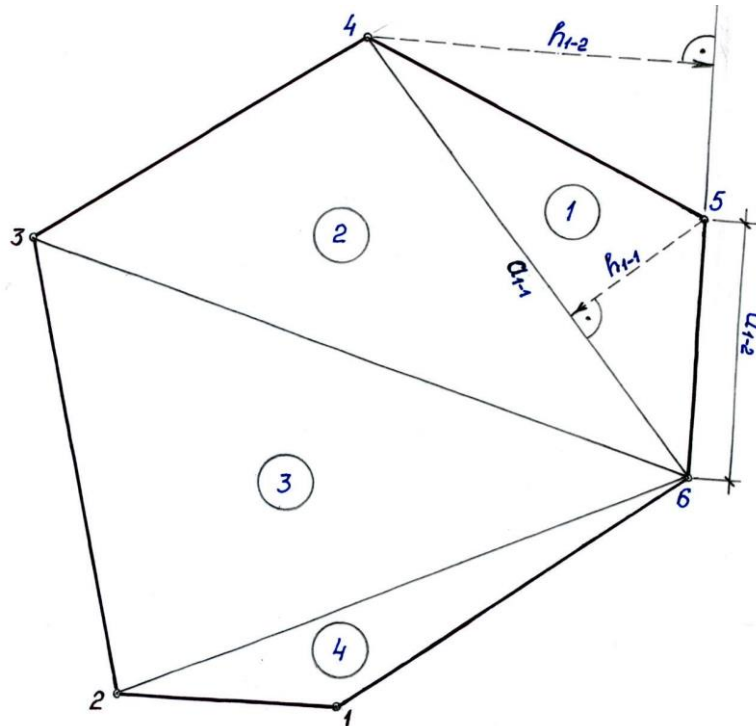


Рис. 4.1 Схема к определению площади графическим методом

Площадь каждого треугольника ($S_{cp.}$) определяется дважды ($S_1; S_2$) – по двум различным основаниям (a) и высотам (h), графически определяемым по плану:

$$S_{cp.} = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{0,5 \cdot a_1 \cdot h_1 + 0,5 \cdot a_2 \cdot h_2}{2} \quad (4.1)$$

Допустимое расхождение между двумя величинами площадей оценивается по формуле:

$$\Delta S_D = 0,04 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{S_{cp.}}, \text{га} \quad (4.2)$$

Должно выполняться условие:

$$|\Delta S| = S_1 - S_2 \leq \Delta S_D \quad (4.3)$$

Вычисление площади для расчетного треугольника №1

Измеренные графически на плане параметры треугольника:

$$a_{1-1}=116,3\text{мм}, h_{1-1}=35,2\text{мм}; a_{1-2}=55,4\text{мм}, h_{1-2}=73,7\text{мм}.$$

Площади треугольника №1 (см. рис. 3.1) будут равны:

$$S_{1-1} = 0,5 \cdot a_{1-1} \cdot h_{1-1} = 0,5 \cdot 116,3 \cdot 3,52 = 20,42\text{см}^2 = 20,42 \cdot 0,04 = 0,8168\text{га}$$

$$S_{1-2} = 0,5 \cdot a_{1-2} \cdot h_{1-2} = 0,5 \cdot 55,4 \cdot 7,37 = 20,41\text{см}^2 = 20,41 \cdot 0,04 = 0,8164\text{га}$$

$$|\Delta S| = S_{1-1} - S_{1-2} = 0,8168 - 0,8164 = 0,0004\text{га}$$

$$S_{cp.} = \frac{S_{1-1} + S_{1-2}}{2} = \frac{0,8168 + 0,8164}{2} = 0,8166\text{га}$$

$$\Delta S_{д} = 0,04 \cdot \frac{2000}{10000} \cdot \sqrt{S_{cp.}} = 0,04 \cdot \frac{2000}{10000} \sqrt{0,8166} = 0,0072\text{га}$$

Результаты вычисления по остальным треугольникам и итоговый результат определяемой площади приводятся в табличной форме (см. табл. 4.1).

Таблица 4.1 Определение площади графическим методом

№ т-ка	Площадь, измеренная на плане, см^2		Площадь на местности, га				
	S_1	S_2	S_1	S_2	$S_{cp.}$	ΔS	$\Delta S_{д}$
1	20,42	20,41	0,8168	0,8164	0,8166	0,0004	0,0072
2	47,98	48,02	1,9192	1,9208	1,9200	0,0016	0,0111
3	62,88	63,02	2,5152	2,5208	2,5180	0,0056	0,0127
4	12,37	12,39	0,4948	0,4956	0,4952	0,0002	0,0056
Итого:	-	-	-	-	5,7498га	-	-
					5,75га =	0,057км²	

4.2 Определение площади аналитическим методом

При известных координатах вершин геометрической фигуры (см. табл. 3.3) площадь определяется по формуле:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n (X_{i+1} + X_i) \cdot (Y_{i+1} - Y_i), \text{м}^2 \quad (4.4)$$

где X_i, Y_i - координаты начальной точки, м

X_{i+1}, Y_{i+1} - координаты последующей точки, м.

Расчёт производим в табличной форме (см. табл. 4.2).

Таблица 4.2 Определение площади полигона аналитическим методом

№ точек	Координаты, м		$X_{i+1} + X_i,$ м	$Y_{i+1} - Y_i,$ м	$S_i,$ м ²
	X	Y			
1	7699,90	4399,70			
			15403,77	-118,28	-1821957,9
2	7703,87	4281,42			
			15602,14	-36,21	-564953,5
3	7898,27	4245,21			
			15878,43	140,55	2231713,3
4	7980,16	4385,76			
			15882,82	143,95	2286331,9
5	7902,66	4529,71			
			15698,6	-3,80	-59654,7
6	7795,94	4525,91			
			15495,84	-126,21	-1955729,9
1	7699,90	4399,7			
Итого:					$\sum S_i =$
					=115749,2

На основе данных таблицы 4.2 получаем искомую площадь:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n S_i = 0,5 \cdot 115749,2 = 57874,6 \text{ м}^2 = 5,79 \text{ га} = 0,058 \text{ км}^2$$

4.3 Определение площади планиметром

Измерение площади производится в два этапа:

1. Определяется цена деления планиметра на основе измерений по фигуре, площадь которой известна ($S_{изв.}$). В данном случае за известную фигуру принят квадрат координатной сетки плана.

Цена деления планиметра определяется по формуле:

$$p = \frac{S_{изв.}}{\Delta n} = \frac{S_{изв.}}{n_K - n_H}, \text{ га} \quad (4.4)$$

где n_H, n_K - показания планиметра соотв. на начало и окончание обвода площади.

2. Производится измерение рассматриваемой площади.

Площадь фигуры определяется по формуле:

$$S = p \cdot (n_K - n_H), \text{га} \quad (4.5)$$

Вычисления

Величина известной площади (квадрата координатной сетки) будет равна:

$$S_{изв} = 10 \cdot 10 \cdot 0,04 = 4,00 \text{га}$$

Результаты соответствующих измерений и вычисления площади представлены в табличной форме (см. табл. 4.3).

Таблица 4.3 Определение площади планиметром

Наименование фигуры	Показания планиметра (у.е.)				$P,$ га	$S,$ га	
	№ изме- рения	n_H	n_K	$n_K - n_H$			$\Delta n_{ср.}$
Квадрат координатной сетки 10x10 см	1	0,000	99,913	99,913	99,909	0,04004	4,00
	2	0,000	99,906	99,906			
	3	0,000	99,910	99,910			
	4	0,000	99,909	99,909			
Многоугольник 1-2-3-4-5-6-1	1	0,000	144,188	144,188	144,191	0,04004	5,7734
	2	0,000	144,192	144,192			
	3	0,000	144,195	144,195			
	4	0,000	144,189	144,189			
Итого:	-	-	-	-	-	-	5,77га
							0,058км²

5 Составление характеристики рельефа

5.1 Определение отметок проектных точек по горизонталям

Отметки точек определяем методом графической интерполяции по направлению линии максимального ската – посредством графического измерения соответствующих отрезков горизонтального проложения линии ската: нижнего (d_H) и верхнего (d_B). Графическая иллюстрация данного метода интерполяции приводится на рис. 5.1.

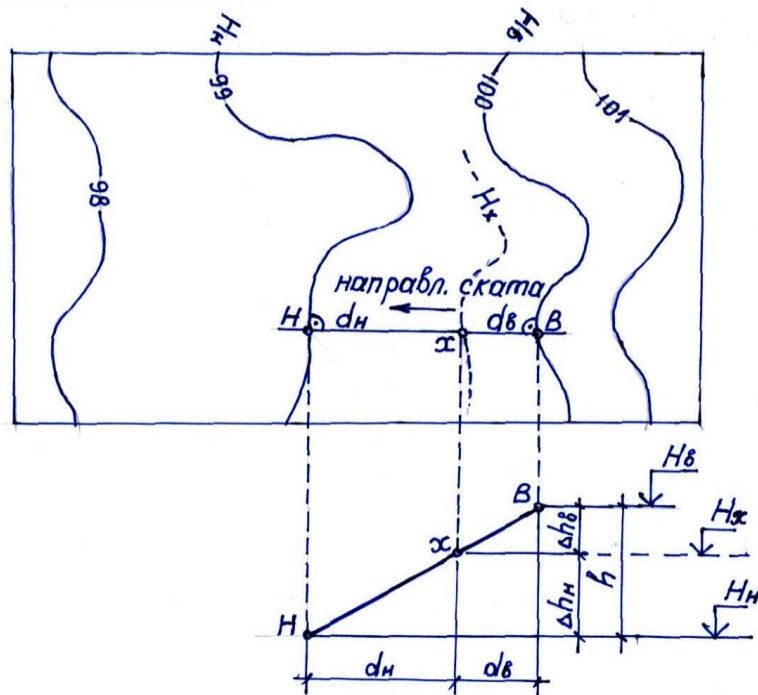


Рис. 5.1 Схема к определению высотной отметки (H_x) точки (x) на плане

Отметка точки (x) определяется по формуле:

а) по величине верхнего отрезка

$$H_x = H_B - \Delta h_B = H_B - \frac{d_B \cdot h}{d_H + d_B}, \text{ м} \quad (5.1)$$

где величина верхнего превышения (Δh_B , м) устанавливается из пропорции

- подобия соотв. треугольников: $\frac{d_B}{d_H + d_B} = \frac{\Delta h_B}{h}$;

h – высота сечения рельефа, м.

а) по величине нижнего отрезка

Высотная отметка точки (x) определяется аналогично - по следующей формуле:

$$H_x = H_H + \Delta h_H = H_H + \frac{d_H \cdot h}{d_H + d_B}, \text{ м} \quad (5.2)$$

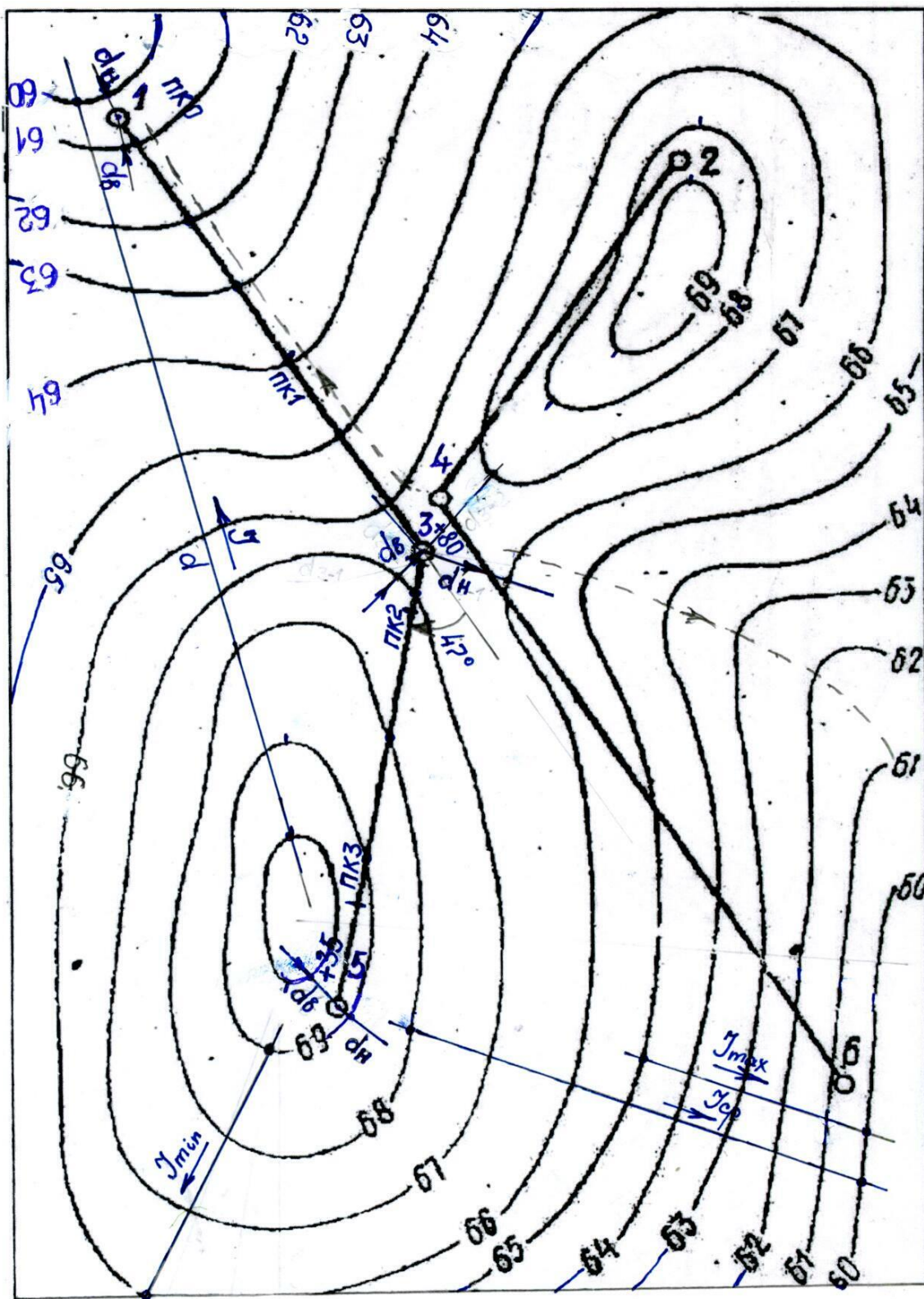


Рис. 5.2 План участка к составлению характеристики рельефа

**Определение отметок характерных точек трассы: 1-3-5
(см. рис. 5.2, сечение рельефа: $h=1,0\text{м}$)**

а) точка 1

Измеренные на плане соотв. отрезки : $d_H=4,2\text{мм}$; $d_B=5,6\text{мм}$.

По формуле (5.2) получаем:

$$H_1 = H_H + \frac{d_H \cdot h}{d_H + d_B} = 60,00 + \frac{4,2 \cdot 1,0}{4,2 + 5,6} = 60,43\text{м}$$

Контроль производим по формуле (5.1):

$$H_1 = H_B - \frac{d_B \cdot h}{d_H + d_B} = 61,00 - \frac{5,6 \cdot 1,0}{4,2 + 5,6} = 60,43\text{м}$$

Аналогично определяем отметки для остальных точек трассы:

б) точка 3 ($d_H=15,2\text{мм}$; $d_B=5,8\text{мм}$)

По формуле (5.2) получаем:

$$H_3 = H_H + \frac{d_H \cdot h}{d_H + d_B} = 66,00 + \frac{15,2 \cdot 1,0}{15,2 + 5,8} = 66,72\text{м}$$

Контроль: $H_3 = H_B - \frac{d_B \cdot h}{d_H + d_B} = 67,00 - \frac{5,8 \cdot 1,0}{15,2 + 5,8} = 66,72\text{м}$

б) точка 5 ($d_H=2,5\text{мм}$; $d_B=7,0\text{мм}$)

По формуле (5.2) получаем:

$$H_5 = H_H + \frac{d_H \cdot h}{d_H + d_B} = 69,00 + \frac{2,5 \cdot 1,0}{2,5 + 7,0} = 69,26\text{м}$$

Контроль: $H_5 = H_B - \frac{d_B \cdot h}{d_H + d_B} = 70,00 - \frac{7,0 \cdot 1,0}{2,5 + 7,0} = 69,26\text{м}$

5.2 Определение уклонов поверхности земли

На основе анализа рельефа участка (см. рис. 5.2) выделяем места с характерными уклонами и определяем их средние значения по формуле:

$$I = |\operatorname{tg} \alpha| = \frac{\Delta H}{d} = \frac{H_K - H_H}{d} \quad (5.3)$$

где ΔH – превышение между расчетными точками трассы, м;

H_K , H_H - соответственно: отметки поверхности земли в конце и начале расчетного участка трассы, м;

d – горизонтальное проложение линии поверхности земли расчетного участка, м.

Максимальный и минимальный уклоны поверхности земли будут равны:

$$I_{\max} = \frac{H_K - H_H}{d} = \frac{65,00 - 60,00}{3,90 \cdot 20} = 0,0641 = 64,1^{\circ} /_{00} = 6,41\% = 3^{\circ}40'$$

$$I_{\min} = \frac{H_K - H_H}{d} = \frac{69,00 - 66,00}{4,65 \cdot 20} = 0,0323 = 32,3^{\circ} /_{00} = 3,23\% = 1^{\circ}51'$$

Средний уклон поверхности земли:

$$I_{\text{ср}} = \frac{H_K - H_H}{d} = \frac{68,00 - 60,00}{8,05 \cdot 20} = 0,0497 = 49,7^{\circ} /_{00} = 4,97\% = 2^{\circ}51'$$

Общий средний уклон местности:

$$I = \frac{H_K - H_H}{d} = \frac{70,00 - 60,00}{12,96 \cdot 20} = 0,0386 = 38,6^{\circ} /_{00} = 3,86\% = 2^{\circ}13'$$

5.3 Характеристика рельефа

Характеристику рельефа составляем на основе анализа рельефа участка, изображенного на топографическом плане (см. рис. 5.2). Характеристика рельефа, составленная в табличной форме, приводится в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Характеристика рельефа

№ п/п	Элементы характеристики и показатели	Местоположение (по отдельным частям участка)	Характерные формы рельефа	Направление	Примечание
1	Характер рельефа	-участок в целом	седловина	--	--
		-центральная	лощина (гальвег)	Ю-В	--
		-северная	--	--	--
		-южная	--	--	--
		-восточная	--	--	--
		-западная	--	--	--
		-северо-восточная	холм	--	--
		-северо-западная	гальвег	С-З	--
		-юго-восточная	склон	Ю-В	--
		-юго-западная	холм	--	--
2	Уклоны:				
	- максимальный	-юго-восточная	--	Ю-В	$I = 0,06 \dots 0,07$
	- минимальный	-юго-западная	--	Ю-З	$I = 0,03 \dots 0,04$
	-средний	-юго-восточная	--	Ю-В	$I = 0,045 \dots 0,055$
	-общий уклон местности в целом	-западная		С-З	$I = 0,035 \dots 0,040$

3	Микрорельеф -- явно выраженный				
	- сильно развитый	--	--	--	--
	- среднеразвитый	--	--	--	--
	-слабо развитый	--	--	--	--
4	Микрорельеф -- не- явно выраженный	-участок в целом	блюдца, бугры	--	глубина, высота <1м

5.4 Построение профиля местности

Построение профиля поверхности земли по проектной трассе линейного сооружения производится с соблюдением следующих правил и нормативных положений:

1. Вычерчивается форма профиля с соблюдением: нормативно-технических условий по оформлению и соблюдению соотв. размеров.

2. Разбивка пикетажа (через 100 м) производится одновременно на плане и расчерченной форме профиля.

3. Линия поверхности земли на профиле изображается:

- по точкам пересечения трассы с горизонталями;
- дополнительно используются характерные точки трассы, отметки которых определяются методом интерполяции на плане.

4. Местоположение высотных точек определяется измерениями от ближайших соответствующих пикетов.

5. Участки трассы с соответствующими уклонами оцениваются:

- по характерным точкам проектной трассы;
- по точкам резкого изменения уклона.

6. Высотные отметки в соответствующей строке профиля проставляются:

- по пикетам;
- в характерных точках трассы;
- в местах изменения уклона.

7. Высотные отметки на пикетах определяются графически (по высотной шкале – с точностью: 0,05м - при вертикальном масштабе М1:100).

Продольный профиль поверхности земли по проектной трассе **1-3-5** представлен на рис. 5.3.

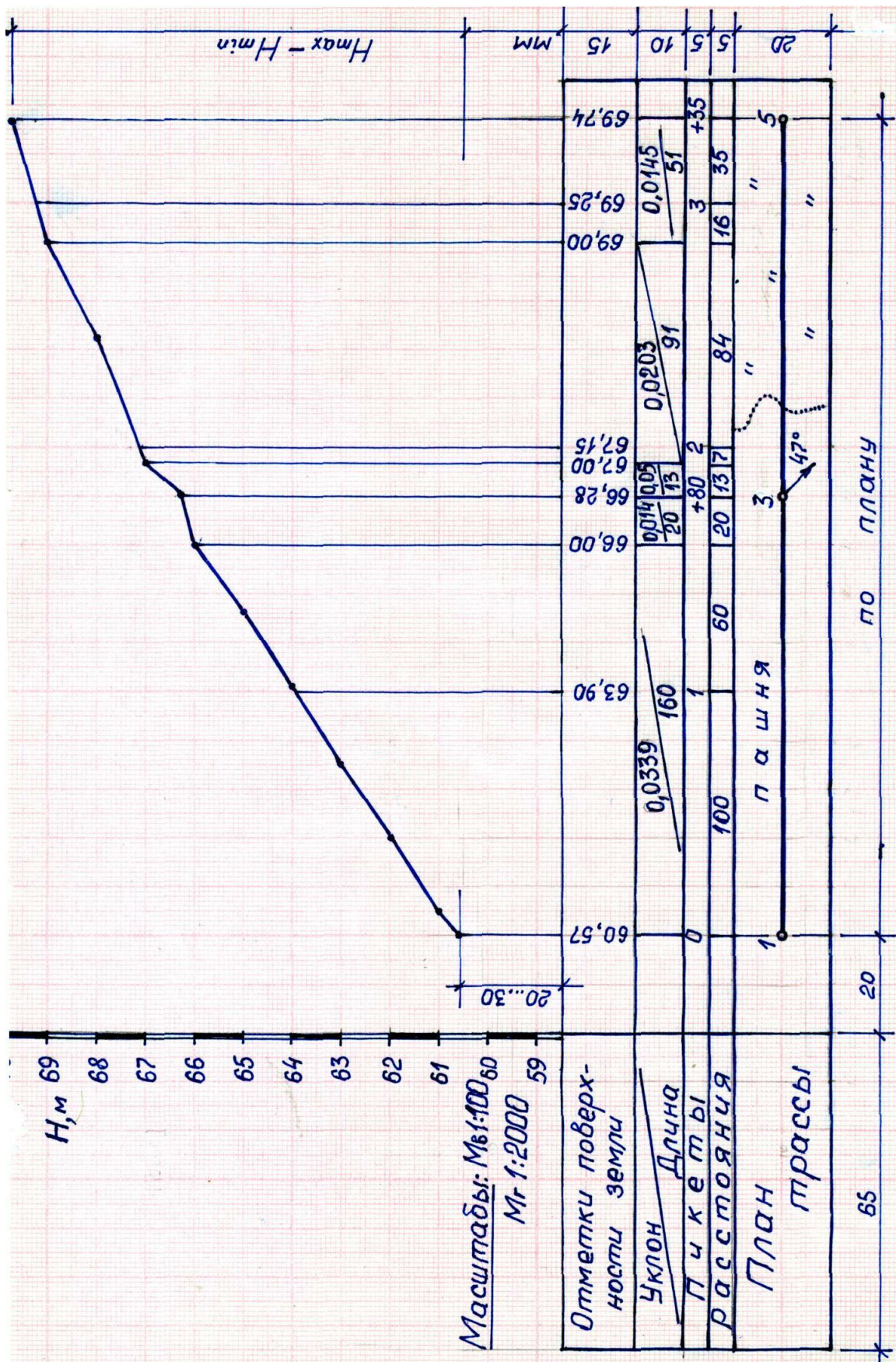


Рис. 5.3 Продольный профиль местности проектной трассы: 1-3-5

6 Обработка материалов высотной съёмки

6.1 Обработка результатов нивелирования связующего хода

Из полевого журнала нивелирования (см. рис. 1.2) заносим результаты нивелирования поверхности по квадратам в журнал нивелирования табличной формы (см. табл. 6.1).

Расчётные формулы и вычисления

Допустимую невязку в сумме превышений связующего хода определяем по формуле:

$$f_{hd} = \pm 10\sqrt{n} \text{ ,мм} \quad (6.1)$$

где n – число станций нивелирования.

В данном случае: $f_{hd} = \pm 10\sqrt{4} = \pm 20\text{мм}$

Невязку хода определяем по формуле:

$$f_h = \sum h_{п} - (H_k - H_n), \text{ мм} \quad (6.2)$$

где $\sum h_{п}$ – практическая сумма превышений хода;

H_k, H_n - соответственно: отметки конечной и начальной точек хода.

$$\text{Должно выполняться условие: } f_h < f_{hd} \quad (6.3)$$

Результаты вычислений приводятся в таблице 6.1.

Таблица 6.1 Журнал нивелирования точек связующего хода

№ ст.	№ связ. точек	Отсчёты по рейке		Превышения, мм					Отметки точек, м	
		задние	передн.	вычисл.		средние		испр.		
				+	-	+	-			
I	Rp.1	2584	ч	1155					1158	170,000
		7268	к							+3
	1	ч	1429	1155						171,158
		к	6113							
II	1	1604	ч	217					217	171,158
		6289	к							+2
	2	ч	1387	213						171,375
		к	6076							
III	2	0324	ч						-344	171,375
		5009	к							-347
	3	ч	0671							171,031
		к	5354							-345
IV	3	0592	ч						-1031	171,031
		5277	к							-1035
	Rp.1	ч	1627							170,000
		к	6310							-1033
Итого:		-	-	-	-	1370	-1380	0	-	-
							-10			

В данном случае - для замкнутого хода: $H_H - H_K = 0$, т.е.:

$$f_h = \sum h_{II} = 1370 - 1380 = -10 \text{ мм}$$

Нормативное условие (6.3) выполняется, т.е.: $f_h = 10 \text{ мм} < f_{hd} = 20 \text{ мм}$

Невязка распределяется с обратным знаком поровну на каждую станцию нивелирования: $\Delta f_h = -\sum h_{II} / n = -(-10/4) = +2,75 (+2...3 \text{ мм})$

6.2 Определение высотных отметок съёмочных точек и изображение рельефа

6.2.1 Определение отметок вершин квадратов

Высотные (отметки) вершин квадратов определяем на основе отметок ($H_{ГИ}$) горизонта инструмента:

$$H_i = H_{ГИ} - v_i, \text{ м} \quad (6.4)$$

где v_i – отсчёт по рейке в соотв. вершине квадрата.

Горизонт инструмента (отметку) устанавливаем на каждой станции - как среднюю величину из двух значений:

$$H_{ГИ(n)} = H_n + v_n, \text{ м} \quad (6.5)$$

$$H_{ГИ(z)} = H_z + v_z, \text{ м} \quad (6.6)$$

где H_n, H_z – соответственно высотные отметки точек: передних и задних связующего хода, где были поставлены рейки при съёмке;

v_n, v_z – отсчёты по чёрной стороне рейки в соотв. точках.

Результаты вычислений приведены в табличной форме -- журнале нивелирования (см. табл. 6.2).

6.2.2 Построение плана с горизонталями

После определения отметок всех пронивелированных точек:

1. Высотные отметки вершин квадратов из журналов нивелирования (см. табл. 6.1 и 6.2) наносятся на сетку квадратов (с округлением до 0,01м), расчерченную в заданном масштабе: 1:1000.

2. На всех сторонах квадратов – методом графической интерполяции - определяются местоположения точек, которые соответствуют отметкам горизонталей (кратно высоте сечения рельефа: $h=0,25$ м).

3. Точки с одинаковыми высотами соединяются плавными линиями – горизонталями, на которых указывается их высота (цифры ставятся по направлению ската).

Построенный план участка с горизонталями представлен на рис. 6.1.

Таблица 6.2 Журнал нивелирования по квадратам

$$H_{min} = 169,409\text{м} \quad H_{np.} = 170,621\text{ м}$$

№ станции	№ точек	Отсчёты по рейке			Превышения, м			Горизонт инструмента, м		Отметки точек, м
		зад-ние	перед-ние	про-межу-точные	относ. H_{min}		отно-сит. $H_{np.}$	вычис-ленный	сред-ний	
					обоз-начение	вели-чина				
I	Rp.1	2584	ч					172,534	172,561	170,000
		-	к							
	I	ч	1429					172,587		
		к	-							
I										
	4			1021	h_1	2,131	-0,919			171,540
	5			1819	h_2	1,333	-0,121			170,742
	6			1836	h_2	1,316	-0,104			170,725
	7			2652	h_4	0,500	0,712			169,909
	8			1821	h_4	1,331	-0,119			170,740
II	I	1604	ч		h_2	1,749	-0,537	172,762	172,762	171,158
		-	к							
	2	ч	1387					172,762		
		к	-		h_2	1,966	-0,754	172,762		
II										
	9			1380	h_2	1,973	-0,761			171,382
	10			0840	h_1	2,513	-1,301			171,922
	11			1171	h_4	2,112	-0,970			171,591

Продолжение таблицы 6.2

<i>III</i>	2	0324	ч		-			171,699	171,701	171,375	
		-	к				1,622	-0,410			
	3	ч	0671						171,702		
к		-			<i>h</i>₂					171,031	
<i>III</i>											
	12			0841	<i>h</i>₄	1,451	-0,239			170,860	
	13			0590	<i>h</i>₂	1,702	-0,490			171,111	
	14			1359	<i>h</i>₂	0,933	0,279			170,342	
	15			1629	<i>h</i>₁	0,663	0,549			170,072	
<i>IV</i>	3	0592	ч		-			171,623	171,625	171,031	
		-	к								
	<i>Rp.1</i>	ч	1627						171,627		
		к	-			-					170,000
<i>IV</i>											
	16			1213	<i>h</i>₂	1,003	0,209			170,412	
	17			2109	<i>h</i>₄	0,107	1,105			169,516	
	18			1390	<i>h</i>₄	0,826	0,386			170,235	
	19			1828	<i>h</i>₁	0,388	0,824			169,797	
	20			2216	<i>h</i>₂	0,000	1,212			169,409	

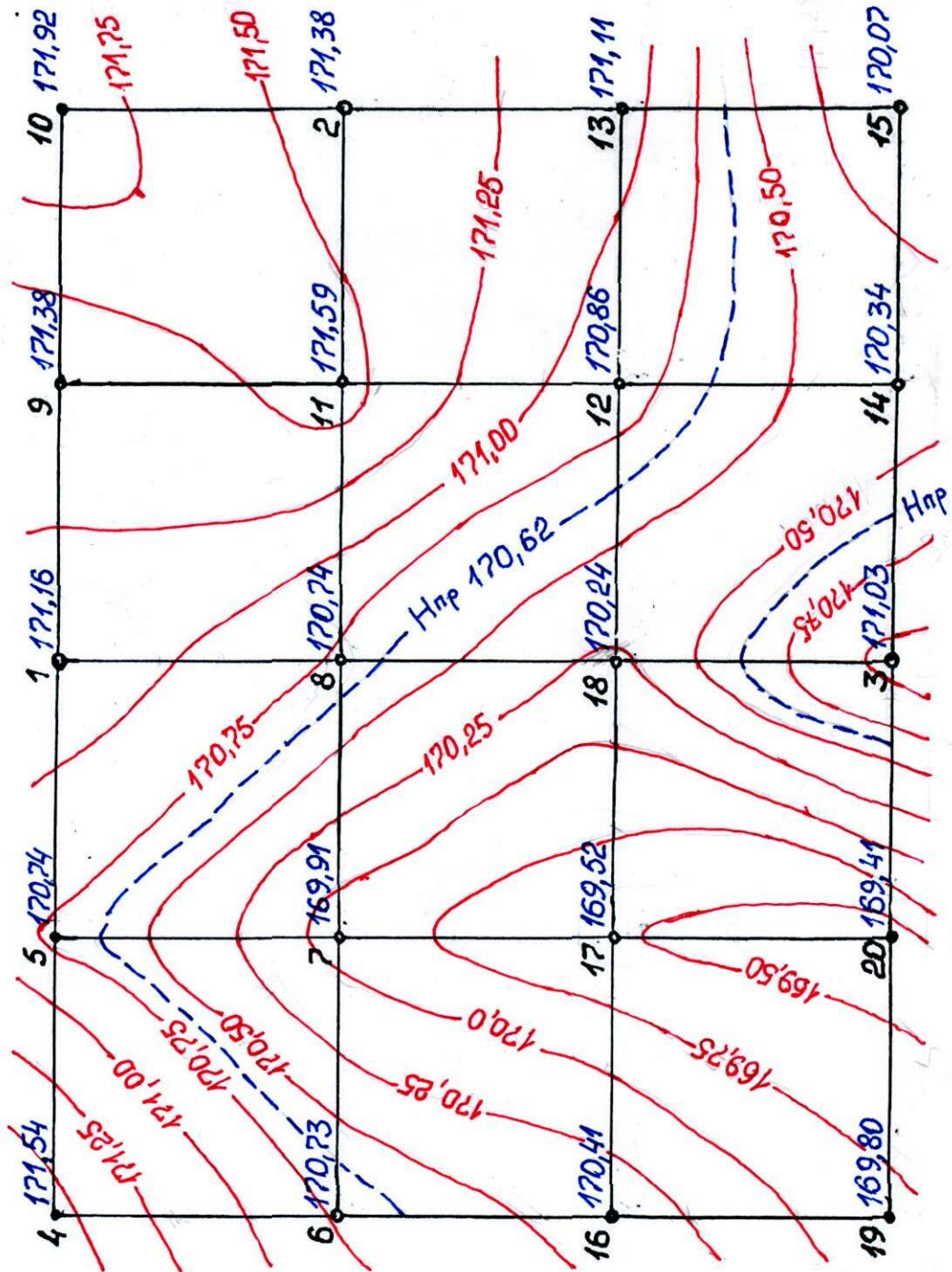


Рис. 6.1 План участка под вертикальную планировку М1:1000

7 Проектирование вертикальной планировки под застройку

7.1 Проектирование вертикальной планировки под горизонтальную плоскость

Проектирование вертикальной планировки производится исходя из принципа баланса земляных работ – равенства срезки и насыпи грунта.

На съемочной сетке квадратов в каждой вершине квадрата:

а) определяются их превышения (h_i) над минимальной отметкой (H_{min} – из всех вершин квадратов):

$$h_i = H_i - H_{min}, \text{ м} \quad (7.1)$$

б) на сетке квадратов устанавливаются и обозначаются превышения, которые принадлежат соответствующему количеству квадратов ($h_1 \dots h_4$).

Графическая иллюстрация геометрической сути данных вычислений приводится на рис. 7.1.

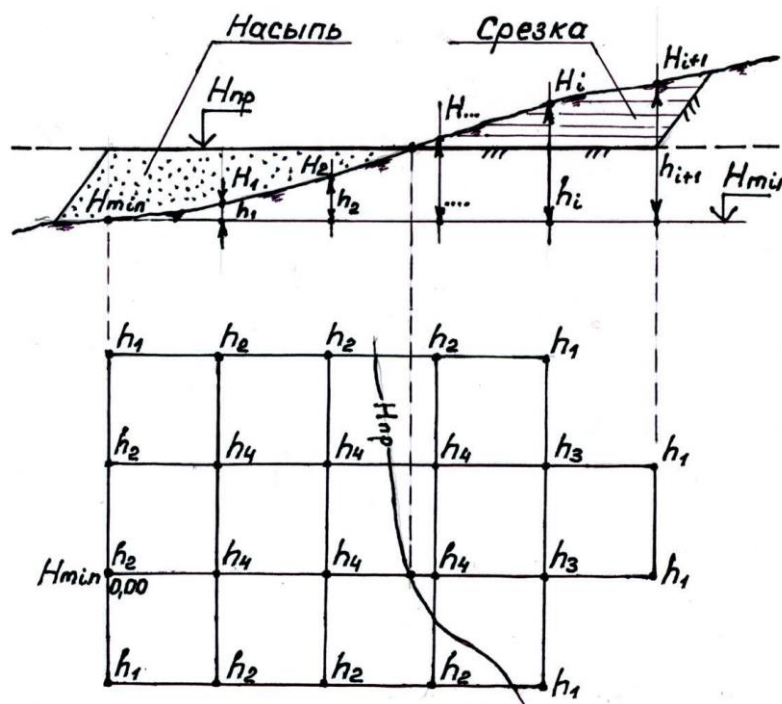


Рис. 7.1 Расчётная схема к проектированию вертикальной планировки

Проектная отметка горизонтальной строительной площадки (H_{np}) определяется по формуле:

$$H_{np} = H_{min} + \frac{\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4}{4 \cdot n}, \text{ м} \quad (7.2)$$

где n – общее количество квадратов;

$\sum h_1$ - сумма превышений для вершин, принадлежащих только *одному* квадрату, м;

$\sum h_2$ - сумма превышений для вершин, принадлежащих только *двум* квадратам, м;

$\sum h_3$ - сумма превышений для вершин, принадлежащих только *трем* квадратам, м;

$\sum h_4$ - сумма превышений для вершин, принадлежащих только *четырем* квадратам, м.

В данном случае, используя данные таблицы 6.2, получаем:

$$\sum h_1 = 2,131 + 2,513 + 0,663 + 0,388 = 5,695 м$$

$$\sum h_2 = 0,000 + 1,333 + 1,316 + 1,749 + 1,966 + 1,973 + 1,622 + 1,702 + 0,933 + 1,003 = 13,597 м$$

$$\sum h_3 = 0,000$$

$$\sum h_4 = 0,500 + 1,331 + 2,112 + 1,451 + 0,107 + 0,826 = 6,327 м$$

По формуле (7.2) величина проектной отметки горизонтальной площади будет равна:

$$H_{np} = 169,409 + \frac{5,695 + 2 \cdot 13,597 + 3 \cdot 0,000 + 4 \cdot 6,327}{4 \cdot 12} = 170,621 м$$

Методом графической интерполяции на плане (см. рис. 6.1) изображается горизонталь с отметкой ($H_{np.} = 170,62 м$) - граница «нулевых» работ (линия пересечения проектной плоскости с поверхностью земли).

7.2 Составление картограммы и определение объёмов земляных работ

7.2.1 Составление картограммы земляных работ

Картограмма земляных работ представляет собой графическое изображение на плане насыпей и выемок (срезки грунта) – см. рис. 7.3.

На плановой сетке - у вершин квадратов выписываются превышения (h_{pi}) рабочей отметки ($H_{np.}$) над поверхностью земли (см. табл. 6.2), определяемые по формуле:

$$h_{pi} = H_{np.} - H_i, \pm м \quad (7.3)$$

где H_i – отметки поверхности земли в соотв. точках, м;

Знаки превышений характеризуют: «+» - насыпь; «-» - выемку (срезку грунта).

Составленная картограмма земляных работ для данного участка приведена на рис. 7.3.

7.2.2 Определение объемов земляных работ

Объемы земляных работ определяются по выемке и насыпи отдельно – по методике разбивки объема срезки-выемки на элементарные земляные призмы (см. рис. 7.2).

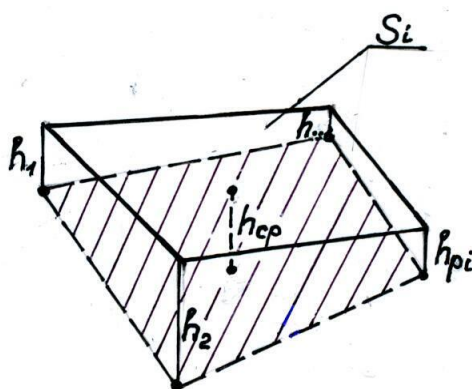


Рис. 7.2 Графическая иллюстрация метода определения объёмов земляных работ

Объёмы земляных призм в этом случае определяются по формуле:

$$V_i = S_i \cdot h_{cp.}, м^3 \quad (7.4)$$

где S_i – площадь основания призмы (соответствующей геометрической фигуры на картограмме), м²;

$h_{cp.}$ – средняя рабочая высота насыпи или глубина выемки, определяемая как среднее арифметическое в пределах одной элементарной призмы (на основе данных табл.6.2 или картограммы).

Площади определяются графическим методом (на картограмме) посредством разбивки квадратов на элементарные геометрические фигуры. При разбивке используется принцип: «В вершинах фигур должны быть известны рабочие превышения – слои срезки или выемки (h_{pi} или 0,00)».

При графическом измерении площадей рекомендуется производить следующие виды контроля:

- сумма измеряемых отрезков (l) - размеров геометрических фигур на стороне квадрата (a) должна быть равна: $\sum l_i = a$;

- сумма площадей геометрических фигур в пределах одного квадрата должна быть равна: $\sum S_i = a^2$.

В итоговом результате вычислений производится проверка соблюдения баланса земляных работ, т.е. выполнимость следующего нормативно-технического условия:

$$\Delta V = \frac{\sum V_H - \sum V_B}{\sum V_H + \sum V_B} \cdot 100, \% \leq \pm 5\% \quad (7.5)$$

Вычисление объемов земляных работ произведено в табличной форме (см. табл. 7.1).

Таблица 7.1 Ведомость вычисления объемов земляных работ

Расчетная фигура			Рабочие параметры, м				Объем земляных работ	
			выемка		насыпь			
№	наименование	площадь $S_i, м^2$	h_{pi}	$h_{cp.}$	h_{pi}	$h_{cp.}$	выемка $V_H, м^3$	насыпь $V_B, м^3$
1	трапеция	950,0	0;0,10;0,92;0,12	0,29	-	-	275,5	-
2	тр-ник	99,0	0;0,12;0	0,04	-	-	4,0	-
3	тр-ник	105,0	0,12;0;0	0,04	-	-	4,2	-
4	трапеция	920,0	0;0,12;0,54;0,12	0,20	-	-	184,0	-
5	квадрат	1600,0	0,54;0,76;0,97;0,12	0,60	-	-	960,0	-
6	квадрат	1600,0	0,76;1,30;0,75;0,97	0,95	-	-	1520,0	-
7	трапеция	1100,0	0,24;0;0,12;0,97	0,33	-	-	363,0	-
7а	тр-ник	25,0	0;0;0,12	0,04	-	-	1,0	-
7б	тр-ник	18,0	0;0;0,12	0,04	-	-	0,7	-
8	квадрат	1600,0	0,97;0,75;0,49;0,24	0,61	-	-	976,0	-
9	тр-ник	105,0	0;0;0,24	0,08	-	-	8,4	-
10	трапеция	580,0	0;0;0,24;0,49	0,18	-	-	104,4	-
11	тр-ник	184,0	0;0;0,41	0,14	-	-	25,8	-
12	тр-ник	241,5	0;0;0,41	0,14	-	-	33,8	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-
14	тр-ник	28,1	0;0;0,10	0,03	-	-	0,8	-
15	тр-ник	551,0	-	-	0;0;0,71	0,24	-	132,2
16	тр-ник	575,0	-	-	0;0;0,71	0,24	-	138,0
17	тр-ник	133,3	-	-	0;0;0,71	0,24	-	32,0
18	трапеция	1438,6	-	-	0,71;1,11;0,21;0	0,51	-	733,7

Продолжение таблицы 7.1

19	трапеция	1479,5	-	-	0,39;1,11;0,71; 0	0,55	-	813,7
20	тр-ник	102,5	-	-	0;0;0,39	0,13	-	13,3
21	тр-ник	425,0	-	-	0;0;0,39	0,13	-	55,3
22	квадрат	1600,0	-	-	0,21;1,11;1,21; 0,82	0,84	-	1344,0
23	трапеция	1287,0	-	-	1,11;0,39; 1,21;0	0,68	-	875,2
24	тр-ник	129,0	-	-	0,39;0;0	0,13	-	16,8
25	тр-ник	225,0	-	-	0,39;0;0	0,13	-	29,3
26	тр-ник	307,5	-	-	0;0;0	-	-	-
27	тр-ник	490,4	-	-	0;0;0	-	-	-
28	тр-ник	230,6	-	-	0,28;0;0	0,09	-	20,7
29	трапеция	1020,0	-	-	0;0,28; 0,55;0	0,21	-	214,2
	Итого:	-	-	-	-	-	4461,6	4183,5

Контроль выполнимости условия (7.5):

$$|\Delta V| = \frac{4183,5 - 4461,6}{4183,5 + 4461,6} \cdot 100\% = 3,22\% < 5,0\%$$

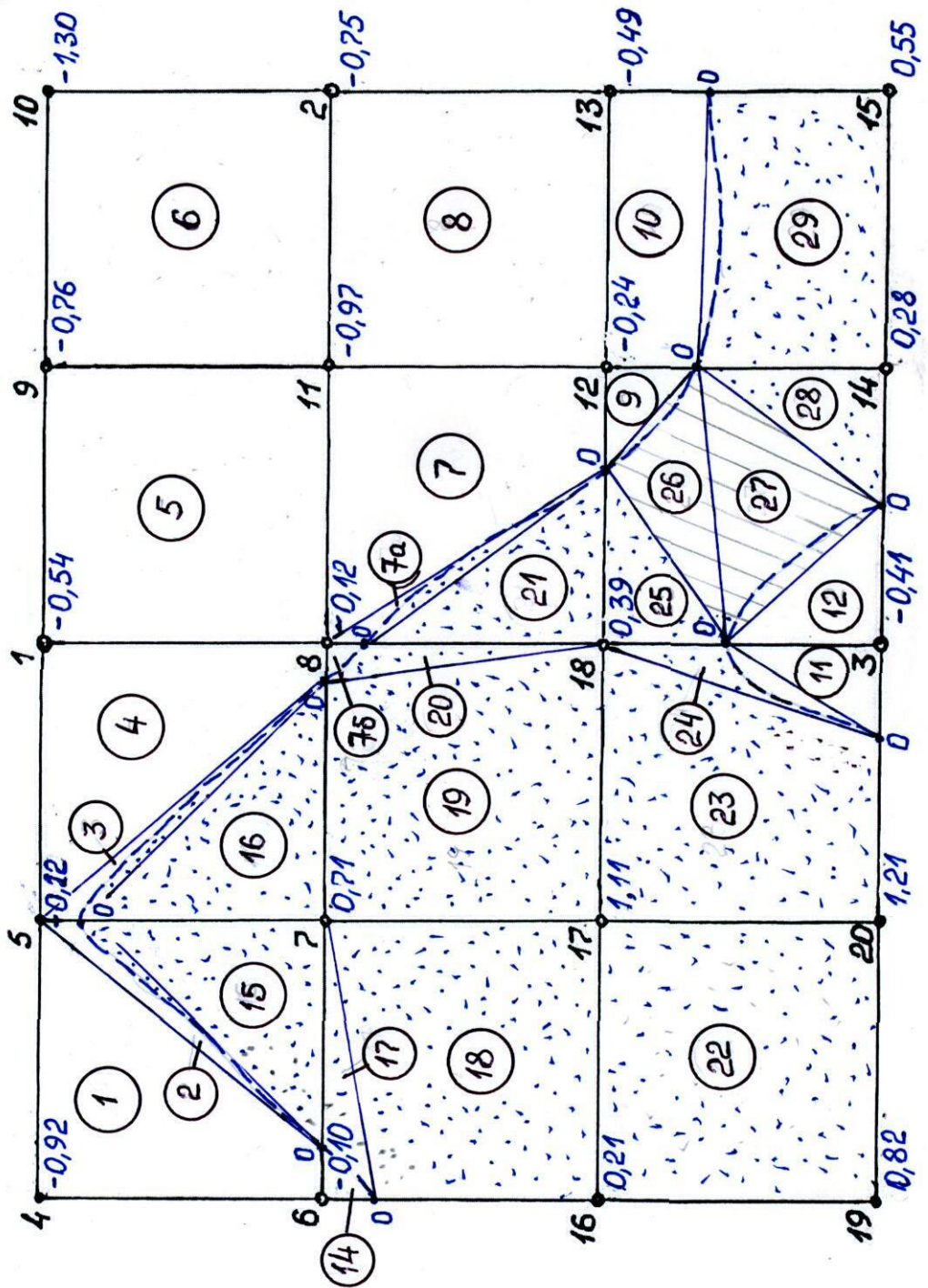


Рис. 7.3 Картограмма земляных работ М1:1000

Приложения

Варианты исходных данных

Приложение 1

Параметры ориентирования и размеры сторон теодолитного хода

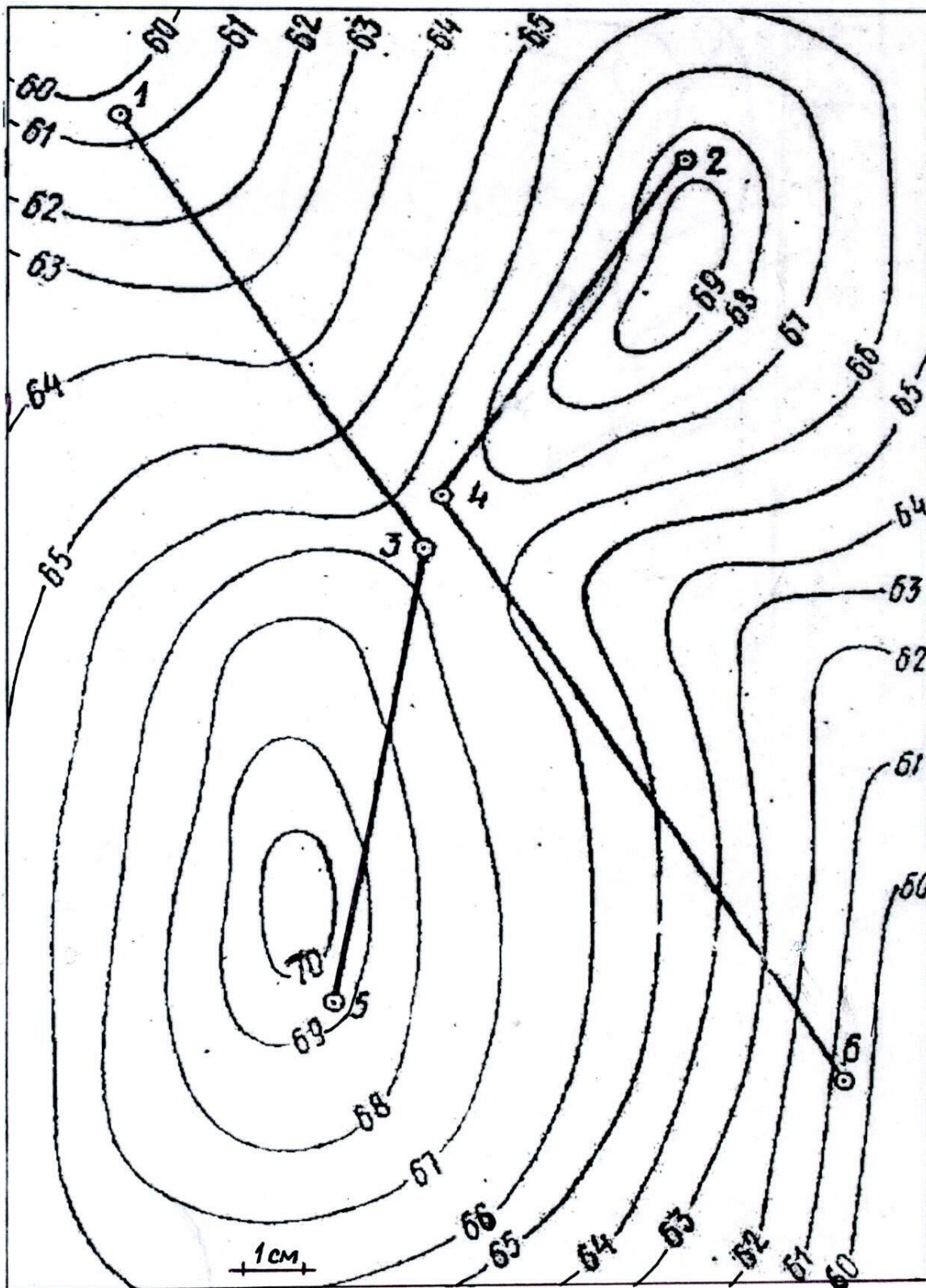
№ вар.	Сторона	Румбы	Длина, м	№ вар.	Сторона	Румбы	Длина, м
01	1-2	СЗ:88 ⁰ 01,0/	118,83	02	1-2	СЗ:21 ⁰ 59,0/	149,00
	2-3	СЗ:10 ⁰ 59,0/	198,20		2-3	СВ:04 ⁰ 15,0/	145,60
	3-4	СВ:59 ⁰ 45,0/	163,10		3-4	ЮВ:73 ⁰ 29,0/	154,20
	4-5	ЮВ:61 ⁰ 45,0/	163,88		4-5	ЮЗ:04 ⁰ 45,0/	132,05
	5-6	ЮЗ:02 ⁰ 01,0/	106,71		5-1	ЮЗ:41 ⁰ 15,0/	142,02
	6-1	ЮЗ:52 ⁰ 45,0/	158,47		-	-	-
03	1-2	СЗ:70 ⁰ 01,0/	150,00	04	1-2	СВ:80 ⁰ 01,0/	150,70
	2-3	СЗ:09 ⁰ 45,0/	161,50		2-3	ЮВ:19 ⁰ 45,0/	161,60
	3-4	СВ:67 ⁰ 31,0/	162,30		3-4	ЮЗ:57 ⁰ 31,0/	162,35
	4-5	ЮВ:76 ⁰ 15,0/	141,70		4-5	СЗ:86 ⁰ 15,0/	141,70
	5-6	ЮЗ:15 ⁰ 30,0/	128,90		5-6	СВ:05 ⁰ 30,0/	128,90
	6-1	ЮЗ:38 ⁰ 15,0/	142,05		6-1	СВ:43 ⁰ 30,0/	97,20
05	1-2	ЮЗ:67 ⁰ 59,0/	149,00	06	1-2	ЮЗ:73 ⁰ 01,0/	130,38
	2-3	СЗ:85 ⁰ 15,0/	145,50		2-3	СЗ:13 ⁰ 45,0/	165,36
	3-4	СВ:16 ⁰ 29,0/	154,20		3-4	СВ:17 ⁰ 31,0/	167,20
	4-5	ЮВ:84 ⁰ 15,0/	132,10		4-5	ЮВ:53 ⁰ 30,0/	244,10
	5-1	ЮВ:49 ⁰ 45,0/	142,00		5-1	ЮЗ:32 ⁰ 15,0/	160,40
07	1-2	ЮВ:14 ⁰ 15,0/	202,73	08	1-2	ЮЗ:42 ⁰ 46,0/	201,00
	2-3	ЮЗ:65 ⁰ 01,0/	169,25		2-3	СЗ:75 ⁰ 31,0/	217,20
	3-4	СЗ:68 ⁰ 15,0/	158,10		3-4	СВ:10 ⁰ 15,0/	248,18
	4-5	СВ:23 ⁰ 45,0/	177,75		4-5	ЮВ:79 ⁰ 15,0/	270,40
	5-1	СВ:75 ⁰ 30,0/	184,73		5-1	ЮЗ:51 ⁰ 45,0/	159,30
09	1-2	ЮЗ:88 ⁰ 59,0/	133,82	10	1-2	ЮВ:31 ⁰ 31,0/	165,35
	2-3	СЗ:06 ⁰ 15,0/	163,95		2-3	ЮЗ:79 ⁰ 16,0/	180,25
	3-4	СВ:74 ⁰ 29,0/	176,47		3-4	СЗ:73 ⁰ 15,0/	106,25
	4-5	ЮВ:55 ⁰ 30,0/	155,05		4-5	СВ:21 ⁰ 15,0/	135,00
	5-1	ЮЗ:50 ⁰ 45,0/	189,22		5-1	СВ:82 ⁰ 45,0/	143,61
11	1-2	СЗ:26 ⁰ 01,0/	193,50	12	1-2	СЗ:37 ⁰ 29,0/	113,30
	2-3	СВ:26 ⁰ 31,0/	139,40		2-3	СВ:04 ⁰ 45,0/	91,10
	3-4	ЮВ:73 ⁰ 00,0/	214,00		3-4	ЮВ:76 ⁰ 59,0/	108,00
	4-5	ЮЗ:18 ⁰ 15,0/	174,20		4-5	ЮВ:59 ⁰ 45,0/	92,30
	5-1	ЮЗ:60 ⁰ 15,0/	145,90		5-6	ЮЗ:18 ⁰ 00,0/	103,60
	-	-	-		6-1	ЮЗ:83 ⁰ 30,0/	97,02
13	1-2	ЮВ:57 ⁰ 46,0/	228,94	14	1-2	СВ:66 ⁰ 44,0/	152,60
	2-3	ЮЗ:25 ⁰ 01,0/	188,60		2-3	ЮВ:83 ⁰ 29,0/	181,20
	3-4	СЗ:71 ⁰ 15,0/	195,20		3-4	ЮЗ:37 ⁰ 45,0/	164,00
	4-5	СЗ:28 ⁰ 30,0/	236,00		4-5	ЮЗ:86 ⁰ 30,0/	159,40
	5-1	СВ:83 ⁰ 30,0/	185,20		5-1	СЗ:31 ⁰ 15,0/	116,80
15	1-2	СВ:33 ⁰ 30,0/	177,12	16	1-2	ЮВ:34 ⁰ 59,0/	312,00
	2-3	ЮВ:82 ⁰ 46,0/	156,80		2-3	ЮЗ:36 ⁰ 59,0/	82,70
	3-4	ЮЗ:09 ⁰ 44,0/	176,32		3-4	ЮЗ:46 ⁰ 45,0/	77,40
	4-5	ЮЗ:36 ⁰ 14,0/	176,29		4-5	СЗ:36 ⁰ 15,0/	178,60
	5-1	СЗ:32 ⁰ 15,0/	225,00		5-6	СЗ:38 ⁰ 30,0/	150,00
	-	-	-		6-1	СВ:48 ⁰ 15,0/	173,00

Параметры ориентирования и размеры сторон теодолитного хода

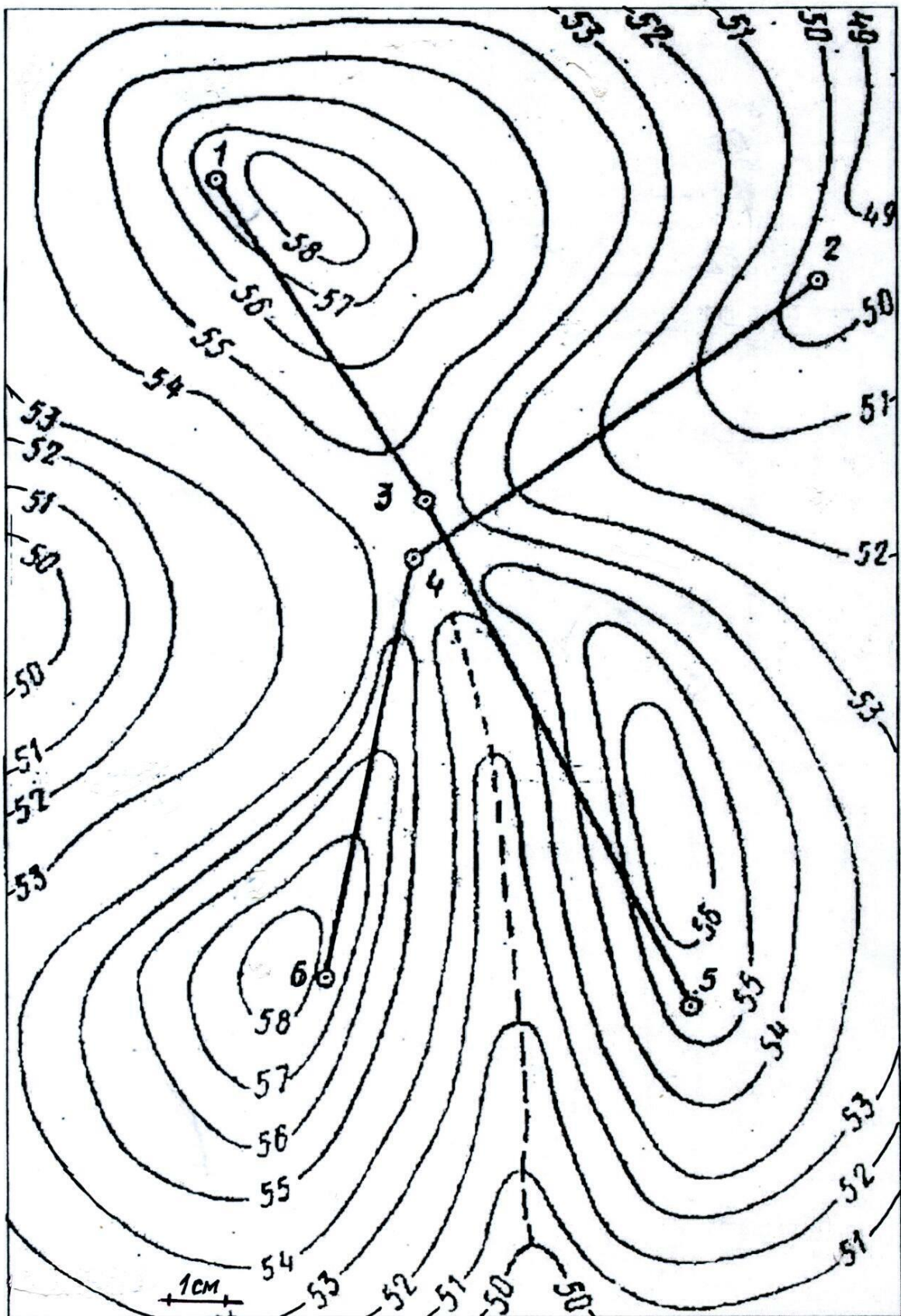
№ вар.	Сторона	Румбы	Длина, м	№ вар.	Сторона	Румбы	Длина, м
17	1-2	СВ:51 ⁰ 45,0/	257,20	18	1-2	СЗ:51 ⁰ 01,0/	122,24
	2-3	ЮВ:31 ⁰ 59,0/	195,60		2-3	СВ:35 ⁰ 31,0/	164,50
	3-4	ЮЗ:18 ⁰ 59,0/	105,60		3-4	СВ:77 ⁰ 45,0/	135,42
	4-5	ЮЗ:62 ⁰ 30,0/	181,80		4-5	ЮВ:57 ⁰ 00,0/	163,42
	5-1	СЗ:30 ⁰ 00,0/	220,21		5-6	ЮВ:20 ⁰ 15,0/	125,96
	-	-	-		6-1	ЮЗ:84 ⁰ 15,0/	314,24
19	1-2	СВ:14 ⁰ 01,0/	217,60	20	1-2	ЮВ:29 ⁰ 15,0/	221,33
	2-3	ЮВ:71 ⁰ 31,0/	181,65		2-3	ЮЗ:59 ⁰ 29,0/	274,38
	3-4	ЮВ:02 ⁰ 45,0/	192,35		3-4	СЗ:52 ⁰ 59,0/	103,20
	4-5	ЮЗ:51 ⁰ 15,0/	185,55		4-5	СВ:18 ⁰ 30,0/	232,07
	5-1	СЗ:30 ⁰ 00,0/	178,10		5-1	СВ:69 ⁰ 45,0/	151,32
	-	-	-		-	-	-
21	1-2	ЮЗ:42 ⁰ 31,0/	166,08	22	1-2	СВ:05 ⁰ 29,0/	221,96
	2-3	СЗ:84 ⁰ 01,0/	169,92		2-3	ЮВ:67 ⁰ 29,0/	184,12
	3-4	СЗ:13 ⁰ 15,0/	156,24		3-4	ЮВ:28 ⁰ 45,0/	207,00
	4-5	СВ:86 ⁰ 45,0/	204,12		4-5	ЮЗ:55 ⁰ 45,0/	259,61
	5-1	ЮВ:62 ⁰ 45,0/	128,64		5-1	СЗ:24 ⁰ 30,0/	192,26
23	1-2	СЗ:53 ⁰ 46,0/	236,72	24	1-2	ЮВ:74 ⁰ 15,0/	160,82
	2-3	СВ:29 ⁰ 01,0/	196,80		2-3	ЮВ:11 ⁰ 15,0/	106,92
	3-4	ЮВ:83 ⁰ 00,0/	193,92		3-4	ЮЗ:75 ⁰ 45,0/	242,88
	4-5	ЮВ:09 ⁰ 45,0/	144,00		4-5	СЗ:12 ⁰ 29,0/	124,52
	5-1	ЮЗ:39 ⁰ 15,0/	190,30		5-1	СВ:44 ⁰ 59,0/	124,08
25	1-2	СЗ:25 ⁰ 15,0/	184,40	26	1-2	СЗ:80 ⁰ 01,0/	150,70
	2-3	СВ:64 ⁰ 15,0/	106,15		2-3	ЮВ:19 ⁰ 45,0/	161,60
	3-4	ЮВ:74 ⁰ 01,0/	104,37		3-4	ЮВ:57 ⁰ 31,0/	162,35
	4-5	ЮВ:17 ⁰ 01,0/	143,44		4-5	СВ:86 ⁰ 15,0/	141,70
	5-1	ЮЗ:72 ⁰ 30,0/	169,07		5-6	СВ:05 ⁰ 30,0/	128,90
			6-1		СЗ:70 ⁰ 45,0/	206,70	

Приложение 2 Топографические планы проектных трасс

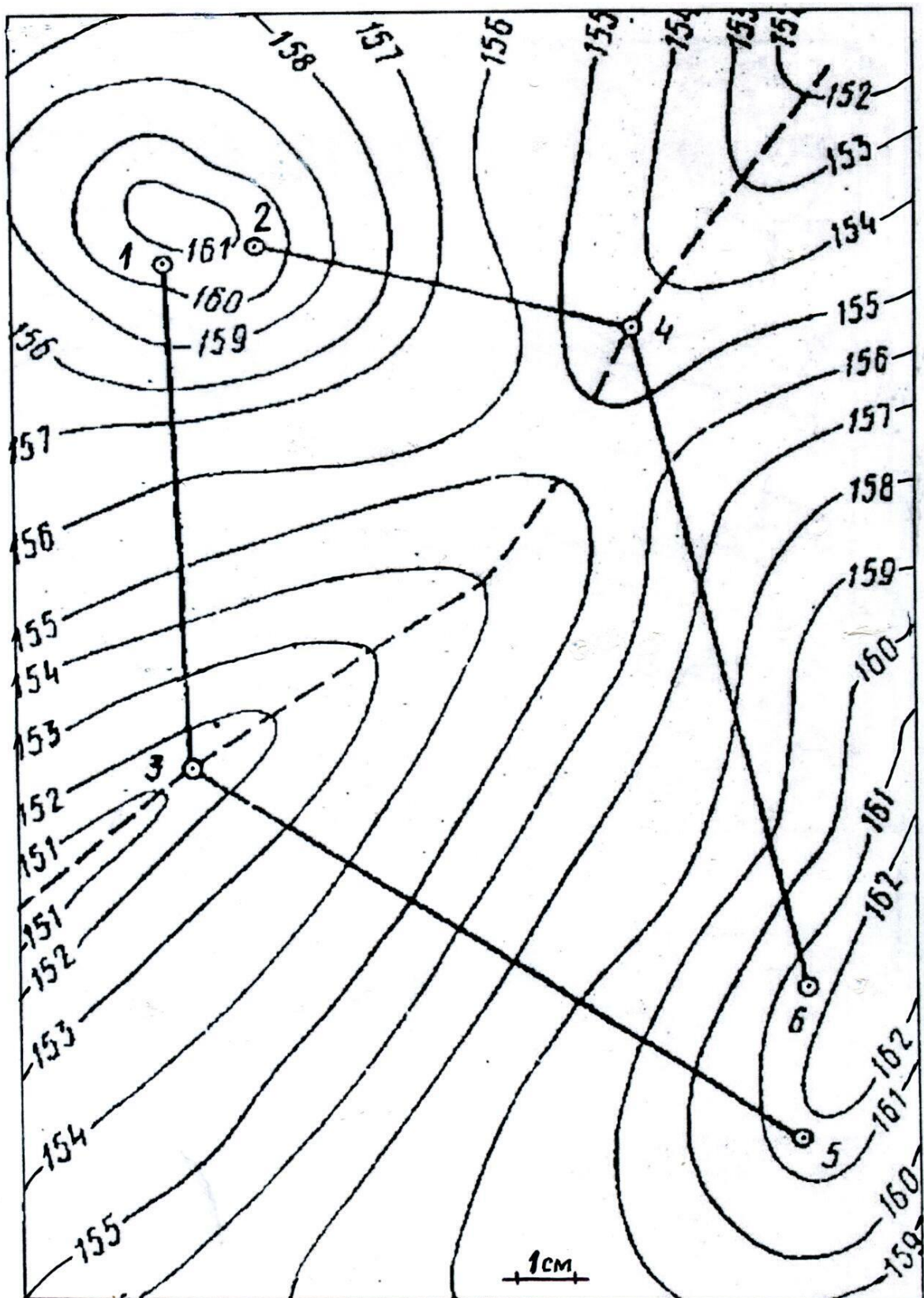
Варианты: 1; 7; 13; 19; 25



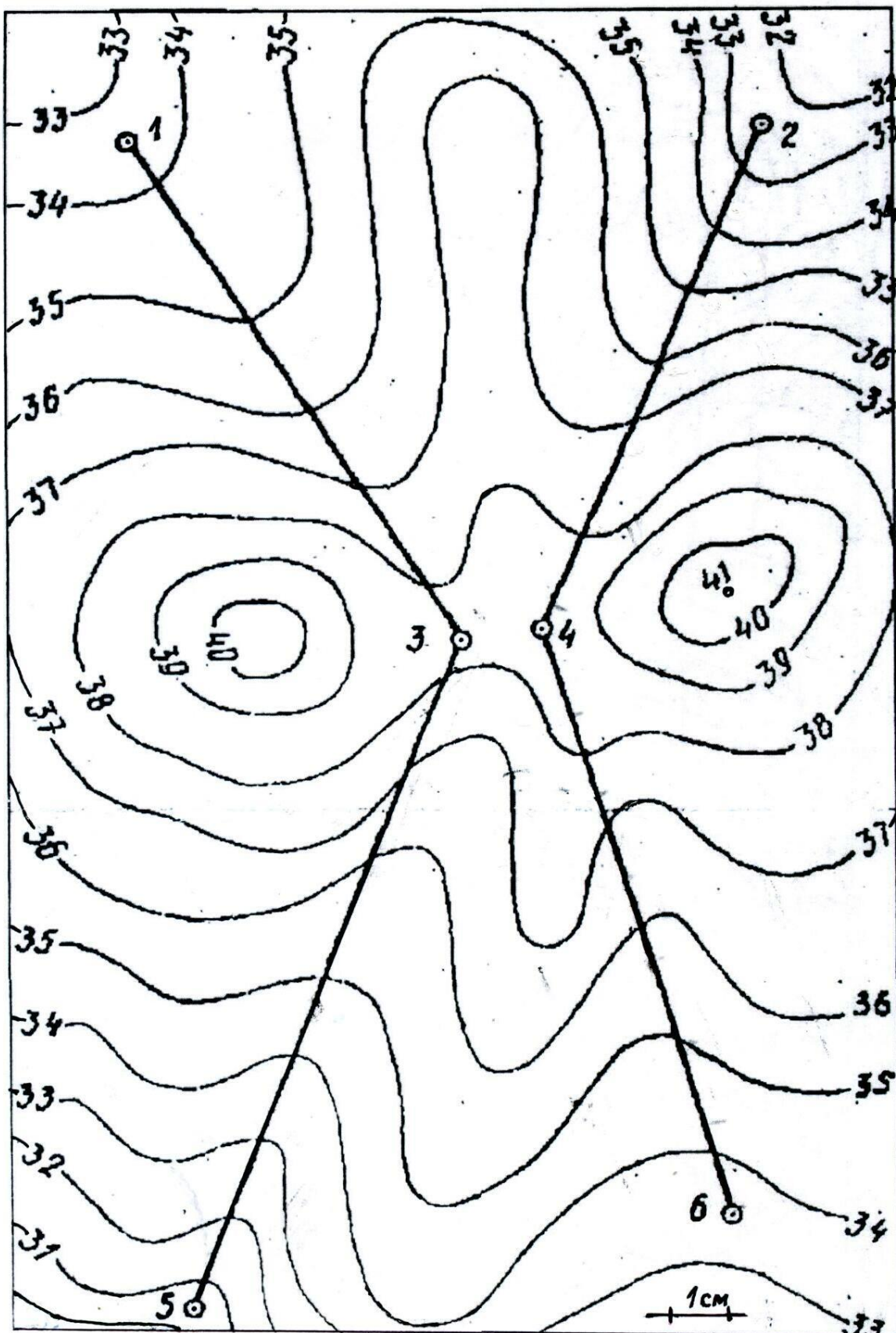
Варианты: 2; 8; 14; 20; 26



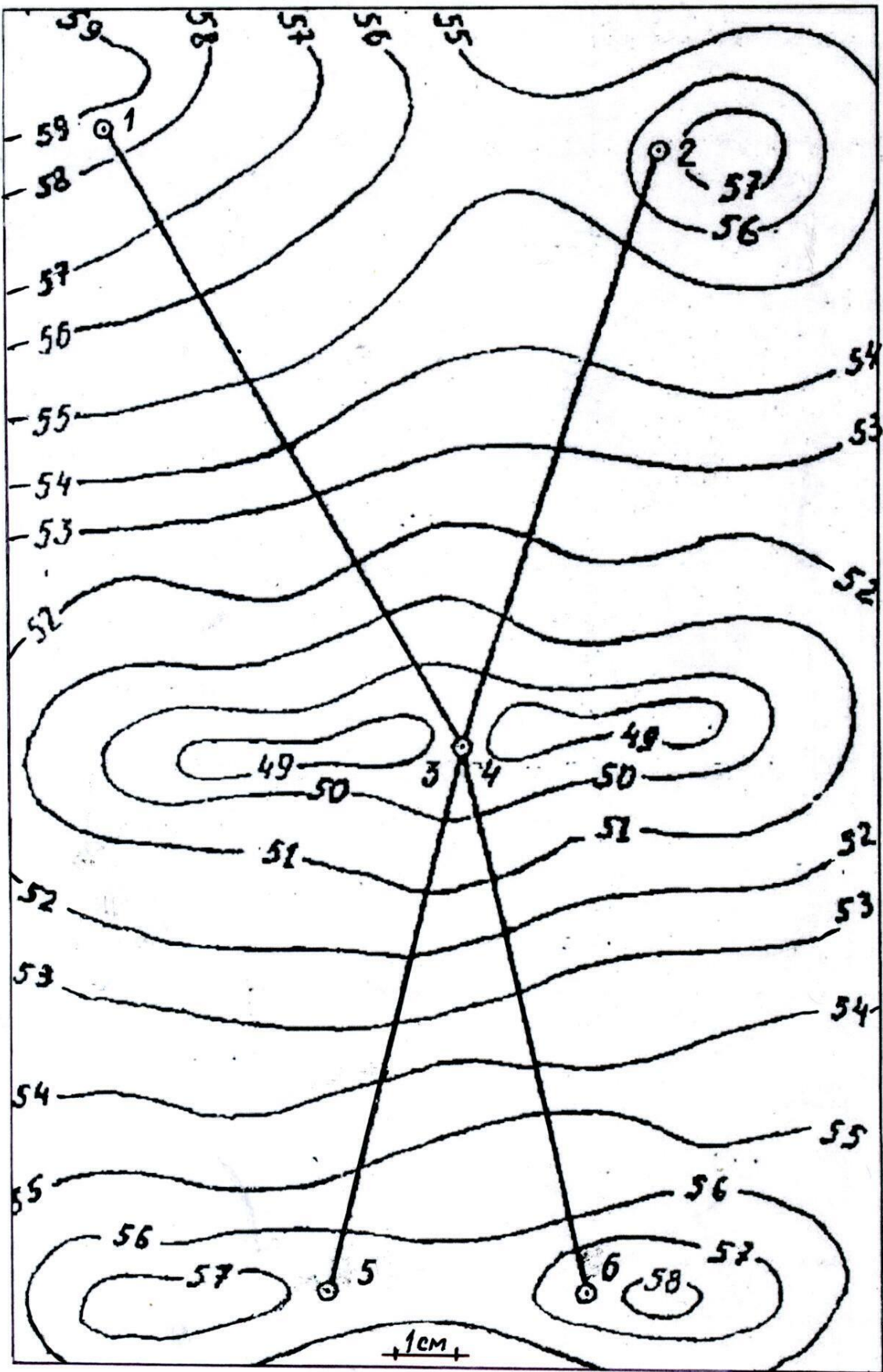
Варианты: 3; 9; 15; 21; 27



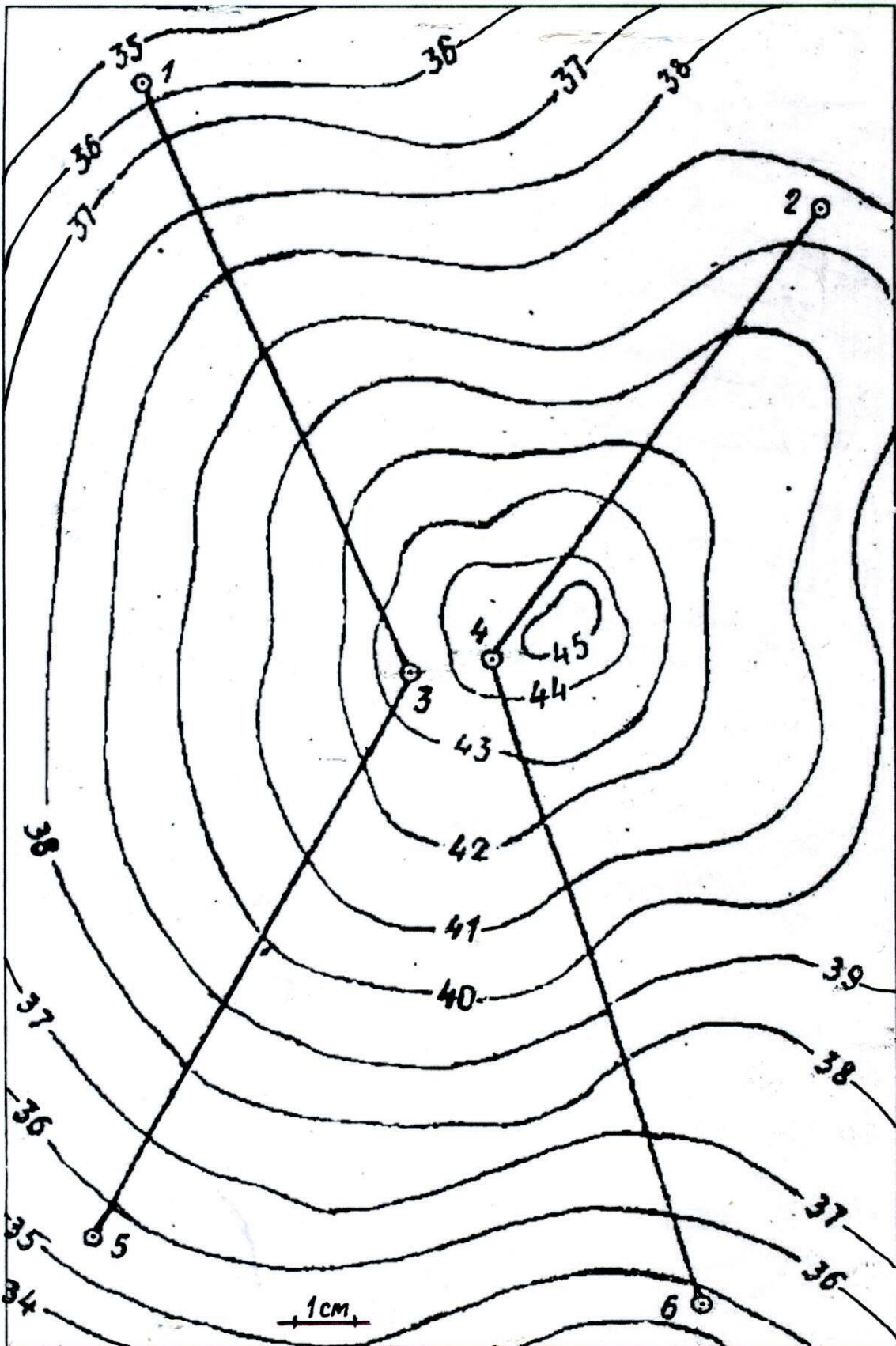
Варианты: 4; 10; 16; 22; 28



Варианты: 5; 11; 17; 23; 29

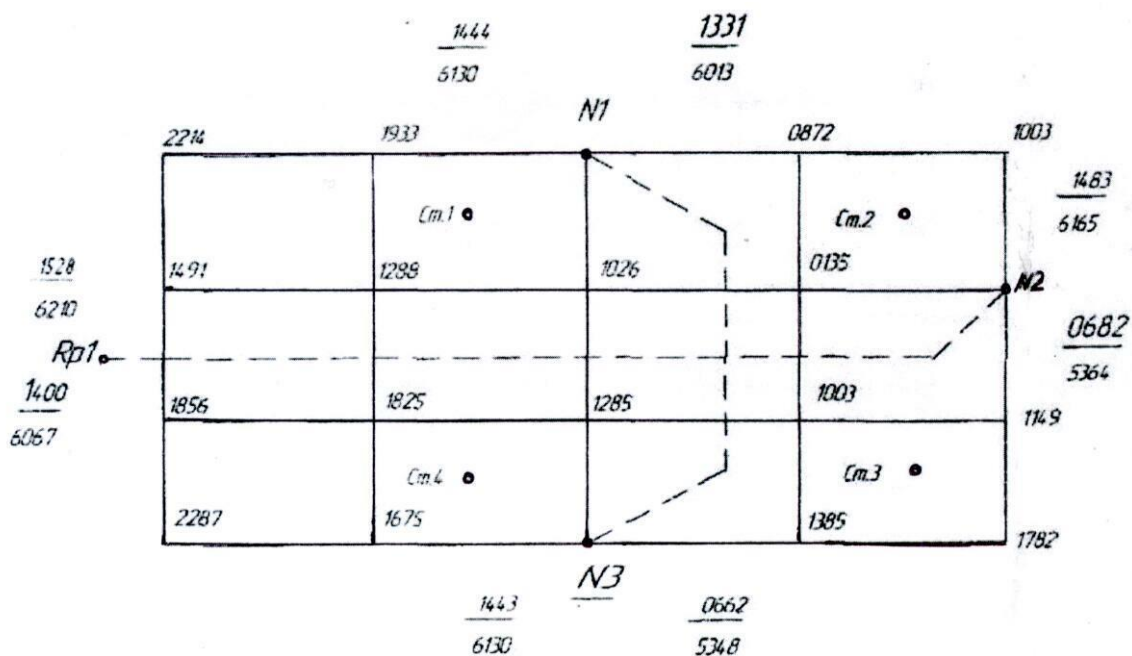


Варианты: 6; 12; 18; 24; 30

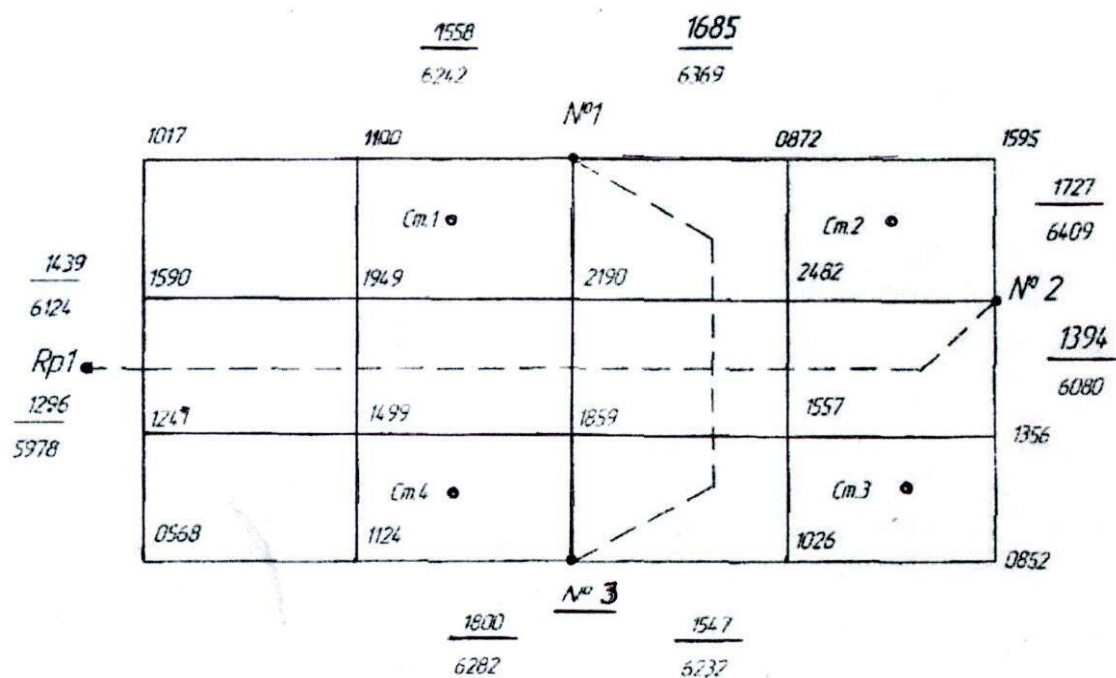


Приложение 3 Полевые журналы нивелирования под вертикальную планировку

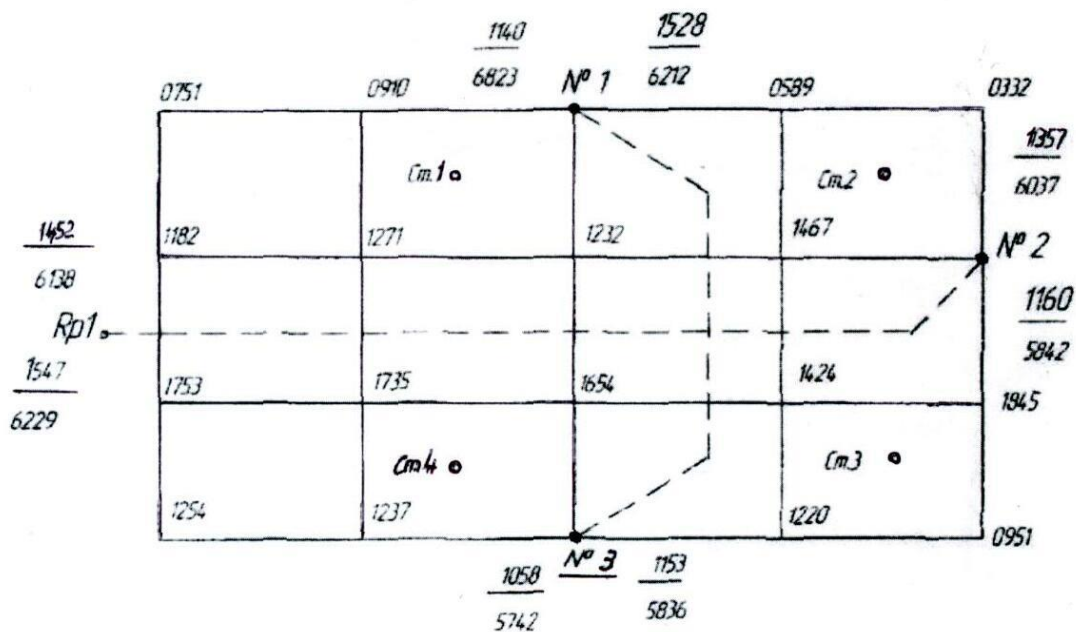
Варианты: 1; 11; 21



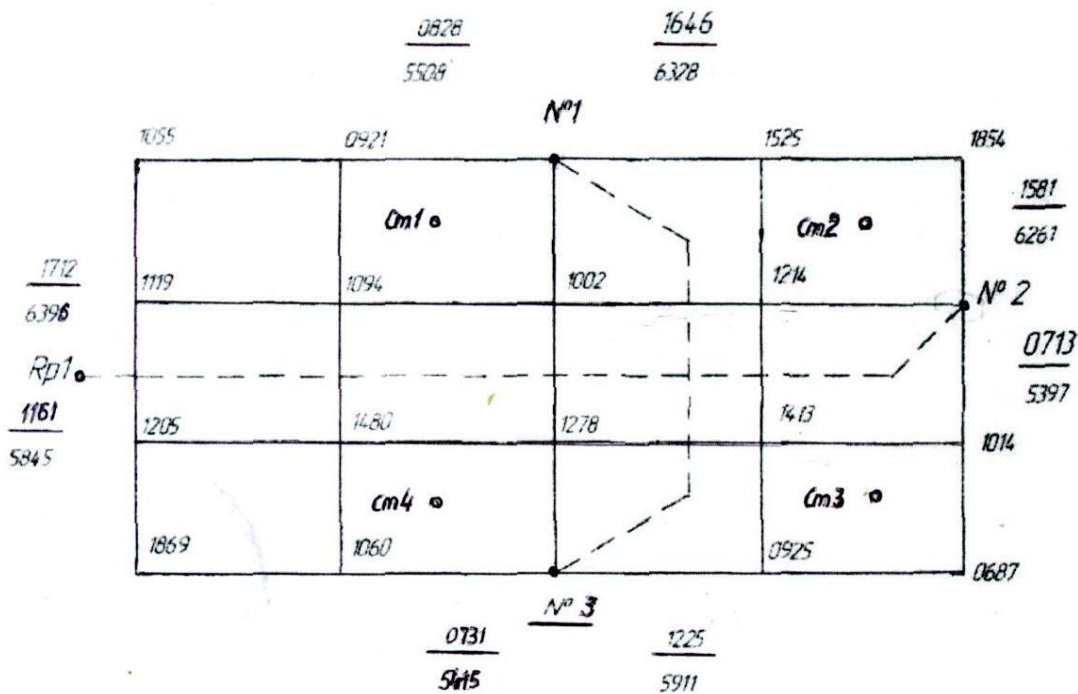
Варианты: 2; 12; 22



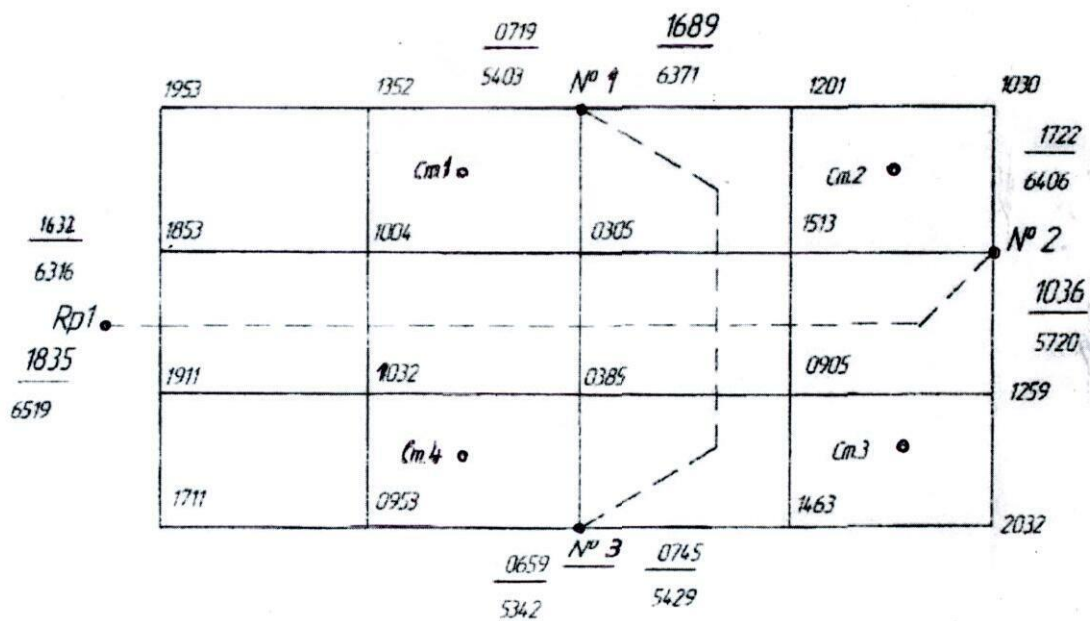
Варианты: 3; 13; 23



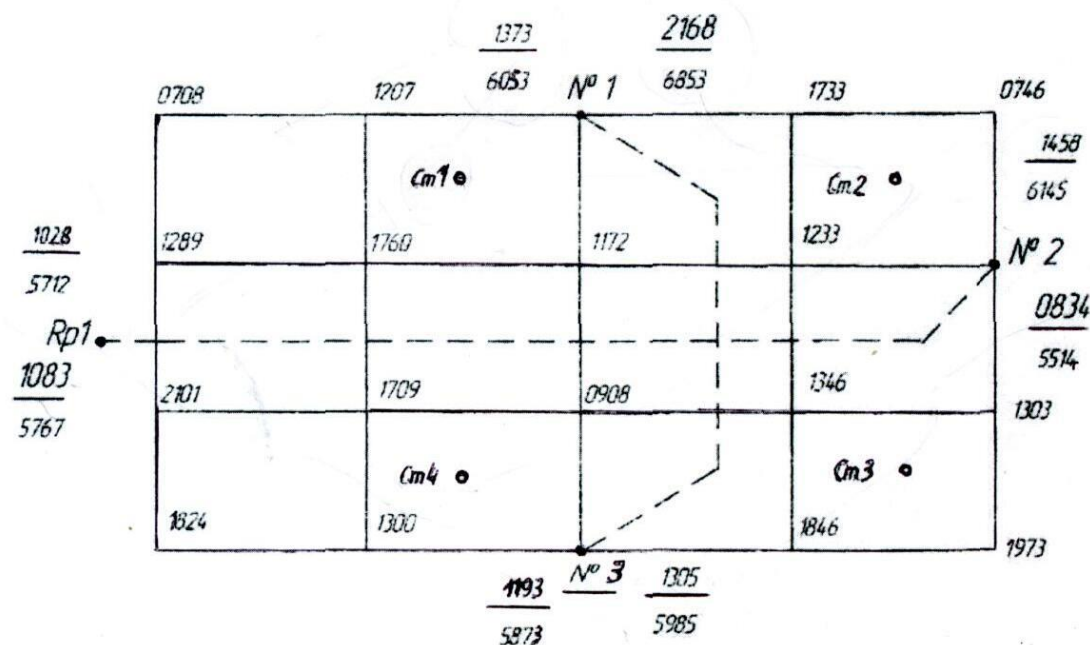
Варианты: 4; 14; 24



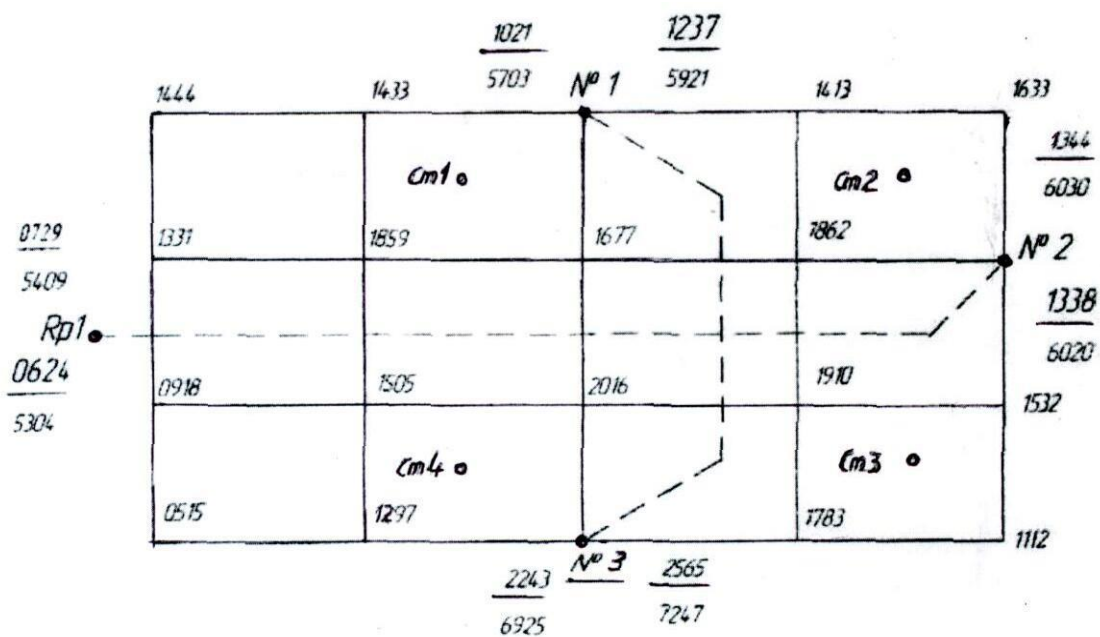
Варианты: 5; 15; 25



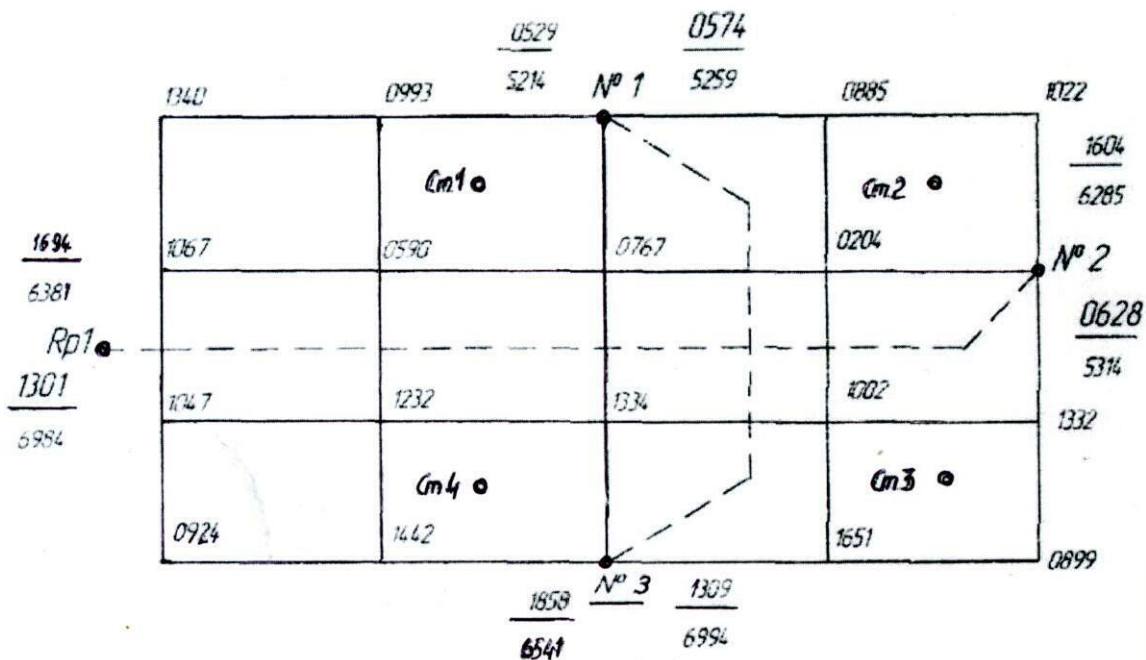
Варианты: 6; 16; 26



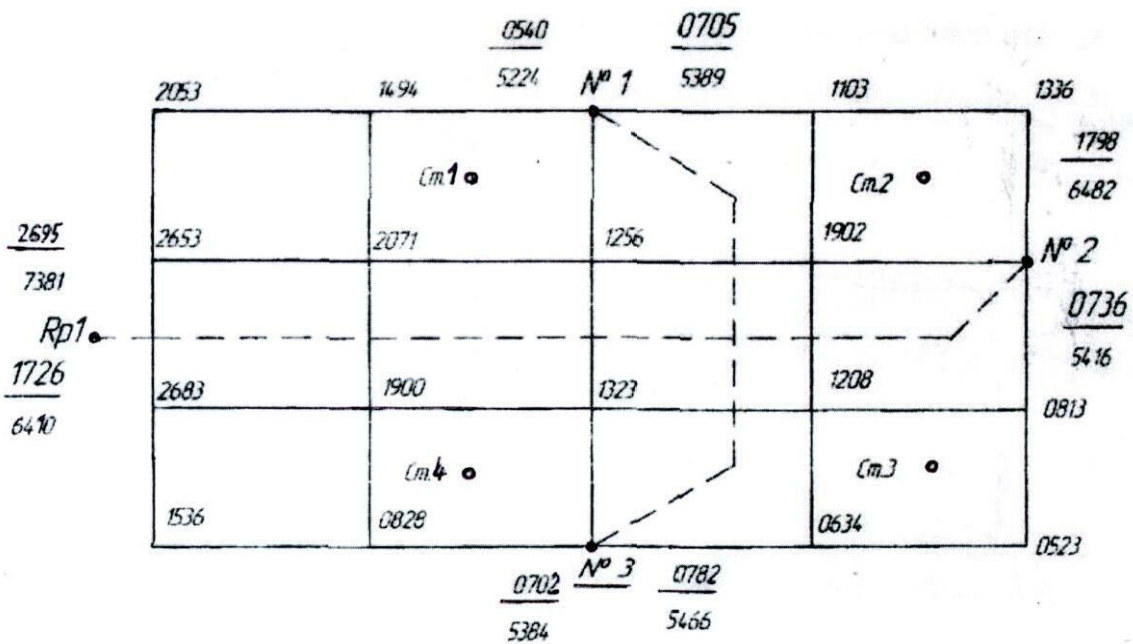
Варианты: 7; 17; 27



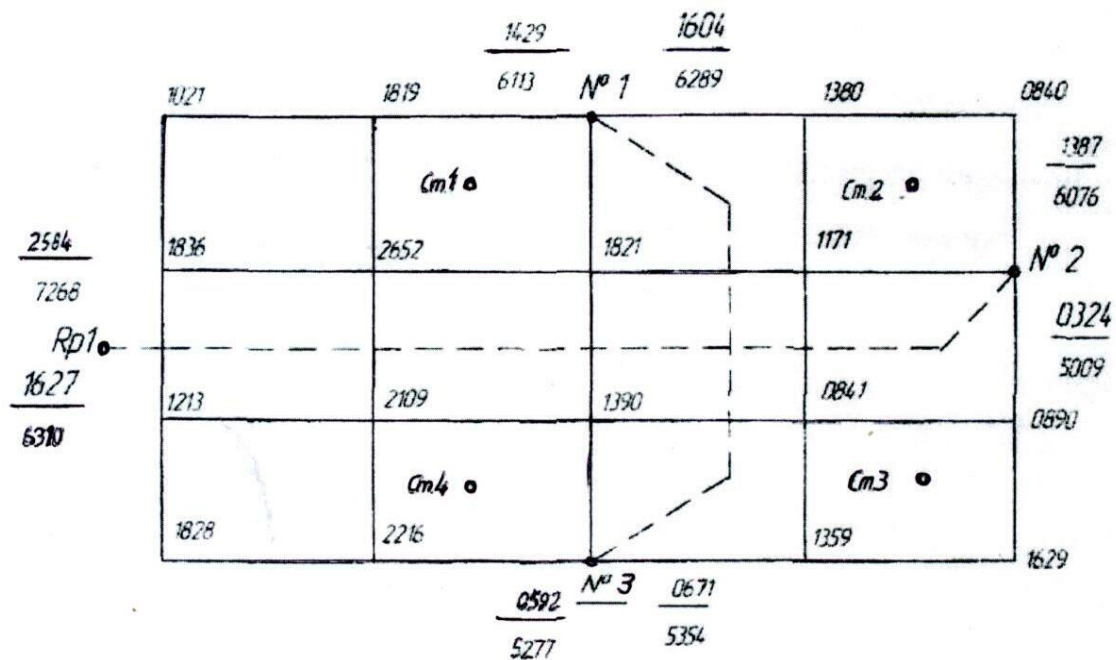
Варианты: 8; 18; 28



Варианты: 9; 19; 29



Варианты: 10; 20; 30



Литература

1. Поклад Г.Г., Гриднев С.П.. Геодезия. М.: Академический Проспект, 2007.
2. Смолич С.В., Верхотуров А.Г., Савельева В.И. Инженерная геодезия: учеб. пособие. Чита: ЧитГУ, 2009.
3. Демина О.Н. План, карта, профиль: задания и метод. указания по расчетно-графической работе. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013.
4. Демина О.Н. Устройство нивелира. Геометрическое нивелирование: учеб.-метод. пособие к лабораторно-практическим занятиям. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013.
5. Демина О.Н. Составление проекта вертикальной планировки участка под горизонтальную площадку: задания и метод. указания для практических и самостоятельных работ. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013.
6. Байдакова Е.В., Кровопускова В.Н., Байдаков Е.М. Инженерная геодезия: метод. указания к выполнению контрольных и расчетно-графических работ. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013.

Учебное издание

Дунаев Александр Иванович

Обработка материалов измерений при производстве
геодезических съёмок

Учебно-методическое пособие

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 23.10.2020 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,83. Тираж 25 экз. Изд. № 6722.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ