

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

**В.В. Пономаренко**

**ГЕОДЕЗИЯ**

Учебно-методическое пособие  
к расчетно-графическим работам  
для направления подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 528.48.69

ББК 38.115

П56

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор экономических наук, профессор кафедры «Землеустройство и геодезия» Т.И. Хаметов (ПГУАС)

**Пономаренко В.В.**

П56      Геодезия: учеб.-метод. пособие к расчетно-графическим работам для направления подготовки 08.03.01 «Строительство» / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 48 с.

Содержит расчетно-графические работы по дисциплине «Геодезия».

Подготовлено на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2016

© Пономаренко В.В., 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Пособие составлено в соответствии с типовой учебной программой подготовки бакалавра по направлению 08.03.01 «Строительство». Целью дисциплины «Геодезия» заключается в формировании у студента четкого представления о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях, создании и корректировке топографических планов, для решения инженерных задач в строительной отрасли, организационно-управленческой и научно-исследовательской деятельности.

Учебно-методическое пособие соответствует учебной программе предмета «Геодезия», которая изучается студентами в первом семестре на первом курсе. Основной задачей пособия является доведение до обучающихся в доступной форме излагаемого материала, с целью самостоятельного выполнения расчетно-графических заданий. Выполнение расчетно-графических заданий позволяет закрепить теоретические знания, полученные на лекционных занятиях. При самостоятельной работе студенты изучают: специальную литературу, мультимедийный курс лекций, список которой приведен в конце учебного пособия.

Студенты, изучившие курс «Геодезия» должны:

**знать:**

- методы и средства ведения инженерно-геодезических и изыскательских работ;
- системы координат, системы построения опорных геодезических сетей;
- методы проведения геодезических измерений, оценку их точности, сведения из теории погрешностей;
- основы геометрии и математического анализа. Формулы преобразования тригонометрических функций;
- виды и способы геодезических съемок, устройство и применение геодезических приборов.
- современные геодезические приборы, способы и методы выполнения измерений с ними, поверки и юстировки приборов и методику их исследования;
- методы и средства составления топографических карт и планов, использование карт и планов и другой геодезической информации при решении инженерных задач в строительстве;
- порядок ведения, правила и требования, предъявляемые к качеству и оформлению результатов полевых измерений, материалов, документации и отчетности;
- систему топографических условных знаков;

**уметь:**

- уметь пользоваться геодезическими приборами, производить измерения на практических занятиях и в процессе проведения геодезических съемок, а так же при решении инженерно-геодезических задач;
- выполнять топографо-геодезические работы и обеспечивать необходимую точность геодезических измерений, анализировать полевую топографо-геодезическую информацию;
- сопоставлять практические и расчетные результаты;
- оценивать точность результатов геодезических измерений, уравнивать геодезические построения типовых видов;
- использовать пакеты прикладных программ, проводить необходимые расчеты на ЭВМ;

**Владеть:**

- навыками выполнения угловых, линейных, высотных измерений для выполнения геодезических съемок;
- уметь использовать топографические материалы для решения геодезических задач;
- технологиями в области геодезии на уровне самостоятельного решения практических вопросов специальности, творческого применения этих знаний при решении конкретных задач;
- методами проведения топографо-геодезических работ и навыками использования современных приборов, оборудования и технологий;
- методикой оформления планов с использованием современных компьютерных технологий;

**иметь представление:**

- о строении и свойствах земной поверхности
- о способах применения геодезических приборов на строительной площадке
- о теории погрешностей.
- о влиянии кривизны земли на точность геодезических измерений.
- о требованиях, предъявляемых к качеству геодезических работ на различных этапах строительства.

После выполнения РГР, каждая из них защищается у преподавателя. После защиты выставляется оценка, которая заносится в журнал преподавателя.

# Расчетно-графическая работа №1

## СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА

### Теодолитная съемка

Выполняя расчетно-графическую работу №1, студенты строят план теодолитной съемки в масштабе 1:500, с выносом на площадку горизонталей, полученных по результатам геометрического нивелирования. Работа выполняется во время выполнения лабораторных работ и органично сочетается с ними. Всего для выполнения РГР №1 отводится 8 часов аудиторных занятий и 14 часов самостоятельной работы студентов.

Получение контурного плана местности с помощью теодолита и мерной ленты (или дальномера) называется теодолитной съемкой. При теодолитной съемке рельеф не изображается. Съемка ведется по принципу от общего к частному, т. е. на местности выбираются и закрепляются опорные точки, определяются их координаты, а с них ведется съемка подробностей. Совокупность таких точек называется съемочной сетью, которая строится в виде теодолитных ходов, представляющих с собой систему ломаных линий, в которых углы измеряются теодолитом, а стороны мерной лентой или дальномером. Теодолитные ходы прокладываются с учетом надежного контроля. Поэтому в районах, где отсутствуют точки геодезической сети или они располагаются близко друг от друга, рекомендуется прокладывать замкнутые полигоны.

### Задание к РГР №1

При съемке участка местности был проложен замкнутый теодолитный ход. Точка I теодолитного хода, является точкой опорной геодезической сети с известными координатами.

**Требуется:** построить план теодолитной съемки в масштабе 1:500, с вынесенными на него горизонталями, полученными по результатам геометрического нивелирования площадки состоящей из 12 квадратов.

Четырехугольный теодолитный ход (полигон) проложен по часовой стрелке. В нем измерены длины всех сторон  $D$  и правые по ходу внутренние углы  $\beta$ . На рисунке показан теодолитный ход со всеми измеренными параметрами.

Средние значения измеренных внутренних углов хода и горизонтальные проложения его сторон приведены в табл. 1

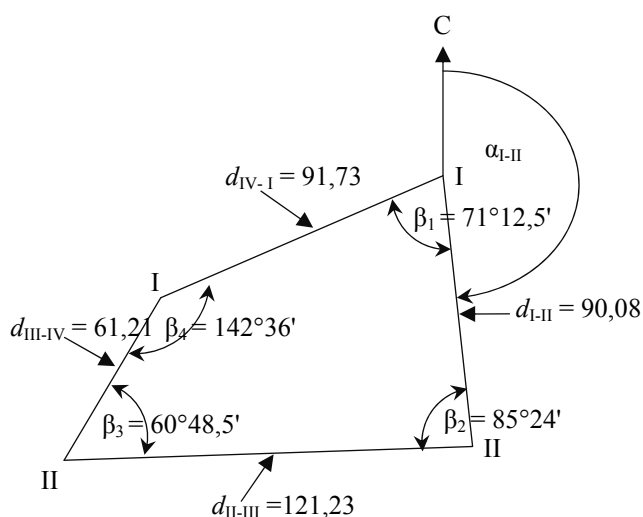


Рис. 1. Схема теодолитного хода

Горизонтальное проложение (рис. 2), является проекцией измеряемой линии на местности, на плоскость,  $d = D \cdot \cos \gamma$ .

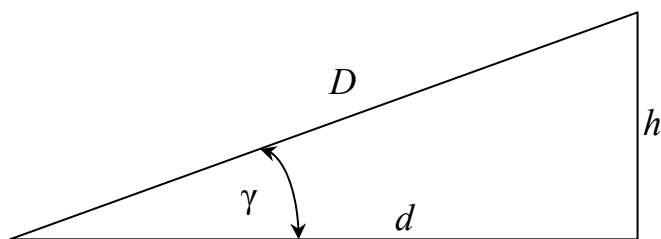


Рис. 2. Соотношение горизонтальных проложений ( $d$ ) и длин сторон ( $D$ )

Т а б л и ц а 1

Номера точек	Измеренные углы (правые)	Наименование сторон	Измеренные длины сторон $D$ , (м)	Горизонтальные проложения $d$ , (м)
I	$\beta_1 = 71^\circ 12,5'$			
		I-II	90,08	90,08
II	$\beta_2 = 85^\circ 24'$			
		II-III	121,23	121,23
III	$\beta_3 = 60^\circ 48,5'$			
		III-IV	61,21	61,21
IV	$\beta_4 = 142^\circ 36'$			
		IV-I	91,77	91,77

Если угол наклона меньше или равен  $2^\circ$ , то поправка за наклон не вносится и  $D = d$ . Поэтому в табл. 1 измеренные длины сторон равны горизонтальным проложениям.

Исходными данными, для обработки измерений, по замкнутому теодолитному ходу являются:

- а) дирекционный угол  $\alpha_{I-II}$  стороны I-II (рис. 1);
- б) внутренние горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ ;
- в) горизонтальные проложения сторон  $d_{I-II}, d_{II-III}, d_{III-IV}, d_{IV-I}$ ;
- г) координаты исходной точки.

Значения внутренних горизонтальных углов и горизонтальных проложений приведены в табл. 1.

Исходный дирекционный угол  $\alpha_{I-II}$  студенты вычисляют по формуле, заданной преподавателем, согласно порядковому номеру в списке группы. Например: номер студента в списке группы 25, тогда

$$\alpha_{III-I} = 10 \cdot N + 20^\circ 47' = 250^\circ + 20^\circ 47' = 270^\circ 47'$$

Координаты точки I задаются преподавателем.

Например:  $X_1 = 370, Y_1 = 470$ .

## Масштабы. Ориентирование линий

### Масштабы

Масштаб это степень уменьшения горизонтальных отрезков линий местности при переносе их на план. Существуют именованный, численный, линейный и поперечный масштабы.

Численный масштаб представляет собой дробь, в числителе которой стоит единица, а в знаменателе – значение уменьшения линий местности при переносе их на план. На планах численный масштаб подписывается как 1:500; 1:5000; 1:50000. Численный масштаб – число отвлеченное, не имеющее размерности, что позволяет вести измерения в любой системе мер. Чем больше дробь, тем крупнее масштаб и наоборот. Например: длина стороны теодолитного хода  $D_{I-II}$  равна 187,66 м. Тогда на плане длина линии будет равна  $187,66 : 10 = 18,77$  см.

Для упрощения работы пользуются линейным масштабом, являющимся графическим изображением численного в той или иной системе мер. Для его построения на прямой откладывается несколько отрезков одинаковой длины, например 2 см., т.е. в масштабе 1:1000 он равен 20 метрам на местности. Длина такого отрезка называется основанием масштаба. Число метров, соответствующее основанию масштаба, называется величиной линейного масштаба. Левое основание делим на 10 частей (рис. 3). То есть наименьшее деление линейного масштаба равно 2 миллиметрам, что равно 2 метрам на местности. Для определения длины линии на местности, циркулем-измерителем определяем расстояние на плане. Взяв расстояние на плане в раствор циркуля, одну его ножку устанавливаем на штрих, разделяющий основания, таким образом, чтобы другая ножка попала на левое

основание, по которому на глаз отсчитываем расстояние в интервале делений. Например: на рисунке 3, измеренное расстояние равно 65 метров.

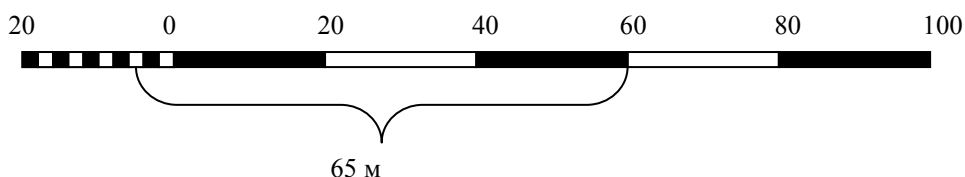


Рис. 3. Определение расстояния с помощью линейного масштаба

Рассчитано, что человеческий глаз способен различать две точки на расстоянии 0,1 мм. Величина отрезка местности, соответствующая 0,1 мм, называется точностью масштаба карты. Так, для масштаба 1:1000 точность масштаба равняется 0,1 м. Необходимо отметить, что с помощью численного масштаба трудно производить построения с точностью менее 1 мм.

Для этого используют поперечный масштаб. Построение поперечного масштаба производится в следующей последовательности:

1. На прямой линии откладываем несколько отрезков (оснований), как правило, длиной 2 см, из точек пересечения восстанавливаем перпендикуляры, высота которых произвольна (желательно кратная делению на 10) (рис.4).

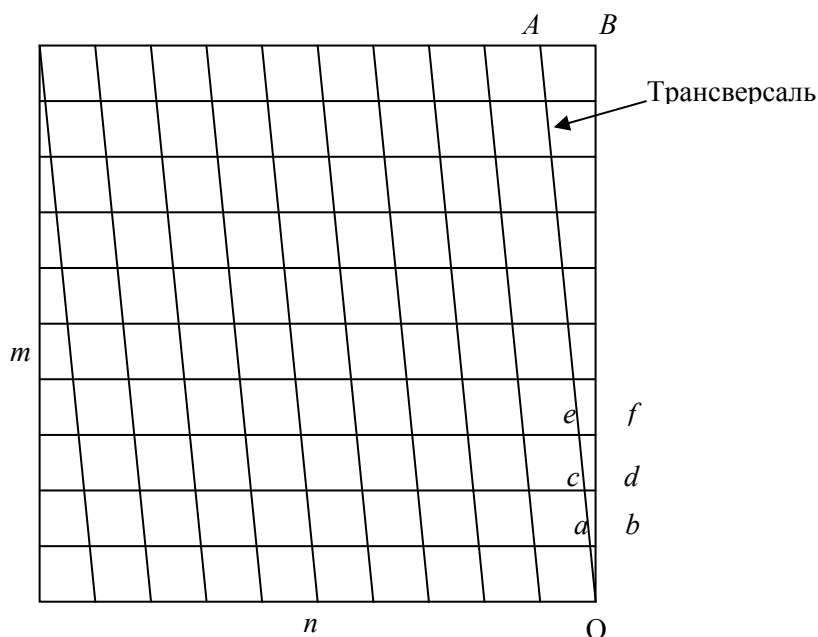


Рис. 4. Деления левого крайнего квадрата поперечного масштаба

2. Делим вертикальную линию на десять частей ( $m$ ) и из пересечений проводим прямые линии параллельные основанию.

3. Основание крайнего левого квадрата делим на десять частей ( $n$ ). Так же делим линию параллельную основания в верхней части квадрата на десять частей (см. рис.4).



4. Соединяем нулевую точку на основании с первой на верхней линии параллельной ему, вторую точку соединяем с третьей и т. д. Получаем ряд линий параллельных друг другу и наклонных к вертикальной прямой (см. рис.4). Эти линии называются трансверсальями.

Из подобия треугольников  $OAB$  и  $Oab$  можно видеть, что:  $ab / AB = ob / OB = 1 / 10$   $cd / AB = od / OB = 2 / 10$ . По построению  $AB$  равно  $1/10$  от основания масштаба, следовательно, наименьшее деление  $ab$  равно  $1/100$  от основания масштаба. Такой масштаб называется сотенным. Он гравировается на металлических пластинах и используется при построении планов и карт.

Отрезок ( $ab$ ) называется наименьшим делением поперечного масштаба. Величина его зависит от длины основания и числа делений  $n$  и  $m$ .

Например: длина основания равна 2 см,  $n = 10$ ,  $m = 10$ , тогда длина отрезка  $ab = 0,2$  мм.  $cd = 0,4$  мм.  $ef = 0,6$  мм.

Применение поперечного масштаба производится в следующей последовательности:

1. Циркулем измерителем замеряем заданное расстояние на плане.
2. Переносим его на поперечный масштаб, таким образом, чтобы одна из ножек циркуля попадала на линию 20, 40, 60, а другая на, разделенное на 10 частей основание.
3. Поднимаем циркуль вверх, до тех пор, пока вторая ножка циркуля не совпадет с наклонной линией (трансверсалью). При этом обе ножки циркуля, должны стоять на одной линии, параллельной основанию (рис.5).

Например: определяемое расстояние в  $1:1000$  масштабе (см. рис. 5) равно 49,6 м.

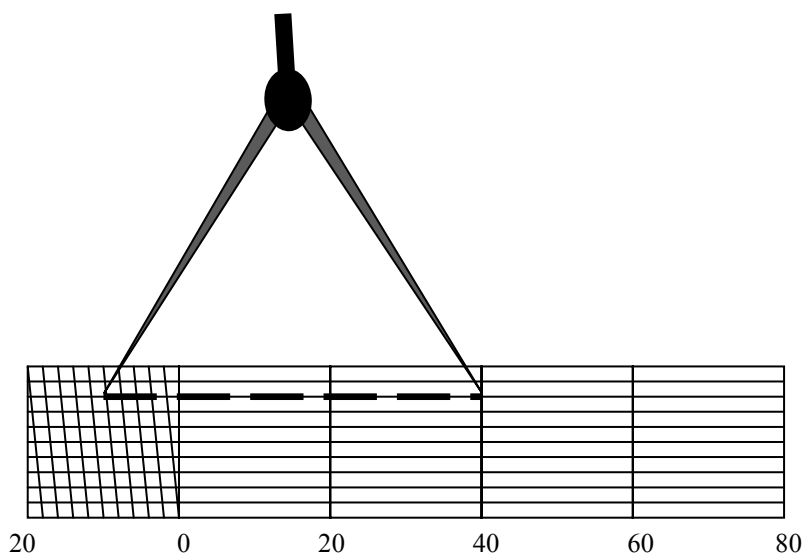


Рис.5. Определение длины линии с помощью поперечного масштаба

### Определение правильности измерения внутренних углов теодолитного хода (полигона).

Расчет координатной ведомости начинается с определения суммы внутренних углов теодолитного хода. Предварительно в теодолитную ведомость вносятся номера вершин теодолитного хода и значения внутренних углов, которые выписываются из табл. 1.

Вычисляем сумму внутренних углов:

$$\Sigma\beta_{\text{пол}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 360^{\circ}01'.$$

Определяем теоретическую сумму углов четырехугольного теодолитного хода (полигона) по формуле:

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} \cdot (n - 2) = 180^{\circ}(4-2) = 360^{\circ},$$

где  $n$  – количество углов полигона.

Определяем разность между полученной и теоретической суммами углов:

$$f\beta_{\text{пол}} = \Sigma\beta_{\text{пол}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = 360^{\circ}01' - 360^{\circ} = 1'.$$

Полученная разность является угловой невязкой теодолитного хода.

Для того, чтобы определить правильность измерения углов теодолитного хода, необходимо определить допустимую угловую невязку теодолитного хода по формуле:

$$f\beta_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{4} = 2'.$$

Если полученная невязка меньше или равна допустимой невязке, то измерения признаются правильными.

$$f\beta_{\text{пол}} = 1' \leq f\beta_{\text{доп}} = 2'.$$

Следовательно, измерения углов полигона произведены правильно. Полученная невязка  $f\beta_{\text{пол}}$ , разбрасывается равномерно на все углы с обратным знаком. Для удобства расчетов вносим поправки только в те углы, где имеются доли минуты. Вычисляем исправленные углы. Сумма исправленных углов должна быть равна  $\Sigma\beta_{\text{теор}}$ . Вносим все полученные данные в табл. 3.

#### Вычисление дирекционных углов и румбов.

**Дирекционный угол** – это горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, параллельной ему, до заданного направления, по часовой стрелке. В отличие от азимутов, дирекционный угол постоянен на протяжении всего направления.

Прямой и обратный дирекционные углы отличаются ровно на  $180^{\circ}$ , т.е.  $\alpha_{\text{обр}} = \alpha_{\text{пр}} \pm 180^{\circ}$ . При определении дирекционного угла на местности необходимо знать значение истинного азимута и величину сближения меридианов  $\gamma$ , тогда  $\alpha = A_{\text{ист}} + \gamma$ . Значение величины  $\gamma$  подписывается под южной стороной рамок топографических карт.

**Румб**, это острый угол, который отсчитывается от северного или южного конца меридиана, до заданного направления по ходу или против хода часовой стрелки. Так как румбы могут иметь одинаковые значения в разных четвертях, то перед численным значением румба указывается буквенное значение четверти.

I четверть – СВ, II четверть – ЮВ, III четверть – ЮЗ, IV четверть – СЗ.

Соотношение дирекционных углов и румбов показано на рис. 6, а также в табл. 2.

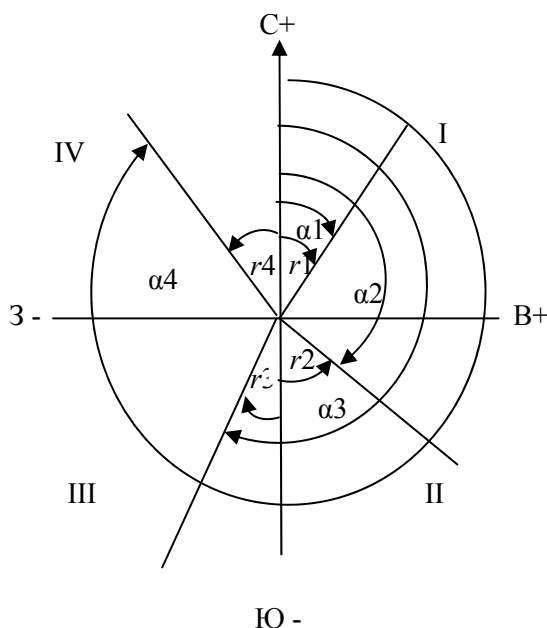


Рис. 6. Соотношение между дирекционными углами и румбами

Соотношение дирекционных углов и румбов, а также знаки приращений координат даны в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Четверти	I – СВ	II – ЮВ	III – ЮЗ	IV – СЗ
Дирекционный угол ( $\alpha$ )	$\alpha = r$	$\alpha = 180^\circ - r$	$\alpha = 180^\circ + r$	$\alpha = 360^\circ - r$
Румб ( $r$ )	$r = \alpha$	$r = 180^\circ - \alpha$	$r = \alpha - 180^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$
Знаки приращений координат	$\Delta X+$ ; $\Delta Y+$	$\Delta X-$ ; $\Delta Y+$	$\Delta X-$ ; $\Delta Y-$	$\Delta X+$ ; $\Delta Y-$

Определяем дирекционные углы всех сторон теодолитного хода по формулам:

для правых углов

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + 180^\circ - \beta_{\text{п}};$$

для левых углов

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} - 180^\circ + \beta_{\text{л}};$$

где  $\alpha_{\text{пред}}$  – дирекционный угол первоначального направления;

$\alpha_{\text{посл}}$  – дирекционный угол последующего направления;  
 $\beta_{\text{п}}$  – правый внутренний угол, образованный этими направлениями;  
 $\beta_{\text{л}}$  – левый внутренний угол, образованный двумя направлениями.

В нашем задании все внутренние углы правые, поэтому расчет дирекционных углов производится по первой формуле.

Например:

$$\alpha_{\text{II-III}} = \alpha_{\text{I-II}} + 180^\circ - \beta_2 = 270^\circ 47' + 180^\circ - 85^\circ 24' = 5^\circ 23';$$

$$\alpha_{\text{III-IV}} = 5^\circ 23' + 180^\circ - 60^\circ 48' = 124^\circ 35';$$

$$\alpha_{\text{IV-I}} = 124^\circ 35' + 180^\circ - 142^\circ 36' = 161^\circ 59';$$

$$\alpha_{\text{I-II}} = 161^\circ 59' + 180^\circ - 71^\circ 12' = 270^\circ 47'.$$

Если полученный дирекционный угол больше  $360^\circ$ , то из него вычитаем  $360^\circ$ . Если значение полученного дирекционного угла  $\alpha_{\text{I-II}}$  равно исходному значению, то расчет выполнен верно. Вносим значения дирекционных углов в координатную ведомость. Определяем румбы всех направлений по формулам: приведенным в табл. 2, и вносим их значения в координатную ведомость (табл. 3).

### Контрольные вопросы

1. Перечислите виды масштабов?
2. Почему поперечный масштаб называют сотенным?
3. Дайте определение дирекционного угла и румба?
4. Как соотносятся азимуты и дирекционные углы?
5. Соотношение дирекционных углов и румбов в разных четвертях?
6. Чему равна сумма внутренних углов пятиугольного полигона?
7. Как вычисляется допустимая невязка суммы внутренних углов замкнутого полигона?
8. Как разбрасывается угловая невязка?
9. По каким формулам определяются дирекционные углы последующих направлений, если внутренние углы правые? Если внутренние углы левые?
10. Как определить правильность расчета дирекционных углов?

### Расчет координатной ведомости теодолитного хода

#### Вычисление приращений координат

Для определения приращений координат вершин теодолитного хода, решаем прямые геодезические задачи.

### Прямая геодезическая задача

Даны координаты первой точки ( $X_1$  и  $Y_1$ ), горизонтальное расстояние от первой до второй точки  $d_{1-2}$  и дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  линии 1-2 (рис.7). Требуется определить координаты точки 2 ( $X_2$  и  $Y_2$ ).

Из треугольника 1-2-3 (рис. 7) находим приращения координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$ :

$$\Delta X = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}; \Delta Y = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}.$$

Координаты точки 2 находим по формулам:

$$X_2 = X_1 + \Delta X; Y_2 = Y_1 + \Delta Y.$$

Например: даны координаты точки 1, дирекционный угол направления 1-2, и расстояние (горизонтальное проложение) между точками 1 и 2. ( $X_1 = 886$  м;  $Y_1 = 222$  м;  $\alpha_{1-2} = 82^\circ 30'$ ,  $d_{1-2} = 604,0$  м). Требуется определить координаты точки 2 ( $X_2$ ;  $Y_2$ ).

Находим приращения координат линии 1–2:

$$\Delta X_{1-2} = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2} = 604,0 \text{ м} \cdot \cos 82^\circ 30' = 78,84 \text{ м},$$

$$\Delta Y_{1-2} = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2} = 604,0 \text{ м} \cdot \sin 82^\circ 30' = 598,83 \text{ м}.$$

Приращения координат по осям  $X$  и  $Y$  имеют положительные значения, так как дирекционный угол отвечает первой четверти.

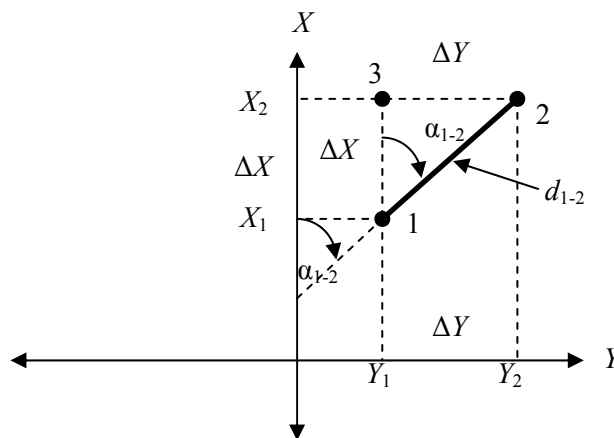


Рис.7. Прямая геодезическая задача

Перед тем как взять функцию косинуса или синуса, переводим значение градусов из градусной системы в десятичную. Для этого значения минут делим на 60, а затем прибавляем значение градуса:  $(30' : 60) = 0,5 + 48^\circ = 48,5^\circ$ . Эта операция осуществляется при положении DEG на калькуляторе.

Определяем координаты точки 2 по формулам:

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2} = 886 + 78,84 = 964,84 \text{ м},$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2} = 222 + 598,83 = 820,83 \text{ м}.$$

Решая прямые геодезические задачи, находим приращения координат всех сторон теодолитного хода, например:

$$\Delta X_{I-II} = 90,08 \cdot \cos 270^\circ 47' = 1,23,$$

$$\Delta Y_{I-II} = 90,08 \cdot \sin 270^\circ 47' = -90,07,$$

$$\Delta X_{II-III} = 121,23 \cdot \cos 5^\circ 23' = 120,69,$$

$$\Delta Y_{II-III} = 121,23 \cdot \sin 5^\circ 23' = 11,37,$$

$$\Delta X_{III-IV} = 61,12 \cdot \cos 124^\circ 35' = -34,69,$$

$$\Delta Y_{III-IV} = 61,12 \cdot \sin 124^\circ 35' = 50,32,$$

$$\Delta X_{IV-I} = 91,77 \cdot \cos 161^\circ 59' = -87,27,$$

$$\Delta Y_{IV-I} = 91,77 \cdot \sin 161^\circ 59' = 28,38.$$

Значения приращений координат округляем до сотых долей. Аналогичным образом определяем приращения координат других направлений и вносим эти значения в координатную ведомость (табл. 3).

Определяем суммы положительных и отрицательных приращений координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$ . Например:

$$\Sigma -\Delta X = (-34,69) + (-87,27) = -121,96,$$

$$\Sigma +\Delta X = 1,23 + 120,69 = 121,92,$$

$$\Sigma -\Delta Y = -90,07,$$

$$\Sigma +\Delta Y = 11,37 + 50,32 + 28,38 = 90,07.$$

Вносим эти данные в координатную ведомость (табл. 3).

### **Оценка точности проведенных измерений**

Определяем периметр хода, как сумму горизонтальных проложений

$$P = \Sigma d = 364,18 \text{ м.}$$

Определяем разницу между положительными и отрицательными суммами приращений координат.

$$f_x = \Sigma +\Delta X - \Sigma -\Delta X = 121,92 - 121,96 = -0,04,$$

$$f_y = \Sigma +\Delta Y - \Sigma -\Delta Y = 90,07 - 90,07 = 0.$$

Полученные разности являются невязками по осям  $X$  и  $Y$ .

Вносим эти данные в координатную ведомость (табл. 3).

Определяем абсолютную невязку теодолитного хода по формуле:

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,04^2 + 0^2} = 0,04.$$

Таблица 3

№ точки	Измеренные углы $\beta$	Поправки в углы	Исправленные углы $\beta_{и}$	Дирекционные углы $\alpha$	Румбы		Горизонтальные Проложения $d$	Вычисленные Приращения координат		Поправки в приращения координат		Исправленные приращения координат		Координаты точек	
					Наименование	Величина		$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	$\pm\delta_x$	$\pm\delta_y$	$\pm\Delta X_{ур}$	$\pm\Delta Y_{ур}$	$X$	$Y$
I	71°12,5'	-0,5'	71°12'											370	470
				270°47'	СЗ	89°13'	90,08	1,23	-90,07	0,01	0	1.24	-90,07		
II	85°24'		85°24'											371,24	379,93
				5°23'	СВ	5°23'	121,23	120,69	11,37	0,01	0	120,70	11,37		
III	60°48,5'	-0,5'	60°48'											491,94	391,3
				124°35'	ЮВ	55°25'	61,21	-34,69	50,32	0,01	0	-34,68	50,32		
IV	142°36'		142°36'											457,26	441,62
				161°59'	ЮВ	18°01'	91,77	-87,27	28,38	0,01	0	-87,26	28,38		
														370	470
				270°47'	СЗ	89°13'									
$\Sigma\beta_{пол} = 360°01'$				$P = 364,18$				$\Sigma-121,96$		$\Sigma-90,07$		$\Sigma-121,94$		$\Sigma-90,07$	
$\Sigma\beta_{теор} = 360°$				$f_p = 0,04$				$\Sigma+121,92$		$\Sigma+90,07$		$\Sigma+121,94$		$\Sigma+90,07$	
$f\beta_{пол} = 1'$				$f_{отн} = 0,00011$				$f_x = -0,04$		$f_y = 0$					
$f\beta_{доп} = 2'$				$1/N_{пол} = 1/9104,5 < 1/N_{доп} = 1/2000$											

Определяем относительную невязку хода по формуле

$$f_{\text{отн.}} = f_p / P = 0,04 / 364,18 = 0,00011.$$

Для удобства сравнения относительную невязку удобно представить в виде простой дроби, где в числителе стоит 1. Для этого во второй части формулы и числитель, и знаменатель делим на  $f_p$ .

$$1 / N_{\text{пол}} = (f_p : f_p) / (P : f_p) = (0,04:0,04) / 364,18 : 0,04 = 1 / 9104,5.$$

Для проверки правильности проведенных расчетов сравниваем полученную относительную невязку с допустимой невязкой. Допустимая относительная невязка для слабо расчлененного рельефа, характерного для нашего региона равна:  $1 / N_{\text{доп}} = 1 / 2000$ . Сравниваем полученную относительную невязку с допустимой невязкой:

$$1 / N_{\text{пол}} = 1 / 9104,5 < 1 / N_{\text{доп}} = 1 / 2000.$$

Если полученная относительная невязка меньше или равна допустимой невязке, то измерения и расчеты проведены правильно.

### **Вычисление поправок в приращения координат**

После того как мы определили, что угловые и линейные измерения произведены правильно, в приращения координат следует внести поправки. Поправки в приращения координат вносятся пропорционально длине хода, с обратным знаком и рассчитываются по формулам:

$$\delta_x = (f_x / P) \cdot d; \delta_y = (f_y / P) \cdot d.$$

Например: определяем поправки в приращения координат по оси  $X$ .

Определяем поправки в приращения координат по оси  $X$ .

$$\delta_{x1} = (-0,04/364,2) \cdot 90,08 = 0,01,$$

$$\delta_{x2} = (-0,04/364,2) \cdot 121,23 = 0,01,$$

$$\delta_{x3} = (-0,04/364,2) \cdot 61,12 = 0,01.$$

$$\delta_{x4} = (-0,04/364,2) \cdot 91,77 = 0,01.$$

Значения поправок округляются до сотых, но необходимо помнить, что сумма поправок должна быть равна невязке  $f_x$  с обратным знаком.

$$f_x = \delta_{x1} + \delta_{x2} + \delta_{x3} + \delta_{x4} = 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 = -0,04.$$

Вносим значения поправок в табл. 3.

Аналогичным образом определяем поправки по оси  $Y$ . Так как невязка по оси  $Y$  равна 0, то и поправки в приращения координат по оси  $Y$  равны нулю.



Вычисляем исправленные (уравненные) приращения координат по формулам:

$$\Delta X_{I-II \text{ испр}} = \Delta X_{I-II} \pm \delta x_2 = 1,23 + 0,01 = 1,24,$$

$$\Delta Y_{I-II \text{ испр}} = \Delta Y_{I-II} \pm \delta y_2 = -90,07 - 0 = -90,07.$$

Аналогичным образом вычисляем другие исправленные приращения координат. Сумма отрицательных и положительных исправленных приращений координат должна быть равна 0. Вносим полученные данные в координатную ведомость (табл. 3).

### **Определение координат точек теодолитного хода**

Координаты последующих точек рассчитываются по формулам:

$$X_{\text{посл}} = X_{\text{пред.}} + \Delta X_{\text{испр}}; Y_{\text{посл}} = Y_{\text{пред.}} + \Delta Y_{\text{испр.}}$$

Например: вычисляем координаты по оси  $X$ :

$$X_I = 370,$$

$$X_{II} = X_I + \Delta X = 370 + 1,24 = 371,24,$$

$$X_{III} = 371,24 + 120,70 = 491,94,$$

$$X_{IV} = 491,94 - 34,68 = 457,26,$$

$$X_I = 457,26 - 87,26 = 370.$$

Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода.

Равенство значений  $X_I$ , полученного в результате расчета, с исходным значением, свидетельствует о правильности расчета. Вносим значения координат в табл. 3.

Вычисляем координаты по оси  $Y$ :

$$Y_I = 470$$

$$Y_{II} = 470 - 90,07 = 379,93$$

$$Y_{III} = 379,93 + 11,37 = 391,30$$

$$Y_{IV} = 391,30 + 50,32 = 441,62$$

$$Y_I = 441,62 + 28,38 = 470$$

Вносим значения координат по оси  $Y$  в табл. 3.

### **Контрольные вопросы**

1. Прямая геодезическая задача. Как определяются приращения координат?
2. Как определяется абсолютная невязка теодолитного хода?
3. Как определяется относительная невязка теодолитного хода?
4. Чему равен периметр теодолитного хода?
5. Как вычисляются поправки в приращения координат?
6. Как разносятся поправки в приращения координат?
7. Чему должна быть равна сумма приращений координат по оси  $X$ , после внесения поправок в приращения?
8. По каким формулам вычисляются координаты вершин теодолитного хода?

## Построение плана теодолитной съемки

План теодолитной съемки строится на листе чертежной бумаги в масштабе 1:500. Построение плана начинается с построения координатной сетки и выноса на нее вершин теодолитного хода.

### Построение координатной сетки и вынос точек вершин теодолитного хода

Координатную сетку со стороной квадратов 10×10 сантиметров, вычерчивают с помощью линейки Дробышева [3; 5], или с помощью циркуля измерителя и масштабной линейки. Координатная сетка вычерчивается в масштабе 1:500. Можно рекомендовать первоначально построить координатную сетку в масштабе 1:5000 на тетрадном листе в клетку со стороной квадрата 1 см, что позволит достаточно точно оценить положение теодолитного хода внутри координатной сетки, выяснится ли, окружающая полигон ситуация (результаты съемки подробностей) на ваш лист и определить количество необходимых квадратов.

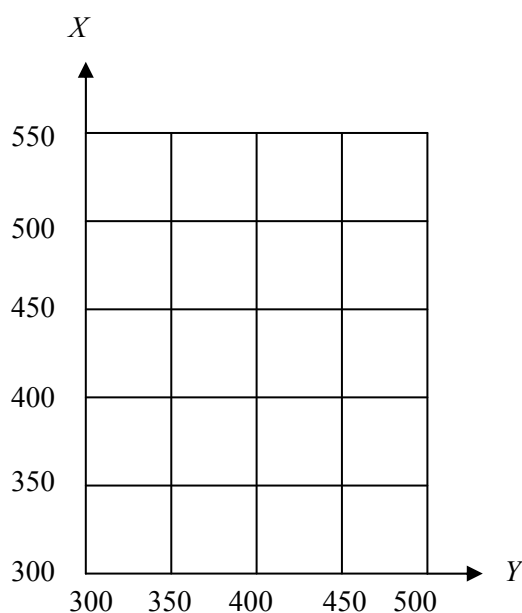


Рис.8. Пример оцифровки координатной сетки

Производим оцифровку координатной сетки. Для этого выбираем в координатной ведомости координаты по осям  $X$  и  $Y$ , имеющие наименьшее значение (табл. 3).

Например: для выбранного варианта, такими координатами являются координата точки I по оси  $X$  ( $X_I = 370$ ) и координата точки II по оси  $Y$  ( $Y_{II} = 379,93$ ). Отсчет координат начинаем с чисел меньше, наименьших координат и кратных 50, так как 10 см в 1:500 масштабе соответствуют 50 метров на местности.

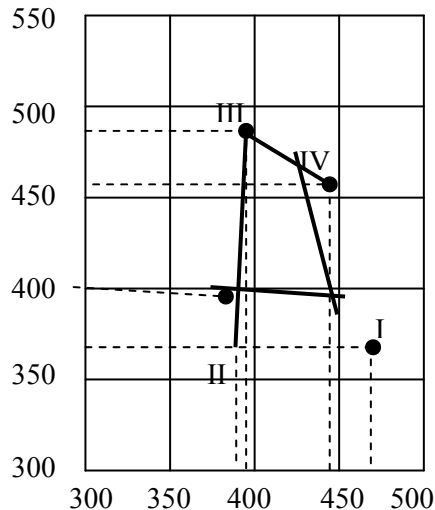


Рис. 9. Пример выноса вершин теодолитного хода на план

Такими числами по осям  $X$  является 300 или 400, для того, чтобы поместить на план результаты съемки подробностей оцифровку сетки по оси  $X$ , начинаем с 300. По оси  $Y$  оцифровку начнем с числа 300. Проводим оцифровку остальных линий сетки через 50 метров (рис. 8).

Выносим на координатную сетку вершины теодолитного хода по их координатам (табл. 3). При выносе точек, пользуемся угольником, циркулем измерителем и поперечным масштабом. После нанесения вершин теодолитного хода на план (рис. 9), приступаем к выносу на него результатов съемки подробностей.

### Вынос на план результатов съемки подробностей

При проведении съемки подробностей было применено несколько способов: способ перпендикуляров, способ угловой засечки, способ линейной засечки, способ створов, а также способ полярных координат.

Во время съемки подробностей составлялся абрис теодолитной съемки.

Абрис теодолитной съемки представляет собой схематичный чертеж съемки, без учета масштаба. На него, выносятся точные значения расстояний сторон, значения углов, как теодолитного хода, так и результатов съемки подробностей (рис.10). Помимо ситуации на абрис вынесена сетка квадратов 30·30 метров, в которых было проведено геометрическое нивелирование.

### Способ перпендикуляров

Способ перпендикуляров применяется при съемке ситуации и местных предметов, имеющих правильные геометрические формы, например, зда-

ний, а также криволинейных контуров, например, рек, дорог, кромок леса и других, вытянутых в длину контуров.

Перпендикуляры опускаются из снимаемых точек на стороны теодолитного хода, при помощи эккера или на глаз, если длина перпендикуляра не превышает 10 метров в 1:5000 масштабе, 8 м – в 1:2000, 6м – в 1:1000, и 4 м – в 1:500 масштабах. При применении эккера в 1:1000 масштабе, допускается длина перпендикуляра до 40 метров.

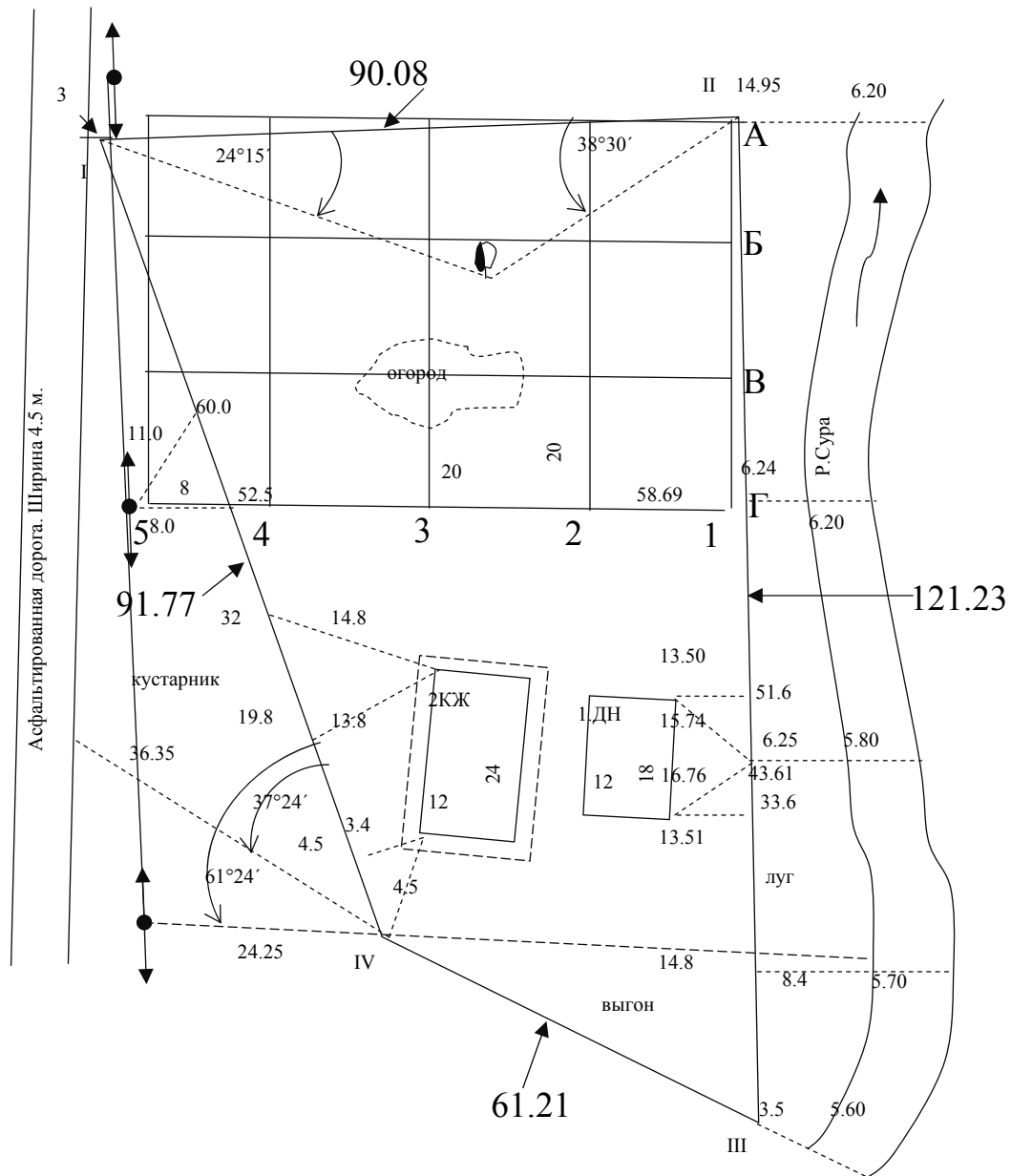


Рис.10. Абрис теодолитной съемки

В данной работе способом перпендикуляров сняты правая стена здания 1ДН и левый берег реки Сура (см. абрис рис.10). По линии теодолитного хода III-II от точки III, в 1:500 масштабе, откладываются отрезки равные 14,8; 33,6; 43,61; 51,6; 58,69 (рис.11). Затем из этих точек, а также из точки II теодолитного хода, восстанавливаются перпендикуляры. Перпендикуляры восстанавливаются вправо или влево от линии теодолитного хода (см. рис.11).

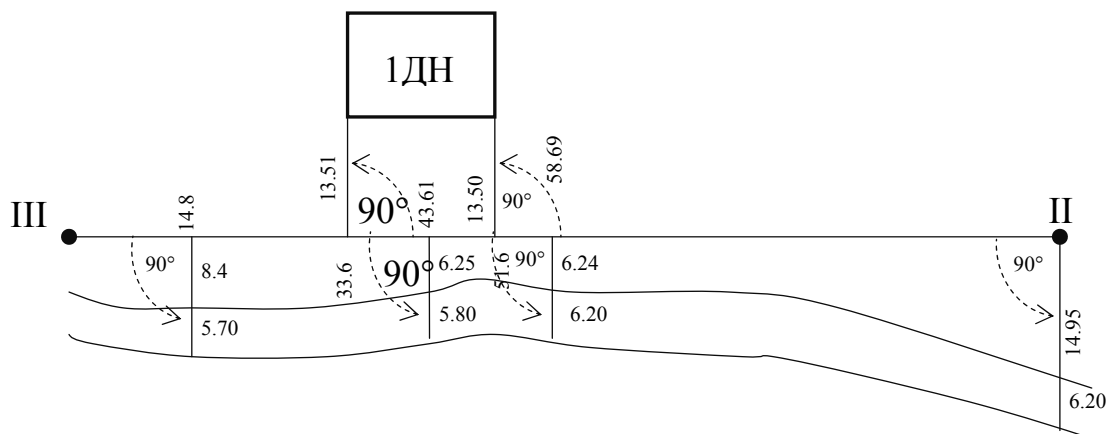


Рис.11. Схема построения точек способом перпендикуляров

Затем по перпендикулярам в 1:500 масштабе откладываются расстояния указанные на абрисе теодолитной съемки (см. рис.10) и строится правая стена здания 1ДН, проверяя соответствие ее длины заданному на абрисе размеру. Зная размеры здания, строим на плане здание 1ДН. Аналогичным образом вправо от линии теодолитного хода III-II, по перпендикулярам откладываем в масштабе расстояния до левого и правого берегов реки Сура. Соединив плавной линией полученные точки, строим русло реки.

### Способ створов

Способ створов применяется в тех случаях, когда определяемая точка, находится на продолжении линии теодолитного хода или линии с четко известным направлением и расстоянием, например на продолжении линии, снятой способом полярных координат. Способом створом определена сторона асфальтированной дороги (см. рис. 10), а также крайние границы, правого и левого берегов реки Сура.

При выносе точки, способом створов, на план продлевается линия IV – III и от точки III откладывается в масштабе расстояние 3,5 метра (рис.12). Таким образом, находим положение левого берега реки Сура. Отложив в том же направлении 5,6 метра, находим положение правого берега реки Сура. Соединяем плавными линиями полученные точки с точками, определенными способом перпендикуляров и строим все русло реки.



Рис.12. Схема определения положения точки способом створов.

Аналогичным образом определяется положение края дороги, продлевая линию II-I.

### Способ угловой засечки

Наиболее выгодно применять этот способ при определении положения точек, расположенных в труднодоступных местах. Угол засечки в этом случае должен быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ . Этим способом в нашем варианте определено положение одинокого дерева (см. рис.10).

От линии I-II, из точек I и II теодолитного хода с помощью транспортира откладываем углы  $24^\circ 15'$  и  $38^\circ 30'$  (рис.13). Пересечение полученных направлений даст положение дерева.

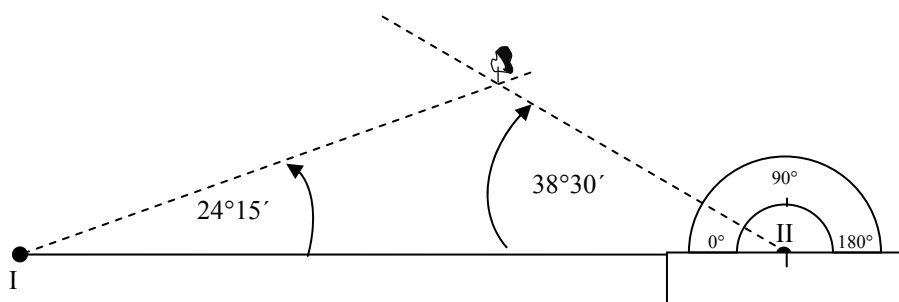


Рис.13. Схема определение положения стены здания способом угловой засечки

### Способ линейной засечки

Этот способ наиболее широко применяется при строительных работах, при съемке снаружи и внутри зданий. Этим способом было определено положение стены жилого здания 2КЖ (см. рис.10) и положение средней опоры ЛЭП. От линии теодолитного хода IV-I, из точек, расстояние до которых измерялось от станции IV (52,5 и 60,0 метров) с помощью циркуля делаем засечки 8 и 11 метров (рис.14). Расстояние для засечек берется с абриса с учетом масштаба.

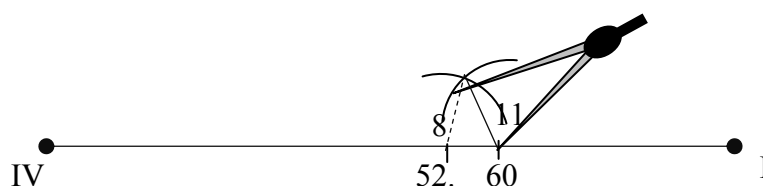


Рис.14. Схема определения положения стены здания способом линейной засечки

Пересечение двух дуг даст положение средней опоры ЛЭП. Аналогичным образом определяется положение здания 2КЖ. Соединив полученные точки между собой, строим стену здания на плане. Длина стены в масштабе должна соответствовать длине стены на абрисе (см. рис.10). Используя размеры здания (см. рис.10), строим все здание на плане.

### Способ полярных координат

Суть способа полярных координат заключается в том, что положение точки определяется углом, отложенным от известного направления и расстоянием до нее от полюса. На заданном студентам плане теодолитной съемки, способом полярных координат определено положение нижней опоры ЛЭП и правая сторона дороги (см. рис. 10). Определение на плане нижней опоры ЛЭП производится в следующей последовательности:

1. От линии теодолитного хода IV–I, от точки IV, с помощью транспортира откладываются углы  $61^{\circ}24'$ .

2. По полученному направлению в 1:500 масштабе откладывается 24,25 метра = 4,85 см. Полученная точка и определяет положение опоры ЛЭП на плане (рис.15).

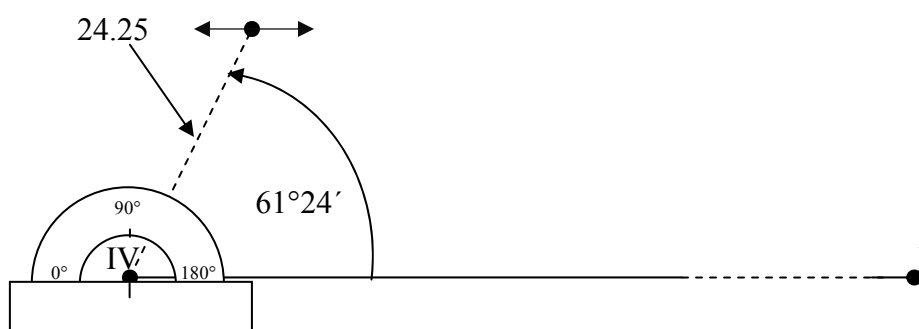


Рис.15. Схема определение положения опоры ЛЭП способом полярных координат







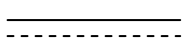


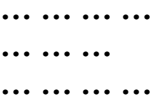
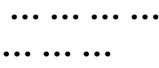
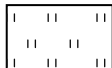
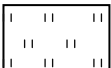

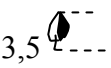

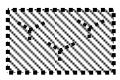
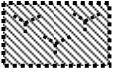

Аналогичным способом определяется положение правого края дороги (см. рис. 10).

Используя перечисленные способы, выносим на план результаты съемки подробностей, учитывая условные знаки, приведенные в табл. 4.

Вокруг линии координатной сетки на расстоянии 1,4 см. проводим вторую линию толщиной 2 мм. Убираем все вспомогательные линии. Линии координатной сетки, заменяем на перекрестье, с размерами  $1 \times 1$  см, выполненные зеленым цветом.

Т а б л и ц а 4

## Условные обозначения к топографическому плану

Изображения на планах	Названия	Цвет изображения	Размеры в мм
а.  I б.  II	а. Точка плановой сети и ее номер. б. Вершина теодолитного хода и ее номер.	Черный.	 ○ d = 3
• 79.13	Абсолютная отметка точки	Черный	• d = 1
	Пересечение координатных линий	Зеленый	
	Дорога асфальтированная	Край черный. Внутри отмывка розовым.	Ширина дороги показана в масштабе
	Дорога грунтовая	Черный	Ширина дороги показана в масштабе
	Здание каменное жилое	Черный	Размеры даны в масштабе
	Постройка каменная нежилая.	Черный	Размеры даны в масштабе
	выгон	Черный	
	Луг	Черный	
	Одинокое дерево	Черный	3,5 
	Границы контуров имеющих извилистые формы: Граница леса, граница луга.	Черный	
	Кустарник	Черный	
	Горизонтали. Утолщенные основные.	Коричневый	



## Контрольные вопросы

1. Что такое абрис теодолитной съемки?
2. Какие способы съемки подробностей вы знаете?
3. Каким способом съемки подробностей определяются точки расположенные в трудно – доступном месте?
4. В каких случаях применяется способ перпендикуляров?
5. На какие линии опираются точки выносимые способом створов?
6. В каких случаях применяется способ полярных координат?
7. Как определить положение точки способом линейной засечки?
8. Как производится оцифровка координатной сетки?

## Нивелирование площадки

Данное задание выполняется после лабораторной работы, на которой изучается устройство нивелира Н-3, способы определения превышений и определения абсолютных отметок связующих и промежуточных точек.

## Геометрическое нивелирование

В геометрическом нивелировании, превышения определяются отсчетом горизонтальным лучом визирования по вертикальным рейкам, на которых нанесены сантиметровые деления. Визирование осуществляется нивелиром. Существует два способа геометрического нивелирования: нивелирование вперед и нивелирование из середины.

## Нивелирование из середины

Нивелирование из середины, является наиболее применяемым способом геометрического нивелирования, которое производится горизонтальным лучом визирования, параллельным уровенной поверхности (рис. 16). При этом способе, нивелир устанавливается между двумя точками, примерно на равном расстоянии от них. Известна абсолютная отметка т. А:  $H_A$  (рис.16). Нивелир приводится в рабочее положение и наводится на заднюю рейку. Берется отсчет ( $a_ч$ ) по черной стороне рейки, этот отсчет называется взгляд назад. Поворачиваем рейку и берем отсчет по красной стороне, получаем отсчет ( $a_{кр}$ ). Переводим нивелир на рейку, установленную на точке В и берем отсчеты по черной ( $b_ч$ ) и красной ( $b_{кр}$ ) сторонам рейки. Эти отсчеты называются взгляд вперед. Как видно из рис. 16, превышение между точками А и В равно:  $h = a - b$ , т.е. взгляд назад минус взгляд вперед. Для предотвращения ошибок, вычисляем среднее превышение, между разницей отсчетов по черным и красным сторонам реек. Разница между двумя значениями  $h$ , не должна превышать 5 мм:

$$h_1 = a_ч - b_ч,$$

$$h_2 = a_{кр} - b_{кр},$$

$$h_{ср} = (h_1 + h_2)/2.$$

Отметка точки В равна  $H_B = H_A + h_{ср}$ .

### Определение отметок промежуточных точек, горизонт прибора.

При нивелировании часто возникает необходимость нивелировать точки, находящиеся либо в стороне от линии нивелирного хода, либо между связующими точками, но подчеркивающими особенности рельефа местности. Такие точки называются промежуточными. Их отметки вычисляются через горизонт прибора.

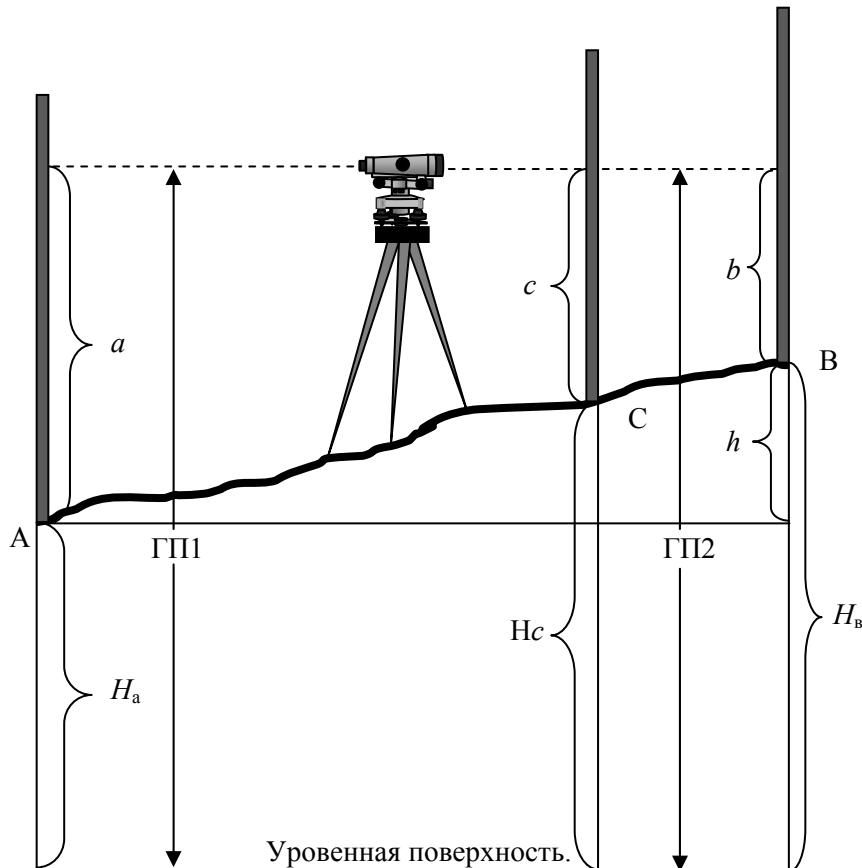


Рис. 16. Схема геометрического нивелирования способом из середины

Горизонтом прибора называется расстояние от уровенной поверхности до визирной оси нивелира. То есть горизонт прибора равен  $\Gamma\Pi = H_A + a$  (Рис.16), абсолютной отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке. Например: необходимо определить абсолютную отметку точки С, расположенную между точками А и В (Рис.16). Вычисляем горизонт прибора по формулам:

$$\Gamma\Pi_1 = H_a + a,$$

$$\Gamma\Pi_2 = H_b + b,$$

$$\Gamma\Pi_{ср} = (\Gamma\Pi_1 + \Gamma\Pi_2)/2.$$

Разница между двумя значениями  $\Gamma\Pi$  не должна превышать 5 мм.

Устанавливаем рейку на точку С и берем отсчет по черной стороне, получаем отсчет  $c$ . Абсолютная отметка точки С равна:  $H_c = ГП_{ср} - c$ .

Нивелирование из середины имеет следующие преимущества:

1. На одной станции можно определить предельное превышение, равное длине рейки, т.е. значительно большее, чем при нивелировании вперед.

2. Отпадает необходимость измерения высоты инструмента. Так как расстояние между нивелиром и рейкой при всех прочих равных условиях ограничивается качествами трубы и уровня инструмента, то при нивелировании из середины расстояние между нивелируемыми точками может быть вдвое больше, чем при нивелировании вперед.

3. Главным преимуществом этого способа является то, что при одинаковом расстоянии между рейками и нивелиром, из измерений автоматически исключаются ошибки за кривизну земли, за рефракцию света и инструментальные ошибки.

### Нивелирование поверхности

Нивелирование поверхности производится для детального изображения рельефа местности, на которой предполагается строительство каких либо инженерных сооружений. В зависимости от характера рельефа и площади проектируемых работ, могут быть применены следующие способы нивелирования: по квадратам, параллельных линий и магистралей.

### Нивелирование по квадратам

Способ нивелирования по квадратам применяется в тех случаях, когда съемке подлежат небольшие открытые участки местности со спокойным рельефом. Нивелирование производится по сетке квадратов, разбиваемой в пределах снимаемой площади. Для этого через точку в центре участка проводят две перпендикулярные прямые  $X$  и  $Y$ . Для удобства линию  $X$  проводят параллельно осевому меридиану. Иногда эти линии располагают по основным осям будущего сооружения. По осям  $X$  и  $Y$  откладывают равные отрезки от 10 до 100 метров.

С помощью теодолита из крайних точек на оси  $X$  проводят перпендикуляры к ней. Перпендикуляры, также разбиваются на равные отрезки, аналогичные тем, которые откладывались по осям  $X$  и  $Y$ . Далее, с помощью мерной ленты, весь участок разбивается на квадраты.

На абрисе теодолитной съемки (рис.10) показана сетка из 12 квадратов ( $20 \times 20$  м), разбитых от точки II теодолитного хода. Внутри сетки квадратов от точки Рп1 с известной отметкой ( $H_{Рп1} = 53,426$  м) проложен замкнутый нивелирный ход. (Отметка  $H_{Рп1}$  задается преподавателем). Ход проложен по часовой стрелке и точки внутри хода сняты как связующие, т.е. абсолютные отметки последующих точек определяются через превышения

(рис.17). Нивелирование проведено с трех станций, т.е. нивелир устанавливался на станции СТ I (между Рп1 и точкой А1), СТ II (между точками А1 и Г3), СТ III (между точками Г3 и Рп1).

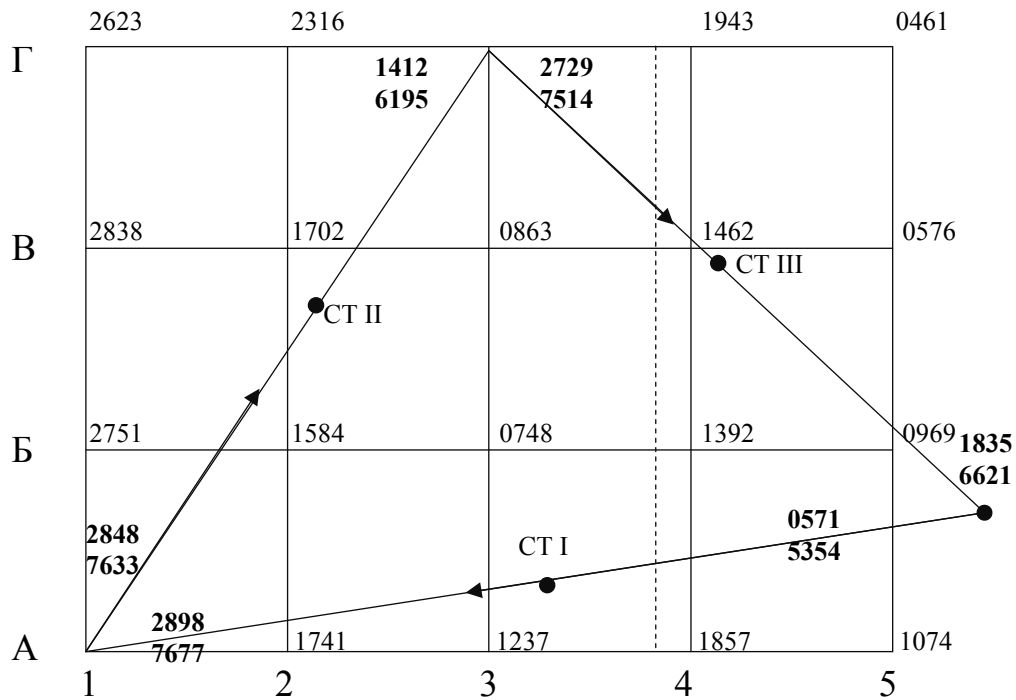


Рис. 17. Схема замкнутого нивелирного хода

Находим превышение между точками Рп1 и А1:

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 0571 - 2892 = -2321,$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 5354 - 7677 = -2323,$$

$$h_{\text{ср1}} = -2321 + (-2323)/2 = -2322.$$

Находим превышение между точками А1 и Г3.

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 2848 - 1412 = 1436,$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 7633 - 6195 = 1438,$$

$$h_{\text{ср2}} = 1436 + 1438 / 2 = 1437.$$

Определяем превышение между точками Г3 и Рп1.

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 2729 - 1835 = 0894,$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 7514 - 6621 = 0893,$$

$$h_{\text{ср3}} = 0894.$$

Находим сумму средних превышений нивелирного хода.

$$\Sigma h = h_{\text{ср1}} + h_{\text{ср2}} + h_{\text{ср3}} = -2322 + 1437 + 0894 = 0,009 = 9 \text{ мм.}$$

Эта величина является невязкой нивелирного хода. Чтобы определить правильность измерений, сравниваем полученную невязку с допустимой.

Допустимая невязка определяется по формуле:

$$fh_{\text{доп}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} = 17,3 \text{ мм} > 9 \text{ мм,}$$

где  $n = 3$  – количество сторон нивелирного хода.

Измерения считаются правильными, если полученная невязка, меньше допустимой невязки. Полученная невязка разбрасывается равномерно на все превышения с обратным знаком.

Так как полученная невязка равна +9 мм, то разделив ее на три, получим  $9:3 = -3$  мм.

Прибавив поправки к превышениям, получаем исправленные превышения.

$$h_{1\text{исп}} = -2322 - 3 = -2325, h_{2\text{исп}} = 1437 - 3 = 1434, h_{3\text{исп}} = 0894 - 3 = 0891.$$

Сумма исправленных превышений должна быть равна нулю.

$$\Sigma h_{\text{исп}} = -2325 + 1434 + 0891 = 0.$$

Находим абсолютные отметки точек А1 и Г3 по формуле:

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{исп}},$$

$$H_{\text{А1}} = H_{\text{Рп1}} + h_{1\text{исп}} = 53,426 - 2,325 = 51,101 \text{ м,}$$

$$H_{\text{Г3}} = H_{\text{А1}} + h_{2\text{исп}} = 51,101 + 1,434 = 52,535 \text{ м,}$$

$$H_{\text{Рп1}} = H_{\text{Г3}} + h_{3\text{исп}} = 52,535 + 0,891 = 53,426 \text{ м.}$$

Равенство исходной и конечной величины отметки  $H_{\text{Рп1}}$  свидетельствует о правильности проведенных расчетов.

### Определение отметок промежуточных точек.

Все точки кроме А1 и Г3 вычисляются как промежуточные. На журнале нивелирования площадки проведена прерывистая линия, делящая площадку на две части (рис.17). Эта линия показывает, что точки Г1, Г2, В1, В2, В3, Б1, Б2, Б3, А2, А3 сняты со станции II, а точки Г4, Г5, В4, В5, Б4, Б5, А4, А5 сняты со станции III (рис.18).

Вычисляем горизонты приборов для этих станций.

$$\text{ГП}_{1\text{СТII}} = H_{\text{А1}} + a = 51,101 + 2,848 = 53,949,$$

$$\text{ГП}_{2\text{СТII}} = H_{\text{Г3}} + b = 52,535 + 1,412 = 53,947,$$

$$\text{ГП}_{\text{ср СТII}} = 53,948,$$

$$\text{ГП}_{1\text{СТIII}} = H_{\text{Г3}} + a = 52,535 + 2,729 = 55,264,$$

$$\text{ГП}_{2\text{СТIII}} = H_{\text{Рп1}} + b = 53,426 + 1,835 = 55,261,$$

$$\text{ГП}_{\text{ср СТIII}} = 55,263.$$

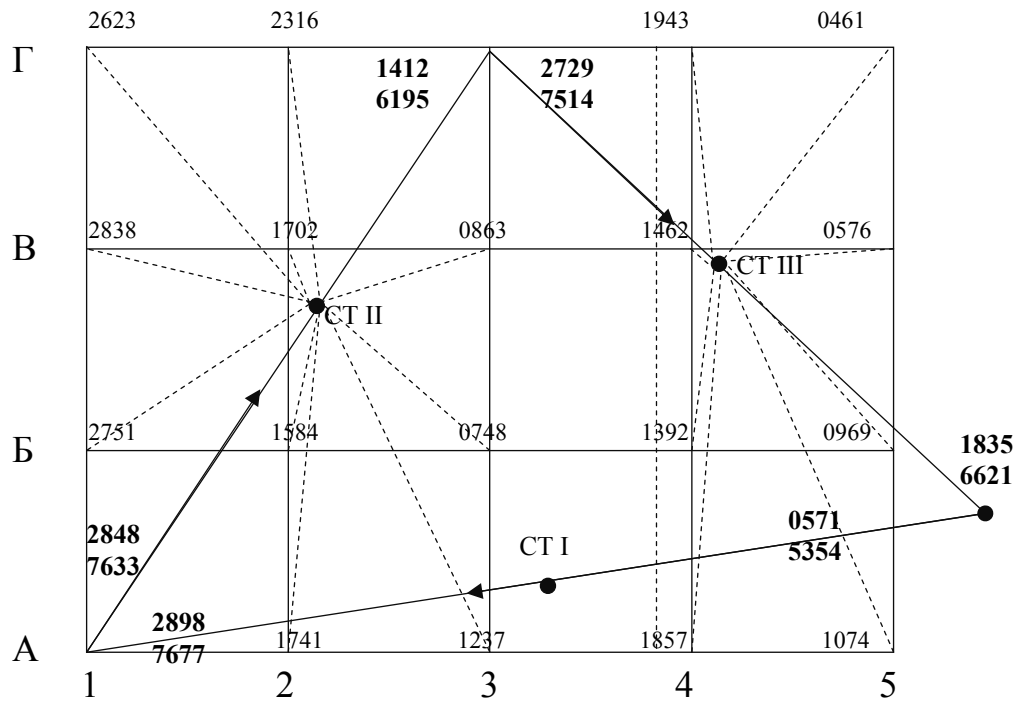


Рис.18. Схема нивелирования промежуточных точек

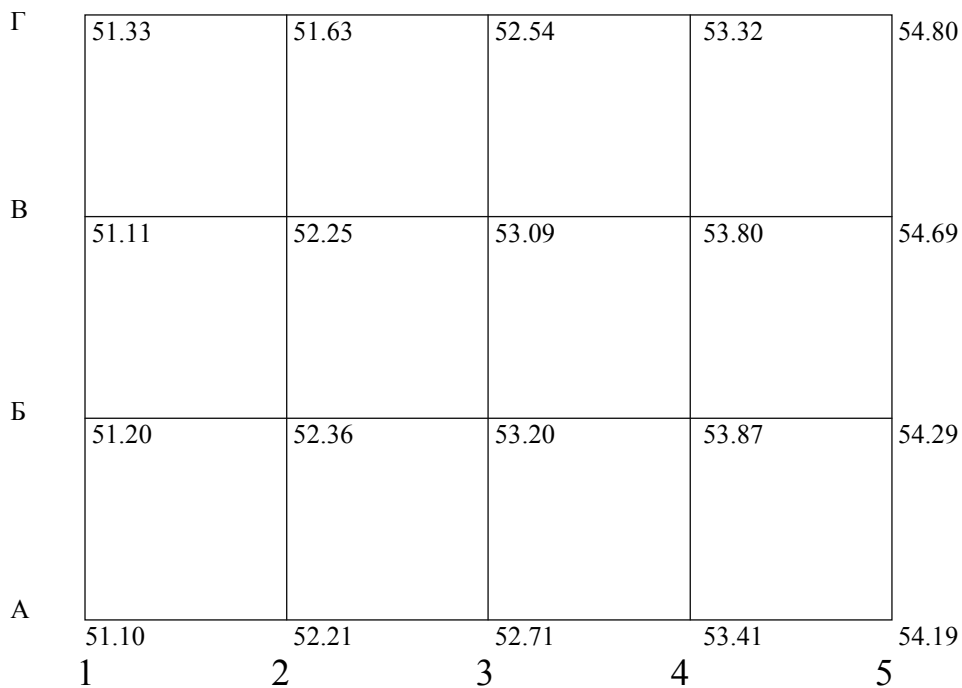


Рис.19. Схема площадки с абсолютными отметками вершин квадратов

Вычисляем абсолютные отметки всех точек площадки для СТ I, по формуле  $H_i = \text{ГП}_{\text{ср}} - c$ , где  $c$  отсчет по рейкам на углах площадки.

Например:  $H_{Г1} = \text{ГП}_{\text{срСТ II}} - 2623 = 53,948 - 2,623 = 51,325$  м.

Аналогичным образом вычисляем абсолютные отметки всех точек снятых со станции II. Данные выносим на сетку квадратов.

Вычисляем отметки промежуточных точек снятых со станции III.

В результате расчетов получаем сетку квадратов с абсолютными отметками вершин каждого квадрата (рис. 19). Отметки округляем до сотых долей.

### Построение горизонталей

Существует два способа построения горизонталей графический и аналитический.

#### Графический способ

При графическом способе строится палетка, т.е. проводится ряд параллельных линий через 1 или 0,5 см. Производится оцифровка палетки. Для этого на сетке квадратов выбирается наименьшая отметка, такой отметкой в нашем варианте является отметка точки  $H_{A1} = 51,10$  м (рис.19).

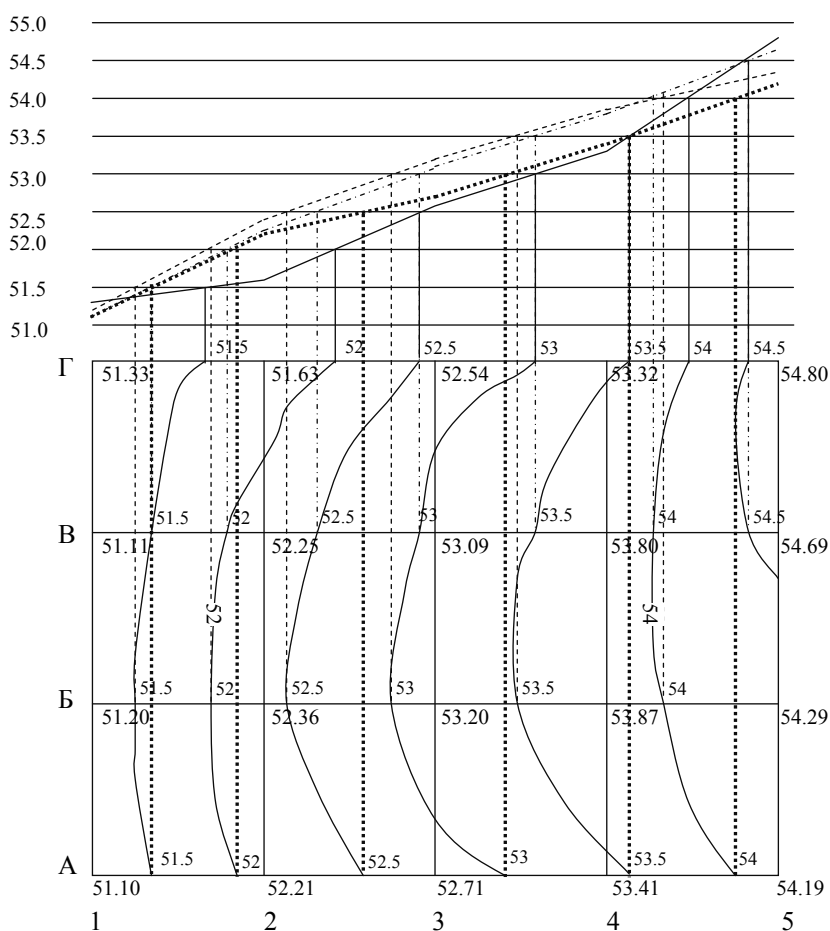


Рис.20. Построение горизонталей графическим способом

Оцифровку начинаем с числа, которое меньше, наименьшей отметки и нацело, делиться на 0,5 метра (высота сечения рельефа в данном задании). Таким числом является 51,00 м. Оцифровку производим через 0,5 м. На перпендикулярах, восстановленных из вершин квадратов, последовательно, откладываем значения отметок, по линии Г. Соединив полученные точки, получаем ломаную линию. Ее пересечение с линиями палетки, дает положение горизонталей на линиях палетки (Рис.20). Опустив перпендикуля-

ры из точек пересечения на линию Г, определяем на ней положение горизонталей. Числовое значение горизонтали равно, числовому значению линии палетки, с которой опущен перпендикуляр. Аналогичным образом находим положение горизонталей на линиях В, Б, и А.

Соединяя точки с одинаковыми отметками, строим горизонтали. Горизонтали наносятся коричневым цветом. Подписываем только целые четные горизонтали, верх цифры направлен в сторону увеличения рельефа. Необходимо обратить внимание на порядок нумерации квадратов на абрисе (рис.10) и на схеме нивелирования (рис.17). Так как понижение рельефа направлено в сторону реки Сура.

### Построение графика заложения

На свободном месте плана (желательно в нижнем правом углу) строится график заложения для определения углов наклона или уклонов. Уклон  $i = \text{tg} \gamma = h/d$ , где  $h$  – высота сечения (в нашем варианте  $h = 0,5$  м);  $d$  – расстояние между горизонталями на плане по которому определяется уклон.

Из предыдущей формулы можно вывести, что  $d = h/\text{tg} \gamma$  ( $h$  – величина постоянная равная 0,5 м, поэтому величина  $d$  будет зависеть только от изменения  $\text{tg} \gamma = i$ ). Построение графика заложения производим в следующем порядке:

1. На горизонтальной оси графика откладываем 9-10 равных отрезков длиной 1 см. Из концов отрезков восстанавливаем перпендикуляры (рис.22).

2. Под границами отрезков подписываем значения уклонов, начиная с 0,01.

3. Находим значения  $d$  для каждого уклона. Например:  $i = 0,01$ ,  $h = 0,5$  м, тогда  $d = h / i = 0,5 / 0,01 = 50$  м.

4. В 1:500 масштабе откладываем величину  $d$  по перпендикулярам. 50 м в 1:500 масштабе равно 10 см.

5. Вычисляем оставшиеся расстояния  $d$  и откладываем их в масштабе на графике.

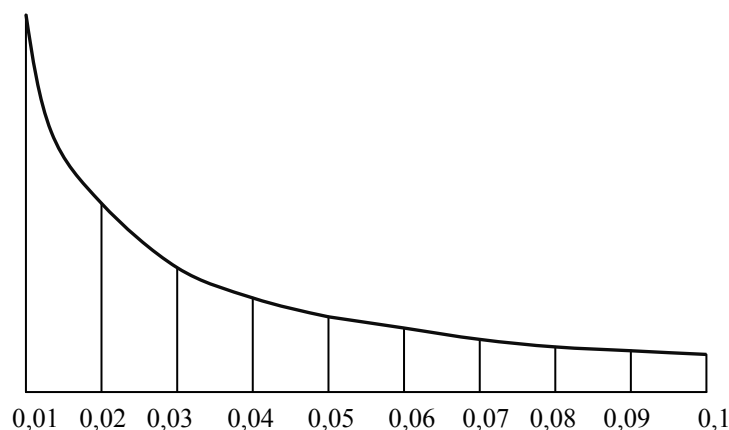


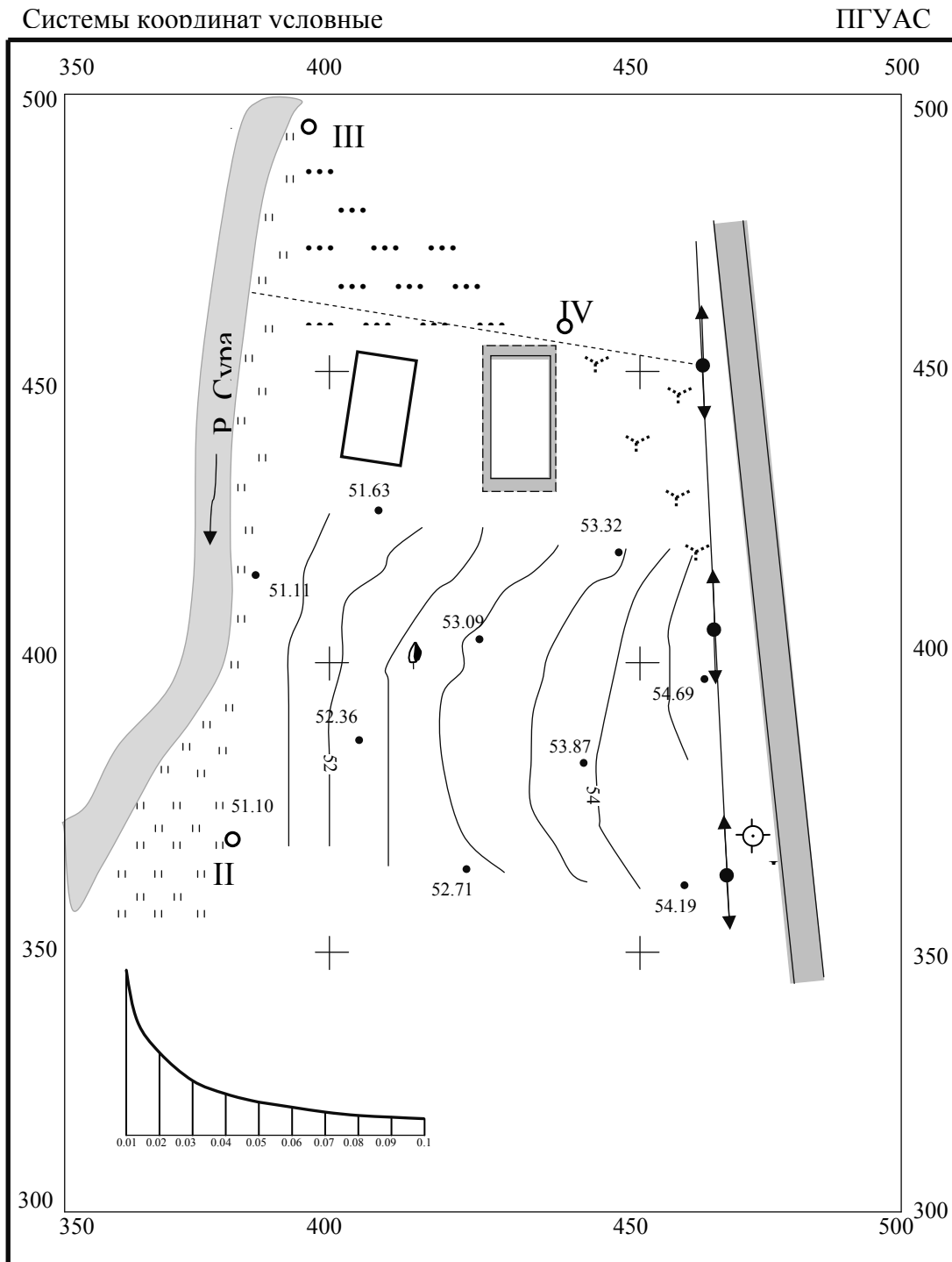
Рис.22. График заложения для определения уклонов

Полученные точки соединяем плавной линией. График заложения может быть направлен в другую сторону, если поменять направление смен



значений уклонов, на обратное. Это связано с удобством его размещения на плане, так как свободное место для графика может быть как в правом, так и в левом углу плана. Окончательно оформляем план теодолитной съемки.

## ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН



Выполнил ст. гр. СТР-11  
Иванов И.И.

Масштаб 1:500  
Горизонталы проведены через 0.5 м.

Проверил  
Оценка

Рис.23. Топографический план участка. Масштаб 1:500

## Контрольные вопросы

1. По каким формулам определяется превышение для связующих точек?
2. Как определяются абсолютные отметки связующих точек?
3. В чем отличие определения абсолютных отметок между связующими и промежуточными точками?
4. Что такое горизонт прибора?
5. Как определяются абсолютные отметки промежуточных точек?
6. По какой формуле определяется допустимая невязка замкнутого нивелирного хода?
7. Какие способы нивелирования поверхности вы знаете?
8. В каких случаях применяется способ нивелирования по квадратам?
9. Какими способами строятся горизонтالي?
10. Как производится оцифровка палетки при построении горизонталей графическим способом?

## Расчетно-графическая работа №2 ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ЗЕМЛЯНЫХ МАСС

Одной из составных частей генерального плана строительства, является проект вертикальной планировки застроенной территории. В соответствии с этим проектом, естественный рельеф преобразуется, путем выполнения земляных работ. Преобразование естественного рельефа в проектный рельеф, называется вертикальной планировкой.

В зависимости от задач строительства, проектный рельеф может быть горизонтальным, иметь уклон в одну или в две стороны, или иметь сложную поверхность.

Всего для выполнения РГР №2 отводится 2 часа аудиторных занятий и 6 часов самостоятельной работы студентов.

### Задание к РГР №2

По результатам нивелирования площадки (РГР№1) состоящей из 12 квадратов (Рис.16), с длиной стороны каждого 20 метров, **требуется:** построить проектную плоскость с уклоном в одном направлении.

Работа должна быть выполнена с наименьшими физическими и материальными затратами. Студенты выполняют работу по своим данным полученным при нивелировании площадки. Работа выполняется в масштабе 1:500 на листе чертежной бумаги А4.

### Составление картограммы земляных масс

Картограмма земляных масс выполняется для оптимизации земляных работ. Основным условием баланса земляных работ является примерное равенство объемов выемки и насыпи, так как нарушение этого равенства приводит к резкому подорожанию стоимости проекта строительства.

### Определение проектных отметок

На сетку квадратов вносятся абсолютные отметки вершин квадратов, которые подписываются черным цветом под горизонтальной разделительной линией каждого квадрата (рис.24). Проектирование наклонной оформляющей плоскости с уклоном в одном направлении начинается с деления площадки на две равные части. Работу начинаем с определения проектной отметки, (центра тяжести) левой половины площадки (рис. 24). Проектная отметка половины площадки определяется по формуле

$$H_x' = (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4) / 4n,$$

где ▲  $H_1$  – отметки вершин, принадлежащих только одному квадрату;

- $H_2$  – отметки вершин в которых сходятся два квадрата;
- $H_4$  – отметки вершин в которых сходятся четыре квадрата (рис.24);
- $n = 6$  – число квадратов половины площадки.

	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
Г	51.33	51.63	52.54	53.32	54.80
В	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
	51.11	52.25	53.09	53.80	54.69
Б	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
	51.20	52.36	53.20	53.87	54.29
А	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
	51.10	52.21	52.71	53.41	54.19
	1	2	3	4	5

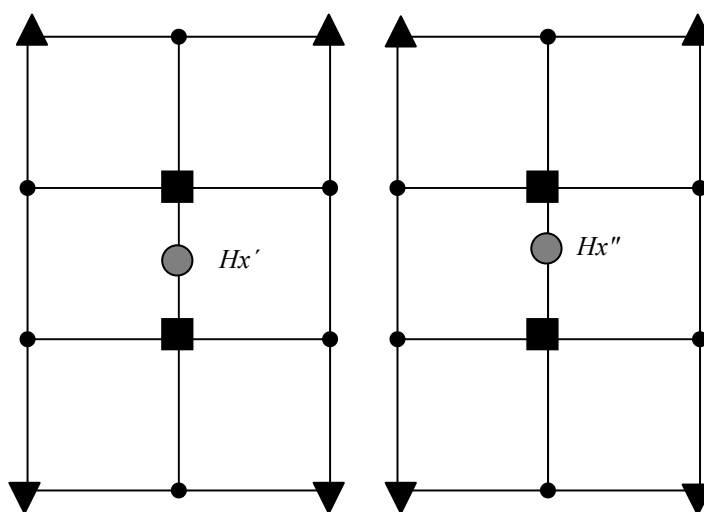


Рис.24. Схема определения проектных отметок обеих половинок площадки (скобками указывается красный цвет цифр)

Например: для рассматриваемого варианта  $H_x'$  будет равно:

$$\Sigma H_1 = 51,33 + 52,54 + 52,71 + 51,10 = 207,68,$$

$$2 \Sigma H_2 = (51,63 + 53,09 + 53,20 + 52,21 + 51,20 + 51,11) \cdot 2 = 624,88,$$

$$4 \Sigma H_4 = (52,25 + 52,36) \cdot 4 = 418,44,$$

$$H_x' = (207,68 + 624,88 + 418,44) / 24 = 52,13 \text{ м.}$$

Эта отметка является проектной, для всех вершин квадратов линии №2 проектируемой площадки. Она подписывается красным цветом над разделительной, горизонтальной линией, над абсолютной отметкой вершины квадрата (рис.24). Красный цвет показан скобками.

Аналогичным образом вычисляем проектную отметку  $H_x''$  правой половины площадки:

$$H_x'' = (214,24 + 643,98 + 430,69) / 24 = 53,70 \text{ м.}$$

Отметку по линии 3 ( $H_3$ ) рассчитываем по формуле:

$$H_3 = (H_x' + H_x'') / 2 = 52,92 \text{ м.}$$

Определяем уклон площадки по формуле

$$i = (H_x'' - H_x') / 2d = (53,70 - 52,13) / 40 = 0,039,$$

где  $d$  – длина стороны квадрата, равная 20 метрам.

Проектные отметки по линиям 1 и 5 рассчитываются по формулам:

$$H_1 = H_x'' - id = 52,13 - 0,039 \cdot 20 = 51,35 \text{ м.}$$

$$H_5 = H_x' + id = 53,70 + 0,039 \cdot 20 = 54,48 \text{ м.}$$

Вписываем полученные проектные отметки по линиям 1; 3; 5 красным цветом над абсолютными отметками (рис.24).

### Определение рабочих отметок

Рабочие отметки показывают, какой вид работ необходимо выполнить в том, или ином квадрате, чтобы преобразовать естественный рельеф в проектный рельеф. Они рассчитываются по формуле:

$$h_r = H_{пр} - H_{абс},$$

где  $H_{пр}$  – проектная отметка точки;

$H_{абс}$  – абсолютная отметка этой же точки.

Отрицательный знак рабочей отметки, говорит о том, что для достижения проектной отметки необходимо срезать грунт, положительный о необходимости насыпных работ (рис.25).

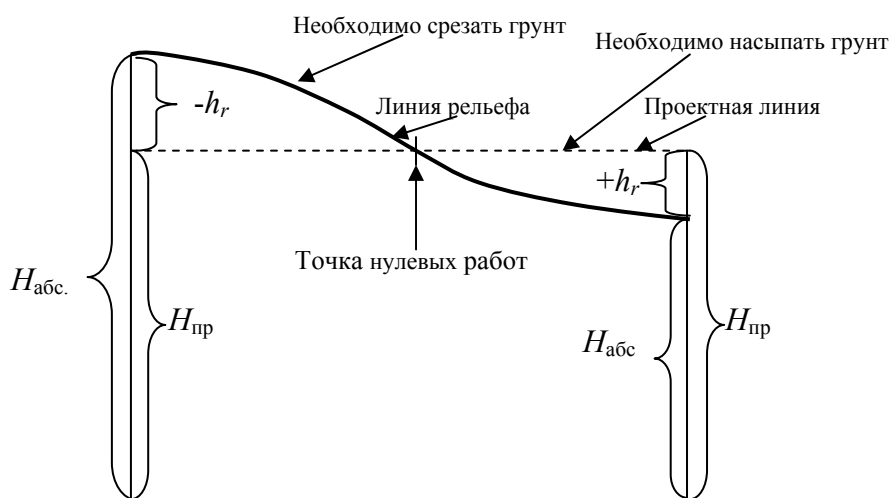


Рис.25. Схема определения рабочей отметки

Например рабочие отметки точек Г1 и В1 означают:

$h_{Г1} = 51,13 - 51,33 = +0,20$  м – необходимо насыпать грунт.

$h_{В2} = 52,13 - 52,25 = -0,12$  – необходимо срезать грунт.

Определяем все проектные отметки и подписываем их красным цветом, слева от проектной отметки, за разделительной вертикальной линией квадратов.

### Проведение линии нулевых работ

Линия нулевых работ проводится через точки, в которых проектные отметки равны абсолютным отметкам. Расстояние до линии нулевых работ рассчитывается по формуле:

$$X = (|h_{r1}| / |h_{r1}| + |h_{r2}|) \cdot d,$$

где  $h_{r1}$  и  $h_{r2}$  – рабочие отметки;

$d$  – расстояние между точками с этими отметками.

Знак модуля означает, что при расчетах, знаки рабочих отметок не учитываются. Линия нулевых работ проводится только между точками, рабочие отметки которых имеют разные знаки (рис.26).

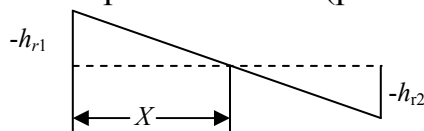


Рис.26. Определение расстояния до линии нулевых работ

Например определяем положение линии нулевых работ между точками В1 и В2 в масштабе 1:500:

$$X = (|0,24| / |0,24| + |-0/12|) \cdot 20 = 13,33 \text{ м.} = 2,67 \text{ см.}$$

Откладываем это расстояние от точки, рабочая отметка которой стоит в числителе, т.е. В1 (рис.27).

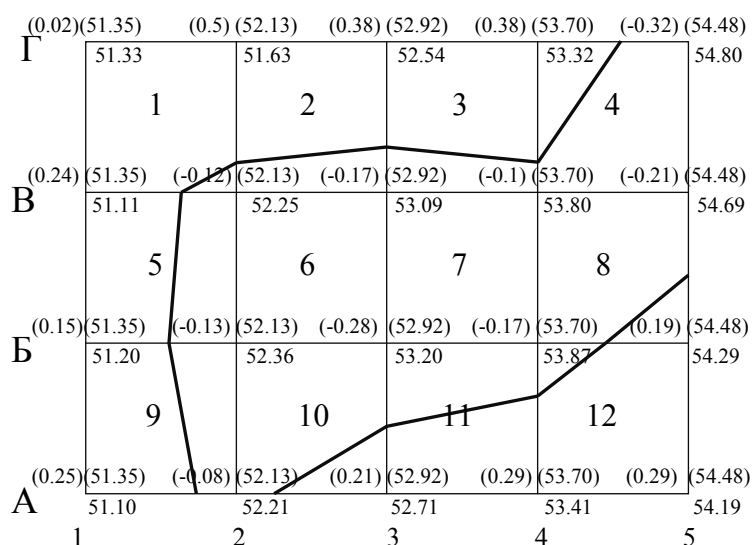


Рис.27. Построение линии нулевых работ

Определяем расстояния до линии нулевых работ на всей площадке и, соединив полученные точки, проводим линию нулевых работ (рис.27.). Линия нулевых работ, выносится на картограмму, синим цветом. Насыпь закрашивается желтым цветом, выемка розовым или светло-фиолетовым цветом.

## Расчет баланса земляных масс

Для определения баланса земляных масс необходимо вычислить объемы насыпей и выемок. Для вычисления объемов земляных масс, составляется табл. 5. Таблица вычерчивается на листе А4. Предварительно производится нумерация квадратов площадки (рис.27). Номера квадратов вносятся в первый столбец табл. 5. Линия нулевых работ делит квадраты на простые геометрические фигуры, площадь которых подсчитывается по геометрическим формулам. Основными фигурами, получившимися в результате проведения линии нулевых работ, являются треугольники, трапеции, пятиугольники и квадраты. Вносим значки фигур в столбцы 2 и 3, согласно видам работ, т.е. Н –насыпь, В – выемка.

### Вычисление площадей

Вычисление площадей полученных геометрических фигур, производим по геометрическим формулам. Например: площадь треугольника в первом квадрате равна:

$$S_{\Delta} = a \cdot h / 2 = (3,9 \text{ м} \cdot 7,3 \text{ м}) / 2 = 28,5 \text{ м}^2.$$

Площадь пятиугольника равна площади квадрата минус площадь треугольника:

$$S_{\square} = 400\text{м}^2 - 28,5 \text{ м}^2 = 371,5 \text{ м}^2.$$

Можно посоветовать студентам , контролировать вычисление площадей, так как сумма любых фигур в квадрате, равна площади квадрата. Например: сумма площадей двух трапеций равна площади квадрата. Вычисляем площади остальных фигур и вносим их значения в табл. 5, столбцы 4 и 5.

### Вычисление средних рабочих отметок

Для получения объема фигуры, необходимо знать площадь этой фигуры и ее высоту ( $V = S \cdot h$ ).

За высоту, при расчете объемов земляных масс, принимается средняя рабочая отметка, которая вычисляется следующим образом. Для примера возьмем первый квадрат нашей площадки. Линией нулевых работ 1 квадрат разделен на треугольник и пятиугольник. Как видно из рис. 28 все точки пятиугольника находятся ниже плоскости проходящей через линию нулевых работ (утолщенная пунктирная линия), а в треугольнике выше этой плоскости.

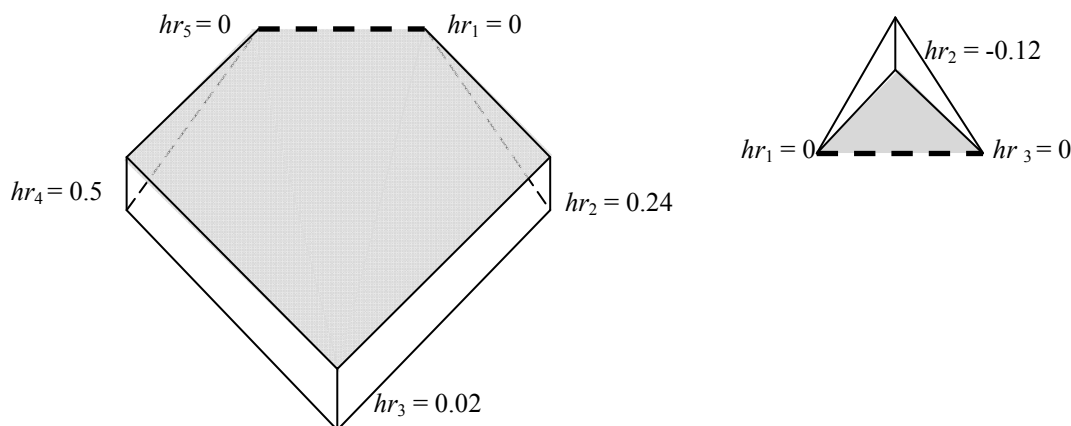


Рис.28. Треугольная и пятиугольная призмы, образованные, при сечении земной поверхности проектной плоскостью, проходящей через линию нулевых работ

$$h_{\text{рсп} \Delta} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3} + h_{r4} + h_{r5}) / 5 = (0 + 0,02 + 0,24 + 0,5 + 0) / 5 = 0,152 \text{ м,}$$

$$h_{\text{рсп} \Delta} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3}) / 3 = (0 + 0,12 + 0) / 3 = 0,04 \text{ м.}$$

Средние отметки остальных фигур рассчитываются по формулам:

$$h_{\text{рсп} \square} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3} + h_{r4}) / 4,$$

$$h_{\text{рсп трап.}} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3} + h_{r4}) / 4.$$

Рабочие отметки точек, находящихся на линии нулевых работ равны нулю.

Вычисляем объемы насыпи и выемки в каждом квадрате по формуле

$$V = S \cdot h_{\text{сп.}}$$

Данные вносим в табл. 5, столбцы 8 и 9.

Т а б л и ц а 5

Определение объемов земляных работ

№ квад- рата	Вид фигуры		Площадь (м <sup>2</sup> )		Средняя рабочая отметка (м)		Объем (м <sup>3</sup> )	
	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	△	△	371,5	28,5	0,15	0,04	55,7	1,1
2	△	△	306,3	93,7	0,22	0,07	67,4	6,6
3	△	△	297,4	102,6	0,19	0,07	56,5	7,2
4	△	△	88,47	311,53	0,13	0,12	11,5	37,4
5	△	△	208,3	191,7	0,10	0,09	20,8	17,3
6	-	□	-	400	0	0,21	0	84
7	-	□	-	400	0	0,18	0	72
8	△	△	51,43	348,57	0,06	0,094	3,1	32,8
9	△	△	226,9	173,1	0,10	0,08	22,7	13,8
10	△	△	58,3	341,7	0,07	0,12	4,1	41
11	△	△	209,3	190,7	0,13	0,12	27,2	22,3
12	△	△	365,87	34,13	0,16	0,06	58,5	2,1
							$\sum V_{\text{Н}}$	$\sum V_{\text{В}}$
							327,5	337,6



Полученные значения округляем до 1 десятой кубического метра.

Определяем суммарные объемы насыпи и выемки и подводим баланс земляных работ по формуле:

$$m = [(\sum V_n - \sum V_v) / (\sum V_n + \sum V_v)] \cdot 100 \% \leq 5 \%$$

Если полученное число меньше 5 %, то расчет выполнен, верно.

$$m = [(327,5 - 337,6) / (327,5 + 337,6)] \cdot 100 \% = 1,5 \% \leq 5 \%$$

В приведенном примере  $m = 1,5 \%$ , что меньше 5 %, следовательно, работа выполнена правильно.

Если полученное значение  $m$  больше 5 %, то необходимо повторить расчеты, до тех пор пока они не будут отвечать требованиям РГР.

Объемы насыпей и выемок вносим в каждый квадрат картограммы земляных масс, красным цветом.

Оформляем картограмму земляных работ на листе А4 согласно вышеперечисленным требованиям. В нижней части листа вычерчиваем штамп. Заполнение граф штампа производится по образцу (рис.29).

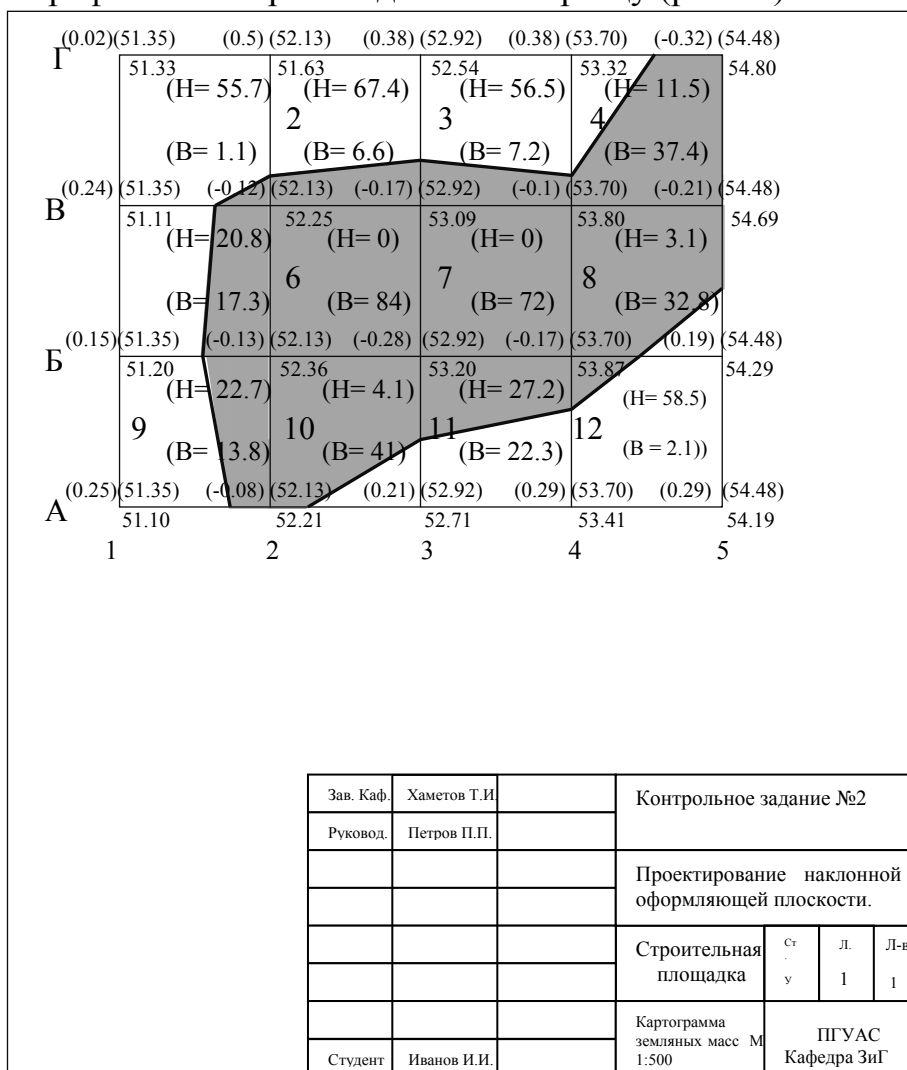


Рис.29. Картограмма земляных масс

Табл.5, также оформляется на листе А4. Под таблицей обязательно подписывается расчет баланса земляных работ. Приветствуется выполнение табл. 5 на компьютере.

### Контрольные вопросы

1. Что такое вертикальная планировка?
2. Как определяется проектная отметка вершины квадрата?
3. По какой формуле вычисляются проектные отметки?
4. Что такое уклон? Формула вычисления уклона?
5. Что показывает знак рабочей отметки?
6. По какой формуле вычисляются рабочие отметки?
7. Формула определения расстояния до линии нулевых работ?
8. Что показывает линия нулевых работ?
9. Как определяются площади насыпей и выемок?
10. Что такое средняя рабочая отметка?
11. Вычисление объемов земляных масс.
12. Что показывает баланс земляных работ? Формула его определения.

## ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ РГР

К качеству выполнения расчетно-графических работ предъявляются следующие требования:

1. Все расчеты должны быть тщательно выверены и отвечать требованиям, описанным в данном пособии.
2. Графическая часть должна быть выполнена правильно, аккуратно. Ошибки, обнаруженные преподавателям, должны быть исправлены.
3. Все чертежи должны быть выполнены с учетом правильного нанесения условных знаков, которые приведены в данном пособии и выдаются преподавателем каждому студенту на отдельном листе.
4. Все РГР защищаются у преподавателей, после защиты выставляется оценка.
5. Защита РГР должна быть выполнена в сроки оговоренном преподавателем.
6. Помимо самой работы студенты отвечают на вопросы преподавателя, которые приведены в разделах пособия и в последующем разделе.

## ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

1. Форма и размеры земли. Что такое референц эллипсоид?
2. Дайте определение понятия карта. Чем план отличается от карты ?
3. Определить длину линии АВ на плане масштаба 1:5000, если на плане масштаба 1: 1000 длина линии равна 20 мм. Определить длину линии на местности.
4. Даны координаты точек  $X_a=172,13$ ;  $Y_a=728,07$  и  $X_b=339,69$ ;  $Y_b=644,25$ , определить длину линии АВ и дирекционный угол линии АВ.
5. Даны координаты точки А:  $X_a = 86,41$ ,  $Y_a = 979,62$  и координаты точки В:  $X_b = 172,13$ ;  $Y_b = 728,07$ . Определить дирекционный угол линии АВ, и длину линии АВ.
6. Периметр замкнутого теодолитного хода 1100 м. Невязки в приращении координат  $f_x = - 0,37$ ,  $f_y = + 0,28$ , допустимы ли эти невязки, доказать расчетом. Дано  $1/N=1/2000$
7. Сумма измеренных углов в пятиугольном полигоне равна  $539^{\circ}58'$ . Верно ли измерены углы полигона? Ответ доказать расчетом.
8. Построить графически дирекционный угол линии 1-2, если румб линии 1-2 имеет значение  $гЮЗ=50^{\circ}$ . Показать на рисунке дирекционный угол и румб обратного направления.
9. При теодолитной съемке выполняются следующие виды работ:  
1) рекогносцировка участка; 2) измерение углов и длин сторон теодолитного хода; 3) нанесение съемки на план; 4) вычисление координат точек

теодолитного хода; 5) выполнение съемки подробностей. укажите правильную последовательность.

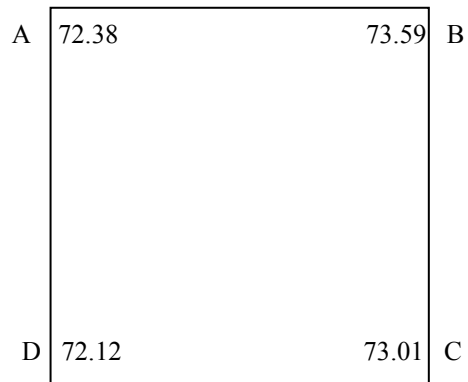
10. Почему система высот в РФ называется Балтийской?

11. По данным результатов нивелирования (см. таблицу) определить отметки точек 2 и 3.

12.

№ станции	№ точки	Задняя	Передняя	Промежуточная	Превышение	Среднее превышение	Горизонт прибора	Абсолютная отметка точки
I	1	0650						50,480
		5435						
	2		2702					
			7487					
	3			1600				

13. По отметкам вершин квадратов, провести линию нулевых работ и определить объемы насыпи и выемки. Длина стороны квадрата 5 см в масштабе 1: 2000.



14. Назовите способы геометрического нивелирования? Для чего измеряется высота прибора при нивелировании вперед?

15. Определить уклон по линии А-В, если отметка точки А равна (73,589 м), точки В (68,512 м), а горизонтальное проложение между ними равно 120 метрам. Привести рисунок.

16. Какой вид нивелирования более точный: 1) тригонометрическое нивелирование; 2) геометрическое нивелирование.

17. В каких случаях применяется способ параллельных линий, при нивелировании поверхности?

**Примеры решения этих задач приведены в учебно-методических пособиях:**

1. Пономаренко В.В. Составление картограммы земляных масс [Электронный ресурс]: мультимедийное, учебно-методическое пособие. – Пенза: ПГУАС, 2010.

2. Пономаренко В.В. Составление плана теодолитной съемки [Электронный ресурс]: мультимедийное, учебно-методическое пособие. – Пенза: ПГУАС, 2010.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра [Текст] / Е.В.Золотова, Р.Н.Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413 с.
2. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии [Текст] / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
3. Перфилов, В.Ф. Геодезия [Текст] / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – М.: Высшая школа, 2006. – 350 с.
4. Поклад, Г.Г. Геодезия [Текст] / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
5. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия [Текст]: учебник / Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
6. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко, Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 123 с.  
*Электронные методические указания*
7. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии [Электронный ресурс] / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
8. Пономаренко, В.В. Теодолит 4Т-30 [Электронный ресурс]: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В.Пономаренко, К.В.Краснов, М.С.Загарина. – Пенза: ПГУАС, 2011.
9. Пономаренко, В.В. Нивелир Н-3 [Электронный ресурс]: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко, К.В.Краснов, М.С. Загарина. – Пенза: ПГУАС, 2011.
10. Пономаренко, В.В. Составление плана теодолитной съемки [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к РГР №1 / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.
11. Пономаренко, В.В. Вертикальная планировка. Составление плана земляных масс [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к РГР №2 / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Расчетно-графическая работа №1	
СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА .....	5
Задание к РГР№1 .....	5
Масштабы. Ориентирование линий .....	7
Расчет координатной ведомости теодолитного хода .....	12
Построение плана теодолитной съемки .....	18
Нивелирование площадки .....	25
Расчетно-графическая работа №2	
ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА	
ЗЕМЛЯНЫХ МАСС .....	35
Расчет баланса земляных масс .....	39
ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ РГР .....	43
ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ .....	43
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	45



Учебное издание

Пономаренко Вячеслав Витальевич

**ГЕОДЕЗИЯ**

Учебно-методическое пособие к расчетно-графическим работам  
для направления подготовки 08.03.01 «Строительство»

**В авторской редакции**  
**Верстка Н.А. Сазонова**

Подписано в печать 31.03.16. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,0. Тираж 80 экз.  
Заказ № 239.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.