

**РОСЖЕЛДОР**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

---

В.И. Куштин, Н.А. Калачева

**НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ**

Учебно-методическое пособие  
для практических работ

Ростов-на-Дону  
2017

УДК 528.48(07) + 06

Рецензент – доктор технических наук, профессор М.С. Плешко

**Куштин, В.И.**

Нивелирование поверхности и проектирование вертикальной планировки: учебно-методическое пособие для практических работ / В.И. Куштин, Н.А. Калачева; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 26 с. – Библиогр.: с. 25.

В пособии излагаются общие сведения о нивелировании поверхности по квадратам и проектирования вертикальной планировки для горизонтальной и наклонной площадок, содержится перечень основных задач, решаемых при вертикальной планировке. Даны рекомендации по выполнению практических работ, приведены примеры и образцы выполнения и варианты индивидуальных заданий.

Предназначено для выполнения практических работ по дисциплине «Инженерная геодезия и геоинформатика» по направлению подготовки «Строительство».

Одобрено к изданию кафедрой «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог».

## Общие сведения

В процессе строительства первоначальная поверхность стройплощадки изменяется. Поэтому важное место в строительном производстве занимает организация рельефа, т.е. вертикальная планировка.

*Вертикальной планировкой* называют преобразование существующего (естественного) рельефа в проектный (искусственный), отвечающий требованиям строительства и благоустройства территории. Вертикальная планировка заключается в замене реальной поверхности оформляющими наклонными и горизонтальными плоскостями.

Вертикальную планировку подразделяют на:

- планировку при внутриквартальной застройке, строительстве спортивных сооружений, внутризаводских территорий и т.д.;
- планировку, выполняемую при строительстве линейных сооружений, отличающихся малой шириной и значительной протяженностью (дороги, каналы и т.д.).

Планировочные работы, производимые на местности в соответствии с проектом, по существу заключаются в образовании выемок и насыпей. Наибольший экономический эффект при планировке получают с учетом баланса земляных работ (нулевого баланса), т.е. когда объемы грунта насыпи и выемки равны между собой.

В процессе проектирования планировки определяют объем грунта (объем земляных работ), который должен быть вынут и насыпан.

Графической основой для составления проекта вертикальной планировки служит топографический план, получаемый в результате съемки местности. Чаще всего в качестве основы для разработки проекта используют материалы съемки, называемой нивелированием поверхности.

### 1. Нивелирование поверхности

При нивелировании поверхности съемку рельефа выполняют геометрическим нивелированием, т.е. отметки точек поверхности определяют горизонтальным визирным лучом. Поэтому этот вид съемки применяют обычно на открытой местности со слабо выраженным рельефом. В условиях строительной площадки применяют, как правило, способ *нивелирования по квадратам*.

Последовательность работ при нивелировании по квадратам:

- рекогносцировка участка съемки;
- разбивка сетки квадратов и съемки ситуации;
- плано-высотная привязка сетки квадратов;
- съемка рельефа;
- расчетно-графические работы.

*Рекогносцировка участка съемки.* На этом этапе работ оценивают возможность без помех разбить сетку квадратов и произвести геометрическое нивелирование, выбирают начальное направление одной из сторон сетки, станции

нивелирования, связующие точки, а также оптимальный вариант привязки сетки квадратов к пунктам плановой и высотной геодезической сети.

*Разбивка сетки квадратов и съемка ситуации.* В зависимости от масштаба съемки и рельефа местности стороны квадратов принимают равными 10, 20, 40 м и более. При выполнении данного задания - составления плана в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,25 м – целесообразно принять сторону квадрата равной 20 м. Сетка квадратов приведена на рис. 1

Теодолит устанавливали в начальную точку А1 и ориентировали по начальному направлению А1-А5. В створе этой линии через 20 м забивали колышки, т.е. закрепляли точки А2, А3 и т.д. В точках А1 и А5 при помощи теодолита откладывали прямые углы и откладывали отрезки А1-Д1 и А5-Д5. Для контроля измеряли сторону Д1-Д5, ее длина не отличалась от проектной (80 м) более чем на 1:2000. Теодолит последовательно устанавливали в точках А2, А3 и т.д. и по аналогии закрепляли внутренние вершины квадратов.

Съемка ситуации производилась от вершин квадратов способами перпендикуляров, створов и линейных засечек. Результаты съемки элементов ситуации заносили на абрис (см. рис. 1).

*Планово-высотная привязка сетки квадратов.* Для того чтобы топографический план был построен в принятой системе координат и высот, съемочное обоснование должно быть привязано к опорной геодезической сети. С этой целью сетка квадратов, являющаяся съемочным обоснованием, соединяется привязочными ходами к пунктам плановой и высотной основы.

В данном задании топографический план небольшого участка местности составляют в условной системе координат, поэтому сетку квадратов ориентировали по магнитному меридиану. После измерения магнитного азимута стрелкой показывают направление север-юг (см рис. 1).

Для получения отметок вершин квадратов в Балтийской системе высот сетку квадратов привязывали к двум исходным реперам  $Rp1$  и  $Rp2$ .

*Съемка рельефа.* Места для станций нивелирования выбирают так, чтобы с каждой из них можно было выполнить нивелирование вершин нескольких квадратов. При этом каждые две смежные станции должны иметь общие связующие точки, которые необходимы для передачи отметок на последующие станции. В данном случае для пяти станций связующими точками выбраны вершины квадратов А2, В4, Г3, Д5 (см. рис. 1). На схеме выделяют опорный разомкнутый ход, проходящий по связующим точкам (от  $Rp 1$  по А2, В4, Г3, Д5 до  $Rp 2$ ). На рис. 1 видно, что связующие точки нивелировались дважды со смежных станций. Пунктирные линии, соединяющие станции с соответствующими вершинами квадратов, схематично изображают визирные линии при нивелировании остальных вершин квадратов.

При нивелировании вершин квадратов рейку последовательно устанавливали на колышек и брали отсчеты по черной стороне рейки. Все отсчеты записывались на схеме нивелирования около соответствующей вершины (см. рис.1).

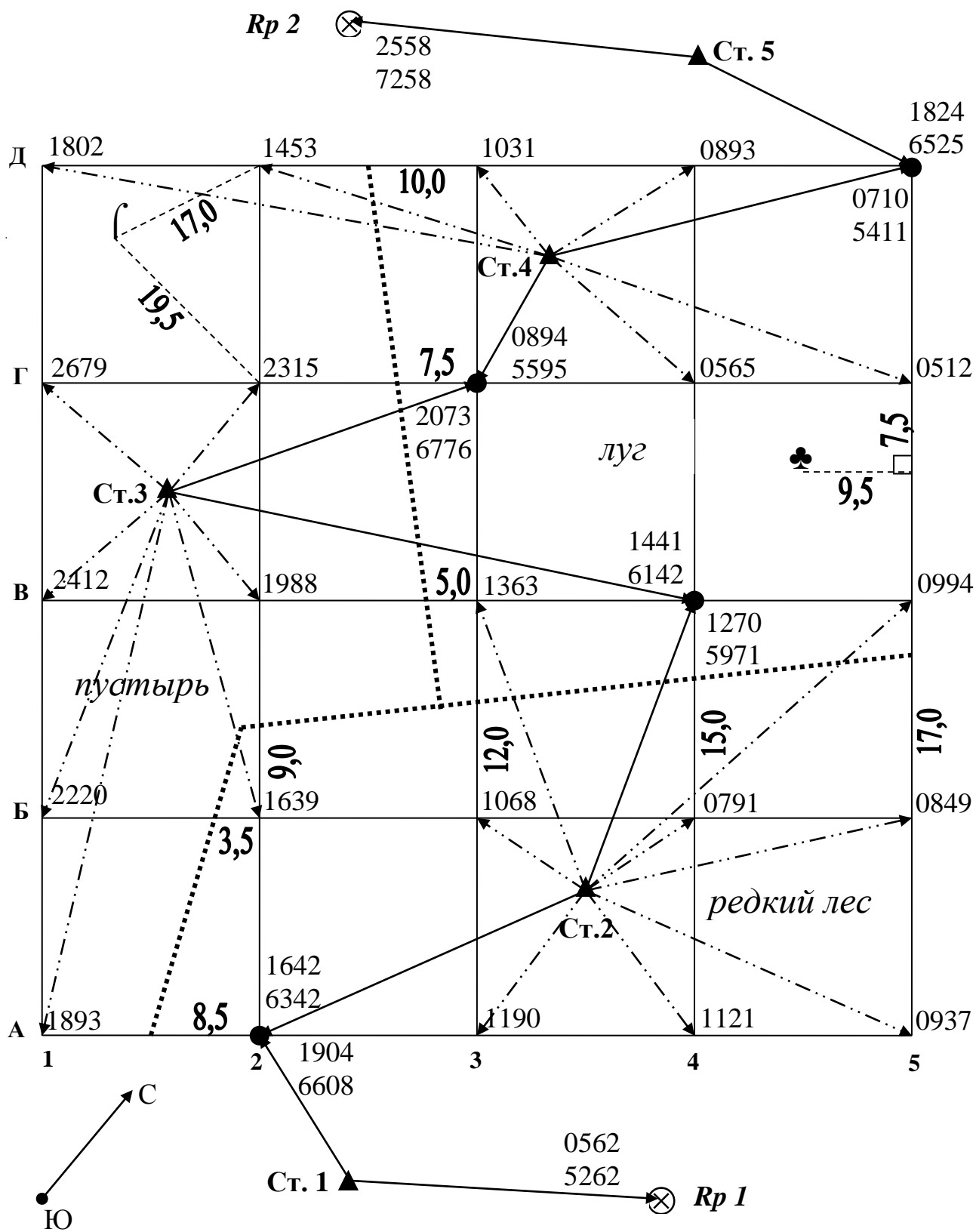


Рис. 1. Схема нивелирования поверхности по квадратам и абрис

## ЗАДАНИЕ

По материалам нивелирования поверхности по квадратам выполнить следующее:

- 1) обработать ведомость вычисления связующих точек;
- 2) вычислить высоты всех вершин квадратов;
- 3) построить план строительного участка.

## СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Выполняя задание, студент должен:

1. Изобразить на листах писчей бумаги формата А4 «Схему нивелирования поверхности по квадратам и абрис» (рис. 1).
2. Обработать «Ведомость вычисления отметок связующих точек» (табл. 1).
3. Построить на листе ватмана формата А4 «План строительного участка» (рис. 2).

Для выполнения задания студент получает исходные данные: общие и индивидуальные.

### *Общие исходные данные*

Схема нивелирования поверхности по квадратам и абрис (рис. 1).

### *Индивидуальные исходные данные*

Отметки начального и конечного реперов, магнитный азимут направления А1-А5 выбираются студентом по варианту из приложения. Вариант выдается преподавателем.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

### **1. Обработка ведомости вычисления отметок связующих точек**

#### *1.1 Вычисление превышений между связующими точками*

Согласно приведенным отсчетам по двухсторонним рейкам (рис.1), необходимо вычислить превышения связующих точек и записать их в графы 5,6 табл. 1.

Превышение между связующими точками ( $h$ ) равно разности отсчетов по задней и передней рейкам, т.е.

$$h = a - b, \quad (1)$$

где  $a$  – отсчет по задней рейке;

$b$  – отсчет по передней рейке.

Для вычисления превышений используют отсчеты как по черной ( $a_ч$  и  $b_ч$ ), так и по красной ( $a_к$  и  $b_к$ ) сторонам реек. Таким образом, для каждой станции находят два значения:  $h_ч = a_ч - b_ч$  и  $h_к = a_к - b_к$ , между которыми допускается расхождение не более  $\pm 5$  мм. Записав вычисленные

## Ведомость вычисления отметок связующих точек

№ ст.	№ связ. точек	Отсчеты по рейкам		Превышения, мм			ГИ, м	Отмет-ки, м
		задней	передней	$h_{выч}$	$h_{cp}$	$h_{испр}$		
1	Rp1	0562						
		5262						
		4700						
	A2		1904					
			6608					
			4704					
2	A2	1642						
		6342						
		4700						
	B4		1270					
			5971					
			4701					
3	B4	1441						
		6142						
	Г3		2073					
			6776					
4	Г3	0894						
		5595						
	Д5		0710					
			5411					
5	Д5	1824						
		6525						
	Rp2		2558					
			7258					
								<b>43,476</b>
Постра- ничный контроль								

$$f_h = \sum h_{cp} - \sum h_{теор} = -2155 - (43476 - 45624) = -7\text{мм}$$

$$f_h^{don} = \pm 10\text{мм} \sqrt{n} = \pm 10\text{мм} \sqrt{5} = \quad \text{мм}$$

превышения в графу 5 ведомости, находят среднее значение между ними по формуле:

$$h_{cp} = \frac{h_u + h_k}{2}. \quad (2)$$

Полученное значение округляют до целого числа (до мм), после чего записывают с соответствующим знаком в графу 6.

**Пример.**

На станции 1 ведомости имеем:

$$h_u = 562 - 1904 = -1342 \text{ мм};$$

$$h_k = 5262 - 6608 = -1346 \text{ мм};$$

$$h_{cp} = (-1342 - 1346) / 2 = -1344 \text{ мм}.$$

Для задних и передних реек вычисляют наименьший отсчет по красной стороне – «пятку» рейки, по формуле:

$$d_z = a_k - a_u \quad \text{и} \quad d_n = b_k - b_u. \quad (3)$$

**Пример.**

На станции 1 ведомости имеем:

$$d_z = 5262 - 562 = 4700$$

$$d_n = 6608 - 1904 = 4704$$

### 1.2 Постраничный контроль

Для контроля вычисленных превышений необходимо произвести постраничный контроль на каждой странице ведомости. Для этого необходимо найти:

$\sum a$  - сумму всех отсчетов по задней рейке (графа 3);

$\sum b$  - сумму всех отсчетов по передней рейке (графа 4);

$\sum (h_u + h_k)$  - алгебраическую сумму вычисленных превышений (графа 5);

$\sum h_{cp}$  - алгебраическую сумму средних превышений (графа 6);

Если имеет место равенство в пределах точности округления:

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{\sum (h_u + h_k)}{2} = \sum h_{cp}, \quad (4)$$

то вычисления на данной странице ведомости считаются правильными.

### 1.3 Уравнивание нивелирного хода

Для уравнивания нивелирного хода, проложенного между двумя исходными точками (реперами  $Rp1$  и  $Rp2$ ), необходимо определить невязку нивелирного хода по формулам:

$$f_h = \sum h_{cp} - \sum h_{теор}; \quad (5)$$

$$\sum h_{теор} = H_{Rp}^{кон} - H_{Rp}^{нач}, \quad (6)$$

где  $H_{Rp}^{кон}$ ,  $H_{Rp}^{нач}$  - отметки конечного ( $Rp2$ ) и начального ( $Rp1$ ) реперов.



Находят допустимую невязку нивелирного хода по формуле:

$$f_h^{\text{дон}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n}, \quad (7)$$

где  $n$  – количество станций нивелирования.

Если полученная невязка меньше допустимой  $f_h \leq f_h^{\text{дон}}$ , то ее распределяют с обратным знаком на средние превышения равномерно по всему ходу. Для этого вычисляют поправки  $V_h$  по формуле

$$V_h = -\frac{f_h}{n}, \quad (8)$$

где  $n$  – количество станций в нивелирном ходе.

Полученные поправки округляют до целых чисел (до миллиметров) и записывают их над средними превышениями. Сумма всех поправок должна быть равна невязке с обратным знаком  $\sum V_h = -f_h$ .

В графе 7 вычисляются исправленные (уровненные) превышения по формуле:

$$h_{\text{испр}} = h_{\text{ср}} + V_h. \quad (9)$$

Алгебраическая сумма уравненных превышений должна быть равна разности отметок реперов, т.е.  $\sum h_{\text{испр}} = \sum h_{\text{теор}} = H_{\text{Rp}}^{\text{кон}} - H_{\text{Rp}}^{\text{нач}}$ .

*Примечание.* Если, например, невязка получилась равной -7 мм, количество станций 14, то распределять ее нужно по +1 мм на среднее превышение каждой второй станции; если невязка получилась равной +5 мм, то распределять ее следует равномерно по -1 мм на среднее превышение каждой третьей станции; если невязка получилась равной +10 мм, то распределять ее следует по -2 мм на среднее превышение каждой станции и т.д.

#### 1.4 Вычисление отметок связующих точек

Отметки связующих точек нивелирного хода по вершинам квадратам вычисляются по формуле:

$$H_n = H_{n-1} + h_{\text{испр}}, \quad (10)$$

где  $H_n$  и  $H_{n-1}$  - отметки последующей и предыдущей связующих точек;

$h_{\text{испр}}$  - исправленное превышение.

Контролем правильности вычисления отметок является полученная в конце хода известная отметка конечного репера  $Rp2$ .

#### 1.5 Вычисление отметок промежуточных точек

В графе 8 ведомости вычисляется горизонт инструмента ГИ по формулам:

$$H_{\text{ГИ}}^3 = H_A + a_{\text{ч}} \quad \text{или} \quad H_{\text{ГИ}}^{\text{II}} = H_B + b_{\text{ч}} \quad (11)$$

где  $H_{\text{ГИ}}$  - отметка горизонта инструмента. Горизонт инструмента – высота визирного луча на уровенной поверхности;

$H_A$ ,  $H_B$  - отметки связующих точек на данной станции (задней и передней);

$a_c$  и  $b_c$  - отсчеты по черным сторонам реек на этих точках.

По двум горизонтам инструмента вычисляют средний горизонт инструмента.

Отметки вершин квадратов вычисляют по формуле:

$$H_c = H_{ГИ} - c, \quad (12)$$

где  $H_c$  - отметка промежуточной точки (вершины квадрата);

$c$  - отсчет по рейке на промежуточной точке (по черной стороне).

### **Пример.**

На станции 2 ведомости ГИ вычисляется в следующем порядке:

$$H_{ГИ_2}^3 = H_A + a_c = 44,280 + 1,642 = 45,922\text{м};$$

$$H_{ГИ_2}^II = H_B + b_c = 44,652 + 1,270 = 45,922\text{м};$$

$$H_{ГИ_2}^{cp} = \frac{H_{ГИ_2}^3 + H_{ГИ_2}^{II}}{2} = \frac{45,922 + 45,922}{2} = 45,922\text{м};$$

Отметка вершины квадрата Б3 снятой со 2-ой станции определится по формуле (12):

$$H_{Б3} = H_{ГИ_2}^{cp} - c = 45,922 - 1,068 = 44,854\text{м}.$$

По аналогии отметка вершины Г2 снятой на станции 3:

$$H_{Г2} = H_{ГИ_3}^{cp} - c = 46,092 - 2,315 = 43,777\text{м}.$$

## **2. Построение плана строительного участка**

Необходимо построить топографический план участка в масштабе 1:500 с сечением рельефа через 0,25 м.

Так как план составляют в условной системе координат, то при его построении сетку квадратов располагают параллельно кромкам листа. Для того чтобы отразить ориентирование сетки по магнитному меридиану, на плане показывают стрелкой направление север-юг (рис. 2). Магнитный азимут направления А1-А5, выбирается студентом по варианту из приложения.

По данным абриса (рис. 1) строят ситуацию, около каждой вершины квадрата выписывают ее отметку, округленную до 0,01 м. Между соседними вершинами проводят горизонталы.

Проведение горизонталей по отметкам точек начинают с определения отметок горизонталей. Отметка горизонталей должны быть кратны высоте сечения рельефа, т.е. в данной работе – 0,25 м (например: 45,00; 45,25; 45,50; и т.д.).

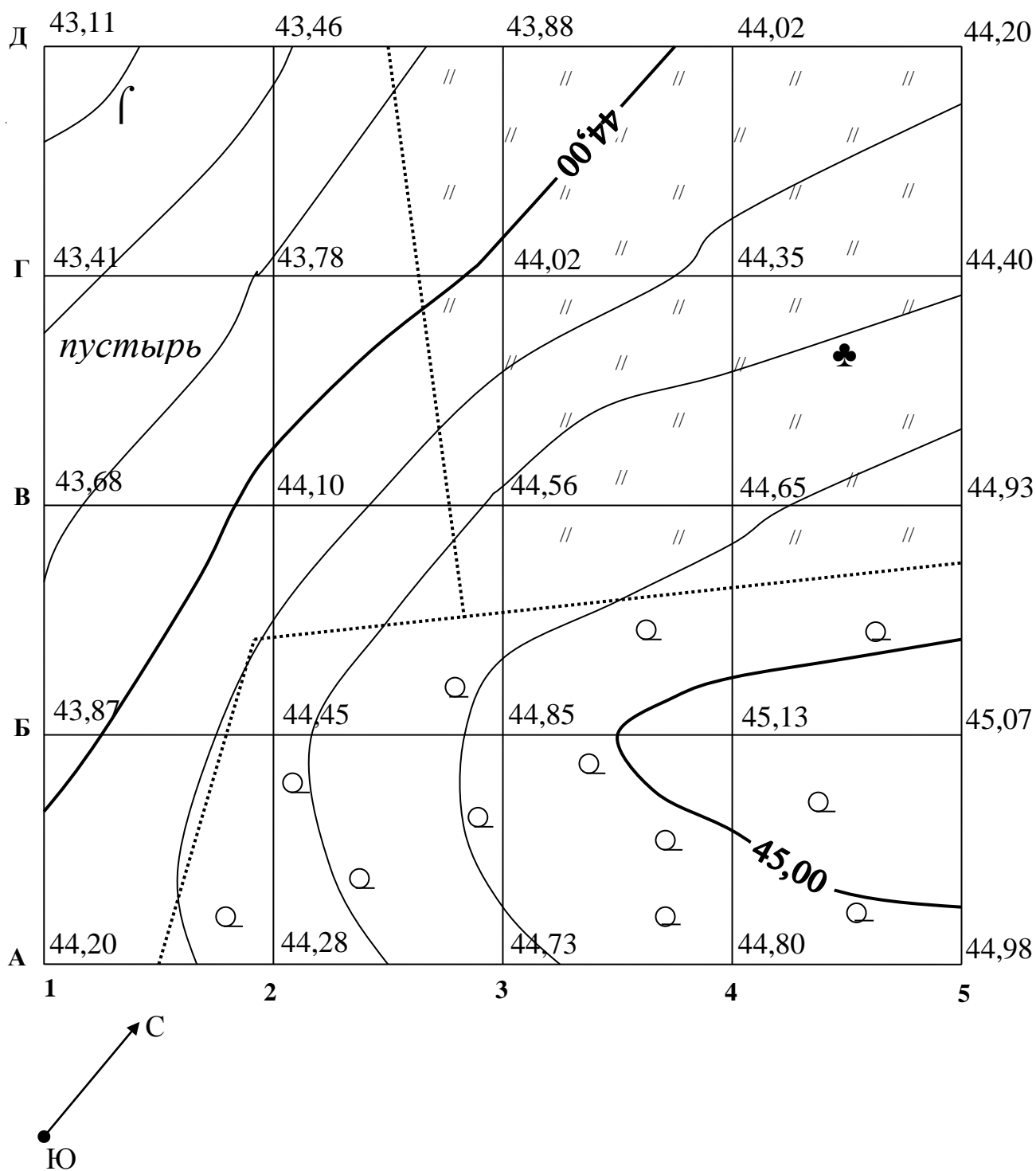


Рис. 2. План строительного участка

Для проведения горизонталей по сторонам квадратов положение горизонталей определяют способом графического интерполирования при помощи палетки. Для этого на кальке прочерчивают через равные промежутки (0,5 см или 1,0 см) параллельные линии (палетка). На этих линиях подписывают значения, соответствующие отметкам горизонталей на данном участке.

Палетку накладывают на интерполируемую сторону квадрата и поворачивают ее так, чтобы конечные точки занимали на палетке места, соответствующие значениям их отметок (рис. 3).

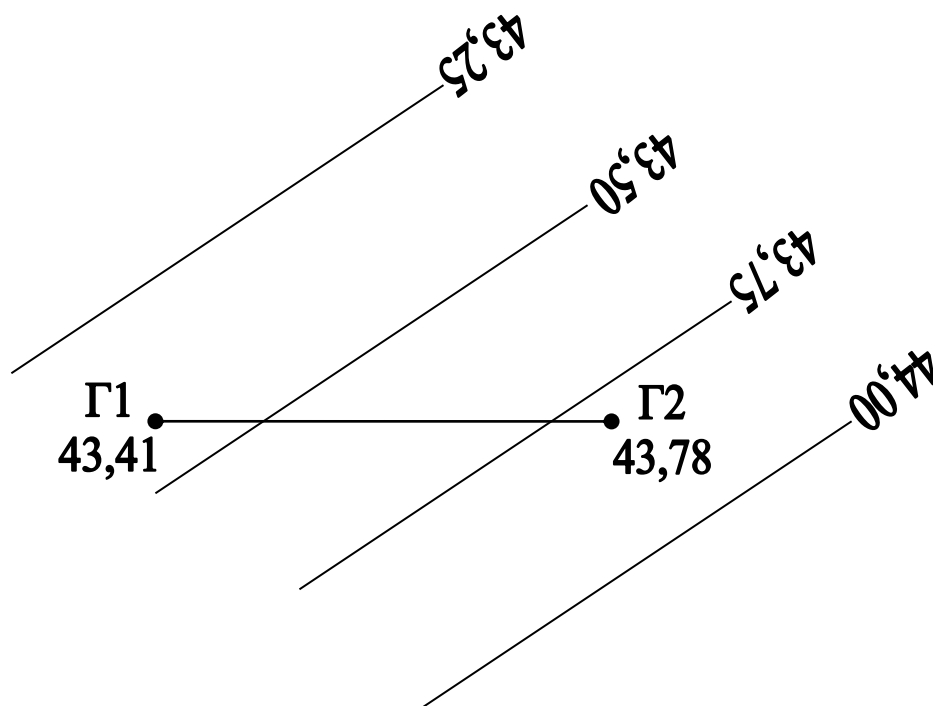


Рис. 3

Закрепив в этом положении палетку, перекалывают иглой на план точки пересечений линии на палетке со стороной квадрата и подписывают их отметки. Аналогично выполняют интерполяцию по всем сторонам квадратов. Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями толщиной 0,1 мм. Отметки горизонталей, кратные четырем сечениям рельефа (1 м) записывают в разрывах горизонталей; при этом верх цифр должен быть обращен в сторону повышения местности.

Отметки вершин квадратов подписываются черной тушью, горизонтали и отметки горизонталей коричневой тушью, ситуация оформляется в соответствии с условными знаками для топографических планов масштаба 1:500. Образец оформления плана участка местности приведен на рис. 2.

## 2. Геодезические расчеты при вертикальной планировке

Исходными данными при проектировании вертикальной планировки участка являются фактические (черные) отметки вершин квадратов, полученные в результате нивелирования поверхности (рис. 2). Данная реальная поверхность может быть преобразована в проектную при помощи оформляющих плоскостей.

## ЗАДАНИЕ 2.1

Преобразовать существующую поверхность участка в горизонтальную площадку при условии нулевого баланса земляных работ.

По результатам нивелирования поверхности по квадратам выполнить следующее:

- 1) вычислить проектную отметку горизонтальной площадки при условии баланса земляных работ;
- 2) составить картограмму земляных работ;
- 3) вычислить объемы земляных работ.

## СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Выполняя задание, студент должен:

1. Изобразить на листах писчей бумаги формата А4 «Картограмму земляных работ при проектировании горизонтальной площадки» (рис. 4).

2. Рассчитать объемы земляных работ в «Ведомости вычислений объемов земляных работ для горизонтальной площадки» (табл. 2).

Для выполнения задания студент использует черные отметки вершин квадратов, полученные в первой части данных методических указаний (рис. 2).

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Расчет проектной отметки горизонтальной площадки при условии баланса земляных работ

Проектную отметку горизонтальной площадки  $H_{np}$  вычисляют по формуле:

$$H_{np} = \frac{\sum H_i^I + 2\sum H_i^{II} + 3\sum H_i^{III} + 4\sum H_i^{IV}}{4n}, \quad (13)$$

где  $\sum H_i^I$  - сумма черных отметок вершин, относящихся только к одному квадрату (в данном случае – это отметки вершин А1, Д1, Д5, А5);

$\sum H_i^{II}$  - сумма черных отметок вершин, относящихся к двум смежным квадратам, такими отметками будут отметки вершин А2, А3, А4, Б1, В1, Г1 и т.д.;

$\sum H_i^{III}$  - сумма черных отметок вершин, относящихся к трем смежным квадратам (таких вершин на рис. 2 нет);

$\sum H_i^{IV}$  - сумма черных отметок вершин, относящихся к четырем смежным квадратам, это отметки вершин Б2, Б3, Б4, В2, В3 и т.д.;

$n$  – количество квадратов.

Для данного примера проектная отметка равна  $H_{np} = 44,33$  м.

2. Составление картограммы земляных работ для горизонтальной площадки

На листе писчей бумаги в масштабе 1: 500 составляют схему в виде сетки квадратов (рис. 4).

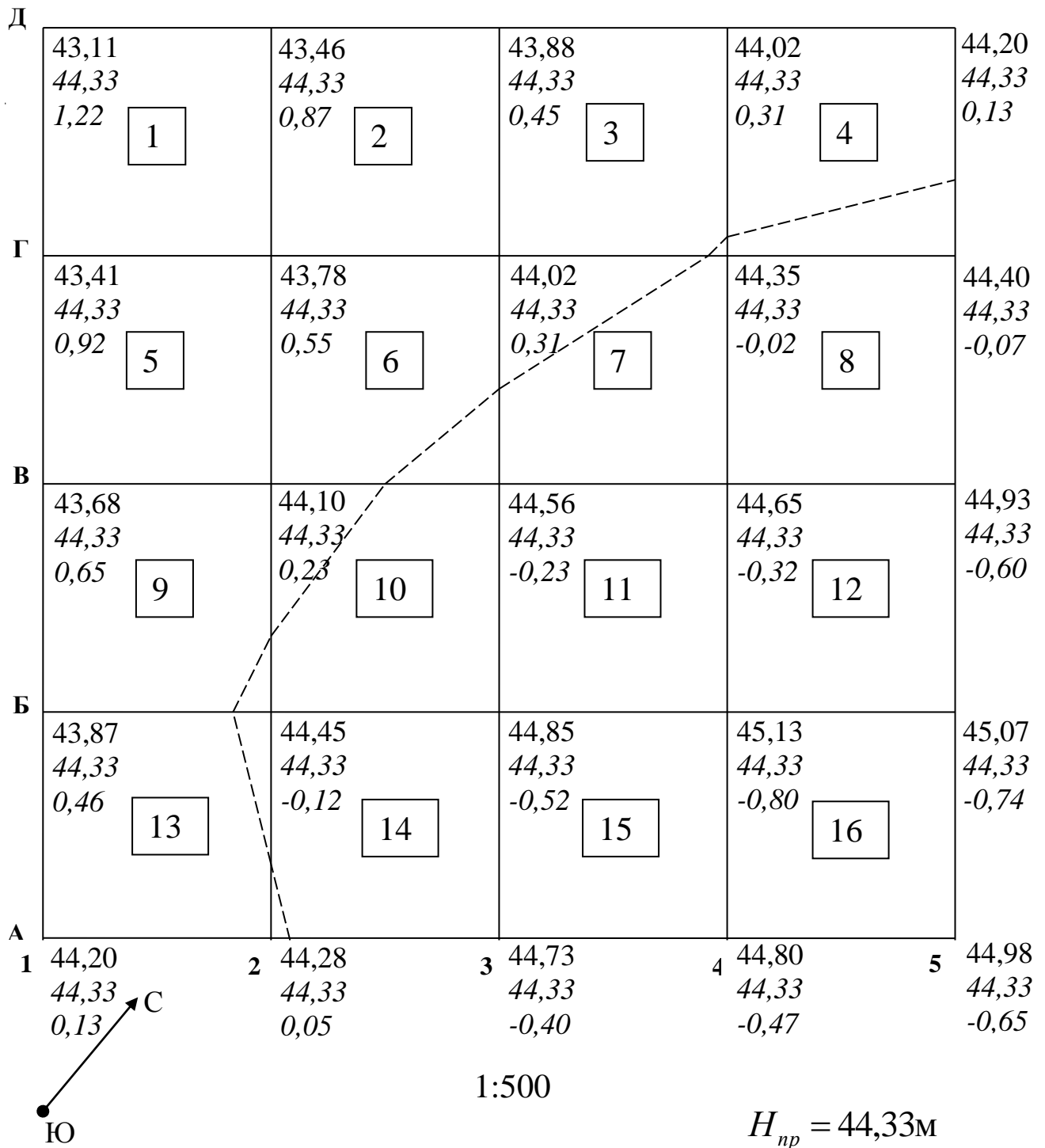


Рис. 4. Картограмма земляных работ при проектировании горизонтальной площадки

У вершин квадратов выписывают соответствующие черные отметки (черным цветом), проектную отметку горизонтальной площадки (красным цветом), рабочие отметки  $h^{раб}$  (красным цветом), которые вычисляют по формуле:

$$h^{раб} = H_{пр} - H_i^{черн}, \quad (14)$$

где  $h^{раб}$  - рабочая отметка вершины квадрата (величина земли, которую необходимо вынуть или насыпать на данной вершине). Если рабочая отметка имеет знак «-» - то это выемка, если «+» - то насыпь.

$H_{пр}$  - проектная отметка горизонтальной площадки, в данном случае 44,33 м;

$H_i^{черн}$  - фактическая (черная) отметка соответствующей вершины квадрата (выписывается из плана строительного участка – рис. 2).

Далее определяют положение линии нулевых работ, т.е. линии пересечения проектной плоскости с реальной поверхностью. Для этого на сетке квадратов находят точки нулевых работ, они располагаются на тех сторонах квадратов, вершины которых имеют рабочие отметки с противоположными знаками. В данном примере такими сторонами являются А2-А3, А2-Б2, Б1-Б2 и т.д.

Вычисляют расстояния  $l_1$  и  $l_2$  от точек нулевых работ до вершин квадратов по формулам:

$$l_1 = \frac{|h_1^{раб}|}{|h_1^{раб}| + |h_2^{раб}|} a$$

$$l_2 = \frac{|h_2^{раб}|}{|h_1^{раб}| + |h_2^{раб}|} a, \quad (15)$$

где  $|h_1^{раб}|, |h_2^{раб}|$  - модули рабочих отметок соответственно на соседних вершинах квадратов 1 и 2 (рис. 5);

$a$  – сторона квадрата (в данном случае 20 м).

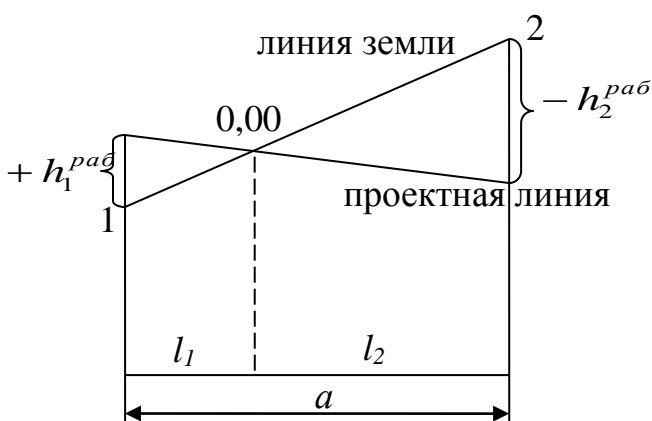


Рис. 5. К вычислению расстояний до точки нулевых работ

Вычисленные расстояния  $l_1$  и  $l_2$  контролируют соблюдением равенства  $a = l_1 + l_2$ .

**Пример.** Расстояния от точки нулевых работ до А2 и А3 равны:

$$l_1 = \frac{0,05}{0,05 + 0,40} 20 = 2,2\text{м};$$

$$l_2 = \frac{0,40}{0,05 + 0,40} 20 = 17,8\text{м}.$$

$$2,2 + 17,8 = 20 \text{ м}.$$

Аналогично вычисляют  $l_1$  и  $l_2$  для других точек нулевых работ. Отложив на сторонах квадратов в масштабе 1: 500 соответствующие значения  $l$  определяют положение точек нулевых работ. Далее точки соединяют (красным цветом) и получают линию нулевых работ. На рис. 4 она показана пунктирной линией.

### 3. Вычисление объемов земляных работ

Объем земляных работ вычисляется отдельно для насыпи и выемки.

В полных квадратах, не пересекаемых линией нулевых работ, т.е. только для насыпи или только для выемки, объем земляных работ  $V_{\Pi}$  вычисляют по формуле:

$$V_{\Pi} = \sum h_i^{paб} \frac{a^2}{4}, \quad (16)$$

где  $a$  – сторона квадрата (20 м),

$\sum h_i^{paб}$  - сумма рабочих отметок вершин данного квадрата.

Объем земляных масс в квадратах, пересекаемых линией нулевых работ, вычисляется отдельно для насыпи и для выемки по формулам:

$$V_H = \frac{(\sum h_H^{paб})^2}{\sum h_H^{paб} + \sum h_B^{paб}} * \frac{a^2}{4},$$

$$V_B = \frac{(\sum h_B^{paб})^2}{\sum h_H^{paб} + \sum h_B^{paб}} * \frac{a^2}{4} \quad (17)$$

где  $V_H$  и  $V_B$  - объем земляных работ для насыпи и для выемки,

$\sum h_H^{paб}$  и  $\sum h_B^{paб}$  - сумма рабочих отметок вершин данного квадрата отдельно для насыпи и для выемки,

$a$  – сторона квадрата.

Вычисление объемов земляных работ оформляется в таблицу, которая называется «Ведомость вычисления объемов земляных работ для горизонтальной площадки» (табл. 2).

Равенство баланса земляных работ  $\Delta V$  определяется по формуле:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{\sum V_H + \sum V_B} * 100\%, \quad (18)$$

где  $\Delta V\%$  - баланс земляных работ в процентном отношении,

$\Delta V = \sum V_H - \sum V_B$  - расхождение суммарных объемов насыпи и выемки.

Предельное расхождение баланса земляных работ от нуля – 3 %, т.е. должно быть  $\Delta V\% \leq 3\%$ .

### ЗАДАНИЕ 2.2

Преобразовать горизонтальную поверхность участка в наклонную площадку.



**Ведомость вычисления объемов земляных работ  
для горизонтальной площадки**

№ квадрата	Сумма рабочих отметок, м		Объем земляных работ, м <sup>3</sup>	
	$\sum h_H^{раб}$ насыпи «+»	$\sum h_B^{раб}$ выемки «-»	$V_H$ насыпи «+»	$V_B$ выемки «-»
1	3,56	-	356	-
2	2,18	-	218	-
3	1,07	0,02	105,04	0,04
4	0,44	0,02	42,09	0,09
5	.....	.....	.....	.....
6	.....	.....	.....	.....
7	.....	.....	.....	.....
8	.....	.....	.....	.....
9	.....	.....	.....	.....
10	.....	.....	.....	.....
11	.....	.....	.....	.....
12	.....	.....	.....	.....
13	.....	.....	.....	.....
14	.....	.....	.....	.....
15	.....	.....	.....	.....
16	.....	.....	.....	.....
<b>Итого</b>			$\sum V_H = \dots\dots$	$\sum V_B = \dots\dots$
$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{\sum V_H + \sum V_B} * 100\% = \dots\dots\% \leq 3\%$				

По результатам проектирования горизонтальной площадки выполнить следующее:

- 1) вычислить проектные отметки наклонной площадки для каждой вершины квадрата;
- 2) составить картограмму земляных работ;
- 3) вычислить объемы земляных работ.

### СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Выполняя задание, студент должен:

1. Изобразить на листах писчей бумаги формата А4 «Картограмму земляных работ при проектировании наклонной площадки».
2. Вычислить объемы земляных работ в «Ведомости вычислений объемов земляных работ для наклонной площадки» (табл. 3).

Для выполнения задания студент использует черные отметки вершин квадратов, полученные в первой части данных методических указаний (рис. 2),

уклоны по взаимно перпендикулярным сторонам квадратов  $i_x$  и  $i_y$ , считая от точки В3, и исходная отметка точки В3. Уклоны по сторонам квадратов студент выбирает по варианту из приложения, исходную отметку точки В3 принимает равной проектной отметке горизонтальной площадки.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

### 1. Расчет проектных отметок наклонной площадки

Проектные отметки наклонной площадки начинают рассчитывать по взаимно перпендикулярным сторонам квадратов от проектной отметки центральной точки участка – В3 (она принимается равной отметке горизонтальной площадки).

Начинают расчет - с вычисления проектных отметок направления Y – т.е. В1-В5 (рис. 6).

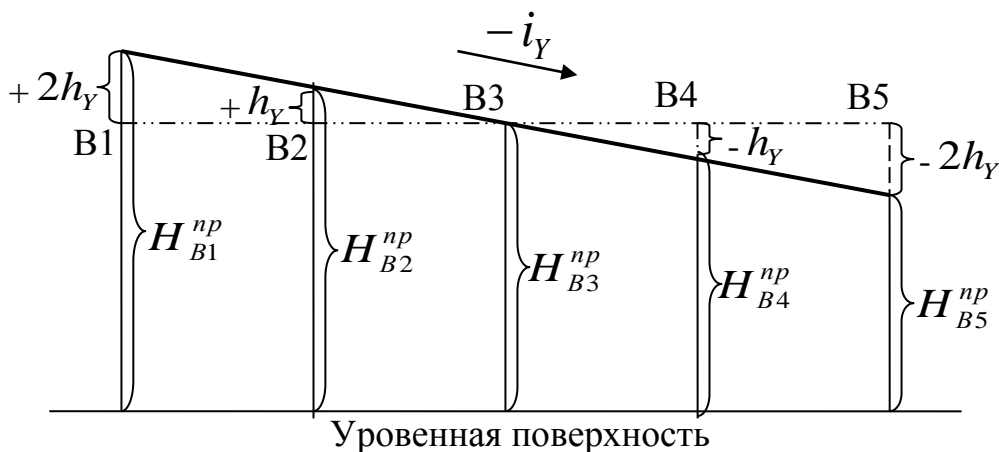


Рис. 6 Расчет проектных отметок по направлению  $i_y$

Проектные отметки направления В1-В5 вычисляют по формуле:

$$H_{Bi}^{np} = H_{B3}^{np} + i_y d, \quad (19)$$

где  $H_{Bi}^{np}$  - проектная отметка определяемой вершины квадрата по направлению В1-В5,

$H_{B3}^{np}$  - начальная проектная отметка центральной вершины В3 направления В1-В5,

$i_y$  - проектный уклон по направлению Y,

$d$  - расстояние от В3 до определяемой вершины квадрата.

**Пример.**

Так как проектный уклон по направлению Y -  $i_Y = -0,020$ , проектная отметка для вершины B2 в данном варианте будет равна:

$$H_{B2}^{np} = H_{B3}^{np} - i_Y d = 44,33 + 0,020 \cdot 20 = 44,33 + 0,4 = 44,73\text{м};$$

По аналогии, проектная отметка вершины B5 равна:

$$H_{B5}^{np} = H_{B3}^{np} + i_Y d = 44,33 - 0,020 \cdot 40 = 44,33 - 2 \cdot 0,4 = 43,53\text{м}$$

Далее рассчитывают проектные отметки по направлению X, т.е. A1-Д1 (рис. 7).

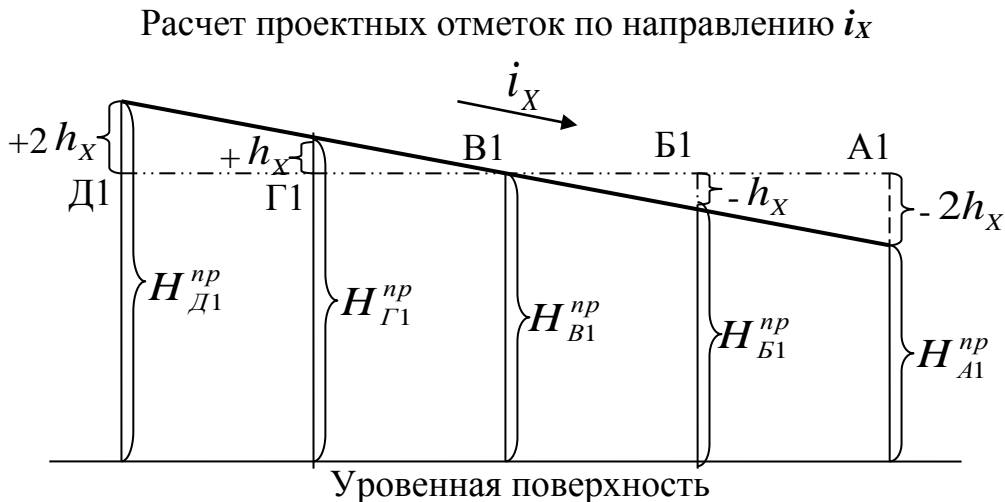


Рис. 7 Расчет проектных отметок по направлению  $i_X$

Проектные отметки направления A1-Д1 вычисляются по формуле:

$$H_{ji}^{np} = H_{B1}^{np} + i_X d, \quad (20)$$

где  $H_{ji}^{np}$  - проектная отметка определяемой вершины квадрата по направлению B1-B5

$H_{B1}^{np}$  - начальная проектная отметка центральной вершины B1 направления A1-Д1,

$i_X$  - проектный уклон по направлению X,

$d$  - расстояние от B1 до определяемой вершины квадрата.

**Пример.**

Т.к проектный уклон по направлению X -  $i_X = -0,010$ , проектная отметка для вершины Д1 в данном варианте будет равна:

$$H_{Д1}^{np} = H_{B1}^{np} - i_X d = 45,13 + 0,010 \cdot 40 = 45,13 + 0,4 = 45,53\text{м}.$$

По аналогии, проектная отметка вершины A1 равна:

$$H_{B1}^{np} = H_{B1}^{np} - i_X d = 45,13 - 0,010 \cdot 20 = 45,13 - 0,2 = 44,93\text{м}.$$

Проектные отметки по остальным направлениям У – Д1-Д5, Г1-Г5 и т.д. вычисляются по формуле (19) только за начальную отметку принимают отметки направления А1-Д1.

**Пример.**

Проектная отметка для вершины Д4 по формуле (19) будет равна:

$$H_{Д5}^{np} = H_{Д1}^{np} + i_Y d = 45,53 - 0,020 \cdot 80 = 45,53 - 1,6 = 43,93\text{м};$$

Данную отметку можно проверить по формуле (20), если за начальную отметку принять проектную отметку вершины В5, полученную ранее:

$$H_{Д5}^{np} = H_{В5}^{np} - i_X d = 43,53 + 0,010 \cdot 40 = 43,53 + 0,4 = 43,93\text{м}.$$

2. Составление картограммы земляных работ для наклонной площадки

Картограмму земляных работ для наклонной площадки составляют так же, как и для горизонтальной. Т.е. на листе писчей бумаги в масштабе 1: 500 составляют схему в виде сетки квадратов (рис. 8), на которой у вершин квадратов выписывают соответствующие черные отметки, полученные в первой части данной работы; проектные отметки наклонной площадки, вычисленные по формулам (19) и (20); рабочие отметки  $h^{раб}$ , вычисленные по формуле (14); определяют положение линии нулевых работ, используя формулы (15). Черные отметки оформляют черным цветом, проектные, рабочие отметки и линию нулевых работ – красным цветом.

3. Вычисление объемов земляных работ

Подсчет объемов земляных работ наклонной площадки производят по тем же формулам, что и для горизонтальной площадки, т.е. формулам (16) и (17), оформляют результаты в табл. 3.

Таблица 3

**Ведомость вычисления объемов земляных работ для наклонной площадки**

№ квадрата	Сумма рабочих отметок, м		Объем земляных работ, м <sup>3</sup>	
	$\sum h_H^{раб}$ насыпи «+»	$\sum h_B^{раб}$ выемки «-»	$V_H$ насыпи «+»	$V_B$ выемки «-»
1	7,16	-	716	-
2	4,18	-	418	-
3	1,67	0,22	147,56	2,56
....	.....	.....	.....	.....
16	.....	.....	.....	.....
<b>Итого</b>			$\sum V_H = \dots\dots$	$\sum V_B = \dots\dots$
$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{\sum V_H + \sum V_B} * 100\% = \dots\dots\%$				

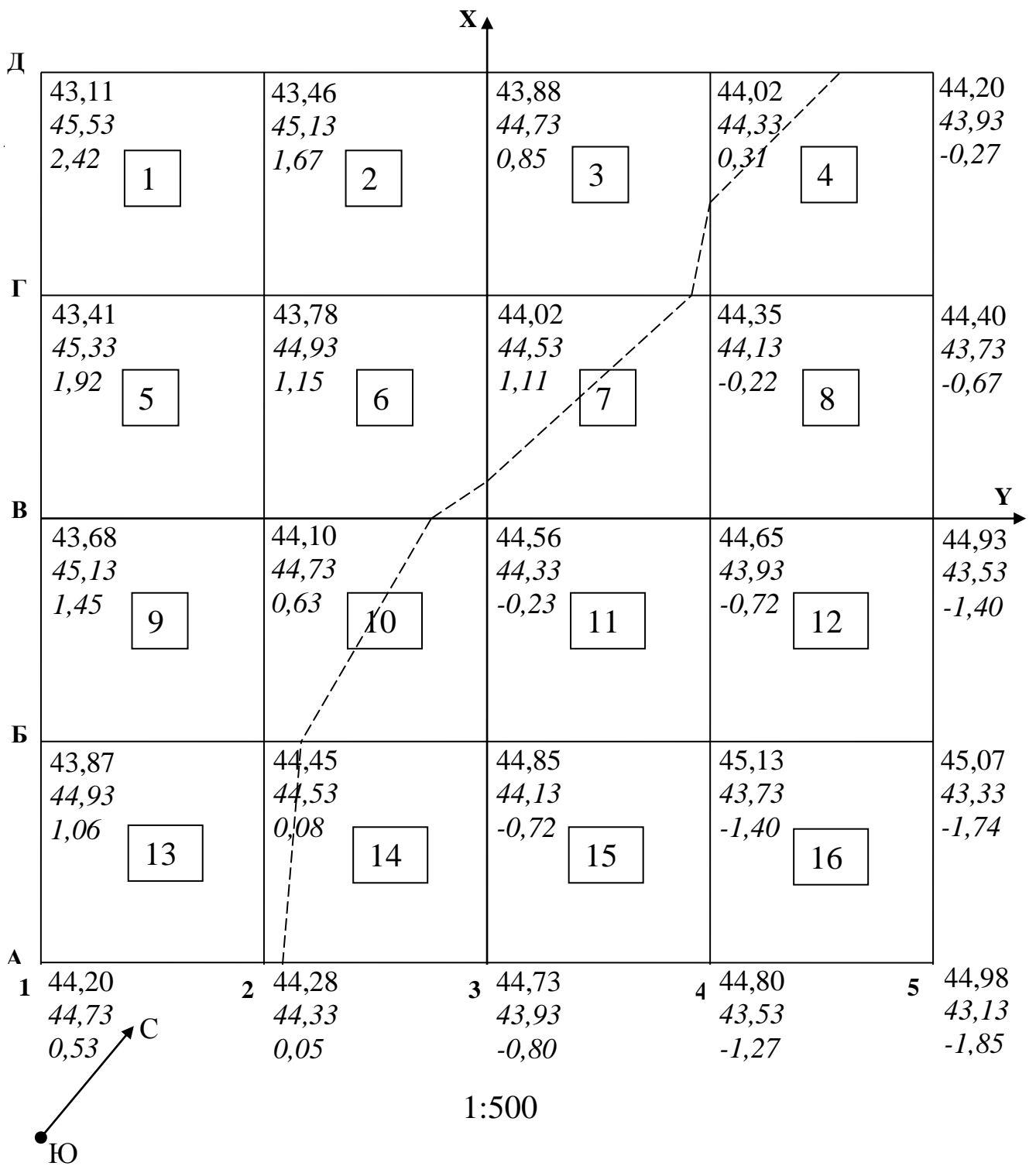


Рис. 8 Картограмма земляных работ при проектировании наклонной площадки

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

№ вар.	Отметки исходных реперов		Магн. ази- мут направления А1-А5		Проектные уклоны направлений	
	начального $H_{Rp1}$ , м	конечного $H_{Rp2}$ , м			$i_X$ , ‰	$i_Y$ , ‰
1	2	3	4	5	6	7
1	40,624	38,476	25°	13'	-12	-2
2	41,221	39,064	254°	34'	6	-3
3	42,549	40,399	106°	35'	-18	-4
4	43,721	41,56	48°	15'	-15	10
5	44,321	42,177	310°	24'	8	-12
6	45,720	43,579	14°	38'	9	14
7	46,651	44,495	51°	24'	-17	18
8	47,457	45,296	134°	21'	-9	-16
9	48,026	45,879	247°	10'	-10	18
10	49,495	47,344	108°	11'	11	-12
11	32,042	29,877	246°	17'	-16	-13
12	33,068	30,897	135°	19'	-15	-14
13	34,512	32,377	214°	34'	8	15
14	36,499	34,329	89°	51'	7	-16
15	37,648	35,511	80°	56'	3	17
16	38,641	36,503	164°	34'	-17	-17
17	39,841	37,683	68°	51'	-18	-7
18	31,648	29,485	308°	07'	-19	-8
19	30,125	27,979	56°	16'	20	9
20	21,654	19,506	37°	34'	-21	-10
21	22,234	20,072	246°	41'	22	11
22	23,568	21,395	108°	23'	-23	-15
23	24,003	21,832	134°	21'	-24	12
24	25,842	23,701	156°	18'	-25	-26
25	26,679	24,542	324°	09'	9	-8
26	27,782	25,607	35°	10'	8	-7
27	28,643	26,469	138°	17'	-16	-6
28	29,543	27,401	99°	54'	21	-5
29	30,941	28,774	106°	31'	-5	4
30	31,026	28,883	27°	28'	4	-13

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ  
ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

№ вар.	Отметки исходных реперов		Магн. ази- мут направления А1-А5		Проектные уклоны направлений	
	начального $H_{Rp1}$ , м	конечного $H_{Rp2}$ , м			$i_X$ , ‰	$i_Y$ , ‰
1	2	3	4	5	6	7
31	54,821	52,654	234°	26'	10	-5
32	55,72	53,578	57°	28'	11	-20
33	56,351	54,182	325°	16'	12	-15
34	57,057	54,917	106°	09'	-9	8
35	58,726	56,574	64°	21'	-5	15
36	59,495	57,338	281°	38'	4	-18
37	62,542	60,391	97°	49'	-8	9
38	63,568	61,408	37°	56'	-10	-14
39	64,412	62,247	26°	13'	18	-16
40	66,499	64,355	164°	17'	19	-20
41	67,648	65,509	29°	29'	20	13
42	49,221	47,049	284°	32'	-12	14
43	50,812	48,675	138°	30'	5	-15
44	51,598	49,424	64°	51'	-4	16
45	52,142	49,971	167°	56'	8	-17
46	53,495	51,357	199°	34'	-7	-15
47	69,489	67,316	24°	51'	-10	9
48	70,025	67,889	306°	09'	11	-6
49	71,654	69,479	12°	16'	-14	3
50	72,734	70,576	137°	34'	10	5
51	73,568	71,415	68°	45'	4	-12
52	74,453	72,294	209°	23'	-11	11
53	75,842	73,692	100°	31'	-12	-15
54	76,679	74,518	164°	18'	10	-16
55	77,382	75,234	176°	09'	-10	-18
56	78,643	76,480	27°	51'	5	12
57	79,543	77,400	297°	56'	-24	15
58	80,125	77,957	32°	34'	-2	13
59	81,231	79,090	37°	51'	21	-14
60	80,004	77,834	105°	07'	-18	6

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

**ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ**

№ вар.	Отметки исходных реперов		Магн. ази- мут направления А1-А5		Проектные уклоны направлений	
	начального $H_{Rp1}$ , м	конечного $H_{Rp2}$ , м			$i_X$ , ‰	$i_Y$ , ‰
1	2	3	4	5	6	7
61	35,548	33,398	209°	51'	-16	-8
62	36,342	34,179	23°	56'	-18	-10
63	37,498	35,352	164°	34'	12	18
64	38,547	36,388	84°	51'	15	-9
65	39,245	37,096	184°	24'	13	-10
66	40,539	38,396	109°	21'	4	-18
67	45,042	42,872	56°	10'	-8	9
68	46,465	44,324	45°	11'	-10	-14
69	47,689	45,545	289°	24'	18	-16
70	48,162	45,991	134°	54'	19	-20
71	48,69	46,553	69°	39'	20	13
72	49,99	47,849	100°	46'	-12	14
73	50,267	48,096	207°	09'	8	-10
74	55,623	53,460	10°	08'	-15	5
75	54,58	52,435	28°	21'	-20	-24
76	53,642	51,496	47°	10'	14	-20
77	52,097	49,922	304°	46'	16	9
78	51,984	49,845	318°	58'	-18	-6
79	60,548	58,382	64°	16'	8	3
80	65,073	62,913	164°	34'	-5	5
81	66,894	64,747	49°	41'	9	10
82	67,864	65,691	164°	15'	-10	15
83	68,95	66,809	106°	24'	11	12
84	69,453	67,282	145°	38'	14	-17
85	71,546	69,387	27°	24'	-10	-8
86	85,643	83,493	208°	21'	5	-14
87	86,235	84,087	12°	03'	-24	10
88	87,126	84,984	07°	12'	-2	-16
89	88,578	86,409	147°	31'	21	-14
90	89,354	87,189	15°	28'	-18	6



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 **Золотова Е.В.** Геодезия с основами кадастра : учеб. для вузов / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. – М. : Академический проект: Фонд «Мир», 2012.
- 2 **Куштин И.Ф.** Геодезия : учебно-практическое пособие / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов н/Д : Феникс, 2009.
- 3 **Куштин И.Ф.** Инженерная геодезия: учебник / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов н/Д : Феникс, 2002.
- 4 **Пимшина Т.М.** Практикум по инженерной геодезии: учеб. пособие / Т.М. Пимшина. – Ростов н/Д : РГУПС, 2010.

*Учебное издание*

**Куштин Владимир Иванович**  
**Калачева Наталья Александровна**

**НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ**

Печатается в авторской редакции  
Технический редактор Н.С. Федорова

Подписано в печать 29.12.17. Формат 60×84/16.  
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 1,63.  
Тираж            экз. Изд. № 901354. Заказ            .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

---

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. им. Ростовского Стрелкового  
Полка Народного Ополчения, д. 2.