

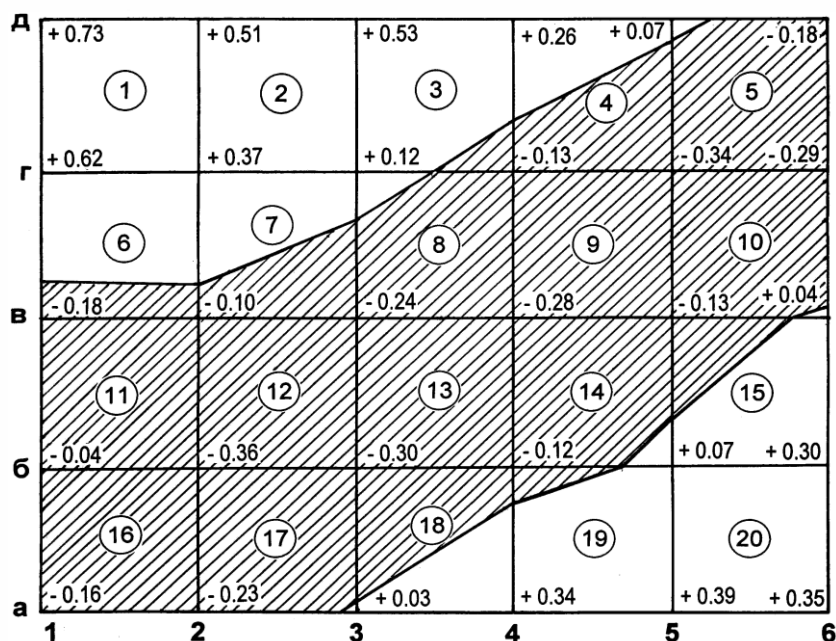
КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова*

# ГЕОДЕЗИЯ

## **НИВЕЛИРОВАНИЕ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ**

*Методические указания к выполнению  
расчётно-графической работы*



Красноярск 2017

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

*К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова*

# **ГЕОДЕЗИЯ**

## **НИВЕЛИРОВАНИЕ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ**

*Методические указания  
к выполнению расчётно-графической работы*

*Электронное издание*

Красноярск 2017

## *Рецензент*

*С.А. Мамонтова, канд. экон. наук, доц. каф. землеустройства  
и кадастров Красноярского государственного  
аграрного университета*

### ***Шумаев, К.Н.***

**Геодезия. Нивелирование и вертикальная планировка площадки для объекта недвижимости: методические указания к выполнению расчётно-графической работы [Электрон. ресурс] / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 36 с.**

Методические указания разработаны в соответствии с утверждённой программой курса «Геодезия». Подробно изложена методика обработки материалов, полученных в процессе выполнения полевых работ, при нивелировании строительной площадки объекта недвижимости и необходимости планировки для различных целей.

Предназначено для студентов Института землеустройства, кадастров и природообустройства, направления «Землеустройство и кадастры» очной и заочной формы обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Красноярского государственного аграрного университета

© Шумаев К.Н., Сафонов А.Я.,  
Горбунова Ю.В., 2017

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный  
аграрный университет», 2017

## ВВЕДЕНИЕ

При необходимости подготовить план в крупном масштабе с изображением рельефа с небольшой высотой сечения выполняют нивелирование поверхности. Такая задача может возникать как для агрохозяйственных целей, так и для инженерных (создание осушительной сети или строительство объектов недвижимости различного назначения). Нивелирование выполняют способами параллельных линий, квадратов, магистралей (ходов).

Для съёмки небольших компактных участков, расположенных в открытой местности с небольшими уклонами, применяют способ квадратов. Сущность его в том, что участок, предназначенный для съёмки, разбивают на квадраты и высоты их вершин получают геометрическим нивелированием. В зависимости от масштаба съёмки, сложности рельефа местности или требуемой густоты высотных точек выбирают длину сторон квадратов. Она может быть от 10 до 100 метров. Вершины квадратов закрепляют колышками сторожками.

В данном задании, по имеющимся материалам полевых измерений (приложение А), требуется определить высоты точек вершин квадратов, построить топографический план строительной площадки, запроектировать горизонтальную площадку, при условии нулевого баланса земляных работ, и определить объём земляных работ.

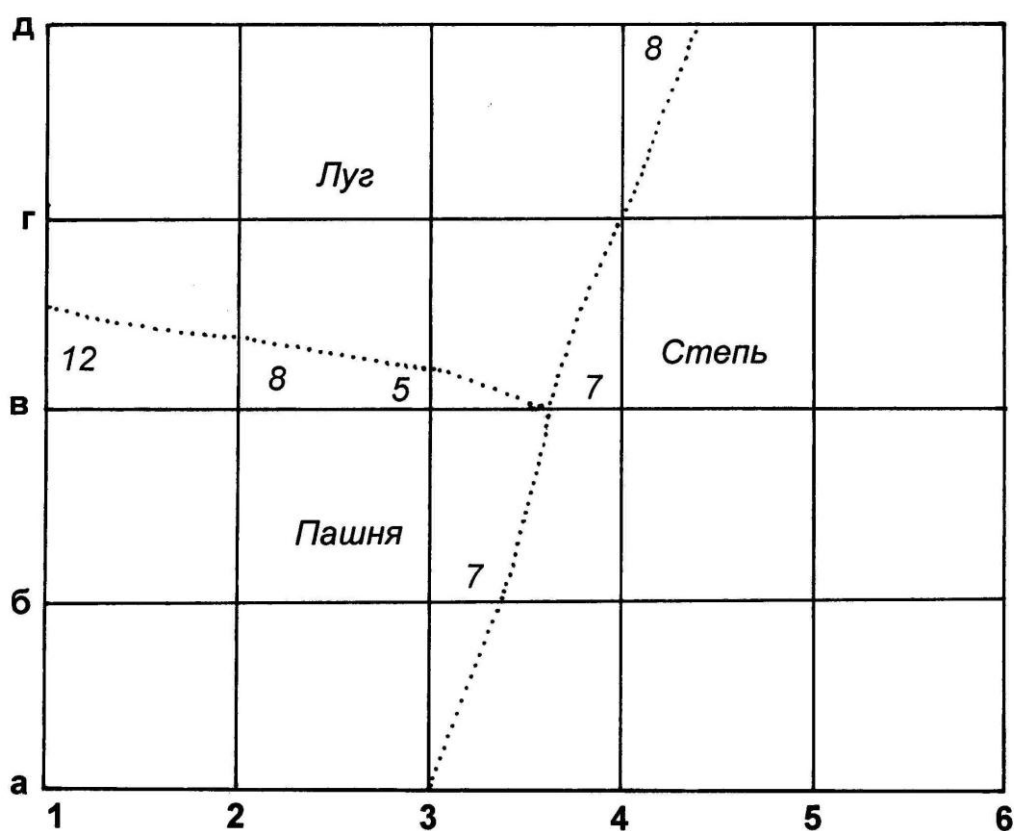
## ПОДГОТОВКА СХЕМЫ НИВЕЛИРОВАНИЯ

При разбивке квадратов в поле был составлен абрис строительной площадки (рисунок 1). В абрисе вычерчена сетка квадратов, с нумерацией точек вершин квадратов по южной и западной сторонам. Промерами, от точек вершин квадратов, на сетку наносится ситуация. Расстояния даны в метрах.

Привязка площадки осуществлена к пунктам государственной геодезической сети принятыми способами, проложением нивелирного хода технической точности. Высота передана на точку **а3**, она по заданию составляет **50,000 м**.

Для выполняемой расчётно-графической работы предварительно необходимо подготовить схему нивелирования (рису-

нок 2). На ней указывают номера станций, связующие точки, линии опорного хода, направления визирования со станции на связующие и промежуточные точки. Между соседними станциями выбираются по две связующие точки, лучше расположенные на стороне прямоугольника так, чтобы они образовали замкнутый полигон, который будет использован в расчётах как опорный ход для передачи высот от точек, пронивелированных с одной станции, на точки, пронивелированные с другой станции. В данном примере он проложен по связующим точкам а3–б6–д3–в6. У точки а3 выписывается исходная высота 50,000 метра.



*Рисунок 1 – Абрис строительной площадки объекта недвижимости*

На схеме нивелирования прочерчиваются лучи визирования, на связующие точки – сплошной линией, а на промежуточные – пунктирной.

Полученные в процессе полевых измерений отсчёты записать на свою схему нивелирования (рисунок 2) у вершины квадрата, в соответствии с их расположением в таблице исходных данных (приложение А).

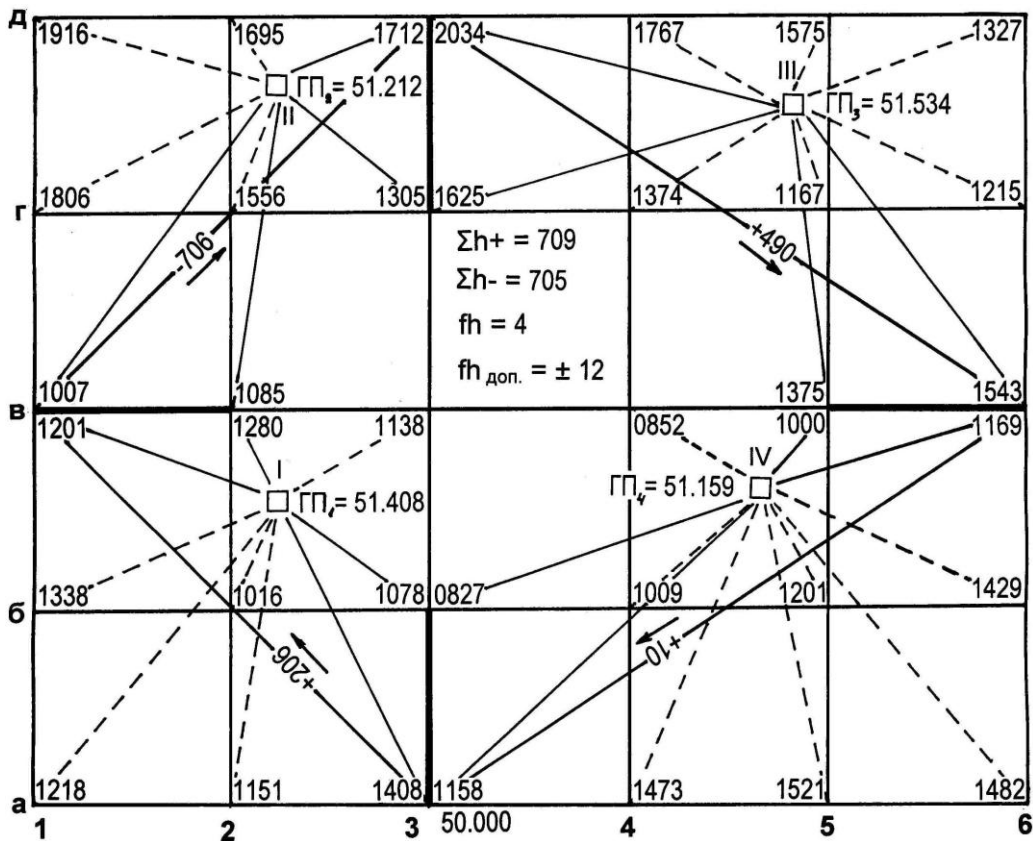


Рисунок 2 – Схема нивелирования строительной площадки

Контроль точности выполнения нивелирования на станции состоит в суммировании накрест лежащих отсчётов, сделанных на связующие точки с разных станций. Суммы накрест лежащих отсчётов на связующие пары точек должны быть равны. Допустимое расхождение в полученных суммах не должно превышать **5 миллиметров**. На рисунке 2 линии, соединяющие парные точки, выделены утолщением.

## РАСЧЁТ ВЫСОТ ТОЧЕК ВЕРШИН КВАДРАТОВ

Для каждой линии замкнутого опорного хода, начиная с точки а3, по ходу часовой стрелки, из отсчётов, полученных с одной станции, определяется превышение конечной точки над начальной. По станции 1 превышение между точками а3 и в1 вычисляется по зависимости

$$h_1 = a3 - b1, \text{ мм}, \quad (1)$$

$$h_1 = 1408 - 1201 = 207 \text{ мм.}$$

Вычисленные превышения записываются в таблицу 1. Определяется сумма положительных вычисленных превышений, полученных для опорного хода, затем сумма отрицательных вычисленных превышений.

Ниже записывается невязка, полученная как сумма положительных и отрицательных превышений:

$$fh = \sum h(+) + \sum h(-), \text{ мм.} \quad (2)$$

Допустимая невязка в превышениях определяется по формуле

$$fh_{\text{доп.}} = \pm 6\sqrt{n}, \text{ мм,} \quad (3)$$

где  $n$  – число станций в опорном ходе.

Таблица 1 – Ведомость определения высот точек опорного хода

Точки	Превышение, мм		Высота, м
	вычисленное	исправленное	
1	2	3	4
а3	-1		50.000
	+207	+206	
в1	-1		50.206
	-705	-706	
д3	-1		49.500
	+491	+490	
в6	-1		49.990
	+11	+10	
а3			50.000
$\sum h+$	709	706	
$\sum h-$	705	706	
fh	+4	0	
fh <sub>доп.</sub>	±12		

Необходимо убедиться, что практическая невязка не превышает допустимую. Значения  $\sum h(+)$ ,  $\sum h(-)$ , fh, fh<sub>доп.</sub> вписываются внутри опорного хода в один из свободных квадратов.

Поправка вводится поровну во все превышения опорного хода, со знаком обратным знаку невязки, с округлением до 1 мм. Поправка вычисляется по формуле

$$\delta h = -\frac{fh}{n}, \quad (4)$$

где  $n$  – количество превышений в опорном ходе.

Производится контроль – сумма поправок численно равна невязке, но имеет обратный знак.

Определяется исправленное превышение:

$$h_{испр.} = h_{выч.} + \delta h, \quad (5)$$

где  $\delta h$  – поправка в превышение для данной линии.

Сумма положительных исправленных превышений должна быть равна сумме отрицательных исправленных превышений, а невязка соответственно – нулю. Значения исправленных превышений записываются в схему нивелирования.

По высоте исходной точки (а3) и исправленным превышениям определяются высоты всех точек опорного хода:

$$H_{n+1} = H_n + h_{испр.} \quad (6)$$

Высоты выписывают из ведомости (таблица 1) на топографический план строительной площадки с точностью до 0.01 метра (рисунок 3).

План участка составляется на чертёжной бумаге в заданном масштабе. В данном примере расчётно-графической работы сторона квадрата составляет 20 м, а масштаб плана – 1 : 500. На листе формата А4 вычерчивается сетка квадратов со стороной 40 мм.

По высотам двух точек для каждой станции определяется два значения горизонта прибора (ГП). Для первой станции горизонт прибора будет определён по точкам а3 и в1:

$$ГП_1 = H_{a3} + a3, \quad (7)$$

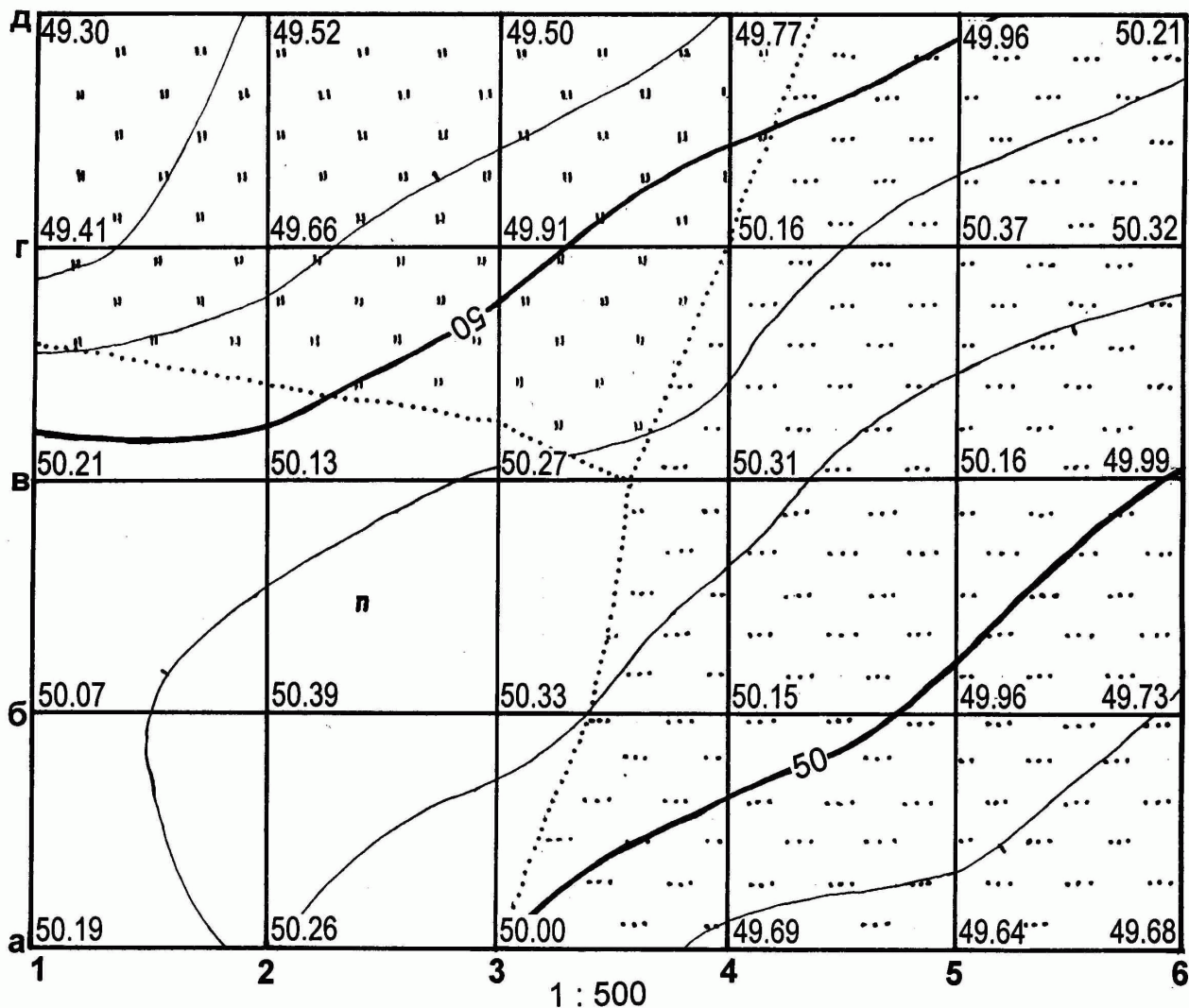
где  $H_{a3}$  – высота точки а3, м;

$a3$  – отсчёт по рейке на точке а3, м.



# ПЛАН

## СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ



В 1 сантиметре 5 метров

Сплошные горизонтали проведены через 0.25 м

Система высот условная

Выполнил

ст-т ИЗКиП-3-35-17о Донской Д.А.

*Рисунок 3 – Топографический план строительной площадки  
объекта недвижимости*

Аналогично определяется  $\Gamma\Pi_2$  по точке в1. Из двух значений  $\Gamma\Pi$  для каждой станции вычисляется среднее значение, и оно выписывается на схему нивелирования возле номера станции.

По полученному  $\Gamma\Pi$  вычисляются высоты остальных вершин квадратов (промежуточные точки), пронивелированных с данной станции:

$$H_i = \Gamma\Pi - a_i, \quad (8)$$

где  $a_i$  – отсчёт по чёрной стороне рейки на определяемой с данной станции вершине квадрата.

Производится контроль вычислений на каждой станции по следующему равенству:

$$\Sigma H + \Sigma a_i = \Gamma\Pi \times K, \quad (9)$$

где  $\Sigma H$  – сумма высот точек пронивелированных с данной станции, м;

$\Sigma a_i$  – сумма отсчётов по рейкам на эти точки, м;

$\Gamma\Pi$  – высота горизонта прибора для данной станции, м;

$K$  – количество точек пронивелированных с данной станции.

Допустимые расхождения в равенствах по каждой станции не должны превышать **5 миллиметров**.

## **СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СОЗДАВАЕМОГО ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ**

Вычисленные через  $\Gamma\Pi$  высоты промежуточных точек, как и высоты точек опорного хода, с точностью до 0.01 м выписываются на топографический план (рисунок 3).

Для данного примера расчётно-графической работы высота сечения рельефа принята равной 0.25 метра.

Поскольку нивелирование по квадратам производится для площадей с небольшими уклонами, то определение положения точек с высотами кратными высоте сечения рельефа, осуществляется только по сторонам квадратов. Определение положе-

ния таких точек по известным высотам называется интерполированием. Интерполирование допустимо выполнять только между точками с равным однородным скатом. Затем полученные точки с одинаковыми высотами соединяют плавными линиями – горизонталями.

Интерполировать можно аналитическим и графическим способом, а при некотором опыте интерполирование с допустимой точностью выполняется на глаз.

При аналитическом способе определяются расстояния между точками вершин квадратов и горизонталями (рисунок 4). Допустим, между точками А и В при данном сечении рельефа проходят две горизонтали 1 и 2.

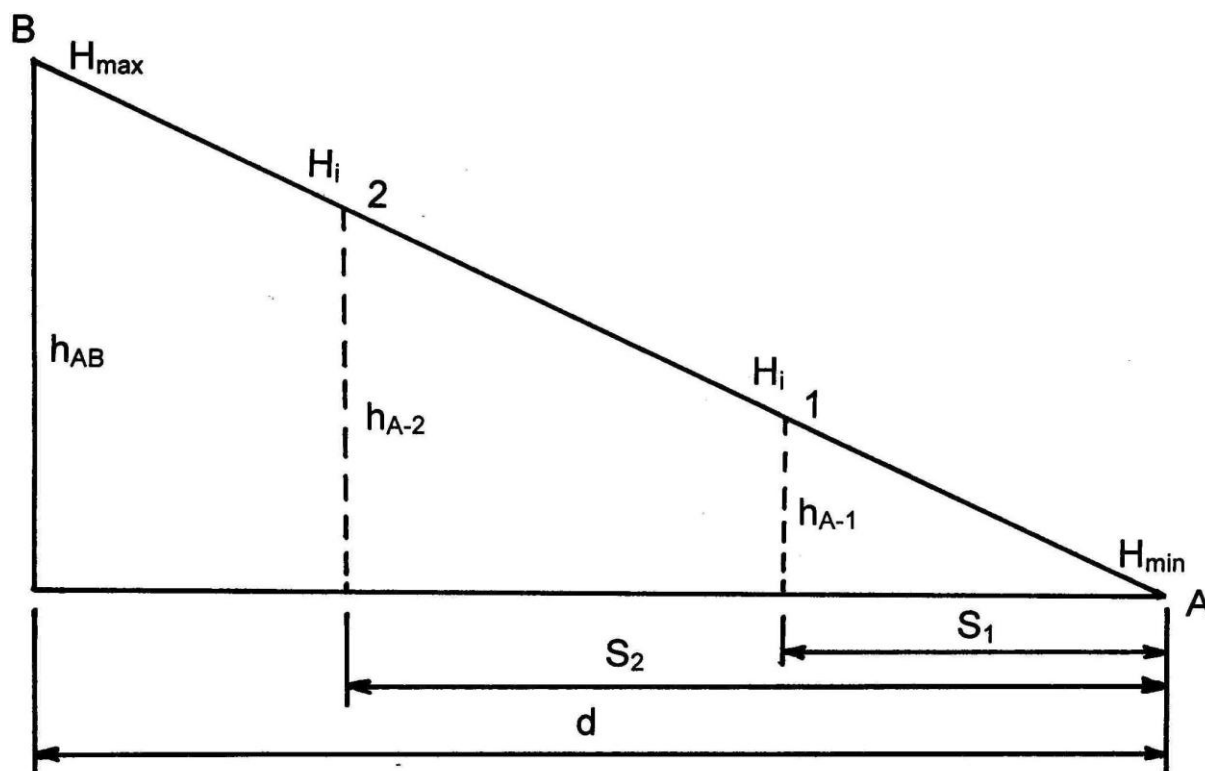


Рисунок 4 – Определение расстояний до горизонталей при аналитическом интерполировании

Расстояния  $S_1$  и  $S_2$  находятся из подобия треугольников:

$$\frac{h_{A-1}}{h_{A-B}} = \frac{S_1}{d}, \quad (10)$$

где  $h_{A-1}$  – превышение между минимальной высотой и высотой искомой первой горизонтали, м;

$h_{A-B}$  – превышение между точками с минимальной и максимальной известными высотами, м;

$S_1$  – расстояние между точкой с минимальной высотой и искомой первой горизонталью, м;

$d$  – расстояние между точками с известными высотами, длина стороны квадрата, м.

Или, в общем случае, расстояние  $S$  до любой горизонтали от точкой с минимальной высотой может быть определено из зависимости

$$S_i = \frac{H_i - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}} \times d, \quad (11)$$

где  $H_i$  – высота определяемой горизонтали, м;

$H_{\min}$  – высота точки с минимальной высотой от которой необходимо отложить определяемое расстояние, м;

$H_{\max}$  – высота точки с максимальной высотой, в направлении которой откладывается определяемое расстояние, м;

$d$  – длина стороны квадрата, см.

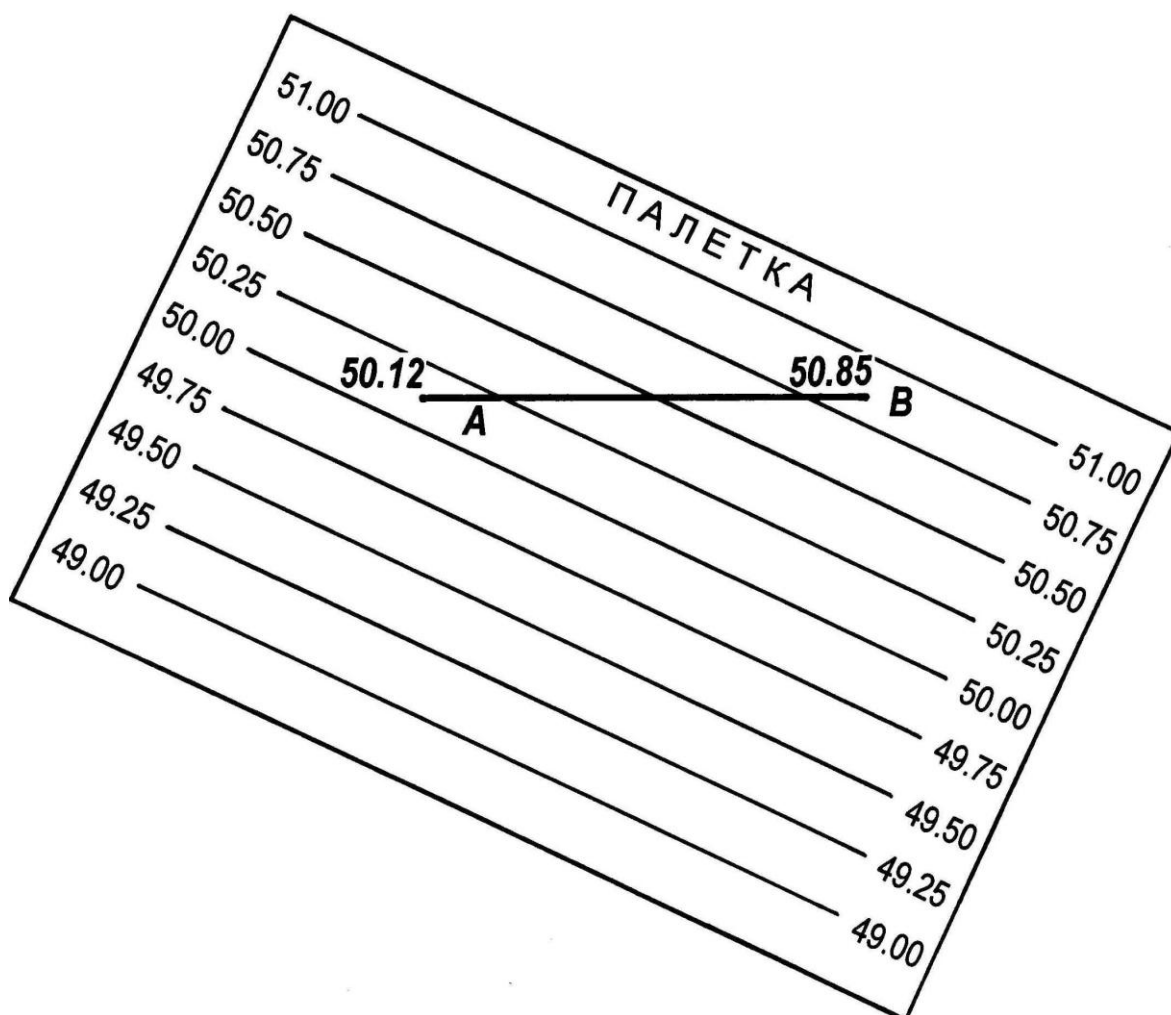
Полученное расстояние  $S_1$  и  $S_2$ , см, откладывается от точки  $A$  в направлении точки  $B$ . Таким образом определяется положение горизонталей 1 и 2.

Наиболее предпочтительно на начальном этапе обучения, и в особенности при значительном количестве горизонталей, интерполирование при помощи параллельной палетки вычерченной на кальке. Палетка представляет собой кальку с прочерченными через одинаковое произвольное расстояние параллельными линиями. Эти линии для удобства пользования оцифровываются справа и слева, от минимальной до максимальной высоты точек плана, согласно высоте сечения рельефа.

Расстояние между линиями можно выбрать следующим образом. Находится сторона квадрата, которую пересекает наибольшее количество горизонталей. Длину стороны делят на количество горизонталей плюс одна дополнительно, и эта величина будет расстоянием, через которое необходимо прово-

дить линии. При малых расстояниях между линиями сложнее добиться требуемой точности построения горизонталей. Поэтому палетки чаще всего строят через 2–5 миллиметров. Для планов со сложным рельефом можно изготовить различные палетки, на пологие и крутые скаты.

Определение положения горизонталей при использовании параллельной палетки показано на рисунке 5.



*Рисунок 5 – Определение положения горизонталей при помощи параллельной палетки*

Сечение рельефа на вычерчиваемом плане – 0.25 метра, соответственно и горизонталы палетки оцифрованы через 0.25 метра, от минимальной высоты плана до максимальной. Накладываем палетку на отрезок между точками А и В с высотами 50.12 и 50.85 м. Палетку поворачивают таким образом, чтобы точки А и В заняли места между соответствующими горизонта-

лями палетки, согласно их высотам. Тогда горизонтали палетки 50.25, 50.50, 50.75 м пересекут отрезок АВ в точках, высоты которых будут соответственно 50.25, 50.50, 50.75 м. Точки пересечения накалывают карандашом или измерителем, а их следы отмечают на плане. Высоты полученных точек предварительно подписывают карандашом.

Выполнив интерполирование на сторонах двух-трёх квадратов, через точки с одинаковыми высотами проводят горизонтали. При этом следят за ходом соседних горизонталей.

Если сторону квадрата пересекает незначительное число горизонталей, быстрее выполнить интерполирование на глаз. В этом случае делят отрезок пропорционально превышениям между точками и горизонталями. Например: если превышения между точками и горизонталью равны, значит горизонталь пересекает сторону посередине. Или в любой другой полученной пропорции.

После вычерчивания всех горизонталей, выполняют их окончательную укладку. То есть согласуют их между собой в соответствии с рельефом местности.

## **ОФОРМЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ**

Чертёж оформляется тушью на листе не менее А4. Допустимо сетку квадратов, высоты вершин, ситуацию, все надписи выполнить чёрным цветом, а горизонтали и высоты горизонталей – коричневым цветом (сиеной жжёной).

Нормальным шрифтом, выше плана, подписывается название чертежа «ПЛАН СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ». Причём «ПЛАН» шрифтом 10, чуть ниже «СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ» шрифтом 5 (рисунок 3).

Ниже плана, по центру, нормальным шрифтом 3.5 подписывается масштаб численный «1:500», масштаб именованный «В 1 сантиметре 5 метров», высота сечения рельефа «Сплошные горизонтали проведены через 0.25 м», принятая система высот «Система высот условная».

Внизу слева нормальным шрифтом 3.5 пишется группа и фамилия студента, выполнившего работу: «Выполнил ст-т ИЗКиП–3–35–17о Донской Д.А.» (в две строки).

Вычерчивают горизонтали, утолщая каждую кратную 1 метру, и подписывают её высоту. Наносят бергштрихи.

Согласно абрису вычерчивается ситуация, в соответствии с требованиями условных знаков.

## **ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПОД ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПЛОЩАДКУ**

В процессе подготовки площадки к строительству или рекультивации возникает необходимость изменения рельефа. Преобразование существующего рельефа объекта в проектный, в соответствии с техническими требованиями, называется вертикальной планировкой. Планировка заключается в создании горизонтальных или наклонных плоскостей вместо естественной.

Вертикальная планировка может быть:

- 1) под площадной объект – под насосную станцию, орошаемый участок и другие объекты недвижимости;
- 2) под линейное сооружение – канал, дорогу.

Она выполняется мелиоративными и строительными машинами с образованием выемок и насыпей в соответствии с проектом. Максимальный экономический эффект получают при условии нулевого баланса земляных работ. Объём выемки примерно должен быть равен объёму насыпей. Тогда весь объём разрабатываемого грунта перемещается внутри площадки.

Графической основой проекта планировки является топографический план, полученный в результате нивелирования поверхности. Исходными данными служат фактические высоты вершин квадратов.

Условие нулевого баланса земляных работ обеспечивается при создании горизонтальной плоскости на определённой высоте. Проектную высоту горизонтальной плоскости можно вычислить по фактическим высотам:

$$H_{np.} = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4}{4n}, \quad (12)$$

где  $\Sigma H_1$  – сумма фактических высот вершин, входящих только в один квадрат, м;

$\Sigma H_2, \Sigma H_3, \Sigma H_4$  – соответственно, суммы фактических высот вершин, общих для двух, трёх, четырёх квадратов. м;

$n$  – число квадратов.

*Пример:*

$$H_{пр.} = \frac{199.38 + 2 \cdot 698.07 + 4 \cdot 601.80}{4 \cdot 20} = 50.03 \text{ м.}$$

Для упрощения расчётов проектную высоту можно определить через условные высоты, для чего строится сетка квадратов. Около вершин выписываются фактические высоты. Под ними выписывают условную высоту, которая определяется как разность фактической высоты для данной вершины и минимальной для данной площадки (рисунок 6).

Д	49.30 0.00	49.52 0.22	49.50 0.20	49.77 0.47	49.96 0.66	50.21 0.91
	49.41 0.11	49.66 0.36	49.91 0.61	50.16 0.86	50.37 1.07	50.32 1.02
Г						
	50.21 0.91	50.13 0.83	50.27 0.97	50.31 1.01	50.16 0.86	49.99 0.69
В						
	50.07 0.77	50.39 1.09	50.33 1.03	50.15 0.85	49.96 0.66	49.73 0.43
Б						
	50.19 0.89	50.26 0.96	50.00 0.70	49.69 0.39	49.64 0.34	49.68 0.38
а	1	2	3	4	5	6

Рисунок 6 – Схема вычисления условных высот при  $H_{min}=49.30$  м



$$h_{\text{усл.}} = H_i - H_{\text{min}}, \quad (13)$$

где  $H_i$  – фактическая высота для данной вершины, м;

$H_{\text{min}}$  – минимальная высота для данной площадки, м.

Так, для вершины  $a_1$  при  $H_{\text{min}}=49.30$  м и  $H_{a_1}=50.19$  м условная высота составит

$$h_{a_1 \text{ усл.}} = 50.19 - 49.30 = 0.89 \text{ м.}$$

Тогда проектная высота определится по формуле

$$H_{\text{пр.}} = H_{\text{min}} + \frac{\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4}{4n}, \quad (14)$$

где  $\Sigma h_1$  – сумма условных высот вершин, входящих только в один квадрат, м;

$\Sigma h_2$ ,  $\Sigma h_3$ ,  $\Sigma h_4$  – соответственно, суммы условных высот вершин, общих для двух, трёх, четырёх квадратов, м;

$n$  – число квадратов.

*Пример:*

$$H_{\text{пр.}} = 49.30 + \frac{2.18 + 2 \cdot 7.87 + 4 \cdot 10.20}{4 \cdot 20} = 50.03 \text{ м.}$$

Допустимо  $H_{\text{min}}$  при использовании в формулах (13) и (14) округлить в меньшую сторону до целых метров ( $H_{\text{min}} = 49.30$  м – заменить на  $H_{\text{min}} = 49.00$  м).

## СОСТАВЛЕНИЕ КАРТОГРАММЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

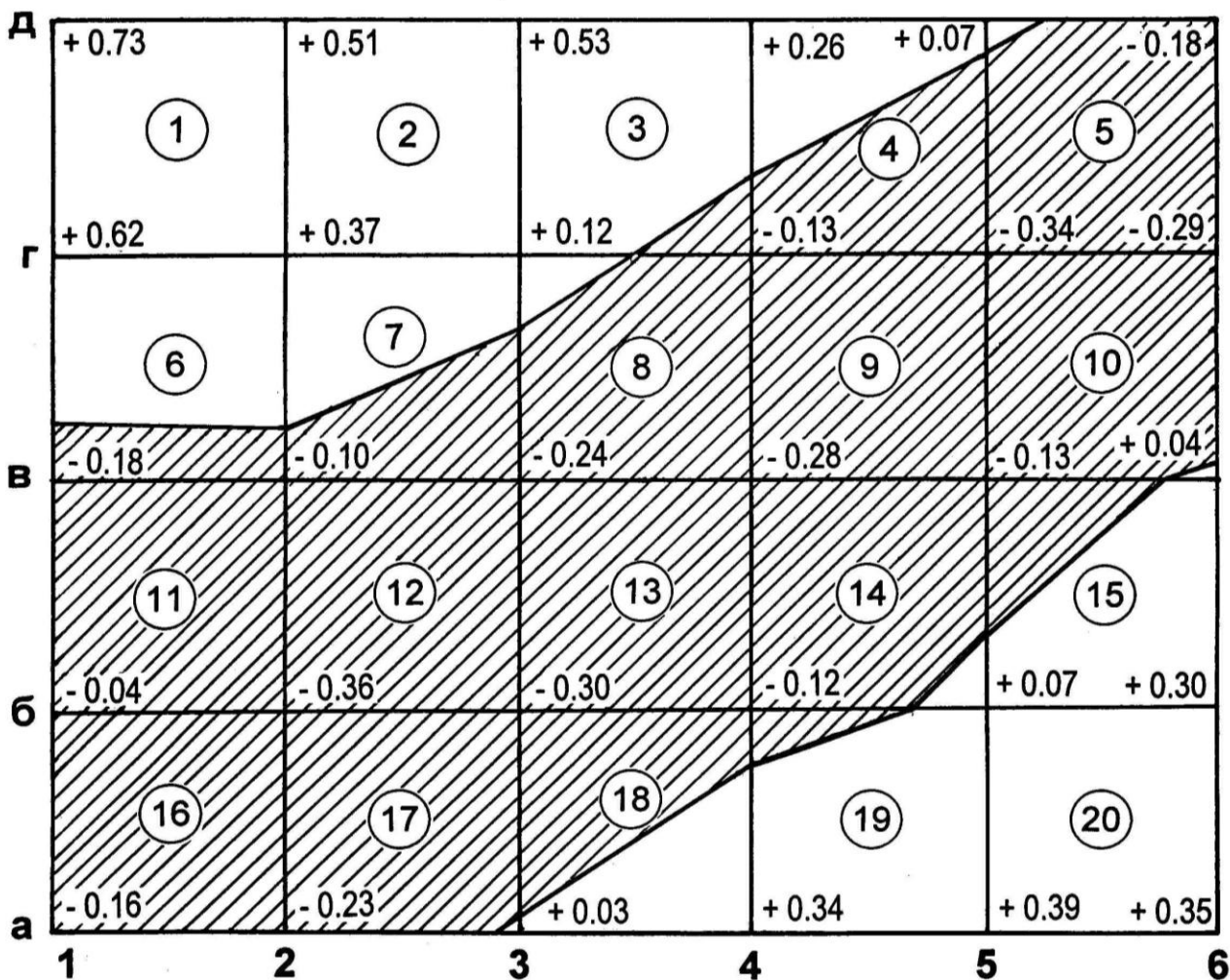
В заданном масштабе (1 : 500) строится сетка квадратов. У вершин квадратов выписываются соответствующие им рабочие высоты (рисунок 7). Рабочие высоты определяют как разность между проектной высотой и фактической для данной вершины:

$$h_{\text{раб.}i} = H_{\text{пр.}} - H_i. \quad (15)$$

В местах выемки рабочие высоты будут иметь отрицательный знак, а в местах насыпи соответственно положительный. Рабочие высоты определяются с точностью до 0.01 м.

## КАРТОГРАММА

### ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ



1 : 500

В 1 сантиметре 5 метров

Выполнил  
ст-т ИЗКиП-3-35-17о Донской Д.А.

Рисунок 7 – Картограмма земляных работ  
на строительной площадке

По рабочим высотам определяется положение линии нулевых работ, которая будет линией пересечения горизонтальной (проектной) плоскости с фактической поверхностью.

На сторонах переходных квадратов, имеющих рабочие высоты с разными знаками, находят точки нулевых работ. Расстояния от вершин квадратов до точки нулевых работ определяют аналитически, согласно рисунку 8.

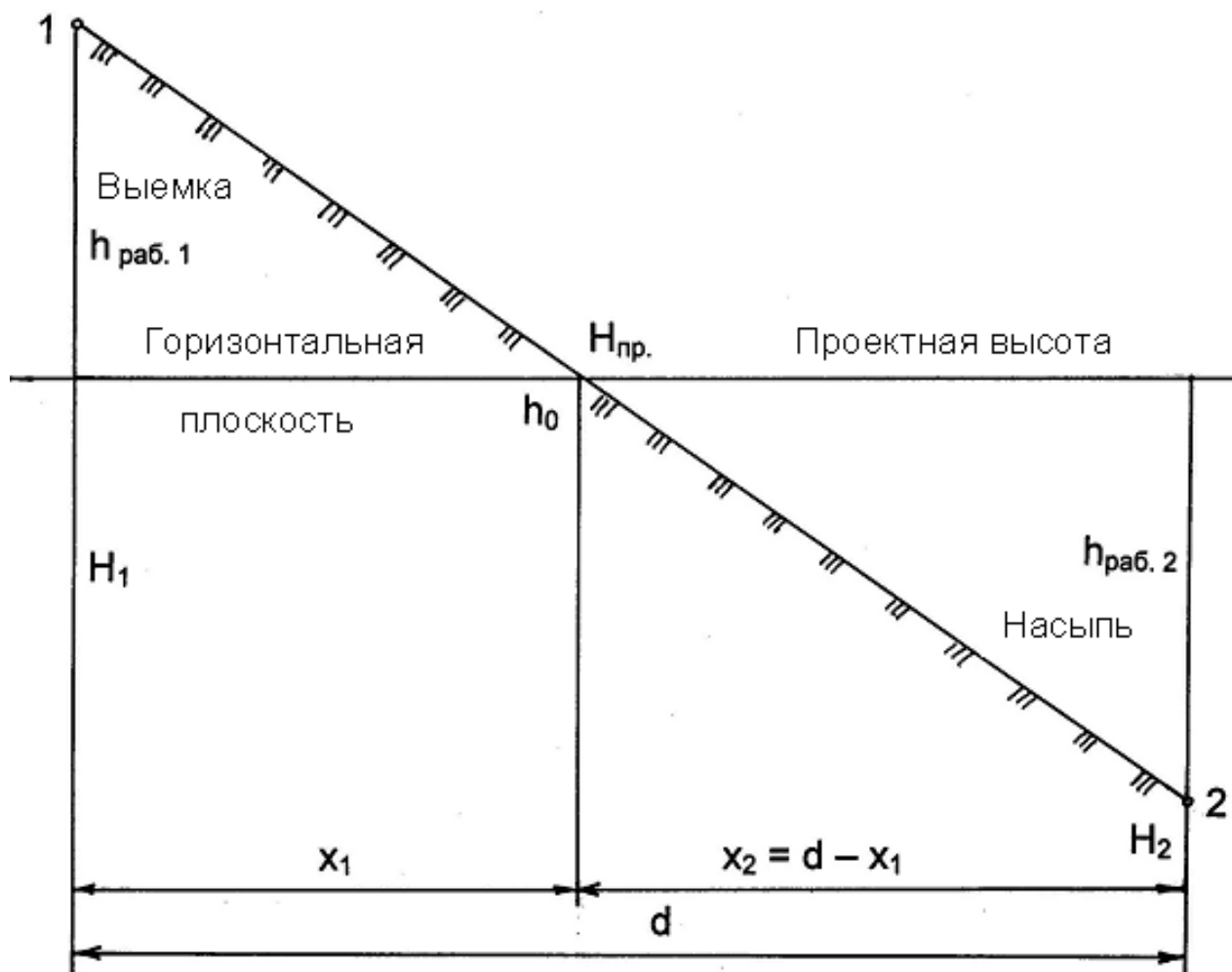


Рисунок 8 – Схема определения расстояния до точки нулевых работ

Расстояние от первой точки до точки нулевых работ определяется по формуле

$$x_1 = \frac{|h_{раб.1}|}{|h_{раб.1}| + |h_{раб.2}|} \cdot d, \quad (16)$$

где  $h_{раб.1}$  – абсолютное значение первой рабочей высоты, без учёта знака, м;

$h_{раб.2}$  – абсолютное значение второй рабочей высоты, без учёта знака, м;

$d$  – расстояние между точками с известными рабочими высотами, длина стороны квадрата, м.

Для контроля аналогично определяют расстояние от второй точки до точки нулевых работ:

$$x_2 = \frac{|h_{раб.2}|}{|h_{раб.1}| + |h_{раб.2}|} \cdot d . \quad (17)$$

Производят контрольное вычисление:

$$x_1 + x_2 = d . \quad (18)$$

*Пример.* Для точки нулевых работ на линии а2–а3 определяют расстояния:

$$x_1 = \frac{|0.23|}{|0.23| + |0.03|} \cdot 20.00 = 17.69 \text{ м},$$

$$x_2 = \frac{|0.03|}{|0.23| + |0.03|} \cdot 20.00 = 2.31 \text{ м},$$

контроль

$$x_1 + x_2 = 17.69 + 2.31 = 20.00 \text{ м}.$$

Откладывая на стороне квадрата соответствующее значение «х», получают положение точки нулевых работ. Таким образом, определяется положение всех точек нулевых работ. Площадь выемки заштриховывается под углом 45°. Все квадраты нумеруются.

Так как расстояния до точек нулевых работ потребуются при вычислении площадей выемки и насыпи, их можно записать на вспомогательную схему (рисунок 9).

### ОФОРМЛЕНИЕ КАРТОГРАММЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Чертёж вычерчивается тушью на листе А4. Сетку квадратов, фактические высоты вершин, номера квадратов, все надписи выполнить чёрным цветом. Рабочие высоты, линию нулевых работ, штриховку площади выемки выполняют красным цветом. Площадь насыпи можно заштриховать под углом 45° жёлтым цветом.

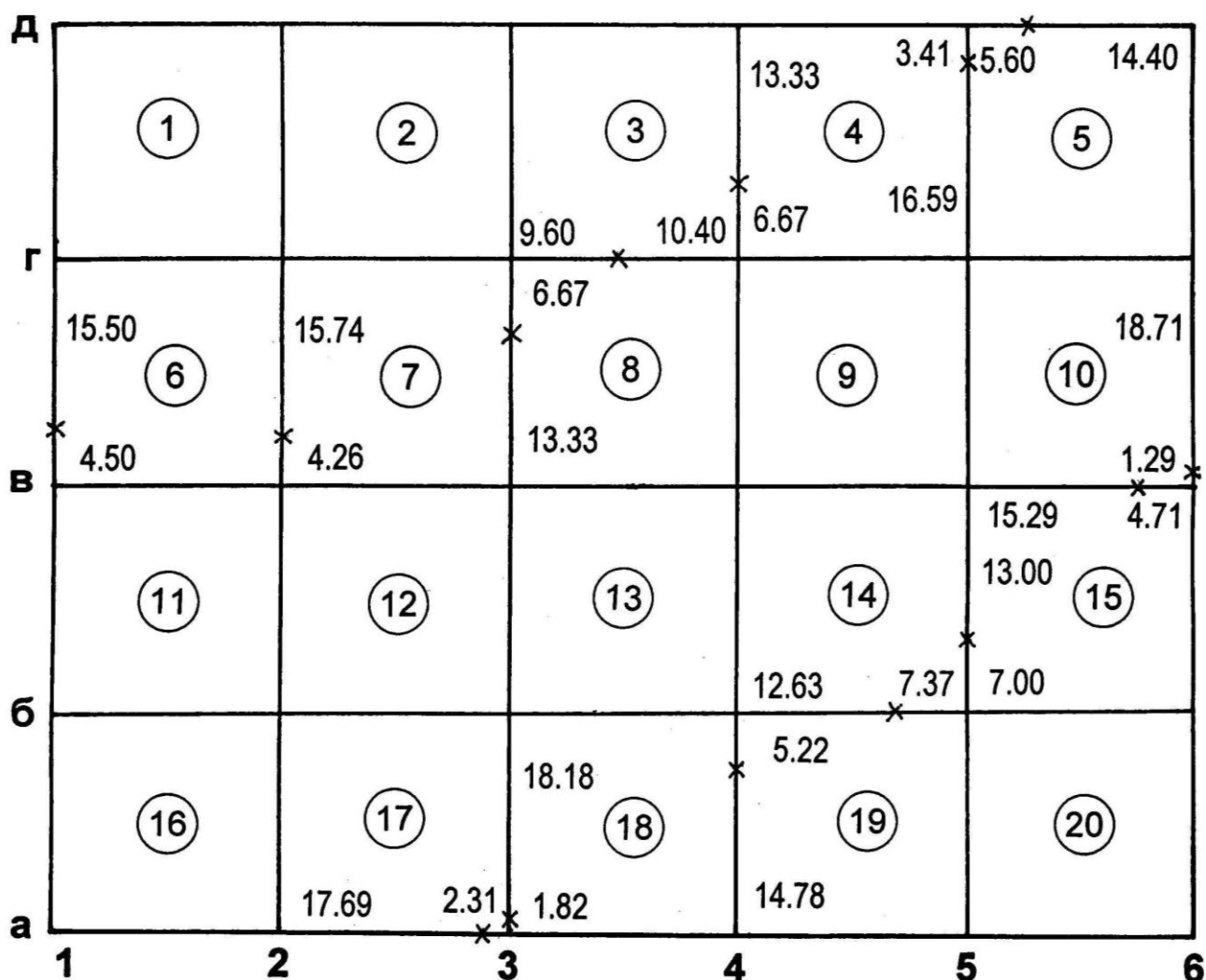


Рисунок 9 – Схема расстояний до точек нулевых работ

Нормальным шрифтом выше сетки квадратов подписывается название чертежа «КАРТОГРАММА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ». Причём «КАРТОГРАММА» – шрифтом 10 мм, чуть ниже «ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ» – шрифтом 5 мм.

Ниже картограммы, по центру, шрифтом топографическим полужирным высотой 3.5 мм соответственно техническому заданию подписывается масштаб численный «1 : 500». Ниже по центру шрифтом рубленным высотой 3.5 мм подписывается масштаб именованный «В 1 сантиметре 5 метров» (рисунок 7).

Внизу слева шрифтом рубленным высотой 3.5 мм пишется группа и фамилия студента, выполнившего работу: «Выполнил ст-т ИЗКиП–3–35–17о Донской Д.А.» (в две строки).

## ВЫЧИСЛЕНИЕ ОБЪЁМА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Объём земляной призмы для каждого квадрата или его части вычисляется по формуле

$$V = P \cdot h_{cp}, \quad (19)$$

где  $V$  – объём земляной призмы, м<sup>3</sup>;

$P$  – площадь квадрата или его части в основании призмы, м<sup>2</sup>;

$h_{cp}$  – среднее арифметическое значение из рабочих высот

вершин квадрата или его части для данной земляной призмы, м.

Для полных квадратов площадь равна

$$P = d^2, \quad (20)$$

где  $d$  – длина стороны квадрата, м.

Площадь треугольника, образованного сторонами квадрата и линией нулевых работ, равна

$$P = \frac{a \cdot h}{2}, \quad (21)$$

где  $a$  – основание треугольника, м;

$h$  – высота треугольника, м.

*Пример.* В квадрате «3» (рисунок 7) площадь выемки по основанию  $a = 10.40$  м и высоте  $h = 6.67$  м (рисунок 9) будет равна

$$P_{3в} = \frac{10.40 \cdot 6.67}{2} = 34.68 \text{ м}^2.$$

Площадь трапеции, образованной сторонами квадрата и линией нулевых работ, равна

$$P = \frac{a+b}{2}h, \quad (22)$$

где  $a, b$  – верхнее и нижнее основание трапеции, м;  
 $h$  – высота трапеции, м.

*Пример.* В квадрате «4» площадь насыпи по основаниям  $a = 13.33$  м и  $b = 3.41$  м, при высоте  $h = 20.00$  м будет равна

$$P = \frac{13.33+3.41}{2} \cdot 20.00 = 167.40 \text{ м}^2.$$

Средняя рабочая высота определяется по формуле

$$h_{ср.} = \frac{\sum h_{раб.i}}{k_i}, \quad (23)$$

где  $\sum h_{раб.i}$  – сумма рабочих высот вершин фигуры, лежащей в основании призмы, м;

$k_i$  – число вершин фигуры, лежащей в основании призмы.

*Пример.* В квадрате «3» средняя рабочая высота призмы выемки будет равна

$$h_{ср.в.3} = \frac{0.00+0.00+0.13}{3} = 0.04 \text{ м.}$$

*Пример.* В квадрате «4» средняя рабочая высота призмы насыпи будет равна

$$h_{ср.н.4} = \frac{0.26+0.07+0.00+0.00}{4} = 0.08 \text{ м.}$$

*Пример.* В квадрате «9» средняя рабочая высота призмы выемки будет равна

$$h_{cp.в.9} = \frac{0.13+0.34+0.13+0.28}{4} = 0.22 \text{ м.}$$

Площади и объёмы вычисляют с точностью до 0.01 м<sup>2</sup> и 0.01 м<sup>3</sup> соответственно.

*Пример.* Объём выемки в квадрате «9» соответственно составит

$$V_{в.9} = P \cdot h_{cp.} = 400.00 \cdot 0.22 = 88.00 \text{ м}^3.$$

Полученные значения площади (графы 2 и 5) и объёма (графы 3 и 6) записывают в ведомость (таблица 2).

Правильность вычисления площадей контролируют:

$$\Sigma P_n + \Sigma P_в = P \cdot n, \quad (24)$$

где  $\Sigma P_n$  – сумма площадей под насыпью, м<sup>2</sup>;

$\Sigma P_в$  – сумма площадей под выемкой, м<sup>2</sup>;

$P$  – площадь одного квадрата, м<sup>2</sup>;

$n$  – число квадратов.

Определяется расхождение суммарных объёмов насыпи и выемки:

$$\Delta V = \Sigma V_в - \Sigma V_n, \quad (25)$$

где  $\Sigma V_n$  – суммарный объём насыпи, м<sup>3</sup>;

$\Sigma V_в$  – суммарный объём выемки, м<sup>3</sup>.

Определяется расхождение в процентах:

$$\frac{\Delta V}{\Sigma V}, \quad (26)$$

где  $\Sigma V$  – суммарный объём выемки и насыпи, м<sup>3</sup>.

Предельное расхождение допускается не более **3 %**.

Сдаче подлежит проект в составе: титульный лист; текстовая часть, в которой отражается объём работы и способ её выполнения; схема нивелирования с отсчётами по вершинам



квадратов и опорным ходом; топографический план строительной площадки; картограмма земляных работ; в состав полевого материала входит абрис строительной площадки.

Таблица 2 – Ведомость вычисления объёма земляных работ

Насыпь			Выемка		
Номер квадрата или его части	Площадь $P_n, м^2$	Объём $V_n, м^3$	Номер квадрата или его части	Площадь $P_v, м^2$	Объём $V_v, м^3$
1	2	3	4	5	6
1	400.00	223.00	1	–	–
2	400.00	153.00	2	–	–
3	365.32	66.49	3	34.68	1.50
4	167.40	13.81	4	232.60	27.33
5	9.52	0.22	5	390.48	63.26
6	312.40	77.32	6	87.60	6.13
7	224.10	27.45	7	175.90	14.95
8	32.02	1.28	8	367.98	47.84
9	–	–	9	400.00	88.00
10	3.04	0.04	10	396.96	60.34
11	–	–	11	400.00	68.00
12	–	–	12	400.00	100.00
13	–	–	13	400.00	94.00
14	25.80	0.60	14	374.20	39.66
15	300.62	24.65	15	99.38	4.31
16	-	–	16	400.00	79.00
17	2.10	0.02	17	397.90	70.83
18	166.00	15.36	18	234.00	24.57
19	367.04	58.73	19	32.96	0.99
20	400.00	111.00	20	–	–
Итого	3175.36	772.97	Итого	4824.64	790.71

$$\text{Контроль } \Sigma P_n + \Sigma P_v = P \cdot n \quad 3175.36 + 4824.64 = 400.00 \cdot 20 \text{ м}^2,$$

$$\Delta V = \Sigma V_v - \Sigma V_n \quad \Delta V = 790.71 - 772.97 = 17.74 \text{ м}^3,$$

$$\frac{\Delta V}{\Sigma V} = \frac{17.74}{1563.68} = 0.011 = 1.1 \%$$

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими способами выполняется нивелирование площадных объектов?
2. От каких условий зависит выбор того или иного способа нивелирования площадных объектов?
3. В чём сущность нивелирования по квадратам?
4. Куда записываются результаты нивелирования?
5. Что отображается на схеме нивелирования?
6. Для чего необходим опорный ход, и по каким точкам прокладывается опорный ход?
7. Для чего необходимы связующие точки и как выполняется контроль на станции по связующим точкам?
8. Как определяется превышение на станции?
9. Как определяется допустимая невязка и как распределяются поправки?
10. Как определяются высоты промежуточных точек?
11. Какой существует контроль в вычислении высот на станции через горизонт прибора
12. Что такое высота сечения рельефа?
13. Что такое интерполирование горизонталей?
14. Какими способами можно выполнить интерполирование горизонталей?
15. В чём сущность аналитического способа интерполирования?
16. В чём сущность графического способа интерполирования?
17. Как изготовить палетку для графического способа интерполирования?
18. В чём сущность интерполирования на глаз?
19. Что такое укладка горизонталей?
20. Что необходимо указать на чертеже для удобства пользования топографическим планом?
21. В чём сущность вертикальной планировки под горизонтальную площадку?
22. Как определяются и контролируются расстояния до точек нулевых работ?
23. Как оформляется картограмма земляных работ?
24. Как выполняется вычисление объёма земляных работ?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авакян, В.В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ / В.В. Авакян. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 588 с.
2. Геодезия: учеб. для вузов / А.Г. Юнусов, А.Б. Беликов, В.Н. Баранов [и др.]. – М.: Академический проект; Трикста, 2015. – 411 с.
3. Гиршберг, М.А. Геодезия: учебник / М.А. Гиршберг. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 384 с.
4. ГОСТ 7.32 01. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – М., 2001.
5. Дьяков, Б.Н. Основы геодезии и топографии: учеб. пособие / Б.Н. Дьяков, В.Ф. Ковязин, А.Н. Соловьёв. – СПб.: Лань, 2011. – 272 с.
6. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра: учеб. для вузов / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. – М.: Академический проект; Трикста, 2015. – 414 с.
7. Инженерная геодезия: учебник для вузов / А.Г. Парамонов [и др.]. – М.: МАКС Пресс, 2014. – 368 с.
8. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / ГУГК. – М.: Недра, 1985. – 152 с.
9. Киселев, М.И. Геодезия: учебник / М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 384 с.
10. Маслов, А.В. Геодезия / А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков. – М.: КолосС, 2006. – 598 с.
11. Нестеренок, М.С. Геодезия: учебник / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск: Университетское, 2001. – 310 с.
12. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии: учеб. пособие / Ю.К. Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
13. Перфилов, В.Ф. Геодезия: учеб. для вузов / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – М.: Высш. шк., 2006. – 350 с.
14. Поклад, Г.Г. Геодезия: пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2007. – 592 с.

15. Практикум по геодезии: учеб. пособ. для студ. вузов / под ред. Г.Г. Поклада. – М.: Академический проект, 2015. – 487 с.
16. Сафонов, А.Я. Топография: учеб. пособие / А.Я. Сафонов, К.Н. Шумаев, Т.Т. Миллер; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 222 с.
17. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / ГУГК. – М.: Недра, 1989. – 286 с.
18. Уставич, Г.А. Геодезия: учебник. Кн. 1 / Г.А. Уставич. – Новосибирск: Изд-во СГГА, 2012. – 352 с.
19. Уставич, Г.А. Геодезия: учебник. Кн. 2 / Г.А. Уставич. – Новосибирск: Изд-во СГГА, 2014. – 536 с.
20. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учеб. для вузов / Г.А. Федотов. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 479 с.
21. Фельдман В.Д. Основы инженерной геодезии: учебник / В.Д. Фельдман, Д.Ш. Михелев. – М.: Высш. шк., 2001. – 314 с.
22. Чекалин, С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии: учеб. пособие для вузов / С.И. Чекалин. – М.: Академический проект, 2009. – 393 с.
23. Шумаев, К.Н. Геодезия. Геодезические работы при ведении кадастра недвижимости: курс лекций / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2009. – 206 с.
24. Шумаев, К.Н. Геодезия. Топографо-геодезические работы в мелиорации: учеб. пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 192 с.
25. Шумаев, К.Н. Геодезия. Курс лекций: учеб. пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов. – Красноярск: Гротеск, 2004. – 80 с.
26. Шумаев, К.Н. Геодезия: справ. пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2006. – 152 с.
27. Шумаев, К.Н. Геодезия. Топографо-геодезические работы в землеустройстве: учеб. пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 180 с.

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ  
НА ПОЛЕВОЙ СХЕМЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ**

Таблица А.1 – Вариант 1

<b>д</b>	0790	0540	0669	0740	0915	1343	1710
<b>г</b>	0940	0810	0964	1035	1320	1615	1840
	0970	1269				1200	0846
<b>в</b>	0751	1050	1410		0924	0736	0384
<b>б</b>	1100	1532	1812	1634	1940	1420	1030
<b>а</b>	1510	1680	1907	1731	1710	1384	0904
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.2 – Вариант 2

<b>д</b>	1498	1125	1153	1506	1989	2068	2080
<b>г</b>	1195	1053	0934	1283	1769	2439	2361
	1275	1092				2017	2479
<b>в</b>	0782	0601	0649		0567	0590	1048
<b>б</b>	1380	1396	1367	0776	0821	1490	1589
<b>а</b>	2280	2048	2667	2077	1690	1900	1840
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.3 – Вариант 3

<b>д</b>	0870	0771	0906	0947	0711	0360	0310
<b>г</b>	1168	1086	1650	1692	1548	1040	0980
	1405	1300				1215	1571
<b>в</b>	1207	1105	1182		1064	0837	1192
<b>б</b>	1525	1384	1515	1365	1250	1500	1268
<b>а</b>	1410	1284	1423	1275	1266	1280	1210
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.4 – Вариант 4

<b>д</b>	1508	1135	1163	1502	1589	1668	1680
<b>г</b>	1205	1063	0944	1279	1369	2039	1961
	1285	1102				1617	2089
<b>в</b>	1172	0991	0639		0557	0563	1038
<b>б</b>	1370	1386	1357	0770	0811	1480	1579
<b>а</b>	2270	2038	2057	1467	1680	1890	1830
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.5 – Вариант 5

<b>д</b>	1916	1695	1712	2034	1767	1575	1327
<b>г</b>	1806	1556	1305	1625	1374	1167	1215
	1007	1085				1375	1543
<b>в</b>	1201	1280	1138		0852	1000	1169
<b>б</b>	1338	1016	1078	0827	1009	1201	1429
<b>а</b>	1218	1151	1408	1158	1473	1521	1482
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.6 – Вариант 6

<b>д</b>	2452	1785	0650	1002	1791	1413	1443
<b>г</b>	2698	2611	2421	2775	2626	2121	1962
	1913	2786				2360	1601
<b>в</b>	1943	2814	2739		2471	1885	1125
<b>б</b>	1669	2170	2371	2220	2664	2471	2235
<b>а</b>	1621	1723	1801	1651	2684	2415	2278
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.7 – Вариант 7

<b>д</b>	1216	2006	1126	1432	2218	2282	2740
<b>г</b>	1164	1014	1516	1820	1296	2536	2169
	1435	1812				1636	1769
<b>в</b>	1231	1610	1517		1252	1551	1682
<b>б</b>	1333	1737	1306	1724	1549	1629	2285
<b>а</b>	1215	1125	1344	1763	1435	1525	2022
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.8 – Вариант 8

<b>д</b>	2936	2586	1406	2564	1565	0650	0588
<b>г</b>	2151	1706	0056	1208	0651	0976	1346
	1504	0556				1334	1813
<b>в</b>	1603	0657	1318		0697	1024	1504
<b>б</b>	1553	1908	0307	1054	1229	0967	0636
<b>а</b>	2043	2810	1306	2054	1796	1190	0901
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>



Таблица А.9 – Вариант 9

<b>д</b>	1425	1105	1400	1579	1434	1606	1889
<b>г</b>	1770	1325	1129	1304	1122	0945	1413
	1453	1773				1175	1295
<b>в</b>	1573	1891	1512		0873	1392	1515
<b>б</b>	1363	0664	0393	0673	0583	0415	1382
<b>а</b>	1062	1532	1440	1723	1513	1433	2015
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.10 – Вариант 10

<b>д</b>	0735	0927	1227	1133	0907	1407	1492
<b>г</b>	0895	1137	1262	1166	0898	1125	1563
	1062	1392				1268	1684
<b>в</b>	0960	1292	1406		1255	1362	1780
<b>б</b>	0873	1323	1392	1492	1525	1915	2062
<b>а</b>	0891	1204	1473	1573	1510	1668	2057
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.11 – Вариант 11

<b>д</b>	0512	1159	2000	0550	1091	1761	2259
<b>г</b>	1712	1811	2379	0928	1567	2075	2241
	2813	2709				2260	2464
<b>в</b>	1000	0897	1367		0894	1096	1301
<b>б</b>	1896	1796	1597	0793	1145	1347	1545
<b>а</b>	2495	2296	1892	1089	1490	1639	1931
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.12 – Вариант 12

<b>д</b>	1032	1420	1816	0509	0916	1498	2041
<b>г</b>	1054	1425	1837	0525	0863	1315	1749
	1019	1371				1187	1421
<b>в</b>	1001	1352	1821		1005	1332	1567
<b>б</b>	1189	1496	2176	1031	1203	1432	1784
<b>а</b>	1386	1621	1809	0664	1000	1520	1567
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.13 – Вариант 13

<b>д</b>	1452	1602	1802	0598	0899	1231	1652
<b>г</b>	1772	1792	1832	0626	1108	1292	1808
	2042	1082				1375	1682
<b>в</b>	1582	0622	1132		1302	1714	2022
<b>б</b>	1242	1300	1552	1152	1702	1862	2262
<b>а</b>	1372	1512	2252	1852	2012	2382	2572
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Таблица А.14 – Вариант 14

<b>д</b>	0064	1332	1494	0878	0995	1306	1447
<b>г</b>	1054	1514	1880	1263	1378	1442	1756
	1273	1570				1651	1872
<b>в</b>	0644	0942	1618		1451	1470	1690
<b>б</b>	0864	1232	1652	1480	1604	1926	2033
<b>а</b>	1073	1422	1823	1650	1956	2220	2342
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	50.000	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Подготовка схемы нивелирования .....	3
Расчёт высот точек вершин квадратов .....	5
Составление топографического плана участка строительной площадки для создаваемого объекта недвижимости .....	9
Оформление топографического плана строительной площадки объекта недвижимости .....	13
Вертикальная планировка под горизонтальную площадку .....	14
Составление картограммы земляных работ .....	16
Оформление картограммы земляных работ .....	20
Вычисление объёма земляных работ .....	21
Контрольные вопросы .....	25
Библиографический список .....	26
Приложение А. Исходные данные на полевой схеме нивелирования .....	28

# **ГЕОДЕЗИЯ**

## **НИВЕЛИРОВАНИЕ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ**

*Методические указания  
к выполнению расчётно-графической работы*

**ШУМАЕВ КОНСТАНТИН НИКОЛАЕВИЧ  
САФОНОВ АЛЕКСАНДР ЯКОВЛЕВИЧ  
ГОРБУНОВА ЮЛИЯ ВИКТОРОВНА**

*Электронное издание*

*Редактор  
О.Ю. Потапова*

Подписано в свет 14.02.2017. Регистрационный номер 293  
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117  
e-mail: rio@kgau.ru