



Г.В. Анчугова
С.С. Зубова

**ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ.
НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ**

Екатеринбург
2016

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра лесной таксации и лесоустройства

Г.В. Анчугова
С.С. Зубова

**ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ.
НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ**

Учебно-методическое пособие
для выполнения расчетно-графической работы № 4
обучающимися по направлению 35.03.10 «Ландшафтная архитектура»
всех форм обучения

Екатеринбург
2016

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.
Протокол № 1 от 16 октября 2015 г.

Рецензент – канд. с.-х. наук, доцент каф. землеустройства и кадастров
П.А. Коковин

Редактор Е.Л. Михайлова
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упорова

Подписано в печать 20.06.15		Поз. 40
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,93	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Задание.....	4
1. Общие сведения о геодезических изысканиях.....	5
2. Обработка результатов полевых измерений нивелирования поверхности по квадратам.....	5
2.1. Вычисление и уравнивание превышений, постраничный контроль	6
2.2. Вычисление высот точек земной поверхности.....	8
3. Составление проекта вертикальной планировки.....	9
3.1. Составление топографического плана участка местности.....	9
3.2. Составление картограммы земляных работ.....	11
3.3. Расчет объема земляных работ.....	13
4. Оформление работы.....	14
Рекомендуемая литература.....	15

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для обучающихся по направлению 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» для выполнения расчетно-графической работы «Вертикальная планировка горизонтальной площадки. Нивелирование поверхности по квадратам». В нем даются рекомендации, позволяющие построить топографический план участка местности в горизонталях и спроектировать горизонтальную площадку по имеющимся результатам нивелирования участка местности при условиях минимума земляных работ и баланса земляных масс.

ЗАДАНИЕ

1. Обработать результаты полевых измерений нивелирования поверхности по квадратам.

2. Составить на листе ватмана топографический план участка местности.

3. Составить на листе ватмана картограмму земляных работ.

4. Рассчитать объемы земляных работ.

5. Оформить работу.

Каждому обучающемуся выдается полевой журнал-схема нивелирования участка местности (рис. 1), который представляет собой сетку квадратов со сторонами 10, 20 или 40 м в зависимости от варианта. В нем приведены результаты технического нивелирования поверхности участка предназначенного для вертикальной планировки. У вершин квадратов выписаны отсчёты по рейкам (по чёрной и красной сторонам). Задана высотная отметка начального (конечного) репера (Rp I).

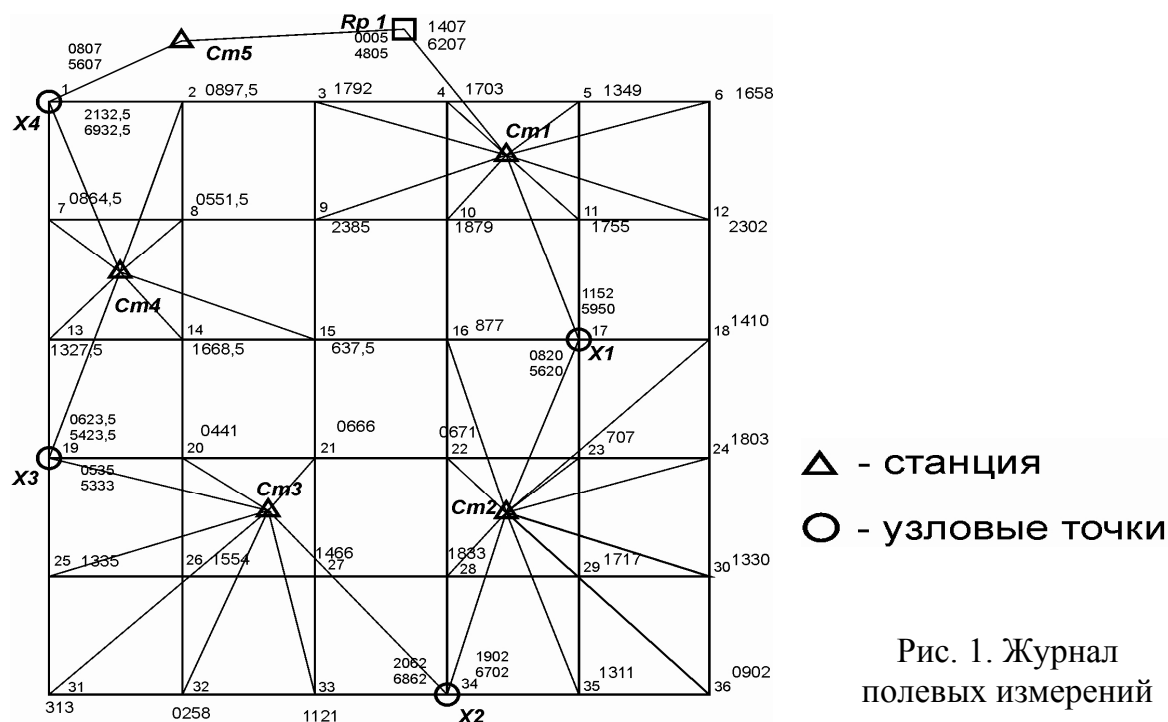


Рис. 1. Журнал полевых измерений

Нивелирование всех точек производилось с пяти станций, причём каждые две смежные станции имеют общие связующие точки. У связующих точек, которые образуют опорный ход, подписаны по две пары отсчётов (с предыдущей и последующей станций). Остальные точки – промежуточные.

Работа оформляется в виде отчета, на титульном листе которого проставляются номер варианта, группа, фамилия и инициалы студента.

Порядок камеральной обработки результатов нивелирования площади рассмотрен на примере результатов полевых измерений нивелирования поверхности по 25 квадратам (см. рис. 1).

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Геометрическое нивелирование основано на горизонтальном луче визирования, создаваемом нивелиром с помощью цилиндрического уровня. Смысл нивелирования заключается в определении превышения между нивелируемыми точками и вычислении по превышениям отметок всех точек нивелирования по известной отметке исходной точки.

Нивелирование поверхности целесообразно выполнять на участках, где предполагается проведение работ по вертикальной планировке и благоустройству территории. Например, при ландшафтном проектировании садово-парковой зоны, а также территорий, окружающих памятники архитектуры.

Съемку поверхности по квадратам проводят на небольших участках местности с равнинным рельефом (луговых, заболоченных, степных).

Суть этого метода состоит в том, что на местности сначала разбивают сеть квадратов и ведут одновременно съемку подробностей местности. Размеры квадратов в зависимости от характера рельефа, цели съёмки и масштаба колеблются от 10 до 200 м. Затем производят геометрическое нивелирование точек, расположенных по вершинам углов квадратов.

Для нивелирования составляют схему квадратов. Записи ведут непосредственно на схеме. Если стороны квадратов небольшие, нивелирование всех точек сети квадратов выполняют с одной станции нивелира, устанавливаемого посередине участка. Выполняют привязку к существующему реперу. Контроль отсчётов производят по двусторонним рейкам.

2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НИВЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ

Обработка полевых измерений заключается в уравнивании нивелирного хода и вычислении отметок всех вершин квадратов. Уравнивание замкнутого нивелирного хода, вычисление отметок связующих точек и

горизонтов инструментов (ГИ) на станциях выполняют в журнале технического нивелирования установленной формы (табл. 1). Для этого из журнала полевых измерений (см. рис. 1) технического нивелирования в графу 1 записывают номера станций, в графу 2 – номера «связующих» точек. В графы 3, 4 заносят отсчеты по передней и задней рейкам по черной и красной сторонам, в графу 5 – отсчеты по передней и задней рейкам только по черной стороне.

2.1. Вычисление и уравнивание превышений, постраничный контроль

Превышение между связующими точками по черной и красной сторонам рейки вычисляют по формуле

$$h_{\text{выч}} = a - b, \quad (2.1)$$

где $h_{\text{выч}}$ – превышение вычисленное,
 a – отсчет по рейке задний,
 b – отсчет по рейке передний.

Превышение со своим знаком записывают в графу 6 журнала напротив отсчетов по передней рейке. Расхождения в дважды вычисленных превышениях в техническом нивелировании не должны быть больше 5 мм.

При выполнении этого требования определяют среднее значение из превышений по красной и черной сторонам реек и его записывают в графу 7. В том случае, когда при вычислении среднего превышения получают дробное значение (0,5 мм), то его округляют до ближайшего четного. Например: 2713 и 2712, среднее значение 2712,5, округленное значение 2712.

После вычисления всех превышений производят постраничный контроль. На каждой странице журнала отдельно складывают все задние отсчеты (графа 3), передние отсчеты (графа 4), превышения вычисленные (графа 6) и средние (графа 7). При этом обязательно учитывают знак превышения. Результаты суммирования записывают в конце соответствующей графы.

Разность сумм граф 3 и 4 в итоге даст сумму вычисленного превышения (графа 6). На каждую связующую точку берут по два отсчета (один по черной стороне рейке, другой по красной), поэтому разность сумм по графам 3 и 4 даст двойное среднее превышение между связующими точками на данной странице журнала технического нивелирования (графа 7).

Для уравнивания вычисленных средних превышений складывают постраничные суммы средних превышений на протяжении всего нивелирного хода ($\sum h_{\text{ср}}$). Теоретически сумма средних превышений замкнутого нивелирного хода равна нулю. Невязка (F_H) определяется как

$$F_H = \sum h_{\text{ср}}. \quad (2.2)$$

Журнал технического нивелирования

№№ стан-ции	№№ пикет-тов	Отсчеты по рейке, мм			Превышения			Поправка к ср. превышениям, мм	Горизонт инструмента, ГИ, м	Высота пикетов, Н, м	При-мечание
		считанные			вычис-ленные $h_{выч}$	средние $h_{ср}$	исправ-ленные $h_{испр}$				
		задние a	перед-ние b	проме-жуточные c							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Rp 10	1407							196,507	195,100	
		6207									
	5			1349						195,158	
	6			1658						194,849	
	12			2302						194,205	
	11			1755						194,752	
	10			1879						194,628	
	9			2375						194,132	
	3			1792						194,715	
	4			1703						194,804	
	СТ1 (17)		1152		255	256				195,356	
			5950		257						
		Σ 7614	Σ 3551		Σ 512	Σ 256					

Допустимая высотная невязка нивелирного хода составит:

$$F_{H \text{ доп}} = 10 \sqrt{n}, \quad (2.3)$$

где n – число станций.

Если фактическая невязка $F_H \leq F_{H \text{ доп}}$, то она распределяется на все средние превышения поровну с обратным знаком. Полученные в результате этого исправленные превышения заносят в графу 8. Значение поправок проставляется в графе 9. При этом сумма поправок должна равняться фактической невязке хода с обратным знаком.

2.2. Вычисление высот точек земной поверхности

Отметки (высоты) связующих точек на станциях определяются по исправленным превышениям:

$$H_{\text{пер}} = H_{\text{задн}} + h_{\text{испр}}, \quad (2.4)$$

где $H_{\text{пер}}$ – высота передней точки;

$H_{\text{задн}}$ – высота задней точки;

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

Исходной является высота репера ($H_{\text{Рр1}}$): $H_{17} = H_{\text{Рр1}} + h_{\text{испр}}$ и т.д.

У вершин квадратов подписаны отсчёты только по чёрной стороне рейки (в миллиметрах). Расчёт высот этих точек выполняется по горизонту инструмента (ГИ). Горизонт инструмента рассчитывается по известным задней ($H_{\text{задн}}$) и передней ($H_{\text{передн}}$) высотам точек геодезического обоснования:

$$\text{ГИ } 2 = H_{\text{задн}} + a \approx H_{\text{передн}} + b, \quad (2.5)$$

где a и b – отсчеты по черной стороне рейки на задней и передней точках соответственно.

Расхождение в значениях горизонта инструмента, рассчитанных через заднюю и переднюю точки, не должно превышать 5 мм. При выполнении этого условия определяется среднее значение ГИ, которое записывается в графу 10 (см. табл. 1) в строку, соответствующую задней точке.

Отметки промежуточных точек определяются из выражения

$$H_{\text{пром}} = \text{ГИ}_{\text{ст}} - c, \quad (2.6)$$

где $H_{\text{пром}}$ – отметка промежуточной точки;

c – отсчет по рейке на промежуточной точке.

Следует отметить, что контроля правильности вычисления промежуточных точек нет, поэтому при их вычислении необходимо быть особо внимательным.

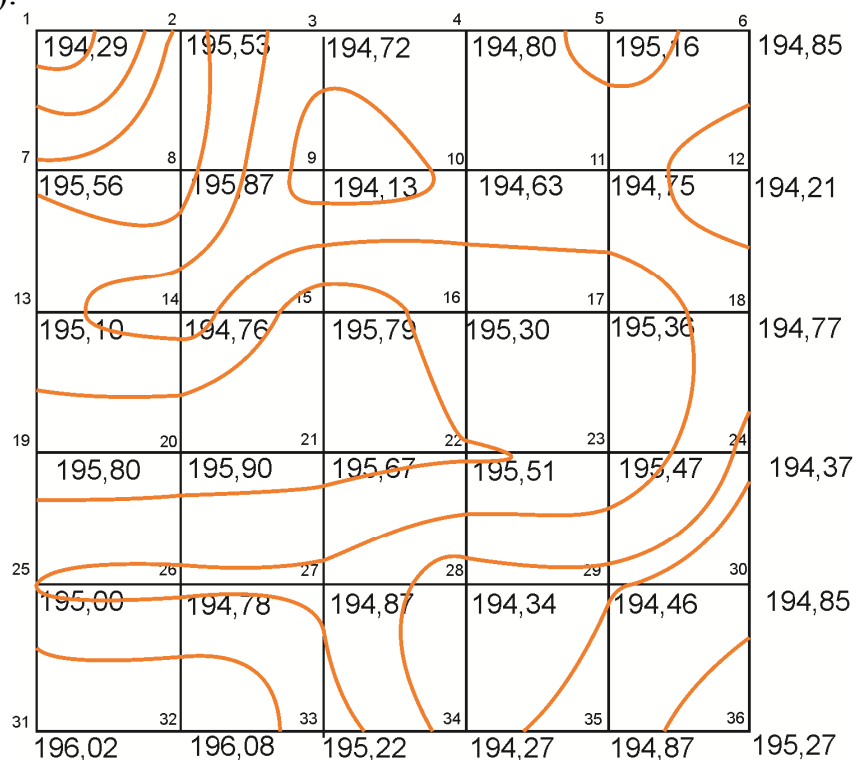
3. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ

Вертикальная планировка – это преобразование естественного рельефа с целью обеспечения эксплуатационных и эстетических требований объекта.

3.1. Составление топографического плана участка местности

Процесс составления плана по результатам нивелирования поверхности по квадратам аналогичен построению топографического плана по материалам тахеометрической съёмки.

После вычисления отметок вершин квадратов на листе формата А4 в пределах проектируемой площадки строят сетку квадратов в масштабе 1:200. Затем выписывают около вершин каждого квадрата отметки точек с округлением до 0,01 м. Числовое значение отметки располагают с правой стороны и снизу от соответствующей вершины квадрата. Горизонтالي строят методом аналитической или графической интерполяции, высоту сечения рельефа принимают равной 0,5 м. Сетку квадратов и отметки вычерчивают чёрной тушью, а горизонтали коричневой (толщиной 0,1 мм), каждая пятая горизонталь (утолщённая) – 0,25 мм. Отметки утолщённых горизонталей подписывают в разрывах горизонталей коричневым цветом, причём верх цифры должен быть обращён в сторону повышения ската местности (рис. 2).



М 1:200

Рис. 2. Пример оформления топографического плана

Метод построения горизонталей аналитической интерполяции заключается в следующем. Выберем на плане две вершины квадрата (A_1 и A_2), принадлежащих одному скату и имеющих отметки, например, 194,38 и 195,12. Нужно провести интерполяцию для построения горизонталей при высоте сечения, равной 0,5 м. Это значит, что искомые горизонталы должны иметь отметки, выраженные числами, через каждые 0,5 м, заключённые между отметками 194,38 и 195,12. Следовательно, между заданными точками A_1 и A_2 нужно найти точки, через которые пройдут горизонталы, имеющие отметки 194,50 и 195,00 м.

Для того чтобы достигнуть точки с отметкой 195,00, нужно от точки A_1 (рис. 3) пройти такое наклонное расстояние по прямой A_1-A_2 , проекция которого d_1 соответствует изменению высоты на $h_1 = 195,12 - 195,00 = 0,12$ м.

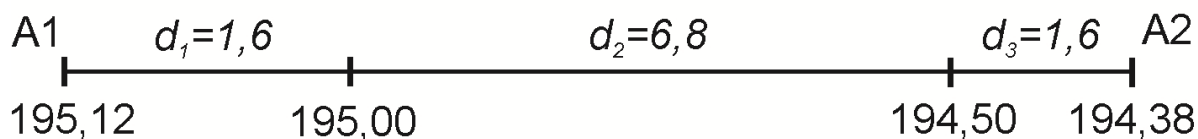


Рис. 3. Построение проекций точек для нанесения горизонталей

Величину d_1 вычисляем по формуле

$$d_1 = h_1 / i, \quad (3.1)$$

где i – уклон линии A_1A_2 , который определяют как отношение h к d .

Расстояние d от точки A_1 до точки A_2 равно 10 м (сторона квадрата). Превышение h точки A_1 над точкой A_2 вычисляют как разность отметок этих точек: $h = 195,12 - 194,38 = 0,74$ м. Тогда $i = 0,74 / 10 = 0,074$, а $d_1 = h_1 / i = 0,12 / 0,074 = 1,6$ м. Если на линии A_1-A_2 от точки A_1 в масштабе плана отложить отрезок $d_1 = 1,6$ м, то будет найдена проекция точки с отметкой 195,00 м. Чтобы достигнуть следующей искомой точки, имеющей отметку 194,50 м, т.е. отличающейся от предыдущей на высоту сечения рельефа, нужно от полученной точки пройти дальше по наклонной линии A_1-A_2 такое расстояние, проекция которого d_2 соответствует изменению отметки на 0,5 м: $d_2 = h_2 / i = 0,5 / 0,074 = 6,8$ м.

Отложив от точки с отметкой 195,00 отрезок $d_2 = 6,8$ м, выраженный в масштабе плана, находят проекцию точки с отметкой 194,50 м.

По аналогичной методике определяются точки, через которые пройдут горизонталы и для остальных сторон квадратов.

Графическая интерполяция основана на свойстве пучка параллельных линий делить пересекаемую прямую на части, пропорциональные промежуткам между этими линиями. Такой график называется палеткой. Изготавливается он на кальке в виде параллельных равноотстоящих линий, имеющих подписи соответственно принятой высоте сечения рельефа.

График накладывается на план, затем его поворачивают так, чтобы концы интерполируемой линии расположились между линиями графика соответственно своим отметкам. Места пересечения линий графика с прямой A_1-A_2 , видимой сквозь кальку, надо наколоть иглой. Таким образом, на прямой A_1-A_2 будут получены проекции точек с отметками 195,00 и 194,50 м.

Выполнив интерполяцию тем или иным способом, проводят горизонтали, для чего точки с одинаковой высотой, расположенные на сторонах квадратов, соединяют плавными кривыми.

Если противоположные стороны того или иного квадрата имеют уклоны разного знака, о чём судят по отметкам вершин, то обязательно указывается диагональ интерполирования, которая определит вид горизонталей. В нашем примере диагональ не нужна, так как уклоны противоположных сторон квадратов имеют одинаковые знаки.

3.2. Составление картограммы земляных работ

Основным документом вертикальной планировки площадки является картограмма земляных работ. Для ее подготовки на листе бумаги, соответствующем размерам площадки, строится сетка квадратов, аналогичная сетке на плане или сетке нивелирования по квадратам, и в нее вписываются все фактические отметки вершин квадратов.

Проектная отметка с учетом баланса земляных работ вычисляется по следующей формуле:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (3.2)$$

где H_1 – отметки вершин квадратов, принадлежащих только одному квадрату, на рис. 2 это следующие вершины: 1, 6, 31, 36;

H_2 – отметки вершин квадратов, принадлежащих двум квадратам, это вершины 2, 3, 4, 5, 7, 12, 13, 18, 19, 24; 25, 25, 30, 32, 33, 34, 35;

H_3 – отметки вершин квадратов, принадлежащих трем квадратам (в данном примере их нет);

H_4 – отметки вершин квадратов, принадлежащих четырем квадратам (8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29);

n – число квадратов.

На картограмме земляных работ полученная проектная планировочная отметка H_0 записывается выше фактической отметки (рис. 4).

№ вершины	Проектная отметка
Рабочая отметка	Фактическая отметка

Рис. 4. Оцифровка вершин квадратов

Разность проектной H_0 и фактической H_i отметок дает рабочую отметку h_i , которая является числовым значением, показывающим величину насыпи или выемки:

$$h_i = H_0 - H_i, \quad (3.3)$$

где H_0 – проектная планировочная отметка,
 H_i – фактическая отметка.

Положительные рабочие отметки получают на участках, где необходимо выполнить насыпь земли, а отрицательные – выемку земли.

На тех сторонах квадратов, где рабочие отметки имеют разные знаки, находят положение точек нулевых работ (их рабочие отметки равны нулю). Его определяют расстоянием x до ближайшей вершины квадрата (рис. 5):

$$x = \frac{l}{|h_1| + |h_2|} |h_1|, \quad (3.4)$$

где l – размер стороны квадрата;

h_1, h_2 – рабочие отметки вершин квадрата, к которому принадлежит данная точка.

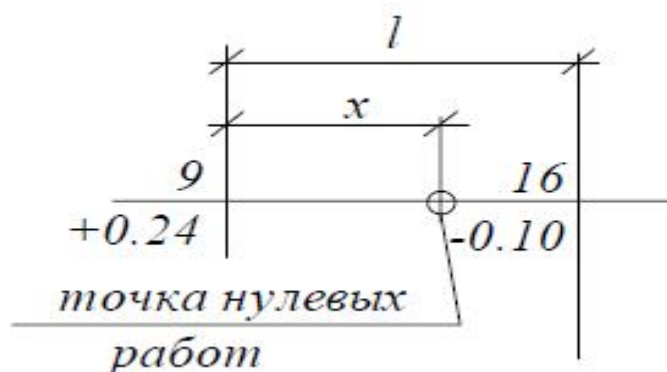


Рис. 5. Точка нулевых работ

Например, при $l = 40$ м, $h_1 = 0,24$ м, $h_2 = -0,10$ м получим $x_1 = 28,24$ м, $x_2 = 11,76$ м.

Контроль: $l = x_1 + x_2 = 28,24 + 11,76 = 40$ м.

Вычисленные расстояния записывают на картограмме земляных работ карандашом с округлением до 0,1 м.

Соединив точки нулевых работ, получают линию нулевых работ (проектные горизонтали с отметкой ноль). Эта линия вычерчивается красным цветом. Таким образом, проектируемая площадка будет разделена на две части: зону выемки и зону насыпи.

Далее на картограмме обозначают фигуры, являющиеся основанием земляных призм. Основанием призм могут быть «полные» квадраты, вершины которых имеют рабочие отметки с одним знаком, и «переходные», по которым проходит линия нулевых работ. «Переходные» квадраты разбивают на треугольники, затем все фигуры нумеруют слева направо и сверху вниз арабскими цифрами (рис. 6).

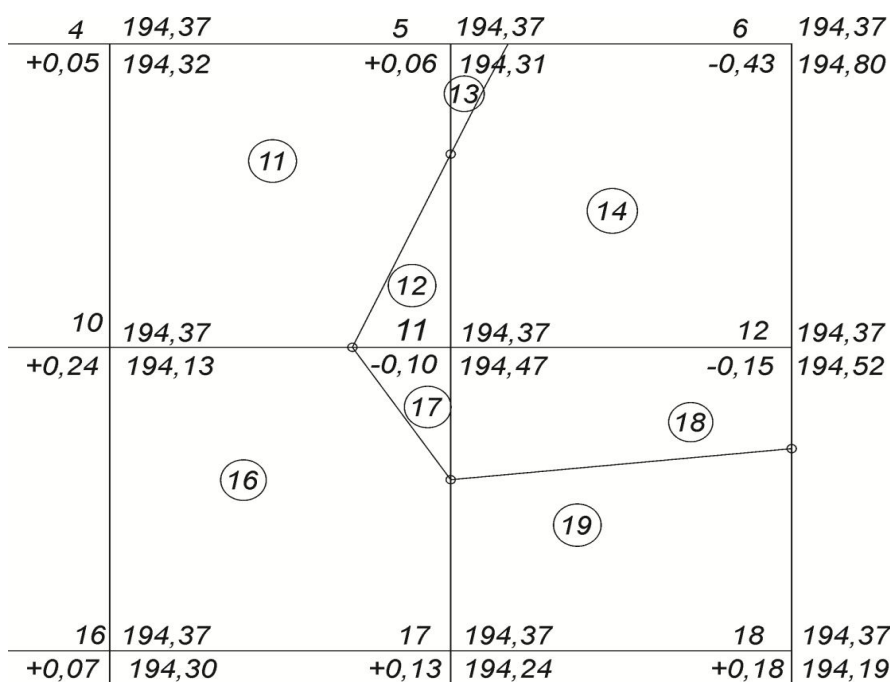


Рис. 6. Расчет объемов земляных работ

При оформлении картограммы земляных работ участки насыпи на картограмме штрихуют или окрашивают красным цветом, все остальные построения и надписи выполняют чёрным цветом.

3.3. Расчет объема земляных работ

Объемы земляных работ определяют в каждом квадрате отдельно для вынимаемого и насыпаемого грунта. Объёмы земляных призм, составляющих «переходные» квадраты, вычисляют как произведение площади основания призмы (фигуры на картограмме) и средней рабочей отметки. Площадь треугольника равна полусумме произведения основания и высоты. Среднюю рабочую отметку ($h_{\text{сред}}$) вычисляют по формуле

$$h_{\text{сред}} = \frac{\sum h_p}{3}, \quad (3.5)$$

где $\sum h_p$ – сумма рабочих отметок в вершинах фигуры на картограмме.

Площадь «полных» квадратов S_k равна:

$$S_k = a^2, \quad (3.6)$$

где a – сторона квадрата (в нашем примере $a = 40$ м).

Практическая суммарная площадь всех треугольников, составляющих «переходные» квадраты, из-за погрешностей определения длин линий по плану не совпадает с теоретической.

Невязку в площадях f_s вычисляют как разность практической ($\sum S_{\text{пр}}$) и теоретической ($\sum S_{\text{т}}$) суммы площади треугольников.

Распределение невязки выполняют с обратным знаком в площади треугольников пропорционально их площадям. Результаты вычислений записывают в табл. 2.

Далее подсчитывают объемы треугольных призм и «полных квадратов»:

$$V = S_{испр} h_{сред}. \quad (3.7)$$

Результаты вычислений записывают в графы 5, 6 табл. 2.

Таблица 2

Ведомость объемов земляных работ

№ площадей участков	Уравненные площади	Средние рабочие отметки		Объемы земляных работ	
		Насыпь +	Выемка -	Насыпь +	Выемка -
1	663,2	+0,06		+51,8	-
2	443,3	+0,15		+66,5	
3	343,5		-0,24		-82,4
4	200,8		-0,20		-40,2
	Σ			Σ	Σ

По причинам погрешности в определении проектной отметки, спрямлении линии нулевых работ, графических погрешностей при вычислении объемов земляных работ возникает невязка, равная:

$$\Delta V = \Sigma V_T - \Sigma V_{np}, \quad (3.8)$$

где ΣV_{np} – практическая сумма положительных и отрицательных объемов;
 $\Sigma V_T = 0$ – теоретическая сумма.

Если невязка не превышает 5 % (при слабых грунтах) общего объема земляных работ, то эту невязку необходимо распределить с обратным знаком пропорционально вычисленным объемам.

Суммарные значения V_n и V_v не должны отличаться более чем на 5 %.

Значения объёмов, округлённые до м³, выписывают на картограмме в пределах соответствующих фигур.

4. ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

Отчёт расчетно-графической работы должен содержать следующие документы:

- расчётно-пояснительную записку;
- журнал-схему геометрического нивелирования;
- журнал технического нивелирования;
- топографический план участка местности в горизонталях;
- картограмму земляных работ;
- ведомость вычислений объёмов земляных работ.

Все вышеперечисленные документы студенты выполняют на листах формата А4.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов, Б.К. Геометрическое нивелирование [Текст]: метод. указ. к лабораторной работе / Б.К. Абрамов, Н.Е. Костомаров. – Екатеринбург: УЛТИ, 1993.
2. Ганьшин, В.Н. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых [Текст] / В.Н. Ганьшин, Л.С. Хренов. – М.: Недра, 1985.
3. Зеленин, Г.В. Нивелирование поверхности по квадратам [Текст]: метод. указ. / Г.В. Зеленин, Н.М. Снятков. – Тамбов: ТГТУ, 2011. – 16 с.
4. Костомарова, Н.Е. Геометрическое нивелирование трассы [Текст]: метод. указ. по учебной геодезической практике / Н.Е. Костомарова, Б.К. Абрамов. – Екатеринбург, УЛТИ, 1993.
5. Михелев, Д.Ш. Инженерная геодезия [Текст]: учебник / Д.Ш. Михелев. – М.: Изд. центр «Академия», 2004.
6. Норкин, С.П. Инженерная геодезия [Текст]: учеб. пособие / С.П. Норкин, О.Ф. Кузнецов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003 – 111 с.
7. Пособие по инженерной геодезии для подготовки к государственному экзамену [Электронный ресурс]: компьютерный учебно-методический комплекс по инженерной геодезии / ХГТУСА. – Харьков, 2001.
8. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 [Текст] / Главное управление геодезии и картография при Совете Министров СССР. – М.: Недра, 1989. – 286 с: ил.
9. Фельдман, В.Д. Основы инженерной геодезии [Текст]: учебник / В.Д. Фельдман, Д.Ш. Михелев. – М.: Высш. шк., 2001.