



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Высшая геодезия и фотограмметрия»

Практикум

по дисциплине
«Геодезия»

«Нивелирование поверхности и проектирование вертикальной планировки участка местности»

Авторы
Клавдиенко Н.В.,
Мирошниченко Д.А.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания и задания к расчетно – графической работе «Нивелирование поверхности и проектирование вертикальной планировки участка местности» по дисциплине «Геодезия» для обучающихся по направлениям «Кадастры» и «Строительство». – Ростов-на-Дону: Дон. Гос. техн. ун – т, 2017. - с. 35

Содержат основные теоретические положения, исходные данные, варианты заданий и рекомендации по выполнению расчетно – графической работы.

Авторы

К.Т.Н., доцент
Клавдиенко Н.В.

К.Э.Н.
Мирошниченко Д.А.



Оглавление

1. Общие положения	4
1.1. Нивелирование поверхности.....	4
1.2. Создание съемочного обоснования.....	5
1.3. Нивелирование и определение отметок точек съемочного обоснования.....	7
1.4. Вертикальная планировка территорий.....	10
2. Методические указания к выполнению расчетно- графической работы	13
2.1. Исходные данные.....	13
2.2. Вычисление отметок вершин квадратов.....	15
2.3. Составление плана участка местности.....	19
2.4. Проектирование вертикальной планировки местности по результатам нивелирования поверхности по квадратам	20
Литература.....	32

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Нивелирование поверхности

Нивелирование поверхности является одним из видов топографических съемок, выполняемых для построения плана местности с изображением на нем ситуации и рельефа. Съемка выполняется для участков местности, как правило, незастроенных со слабо выраженным рельефом в тех случаях, когда разность высот точек земной поверхности незначительна и возникает необходимость в повышенной точности нивелирования. Такую точность определения превышений обеспечивает геометрическое нивелирование.

Нивелирование поверхности, как и другие топосъемки, выполняется по принципу от общего к частному, что означает первостепенное создание съемочного обоснования и последующее производство съемки рельефа.

В качестве съемочного обоснования при нивелировании поверхности для решения задач в сфере градостроительства, орошения территорий, сооружения аэродромов обычно используют совокупность точек земной поверхности, располагаемых в вершинах, и возможно на сторонах, сети квадратов, разбиваемых на местности.

В некоторых случаях точки съемочного обоснования располагают на магистралях, прокладываемых по характерным линиям рельефа - тальвегам и водоразделам, вдоль трассы будущего линейного сооружения и на поперечниках, разбиваемых перпендикулярно к направлению магистралей (рис. 1).

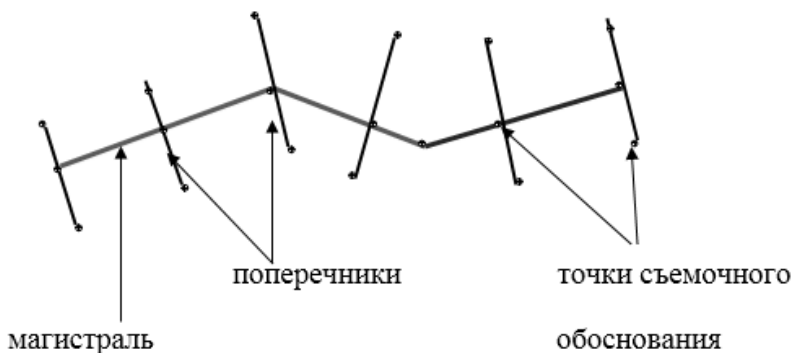


Рис. 1. Схема съемочного обоснования при нивелировании поверхности по магистралям

В случае нивелирования сравнительно больших участков земной поверхности точки съемочного обоснования располагают на сторонах полигонов, разбиваемых на территории нивелируемого участка местности, и на поперечниках к сторонам полигонов (рис. 2). Расстояния между точками съемочного обоснования в зависимости от масштаба съемки принимают равным 10 или 20 м.

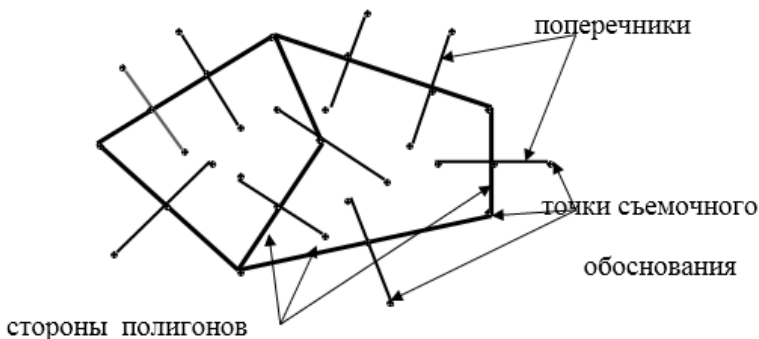


Рис. 2. Схема съемочного обоснования при нивелировании поверхности по полигонам

В практической деятельности наиболее часто используется способ нивелирования по квадратам.

1.2. Создание съемочного обоснования

Нивелирование поверхности выполняется в крупном масштабе - 1:500, 1:1000, 1:2000 или 1:5000 с высотой сечения рельефа 0,25 или 0,5м. В зависимости от масштаба съемки, характера рельефа местности и назначения топоплана при создании съемочного обоснования в виде совокупности квадратов вначале разбивают, так называемые, основные квадраты со стороной 100, 200 или 400м, а затем внутри этих фигур при необходимости размещают заполняющие квадраты со стороной 20 или 40м.

Для разбивки основных квадратов по границе участка местности теодолитом намечают створ (А-Г на рис. 3) и вдоль него землемерной лентой откладывают отрезки, длина которых равна выбранной длине стороны основных квадратов (вершины Б и В на рис.3). В точках А, Б, В и Г разбивают прямой угол и вдоль полученных направлений откладывают от-

резки такой же длины, что и по створу А-Г.

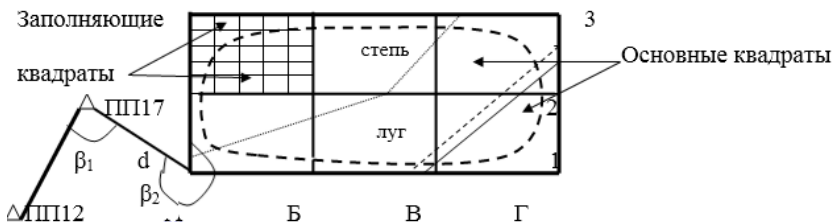


Рис. 3. Схема съемочного обоснования при нивелировании поверхности по квадратам

Для контроля точности разбивки основных квадратов измеряют длину замыкающей линии АЗ-ГЗ, которая не должна отличаться от длины отрезка А1-Г1 более чем на 1:2000. Далее с помощью теодолита и землемерной ленты внутри основных при необходимости разбивают заполняющие квадраты. Вершины основных квадратов закрепляют на местности деревянными, металлическими или бетонными столбами, а заполняющих – деревянными кольями. Полученная совокупность геометрических фигур является съемочным обоснованием.

Для определения прямоугольных координат вершин основных квадратов по внешнему контуру сетки квадратов прокладывают замкнутый теодолитный ход (А1-А2-А3-Б3-В3-Г3-Г2-Г1-В1-Б1-А1), который привязывают к пунктам государственной геодезической сети или сети сгущения (пункты полигонометрии ПП-12 и ПП-17 на рис.3). Выполняют необходимые угловые и линейные измерения в теодолитном ходе, измеряют элементы привязки хода (β_1 , β_2 , d на рис.3) и обработкой результатов измерений вычисляют координаты вершин квадратов, расположенных по внешнему контуру сетки квадратов. Далее прокладывают диагональный теодолитный ход А2-Б2-В2-Г2 и обработкой результатов выполненных в нем геодезических измерений определяют прямоугольные координаты вершин основных квадратов, расположенных внутри контура сетки квадратов.

При прокладке теодолитных ходов методом створов, линейных засечек и др. выполняют съемку ситуации с привязкой результатов измерений к вершинам и сторонам квадратов. Результаты съемки ситуации отображают на абрис-схеме сетки квадратов (рис. 3).

1.3. Нивелирование и определение отметок точек съемочного обоснования

В зависимости от масштаба съемки и размера квадратов нивелирование поверхности выполняется по разным схемам.

В случае разбивки только основных квадратов каждый квадрат нивелируется отдельно, отсчеты берут только по черной стороне рейки (рис. 4) и обработка результатов выполняется в следующем порядке.

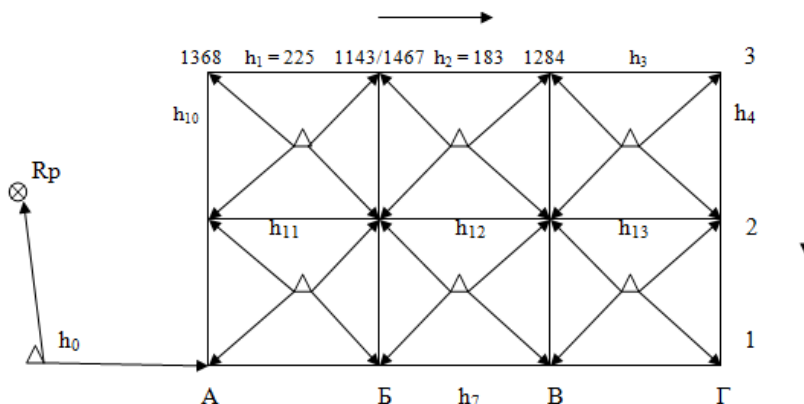


Рис. 4. Схема нивелирования вершин основных квадратов

Внешний контур сетки квадратов (А3-Б3-В3-.....А1-А2-А3) представляет собой замкнутый нивелирный ход, пунктами которого являются вершины квадратов. Для вычисления отметок вершин в системе абсолютных высот этот ход привязывают к пункту высотной государственной сети или сети сгущения. Вычисляют превышения между вершинами квадратов, как правило, в направлении по ходу часовой стрелки (напр., на рис. 4 $h_1 = 1368 - 1143 = 225$ мм, $h_2 = 1467 - 1284 = 183$ мм и т.д.). Выполняют уравнивание превышений хода и определяют отметки точек хода. При этом, высота вершины А1 равна $H_{A1} = H_{R_p} + h_0$, где H_{R_p} – отметка репера, а h_0 – превышение точки А1 над репером.

Вершины квадратов, расположенные внутри основного контура сетки, образуют разомкнутый нивелирный ход. Отметки начальной и конечной точек этого хода (А2 и Г2) определяются в процессе обработки нивелирного хода, проложенного по внешнему контуру сетки квадратов. Для опреде-

ления высот остальных вершин квадратов разомкнутого хода вычисляют превышения между точками хода (h_{11}, h_{12}, h_{13} на рис.4), уравнивают превышения и определяют отметки вершин квадратов.

После обработки всех нивелирных ходов, используя схему съемочного обоснования, вычерчивают план участка местности с изображением на нем ситуации и рельефа.

В том случае, когда вместе с основными квадратами разбивают и заполняющие, нивелирование точек съемочного обоснования выполняют с нескольких станций нивелира и при этом стремятся пронивелировать с каждой станции максимально возможное количество вершин квадратов.

Для обеспечения возможности передачи высот от одной станции нивелира к другой отдельные точки обоснования, называемые связующими, нивелируют по двум сторонам рейки с двух смежных станций (точки А2, Б5, Г3, Д2 на рис.5 и точки В4, Ж5, Ж2 на рис.6

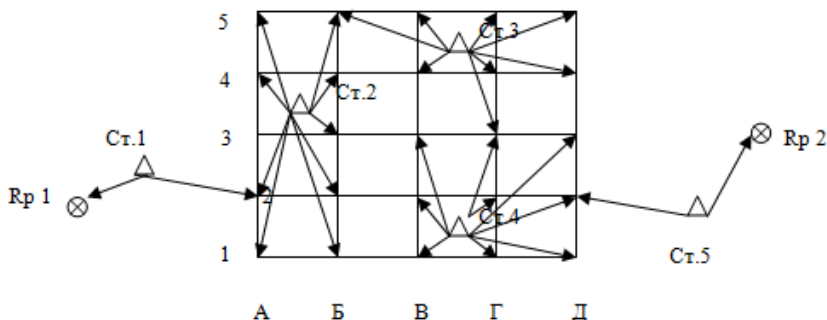


Рис. 5.Схема нивелирования поверхности (разомкнутый опорный ход)

Остальные вершины квадратов нивелируют только по черной стороне рейки. На схеме сетки квадратов линиями со стрелкой указывают, какие вершины пронивелированы с каждой станции прибора.

Геодезия

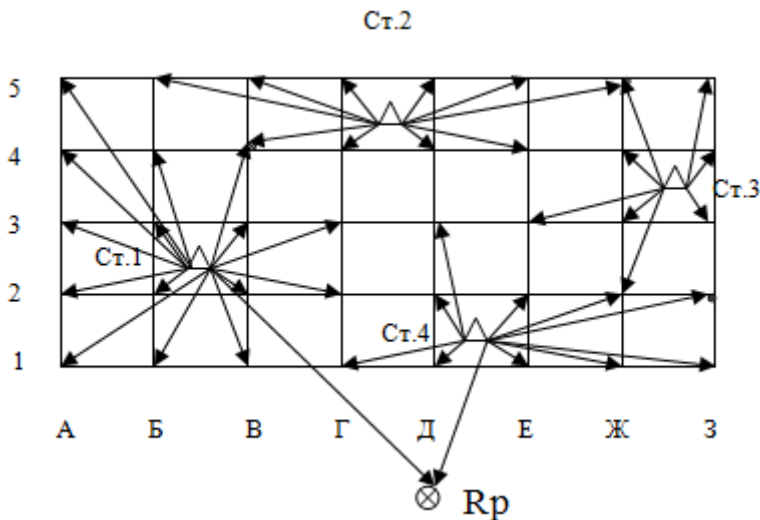


Рис. 6.Схема нивелирования поверхности (замкнутый опорный ход)

С целью определения отметок вершин квадратов в государственной системе высот и обеспечения возможности контроля результатов измерений в схему производства работ включают нивелирование реперов. При этом, совокупность реперов и связующих точек могут образовывать разомкнутый или замкнутый опорный нивелирный ход (рис. 7).

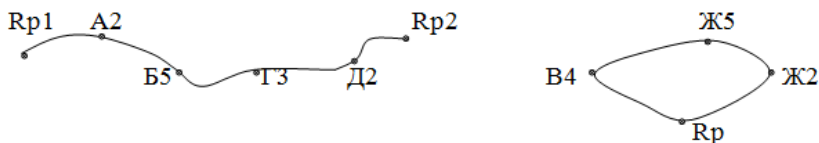


Рис. 7. Схемы разомкнутого и замкнутого опорных ходов
 Обработку результатов нивелирования поверхности для этих схем выполняют в следующем порядке. На первом этапе определяют превышения по опорному ходу. Уравнивают их и вычисляют отметки связующих точек опорного хода. На втором этапе определяют горизонт инструмента для всех станций прибора, с которых выполнено нивелирование точек съемочного обоснования, и затем вычисляют через горизонт инструмента отметки вершин квадратов.

В том случае, когда топосъемка выполняется на участке местности небольшого размера и на местности разбито лишь несколько квадратов со стороной 20 или 40м, нивелирование поверхности может быть выполнено с одной станции прибора (рис. 8).

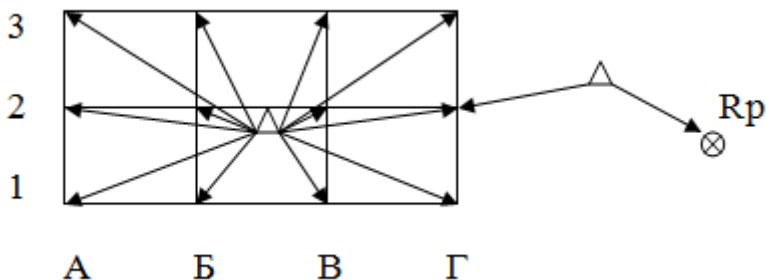


Рис. 8. Схема нивелирования поверхности с одной станции прибора

В этом случае высоты вершин квадратов вычисляются через превышения или горизонт инструмента после передачи отметки на одну из вершин (Г2 на рис. 8) от репера.

1.4. Вертикальная планировка территорий

Результаты нивелирования поверхности по квадратам, в основном, используются для разработки проектов вертикальной планировки территорий.

Вертикальная планировка территории это комплекс проектных и земляных работ по изменению существующего рельефа местности с целью:

- обеспечения беспрепятственного стока с территории поверхностных вод;
- создания комфортных условий для движения пешеходов и транспорта;
- формирования рельефа, позволяющего выполнять высотную привязку строительных объектов без нарушения условий обеспечения стока поверхностных вод от зданий и сооружений и требований к величине максимально допустимого перепада отметок по их углам, а также исключая возможность подтопления территории;
- придания рельефу и проектируемой застройке территории архитектурной выразительности.

Проектирование вертикальной планировки осуществляется в два этапа (стадии):

- разработка схемы вертикальной планировки;
- составление проекта вертикальной планировки.

На первой стадии проектирования рельефа застраиваемой территории принимаются принципиальные решения о форме проектного рельефа (односкатная, двух- или четырехскатная поверхность), направлениях стока поверхностных вод, величине уклонов и др. Проектный рельеф на схеме вертикальной планировки представляется совокупностью определенных опорных точек планируемой территории с назначенными проектными отметками. На схеме также указываются проектные уклоны и расстояния между этими точками.

При проектировании схемы вертикальной планировки для территории населенного пункта в качестве опорных точек принимаются:

- центры перекрестков улиц и дорог;
- пересечения улиц и дорог с тальвегами и водораздельными линиями, с осями существующих и проектируемых инженерных коммуникаций (водопровод, теплотрасса, электрический кабель и др.);
- дно котловин и других бессточных мест.

В проекте вертикальной планировки рельеф изображается проектными горизонталями или семейством продольных и поперечных профилей территории с нанесенной на них проектной поверхностью местности. Подобное изображение проектного рельефа более наглядно, чем на схеме вертикальной планировки, и позволяет повысить точность определения объемов земляных работ и эффективность работ по проектированию застройки территории. Так как проектный рельеф, как правило, представляет собой совокупность плоскостей, имеющих разные уклоны, проектные горизонталы имеют вид ломаных линий, состоящих из отрезков прямых линий.

Различают методы, схемы и системы проектирования вертикальной планировки территории. В практической деятельности при составлении схемы вертикальной планировки используют метод проектных отметок. Метод проектных профилей чаще всего применяют при разработке проектов планировки улиц и дорог. Проект вертикальной планировки территории кварталов, микрорайонов, промышленных зон составляют с использованием метода проектных горизонталей.

Геодезия

В проектах вертикальной планировки применяют террасную и бестеррасную схему формирования рельефа. Террасная схема целесообразна при проектировании рельефа участков местности, расположенных в гористой местности или на крутых косогорах. В этой схеме уклоны смежных плоскостей проектного рельефа могут отличаться в десятки раз. При бестеррасной схеме уклоны оформляющих плоскостей рельефа отличаются незначительно.

Сплошная система вертикальной планировки предусматривает изменение существующего рельефа местности на всей планируемой территории.

Эту систему используют при высокой плотности проектируемой застройки (не менее 25%) и отсутствии скальных грунтов.

При выборочной системе планировочные работы выполняются только на площадках, отводимых непосредственно для возведения зданий и сооружений.

Зональная система вертикальной планировки предусматривает сплошную или выборочную планировку некоторых участков застраиваемой территории с сохранением существующего рельефа участков, свободных от застройки.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

2.1. Исходные данные

В качестве исходных данных при выполнении РГР используются:

- абрис нивелирования местности по квадратам (рис. 9);
длина стороны квадрата равна 20м;

- отметка исходного репера H_{Rp} в метрах, вычисляемая в зависимости от номера N студента по журналу группы следующим образом: вариант 1- $H_{Rp} = 2,5 * N + 83,583$; вариант 2 - $H_{Rp} = 3,7 * N + 149,258$; вариант 3 - $H_{Rp} = N^2 + 71,249$; вариант 4 - $H_{Rp} = 1,5 N^2 + 56,789$; вариант 5 - $H_{Rp} = 4,8 * N + 234,567$.

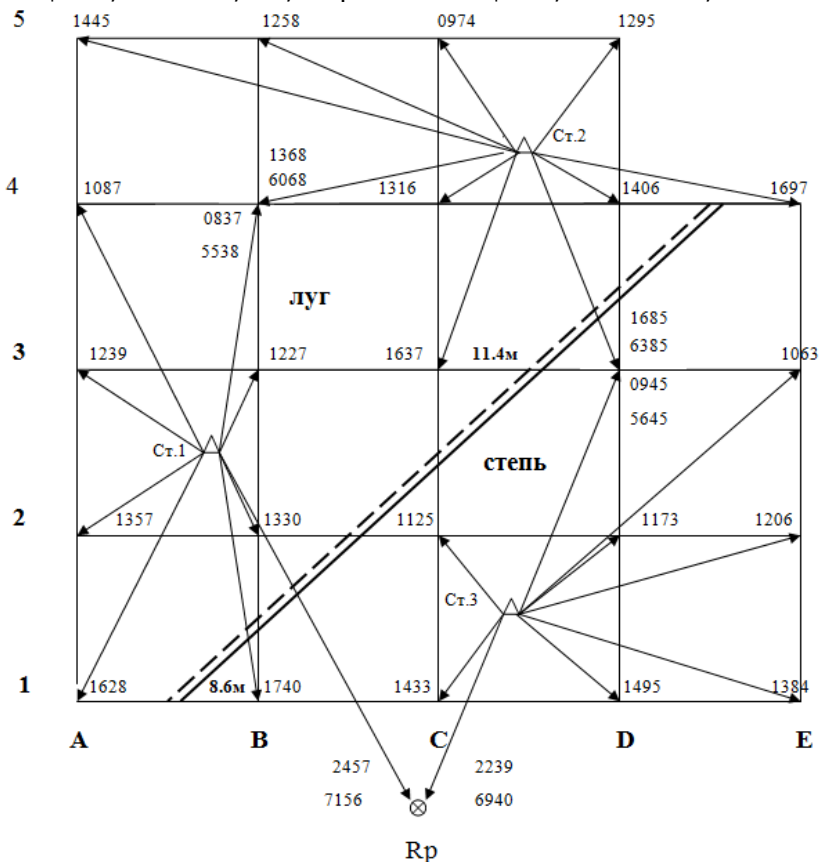


Рис. 9. Абрис нивелирования поверхности по квадратам

Номер варианта учебной группе задает преподаватель;
 - проектные уклоны наклонной площадки и двухскатной поверхности (табл.1).

Таблица 1

№ п/п	Наклонная площадка		Двухскатная поверхность	
	i_x	i_y	i_{c1-c5}	i_{c1-e1}
1	2	3	4	5
1	0.012	- 0.005	0.006	- 0.020
2	- 0.007	- 0.010	- 0.011	- 0.005
3	0.009	- 0.008	- 0.015	- 0.013
4	- 0.010	0.005	0.009	- 0.006
5	0.005	0.009	0.012	- 0.012
6	- 0.011	0.007	- 0.013	- 0.008
7	0.015	- 0.020	- 0.010	- 0.014
8	- 0.013	- 0.014	- 0.008	- 0.011
9	0.007	- 0.015	0.014	- 0.007
10	0.011	- 0.006	0.015	- 0.009
11	- 0.005	0.011	0.019	- 0.010
12	- 0.008	0.014	0.017	- 0.005
13	0.008	0.012	- 0.006	- 0.015
14	- 0.006	- 0.013	- 0.007	- 0.019
15	0.010	- 0.007	- 0.009	- 0.017
16	0.013	- 0.009	0.007	- 0.013
17	- 0.009	0.006	0.008	- 0.016
18	0.006	- 0.012	0.013	- 0.018

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
19	0.014	0.007	0.018	-- 0.008
20	-- 0.012	0.008	0.022	-- 0.006
21	0.016	0.010	-- 0.012	-- 0.009
22	0.020	0.013	-- 0.014	-- 0.007
23	-- 0.014	0.015	-- 0.017	-- 0.011
24	0.018	-- 0.016	0.021	-- 0.008
25	0.021	-- 0.005	0.024	-- 0.006
26	-- 0.015	-- 0.007	0.023	-- 0.005
27	0.022	-- 0.017	-- 0.015	-- 0.012
28	0.017	-- 0.010	-- 0.005	-- 0.010
29	-- 0.016	-- 0.018	0.011	-- 0.015
30	0.019	-- 0.011	0.020	-- 0.009

2.2. Вычисление отметок вершин квадратов

На первом этапе камеральных работ вычисляют и уравнивают превышения опорного нивелирного хода и затем определяют отметки связующих точек хода. Вычисления выполняются в журнале нивелирования (табл. 2), в который занесены отсчеты по рейкам, полученные в процессе нивелирования связующих точек. Начинать вычисления необходимо с определения разностей отсчетов по красной и черной стороне нивелирной рейки (называется разность нулей рейки или пяточная разность) отдельно для задней и передней точки на каждой станции прибора. Так, для станции 1 по

Таблица 2

Журнал нивелирования точек опорного хода

Геодезия

Номера станций нивелира	Номера нивелируемых точек	Отсчеты по рейкам, мм		Превышения, мм			ГИ, м	Отметки точек, м
		задний	передний	вычисленные	средние	исправленные		
1	Rp	2457 7156 <hr/> 4699		1620 1618	--2 1619	1617	143.540 <hr/> 143.537	141.083
	B 4		0837 5538 <hr/> 4701				143.538	142.700
2	B 4	1368 <hr/> 6068						142.700
	D 3		1685 <hr/> 6385					
3	D 3	0945 <hr/> 5645						
	Rp		2239 <hr/> 6940					

$$\begin{aligned}
 \Sigma Z &= & \Sigma П &= & \Sigma h_{\text{выч}} &= & \Sigma h_{\text{испр}} &= \\
 & & \Sigma Z - \Sigma П &= & f_h &= & f_h^{\text{доп}} &=
 \end{aligned}$$

результатам нивелирования задней точки (Rp) пяточная разность равна $d_3 = 7156 - 2457 = 4699$ мм. Разность нулей для передней точки (B 4) этой же станции составляет $d_n = 5538 - 0837 = 4701$ мм. Аналогично вычисляются пяточные разности для других станций. Полученные значения разностей заносятся в журнал нивелирования. Если расхождения пяточных разностей на станции прибора не превышает 5 мм, вычисляют превышения $h = Z - П$, где «Z» - отсчет по рейке, установленной на задней точке, а «П» - отсчет по рейке на передней точке. Превышения определяются по черным, а затем по красным отсчетам. Так, для 1-ой станции нивелира пре-

вышения равны: $h_{\text{чер}} = 2457 - 0837 = 1620$ мм и $h_{\text{кр}} = 7156 - 5538 = 1618$ мм. Расхождение полученных превышений для одной станции прибора должно равняться расхождению пятых разностей для этой же станции. Вычисленные превышения вносят в журнал нивелирования и по двум значениям определяют с точностью до миллиметра среднее превышение.

После определения средних превышений выполняют постраничный контроль вычислений в журнале нивелирования. С этой целью суммируют все задние отсчеты на странице журнала (ΣZ) и все передние ($\Sigma П$). Далее определяют сумму вычисленных превышений ($\Sigma h_{\text{выч}}$) и сумму средних превышений ($\Sigma h_{\text{ср}}$). Если вычисления в журнале выполнены без ошибок, должны соблюдаться следующие равенства: $\Sigma Z - \Sigma П / 2 = \Sigma h_{\text{выч}} // 2 = \Sigma h_{\text{ср}}$.

Вследствие определения средних значений превышений с точностью до «мм» возможно незначительное (на 1 – 2 мм) нарушение равенства в части $\Sigma h_{\text{ср}}$.

Завершив постраничный контроль, приступают к уравновешиванию опорного нивелирного хода. Для этого вычисляют фактическую невязку в превышениях хода $f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - \Sigma h_{\text{теор}}$, где $\Sigma h_{\text{теор}}$ – теоретическая сумма превышений хода. Теоретическая сумма превышений вычисляется как разность отметок конечной и начальной точек хода. Так как нивелирный ход замкнутый, $\Sigma h_{\text{теор}} = 0$ и, следовательно $f_h = \Sigma h_{\text{ср}}$. Полученную невязку в превышениях сравнивают с допускаемой невязкой, вычисляемой по формуле

$$f_h^{\text{доп}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n}, \quad (1)$$

где n – количество станций прибора в нивелирном ходе (в примере $n = 3$).

В том случае, когда $f_h > f_h^{\text{доп}}$, проверяют вычисления в журнале нивелирования и если в них нет ошибок, делают вывод о недостаточной точности нивелирных работ и необходимости выполнения повторного нивелирования. Если же $f_h \leq f_h^{\text{доп}}$, в средние превышения вводят поправки $v_{hi} = -f_h / n$.

При этом, поправки в превышения вычисляют с точностью до «мм» и их сумма должна быть равна фактической невязке в превышениях с противоположным знаком, т.е. равна « $-f_h$ ». Поправки вносят в журнал нивелирования, указывая их в графе средних превышений над значениями превышений. Исправленные превышения определяют алгебраическим суммирование среднего превышения и его поправки. Например, $h_1^{\text{испр}} = 1619 - 2 = 1617$ мм (см. табл.2). Контроль

уравнивания превышений осуществляют вычислением суммы исправленных превышений, которая должна быть равна нулю, т.е. $\sum h_{\text{испр}} = 0$.

Отметки точек опорного хода вычисляют через превышения, предварительно вычислив отметку репера по варианту задания и номеру обучающегося в групповом журнале. Так, если вариант задания первый и студент записан в журнал учебной группы под номером №23, отметка репера будет равна $H_{Rp} = 2.5 \cdot N + 83.583 = 2.5 \cdot 23 + 83.583 = 141.083 \text{ м}$.

Высоты точек хода определяют следующим образом:

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{испр}}, \quad (2)$$

где $H_{\text{пред}}$ - отметка предыдущей точки хода;

$H_{\text{посл}}$ - отметка последующей точки;

h – исправленное превышение последующей точки хода над предыдущей.

Например, для точки опорного хода В4 (см. табл. 2) при $H_{Rp} = 141.083$ отметка будет равна $H_{B4} = 141.083 + 1.617 = 142.700 \text{ м}$. Аналогично вычисляется отметка точки D3. Если отметки опорного хода определены без ошибок, то вычисленная высота репера $H_{Rp} = H_{D3} + h_{3\text{испр}}$ должна быть равна отметке репера, вычисленной студентом для своего варианта задания.

Отметки точек опорного хода вносятся в соответствующую графу журнала нивелирования.

Для определения высот остальных (кроме В4 и D3) вершин квадратов, вычисляют горизонт инструмента на трех станциях прибора, с которых было выполнено нивелирование поверхности. Горизонт инструмента на каждой станции вычисляют дважды - суммированием отметки задней точки для данной станции прибора и отсчета по черной стороне рейки, установленной на этой точке, а затем сложением отметки передней точки и отсчета по черной стороне рейки на этой точке. Так, для 1 –й станции (см. табл. 2) $ГИ_1' = 141.083 + 2.457 = 143.540 \text{ м}$ и $ГИ_1'' = 142.700 + 0.837 = 143.537 \text{ м}$. По двум значениям ГИ вычисляют среднее $ГИ_1^{\text{ср}} = (143.540 + 143.537) / 2 = 143.538 \text{ м}$. Определяют среднее значение ГИ с точностью до «мм», округляя вычисленное значение до ближайшего четного значения.

Все вычисленные значения ГИ (по три значения для каждой станции прибора) заносят в соответствующую графу журнала нивелирования.

Далее определяют отметки вершин квадратов (кроме В4

и D3) через горизонт инструмента : $H_i = \text{ГИ}^{\text{CP}} - a_i$, где a_i – отсчет по рейке, установленной на i – ой вершине квадрата. Например, отметка вершины A2 равна (см. рис. 9) $H_{A2} = \text{ГИ}_1^{\text{CP}} - a_{A2} = 143.538 - 1.357 = 142.181$ м. Или, отметка вершины D5 при значении $\text{ГИ}_2^{\text{CP}} = 144.066$ м составит: $H_{D5} = 144.066 - 1.295 = 142.771$ м. Вычисленные высоты вершин квадратов указывают в журнале отметок (рис. 10). Высоты вершин квадратов (B4 и D3), являющихся точками опорного хода, переносят в журнал отметок из журнала нивелирования точек опорного хода (табл. 2).

2.3. Составление плана участка местности

План местности изображается в масштабе 1 : 500 на листе плотной бумаги формата А4. Система координат при составлении плана принимается условной, а высота сечения рельефа равной 0.25 м. Рамка чертежа наносится с отступом 5 мм от границ листа. Используя абрис нивелирования поверхности (рис. 9),

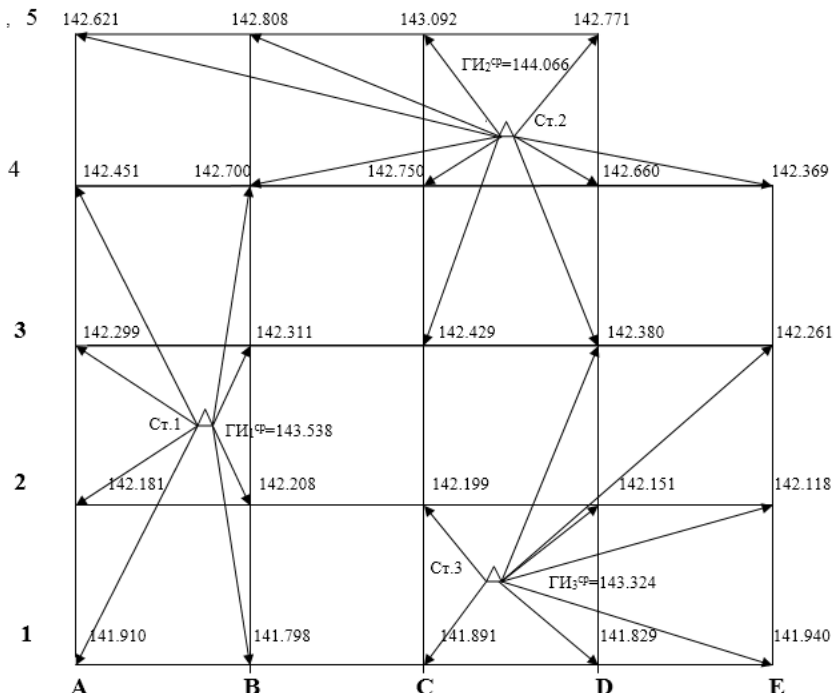


Рис. 10. Журнал отметок вершин квадратов

на листе вычерчивается в указанном масштабе сетка квадратов. Стороны квадратов должны быть параллельны рамке чертежа.

На плане сетки квадратов в соответствии с абрисом нивелирования с использованием актуальных условных знаков изображается ситуация - полевая дорога, степь и луг. Возле каждой вершины сетки квадратов указывается ее отметка (пункт 2.2) с точностью до сантиметра. Способом аналитического или графического интерполирования высот вершин квадратов на сторонах квадратов определяется положение точек, отметки которых кратны проектной высоте сечения рельефа. Точки, имеющие одинаковые отметки, соединяются плавными линиями толщиной 0.1 мм и в результате получают изображение рельефа местности горизонталями (рис. 11). Отметки горизонталей, кратные 1 м, указывают в разрывах горизонталей таким образом, чтобы верх цифры был направлен в сторону повышения местности.

В процессе оформления плана участка местности сетку квадратов и ситуацию изображают черной тушью, отметки вершин квадратов указывают также черным цветом, а горизонтали проводят коричневой тушью.

При этом, толщина горизонталей, отметки которых кратны 1 м, в два раза больше, чем толщина других горизонталей.

2.4. Проектирование вертикальной планировки местности по результатам нивелирования поверхности по квадратам

2.4.1. Преобразование поверхности участка местности в горизонтальную

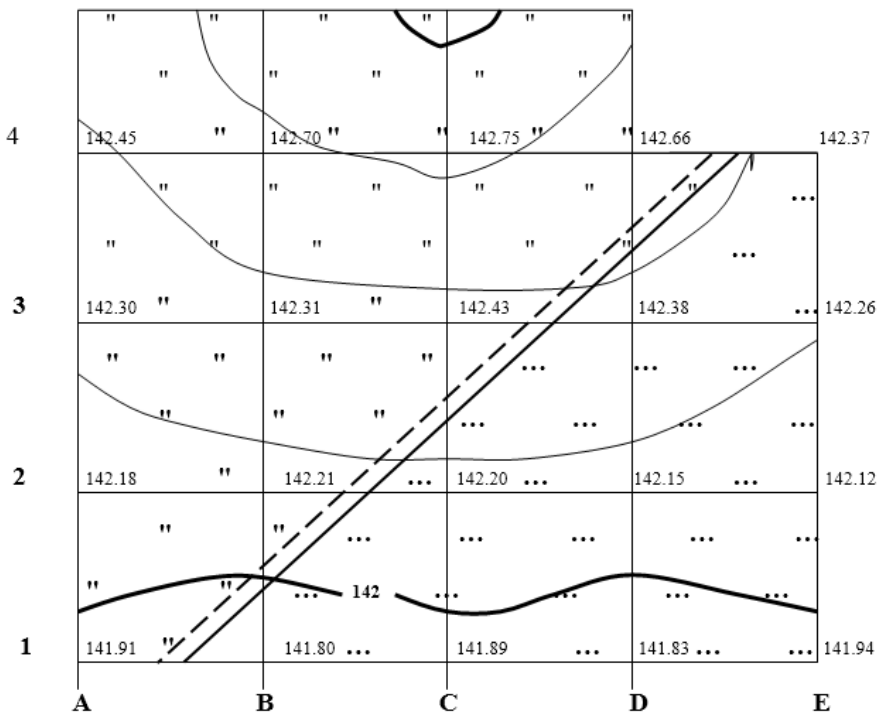


Рис. 11. План участка местности

При решении данной задачи проектная отметка горизонтальной площадки при условии баланса земляных работ (равенства объемов насыпи и выемки) вычисляется по формуле

$$H_{\text{пр}} = (\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4) / 4n, \quad (3)$$

где H_1 – отметки вершин квадратов, относящихся к одному квадрату (A_1, D_5 и др. на рис. 11);

H_2 – отметки вершин квадратов, относящихся к двум квадратам (A_4, C_5, E_2 и др.);

H_3 – отметки вершин квадратов, относящихся к трем квадратам (D_4);

H_4 – отметки вершин квадратов, относящихся к четырем квадратам (B_2, D_3 и др.);

n – количество квадратов.

Так, для рассматриваемого примера по данным, приведенным

на рис. 10, проектная отметка горизонтальной площадки будет равна $H_{пр} = 142.36$ м.

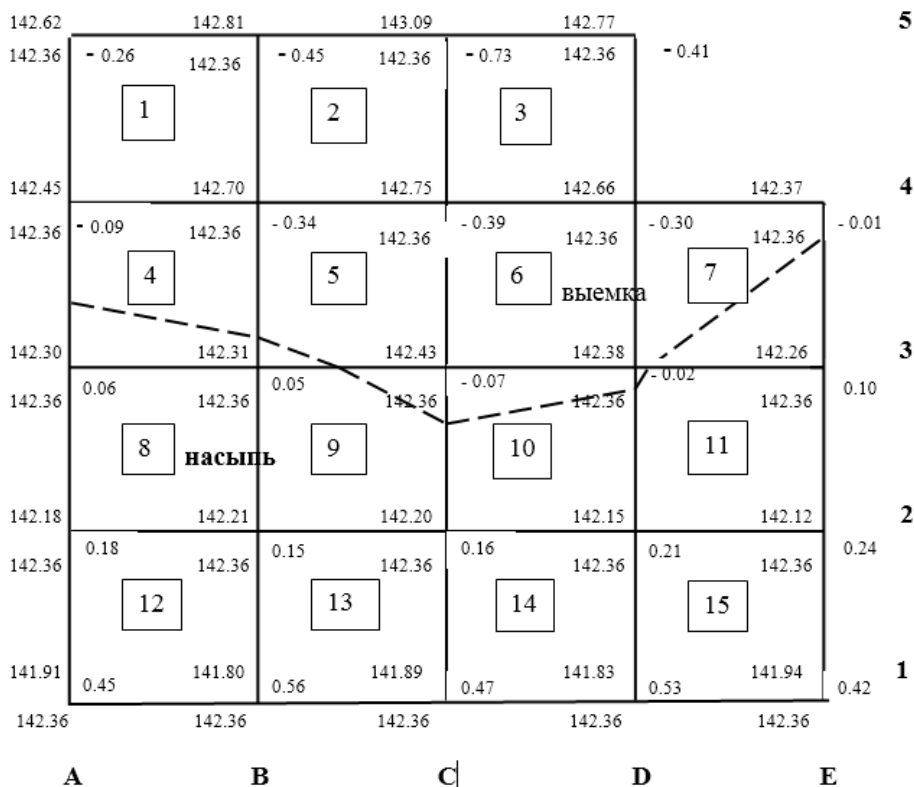


Рис. 12. Картограмма земляных работ (горизонтальная площадка)

Для определения объемов насыпи и выемки при планировке местности в виде горизонтальной поверхности, после вычисления проектной отметки плоскости составляется картограмма земляных работ (рис. 12). На листе бумаги формата А4 чертится сетка квадратов, возле каждой вершины квадратов указываются фактическая (существующая) отметка поверхности земли (см. журнал отметок вершин квадратов), вычисленная проектная отметка $H_{пр}$ горизонтальной поверхности и рабочая отметка, определяемая как разность проектной и фактической отметки вершины квадрата.

Все отметки вычисляются с точностью до сантимет-

ра.

В тех вершинах квадратов, рабочие отметки которых имеют знак «+», при выполнении планировки площадки грунт будет насыпаться, а где знак «-» - грунт будет срезаться. Модуль рабочей отметки показывает высоту насыпи или глубину выемки. На сторонах квадратов, имеющих рабочие отметки противоположных знаков, определяется положение, так называемых, точек нулевых работ, отделяющих один вид земляных работ от другого, т.е. насыпь от выемки. Расстояния от вершин квадрата до этих точек определяются следующим образом (пример для стороны АЗ – А4, рис. 13):

$$x = |h_{A3}| * a / |h_{A3}| + |h_{A4}|; \quad y = |h_{A4}| * a / |h_{A3}| + |h_{A4}|, \quad (4)$$

где x – расстояние от вершины АЗ до точки нулевых работ;

y – расстояние от вершины А4 до точки нулевых работ;

h_{A3} и h_{A4} – рабочие отметки вершин квадратов;

a – длина стороны квадрата.

фактическая поверхность земли

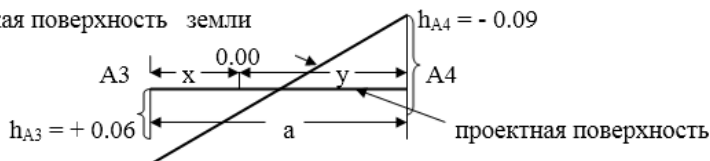


Рис. 13. Определение расстояний до точки нулевых работ

Указанным способом определяется положение точек нулевых работ на всех сторонах квадратов, рабочие отметки которых имеют разные знаки.

Соединив эти точки отрезками прямых линий, получают линию нулевых работ (пунктирная линия на рис. 12). При определенных условиях на картограмме земляных работ может быть несколько линий нулевых работ.

Квадраты, через которые не проходит линия нулевых работ, называются полными квадратами. Рабочие отметки всех вершин таких квадратов имеют один знак - или плюс, или минус. В этих квадратах при вертикальной планировке местности будет выполняться один вид земляных работ - или только подсыпка грунта, или только его выемка. Остальные квадраты картограммы называются смешанными, т.к. на некоторой части этих квадратов запроектирована подсыпка грунта, а на другой - срезка.

После определения положения линии / линий нулевых

работ квадраты на картограмме нумеруют и для каждого из них вычисляют объемы земляных работ по формулам:

$$\text{полный квадрат } V = \sum h_i * a^2 / 4; \quad (5)$$

смешанный квадрат:

$$\text{объем насыпи} \\ V_{\text{нас}} = (\sum h_{i,\text{нас}})^2 * a^2 / 4(\sum |h_{i,\text{нас}}| + \sum h_{i,\text{выем}}), \quad (6)$$

$$\text{объем выемки} \\ V_{\text{выем}} = (\sum h_{i,\text{выем}})^2 * a^2 / 4(\sum |h_{i,\text{нас}}| + \sum |h_{i,\text{выем}}|), \quad (7)$$

где $\sum h_i$ – сумма рабочих отметок полного квадрата;

a – длина стороны квадрата;

$\sum h_{i,\text{нас}}$ – сумма рабочих отметок насыпи смешанного квадрата;

$\sum h_{i,\text{выем}}$ – сумма рабочих отметок выемки смешанного квадрата.

Так, например, объем земляных работ (выемки) в полном квадрате № 1 (рис. 12) составляет: $V = (0.26 + 0.45 + 0.34 + 0.09) * 20^2 / 4 = 114 \text{ м}^3$. Объем выемки в квадрате №4 вычисляется следующим образом: $V_{\text{выем}} = (0.09 + 0.34)^2 * 20^2 / 4 * [(0.06 + 0.05) + (0.09 + 0.34)] = 34.24 \text{ м}^3$. Объем насыпи в этом же квадрате №4 равен: $V_{\text{нас}} = (0.06 + 0.05)^2 * 20^2 / 4 * [(0.06 + 0.05) + (0.09 + 0.34)] = 2.24 \text{ м}^3$. Вычисленные объемы земляных масс заносятся в соответствующую таблицу (табл. 3).

Таблица № 3

Таблица объемов земляных работ (горизонтальная площадка)

№ квадрата	Сумма рабочих отметок, м		Объемы земляных работ, м ³	
	насыпь	выемка	насыпь	выемка
1	-	1.14	-	114
2	-	1.88	-	188
3	-	1.83	-	183
4	0.14	0.43	2.24	34.24
...
15	1.40	-	140	-

$$\sum V_{\text{нас}} = 706.82 \text{ м}^3 \quad \sum V_{\text{выем}} = 697.85 \text{ м}^3$$

После определения объемов земляных работ во всех

квадратах, вычисляют сумму объемов насыпи и выемки. И если вычисления при проектировании горизонтальной площадки на всех этапах выполнены без ошибок, расхождение суммарных объемов насыпи и выемки не должно превышать 5 %, т. е. $\Delta V = V_{\text{нас}} - V_{\text{выем}} * 100 / (V_{\text{нас}} + V_{\text{выем}}) \leq 5\%$. Так, в рассматриваемом примере $\Delta V = 706.82 - 697.85 * 100 / (706.82 + 697.85) = 0.64\% < 5\%$.

2.4.2. Преобразование поверхности участка местности в наклонную площадку

При проектировании наклонной площадки первоначально необходимо выбрать положение начала и направления осей условной системы прямоугольных координат на схеме сетки квадратов и затем определить в выбранной системе координаты центра тяжести площадки. Чтобы координаты всех вершин квадратов были положительными, целесообразно за начало координат принять вершину А1, ось Х совместить со створом А1 – А5, а ось У - со створом А1 – Е1 (рис. 14).

Координаты центра тяжести площадки вычисляются по формулам:

$$X_{\text{ц.т.}} = \sum X_i / n, \quad Y_{\text{ц.т.}} = \sum Y_i / n, \quad (8)$$

где $\sum X_i$ - сумма абсцисс центров тяжести всех квадратов съемочного обоснования;

$\sum Y_i$ - сумма ординат центров тяжести квадратов сетки;

n – количество квадратов.

Геодезия

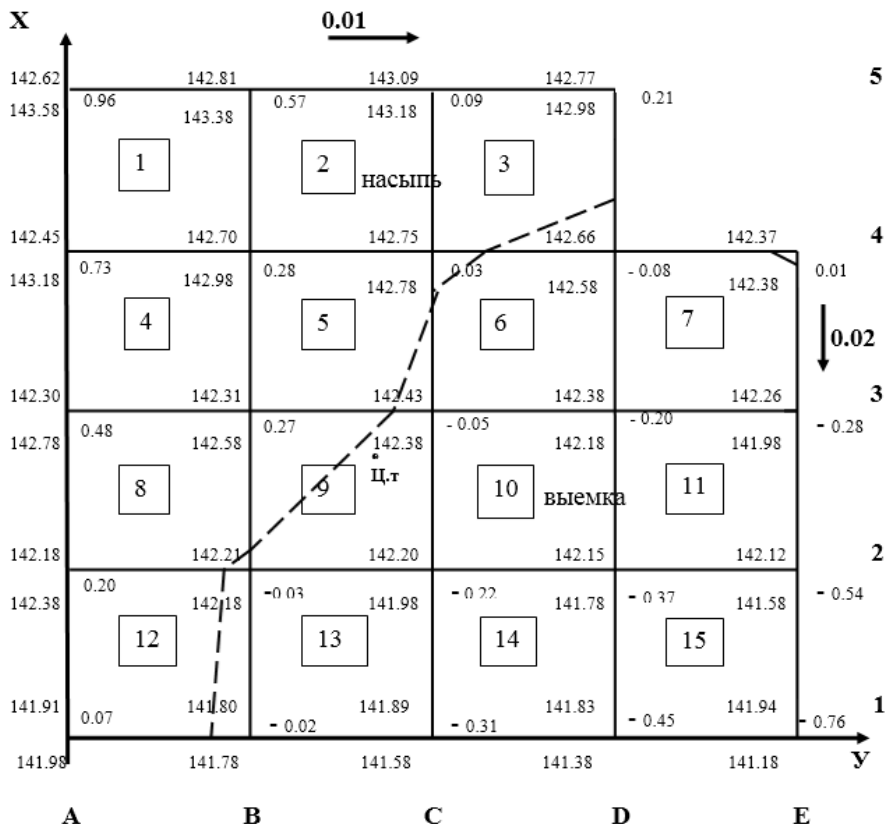


Рис. 14. Картограмма земляных работ (наклонная площадка)

Так как центр тяжести квадрата располагается в точке пересечения его диагоналей, то, например, для квадрата №10 (рис. 14) при длине стороны квадрата 20 м координаты центра тяжести будут равны: $X_{10} = 20 + 10 = 30$ м и $Y_{10} = 20 + 20 + 10 = 50$ м. Аналогично определяются координаты центров тяжести всех квадратов и затем вычисляются координаты центра тяжести всей площадки по формулам (8). В примере $X_{ц.т.} = Y_{ц.т.} = 38$ м.

Проектная отметка центра тяжести наклонной площадки при условии баланса земляных работ вычисляется так же, как для горизонтальной площадки по формуле (3). Следовательно, в рассматриваемом примере она равна $H_{ц.т.пр} = 142.36$ м..

Определив координаты и проектную отметку центра

тяжести, используя заданные проектные уклоны площадки (табл. 1) по направлению осей X и Y , вычисляют проектную отметку ближайшей к центру тяжести вершины квадрата. В примере такой является вершина $C - 3$. Проектная отметка этой вершины при величине уклонов $i_x = + 0.02$ и $i_y = - 0.01$ (стрелка на рис.14 указывает направление понижения проектной поверхности) будет равна $H_{C3}^{пp} = H_{ц.т.}^{пp} + (X_{C3} - X_{ц.т.}) * i_x + (Y_{C3} - Y_{ц.т.}) * i_y = 142.36 + (40 - 38)*0.02 + (40 - 38) * (- 0.01) = 142.38$ м.

Далее вычисляются последовательно проектные отметки всех остальных вершин квадратов. При этом исходными данными являются $H_{C3}^{пp}$, i_x, i_y и расстояния между вершинами по направлениям осей координат. Так, например, $H_{C4}^{пp} = H_{C3}^{пp} + d * i_x = 142.38 + 20 * 0.02 = 142.78$ м, а $H_{D3}^{пp} = H_{C3}^{пp} + d * i_y = 142.38 + 20 * (- 0.01) = 142.18$ м.

Вычислив проектные, а затем рабочие отметки вершин квадратов, аналогично проектированию горизонтальной площадки, составляют картограмму земляных масс (рис. 14) и вычисляют объемы земляных работ (табл. 4).

Таблица № 4

Таблица объемов земляных работ (наклонная площадка)

№ квадрата	Сумма рабочих отметок, м		Объемы земляных работ, м ³	
	насыпь	выемка	насыпь	выемка
1	2.54	-	254	-
2	0.97	-	97	-
3	0.33	26.56	0.08	1.56
4	1.76	-	176	-
...
15	-	2.12	-	212

2.4.3. Преобразование рельефа участка местности в двухскатную поверхность

Заданием на проектирование двухскатной поверхности предусматривается совмещение гребня проектной по-

верхности со створом С1 – С5, который делит участок местности на две части - западную и восточную. Исходными данными для проектирования являются фактические отметки вершин квадратов (пункт 2.2) и проектные уклоны направлений С1 – С5 и С1 – Е1 (табл. 1). Последовательность выполнения работы следующая.

На первом этапе необходимо запроектировать наклонную площадку для восточной части участка местности с соблюдением баланса земляных работ, подобно тому, как это выполнялось в пункте 2.4.2.

Для рассматриваемой в примере сетки квадратов координаты центра тяжести восточной части площадки (вычисляются по формулам 8) составляют: $X_{ц.т.} = 35.71\text{м}$ и $У_{ц.т.} = 58.57\text{м}$. Проектная отметка центра тяжести определяется по формуле (3) и в примере она равна $H_{ц.т.}^{пр} = 142.33\text{м}$. Ближайшей к центру тяжести вершиной квадрата является D3 и ее проектная отметка при уклонах, например, $i_{С1-С5} = +0.02$ и $i_{С1-Е1} = -0.01$ вычисляется следующим образом: $H_{D3}^{пр} = H_{ц.т.}^{пр} + (X_{D3} - X_{ц.т.}) * i_{С1-С5} + (У_{D3} - У_{ц.т.}) * i_{С1-Е1} = 142.33 + (40 - 35.71) * 0.02 + (60 - 58.57) * (-0.01) = 142.40\text{м}$. Далее в соответствии с методикой, изложенной в пункте 2.4.2, определяются проектные отметки всех остальных вершин квадратов восточной части участка местности, составляется картограмма земляных работ (рис.15) и вычисляются объемы насыпи и выемки (табл. 5).

Проектирование наклонной площадки для западной части участка местности необходимо начинать с определения проектной отметки центра тяжести. Так как эта часть территории имеет форму прямоугольника, ее центр тяжести располагается в вершине В3. Проектная отметка этой вершины вычисляется по формуле (3) и в рассматриваемом примере равна $H_{В3}^{пр} = H_{ц.т.}^{пр} = 142.38\text{м}$. Для определения проектных отметок остальных вершин квадратов западной части местности следует вычислить проектный уклон по направлению С3 – В3. В примере $i_{С3-В3} = (H_{В3}^{пр} - H_{С3}^{пр}) / d_{С3-В3} = (142.38 - 142.60) / 20 = -0.011$. Таким образом, в рассматриваемом примере западная часть планируемой территории имеет проектный уклон по гребню в направлении от С1 к С5 равный 0.02, а в поперечном направлении от гребня к створу А1 – А5 уклон равный -0.011. Используя проектную отметку центра тяжести и проектные уклоны по указанным направлениям вычисляются проектные отметки всех вершин квадратов западной части

Геодезия

участка местности, составляется картограмма земляных работ (рис.15) и определяются объемы насыпи и выемки. Вычисленные объемы вносятся в таблицу. Расхождение объемов насыпи и выемки для всего участка местности не должно превышать 5%.

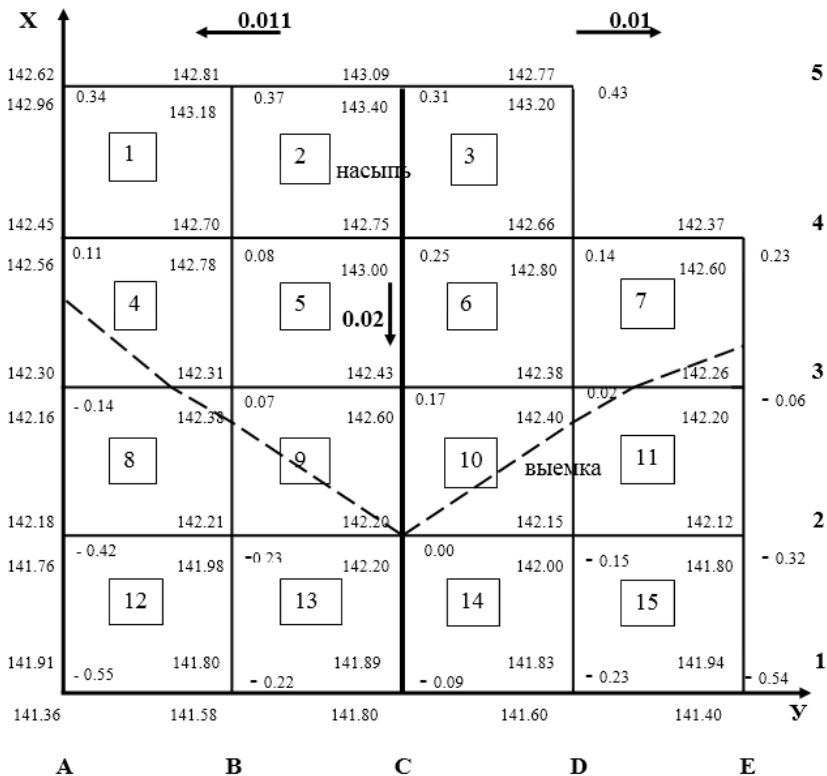


Рис. 15. Картограмма земляных работ (двухскатная поверхность)

Таблица № 5
Таблица объемов земляных работ (двухскатная поверхность)

Геодезия

№ квадрата	Сумма рабочих отметок, м		Объемы земляных работ, м ³	
	насыпь	выемка	насыпь	выемка
1	0.90	-	90	-
2	1.01	-	101	-
3	1.13	-	113	-
4	0.26	0.14	16.9	4.9
...
15	-	1.24	-	124

$$\Sigma V_{\text{нас}} = 493.41 \text{ м}^3 \quad \Sigma V_{\text{выем}} = 514.2 \text{ м}^3$$

$$\Delta V = 2.06 \%$$

Завершающим этапом этого раздела расчетно-графической работы является составление плана участка местности с изображением рельефа двухскатной поверхности горизонталями (рис. 16). На листе плотной бумаги формата А4 чертится в масштабе 1 : 500 план съемочного обоснования, наносятся горизонтالي существующего рельефа, указываются проектные высоты вершин квадратов и их интерполированием (аналитическим методом или с помощью палетки) определяется на сторонах квадратов положение точек, отметки которых кратны высоте сечения рельефа (0.25м). Точки с одинаковыми отметками соединяются отрезками прямых линий. Проектные горизонтали западной части участка местности должны быть параллельны между собой и заложения горизонталей должны быть равными. Аналогичные условия должны быть соблюдены и для восточной части местности.

План оформляется в соответствии с рекомендациями, приведенными в пункте 2.3.

Геодезия

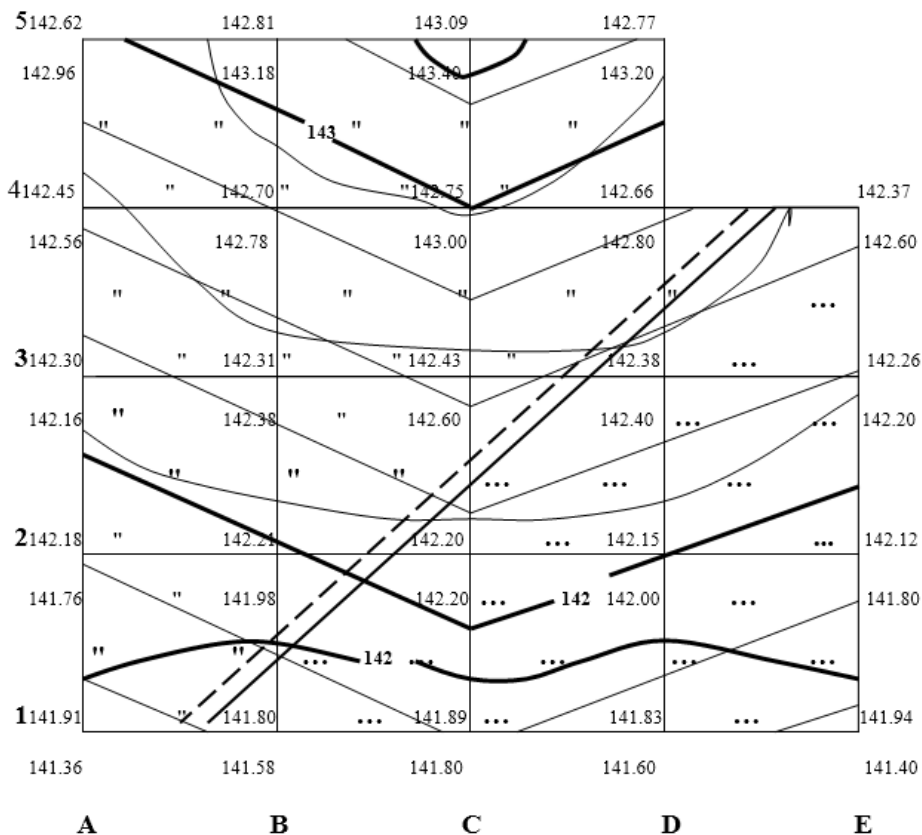


Рис. 16. Вертикальная планировка участка местности в виде двухскатной поверхности (горизонтالي проведены через 0.25м)

ЛИТЕРАТУРА

1. Куштин И.Ф., Куштин В.И. Инженерная геодезия. – Ростов –на – Дону: Феникс, 2002.
- 2.Клавдиенко Н.В., Мирошниченко Д.А. Изыскания, проектирование и строительство сооружений: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Рост. госуд. строит. ун-т, 2014.
- 3.Киселев М.И. Инженерная геодезия: Учебник – М.: Академия,2010.
- 4.Практикум по инженерной геодезии: Учебное пособие для вузов. - М.: Недра. Под ред. Новака В.Е., 1987.
- 5.Владимиров В.В., Давидяц Г.Н., Расторгуев О.С., Шафран В.Л. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий. – М.: Архитектура – С, 2004.