

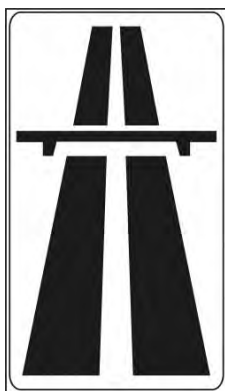
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

*Методические рекомендации к самостоятельной работе
для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное
и гражданское строительство»
дневной и заочной форм обучения*

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ
ПЛАНИРОВКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ**



Могилев 2022

УДК 528.48
ББК 26.1
И62

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «18» января 2022 г.,
протокол № 6

Составители: ст. преподаватель О. И. Бродова;
ст. преподаватель Н. В. Курочкин

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Данилов

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» при выполнении ими расчетно-графической работы «Геодезические расчеты при вертикальной планировке строительных участков», а также студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» для применения в курсовом и дипломном проектировании.

Учебно-методическое издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Ответственный за выпуск Е. В. Горбенкова

Корректор И. В. Голубцова

Компьютерная верстка Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

1 Исходные положения.....	4
2 Обработка журнала нивелирования поверхности по квадратам.....	4
3 Построение плана участка с изображением рельефа.....	7
4 Геодезические расчеты при вертикальной планировке строительного участка	9
5 Оформление работы.....	18
Список литературы.....	18

1 Исходные положения

Программой курса инженерной геодезии предусмотрена самостоятельная расчетно-графическая работа. Студенты должны научиться выполнять геодезические расчеты при проектировании вертикальной планировки строительного участка и построение картограммы земляных работ.

Исходным материалом для проектирования вертикальной планировки служит план местности, полученный при нивелировании поверхности участка. В зависимости от целей проектирования вертикальную планировку выполняют по квадратам, по поперечным профилям или проектными горизонталями. Рассмотрим проектирование вертикальной планировки по квадратам. Для выполнения работы задается участок размером 60×60 м, на котором разбита сетка квадратов. Сторона квадрата назначена равной 20 м.

Каждый студент получает у преподавателя индивидуальные исходные данные: отметку временного репера H_{A3} , отсчет на одну из промежуточных точек $в_{пром}$, величину уклона проектной плоскости i_0 и дирекционный угол направления этого уклона α_0 . Остальные данные принимаются по журналу нивелирования (таблица 1).

В расчетно-графической работе необходимо обработать журнал нивелирования поверхности и определить отметки вершин квадратов, построить план участка с изображением рельефа горизонталями, выполнить расчеты по вертикальной планировке строительного участка, построить картограмму земляных работ.

2 Обработка журнала нивелирования поверхности по квадратам

Временный репер устроен на вершине $A3$ сетки квадратов. Его отметку H_{A3} и заданный отсчет на указанную промежуточную точку надо записать в журнал нивелирования поверхности (см. таблицу 1).

При обработке журнала нивелирования подсчитывают превышения и средние превышения для станции 2. Затем для контроля правильности вычислений выполняют постраничный контроль, который состоит в определении трех величин:

$$0,5(\sum З - \sum П); \quad 0,5\sum h; \quad \sum h_{cp},$$

где $\sum З$, $\sum П$ – суммы всех отсчетов (по черной и красной сторонам) для задней и передней реек соответственно;

$\sum h$ – сумма всех превышений (по черной и красной сторонам реек);

$\sum h_{cp}$ – сумма средних превышений.

Таблица 1 – Журнал нивелирования поверхности по квадратам

Станция	Вершина квадрата	Отсчет по рейке			Превыше-ние	Среднее превыше-ние	Поправка	Исправ-ленное превышение	Горизонт прибора	Отметка, м	Примеча-ние
		задней	передней	промежу-точной							
1	A3	2213							152,363	150,150	Вр. репер
		6915									
	A1			0110						152,253	
	B1			0150						...	
	B1			0090						...	
	Г1			1130						...	
	A2			1013						...	
	B2			1315						...	
	B2			1527						...	
	Г2			2240						...	
2	B3			2235						...	
	Г3			3000						...	
	B3		2505		- 0292					149,853	
			7205		- 0290	- 0291	- 6	- 0297			
	B3	0791							...	149,853	
		5493									
	A4			1415						...	
	B4			1373						...	
	B4			1940						...	
	Г4			2315						...	
Постраничный контроль	A3		0488		...					...	Вр. репер
			5190		...	...	...	...		...
		15412	...		...		...			...
							

$$f_h = \sum h_{cp} = \dots;$$

$$f_{h \text{ пред}} = 10\sqrt{n} = 10\sqrt{2} = \dots .$$

При правильных вычислениях выполняется тождество

$$0,5(\sum 3 - \sum \Pi) = 0,5\sum h = \sum h_{cp}.$$

Возможно отклонение в последней величине, если оно образуется за счет округления средних превышений до целых миллиметров. Это отклонение не может превышать в миллиметрах половины числа станций на странице.

Результаты постраничного контроля помещают в журнале нивелирования под итоговой чертой. При этом записывают только числовые значения найденных сумм и разностей без их буквенных обозначений.

Выполняют уравнивание нивелирного хода. Для замкнутого нивелирного хода, проложенного по участку, невязка в превышениях

$$f_h = \sum h_{cp}.$$

Предельная невязка

$$f_{h_{пред}} = 10\sqrt{n},$$

где n – число станций в ходе.

Полученная невязка не должна превосходить предельную: $f_h \leq f_{h_{пред}}$.

Если это условие выполняется, то полученную невязку распределяют в виде поправок поровну и с обратным знаком в каждое среднее превышение с округлением до целых миллиметров. Поправки записывают в соответствующую графу журнала нивелирования. Общая сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком. Вычисляют исправленные превышения.

Зная отметку одной из вершин квадратов (в данном случае H_{A3}), вычисляют отметки других вершин, являющихся связующими точками нивелирного хода. При этом действуют по правилу: отметка последующей точки H_{i+1} равна отметке предыдущей точки H_i плюс исправленное превышение между ними $h_{испр, i+1}$:

$$H_{i+1} = H_i + h_{испр, i+1}.$$

В строке «Постраничный контроль» в графе «Отметка» (см. таблицу 1) надо записать разность конечной и начальной отметок. Для замкнутого хода эта разность должна быть равна нулю.

Отметки остальных вершин квадратов, являющихся промежуточными точками, находят через горизонт прибора $\Gamma\Pi$.

Отметка промежуточной точки $H_{пром_i}$ равна горизонту прибора минус отсчет по рейке $v_{пром_i}$ в этой точке:

$$H_{пром_i} = \Gamma\Pi - v_{пром_i}.$$

Горизонт прибора равен отметке связующей точки H плюс отсчет по рейке a , установленной на этой точке:

$$ГП = H + a.$$

3 Построение плана участка с изображением рельефа

По результатам нивелирования надо составить план участка в горизонталях, который будет исходным материалом при проектировании вертикальной планировки.

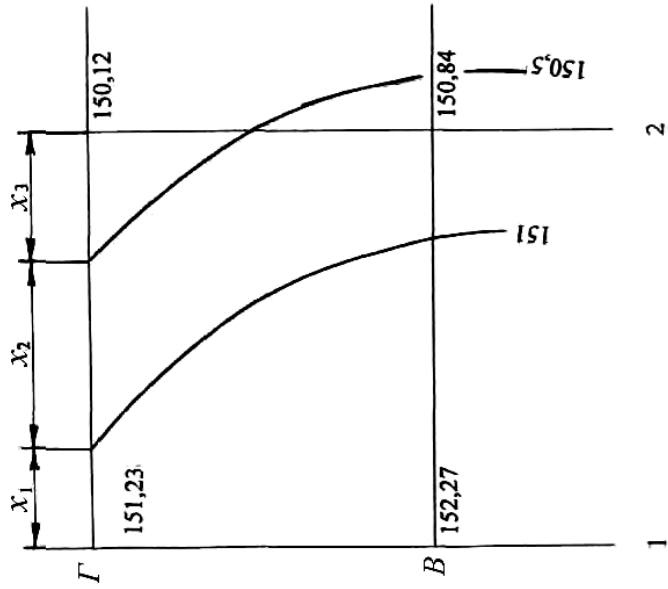
Для построения плана участка на отдельном листе в заданном масштабе наносится сетка квадратов. В работе рекомендуется масштаб 1:500. У каждой вершины квадрата, справа и снизу от нее, из журнала нивелирования записывают с точностью до сантиметра отметку поверхности земли (рисунки 1, a ; 2). Используя отметки вершин, на плане проводят горизонтали.

Есть несколько способов построения горизонталей: аналитическим интерполированием между точками с известными отметками; графическим интерполированием с помощью палетки или миллиметровой бумаги. На миллиметровой бумаге (рисунок 1, b) откладывают в заданном масштабе отрезок a , равный стороне квадрата. Из концов этого отрезка проводят вертикальные линии и вдоль них на утолщенных линиях миллиметровки через 1 см подписывают отметки, кратные высоте сечения рельефа. Возьмем сторону $Г1 - Г2$ квадрата (см. рисунок 1, a), на вертикальных линиях (см. рисунок 1, b) отложим отметки начала 151,23 и конца 150,12 этой стороны и полученные точки соединим прямой линией. Пересечения полученной линии с подписанными на миллиметровке линиями отметок задают точки прохождения горизонталей через сторону квадрата и расстояние до этих точек.

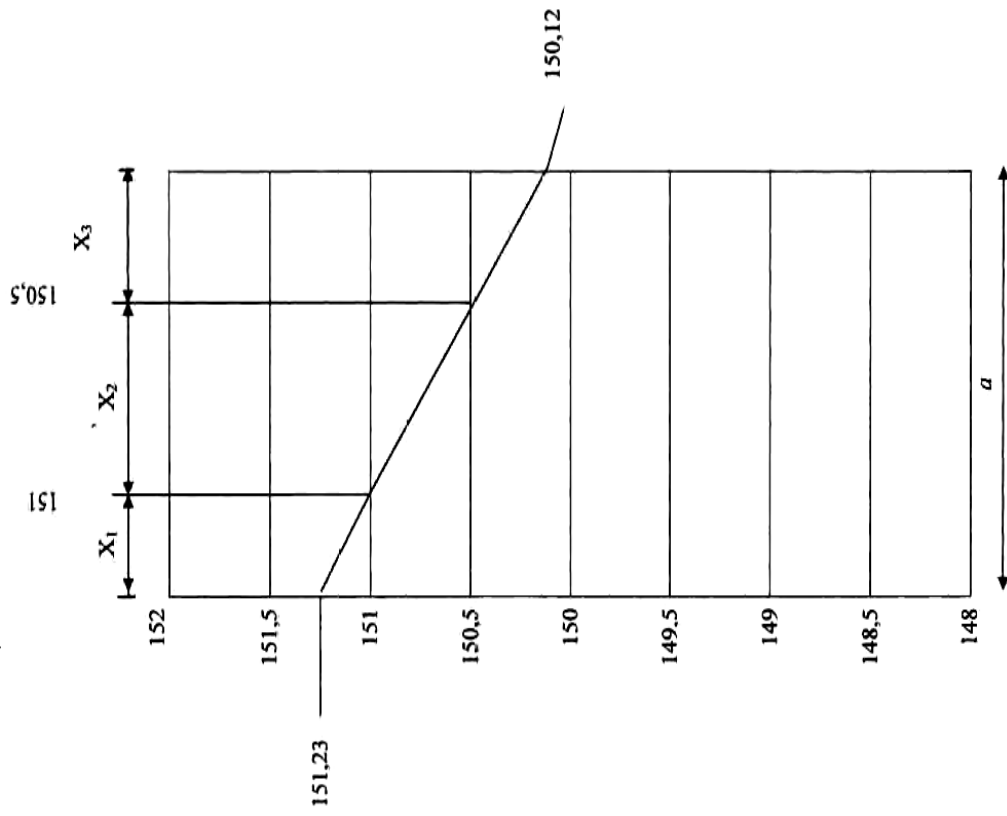
На рисунке 1, b расстояние от вершины $Г1$ до горизонтали 151 равно X_1 , от горизонтали 151 до горизонтали 150,5 – X_2 и от горизонтали 150,5 до вершины $Г2$ – X_3 . Остается перенести эти точки на соответствующую сторону сетки квадратов (см. рисунок 1, a).

Подобным образом находят точки прохождения горизонталей через другие стороны квадратов. Соединяя соответствующие точки на сторонах квадратов плавными линиями, получают горизонтали. Оформление плана участка с изображением рельефа показано на рисунке 2.

a)



б)



a – нанесение на сторону квадрата точек прохождения горизонталей; *б* – определение расстояний до точек прохождения горизонталей через сторону квадрата

Рисунок 1 – Определение положения горизонталей на сторонах квадрата

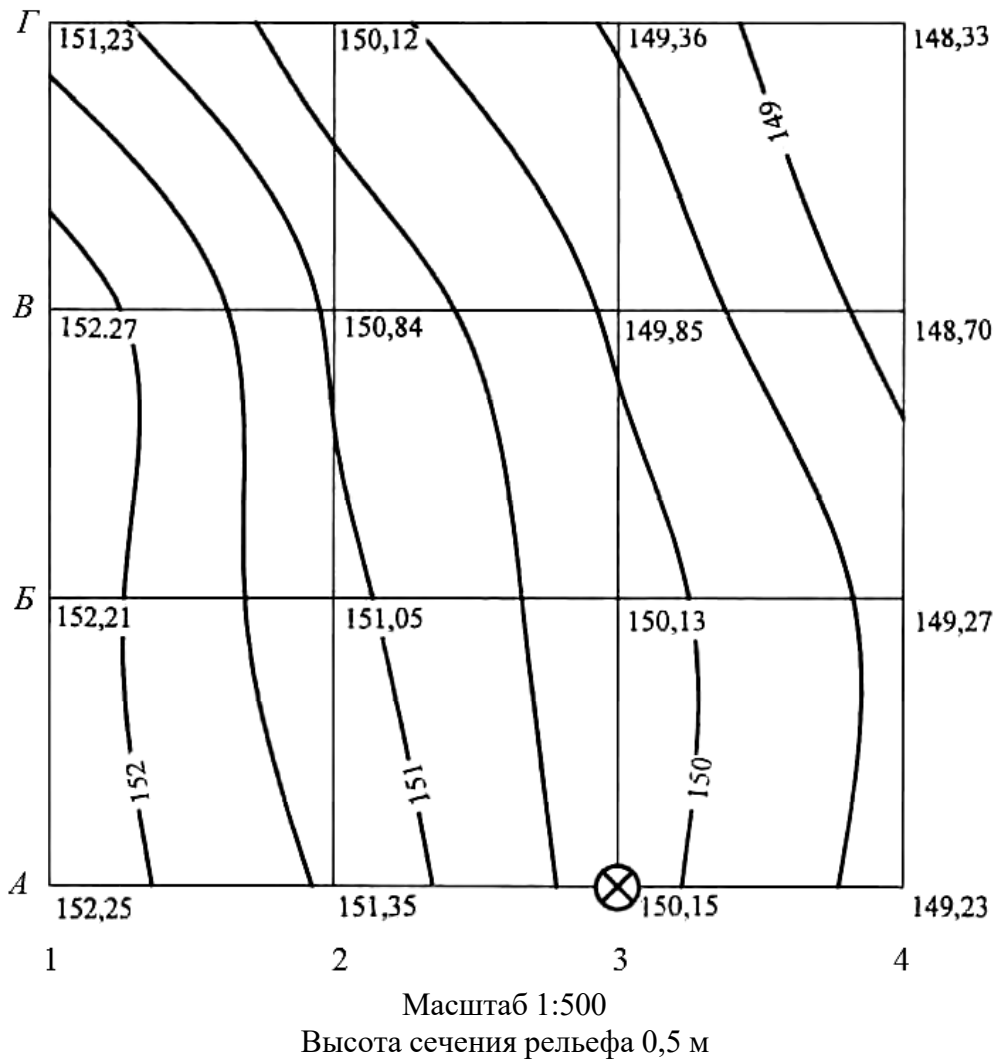


Рисунок 2 – План участка с изображением рельефа

4 Геодезические расчеты при вертикальной планировке строительного участка

Изменение существующей топографической поверхности в проектную производят при помощи горизонтальных и наклонных плоскостей. Значит, геодезические работы при вертикальной планировке состоят в разбивке на местности плоскостей, располагаемых на заданных проектных отметках и имеющих заданные проектные уклоны.

Прежде всего находят отметки проектной плоскости.

Наилучшим решением планировочных земляных работ является такое, при котором получается минимальный их объем. Следует принимать во внимание все земляные работы на площадке, в т. ч. учитывать вывоз верхнего растительного слоя и остаточные объемы земли от котлованов фундаментов, подвальных помещений, корыт железнодорожных путей и автодорог, канав, колодцев, сетей подземных коммуникаций.

Рассмотрим ситуацию, когда требуется запроектировать наклонную плоскость с соблюдением баланса земляных работ, т. е. равенства объемов насыпей и выемок.

В качестве примера расчетов возьмем участок с фактическими отметками вершин квадратов, приведенный на рисунке 3. Сторона квадрата равна 20 м.

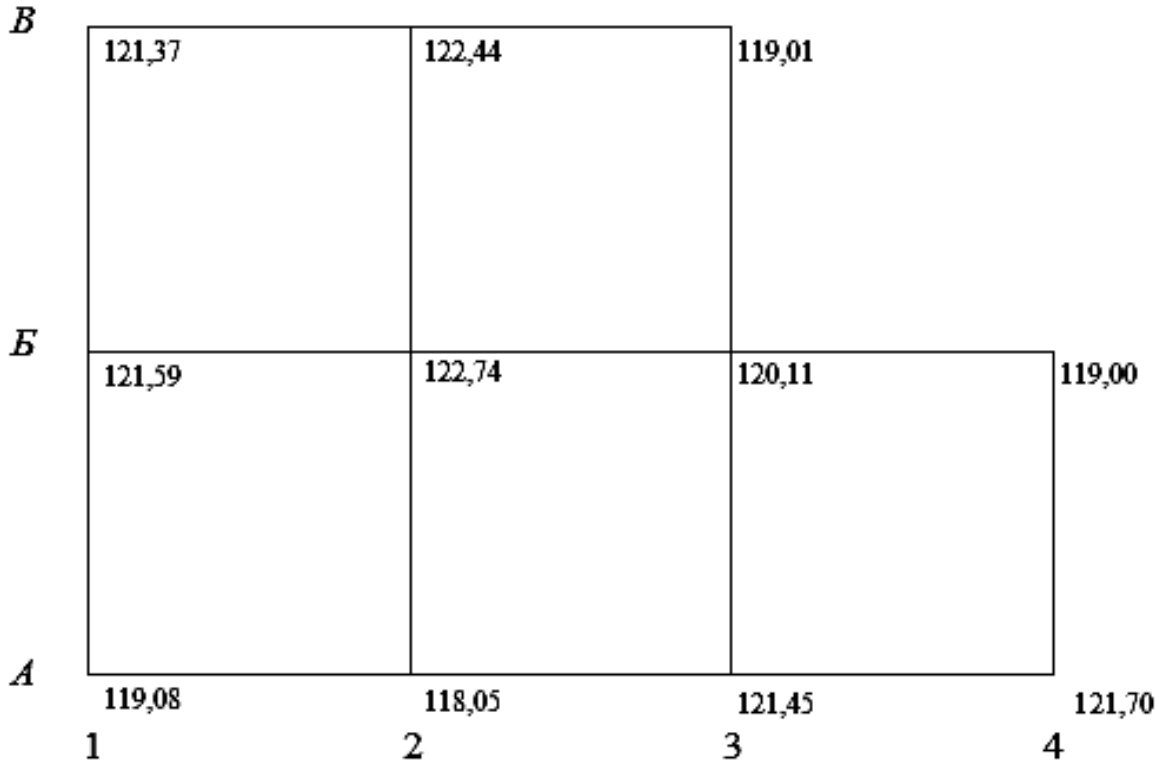


Рисунок 3 – Исходная схема участка планировки

В соответствии с задачами строительства и техническими требованиями задаются максимальный уклон и его направление. Пусть для данного примера максимальный уклон плоскости i_0 равен 5 ‰, а дирекционный угол направления максимального уклона α_0 составляет 225° .

Определяем среднюю отметку планировки H_0 исходя из баланса земляных работ. Эта отметка будет проектной для центра тяжести проектируемой наклонной плоскости. Для этого надо по каждому квадрату найти среднюю отметку его вершин. Просуммировав эти средние отметки и разделив полученную сумму на число квадратов, будем иметь проектную отметку. Математически это записывается следующим образом:

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

где $\sum H_1$, $\sum H_2$, $\sum H_3$, $\sum H_4$ – сумма отметок вершин, принадлежащих только одному квадрату, общих для двух, трех и четырех квадратов соответственно;

n – число квадратов.

Если учитывать предварительную срезку растительного слоя, то

$$H_0 = \frac{\sum(H_1 - h_{p.c}) + 2\sum(H_2 - h_{p.c}) + 3\sum(H_3 - h_{p.c}) + 4\sum(H_4 - h_{p.c})}{4n},$$

где $h_{p.c}$ – толщина растительного слоя.

Для данного примера

$$H_0 = \frac{1}{4 \cdot 5} \cdot [(119,08 + 121,37 + 119,01 + 119,00 + 121,70) + \\ + 2 \cdot (121,59 + 122,44 + 121,45 + 118,05) + 3 \cdot 120,11 + 4 \cdot 122,74] = 120,93 \text{ м.}$$

Положение центра тяжести проектируемой плоскости задают его прямоугольными координатами:

$$X_{ц.т} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad Y_{ц.т} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n},$$

где x_i, y_i – прямоугольные координаты центра тяжести отдельного квадрата.

Одну из вершин квадратов (часто левую нижнюю) принимают за начало координат и, зная длину стороны квадрата, вычисляют $X_{ц.т}$, $Y_{ц.т}$. В рассматриваемом примере за начало прямоугольных координат примем вершину $A1$ (рисунок 4).

$$X_{ц.т} = \frac{10 + 10 + 10 + 30 + 30}{5} = 18 \text{ м;}$$

$$Y_{ц.т} = \frac{10 + 10 + 30 + 30 + 50}{5} = 26 \text{ м.}$$

Составляющие уклона i_0 по осям координат

$$i_x = i_0 \cdot \cos \alpha_0; \quad i_y = i_0 \cdot \sin \alpha_0;$$

$$i_x = 0,005 \cdot \cos 225^\circ = -0,0035;$$

$$i_y = 0,005 \cdot \sin 225^\circ = -0,0035.$$

Составляющие уклона направлены: i_x от B к A ; i_y от 4 к 1 (см. рисунок 4).

Проектные отметки вершин квадратов определяются из выражения

$$H_{npj} = H_0 + i_x (X_{ц.т} - x_{ij}) + i_y (Y_{ц.т} - y_{ij}),$$

где ij – номер вершины квадрата, для которой определяется отметка, $i = A, B, B, B$; $j = 1, 2, 3, 4$;

x_{ij}, y_{ij} – прямоугольные координаты ij вершины квадрата.

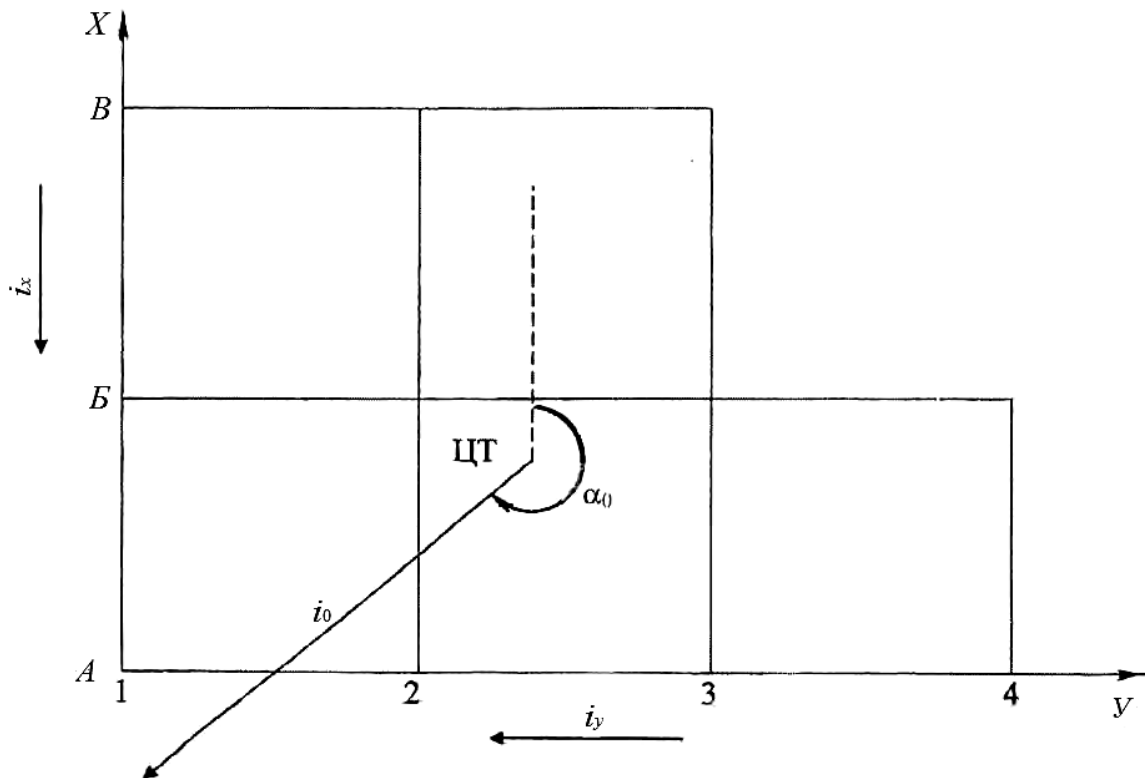


Рисунок 4 – Схема участка с обозначением центра тяжести и направления уклона

Полученные проектные отметки выписывают на схеме квадратов справа сверху у соответствующих вершин (рисунок 5).

Приступают к составлению картограммы земляных работ. Вычисляют рабочие отметки вершин квадратов как разность между проектной и фактической отметками:

$$h_p = H_{np} - H_{ф}.$$

Рабочие отметки записывают слева сверху у соответствующих вершин квадратов (см. рисунок 5). Рабочие отметки со знаком «+» указывают высоту насыпи, а со знаком «-» – глубину выемки в соответствующей точке участка.

Далее находят положение линии нулевых работ, т. е. такой линии, которая образуется при пересечении проектной плоскости с фактической поверхностью земли. Другими словами, эта линия определяет границы перехода выемок в насыпи.

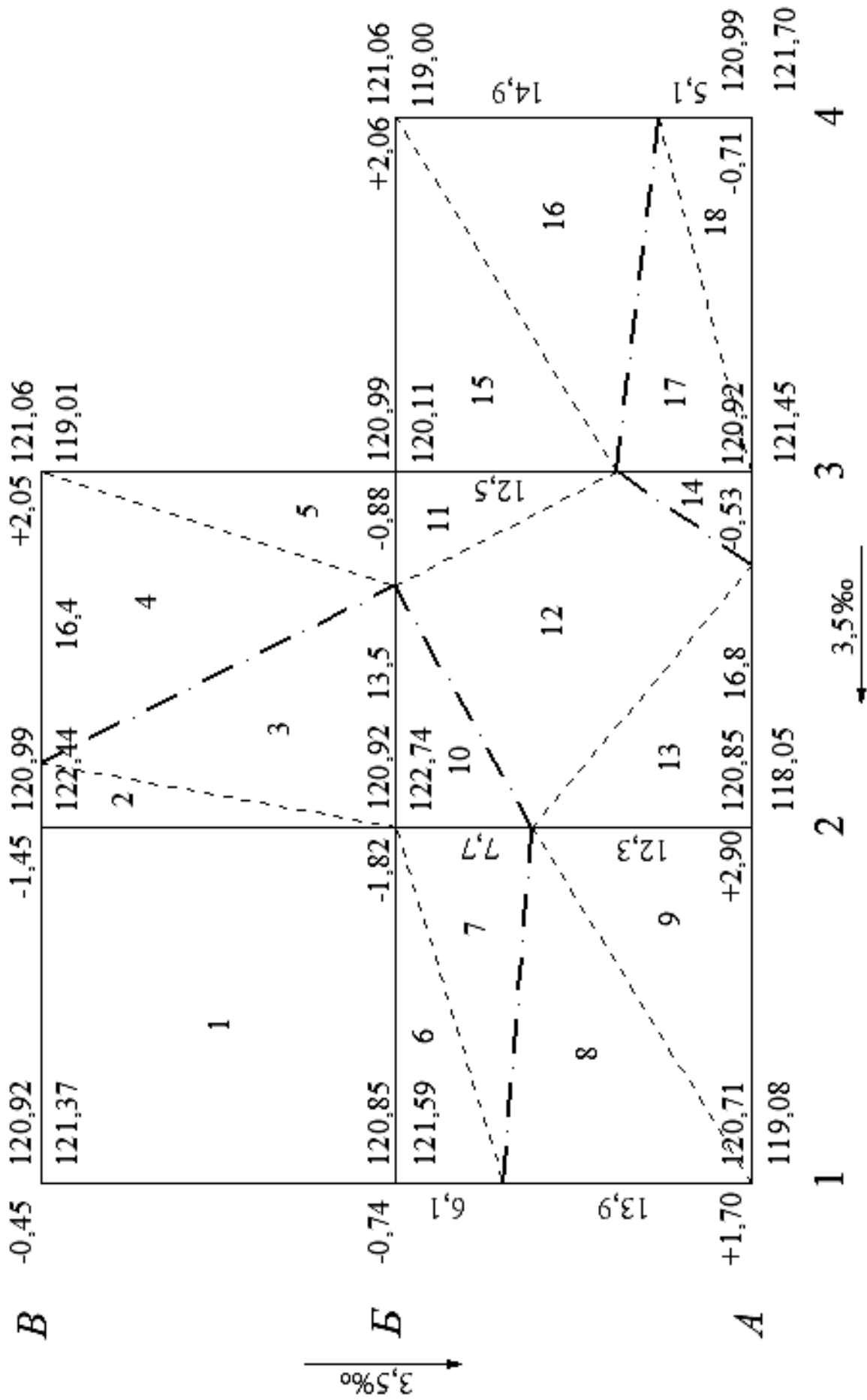


Рисунок 5 – Схема для вычисления объемов земляных работ

На сторонах квадратов, вершины которых имеют рабочие отметки с противоположными знаками, находят положения точек нулевых работ. Для данного примера это стороны $A1-B1$, $A2-B2$, $B2-B3$, $B2-B3$, $A2-A3$, $A3-B3$, $A4-B4$.

Расстояние от вершины квадрата до точки нулевых работ вычисляют по формуле

$$l_1 = \frac{a|h_{p1}|}{|h_{p1}| + |h_{p2}|},$$

где a – длина стороны квадрата, м;

h_{p1} , h_{p2} – рабочие отметки вершин рассматриваемой стороны квадрата, м.

Для контроля вычисляют и расстояние l_2 от нулевой точки до другой вершины квадрата:

$$l_2 = \frac{a|h_{p2}|}{|h_{p1}| + |h_{p2}|},$$

$$l_1 + l_2 = a.$$

Значения l_1 и l_2 , округленные до 0,1 м, выписывают на соответствующих сторонах квадратов (см. рисунок 5).

Соединив точки нулевых работ, получают линию нулевых работ. На рисунке 5 она показана штрихпунктирной линией.

После этого приступают к подсчету объемов земляных работ отдельно для насыпей и выемок. Результаты представляют в ведомости (таблица 2).

Объемы земляных работ подсчитывают по каждому квадрату или его части, принимая их как основания земляных призм. При целых квадратах (не пересекаемых линией нулевых работ) объем земляных работ по насыпям или выемкам

$$V_{н(в)} = \frac{\sum_{i=1}^4 h_{pi}}{4} \cdot a^2,$$

где $\sum h_{pi}$ – сумма рабочих отметок вершин квадрата, м.

Квадраты, пересекаемые линией нулевых работ, делят на элементарные фигуры, чаще всего треугольники. Объемы для частей вычисляют по формуле

$$V_{н(в)} = \frac{\sum_{i=1}^3 h_{pi}}{3} \cdot S,$$

где $\sum h_{pi}$ – сумма рабочих отметок вершин треугольника, м;
 S – площадь треугольника, м².

Таблица 2 – Ведомость вычисления объемов земляных работ

Номер фигуры	Площадь фигуры, м ²	Средняя рабочая отметка, м	Объем земляных работ, м ³	
			Насыпь (+)	Выемка (-)
1	400,0	- 1,12		448,0
2	36,0	- 1,09		39,2
3	135,0	- 0,61		82,4
4	164,0	+0,68	111,5	
5	65,0	+0,98	63,7	
6	61,0	- 0,85		51,9
7	79,0	- 0,61		48,2
8	139,0	+0,57	79,2	
9	121,0	+1,50	181,5	
10	53,3	- 0,61		32,5
11	40,6	+0,29	11,8	
12	192,5	0,00	0,0	
13	101,6	+0,93	94,5	
14	12,0	- 0,18		2,2
15	125,0	+0,98	122,5	
16	149,0	+0,69	102,8	
17	75,0	- 0,18		13,5
18	51,0	- 0,41		20,9
Сумма	2000		767,5	738,8

После подсчета отдельных объемов вычисляют общие объемы насыпи и выемки и сводят баланс земляных работ, т. е. определяют избыток или недостаток грунта:

$$\Delta V_{изб} = \sum V_n - \sum V_v;$$

$$\Delta V_{изб} = 767,5 - 738,8 = 28,7 \text{ м}^3.$$

Относительная величина избыточного объема грунта не должна превышать 5 %.

$$\frac{\Delta V_{изб}}{\sum V_{н(в)}} = \frac{28,7}{767,5} = 0,037 = 3,7 \text{ \%}.$$

В знаменателе подставляется наибольшая величина из суммарных объемов насыпи или выемки.

При необходимости в полученные основные объемы земляных работ вводят поправки отдельно для зоны насыпи и зоны выемки. Поправки по объемам земли, вытесняемой фундаментами, вводят по данным проектов отдельных зданий и сооружений или ориентировочно по формуле

$$\Delta V_{\text{фунд}} = \omega_3 \cdot k_3 \cdot h_{\text{фунд}}^{\text{сп}} \cdot p,$$

где ω_3 – площадь зоны насыпи или выемки, м²;

k_3 – коэффициент застройки;

$h_{\text{фунд}}^{\text{сп}}$ – средняя глубина фундамента, м;

p – коэффициент, учитывающий наличие подвальных помещений.

Полученные поправки добавляют к объему выемки и вычитают из объема насыпи.

Если баланс земляных работ не выполняется, т. е. разность между объемами насыпи и выемки превышает 5 %, необходимо произвести корректировку средней отметки планировки:

$$h_{\text{кор}} = \pm \frac{\Delta V_{\text{изб}}}{S_{\text{пл}}},$$

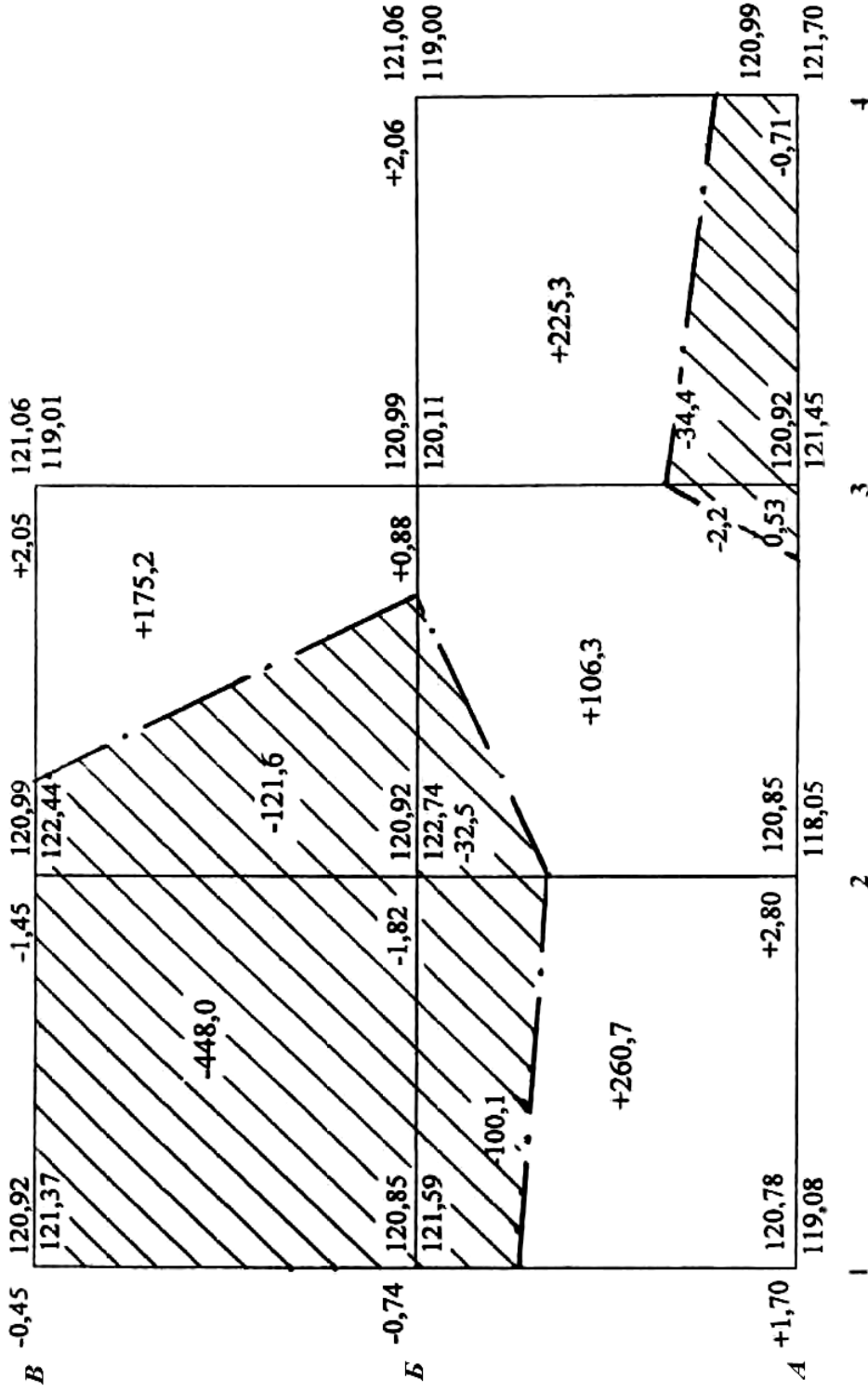
где $S_{\text{пл}}$ – площадь участка планировочных работ, м².

Откорректированная отметка

$$H_{\text{нов}} = H_0 \pm h_{\text{кор}}.$$

Составляют картограмму земляных работ (рисунок 6). Внутри квадратов или их частей записывают объемы земляных работ с соответствующими знаками. Зону выемок штрихуют.

В выполненной расчетно-графической работе должны быть представлены: обработанный журнал нивелирования поверхности по квадратам; план участка с изображением рельефа; схема участка к вычислению объемов земляных работ; ведомость вычисления объемов земляных работ; картограмма земляных работ. Должны быть даны необходимые пояснения и расчеты.



Насыпь	260,7	281,5	225,3	Итого 767,5
Выемка	548,1	156,3	34,4	Итого 738,8

Масштаб 1:500

Рисунок 6 – Картограмма земляных работ

5 Оформление работы

Работа выполняется на листах писчей бумаги формата А4, на которых должны быть рамки и основные надписи в соответствии с СТБ 2255–2012 *Система проектной документации для строительства. Основные требования к документации строительного проекта*. Оформление пояснительной записки должно соответствовать ГОСТ 2.105–95 *Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам*.

Работа включает пояснительную записку, план участка в горизонталях, картограмму земляных работ.

В пояснительной записке необходимо указать, для чего выполняется вертикальная планировка, привести размеры участка и стороны квадрата. Затем дать обработанный журнал нивелирования поверхности по квадратам и вычисление невязок при уравнивании нивелирного хода.

На отдельном листе формата А4 приводится план строительного участка в горизонталях в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м.

В записке следует указать исходные данные, пояснить все расчеты по вертикальной планировке и привести необходимые для них формулы с расшифровкой символов. При этом надо дать вычисления средней отметки планировки исходя из баланса земляных работ; координат центра тяжести проектируемой плоскости; составляющих уклона по осям координат. Остальные вычисления в записке не приводятся, а их результаты помещаются на схеме к вычислению объемов земляных работ.

Далее приводятся ведомость вычисления объемов земляных работ и расчет избыточного объема грунта.

На отдельном листе формата А4 необходимо дать картограмму земляных работ в масштабе 1:500.

Список литературы

1 Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. – Минск : Вышэйшая школа, 2011. – 463 с.