

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Инженерно- геодезическое
проектирование

Вспомогательные материалы к курсовой работе

«Геодезическое проектирование вертикальной планировки строительных площадок и населенных пунктов»

Основная часть, включает два раздела:

1. Геодезическое проектирование вертикальной планировки строительных площадок с вычислением объёмов земляных работ различными способами для горизонтальной и наклонной площадок.
2. Геодезическое проектирование вертикальной планировки поселения .

Исходные данные:

Материалы нивелирования строительной площадки по
квадратам.

62	65	65	64	65	70	K=0
63	63	61	58	57	57	1
57	61	60	56	51	46	2
46	53	50	47	46	39	3
38	48	42	40	42	41	4
34	36	37	35	36	38	5
30	31	34	33	36	37	6
25	25	26	33	33	35	7
19	17	22	25	28	35	8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16

160 м

Для индивидуализации задания в исходные высоты необходимо ввести поправку

$$\Delta H = \pm 0.05 \text{ см} \cdot K \cdot N$$

где K номер ряда от 0 до 16 ,

N- номер варианта, выдается преподавателем, знак поправки для 31 группы «+» .

Проектирование вертикальной планировки строительных площадок с вычислением объёмов земляных работ различными способами

1. Составить план строительной площадки размером 100x160 м в масштабе 1:1000. Подписать относительные высоты вершин квадратов в соответствии со своим индивидуальным вариантом.

2. Вычислить высоту проектной горизонтальной плоскости, как среднее весовое значение из относительных высот вершин квадратов, обеспечивающую баланс объёмов земляных работ, по формуле

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n} \quad \text{где}$$

H_j - высоты вершин квадратов из

технического нивелирования; 1, 2, 3, 4 –
цифры указывают число квадратов смежных в
данной вершине;

Вычисление проектной высоты

Обозначения	Значения
$\sum H_1$	
$2 \sum H_2$	
$3 \sum H_3$	
$4 \sum H_4$	
$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}$	

3. Вычислить рабочие отметки вершин квадратов по формуле

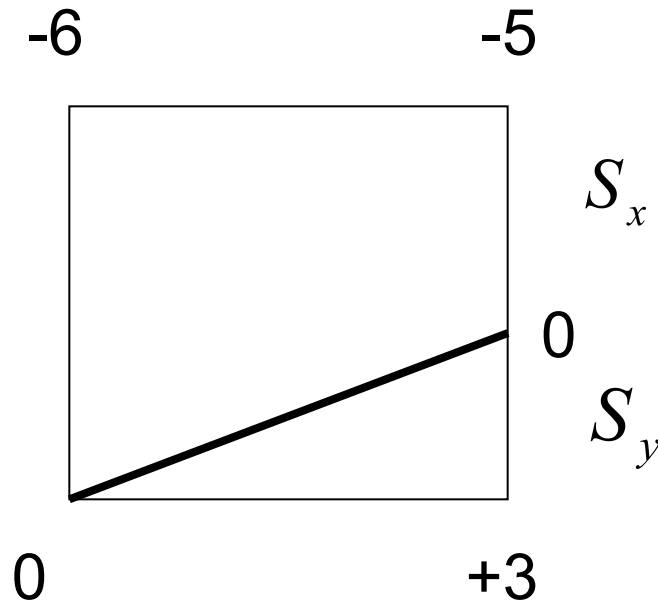
$$h_i = H_{\text{ПР}} - H_i$$

и подписать рабочие отметки на плане.

Знак минус у рабочей отметки показывает выемку, знак плюс - насыпь.

4. Рассчитать расстояния от вершин квадратов до точек нулевых работ и нанести линию нулевых работ на план. Линия нулевых работ проходит через вершину квадрата, если его рабочая отметка равна нулю. Линия нулевых работ пересекает ту сторону квадрата, на концах которой рабочие отметки имеют разные знаки. Выше линии нулевых работ находится выемка, ниже насыпь.

Расчет положения линии нулевых работ



$$S_x = \frac{|h_1|}{|h_1| + |h_2|} \cdot a$$

$$S_y = \frac{|h_2|}{|h_1| + |h_2|} \cdot a$$

где h_1, h_2 — рабочие отметки на смежных вершинах квадратов, взятые по модулю,

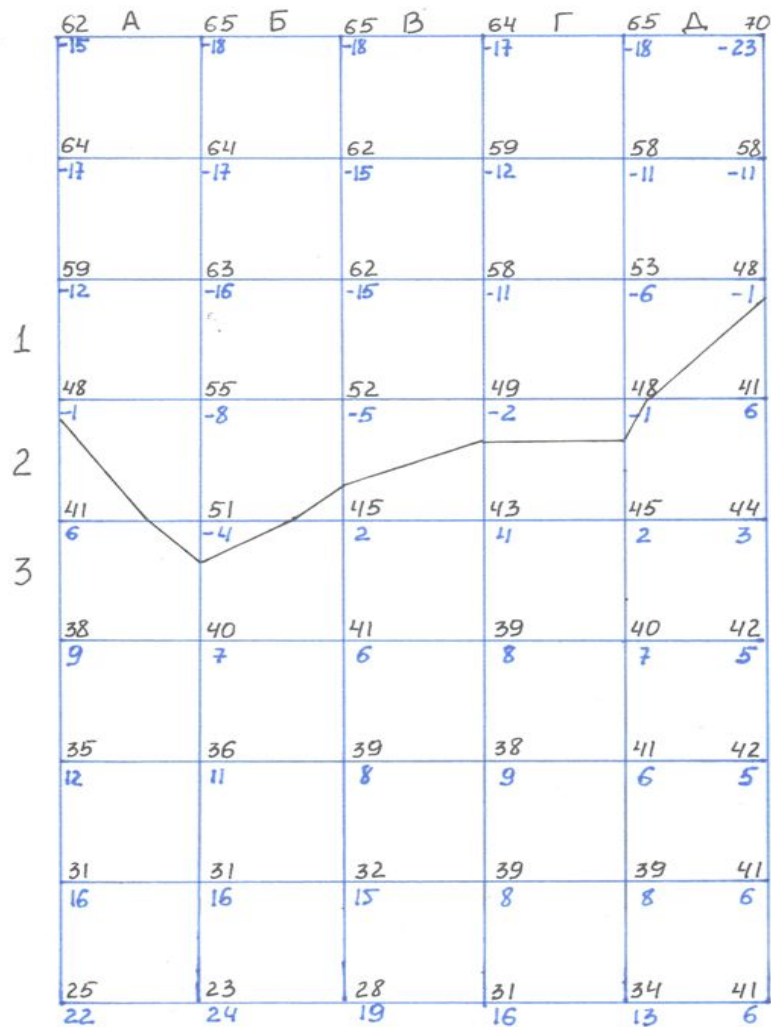
a — длина стороны квадрата, равная 20 м.

$$S_x + S_y = 20 \text{ м.}$$

5. Вычислить объемы земляных работ по выемке и насыпи для полных квадратов. Для этого на схеме выделить участок, содержащий полные квадраты и не разделенные линией нулевых работ, выемки и насыпи. Объемы земляных работ вычислить по формуле:

$$V_{\Pi} = \frac{a^2 \left(\sum h_1 + 2 \sum h_2 + 3 \sum h_3 + 4 \sum h_4 \right)}{4}$$

Схема вычисления объемов земляных работ
способом квадратных призм.



Масштаб 1:1000

Схема вычисления объемов земляных работ
 способом обратных призм



Вычисление объемов земляных работ для выемки и насыпи по полным квадратам

Обозначения	Для выемки	Для насыпи
Σh_1	65	60
$2 \Sigma h_2$	360	370
$3 \Sigma h_3$	30	24
$4 \Sigma h_4$	572	560
Объем, куб.м.	1027	1014

Вычислить объемы земляных работ для каждого из неполных квадратов по формуле

$$V_{НП} = P \cdot h_{CP}$$

№ квадрата	Выемка			Насыпь		
	Площадь кв. м	Средняя рабочая высота, м	Объем, куб. м.	Площадь, кв. м	Средняя рабочая высота, м	Объем, куб. м.
А4	289	0,04	10,8	111	0,02	1,9
Б4	378	0,05	18,0	22	0,03	0,1
В4	303	0,03	9,8	97	0,01	1,0
Г4	285	0,02	6,4	115	0,01	1,2
Д4	91	0,01	1,2	309	0,01	3,7
Д3	368	0,04	14,0	32	0,01	0,3
Всего:			60,2			8,2

7. Вычислить объемы земляных работ в целом на строительной площадке. Для этого сложить объемы, полученные для полных и неполных квадратов, соответственно, по выемке и по насыпи. Полученные объемы должны быть равны, допускается расхождение, величина которого должна находиться в интервале

$$\Delta V_{\text{ДОП}} = \delta H_{\text{ПР}} a^2 n \pm \Delta V_{\text{СЛ}}$$

где $\delta H_{\text{ПР}}$ -ошибка округления проектной высоты, в м.,

$\Delta V_{\text{СЛ}}$ -случайная ошибка этого способа, равная 10 кубическим метрам.

При допустимом расхождении объемов насыпи и выемки найти средний объем земляных работ

$$V_{CP} = \frac{(V_B + V_H)}{2}$$

Проектирование с вычислением объемов земляных работ способом суммирования рабочих отметок центров тяжести квадратов.

1. Составить план участка, выписав на него высоты центров тяжести квадратов из исходных данных.

2. Вычислить проектную высоту горизонтальной плоскости, обеспечивающую баланс земляных работ по формуле

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^n H_{\text{цт}_{\text{кв}}i}}{n}$$

где $H_{\text{цт}_{\text{кв}}i}$ - высоты центров тяжести квадратов.

3. Вычислить рабочие отметки центров тяжести квадратов по формуле

$$h_i = H_{\text{ПР}} - H_i$$

4. Провести на плане линию нулевых работ, ее положение получить интерполированием по рабочим отметкам центров тяжести квадратов.

5.

Вычислить объемы выемки и насыпи по формуле

$$V = a^2 \sum h_{\text{ЦТ}_i}$$

СХЕМА ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ
СПОСОБОМ СУММИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ОТМЕТОК
ЦЕНТРОВ ТЯЖЕСТИ КВАДРАТОВ
(ПРИЛОЖЕНИЕ II)

63 -22	64 -23	62 -21	61 -20	62 -21
60 -19	60 -19	58 -17	55 -14	52 -14
52 -11	54 -13	51 -10	48 -7	44 -3
43 -2	45 -4	43 -2	42 -1	40 1
35 6	37 4	35 6	35 6	36 5
30 11	32 9	32 9	32 9	34 7
24 17	21 20	28 13	31 10	31 10
17 24	19 22	24 17	27 14	28 13

6. Сравнить объемы выемки и насыпи
($\Delta V_{сл} = 15$ куб.м)

$$\Delta V_{доп} = \delta H_{пр} a^2 n \pm \Delta V_{сл}$$

7. При их допустимом расхождении
найти средний объем земляных работ
на объекте

$$V_{ср} = \frac{(V_B + V_H)}{2}$$

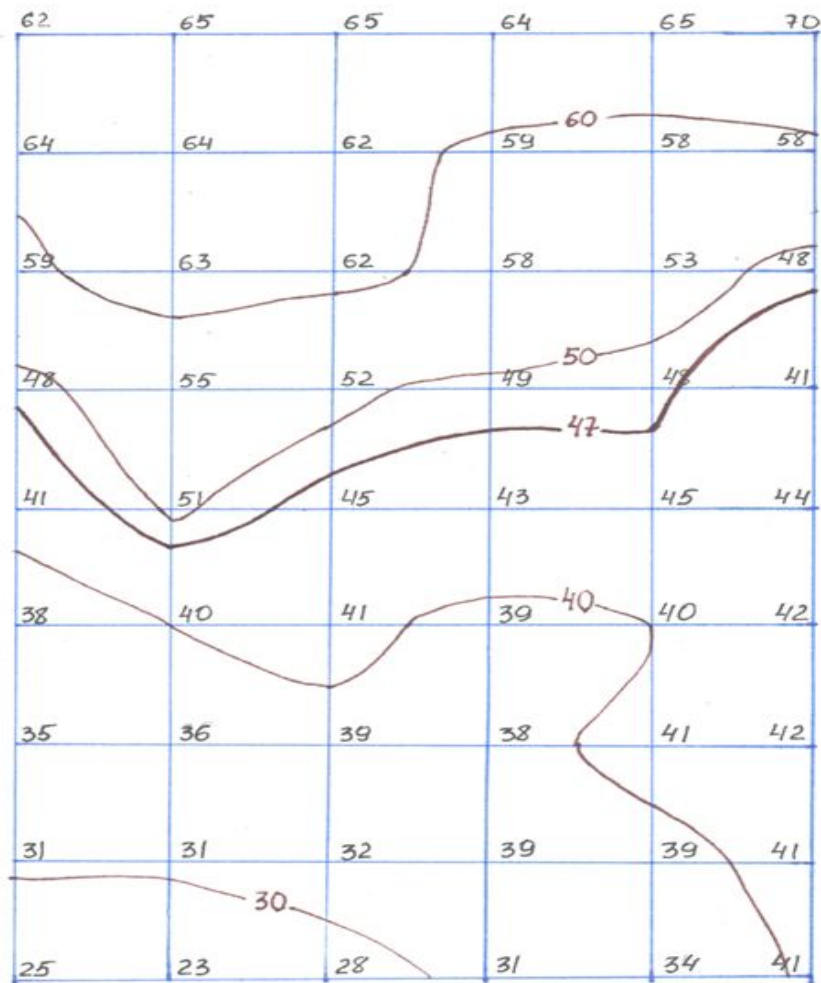
Проектирование с вычислением объемов земляных работ способом горизонтальных пластов:

- 1) составить топографический план исходного участка, горизонтали провести через 10 см;
- 2) вычислить высоту проектной горизонтальной плоскости, обеспечивающую баланс земляных работ, по формуле

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$$

Где H_i - высоты точек (вершин квадратов) из технического нивелирования;

4) провести линию нулевых работ, соответствующую горизонтали с высотой, равной $H_{ПР}$;



Масштаб 1:1000
 $\mu_{\text{сеч}} = 0.1\text{м}$

5) планиметром, предварительно установив цену деления, измерить площади горизонтальных сечений, ограниченных линией нулевых работ, каждой горизонталью и границами участка отдельно по выемке и насыпи.

Название пласта	отсчеты по планиметру	разность отсчетов n_i	Средняя разность отсчетов $u = n_i - n_{i+1}$	Площадь Пласта P_i , кв.м.	$P/2^*$ или $\frac{P_i + P_{i+1}}{2}$	Высота пласта h_{P_i} , м.	Объем V, куб.м
ВЫЕМКА							
край -41	7921 6876 5831	1045 1045	1045	3762	3192	0,09	287
Край- 50	9231 8502 7776	729 726	728	2621	2314	0,1	231
Край -60	0625 0067 9509	558 558	558	2008	1004*	0,04	40
НАСЫПЬ							
Край - 41	8752 7575 6398	1177 1177	1177	4237	3873	0,01	39
Край - 40	0960 9985 9010	975 975	975	3510	3150	0,1	315
Край – 30	0560 9785 9010	775 775	775	2790	1782	0,1	178
Край - 20	0700 0585 0470	115 115	215	774	387*	0,03	12

В примере объем выемки составил 558 куб. м., насыпи – 544 куб.м. Допустимое расхождение составило \pm 8 20 куб.м.

Название пласта	n_i отсчеты по планиметру	$u = n_i - n_{i+1}$ разность отсчетов	Средняя разность отсчетов	Площадь Пласта P_i , кв.м.	$\frac{P_i + P_{i+1}}{2}$ или $P/2^*$	Высота пласта h_P , м.	Объем V , куб.м
ВЫЕМКА							
край -41	7921 6876 5831	1045 1045	1045	3762	3192	0,09	287
Край- 50	9231 8502 7776	729 726	728	2621	2314	0,1	231
Край -60	0625 0067 9509	558 558	558	2008	1004*	0,04	40
НАСЫПЬ							
Край - 41	8752 7575 6398	1177 1177	1177	4237	3873	0,01	39
Край - 40	0960 9985 9010	975 975	975	3510	3150	0,1	315
Край – 30	0560 9785 9010	775 775	775	2790	1782	0,1	178
Край - 20	0700 0585 0470	115 115	215	774	387*	0,03	12
<p>В примере цена деления планиметра $C = 3,600$, при длине обводного рычага $R = 120$ мм.</p> <p><u>Объем выемки составил 558 куб. м., насыпи – 544 куб. м. Допустимое расхождение, рассчитанное по формуле (9), составило 8 ± 20 куб.м.</u></p>							

6) вычислить объемы земляных работ по каждому пласту между двумя горизонтальными сечениями по формуле:

$$V = \frac{P_1 + P_2}{2} h_{\text{п}}$$

где P_1 и P_2 площади горизонтальных сечений, $h_{\text{п}}$ – высота пласта.

В случае необходимости уточнения результатов можно применить для подсчета объема пласта более точную формулу:

$$V = \frac{P_1 + P_2 + \sqrt{P_1 P_2}}{3} h_{\text{п}}$$

7. Сравнить объемы выемки и насыпи
($\Delta V_{сл}$) = 20 куб.м)

$$\Delta V_{доп} = \delta H_{пр} a^2 n \pm \Delta V_{сл}$$

8. При их допустимом расхождении
найти средний объем земляных работ
на объекте

$$V_{ср} = \frac{(V_B + V_H)}{2}$$

Геодезическое проектирование вертикальной планировки наклонной площадки с вычислением объемов земляных работ способами квадратных призм и изораб

Геодезическое проектирование вертикальной планировки необходимо выполнять с соблюдением следующих условий:

- минимум земляных работ;
- баланса земляных работ;
- наклона площадки, обеспечивающего сток поверхностных вод.

Работа выполняется в следующем порядке:

1. Вычислить значение
уклона по стороне квадрата
 $i_1 = (63 - 62) / 2000 = 0,0005$

$$i_2 = (57 - 63) / 2000 = -0,003$$

$$i_3 = (46 - 57) / 2000 = -0,0055$$

$$i_4 = (38 - 46) / 2000 = -0,004$$

Такие уклоны вычислить по
всем сторонам квадратов.
Затем вычислить
фактические средний
продольный и поперечный
уклоны строительной
площадки.

62	65	65	64	65	70
63	63	61	58	57	57
57	61	60	56	51	46
46	53	50	47	46	39
38	48	42	40	42	41
34	36	37	35	36	38
30	31	34	33	36	37
25	25	26	33	33	35
19	17	22	25	28	35

2. Установить проектные значения продольного и поперечного уклонов площадки.

Значение проектного уклона для обеспечения естественного стока должно быть не менее 0,005. Для обеспечения уменьшения объемов земляных работ проектные уклоны площадки принимают максимально приближенными к средним фактическим уклонам участка. При этом если значения средних фактических уклонов (или одного из уклонов) превышают 0,005, то их принимают за проектные. Если оба средних фактических уклона меньше 0,005, то значение проектного уклона по одному из направлений, которое ближе к допустимому, принимают равным 0,005, а по второму за проектное принимают фактическое.

3. Проектные отметки (высоты) вершин квадратов для наклонной площадки вычислить используя проектные уклоны и проектную высоту исходной точки. Для обеспечения баланса земляных работ за исходную точку взять центр тяжести участка придав ей проектную высоту, равную $H_{ПР}$, вычисленную для горизонтальной плоскости.

4. Вычислить рабочие отметки вершин квадратов по формуле

$$h_i = H_{ПР} - H_i$$

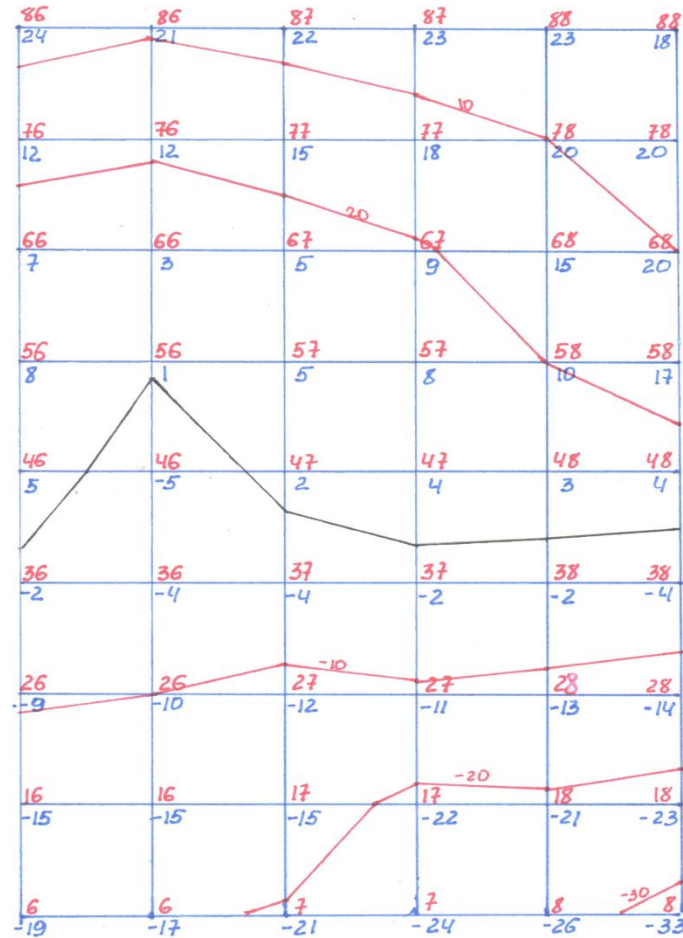
и выписать их на план.

5. Провести на плане линию нулевых работ.

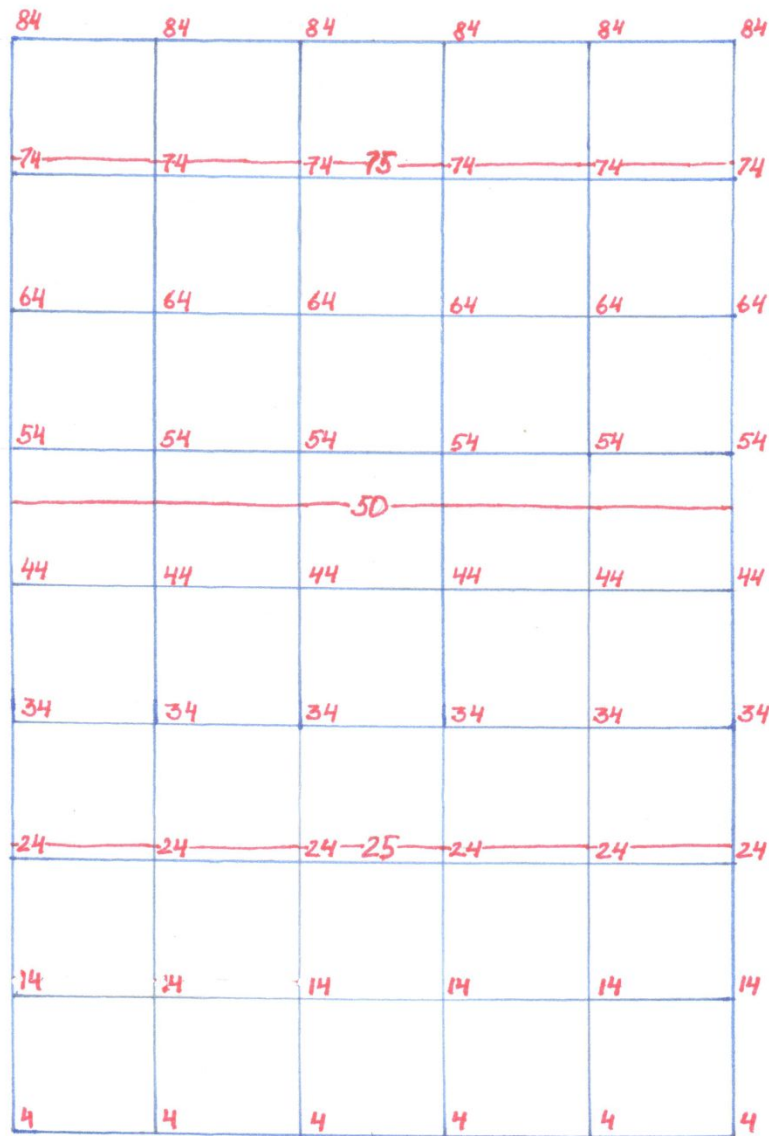
6. Вычислить объемы земляных работ способом квадратных призм .

-
- 7. Вычислить объемы земляных работ способом горизонтальных пластов. Для этого на план нанести изорабы - линии равных рабочих отметок через 10 см. Положение изораб на сторонах квадратов получить интерполированием по рабочим отметкам их вершин также, как это делается для горизонталей.
 - 8. Изобразить проектный рельеф способом красных горизонталей. Для этого на план выписать проектные высоты всех вершин и выполнить интерполирование проектных горизонталей на сторонах квадратов с сечением через 0,25 м. (25 см). Проектные горизонтали должны представлять собой прямые линии.
 - 9. Составить таблицу с результатами расчетов объемов земляных работ по наклонной площадке и сравнить их.
-

Схема вычисления объемов земляных работ по рабочим отметкам

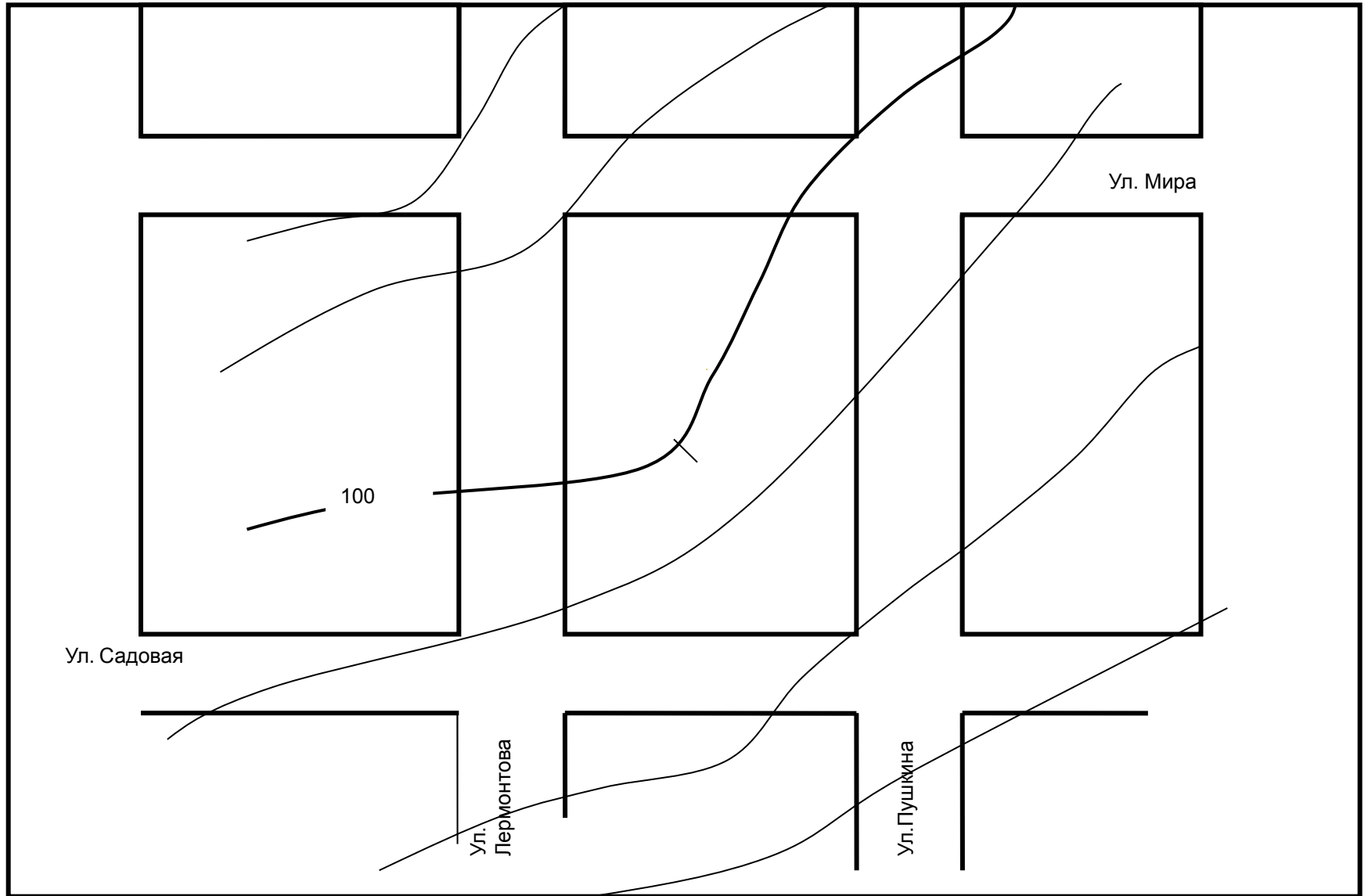


Масштаб 1:1000



Масштаб 1:1000
 $h_{\text{сет}} = 0,25 \text{ м}$

Фрагмент генерального плана



Масштаб 1:2000

Высота сечения рельефа через 0,5 м

Расчет проектных и рабочих отметок

По выбранному уклону вычисляют проектные отметки у всех точек профиля, пользуясь формулами (1.5) и (1.8):

$$H_{k+1} = H_k + h = H_k + is. \quad (6.11)$$

Разности между проектными и фактическими отметками называются рабочими отметками, выписывают на профиле: у выемок — под проектной линией, у насыпей — над проектной линией.

Точки пересечения проектной линии с линией профиля называют точками нулевых работ, потому что в них нет ни насыпей, ни выемок, а рабочие отметки их равны нулю.

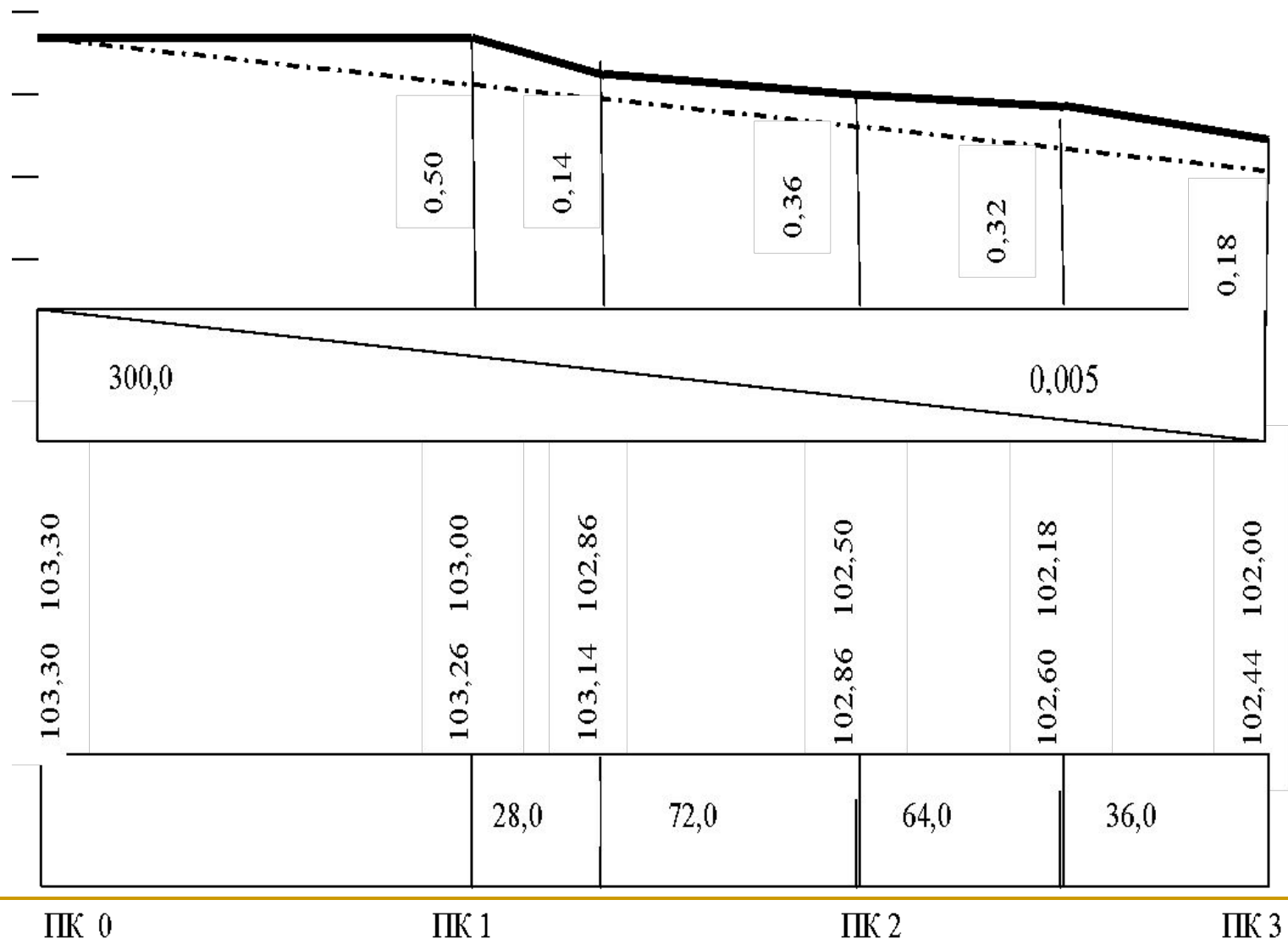
Отметка точек нулевых работ

Расчет проектных высот продольного профиля улицы Мира

Название точек на профиле	Расстояние между точками (D), м.	Проектный уклон (i_{PP})	Превышение, м. $h_{PP} = i_{PP}D$	Проектная высота H_{PP} , м.	Высота земли $H_З$, м.	Рабочая от-метка $r_i = H_{PP} - H_З$, м.
ПК 0		-0,005		103,50	103,50	0
	100		-0,50			
ПК 1				103,00	103,26	-0,26
	28		-0,14			
ПК 1+28				102,86	103,14	-0,28
	72		-0,36			
ПК 2				102,50	102,86	-0,36
	64		-0,32			
ПК 2+64				102,18	102,60	-0,42
	36		-0,18			
ПК 3			102,00	102,44	-0,44	

Примечание: проектная высота ПК 0 и проектный уклон задаются проектировщиком.

Продольный и проектный профиль оси улицы Мира



Вычисление отметок точек нулевых работ

Отметки точек нулевых работ вычисляют по формуле (6.11). Например, отметка точки нулевых работ между ПК 1 и ПК 2 будет $H_1 = H_{\text{ПК 1}} + ix$. Здесь x — горизонтальное проложение от ПК 1 до этой точки. Его вычисляют, исходя из подобия треугольников, у которых основаниями являются рабочие отметки r_1 и r_2 , а высотами x и $s - x$:

$x/(s - x) = r_1/r_2$, откуда $x = \frac{r_1}{r_1 + r_2} s$. В нашем случае

Оформление проектной линии на профиле

Результаты проектирования на профиле оформляют: проектную линию, уклоны в тысячных, проектные и рабочие отметки — красной тушью; нулевые отметки, вертикальные линии от точек нулевых работ до условного горизонта, отметки точек нулевых работ до ближайших точек профиля (x и $s-x$) — синей тушью.

Продольный профиль по ул. 8 Марта

МГ = 1:2000

МВ = 1:100

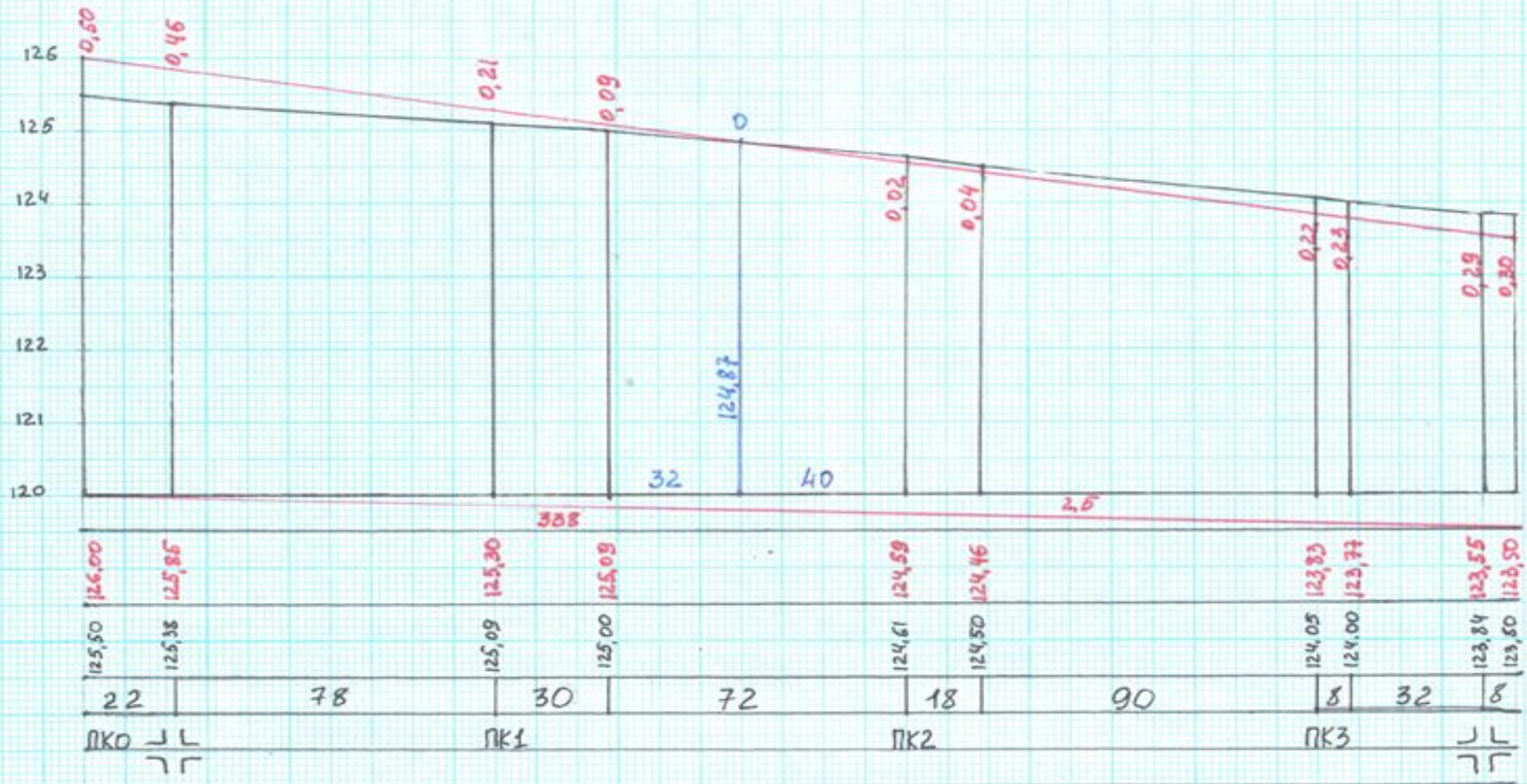


Таблица - Вычисление объемов земляных работ без учета типовых поперечников по улице Мира

№ пикета	Рабочие отметки, м.		Длина участка, м.	Площадь участка, Кв.м.		Ширина Улицы. М.	Объем земработ Куб.м.	
	<i>выемка</i>	<i>насыпь</i>		<i>выемка</i>	<i>насыпь</i>		<i>выемка</i>	<i>Насыпь</i>
ПК 0		0			0	20		0
ПК 1		0,26	100		13	20		260
ПК1+28		0,28	28		27	20		540
ПК 2		0,36	72		32	20		640
ПК2+64		0,42	36		39	20		780

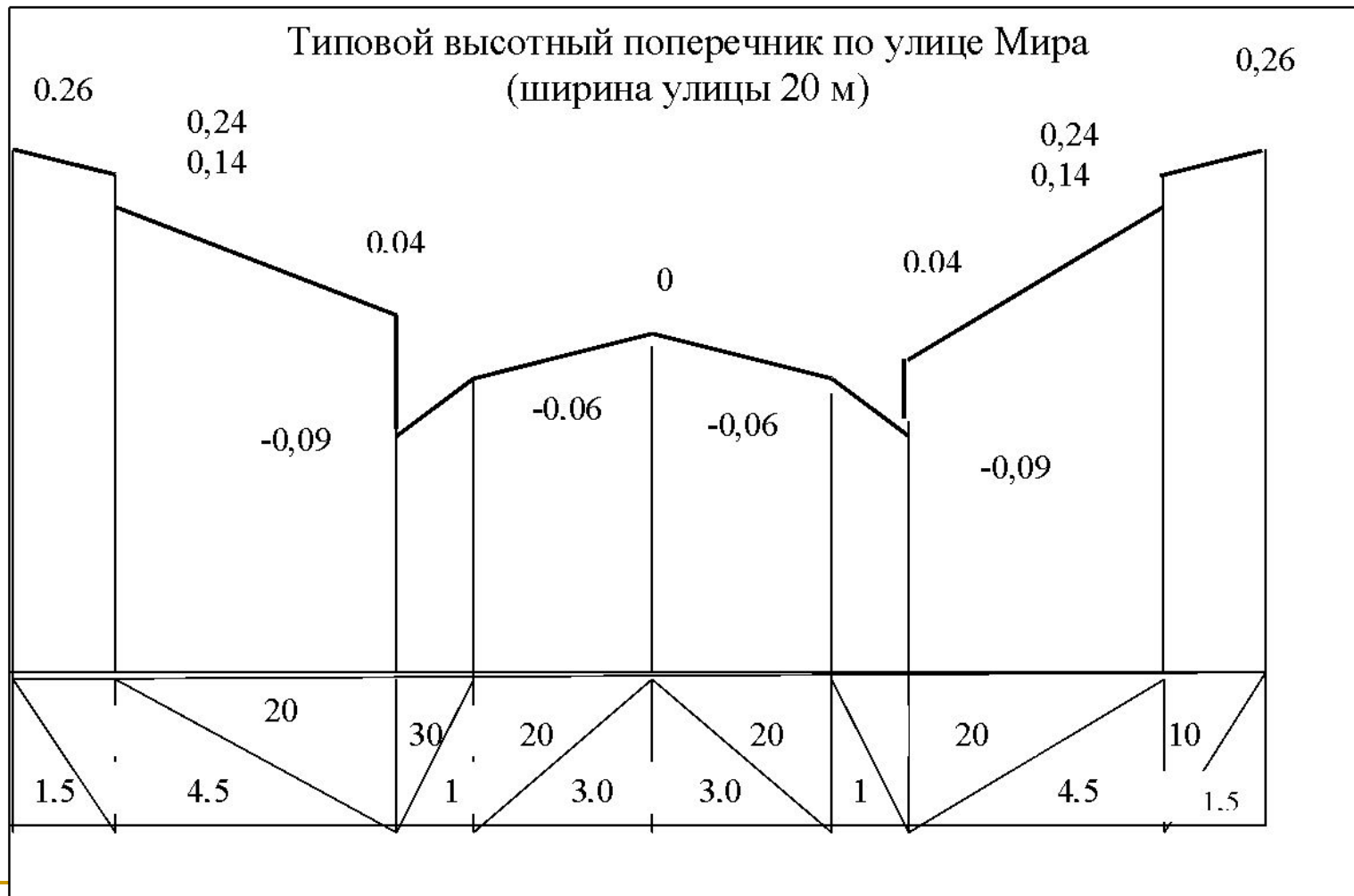
Таблица 6- Размеры горизонтальных элементов улиц, в метрах.

Наименование элементов улиц	Назначение				
	дороги 1 гр.	дороги 2 гр.	Главные улицы	Жилые улицы	Проезды
Ширина проезжей части	4,5-6,0	3,5	6,0-7,0	3,5	2,6-3,5
Тротуары	-	1,5	1,5-3,0	1,0-1,5	1,0
Полоса зеленых насаждений	2,0-5,0	2,25-3,0	4,5-7,0	2,25-3,25	-
Кюветы	1,5	1,5	-	-	-
Резервная полоса	1,0	0,5	0,5-1,0	0,5	1,0
Обочины	2,0-2,25	1,0	0,5-1,0	0,5	1,0
Общая ширина улицы	20-27	14-20	18-27	12-18	9-12
Примечание: На главных жилых улицах и проездах предусмотреть бордюры по краю проезжей части высотой 0,15 м. по краю тротуара высотой 0,10 м.					

Таблица 7 - Значения поперечных уклонов элементов улиц.

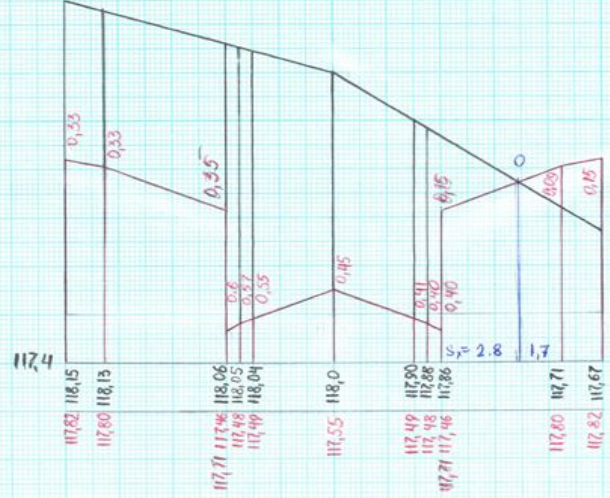
Наименование элементов улиц	Поперечные уклоны	Примечание
Проезжая часть	0,015-0,045	В зависимости от продольного профиля и покрытия дорог
Обочины	0,03-0,06	- " -
Тротуары	0,01-0,03	- " -
Полоса зеленых насаждений	Более 0,01	- " -

Построение типовых высотных поперечников улиц



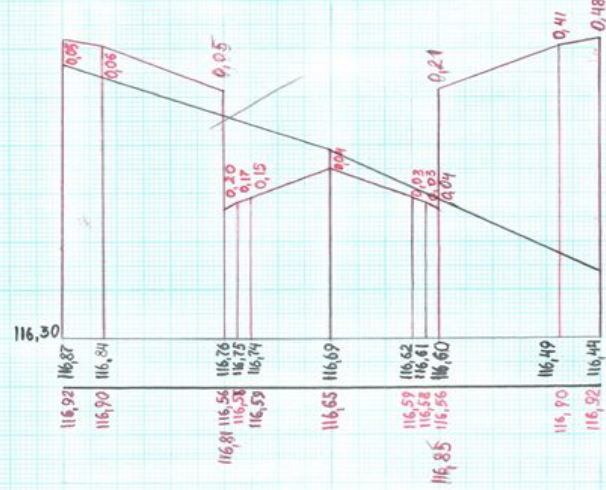
улица Восточная

ГКО



$$S_k = \frac{0.15}{0.15 + 0.08} \cdot 4,5 \text{ м} = 2,8 \text{ м}$$

ГКО+50



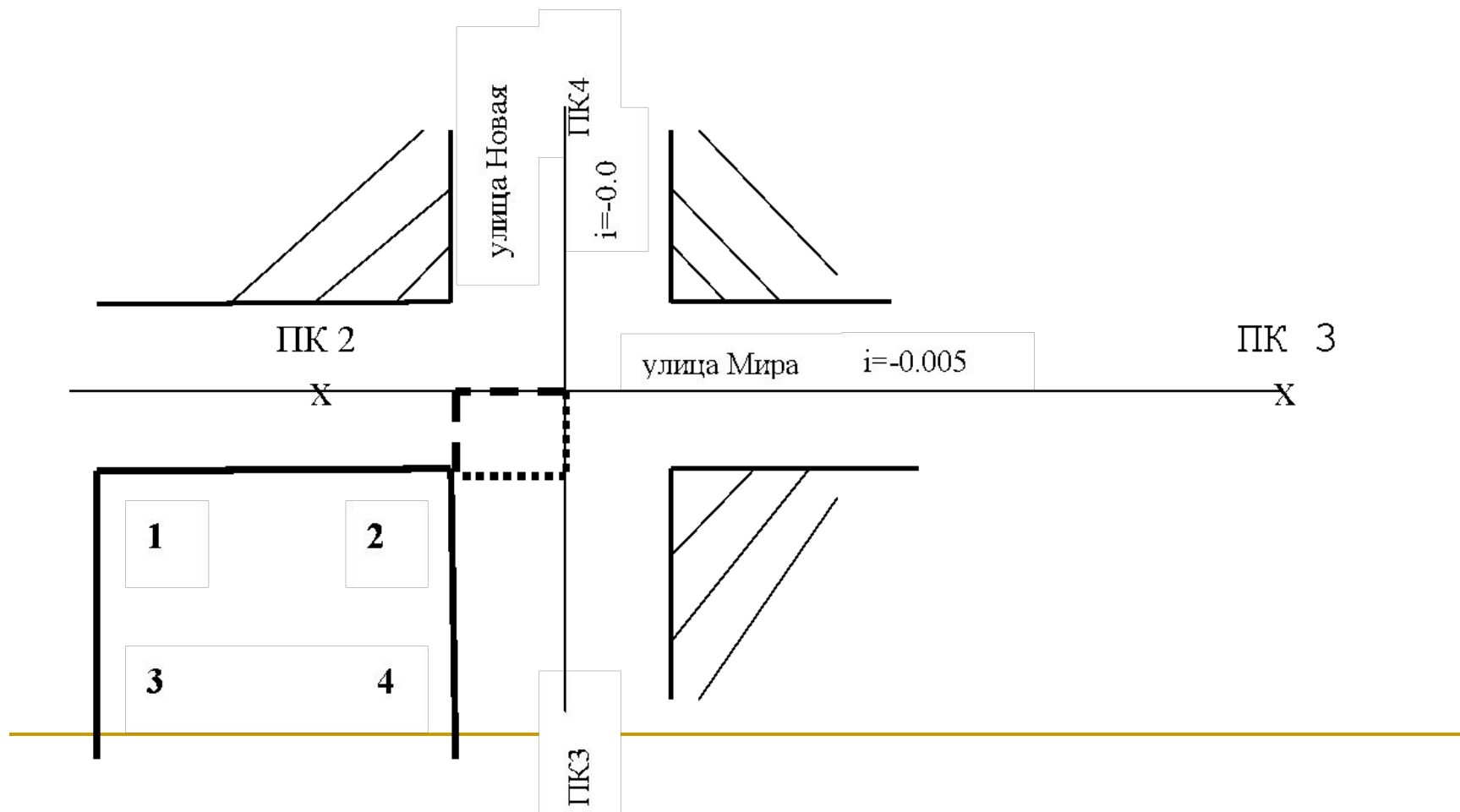
$H_{\text{гип}} = 118,65$

Вычисление объемов земляных работ вертикальной планировке улиц с учётом разработанных высотных поперечников.

Пикет	№ фигуры	Рабочая отметка, г	$(r1+r2)/2$	l, м.	Площадь Р, кв. м.		L, м.	Объем V, куб. м.	
					Выемка	Насыпь		Выемка	Насыпь
ПК 0	1	-0,15							
	2	-0,17	-0,16	0,5	0,08				
	3	-0,2	-0,185	1	0,185				
	4	-0,33	-0,265	2,25	0,596				
	5	-0,32	-0,325	0,5	0,162				
	6	-0,3	-0,31	1,75	0,542				
	7	-0,31	-0,305	1,75	0,551				
	8	-0,31	-0,31	0,5	0,155				
	9	-0,16	-0,235	2,25	0,529				
	10	-0,11	-0,135	1	0,135				
	11	-0,09	-0,05	0,5	0,025				
Σ					2,96		50	0,1398	0
ПК 0+50	1	-0,49							
	2	-0,48	-0,485	0,5	0,242				
	3	-0,45	-0,465	1	0,465				
	4	-0,43	-0,44	2,25	0,99				
	5	-0,39	-0,41	0,5	0,205				
	6	-0,27	-0,27	1,75	0,472				
	7	-0,32	-0,295	1,75	0,516				
	8	-0,33	-0,325	0,5	0,162				
	9	-0,24	-0,285	2,25	0,641				
	10	-0,22	-0,23	1	0,23				
	11	-0,21	-0,215	0,5	0,108				
Σ					4,031		50	0,1367	0

Передача проектной высоты на угол квартала

Проектная высота пересечения осей улиц (по продольному профилю улицы Мира ПК2+64) составляет 102,86 м. Уклон по улице Мира $i_1 = -0,005$, ширина улицы $B_1 = 20$ м; уклон по улице Новой $i_2 = -0,01$, ширина улицы $B_2 = 24$ м.



Передача проектной высоты на угол квартала

Проектная высота угла квартала вычисляется дважды для случая, представленного на Рисунке 7, получим :

$$H_{\text{ПР2}} = H_{\text{ПК2+64}} - i_1 B_2 / 2 + h_{\text{ТП1}} ;$$

$$H_{\text{ПР2}} = H_{\text{ПК2+64}} - i_2 B_1 / 2 + h_{\text{ТП2}} ,$$

где $h_{\text{ТП1}}$ и $h_{\text{ТП2}}$ рабочие отметки по краю улицы с типовых рабочих поперечников по первой и второй улице, по первой – улице Мира, в соответствии с Рисунком 6, $h_{\text{ТП1}} = 0,15\text{ м}$, по улице Новой $h_{\text{ТП2}} = 0,12\text{ м}$, тогда:

$$H_{\text{ПР2}} = 102,80 - (-0,005 \cdot 24 : 2) + 0,15 = 103,01\text{ м} ;$$

$$H_{\text{ПР2}} = 102,80 - (-0,01 \cdot 20 : 2) + 0,12 = 103,02\text{ м} .$$

Из двух полученных значений проектных отметок за окончательное принимается максимальное, то есть, 103,02 м.;

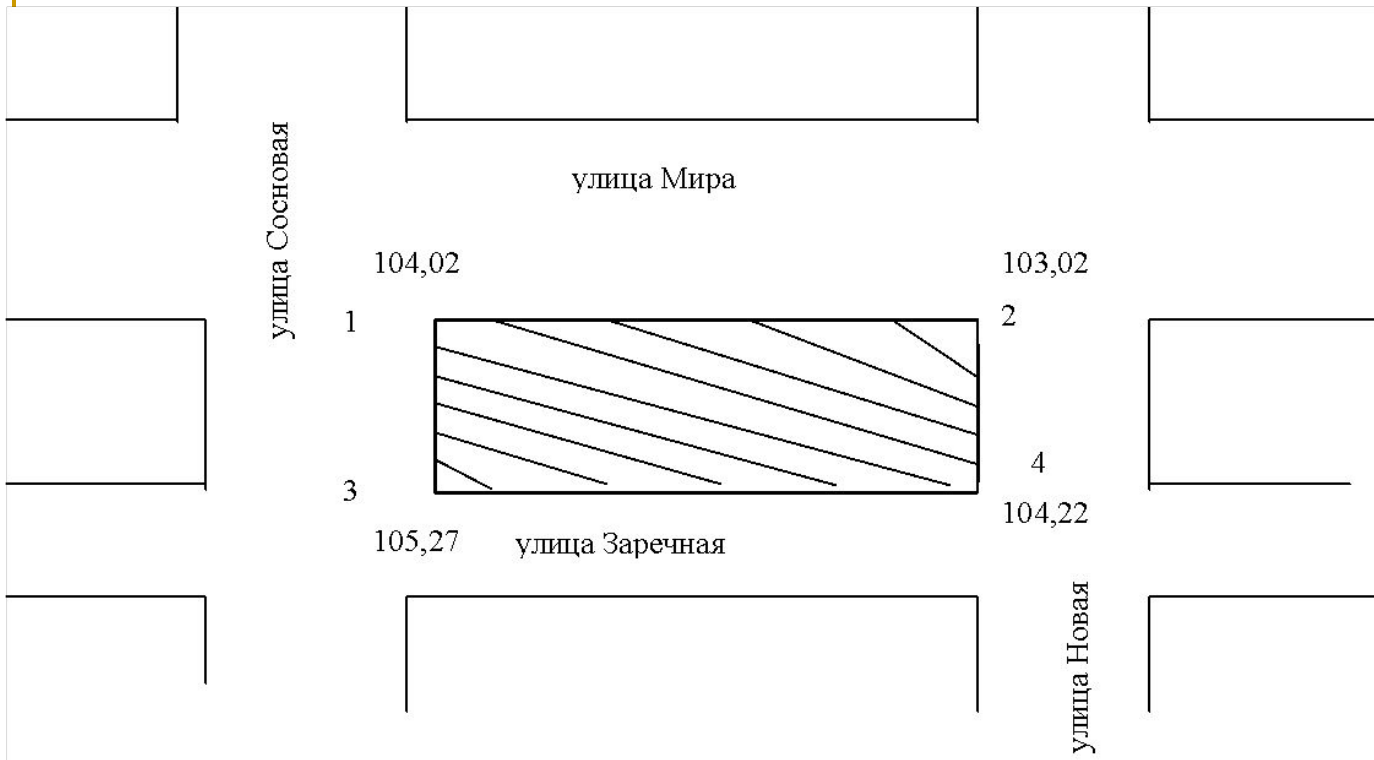


Рисунок 8. Градуирование горизонталей

Пример градуирования проектных горизонталей

Выполним градуирование горизонталей, то есть, рассчитаем расстояния на сторонах квартала до пересечения с проектными горизонталями. Длина квартала 200 м, ширина 120 м.

Высота сечения проектного рельефа 0,25 м. Например, от угла квартала 1 по улице Мира (Рисунок 8) до угла 2 перепад высот(превышение) составляет

$h = 104.02 - 103.02 = 1.00$ м, а длина квартала $D = 200,00$ м. Превышение высоты угла 1 над близлежащей горизонталью, кратной 0,25 м, составляет

$$h_1 = 104.02 - 104.00 = 0.02 \text{ м}$$

, тогда расстояние от этого угла до пересечения с горизонталью может быть найдено из соотношения

$$d_1 = \frac{h_1 D}{h}, \quad (23)$$

подставив в него численные значения получим $d_1 = \frac{0.02 \cdot 200}{1.00} = 4,00$ м.

Превышение до следующей горизонтали составит

$$h_2 = 104.02 - 103.75 = 0.27 \text{ м, а расстояние до нее от угла 1}$$

$$d_2 = \frac{0.27 \cdot 200}{1.0} = 54.0 \text{ м.}$$

Расстояние до горизонтали с высотой 103,50 м., превышение которой над проектной высотой угла 1 равно $h_3 = 104.02 - 103.50 = 0.52$ м., найдем, подставив в него численные

$$\text{значения } d_3 = \frac{0.52 \cdot 200}{1.00} = 104.00 \text{ м.}$$

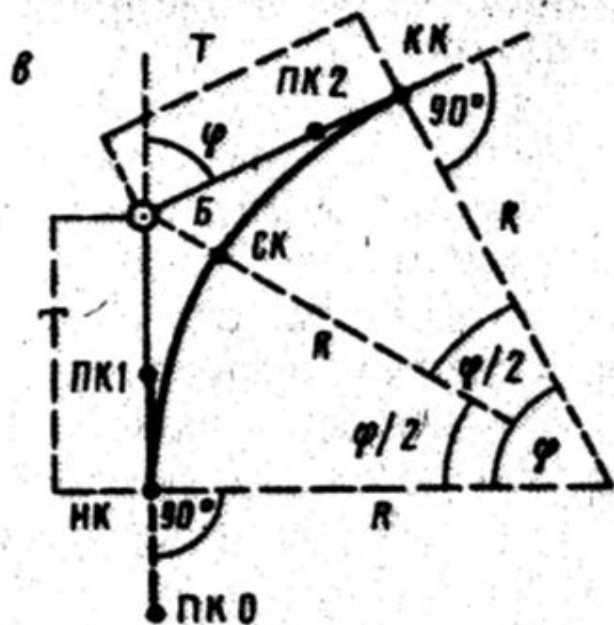
Аналогично найдем расстояние до пересечения с третьей горизонталью

$$d_4 = \frac{0.77 \cdot 200}{1.00} = 154.00 \text{ м.}$$

Для разбивки кривой в главных точках помимо угла поворота φ нужно знать радиус кривой R , выбираемый из соответствующей технической инструкции, в зависимости от назначения трассы. Величины φ и R называют основными элементами кривой. По ним вычисляют еще четыре элемента кривой: T —тангенс (расстояние от вершины угла поворота до НК и КК), K —длину кривой от НК до КК, B —биссектрису (расстояние от вершины угла поворота до СК), D —домер, выражающий разность между двумя тангенсами и кривой, которые получают по формулам:

$$T = R \operatorname{tg}(\varphi/2); \quad K/2\pi R = \varphi^\circ/360^\circ; \quad K = \frac{\pi R}{180^\circ} \varphi^\circ;$$

$$B = \frac{R}{\cos(\varphi/2)} - R = R(\sec(\varphi/2) - 1); \quad D = 2T - K.$$



Уз. I	ПК I	+ 42,80
- T		77,51
		<hr/>
НК	ПК 0	+ 65,29
+ K	1	50,32
		<hr/>
КК	ПК 2	15,61
Контроль		
Уз. I	ПК I	+ 42,80
+ T		77,51
		<hr/>
	ПК 2	20,31
- D		4,70
		<hr/>
КК	ПК 2	15,61