



**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Башкирский государственный аграрный университет»**

**Кафедра
кадастра недвижимости и геодезии**

Б1.В.02 ГЕОДЕЗИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к лабораторному занятию №7
по теме «Обработка результатов нивелирования трассы и построение плана»**

**Направление подготовки (специальность)
35.03.01 Лесное дело**

**Профиль подготовки
Лесозаготовка и деревопереработка**

**Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр**

Уфа 2024

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета агротехнологий и лесного хозяйства (протокол №6 от 21 марта 2024 года).

Составители: канд. с.-х. наук, доцент М.Г. Ишбулатов,
канд. с.-х. наук, доцент И.С. Миннихметов

Ответственный за выпуск:
Заведующий кафедрой кадастра недвижимости и геодезии, канд. с.-х. наук, доцент М.Г. Ишбулатов

г. Уфа, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, кафедра кадастра
недвижимости и геодезии

Тема «ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ И ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА»

Цель работы: изучить методику построения продольного и поперечного профилей по результатам обработки материалов нивелирования трассы.

Материалы и оборудования: учебники, практикум, тетрадь в клеточку, карандаши, линейки, калькулятор, транспортер, миллиметровая бумага А3, нивелир, штатив, 2 нивелирные рейки, рулетка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Метод геометрического нивелирования основан на использовании горизонтального луча визирования и служит для создания высотной опорной сети, получения профилей местности при изыскании и строительстве различных инженерных сооружений, наблюдений за осадками объектов.

При нивелировании трассы линейных сооружений (каналов, дорог и т.п.) обычно применяется способ нивелирования из середины. При этом нивелир устанавливается посередине между двумя пикетными точками. Превышение определяется как разность отчетов по задней и передней рейке. В отличие от способа нивелирования вперед способ нивелирования из середины позволяет уменьшить погрешность при измерении превышений.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходными данными для работы являются: журнал нивелирования трассы сооружения, отметки реперов, пикетажная книжка.

Эти данные приведены в приложении А и Б.

2 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ

Вычисления рекомендуется проводить в программном обеспечении Microsoft Excel. Выполненные электронные варианты заданий прикрепить в <https://edu.bsau.ru/>.

Обработка журнала нивелирования ведется в табличной форме (таблица 1).

2.1 Определение превышения и постраничный контроль

Превышение (графы 6 и 7) между связующими точками на станциях (пикеты, реперы, исовые точки) определяются по данным нивелирования из середины (1):

$$h = З - П, (1)$$

где З и П – отчеты по рейкам на заднюю и переднюю точку соответственно.

Если расхождение в превышениях, определенных по черным и красным отчетам не превышает 5 мм, вычисляют среднее превышение (графы 8 и 9).

Для каждой странице журнала определяют $\Sigma З$ и $\Sigma П$ – сумма отчетов по задней и передней рейкам, Σh – сумму вычисленных превышений и Σh_{cp} – сумма средних превышений. При отсутствии ошибок в вычислениях выполняется равенство:

$$\frac{\Sigma З - \Sigma П}{2} = \frac{\Sigma h}{2} = \Sigma h_{cp}.$$

2.2 Вычисление невязки и ее распределение

Алгебраическая сумма всех средних превышений теоретически должна быть равна разности отметок конечного и начального реперов. Практически же, в следствии погрешностей в измерениях, получается невязка, которую можно подсчитать по формуле (2):

$$f_h = \Sigma h_{cp} - (H_{кон.} - H_{нач.}), (2)$$

Допустимая невязка для инженерно-технического нивелирования (3):

$$f_{h доп.} = 40 \text{ мм} \times \sqrt{L}, (3)$$

где, L – длина хода в километрах.

Если полученная невязка меньше допустимой, она распределяется на средние превышения с обратным знаком.

2.3 Вычисления отметок

Отметки связующих точек вычисляют последовательно от известной отметки начального репера по формуле (4):

$$H_n = H_{n-1} + h_{cp. испр.}; (4)$$

где, H_n и H_{n-1} – отметки связующих точек;

$h_{cp. испр.}$ – исправленное превышение между этими точками.

Контролем является получение заданной отметки конечного репера. Для определения отметок промежуточных точек (плюсовых и поперечных) предварительно определяется горизонт инструмента (рисунок 1).

Согласно рисунка 1 горизонт инструмента:

$$\text{ГИ} = \text{H}_a + a$$

$$\text{ГИ} = \text{H}_b + b$$

где H_a, H_b – отметки связующих точек;

a, b – отчеты по черным сторонам реек на связующие точки.

Тогда отметка, например, точки С:

$$\text{H}_c = \text{ГИ} - c,$$

где, c – отсчет по рейке на промежуточную точку.

Таблица 1 — Журнал инженерно-технического нивелирования

№ станции	№ РР, ПК, пр. точек	Отчеты по рейкам			Превышения (мм)		Средние превышения		Горизонт нивелира (м)	Отметки Точек (м)
		задние	передние	промежуток	+	—	+	—		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	РП 1	0966						+2		86,053
		5649				0696		0695		
	ПК 0		1662			0694		<u>0693</u>		85,360
			6343							
2	ПК 0	2612					+2			85,360
		7296			1724		1726			
	X		0888		1728		<u>1728</u>			87,088
			5566							
3	X	2721					+2			81,088
		7401			1731		1731			
	ПК 1		0990		1730		<u>1733</u>			88,821
			5671							
4	ПК 1	0712						+3	89,533	88,821
		5395				1244		1243		
	+68			1518		1241		<u>1240</u>	89,535	88,017
	ПК 2		1956						89,537	87,581
5			6636							
	ПК 2	0474							88,055	87,581
		5156						+3		
	Пр 6,8			1216		2382		2383	88,056	86,841
	Пр 20			2496		2384		<u>2380</u>		85,560
	Лв12,6			0786						87,271
	Лв 20			0447						87,609
	ПК 3		2856						88,057	85,201
6			7540							
	ПК 3	0593				1253		+3		85,201
		5277				1253		1253		
	РП 2		1846					<u>1250</u>		83,951
			6530							

44252 48486 6913 11147 3457 5574

$$\sum h_{\text{ср. выч.}} = \frac{44252 - 48486}{2} = \frac{6913 - 11147}{2} = 3457 - 5574 = -2117(\text{мм})$$

$$f_h = -2117 - (83951 - 86053) = -15(\text{мм})$$

$$f_{h\text{дон}} = \pm 40 \times \sqrt{0,5} = \pm 28(\text{мм})$$

$$f_h < f_{h\text{дон}}$$

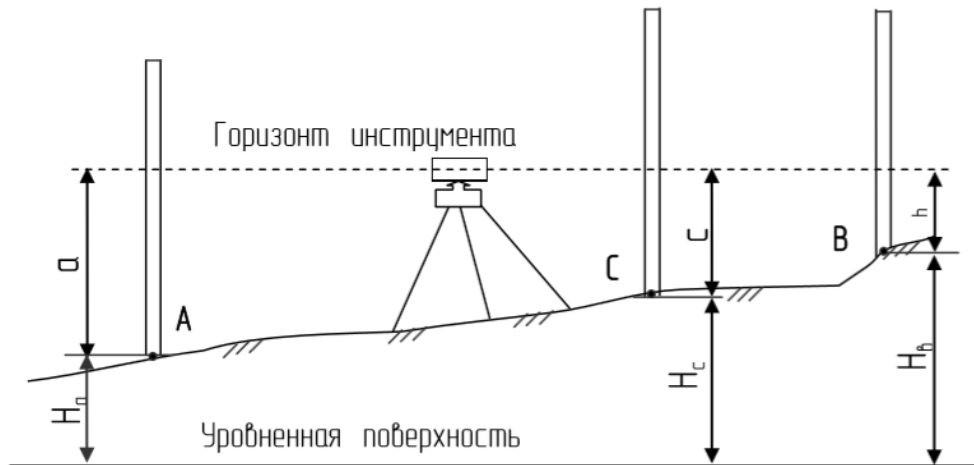


Рисунок 1 — Определение отметки промежуточной точки

2.4 Расчет элементов кривой

Для разбивки кривой (рисунок 2) пользуются таблицами или определяют основные элементы кривой по приведенным формулам:

- а) тангенс $T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$,
- б) длина кривой $K = \frac{\alpha}{180} \cdot \pi R$,
- в) биссектриса $B = R (\sec \frac{\alpha}{2} - 1) = R (\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1)$,
- г) домер $D = 2T - K$.

где R - радиус поворота;
 α - угол поворота трассы.

Определение пикетажного наименования главных точек кривой производят по известному положению вершины угла поворота:

$$\begin{aligned} \text{ВУ} - T &= \text{НК}; \\ \text{НК} + K/2 &= \text{СК}; \\ \text{СК} + K/2 &= \text{КК} \text{ или } \text{ВУ} + T - D = \text{КК}, \end{aligned}$$

где ВУ - вершина угла поворота;
 НК, КК - соответственно начало и конец кривой.

Пример: $R = 100$ м, $\alpha = 20^\circ$, ВУ = ПК2 + 50 м.

$T = 17,6$ м; $K = 34,88$ м; $B = 2,04$ м; $D = 0,32$ м.

$\text{ПК}2 + 50 - 17,6 = \text{ПК}2 + 32,4$;

$\text{ПК}2 + 32,4 + 17,44 = \text{ПК}2 + 49,84$;

$\text{ПК}2 + 49,84 + 17,44 = \text{ПК}2 + 67,28$ или $\text{ПК}2 + 50 + 17,6 - 0,32 = \text{ПК}2 + 67,28$

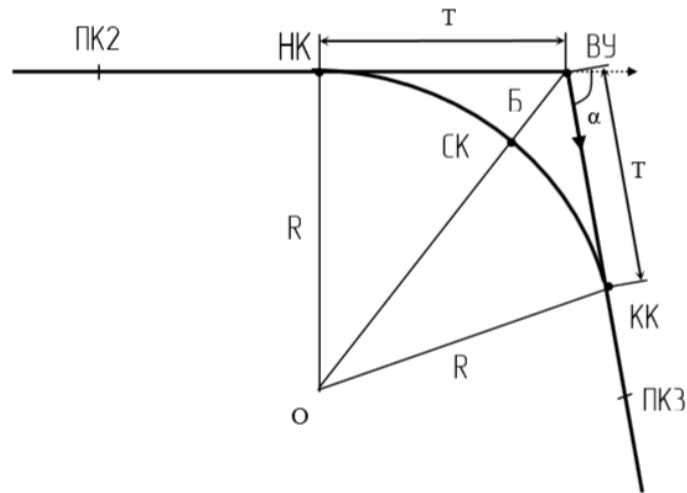


Рисунок 2 — Поворот круговой кривой

2.5 Определение отметок проектной линии

Если известен уклон проектной линии i и отметка начальной точки $(H_{пр})_{нач.}$, то проектные отметки связующих и промежуточных точек вычисляют по формуле (5):

$$H_{пр} = (H_{пр})_{нач} \pm i \cdot d, (5)$$

где d – горизонтальное проложение расстояния между точками;

i – уклон проектной линии.

Если проектная отметка начальной точки не задана, то проектная линия проводится так, чтобы объем земляных работ был минимальным, т.е. объем работ по выемке грунта и насыпи были примерно одинаковыми.

3 ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Профиль строят на миллиметровой бумаге (рисунок 5). Масштаб для вертикальных линий обычно берется в 10 раз крупнее масштаба горизонтальных линий (в данной работе в учебных целях рекомендуется $M_{гор} 1:2000$ и $M_{верт} 1:100$). Образец профильной сетки приведен на рисунке 3.

Составление профиля начинают с заполнения граф «пикеты» и «расстояния», где в заданном масштабе показывают пикеты, положения плюсовых точек. Затем в графе «отметки» записывают из журнала вычисленные отметки пикетных и плюсовых точек с округлением их до сотых долей метра.

Отметки откладывают от линии условного горизонта на вертикалях, проведенных через эти точки в выбранном вертикальном масштабе. Соединив полученные точки, получают профиль трассы.

План местности наносят по пикетажной книжке. В графе «прямых и данных для кривых» показывают положение начала и конца кривой и дают характеристики кривой: угол и радиус поворота, тангенс, кривая, домер,

биссектриса. Если трасса повернула вправо, то выпуклость кривой направлена вниз и наоборот. На прямых участках указывается румб линии и длина участка.

По вычисленным проектным отметкам красной тушью наносится положение проектной линии, а уклон линии и сами отметки записываются в соответствующие графы. Рабочие отметки ($h_{\text{раб}}$) определяют как разность проектных отметок и отметок земли.

15	↑↓	Отметки точек
10	↑↓	Уклон
15	↑↓	Проектные отметки
10	↑↓	Пикеты
10	↑↓	Расстояние
20	↑↓	Длины прямых и данные для кривых
20	↑↓	План трассы
10	↑↓	Грунты

Рисунок 3 — Профильная сетка (боковик)

В случае срезки грунта ($h_{\text{раб}} < 0$) рабочая отметка записывается под проектной линией, а в случае подсыпки ($h_{\text{раб}} > 0$) - над проектной линией. На местах пересечения проектной линии с поверхностью земли отмечаются точки нулевых работ. Для этого на профиле над точкой нулевых работ записывают зеленой тушью ноль. В промежутках между этой линией и вертикалями ближайших точек профиля справа и слева записывают расстояния до этих точек. Определение таких расстояний показано на рисунке 4.

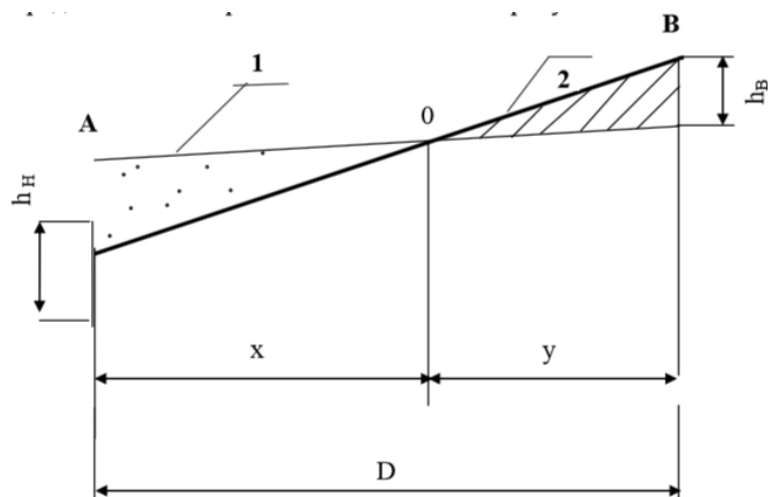


Рисунок 4 — Определение положения точки нулевых работ:
1 - проектная линия, 2 - поверхность земли.

Согласно рисунку

$$x = \frac{|h_H|}{|h_H| + |h_B|} \times D ;$$

$$y = \frac{|h_B|}{|h_H| + |h_B|} \times D ,$$

где а и в – расстояние от точки нулевых работ до ближайших точек профиля справа и слева;

h_B - глубина выемки;

h_H - глубина насыпи.



Рисунок 5 — Продольного и поперечный профиль трассы Уфа-Дема

ЗАДАНИЕ

Задание 1. По вариантам выполнить камеральную обработку данных нивелирования трассы и составить продольный и поперечный профиль линейного объекта (приложение А, Б).

Вычисления рекомендуется проводить в программном обеспечении Microsoft Excel. Выполненные электронные варианты заданий прикрепить в <https://edu.bsau.ru/>.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Сущность нивелирования линейных объектов?
- 2 С какой целью определяют отметки промежуточных точек?
- 3 Как определить горизонт инструмента (ГИ)?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Банкрутенко, А. В. Практикум по геодезии : учебное пособие / А. В. Банкрутенко, Н. С. Елисеева. — Омск : Омский ГАУ, 2023. — 93 с. — ISBN 978-5-907507-53-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/326468>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 2 Гиршберг, М. А. Геодезия : учебник / М.А. Гиршберг. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 384 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-018677-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2023171>. — Режим доступа: по подписке.
- 3 Голованов, В. А. Маркшейдерские и геодезические приборы [Текст] : учебное пособие / В. А. Голованов. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2020. - 137 с.
- 4 Дементьев, В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение [Текст] / В. Е. Дементьев, Д. В. Дементьев, А. Г. Парамонов. - Орел : Изд-во Картуш, 2019. - 499 с.
- 5 Дьяков, Б. Н. Геодезия : учебник для вузов / Б. Н. Дьяков. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-9235-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/189342>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 6 Кошкина, Л. Б. Геодезия : учебно-методическое пособие / Л. Б. Кошкина. — Пермь : ПНИПУ, 2021. — 112 с. — ISBN 978-5-398-02496-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/239798> (дата обращения: 05.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 7 Кравченко, Ю. А. Геодезия : учебник / Ю.А. Кравченко. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 344 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/textbook_5900a29b032774.83960082. - ISBN 978-5-16-012662-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1862649>. — Режим доступа: по подписке.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 — Журналы нивелирования

00-09

Варианты

10-19

№п/п ст.	№ Рп, ПК, пр. т.	Отсчеты по рейкам			№п/п ст.	№ Рп, ПК, пр. т.	Отсчеты по рейкам		
		Задние	Перед ние	Промежу точные			Задние	Перед ние	Промежу точные
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Рп ПК 0	0549 5230	1723 6407		1	Рп ПК 0	1596 6276	0808 5490	
2	ПК 0 Х	2936 7618	0284 4966		2	ПК 0 ПК 1 Пр10, 3	2255 6939	0897 5577	
3	Х ПК 1	2393 7073	0555 5236			Пр 20 Лв7,6 Лв 20			2315 1587 0849 0708
4	ПК 1 + 36 ПК 2	2947 7630	1843 6524	0456	3	ПК 1 + 36 ПК 2	1068 5748	2723 7406	0747
5	ПК 2 ПК 3 Пр8,2 Пр 20 Лв12,7 Лв 20	2356 7039	0422 5104	0412 0245 1398 0867	4	ПК 2 Х	0420 5100	2638 7320	
					5	Х ПК 3	0248 4928	2842 7524	
6	ПК 3 Рп 2	0796 5476	2156 6839		6	ПК 3 Рп 2	0736 5418	1925 6605	

продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

20-29

ВАРИАНТЫ

30-39

№п/п ст.	№ Рп, ПК,пр. т.	Отсчеты по рейкам			№п/п ст.	№ Рп, ПК,пр. т.	Отсчеты по рейкам		
		Задние	Перед ние	Промеж точные			Задние	Перед ние	Промежуто чные
1	Рп 1 ПК 0	2810 7491	0816 5499		1	Рп 1 ПК 0	2037 6721	0830 5512	
2	ПК 0 + 74 ПК 1	0918 5602	1781 6465	2176	2	ПК 0 + 34 ПК 1	1553 6238	1812 6492	1287
3	ПК 1 ПК 2 Пр 13,6 Пр 20 Лв8,7 Лв 20	2663 7348	0451 5134	1593 1840 0787 2415	3	ПК 1 X	0681 5363	2675 7356	
4	ПК 2 X	2718 7403	1248 5931		4	X ПК 2	0718 5402	2598 7280	
5	X ПК 3	2782 7466	0283 4967		5	ПК 2 ПК 3 Пр8,6 Пр 20 Лв9,3 Лв 20	485 5170	2319 7000	1617 785 1953 2460
6	ПК 3 Рп 2	2623 7307	0443 5125		6	ПК 3 Рп 2	1412 6093	1018 5702	

продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

40-49

ВАРИАНТЫ

50-59

№п/п ст.	№ Рп, ПК,пр. т.	Отсчеты по рейкам			№п/п ст.	№ Рп, ПК,пр. т.	Отсчеты по рейкам		
		Задние	Перед ние	Промеж точные			Задние	Перед ние	Промежт очные
1	Рп ПК 0	0966 5649	1662 6343		1	Рп 1 ПК 0	1442 6124	1960 6645	
2	ПК 0 X	2612 7296	0888 5568		2	ПК 0 ПК 1 Пр 7.8 Пр 20 Лв 12.3 Лв 20	0234 4917	2395 7079	0916 2147 1954 2819
3	X ПК 1	2721 7401	0990 5671		3	ПК 1 +26 ПК 2	1154 5835	1220 5903	1847
4	ПК 1 +68 ПК 2	0712 5395	1956 6636	1518	4	ПК 2 X	2384 7067	0802 5483	
5	ПК 2 ПК 3 Пр 6.8 Пр 20 Лв 12.6 Лв 20	0474 5156	2856 7540	1215 2496 0785 0447	5	X ПК 3	2752 7435	0220 4901	
6	ПК 3 Рп 2	0593 5277	1846 6530		6	ПК 3 Рп 2	1960 6641	1342 6027	

продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

60-69

ВАРИАНТЫ

70-79

№п/п ст.	№ Рп, ПК, пр. т.	Отсчеты по рейкам			№п/п ст.	№ Рп, ПК, пр. т.	Отсчеты по рейкам		
		Задние	Перед ние	Промежу точные			Задние	Перед ние	Промежу точные
1	Рп 1	1217			1	Рп 1	0683		
	Пк 0	5898	1424 6104			Пк 0	5368	0476 5159	
2	Пк 0	0255 4938			2	Пк 0	0284 4964		
	Пк 1		2880 7560			Х		1938 6618	
	Пр 7.4			2617					
	Пр 20			1673					
	Лв 9.6			2561					
	Лв 20			1216					
3	Пк 1	0556 5239			3	Х	0555 5241		
	+32 Пк 2		0266 4948	1841		Пк 1		2393 7075	
4	Пк 2	1938 6618			4	Пк 1	0549 5230		
	Х		0284 4964			+62 Пк 2		1724 6406	2348
5	Х	2393 7076			5	Пк 2	2047 6730		
	Пк 3		0555 5238			Пк 3		0845 5528	0814 0482 1366 0281
6	Пк 3	0549 5229			6	Пк 3	2156 6838		
	Рп 2		1723 6408			Рп 2		0791 5476	

продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

80-89

ВАРИАНТЫ

90-99

№п/п ст.	№ Рп, ГК,пр. т.	Отсчеты по рейкам			№п/п ст.	№ Рп, ГК,пр. т.	Отсчеты по рейкам		
		Задние	Перед ние	Промежу точные			Задние	Перед ние	Промежу точные
1	РП 1 ГК 0	0729 5413	0862 5543		1	РП 1 ГК 0	1669 6347	1223 5903	
2	ГК 0 +68 ГК 1	1986 6671	1864 6545	2873	2	ГК 0 ГК 1 ПР 4.6 ПР 20 ЛВ 16.3 ЛВ 20	1178 5858	1811 6493	0916 2147 1954 2819
3	ГК 1 X	2875 7560	0785 5470		3	ГК 1 +26 ГК 2	1154 5835	1220 5903	1847
4	X ГК 2	2921 7602	0785 5470		4	ГК 2 X	2384 7067	0802 5483	
5	ГК 2 ГК 3 ПР 6.2 ПР 20 ЛВ 10.4 ЛВ 20	1136 5819	0955 5637	2345 0267 0953 0612	5	X ГК 3	2752 7435	0220 4901	
6	ГК 3 РП 2	0615 5297	2166 6846		6	ГК 3 РП 2	1960 6641	1342 6027	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 — Отметки реперов

Десятки	Единицы									
	0		1		2		3		4	
	РП 1	РП 2	РП 1	РП 2	РП 1	РП 2	РП 1	РП 2	РП 1	РП 2
0	84,141	89,147	83.862	88.868	82.840	87.846	81.769	85.755	80.866	85.872
1	95.360	89,834	93,545	88,019	92,663	87,137	91,574	86,048	90,564	85,038
2	84,234	89,756	82,831	81,759	87,281	88,353	81,293	86,815	80,131	85,653
3	93,738	89,363	92,569	88,194	91,974	87,599	90,567	86,192	89,487	85,122
4	91,608	89,476	90,575	88,443	89,620	87,488	88,775	86,643	87,581	85,449
5	87,942	89,941	86,988	88,987	85,911	87,910	84,267	86,266	83,968	85,267
6	89,837	89,598	88,532	88,293	87,959	97,720	87,174	86,935	85,246	85,007
7	91.187	89,280	90.638	88.731	88.909	87.002	88.288	86.322	87.840	85.993
8	86.683	89.062	86.183	88.562	85.592	87.671	84.141	86.520	83.192	85.571
9	93.939	89.659	92.950	88.670	91.676	87.396	90.737	86.457	90.015	85.735
Десят	5		6		7		8		9	
	РП 1	РП 2	РП 1	РП 2	РП 1	РП 2	РП 1	РП 2	РП 1	РП 2
0	79.193	84.169	78.399	83.375	77.156	82.132	76.027	81.003	75.836	80.812
1	90.400	84.904	88.504	83.008	87.621	82.125	87.077	81.585	85.507	80.011
2	78.869	84.361	78.434	83.926	77.002	82.494	77.262	81.754	74.594	80.086
3	84.729	84.184	83.123	78.778	82.919	78.574	81.028	76.683	80.932	76.587
4	86.341	84.239	86.053	83.951	84.699	82.597	83.316	81.214	82.426	83.124
5	82.686	84.655	81.310	83.279	80.047	82.016	79.179	81,148	78.137	80.106
6	85.107	84.898	83.900	83.691	82.268	82.059	81.627	81.418	80.836	80.627
7	86.298	84.421	85.261	83.384	84.554	82.677	83.813	81.936	82.350	80.483
8	82.255	84.574	81.209	83.558	79.964	82.313	79.329	81.678	78.632	80.981
9	88.255	84.005	88.015	83.765	87.078	82.828	86.102	81.852	84.467	80.217