

## ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

**Шеховцов Геннадий Анатольевич**

доктор технических наук, профессор кафедры

геоинформатики, геодезии и кадастра

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный

Архитектурно-строительный университет

г. Нижний Новгород

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ОБЪЁМОМ В ОДНУ СТРАНИЦУ

*Аннотация.* Приведены сведения о методическом обеспечении студентов ННГАСУ при выполнении двух расчётно-графических работ по инженерной геодезии. Особенность методических указаний заключается в использовании электронных таблиц Microsoft Excel, в которых помеченные красным маркером ячейки снабжены примечаниями. Эти примечания содержат все необходимые пояснения для выполнения и оформления работ.

*Ключевые слова:* методические указания, РГР, журнал нивелирования, профиль, ведомость координат.

В работе [1] содержатся сведения об организации и методическом обеспечении студентов при изучении дисциплины «Инженерная геодезия» в ННГАСУ на лекциях, лабораторных занятиях, учебной геодезической практике и при выполнении расчётно-графических работ. Отмечено, что специфика преподавания этой дисциплины потребовала создания собственного программного обеспечения для компьютерной поддержки учебного процесса. Разработанные для этого компьютерные версии, в зависимости от вида занятий, носят информационный, обучающий, контролирующий или иной характер.

Наличие электронных таблиц Microsoft Excel позволяет по новому подойти к написанию различных методических указаний. Покажем это на примере двух выполняемых студентами РГР: «Нивелирование трассы» и «Горизонтальная съёмка».

## ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

Компьютерная версия РГР «Нивелирование трассы» состоит из двух файлов: «Нивелирный журнал» и «Профиль трассы». Студент, открыв файл под названием «Исходные данные», вводит свой вариант. На экране дисплея появляется бланк нивелирного журнала с исходными данными (см. табл. 1, затемнённые ячейки, а все остальные ячейки пустые). В качестве исходных данных фигурируют: номера станций (графа 1), номера реперов, пикетов и промежуточных точек (графа 2), задние, передние и промежуточные отсчёты по рейке (графы 3, 4, 5), абсолютные отметки реперов (графа 10), уклоны  $i_1$  и  $i_2$  проектной линии и угол поворота трассы (графа 11). Задача студента будет заключаться в заполнении граф 6, 7, 8, 9 и 10.

Журнал с исходными данными студент выводит на принтер для последующей его обработки. Такой подход максимально сокращает время на поиск исходных данных в источниках на бумажном носителе и исключает возможные ошибки при их переписывании вручную. При необходимости студент может в любое время освежить в памяти ранее полученные знания, такие как: что такое трасса, станция, реперы, пикеты, «плюсовые» и «иксовые» точки, поперечники, отсчёты по рейке, превышения, горизонт инструмента, абсолютные отметки. Для этого достаточно активировать соответствующую ячейку и получить на экране дисплея необходимое примечание. Пример таких примечаний показан в табл. 1.

Методические указания по обработке журнала студент получает, открыв файл «Журнал нивелирования с примечаниями». На экране дисплея появляется числовой пример полностью рассчитанного и оформленного нивелирного журнала с помеченными красным маркером ячейками, в которых содержатся примечания (см. табл. 2 со всеми заполненными ячейками).

Ячейки в графах 6...11 табл. 2 и в трёх нижних строчках содержат примечания с указанием порядка обработки журнала. В примечаниях сказано, как вычислить превышения (графы 6, 7), найти их средние значения (графа 8), выполнить постраничный контроль и найти фактическую и допустимую не-

## ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

вязки (три нижних строчки под таблицей), найти поправку (графа 11), произвести уравнивание превышений (графа 8), подсчитать отметки связующих точек (графа 11) и через горизонт инструмента (графа 9) вычислить отметки промежуточных точек (графа 11). Пример таких примечаний показан в табл. 2.

Особое внимание обращено на все промежуточные и заключительный контроль обработки нивелирного журнала.

# ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

Таблица 1

Журнал нивелирования трассы (исходные данные)										Вариант
№№ станций	№№ пикетов и пром. точек	Отсчёты по рейке, мм			Превышения, мм			Горизонт ГИ инструмента, м	Абсолютные отметки, м	Примечание
		задние	передние	промежуточные	+	-	средние превышен. поправки			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Rp1	1591								
		6291								
1	ПК 0		1411							
			6111							
2	ПК 0	2818								
		7524								
2	X1		1291							
			5997							
3	X1	2981								
		7674								
3	ПК 1		418							
			5115							
4	ПК 1	751								
		5447								
	ПК1+60			2152						
	Л+10			463						
	Л+20			421						
	П+10			2093						
4	П+20			3017						
	ПК 2		2554							
5			7248							
	ПК 2	984								
5		5687								
	ПК2+50			375						
5	ПК 3		1182							
			5886							
6	ПК 3	1184								
		5887								
	Л+10			2224						
	Л+20			2051						
	П+10			2592						
6	П+20			1090						
	ПК 4		2587							
7			7290							
	ПК 4	529								
7		5232								
	X2		2361							
8			7063							
	X2	595								
8		5297								
	ПК 5		2358							
9			7064							
	ПК 5	1897								
9		6596								
	Rp2		1378						49,037	
			6077							
Σ задних =		(3-П)/2=		(Сумма средних)=						
Σ передн.=										мм
Разн.(3-П)=										
Студент:				Группа:				Дата:		

Это расстояния по вертикали от нивелируемых точек до горизонтального визирного луча нивелира

Превышения показывают насколько одна точка выше или ниже другой

Репер - это закрепленная на местности точка с известной отметкой

ГИ - это высота горизонтального визирного луча. Он используется для вычисления отметок плюсовых точек в местах перегиба рельефа (ПК1+60, ПК2+50) и точек поперечников Л-слева и П-справа от трассы (графа 5)

Абсолютной отметкой точки является численное значение её высоты относительно нуля Кронштадского футштока

Вспомогательная ("иксовая") точка для определения превышения между ПК0 и ПК1 с двух станций 2 и 3, поскольку превышение между этими пикетами (1527+2536=4063) больше длины 3-х метровой нивелирной рейки

Вспомогательная ("иксовая") точка для определения превышения между ПК4 и ПК5 с двух станций 7 и 8, поскольку превышение между этими пикетами (1832+1765=3597) больше длины 3-метровой нивелирной рейки

## ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

Параллельно с вызовом примечаний студент может обрабатывать свой нивелирный журнал, используя микрокалькулятор или непосредственно на компьютере, используя строку формул Microsoft Excel.

Графическая часть РГР «Нивелирования трассы» заключается в построении студентом вручную на листе миллиметровой бумаги или на компьютере продольного и поперечных профилей и составлении проекта сооружения линейного типа. Для этого разработан файл «Профиль трассы с примечаниями», открыв который, студент видит пример полностью оформленного профиля трассы с поперечниками (на рисунке не показаны) и элементами проектирования (рис. 1).

В помеченных красным маркером ячейках содержатся сведения о размерах сетки профиля и даются указания о порядке заполнения граф «Пикеты», «Расстояния», «Отметки земли», «Уклоны», взятые из обработанного студентом журнала нивелирования (табл. 2).

В примечаниях также говорится о методике выбора условного горизонта и порядке построения продольного и поперечных профилей. Показано, как нужно вычислить с контролем проектные отметки, нанести проектную линию на продольный и поперечные профили, подсчитать рабочие отметки, определить с контролем местоположение точек нулевых работ и вычислить их проектные отметки.

Приведены формулы, по которым определяются элементы круговой кривой: тангенс  $T$ , длина кривой  $K$ , домер  $D$  и биссектриса  $B$ , и как эти элементы используются при расчёте пикетажных значений начала и конца кривой.

Даются пояснения, как с помощью этих пикетажных значений построить «План прямых и кривых», вычислить длину прямых участков трассы, найти расстояния от начала НК и конца КК кривой до ближайших пикетов и определить направление трассы после её поворота, определить с контролем местоположение точек нулевых работ и вычислить их проектные отметки.

ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

		Журнал нивелирования трассы						Вариант			
№ станции	№ пикетов и пром.точек	Отсчёты по рейке, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, м	Абсолютные отметки, м	Примечание	
		Задний	Передний	Среднее	Задний	Передний	Среднее				
1	Rp1	1591					1+1	51,237	Поправка -1,4		
		6291			180		180				
	ПК 0		1411		180			51,418			
			6111								
2	ПК 0	2818						51,418	i1=+0,020		
		7524							i2=-0,032		
	X1		1291					52,946	34°34'		
			5997								
3	X1	2981						52,946			
		7674									
	ПК 1		418		2559			55,508			
			5115								
4	ПК 1	751					56,259	55,508			
		5447						56,260-2,093=54,167			
	ПК1+60										
	Л+10							55,797			
	Л+20						56,260	55,839			
	П+10			2093				54,167			
	П+20			3017				53,243			
	ПК 2		2554				56,261	53,707			
			7248								
5	ПК 2	984					1+1	54,691	53,707		
		5687					-198				
	ПК2+50			375			-199	54,692	54,217		
	ПК 3		1182								
			5886								
6	ПК 3	1184					1+2				
		5887									
	Л+10			2224			-1403				
	Л+20			2051			-1403				
	П+10			2592							
	П+20			1090							
	ПК 4		2587								
			7290								
7	ПК 4	529					1+2				
		5232									
	X2		2361				-1832				
			7063				-1831				
8	ПК 5		2358				1+				
	ПК 5	1897					1+				
		6596									
	Rp2		1378		519			49,037			
			6077								
Σ задних =		68965									
Σ передн. =		73391									
Разн.(З-П) =		-4426									
Σ задних =		68965		(З-П)/2 = -2213		(Сумма средних) = -2213					
Σ передн. =		73391				fн = (Сумма средних) - (HRp2 - HRp1) =			-13 мм		
Разн.(З-П) =		-4426				fдоп = 50мм√L = 50мм√0,5 = 35 мм					
Сн	Полуразность сумм задних и передних отсчётов. Она должна равняться алгебраической сумме средних превышений в графе 8, в чём заключается постраничный контроль										

Задний отсчёт 1591 минус передний отсчёт 1411

Задний отсчёт 6291 минус передний отсчёт 6111

(180+180):2=180

Внимание: Вначале вычислите отметки всех связующих точек (задних и передних) с учётом поправок в средние превышения. Затем найдите горизонт инструмента ГИ на тех станциях, где есть промежуточные точки и через ГИ вычислите их отметки

55,508+0,751=56,259

Средний горизонт инструмента (56,259+56,261):2=56,260

53,707+2,554=56,261

После определения невязки fн = -13 мм (внизу страницы) и сравнения её с допустимой fндоп = 35 мм, найдите поправку -1,4 мм = 13 : 9. Поправку введите с обратным знаком в каждое среднее превышение, округляя её до целых мм, но так, чтобы сумма всех поправок по модулю равнялась невязке -13 мм

Сумма всех задних отсчётов в графе 3.

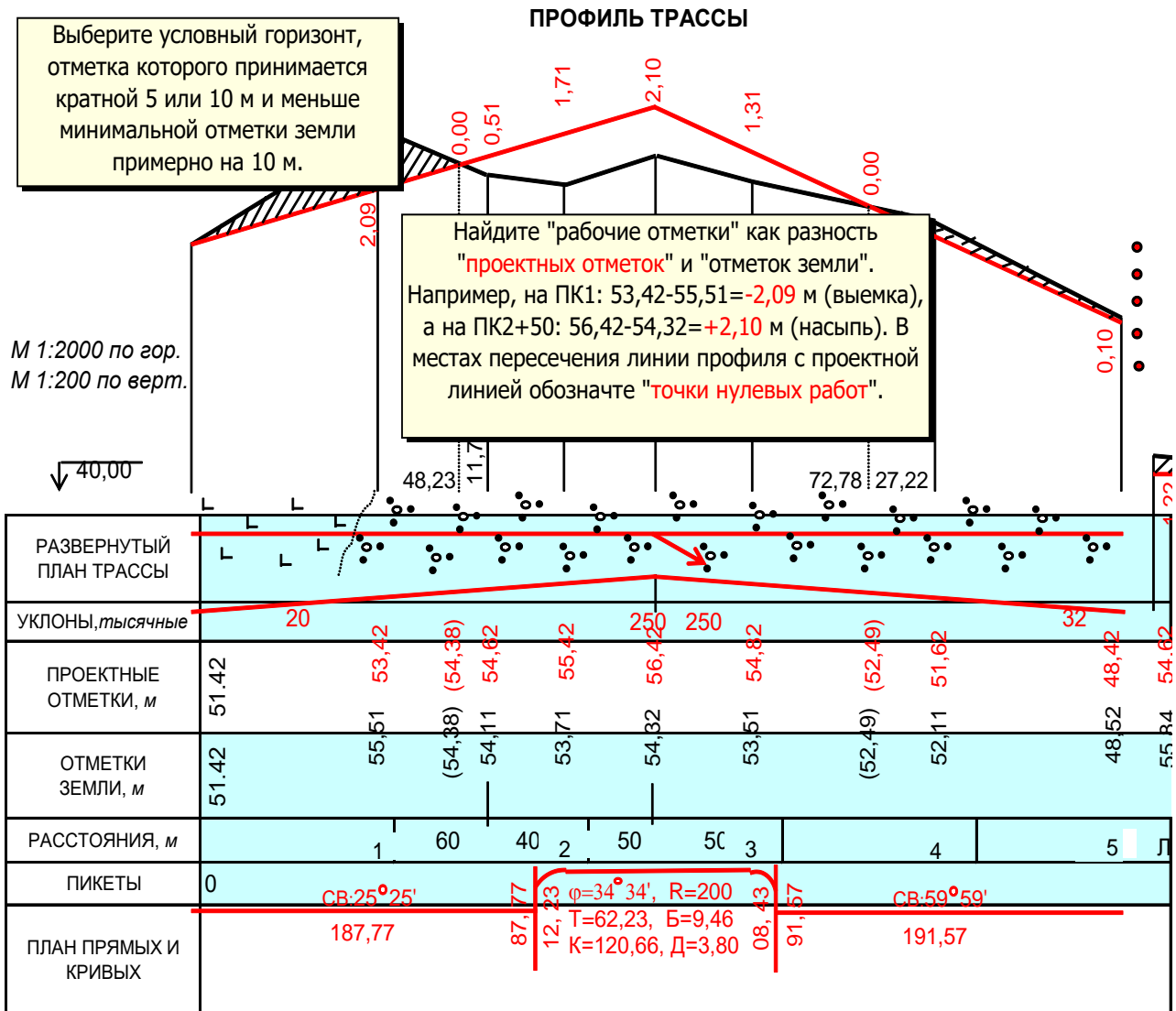
Алгебраическая сумма средних превышений в графе 8

Найдите невязку нивелирного хода путём вычитания из суммы средних превышений разности отметок конечного репера Rp2 и начального Rp1, то есть fн = -2213 - (49037-51237) = -13 мм.

Сумма всех передних отсчётов в графе 4.

# ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

На рис. 1 показаны лишь два примечания.



**Рис. 1. Профиль трассы с примечаниями**

Аналогичным образом выполнены и методические указания для расчётной части РГР «Горизонтальная съёмка». Открыв файл под названием «Исходные данные» и введя свой вариант, студент видит на экране дисплея чистую ведомость координат точек теодолитного хода с исходными данными, соответствующими его варианту (см. рис. 2, затемнённые ячейки): номера точек (графы 1, 25), значения измеренных углов (графы 2, 3), исходный дирекционный угол (графы 7, 8), горизонтальные проложения сторон хода (графа 12), прямоугольные координаты начальной точки хода (графы 22, 24). Задача студента будет заключаться в заполнении всех пустых граф.

ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

Ведомость вычисления координат точек геодезического хода																									
Вариант №																									
№ точки	Измеренные углы, β <sub>изм</sub>			Поправки, к <sub>i</sub>	Исправленные углы		Дирекционные углы		Румбы, γ		Σ β <sub>изм</sub>	Приращения координат, м			Координаты, м										
	0	1	2		0	1	2	0	1	2		0	1	2	ΔX	ΔY	ΔZ	X	Y	Z					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1													+0,00		-0,01						1000,00			1000,00	1
2	169	0,1		169	0,3	10	1,0	СВ	10	1,0	26,76	+	26,35	+	4,65	+	26,35	+	4,64		1026,35			1004,64	2
3	103	44,5	0,2	103	44,7	21	0,7	СВ	21	0,7	20,05	+	18,72	+	7,19	+	18,72	+	7,19		1045,07			1011,83	3
4	93	50,5	0,2	93	50,7	97	16,0	ЮВ	82	44,0	67,14	-	8,49	+	66,60	-	8,48	+	66,59		1036,59			1078,42	4
5	85	10,0	0,2	85	10,2	183	25,3	ЮЗ	3	25,3	47,67	-	47,58	-	2,85	-	47,57	-	2,86		989,02			1075,56	5
1	88	14,0	0,1	88	14,1	278	15,1	СЗ	81	44,9	76,33	+	10,96	-	75,54	+	10,98	-	75,56		1000,00			1000,00	1
2						10	1,0																	2	
Σ β <sub>изм</sub>	539	59,1	0,9	540	0,0	Периметр полигона		Σ D	237,95	Σ ΔXв	-0,04	Σ ΔУв	+0,05	Σ ΔХв	0,00	Σ ΔУв	+0,05	Σ ΔХв	-0,04	Σ ΔУв	+0,05	Σ ΔХв	-0,04	Σ ΔУв	+0,05
Σ β <sub>теор</sub>	540	0,0	Число углов n = 5																						
fβ	-0,9																								
fβ доп	± 2,2																								
Выполнил:																									
Группа:																									
Дата:																									

Рис. 2. Ведомость координат с приращениями

$$f\beta_{доп} = \frac{f\beta}{\Sigma D} = \frac{0,06}{237,95} = \frac{1}{3966} < \frac{1}{2000}$$



## ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

Эту ведомость студент выводит на принтер для последующей её обработки. Как было отмечено выше, такой подход максимально сокращает время на поиск исходных данных в источниках на бумажном носителе и исключает возможные ошибки при их переписывании вручную.

Методические указания по обработке ведомости студент получает, открыв файл «Ведомость координат с примечаниями» (рис. 2). На экране дисплея появляется числовой пример полностью рассчитанной и оформленной ведомости с помеченными красным маркером ячейками. В этих ячейках содержатся сведения как об основных понятиях, касающихся дирекционных углов, румбов, координат, приращений координат и т. п., так и о порядке обработки самой ведомости.

Так, в примечаниях сказано, как: найти угловую невязку и определить её допустимость (четыре нижних строчки, графы 1, 2, 3), найти поправки (графа 4), вычислить исправленные (графы 5, 6) и дирекционные углы (графы 7, 8), определить румбы и их название (графы 9, 10, 11), вычислить приращения координат (графы 13, 14, 15, 16), найти невязки по осям координат (три нижних строчки графы 13, 14, 15, 16) и относительную невязку, вычислить поправки в приращения координат и найти их исправленные значения (графы 17, 18, 19, 20) и определить координаты точек теодолитного хода (графы 21, 22, 23, 24). Особое внимание обращено на все промежуточные и заключительный контроль обработки ведомости координат.

В заключение следует сказать, что подобная методика компьютерной поддержки при выполнении расчётно-графических работ студентами очной, заочной, дистанционной форм обучения является доступной и информативной. Студенты имеют возможность практически мгновенно получить как исходные данные, так и ответы на любые вопросы, возникающие при выполнении РГР, открыв файл, состоящий всего из одной страницы.

### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

*1. Шеховцов Г.А. Содержание учебно-методического комплекса по инженерной геодезии в ННГАСУ // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъёмка». – 2016. – № 3. – С. 48–52.*