

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Дмитриев Николай Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.06.2026 04:48:19
Уникальный программный ключ:
f7c6227919e4cdbfb4d7b682219303333

Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А.Ежевского

Колледж Автомобильного транспорта и агротехнологий

Методические указания
для выполнения расчетно-графической
работы по дисциплине
Выполнение полевых и камеральных работ
по созданию
геодезических сетей специального
назначения
для студентов очного, заочного и
дистанционного образовательного обучения
специальности 21.02.19 «Землеустройство»

Молодежный 2026

УДК 528.46(072)

Печатается по решению предметно-методической комиссии колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий (протокол № 5 от 29 января 2026 г.)

Составитель А.А. Лазарева, Е.Л. Сосновская

Рецензент - к.т.н., доцент кафедры землеустройства, кадастров и сельскохозяйственной мелиорации ФГБОУ ВО «Иркутского ГАУ им. Ежевского А.А.» Тулунова Е.С.

Методические указания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине МДК 01.01 Выполнение полевых и камеральных работ по созданию геодезических сетей специального назначения для студентов очного, заочного и дистанционного образовательного обучения специальности 21.02.19 «Землеустройство» / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского, Колледж автомоб. транспорта и агротехнологий ; сост. А. А. Лазарева, Е.Л.Сосновская – Молодежный : Изд-во ИрГАУ, 2026. – 25 с.: ил. – Текст : электронный.

Методические указания предназначены для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине МДК 01.01 Выполнение полевых и камеральных работ по созданию геодезических сетей специального назначения для студентов 2 курса для специалистов обучающихся по направлениям: 21.02.19 – Землеустройство.

© Лазарева А.А., Сосновская Е.Л. 2026
© Иркутский ГАУ им. А. А. Ежевского, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные положения.....	4
1. Математическая обработка ряда равноточных измерений одной величины	7
2. Вычисление средней квадратической ошибки функции измеренных величин.....	8
3. Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений (без систематических ошибок).....	10
4. Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений (при наличии систематических ошибок).....	11
5. Предрасчёт точности прямых геодезических измерений на основе принципа равных влияний.....	12
6. Оценка точности ряда неравноточных измерений одной величины.....	13
7. Оценка точности ряда двойных неравноточных измерений (равноточных в парах).....	15
8. Уравнивание системы полигонометрических ходов с одной узловым точкой отдельным способом.....	16
9. Уравнивание системы неравноточных нивелирных ходов с двумя узловыми точками способом эквивалентной замены.....	20
Контрольные вопросы.....	23
Список литературы.....	24

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дисциплина МДК 01.01 Выполнение полевых и камеральных работ по созданию геодезических сетей специального назначения входит в профессиональный модуль ПМ. 01 «Подготовка, планирование и выполнение полевых и камеральных работ по инженерно-геодезическим изысканиям».

Цель профессионального модуля:

подготовить студентов к решению задач с использованием геодезических приборов и методов производства работ в объеме необходимом для изысканий, проектирования, строительства и землеустроительных работ.

Основные задачи:

знать назначение геодезических приборов и методов выполнения геодезических работ;

уметь пользоваться картографическими материалами для решения инженерных задач, выполнять измерения геодезическими приборами и обработку этих измерений, выполнять подготовку данных для выноса проекта в натуру и разбивочные работы.

иметь представление о форме и размерах земли, системах координат и высот, геодезических опорных сетях, о современных тенденциях развития геодезических приборов и методов измерений, их применении при изысканиях, строительстве и эксплуатации сооружений и зданий, технологии создания карт и планов на основе фотосъемки местности, применении глобальных спутниковых систем для геодезических измерений.

В методических указаниях рассмотрен порядок выполнения полевых и камеральных работ. Подробно представлена обработка журнала нивелирования и построения топографического плана местности с построением горизонталей.

Дана методика преобразования топографической поверхности участка в проектную горизонтальную поверхность, изменяя естественный рельеф строительной площадки, путем выполнения земляных работ. Для составления плана организации рельефа при внутриквартальной планировке показана методика проектирования наклонной площадки.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть умениями и знаниями в целях приобретения следующих компетенций:

Код	Наименование компетенции (планируемые результаты освоения ОП)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенции
Общие компетенции (ОК)		В области знания и понимания (А) Знать: сущность, цели и производство различных видов изысканий; способы производства наземных горизонтальных, вертикальных, топографических съемок; порядок камеральной обработки материалов
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.	
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной	

	деятельности.	полевых измерений; способы изображения на планах контуров, объектов и рельефа местности; организацию геодезических работ при съемке больших территорий; назначение и способы построения опорных сетей; технологии геодезических работ и современные геодезические приборы; технологии использования материалов аэро- и космических съемок в изысканиях сельскохозяйственного назначения; свойства аэрофотоснимка и методы его привязки; технологии дешифрирования аэрофотоснимка; способы изготовления фотосхем и фотопланов; автоматизацию геодезических работ; основные принципы, методы и свойства информационных и телекоммуникационных технологий; прикладное программное обеспечение и информационные ресурсы при проведении полевых и камеральных геодезических работ
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.	
ОК 04	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.	
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.	
Профессиональные компетенции (ПК)		
ПК 1.1	Выполнять полевые геодезические работы на производственном участке.	В области интеллектуальных навыков (В)
ПК 1.2	Выполнять топографические съемки различных масштабов.	Уметь: выполнять рекогносцировку местности; создавать съемочное обоснование; производить привязку к опорным геодезическим пунктам; рассчитывать координаты опорных точек; производить горизонтальную и вертикальную съемку местности различными способами; осуществлять контроль производства геодезических работ; составлять и оформлять планово-картографические материалы; использовать топографическую основу для создания проектов построения опорных сетей, составлять схемы аналитических сетей; производить измерения повышенной точности: углов, расстояний, превышений с использованием современных технологий; производить уравнивание, вычисление координат и высот точек аналитической сети; оценивать возможность использования материалов аэро- и космических съемок; составлять накидной монтаж, оценивать фотографическое и фотограмметрическое качество материалов аэрофотосъемки; производить привязку и дешифрирование аэрофотоснимков; пользоваться фотограмметрическими приборами; изготавливать фотосхемы и фотопланы; определять состав и содержание
ПК 1.3	Выполнять графические работы по составлению картографических материалов.	
ПК 1.4	Выполнять кадастровые съемки и кадастровые работы по формированию земельных участков.	
ПК 1.5	Выполнять дешифрирование аэро- и космических снимков для получения информации об объектах недвижимости.	

ПК 1.6	Применять аппаратно-программные средства для расчетов и составления топографических, межевых планов.	топографической цифровой модели местности, использовать пакеты прикладных программ для решения геодезических задач;
--------	--	---

Основная цель расчетно-графической работы – закрепление теоретических и практических знаний, полученных студентами на лекциях, и практических занятиях, а также в ходе самостоятельного изучения учебного материала.

Требования к оформлению работы. При наборе текста необходимо учитывать следующее: объем работы – не менее 20 с.; форматирование по ширине; поля: справа и слева - по 23 мм, остальные - по 20 мм; абзацный отступ – 12,5 мм; межстрочный интервал – одинарный; шрифт – Times New Roman; формулы должны быть набраны с помощью редактора формул MS Equation; таблицы и рисунки последовательно пронумерованы; иллюстрации оформляются размерами не менее 60×60 мм и не более 120×180 мм.

Практическая работа №1

Тема: Математическая обработка ряда равноточных измерений одной величины

Дано: Многократные измерения горизонтального угла теодолитом 3Т2КП

(12 приемов)

Требуется:

1. Найти вероятнейшие (средние значения) измерения угла b .
2. Найти среднеквадратическую ошибку одного измерения m_b .
3. Найти среднеквадратическую ошибку среднего значения угла M_b .
4. Найти погрешность среднеквадратической ошибки 1-ого измерения m_m .
5. Найти погрешность среднеквадратической ошибки среднего значения m_M .
6. На числовой оси построить интервалы $\pm m, \pm 2m, \pm 3m$.

Таблица 1 – Результаты измерений

№ приема	Измеренные значения b_i (г.м.с.)	Уклонение e_i (с.)	Среднее значение \bar{b} (г.м.с.)	Поправка $n_i = \bar{b} - b_i$ (сек)	n_i^2
1	54° 42' 40"				
2	35				
3	39				
4	44				
5	32				
6	41				
7	35				
8	43				
9	38				
10	34				
11	42				
12	36				
Σ					

1. $\bar{b} = \frac{[b_i]}{n} =$

2. $\bar{b} = b_0 + \frac{[e_i]}{n};$ b_0 - минимальное значение =

$\bar{b} =$

$D_{окр} = \bar{b} - \bar{b}_0 =$

$m_b = \pm \sqrt{\frac{[n_i^2]}{n-1}} =$

3. $M_b = \pm \frac{m_b}{\sqrt{n}} =$

$$4. m_m = \pm \frac{m_b}{\sqrt{2(n-1)}} = \quad 5. m_M = \pm \frac{M_b}{\sqrt{2(n-1)}} =$$

$$5. \pm m = \pm$$

$$\pm 2m = \pm$$

$$\pm 3m = \pm$$

Пример:

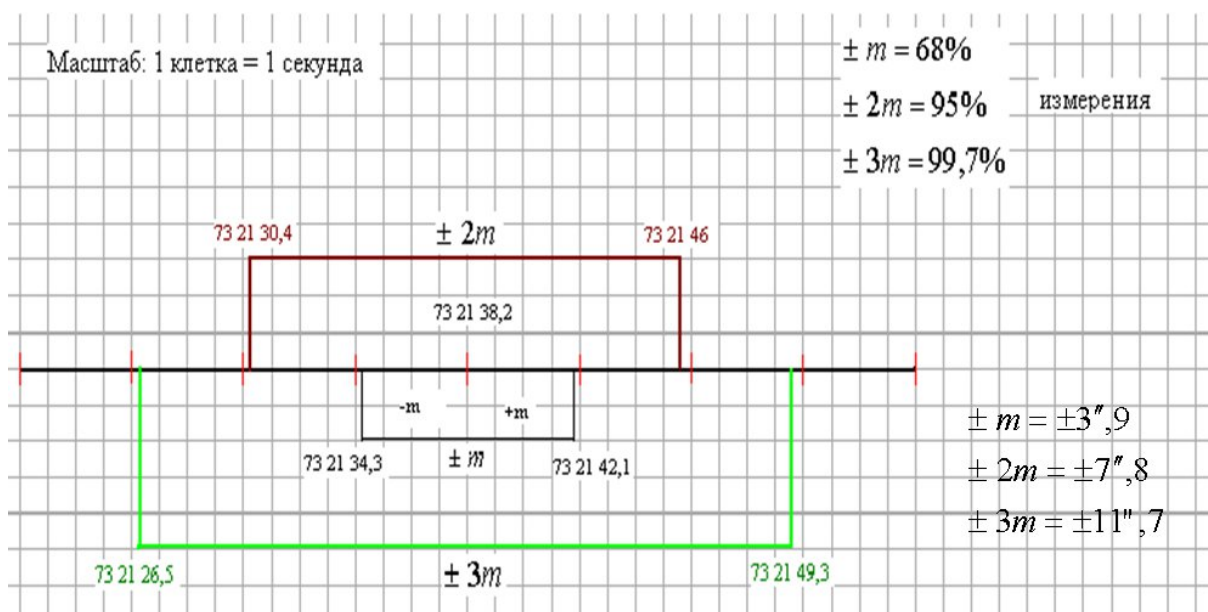


Рисунок 1 – Пример построение иетервала

Практическая работа №2

Тема: Вычисление средней квадратической ошибки функции измеренных величин

Задача №1

Дано: В треугольнике измерено 2-а угла (b_1, b_2) со средней квадратической ошибкой $m_{b_1} = m_{b_2} = 5''$, а 3-ий угол g вычислен.

Найти: среднюю квадратическую ошибку вычисленного угла g ($m_g = ?$)

$$1. g = 180 - b_1 - b_2$$

$$2. \frac{\partial g}{\partial b_1} = \quad \frac{\partial g}{\partial b_2} =$$

$$3. m_g = \sqrt{\frac{\partial g}{\partial b_1} \frac{\partial g}{\partial b_1} \frac{\partial^2}{\partial^2} m_{b_1}^2 + \frac{\partial g}{\partial b_2} \frac{\partial g}{\partial b_2} \frac{\partial^2}{\partial^2} m_{b_2}^2} =$$

Задача №2

Дано: Измерена высота телевышки косвенным способом: $d=175,203$
 $m=175203$ мм; $d = 45^\circ$,
 $i=1.6$ м

Найти:

1. Высоту телевышки.
2. Среднюю квадратическую ошибку высоты телевышки, если $m_d = 20$ мм;
 $m_d = 5''$; $m_i = 10$ мм.

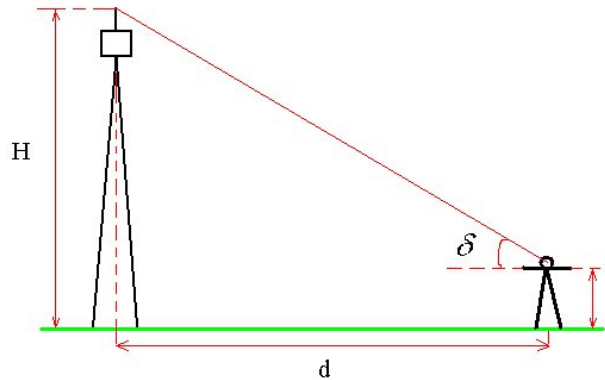


Рисунок 2 – Схема измерения высоты телевышки

1. $H = d' \operatorname{tg} d + i =$
2. Находим частные производные:

$$\frac{\partial H}{\partial d} = \quad ; \quad \frac{\partial H}{\partial d} = \quad ; \quad \frac{\partial H}{\partial i} =$$

$$m_H = \pm \sqrt{\frac{\partial H}{\partial d} \frac{\partial H}{\partial d} m_d^2 + \frac{\partial H}{\partial d} \frac{\partial H}{\partial d} m_d^2 / R'^2 + \frac{\partial H}{\partial i} \frac{\partial H}{\partial i} m_i^2} =$$

Примечание: Радиан: $R' = 206265''$; линейные величины d, m_d, m_i использовать в одних единицах – или в мм, или в м.

Относительная средняя квадратическая ошибка: $\frac{m_H}{H} = 1/H : m_H = 1/$

Практическая работа №3

Тема: Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений (без систематических ошибок)

Дано: Измеренные превышения на 10-ти станциях нивелирного хода.

Требуется:

1. Проверить измерения на наличие систематических ошибок (найти $d_{сист}$) и оценить величину этих ошибок.

2. Найти среднюю квадратическую ошибку (с.к.о.) одного измерения (m_h)

3. Найти среднюю квадратическую ошибку среднего из пары превышений (M_h).

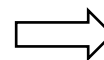
Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

№ ст	Измеренные превышения		Разность $d_i = h_i^ч - h_i^{кр}$ мм		d^2 мм ²
	$h^ч$ мм	$h^{кр}$ мм	d_i	$ d_i $	
1	-1565	-1564			
2	-1485	-1482			
3	-1371	-1373			
4	0103	0105			
5	2185	2185			
6	1220	1224			
7	-0101	-0102			
8	-0154	-0151			
9	1203	1198			
10	0158	0159			
Σ					

1. Вычислить среднюю остаточную систематическую ошибку и проверить уровень (допустимость) систематической ошибки.

$$A) d_{сист} = \frac{[d_i]}{n} =$$

$$B) |[d_i]| \leq 0.25 |[d_i]|$$



Т.к. неравенство выполняется то систематические ошибки малы и их можно не учитывать в дальнейших вычислениях.

2. Найти с.к.о. одного измерения m_h :

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{[d_i^2]}{2n}} =$$

3. Найти с.к.о. среднего из пары: $M_h = \pm \frac{m_h}{\sqrt{n}} =$

Практическая работа №4

Тема: Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений (при наличии систематических ошибок)

Дано: в полигонометрическом ходе измерены 7 сторон в прямом и обратном направлениях.

Требуется:

1. Найти среднюю остаточную систематическую ошибку и оценить её величину.

2. Найти с.к.о. одного измерения.
3. Найти относительную с.к.о. шестой стороны
4. Найти с.к.о. среднего из пары измерений.
5. Найти относительную с.к.о. среднего из пары измерений для шестой стороны.

Таблица 3 – Результаты измерений и вычислений

№ сторон	Измеренные значения сторон		$d_i = S_i^{np} - S_i^{об}$, см		$e_i = d_i - d_{сум}$, см	e_i^2 , см ²
	S_i^{np} , м	$S_i^{об}$, м	d_i	$ d_i $		
1	967,489	967,394				
2	752,469	752,421				
3	692,223	692,250				
4	1023,536	1023,536				
5	808,457	808,444				
6	612,692	612,665				
7	675,158	675,083				
Σ						

$$1. d_{сум} = \frac{[d_i]}{n} =$$

$$|[d_i]| \leq 0,25|[d_i]|,$$

т.к. неравенство не выполняется систематические ошибки велики и их нужно учитывать в дальнейших вычислениях

2. с.к.о 1-ого измерения:

$$m_s = \pm \sqrt{\frac{[e_i^2]}{2(n-1)}} =$$

3. относительная ошибка для 1-ого измерения:

$$\frac{m_s}{S_6} = 1/S_6 : m_s =$$

4. с.к.о. среднего из пары:

$$M_s = \pm \frac{m_s}{\sqrt{2}} =$$

5. Найти относительную с.к.о. из пары измерений для шестой стороны:

$$\frac{M_s}{S_6} =$$

Практическая работа №5

Тема: Предрасчёт точности прямых геодезических измерений на основе принципа равных влияний

Задание №1: Предрасчёт точности прямых геодезических измерений

Дано: Угол измеряется теодолитом 2Т30 со среднеквадратической ошибкой 1-ого приема $m_b = 30''$

Найти: Число приемов ($n=?$) среднее из которых имело бы с.к.о. $15''$ ($M_b = 15''$)

Решение: $M_b = \frac{m_b}{\sqrt{n}} \longrightarrow n =$

Задание №2: Предрасчет точности прямых геодезических измерений на основе принципа равных влияний по заданной точности косвенного результата.

Дано: Надо измерить высоту телевышки (Рис. 1) косвенным способом со средней квадратической ошибкой (с.к.о.) $m_h = 25$ мм.

при значениях прямо измеряемых величин $d = 256,315$ м, $\alpha = 45^\circ$, $i = 1,4$ м.

Требуется:

1. Найти вид функции измеренных величин.
2. На основе принципа равных влияний определить с.к.о. отдельных измерений ($m_d = ?$, $m_\alpha = ?$, $m_i = ?$)
3. Рекомендовать приборы и методику измерения обеспечивающую заданную точность.

1. Функция $h = d' \operatorname{tg} \alpha + i$

2. Принцип равных влияний:

$$\frac{m_h^2}{3} = \frac{\partial h}{\partial d} \cdot m_d^2 = \frac{\partial h}{\partial \alpha} \cdot m_\alpha^2 / R^2 = \frac{\partial h}{\partial i} \cdot m_i^2 :$$

РАДИАН: $R' = 206265''$

3. Находи частные производные:

$$\frac{\partial h}{\partial d} =$$

$$\frac{\partial h}{\partial \alpha} =$$

$$\frac{\partial h}{\partial i} =$$

4.Находим с.к.о. измерения расстояния

$$\frac{m_h^2}{3} = \frac{\partial h}{\partial d} \cdot m_d^2 =$$

отсюда $m_d =$

$$\frac{m_d}{d} = 1/d : m_d =$$

5.Находим с.к.о. измерения угла наклона

$$\frac{m_h^2}{3} = \frac{\sigma_{\text{д}}^2}{\sigma_{\text{д}}^2} \frac{m_d^2}{R^2} =$$

отсюда $m_d =$

6. Находим с.к.о. измерения высоты прибора

$$\frac{m_h^2}{3} = \frac{\sigma_{\text{д}}^2}{\sigma_{\text{д}}^2} m_i^2 =$$

отсюда $m_i =$

7. На основании найденных с.к.о. рекомендуем следующие геодезические приборы: теодолит №3Т5КП для измерения углов, рулетку РДГ для измерения длин и высоты инструмента.

Расчетно-графическая работа №6

Тема: Оценка точности ряда неравноточных измерений одной величины

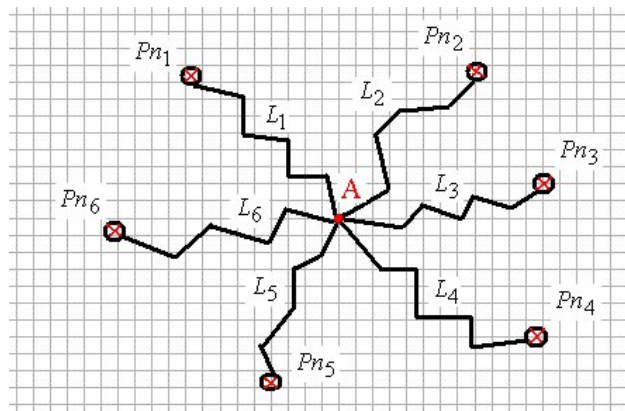


Рисунок 3 – Схема нивелирных ходов

L – нивелирные хода, Pп – исходные пункты, A – узловая точка

Дано: нивелирная сеть из 6-ти ходов различной длины пройденных от твердых реперов и сходящихся в узловой точке A.

Требуется:

1. Найти вес каждого хода, приняв один из них за эталонный (за единицу веса)
2. Найти среднее весовое значение высотной отметки узловой точки H_A .
3. Найти с.к.о. единицы веса m .
4. Найти с.к.о. среднего весового значения отметки узловой точки M_{H_A} .
5. Найти с.к.о. измеренных превышений для каждого нивелирного хода m_{h_i}

Таблица 4 – Результаты измерений и вычислений

№ ходов	Значение Отметки H_i^A , м	L, км	e_i см	Вес хода	$P_i e_i$ см	\bar{H}_A м	$V_i = \bar{H}_A - H_i^A$ см	$P_i V_i^2$	$\pm m_{h_i}$ см

				$P_i = \frac{C}{L_i}$				
1	536,39	11,0						
2	536,37	10,0						
3	536,36	8,3						
4	536,48	18,2						
5	536,50	21,3						
6	536,42	16,1						
\bar{a}								

1. Найдем вес хода: $P_i = \frac{c}{L_i}$ пример: $P_2 = \frac{10}{10} = 1$ $C=10$ км.

Аналогично и для остальных ходов.

2. Находим среднее весов:

$$\bar{H}_A = \frac{P_1 H_1^A + P_2 H_2^A + \dots + P_6 H_6^A}{P_1 + P_2 + \dots + P_6} = \frac{[P_i H_i^A]}{[P_i]}$$

$$\bar{H}_A = H_0 + \frac{[P_i e_i]}{[P_i]} =$$

где $e_i = H_i^A - H_0$ -уклонение

H_0 -минимальное значение отметки точки А ; примем что $H_0=$

3. Найдем с.к.о. единицы веса:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[P_i n_i^2]}{n-1}} =$$

$$n_i = \bar{H}_A - H_i^A$$

4. Найти с.к.о. среднего весового значения отметки узловой точки т.А

$$M_{\bar{H}_A} = \frac{m}{\sqrt{[P_i]}} =$$

5. Найти с.к.о. измеренных превышений для каждого нивелирного хода.

$$m_{h_i} = \pm \frac{m}{\sqrt{P_i}} =$$

аналогично и для остальных ходов, результаты приведены в таблице.

Расчетно-графическая работа №7

Тема: Оценка точности ряда двойных неравноточных измерений
(равноточных в парах)

Дано: Разности превышений ($h_i^{np}, h_i^{об}$) для 10-ти нивелирных ходов разной длины.

Требуется:

1. Найти с.к.о. одиночного хода из 10-ти станций.
2. Найти с.к.о. двойного хода той же длины.
3. Найти погрешности этих ошибок.

Таблица 5 – Результаты измерений и вычислений

№ хода	Разность d, мм	Число станций k_i	Вес хода $P_i = \frac{c}{k_i}$	$P_i d_i$	$\sqrt{P_i}$	$d_i \sqrt{P_i}$	$ d_i \sqrt{P_i} $	$P_i d_i^2$
1	14	7						
2	-24	21						
3	-19	13						
4	25	25						
5	-22	28						
6	21	15						
7	-22	19						
8	23	18						
9	22	16						
10	-17	23						
\bar{a}								

Ход работы:

1. Выбираем за эталонный (для нахождения весов нивелирных ходов) ход из 10-ти станций (ед. веса)

$C=10$ ст находим $P_i = \frac{c}{k_i}$.

2. Вычисляем среднюю остаточную систематическую ошибку:

$$d_{сист} = \frac{[P_i d_i]}{[P_i]} =$$

3. Проверяем систематическую ошибку на допустимость

$$|[d_i \sqrt{P_i}]| \leq 0.25 [d_i \sqrt{P_i}]$$

Так как неравенство выполняется то систематические ошибки малы и ими можно пренебречь.

4. Находим среднюю квадратическую ошибку единицы веса

$$m = \pm \sqrt{\frac{P_i d_i^2}{2n}} =$$

5. Найдем с.к.о. среднего арифметического из пары измерений:

$$M_h = \pm \frac{m}{\sqrt{2}} =$$

6. Находим погрешность вычисленной средней квадратической ошибки единицы веса

$$m_m = \pm \frac{m}{\sqrt{2n}} =$$

7. Находим погрешность вычисленной средней квадратической ошибки среднего из пары измерений

$$m_M = \pm \frac{M}{\sqrt{2n}} =$$

Расчетно-геодезическая работа №8

Тема: Уравнивание системы полигонометрических ходов с одной узловой точкой раздельным способом

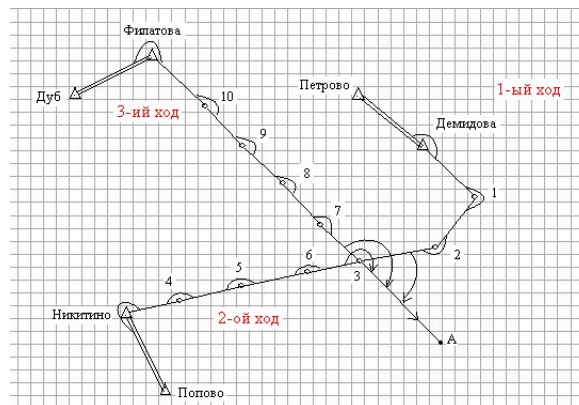


Рисунок 4 – Схема полигонометрических ходов

Дано: Три полигонометрических хода проложенных от твердых исходных сторон к узловой точке т.3

Требуется: Уравнять систему полигонометрических ходов раздельным способом и выполнить оценку точности этих ходов.

1. Вычисление весов полигонометрических ходов:

$$P_i = \frac{c}{n_i + 1} \quad n - \text{число сторон в ходе или } (n+1) - \text{число углов в ходе}$$

Возьмем за эталонный ход состоящий из 12-ти углов.

$C=12$.

2. Вычислим вероятное (среднее весовое) значение дирекционного угла фиктивного направления 3-А:

$$a_{3-A}^{yp} = \frac{P_1 a_1' + P_2 a_2' + P_3 a_3'}{P_1 + P_2 + P_3} + a_0 =$$

где $a_0 =$

3. Вычисляем угловые невязки:

Для 1-ого хода $f_b = a_{3-A}^1 - a_{3-A}^{yp} =$

Для 2-ого хода $f_b = a_{3-A}^2 - a_{3-A}^{yp} =$

Для 3-его хода $f_b = a_{3-A}^3 - a_{3-A}^{yp} =$

4. Распределение угловых невязок и вычисление уравненных дирекционных углов сторон каждого хода

$$b_i^{yp} = b_i^{испр} + n$$

$$a_n^{испр} = a_0 + [b_{лев}^{испр}] - n \times 80^\circ$$

$$a_i^{yp} = a_i^{испр} + i \times \lambda$$

где $n = -\frac{f_b}{n+1}$

Таблица 6 – Исходные данные

№ хода	Название исходного пункта	Координаты исходных пунктов		Дирекционный угол фиктивного направления α_{3-A}	$\Delta DX, \text{ м}$	$\Delta DY, \text{ м}$	$\Delta d, \text{ м}$
		X, м	Y, м				
1	Демидово	10706,486	10065,077	134°29'17"	-1098,333	-479,192	1219
2	Никитино	8320,000	9552,000	134°29'10"	+1288,142	+33,869	1615
3	Филатово	9716,107	7155,384	134°28'55"	-107,517	+2430,452	2527

Таблица 7 – Результаты вычислений

№ хода	n	n-1	P_i	$\alpha' = \alpha - \alpha_0$	$P \cdot \alpha'$	$f_b, \text{ сек}$	$n_b, \text{ сек}$	$P \cdot X$	$P \cdot Y$	$X_{\text{изм}}, \text{ м}$	$Y_{\text{изм}}, \text{ м}$	$f_x, \text{ м}$	$f_y, \text{ м}$	$f_{\text{абс}}, \text{ м}$	$f_{\text{отн}}$
1															
2															
3															

5. Вычисляем координаты узловой т. 3 по каждому ходу и уравниваем эти координаты:

$$X_3^1 = X^{\text{деמידово}} + \overset{\circ}{a} DX_1 =$$

Для 1-ого хода

$$Y_3^1 = Y^{\text{деמידово}} + \overset{\circ}{a} DY_2 =$$

$$X_3^2 = X^{\text{никитино}} + \overset{\circ}{a} DX_2 =$$

Для 2-ого хода

$$Y_3^2 = Y^{\text{никитино}} + \overset{\circ}{a} DY_2 =$$

$$X_3^3 = X^{\text{филатово}} + \overset{\circ}{a} DX_3 =$$

Для 3-его хода

$$Y_3^3 = Y^{\text{филатово}} + \overset{\circ}{a} DY_3 =$$

$$X_3^{yp} = \frac{P_1 X_3^1 + P_2 X_3^2 + P_3 X_3^3}{P_1 + P_2 + P_3} =$$

$$Y_3^{yp} = \frac{P_1 Y_3^1 + P_2 Y_3^2 + P_3 Y_3^3}{P_1 + P_2 + P_3} =$$

6. Вычислим линейные невязки для каждого хода:

1-ый ход

$$f_x^1 = X_3^1 - X_3^{yp} =$$

$$f_y^1 = Y_3^1 - Y_3^{yp} =$$

2-ой ход

$$f_x^2 = X_3^2 - X_3^{yp} =$$

$$f_y^2 = Y_3^2 - Y_3^{yp} =$$

3-ий ход

$$f_x^3 = X_3^3 - X_3^{yp} =$$

$$f_y^3 = Y_3^3 - Y_3^{yp} =$$

7. Распределение линейных невязок и вычисление уравненных приращений координат полигонометрических ходов:

$$DX_i^{yp} = DX_i^{\text{обич}} + dx$$

$$DY_i^{yp} = DY_i^{\text{обич}} + dy$$

$$dx = - \frac{f_x d_i}{P_i}$$

$$dy = - \frac{f_y d_i}{P_i}$$

8. Вычисление уравненных координат точек полигонометрических ходов:

$$X_{i+1}^{yp} = X_i + DX_i^{yp}$$

$$Y_{i+1}^{yp} = Y_i + DY_i^{yp}$$

9. Оценка точности полигонометрических ходов (вычисление относительной ошибки хода):

1-ый ход

$$f_{abc}^1 = \pm \sqrt{(f_x^1)^2 + (f_y^1)^2} =$$

$$f_{оми}^1 = \frac{f_{abc}^1}{\overset{\circ}{a} d_1} =$$

2-ой ход

$$f_{abc}^2 = \pm \sqrt{(f_x^2)^2 + (f_y^2)^2} =$$

$$f_{оми}^2 = \frac{f_{abc}^2}{\overset{\circ}{a} d_2} =$$

3-ий ход

$$f_{abc}^3 = \pm \sqrt{(f_x^3)^2 + (f_y^3)^2} =$$

$$f_{оми}^3 = \frac{f_{abc}^3}{\overset{\circ}{a} d_3} =$$

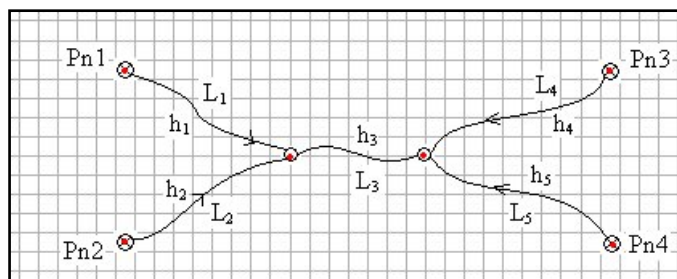
Расчетно-графическая работа № 9

Тема: Уравнивание системы неравноточных нивелирных ходов с двумя узловыми точками способом эквивалентной замены

Дано: Система из пяти неравноточных нивелирных ходов с двумя узловыми точками, опирающимися на 4 исходных репера.

Требуется:

1. Уравнять систему нивелирных ходов способом эквивалентной замены.
2. Выполнить оценку точности по результатам уравнивания.



Сущность метода эквивалентной замены заключается в том, что система нивелирных ходов с несколькими узловыми точками преобразуется в эквивалентную по точности систему ходов с одной узловой точкой.

Используя принцип среднего весового два или несколько нивелирных ходов преобразуем в один эквивалентный по точности воображаемый

нивелирный ход.

Порядок выполнения работы:

- 1) Найти веса ходов.
- 2) Найти уравненные значения высотной отметки узловой точки I.
- 3) Найти вес ($P_{1,2}$) и длину ($L_{1,2}$) эквивалентного нивелирного хода 1,2.
- 4) Найти вес ($P_{1,2+3}$) и длину ($L_{1,2+3}$) эквивалентного нивелирного хода 1,2 +3.
- 5) Найти уравненные значения высотной отметки узловой точки II.

Таблица 8 – Исходные данные по нивелирным ходам системы и вычислений

№ хода	Длина хода $L_i, \text{км}$	Вес хода $P_i = \frac{c}{L_i}$	Изм. превышения $h_i, \text{м}$	Поправки превышения $V_i, \text{м}$	Уравненные превышения $h_i^{уп}, \text{м}$	V_i^2	$P_i V_i^2$	$\sqrt{P_i}$	СКО прев. $m_{h_i}, \text{м}$
1	9,0		1,706						
2	8,2		0,614						
3	6,5		0,024						
4	5,0		-1,217						
5	7,0		0,866						

Таблица 9 – Исходные высотные отметки реперов и уравненных высотных отметок узловых точек

Название точки	Уравненные отметки Н	Исходные отметки
узл I		
узл II		
Pn1		186,856
Pn2		187,815
Pn3		189,754
Pn4		187,600

- 6) Найти поправки (v_i) в измеренные превышения (h_i) для каждого хода;
- 7) Найти уравненные превышения (h_i) для каждого хода;
- 8) Выполнить оценку точности по результатам уравнивания
 - а) Найти ошибку единицы веса;
 - б) Найти С.К.О. превышения для каждого хода;
 - в) Найти С.К.О. уравненных высотных отметок узловых точек I и II.

1. Для нахождения весов ходов примем ход №5 за эталонный, т.е. $c=7,0$ км и веса других ходов найдём по формуле:

Вычисления весов приведены в таблице 8.

2) Находим приближенное значение отметки узловой точки из ходов I и II.

а) Вычисление С.К.О. единицы веса m

$$m = \pm \sqrt{\frac{[P_i V_i^2]}{n - k}} =$$

n - число всех измерений

k - число необходимых измерений

$(n-k)$ - число избыточных измерений

б) Находим С.К.О. измеренных превышений для каждого хода.

$$m_{h_i} = \pm \frac{m}{\sqrt{P_i}}$$

Результаты записываются в таблицу 8.

в) Находим С.К.О. H_{yp}^{II} Equation.3

$$m_{H_{yp}^{II}} = \pm \frac{m}{\sqrt{P_{H_{yp}^{II}}}} =$$

г) Находим С.К.О. H_{yp}^I Equation.3

$$m_{H_{yp}^I} = \pm \frac{m}{\sqrt{P_{H_{yp}^I}}} =$$

где $P_{H_{yp}^I} = P_1 + P_2 + P_{4,5+3} =$

$$P_{4,5} = P_4 + P_5 =$$

$$L_{4,5} =$$

$$L_{4,5+3} = L_{4,5} + L_3 =$$

$$P_{4,5+3} = \frac{c}{L_{4,5+3}} =$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Вес геодезического измерения. Способы определения веса.
2. Определение весов для линейных измерений, теодолитных и нивелирных ходов.
3. Вычисление веса функции измеренных величин.
4. Измерение горизонтальных углов теодолитом способом круговых приёмов.
5. Истинная средняя квадратическая ошибка, формула Гаусса
6. Средняя квадратическая ошибка, вычисляемая по поправкам, формула Бесселя.
7. Источники ошибок измерений. Как исключаются грубые ошибки измерений?
8. Источники ошибок при геодезических измерениях.
9. Классификация ошибок геодезических измерений. Способы повышения точности измерений (уменьшения влияния случайных ошибок на результат).
10. Методы выявления и исключения систематических ошибок измерений.
11. Неравноточные измерения. Вес измерения. Среднее весовое. Средняя квадратическая ошибка единицы веса.
12. Общие принципы уравнивания геодезических сетей коррелятным способом.
13. Общие принципы уравнивания геодезических сетей параметрическим способом.
14. Общая схема уравнивания системы высотных ходов с 2-мя узловыми точками методом эквивалентной замены.
15. Оценка точности по двойным равноточным измерениям.
16. Оценка точности по разностям двойных неравноточных измерений.
17. Оценка точности ряда многократных неравноточных измерений.
18. Оценка точности ряда многократных равноточных измерений.
19. Понятие о процессе измерения. Участники процесса измерения.
20. Понятие об ошибках измерений. Классификация ошибок измерений.
21. Равноточные измерения. Среднее арифметическое.
22. Средние квадратические ошибки одного измерения и среднего арифметического.
23. Раздельное уравнивание полигонометрических ходов, сходящихся в одной узловой точке.
24. Расчёт точности геодезических измерений на основе принципа равных влияний.
25. Свойства случайных ошибок измерений.
26. Способы уравнивательных вычислений на основе метода наименьших квадратов.
27. Средняя квадратическая ошибка функции измеренных величин.
28. Средняя квадратическая ошибка. Предельная ошибка измерения. Назначение допусков для геодезических измерений.

Список литературы

1. Голубев В.В. Геодезия. Теория математической обработки геодезических измерений: учебник для вузов. В.В. Голубев – М.: Изд-во МИИГАиК, 2016. – 422 с.: ил.

2. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / С.И. Чекалин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академический Проект, Гаудеамус, 2016. — 320 с. — 978-5-8291-1333-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60031.html>.

3. Инженерная геодезия [Электронный ресурс] : учебное пособие / . — Электрон. текстовые данные. — Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. — 104 с. — 978-5-9585-0687-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62898.html>.

**Методические рекомендации
для выполнения расчетно-графической работы по
дисциплине
МДК 01.01 Выполнение полевых и камеральных работ
по созданию геодезических сетей специального
назначения**

Лазарева Алианна Александровна
Сосновская Елена Леонидовна

ФГБОУ ВО ИрГАУ
664038, п. Молодежный гл. корпус Иркутского ГАУ