

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»**

Кафедра кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии

ВЫСШАЯ ГЕОДЕЗИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

**к выполнению курсового проекта
для студентов направления 21.03.03 «Геодезия и дистанционное
зондирование» профиль «Геодезическое
обеспечение геоинформационных
систем» всех форм обучения**

Воронеж 2025

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО ВЫСШЕЙ ГЕОДЕЗИИ

ВВЕДЕНИЕ

(расписываем актуальность, цели и задачи КП)

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УЧАСТКЕ РАБОТ

1.1 Физико-географическое описание участка местности

1.2 Топографо-геодезическая изученность участка местности

2 ТЕОРИЯ СОЗДАНИЯ СЕТЕЙ НИВЕЛИРОВАНИЯ II КЛАССА

2.1 Принципы создания нивелирных сетей *(теория)*

2.2 Технология проведения работ при высокоточном нивелировании
(теория)

2.3 Закладка знаков *(теория)*

3 РАЗВИТИЕ НИВЕЛИРНОЙ СЕТИ II КЛАССА НА ТЕРРИТОРИИ
(своего района)

3.1 Проект нивелирной сети II класса *(вставляем схемы, описание
сети, таблицы)*

3.2 Предрасчёт точности проекта нивелирной сети методом
последовательных приближений с оценкой результатов *(описание расчетов и
результатов)*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ПРИЛОЖЕНИЯ

Этапы выполнения работ

В первой главе курсового проекта дать общую характеристику территории проектирования.

В п.1.1. дать краткую физико-географическую характеристику местности:

- Общее расположение;
- Климат;
- Геология;
- Растительность;
- Инфраструктура (дорожно-транспортная, населенные пункты).

В п. 1.2 выполнить топографо-геодезическую изученность участка работ.

Информация должна содержать сведения о топографо-картографическом материале, плотности и количестве пунктов ГГС на участке.

Во второй главе сделать теоретические выкладки по теории создания сетей нивелирования 2 класса, опираясь на лекционный материал и литературные источники в соответствии с содержанием курсовой работы

В третьей главе составить проект развития нивелирной сети на территории заданного района и выполнить предрасчет точности запроектированной сети по ниже приведенному примеру.

В заключении сделать выводы о проделанной работе.

Проект нивелирной сети II класса

На карте, выданной преподавателем, масштаба 1:100 000 – 1:200 000 запроектировать нивелирную сеть II класса.

За исходные пункты сети служат пункты ГГС с известной отметкой и реперы.

Нивелирные хода проложены согласно требованиям инструкции. При проложении нивелирного хода следует выбирать места с наименьшим перепадом высот, для обеспечения видимости. Следует учитывать рельеф и инфраструктуру тех участков местности, где прокладывается нивелирный ход для обеспечения возможности быстро и беспрепятственно передвигаться с рейками и нивелиром.

В результате работы была запроектирована нивелирная сеть II класса, состоящая из 5 ходов, длины которых приведены в таблице 3, и двух связующих точек.

Таблица 1 – Результаты проектирования нивелирной сети II класса

№ хода	Кол-во сторон в ходе	Длина хода, км	Средняя длина линий в ходе, км
1	4	9,95	2,49
2	2	6,20	3,10
3	3	8,40	2,80
4	3	7,40	2,47
5	4	9,80	2,45

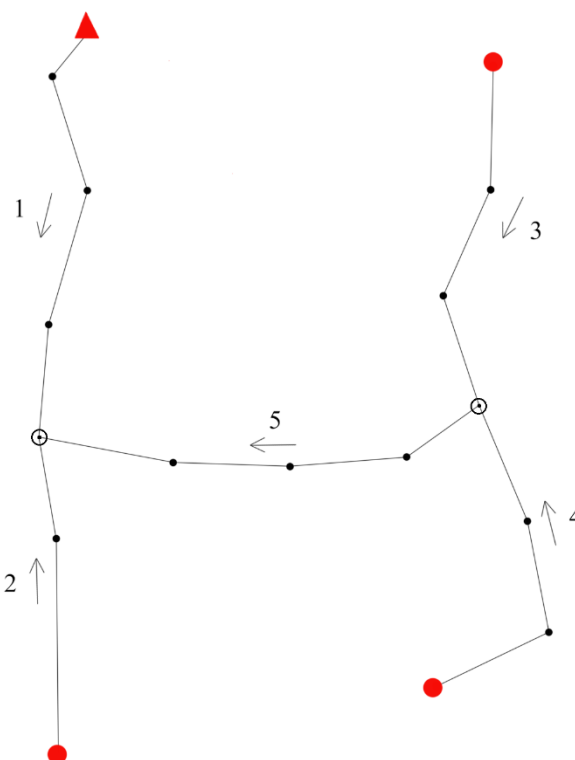


Рисунок 1 – Схема нивелирования II класса

Предрасчет точности проекта нивелирной сети методом последовательных приближений с оценкой результатов

Оценка точности проектов является составной частью проектирования, и для высотных сетей несколько облегчается тем, что для инженерно-геодезических работ высотные сети проектируются одного класса, локальными и на сравнительно небольшой территории. Если запроектированная высотная сеть имеет две ступени, то оценку точности выполняют отдельно для каждой ступени.

Оценка точности может быть выполнена разными способами в зависимости от конкретных требований к проекту. В процессе оценки точности находят ожидаемые средние квадратические ошибки положения реперов в наиболее слабом месте, узловых точек или реперов, от которых в будущем будут выполняться специальные работы.

Оценку точности начинают с уточнения схемы сети на местности. Далее, пользуясь техническими характеристиками запроектированной нивелирной сети, подсчитывают ожидаемые средние квадратические ошибки и веса

превышений в отдельных ходах между исходными и узловыми реперами, между узловыми реперами и реперами, подлежащими оценке.

Для оценки точности нивелирных сетей высших классов, вычисления ошибок производят по формуле:

$$m_h^2 = \eta^2 L + \sigma^2 L^2 \quad (1)$$

где η — средняя квадратическая случайная ошибка нивелирования на 1 км хода; σ — средняя квадратическая систематическая ошибка на 1 км хода; L — длина хода в км.

В соответствии с инструкцией по нивелированию средние квадратические случайные ошибки на 1 км хода (значения коэффициента η) для классов нивелирования соответственно принимаются равными 0,8 мм, 2,0 мм, 5,0 мм и 10 мм. В нашем случае создавался проект нивелирной сети II класса, которому соответствует средняя квадратическая случайная ошибка 2,00 мм на 1 км хода. Средняя квадратическая систематическая ошибки на 1 км хода (значение коэффициента σ) указанная для нивелирной сети II класса принимается равной 0,20 мм.

Вес превышений по ходу L определяется формулой:

$$p = \frac{c}{m_h^2} \quad (2)$$

где c — коэффициент, который целесообразно принимать таким, чтобы вес приблизительно равнялся единице.

Предельные невязки на километр хода принимают в 2, а для ответственных работ в 2,5 раз больше, чем средние квадратические ошибки.

Оценку точности проектов высотных инженерно-геодезических сетей выполняют теми же методами, что и плановых сетей, а именно: коррелятным, параметрическим, последовательных приближений или эквивалентной замены. В нашем случае будет использован метод последовательных приближений. Предварительные вычисления средних квадратических ошибок и весов в отдельных ходах между исходными и узловыми реперами представлены в таблице.

Таблица 4 – Предварительные вычисления СКП и весов отдельных

ходов

№ хода	Количество сторон	L, км	m_h^2 , мм	p, c=30
1	4	9,95	43,76	0,69
2	2	6,20	26,34	1,14
3	3	8,40	36,42	0,82
4	3	7,40	31,79	0,94
5	4	9,80	43,04	0,70

Рассмотрим вкратце порядок вычислений при оценке точности методом последовательных приближений.

На первом этапе вычисляют веса узловых точек и их средние квадратические ошибки по формулам:

$$p_i = \sum p_{ik} \quad (3)$$

$$m_i^2 = \frac{c}{p_i} \quad (4)$$

После этого приступают непосредственно к приближениям. В каждом последующем приближении в ходах, идущих от узловых точек, учитывают ошибки этих точек, полученные в предыдущем приближении. Во всех приближениях ошибки исходных реперов принимают равными нулю. Приближения производят до тех пор, пока для одной и той же узловой точки в двух последних приближениях получают практически одинаковые значения средних квадратических ошибок. Так, после предварительных вычислений, находят средние квадратические ошибки всех узловых точек.

$$p_A = p_1 + p_2 + p_5 = 0,69 + 1,14 + 0,70 = 2,53$$

$$p_B = p_3 + p_4 + p_5 = 0,82 + 0,94 + 0,70 = 2,46$$

$$m_A^2 = \frac{c}{p_A} = \frac{30}{2,53} = 12 \text{ мм}; \quad m_B^2 = \frac{c}{p_B} = \frac{30}{2,46} = 12 \text{ мм}$$

Такие вычисления, составляющие первое приближение, производят для каждой узловой точки. Вычисления во втором приближении выполняют с учётом новых значений ошибок узловых точек и продолжают до совпадения их значений в двух последующих приближениях.

Второе приближение:

$$\begin{aligned}
 M_A^2 &= m_5^2 + m_B^2 = 43,04 + 12,20 = 55,24 \text{ мм} \\
 M_B^2 &= m_5^2 + m_A^2 = 43,04 + 11,86 = 54,90 \text{ мм} \\
 p_5 &= \frac{c}{M_A^2} = \frac{30}{55,24} = 0,54; \quad p_5 = \frac{c}{M_B^2} = \frac{30}{54,90} = 0,55 \\
 p_A &= p_1 + p_2 + p_5 = 0,69 + 1,14 + 0,54 = 2,37 \\
 p_B &= p_3 + p_4 + p_5 = 0,82 + 0,94 + 0,55 = 2,31 \\
 m_A^2 &= \frac{c}{p_A} = \frac{30}{2,37} = 13 \text{ мм}; \quad m_B^2 = \frac{c}{p_B} = \frac{30}{2,31} = 13 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Третье приближение:

$$\begin{aligned}
 M_A^2 &= m_5^2 + m_B^2 = 43,04 + 12,99 = 56,03 \text{ мм} \\
 M_B^2 &= m_5^2 + m_A^2 = 43,04 + 12,66 = 55,70 \text{ мм} \\
 p_5 &= \frac{c}{M_A^2} = \frac{30}{56,03} = 0,54; \quad p_5 = \frac{c}{M_B^2} = \frac{30}{55,70} = 0,54 \\
 p_A &= p_1 + p_2 + p_5 = 0,69 + 1,14 + 0,54 = 2,37 \\
 p_B &= p_3 + p_4 + p_5 = 0,82 + 0,94 + 0,54 = 2,30 \\
 m_A^2 &= \frac{c}{p_A} = \frac{30}{2,37} = 13 \text{ мм}; \quad m_B^2 = \frac{c}{p_B} = \frac{30}{2,30} = 13 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Как мы видим, для одной и той же узловой точки в двух последних приближениях получаются практически одинаковые значения средних квадратических ошибок.

Теперь полученную среднюю квадратическую ошибку необходимо сравнить с допустимой невязкой, которая вычисляется по следующей формуле:

$$f_{\text{пред}} = 5 \text{ мм} \sqrt{L} \quad (5)$$

где L — сумма ходов, опирающихся на узловую точку в км.

$$f_{\text{пред}}^{1-2-5} = 5\text{мм} \cdot \sqrt{9,95 + 6,20 + 9,80} = 25,46 \text{ мм} > 13 \text{ мм}$$

$$f_{\text{пред}}^{3-4-5} = 5\text{мм} \cdot \sqrt{8,40 + 7,40 + 9,80} = 25,30 \text{ мм} > 13\text{мм}$$

Сравнив погрешности, видно, что средняя квадратическая погрешность первой и второй узловых точек не превышает допустимую невязку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазуров, Б. Т. Высшая геодезия : учебник для вузов / Б. Т. Мазуров. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-9386-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/193409> (дата обращения: 11.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Мазуров, Б. Т. Высшая геодезия : учебник / Б. Т. Мазуров. — Новосибирск : СГУГиТ, 2016. — 203 с. — ISBN 978-5-87693-982-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157310> (дата обращения: 11.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Купреева, Е. Н. Уравнивание нивелирных сетей : учебное пособие / Е. Н. Купреева, Л. А. Пронина. — Омск : Омский ГАУ, 2020. — 59 с. — ISBN 978-5-89764-871-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153544> (дата обращения: 11.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Высшая геодезия и основы координатно-временных систем: учебное пособие / Н.А. Телеганов, А.В. Елагин. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 238 с.

5. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов (ГКИНП (ГНТА)-03-010-02, М., 2003 г.)

6. Курс высшей геодезии / П.С.Закатов. – М.: Недра, 1976. – 511 с.

7. Основы высшей геодезии: Учебник для вузов / З.С. Хаимов, под ред. М. М. Машимова. - М.: Недра, 1984. – 360 с.