

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та  
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою

Кафедра геодезії та картографії

**05-04-136М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних і самостійних робіт з навчальної  
дисципліни **«Геодезія» частина 1 «Нівелювання»**  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за  
освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» усіх форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості ННІАЗ  
Протокол №12 від 20.02.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних і самостійних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» частина I «Нівелювання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» усіх форм навчання. [Електронне видання] / Янчук О. Є., Трохимець С. М., Прокопчук А. В., Лагоднюк О. А., Німкович Р. С. – Рівне : НУВГП, 2024. – 69 с.

Укладачі:

Янчук О. Є., к.т.н., доцент кафедри геодезії та картографії НУВГП;

Трохимець С. М., ст. викл. кафедри геодезії та картографії НУВГП;

Прокопчук А. В., ст. викл. кафедри геодезії та картографії НУВГП;

Лагоднюк О. А., к.т.н., доцент, заступник ректора з розвитку інформаційних систем, керівник офісу цифрової трансформації Українського католицького університету;

Німкович Р. С., старший лаборант, який має повну вищу освіту, навчально-наукової лабораторії «Геодезії та землеустрою» кафедри геодезії та картографії НУВГП.

Відповідальний за випуск:

Янчук Р. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії НУВГП.

Керівник групи забезпечення спеціальності:

Янчук Р. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії НУВГП.

© О. Є. Янчук, С. М. Трохимець,  
А. В. Прокопчук, О. А. Лагоднюк,  
Р. С. Німкович, 2024

© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2024

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	3
ПЕРЕДМОВА .....	4
ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ.....	5
Лабораторна робота №1 Робота на станції нівелювання IV класу .....	5
Лабораторна робота №2 Робота на станції нівелювання III класу .....	11
Лабораторна робота №3 Робота на станції нівелювання II класу .....	16
Лабораторна робота №4 Зрівноваження одинокого нівелірного ходу III класу .....	23
Лабораторна робота №5 Зрівноваження мережі нівелірних ходів III класу способом послідовних наближень .....	27
Лабораторна робота №6 Зрівноваження мережі нівелірних ходів III класу в програмному комплексі CREDO .....	37
ЛІТЕРАТУРА.....	46
ДОДАТКИ.....	47
Додаток А Журнал нівелювання IV класу .....	47
Додаток Б Журнал нівелювання III класу.....	48
Додаток В Журнал нівелювання II класу.....	49
Додаток Г Вихідні дані для виконання зрівноваження одинокого нівелірного ходу III класу.....	50
Додаток Д Відомість зрівноваження перевищень та обчислення висот реперів одинокого нівелірного ходу .....	54
Додаток Е Вихідні дані для виконання зрівноваження мережі нівелірних ходів III класу способом послідовних наближень.....	55
Додаток Ж Бланки відомостей для зрівноваження мережі нівелірних ходів способом послідовних наближень.....	65
Додаток К Вихідні дані для виконання зрівноваження мережі нівелірних ходів III класу в програмному комплексі CREDO .....	67

## ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки складено відповідно до програми навчальної дисципліни «Геодезія» та призначено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» усіх форм навчання.

Перша частина методичних вказівок до лабораторних занять з дисципліни має за мету ознайомити студентів з методикою виконання робіт на станціях нівелювання IV, III та II класів, принципами зрівноваження окремих ходів та мереж нівелювання. В кінці лабораторних робіт наведені завдання для самостійного виконання, а також контрольні запитання для опрацювання матеріалу, що дозволяє студентам набути обсяг знань, потрібних для успішного виконання лабораторних робіт та їх захисту.

Для реалізації поставлених завдань застосовується широкий спектр технічного обладнання та спеціалізованих програмних продуктів. У методичних вказівках наведено послідовність виконання лабораторних робіт та приклади отриманих результатів.

# ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

## Лабораторна робота №1

### Робота на станції нівелювання IV класу

**Мета:** навчитись виконувати нівелювання IV класу в польових умовах.

**Завдання:** прокласти розімкнений нівелірний хід між двома реперами, вказаними викладачем. Хід повинен складатись мінімум з двох станцій. Заповнити польовий журнал та виконати його опрацювання (дод. А). Скласти схему ходу.

#### Особливості нівелювання

Нівелювання IV класу виконують в одному напрямку, використовуючи шашкові рейки (суцільні, складні або телескопічні). У випадку використання телескопічних рейок, вимірювання проводяться при двох горизонтах нівеліра. При першому огляді телескопічних рейок перевіряється надійність фіксації кожної секції.

*Станція нівелювання* – одноразове встановлення нівеліра з наступним зніманням відліків з рейок. *Плече нівелювання* – відстань від приладу до рейки. *Секція* – частина нівелірного ходу між суміжними нівелірними знаками.

Згідно з Інструкцією з нівелювання потрібно дотримуватись наступних вимог:

- нормальна довжина візирного променя – 100 м (за сприятливих умов та збільшенні труби більше  $30\times$  – до 150 м);
- різниця плеч на станції допускається до 5 м, а їх накопичення в одній секції – до 10 м;
- мінімальна висота візирного променя над поверхнею або перешкодою – не менше як 0,2 м;
- різниця між перевищеннями на станції – не більше 5 мм, при невиконанні умови, спостереження на станції повторюють змінивши висоту приладу більше як на 3 см;
- граничну нев'язку розраховують за формулою  $срфн = \pm 20\sqrt{L}$ , мм, де  $L$  – довжина ходу в км.

## **Послідовність спостереження на станції**

Спостереження виконують у вказаній нижче послідовності та записують в журнал нівелювання IV класу, приклад якого наведений у таблиці 1.1.

*Із використанням двосторонніх дерев'яних рейок та нівеліра з циліндричним рівнем послідовність спостережень наступна:*

- встановлюють нівелір посередині між рейками та приводять в робоче положення;
- наводять зорову трубу на чорну сторону задньої рейки, елевацийним гвинтом з'єднують кінці бульбашки контактного рівня та беруть відліки з верхньої далекомірної (1) та середньої (2) ниток;
- наводять трубу на чорну сторону передньої рейки та беруть аналогічні відліки (3) та (4);
- дають команду реєчникам повернути рейки на інший бік;
- знімають відлік з червоної сторони передньої рейки з середньої нитки (5);
- наводять трубу на червону сторону задньої рейки та беруть відлік з середньої нитки (6).

*При використанні телескопічних рейок та нівеліра з компенсатором послідовність спостережень наступна:*

- встановлюють нівелір посередині між рейками та приводять в робоче положення;
- наводять зорову трубу на задню рейку та беруть відліки з верхньої далекомірної (1) та середньої (2) ниток;
- наводять трубу на передню рейку та беруть аналогічні відліки (3) та (4);
- змінюють висоту приладу не менше як на 3 см та знову приводять нівелір у робоче положення;
- знімають відлік з передньої рейки з середньої нитки (5);
- наводять трубу на задню рейку та беруть відлік з середньої нитки (6).

Таблиця 1.1

**ЖУРНАЛ**  
нівелювання IV класу

Дата: 11.09.2023 р.  
Хід від Rp2 до ст.3  
Початок:  $9^h23^m$   
Кінець:  $10^h01^m$

Нівелір ZAL124 №13248  
Спостерігав: О. Петрук  
Записував: Р. Сиротюк  
Погода: похмуро, вітряно

№ шт. № т.т.	Далеко- мірні піввіддалі	Відліки з рейок		Переви- щення $h$ , мм	Середнє перевищення $h$ , мм
		З	П		
1	2	3	4	5	6
<u>1</u> Rp2-4	190 (7)	1039 (1) 0849 (2)	1278 (3) 1087 (4)	-238 (10)	-238 (15)
	191 (8)	0907 (6)	1145 (5)	-238 (11)	
	-1/-1 (9)	+58 (12)	+58 (13)	0 (14)	
<u>2</u> 4-ст.3	382	2304 1922	1373 0993	+929	+930
	380	1878	0948	+930	
	+2/+1	-44	-45	-1	
Постор. контр.	1143 (16)	5556 (17) +1383 (21)	4173 (18)	+1383 (19) +691,5 (22)	+692 (20)

Довжина секції:  $1143 \times 2 \times 100 / 1000 = 228,6$  м.

Послідовність записів і опрацювання результатів у журналі позначено цифрами в дужках. В першій колонці журналу записують – в чисельнику номер станції (штативу), а в знаменнику номера рейок та назви задньої і передньої точок перевищення. Записи в журналі виконують акуратно і без виправлень. Якщо у відліках допущена помилка, то всі записи на станції закреслюються (з вказанням причини переробки) і вимірювання повторюють з тим самим номером станції та припискою слова «повторна».

**Послідовність обчислень**

Після запису відліків опрацювання результатів на станції виконують так:

- обчислюють далекомірні піввіддалі до задньої (7)=(1)–(2) та передньої (8)=(3)–(4) рейок;

- обчислюють нерівність плеч  $(9)=(7)-(8)$  та в знаменнику їх накопичення – сума різниць відстаней на цій та всіх попередніх станціях;
- обчислюють перевищення при різних горизонтах приладу  $(10)=(2)-(4)$  та  $(11)=(6)-(5)$  (у випадку використання *двосторонніх дерев'яних* рейок, обчислюють перевищення з чорної та червоної сторін рейок за тими ж формулами);
- обчислюють зміну горизонту приладу  $(12)=(6)-(2)$  та  $(13)=(5)-(4)$  (у випадку використання *двосторонніх дерев'яних* рейок, обчислюють п'ятки рейок за тими ж формулами);
- обчислюють різницю перевищень  $(14)=(10)-(11)$ , яка має дорівнювати різниці зміни горизонту (різниця п'яток рейки)  $(14)=(13)-(12)$ ;
- обчислюють середнє перевищення  $(15)=[(10)+(11)]/2$ .

***Контроль на станції:***

- чисельник  $(9) \leq \pm 25$ ; знаменник  $(9) \leq \pm 50$ ;
- позиція  $(14) = (10)-(11) = (13)-(12) \leq \pm 5$  мм.

Тільки після завершення всіх обчислень на станції та дотримання всіх допусків ***можна переходити на наступну станцію.***

Значення середніх перевищень при нівелюванні IV класу заокруглюють до 1 мм. Якщо при обчисленнях виходять дробові значення, то їх заокруглюють до **парних** (цілих).

*Заокруглення чисел* виконують за наступними правилами.

1. При заокругленні числа до  $n$  знаків у ньому відкидають всі цифри, які є праворуч від  $n$ -ї цифри, залишаючи останню без змін, якщо наступні за нею менші за 5 і збільшують її на одиницю, якщо наступні за нею більші за 5. Наприклад, число 59,45678 після заокруглення його до 6, 5, 4 та 3 значущих цифр відповідно буде 59,4568; 59,457; 59,46; 59,5, а число 9,81526 після заокруглення його до 5, 4 та 3 значущих цифр буде відповідно 9,8153; 9,815; 9,82.

2. Якщо при заокругленні доводиться відкидати тільки одну цифру 5 або цифру 5 з подальшими нулями, то передуючу їй цифру збільшують на одиницю лише, якщо вона непарна. Наприклад, числа 8,3250; 48,35500; 29,375; 6,1250 після заокруглення до сотих відповідно будуть 8,32; 48,36; 29,38; 6,12.



### **Посторінковий контроль**

- (16) – сума далекомірних піввіддалей;
- (17) – сума відліків із *середніх* ниток за задньою рейкою;
- (18) – сума відліків із *середніх* ниток за передньою рейкою;
- (19) – сума перевищень;
- (20) – сума середніх перевищень;
- (21)=(17)-(18);
- (22)=(19)/2 – півсума перевищень;

### **Контроль:**

- (21)=(19);
- (22)≈(20) в межах похибки заокруглення.

**Довжина секції або ходу** визначається так: сума (16) множиться на 2 (далекомірні піввіддалі переводяться у віддалі), потім результат потрібно поділити на 10 (помножити на коефіцієнт ниткового далекоміра 100 та перевести міліметри в метри – поділити на 1000).

### **Вимоги до оформлення схем ходів**

Схема ходу або мережі ходів складається на основі польових матеріалів. Загальні вимоги до оформлення таких схем наступні:

- 1) У першому рядку зазначається слово «СХЕМА»; у наступному – вид робіт, клас точності, наприклад «нівелірного ходу IV класу», та пункти між якими прокладено хід. Класи точності нівелірних ходів нумеруються римськими цифрами, полігонометричних – арабськими;
- 2) Умовні позначення вихідних точок (вищий клас точності) повинні відрізнитись від умовних позначень зв'язуючих та проміжних (клас точності даного ходу);
- 3) Кожна точка чи репер повинна мати назву або номер;
- 4) Частини нівелірних ходів зображаються плавними кривими лініями зі стрілками, що вказують напрямок нівелювання (для нівелювання вищих класів вказується напрямок прямого ходу). Частини полігонометричних ходів позначаються прямими відрізками;

- 5) Має бути підписаний кожен вимірний елемент – перевищення та довжини секцій (для нівелювання вищих класів вказується пряме та зворотне перевищення). Для полігонометричних ходів вказуються кути та довжини ліній;
- 6) На схемі відображаються такі підсумкові результати: сума вимірних величин, теоретична сума, нев'язка, допустима нев'язка, довжина ходу.
- 7) У нижній частині схеми має бути зазначено, хто склав та перевірів схему, їх підписи, дата.

Приклад оформлення схеми нівелірного ходу IV класу (до вимірів наведених у таблиці 1) представлено на рис. 1.1.

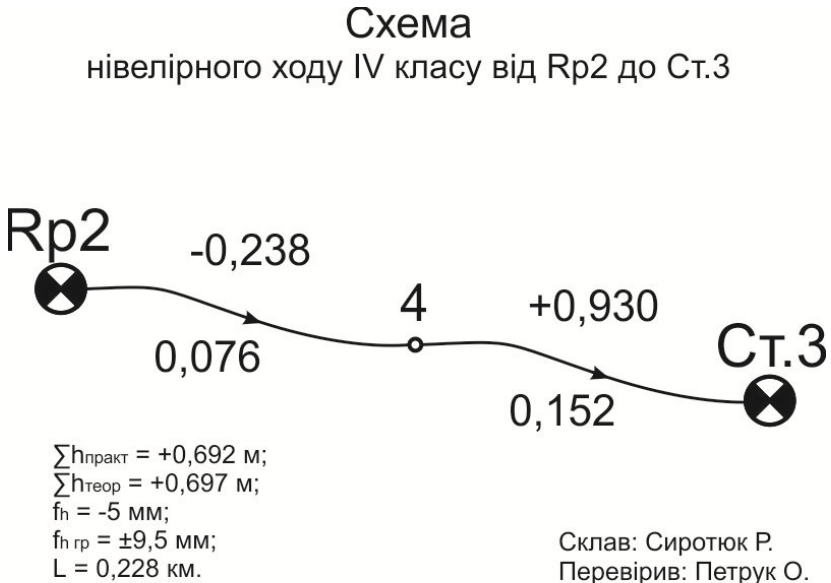


Рис. 1.1. Приклад оформлення схеми нівелірного ходу IV класу

**Завдання для самостійної роботи.** Розглянути будову та характеристики 5 приладів, які можуть використовуватися для нівелювання IV класу.

### **Запитання для контролю.**

1. Яких вимог дотримуються при нівелюванні IV класу?
2. Як обчислити допустиму (граничну) нев'язку? Які одиниці вимірювання всіх складових формули?
3. Яка послідовність знімання відліків на станції при використанні телескопічних рейок?
4. Яких допусків слід дотримуватися при виконанні обчислень на станції?
5. В якій послідовності виконується посторінковий контроль?
6. Поясніть суть записів у графі «Далекомірні піввіддалі», що вказані через риску дробу. Яким чином вони розраховуються?
7. Що відображається на схемі нівелювання IV класу?
8. Накопичення різниці плечей на передостанній станції +6 м. Чи можна поставити нівелір на останній станції так, щоб накопичення стало рівним нулю? Як потрібно встановлювати нівелір, ближче до задньої рейки – чи до передньої?
9. Як правильно заокруглити середнє перевищення 930,5 мм?

### ***Лабораторна робота №2***

#### ***Робота на станції нівелювання III класу***

**Мета:** навчитись виконувати нівелювання III класу в польових умовах.

**Завдання:** прокласти розімкнений нівелірний хід між двома реперами, вказаними викладачем. Хід повинен складатись мінімум з двох станцій. Заповнити польовий журнал та виконати його опрацювання (дод. Б). Скласти схему ходу.

#### **Особливості нівелювання**

Нівелювання III класу виконують в прямому та зворотному напрямках з середини, використовуючи триметрові суцільні шашкові рейки. У разі наявності метрологічного обґрунтування можливе використання телескопічних рейок. Перехід від прямого до зворотного нівелювання роблять лише на постійних знаках (реперах), тобто на кінцях секцій або ходу. Рейки при цьому міняють місцями.

Згідно з Інструкцією з нівелювання потрібно дотримуватись наступних вимог:

- нормальна довжина візирного променя – 75 м (за сприятливих умов та при збільшенні труби більше  $35\times$  крат – до 100 м);
- різниця плечей на станції допускається до 2 м, а їх накопичення в одній секції – до 5 м;
- мінімальна висота візирного променя над поверхнею та до перешкоди – не менше як 0,3 м;
- різниця між перевищеннями на станції – не більша за 3 мм, інакше спостереження на станції повторюють, змінивши висоту приладу більше як на 3 см;
- відлік з середньої нитки на чорній стороні кожної рейки не повинен відрізнитись більше ніж на 3 мм від півсуми відліків з далекомірних ниток
- граничну нев'язку розраховують за формулою  $epf_h = \pm 10\sqrt{L}$ , мм, де  $L$  – довжина ходу в км.

Різниця перевищень з прямого і оберненого напрямів в одній секції не повинна перевищувати більше як  $\pm 10\sqrt{L}$ . Нев'язку в полігонах і у лініях (ходах) допускаються не більше  $\pm 10\sqrt{L}$ .

Рейки встановлюють на кистилі, башмаки або кілки вертикально за круглим рівнем. Нівелювання виконують за доброї видимості при чітких і спокійних зображеннях. Нівелір на станції захищають від сонячних променів геодезичною парасолькою.

Нівелювання III класу виконують такими ж нівелірами, що і нівелювання IV класу за такими ж перевірками (Н-3, НВ-1, Н-3К, South NL-32 тощо). Можна виконувати нівелювання нівелірами з плоско-паралельною пластинкою НА-1, Н-05, Ні 002 та ін.

### **Послідовність спостереження на станції**

Спостереження виконують у вказаній послідовності та записують в журнал нівелювання III класу, приклад якого наведений у таблиці 2.1.

*Із використанням двосторонніх дерев'яних рейок та нівеліра з циліндричним рівнем послідовність спостережень наступна:*

- встановлюють нівелір посередині між рейками та приводять в робоче положення;
- наводять зорову трубу на чорний бік задньої рейки, елеваційним гвинтом з'єднують кінці бульбашки контактного рівня (має утворитися так звана «парабола») і знімають відліки з середньої (1) та далекомірних ниток (2), (3);
- наводять зорову трубу на чорний бік передньої рейки і виконують дії, що означені в попередньому пункті, взявши відліки (4), (5), (6);
- дають команду реєчникам повернути рейки на інший бік;
- знімають відлік з середньої нитки з червоного боку передньої рейки (7);
- наводять зорову трубу на червоний бік задньої рейки і після суміщення кінців бульбашки контактного рівня також знімають відлік з середньої нитки (8).

*За умови використання телескопічних рейок та нівеліра з компенсатором послідовність спостережень наступна:*

- встановлюють нівелір посередині між рейками та приводять в робоче положення;
- наводять зорову трубу на задню рейку і знімають відліки з середньої (1) та далекомірних ниток (2), (3);
- наводять зорову трубу на передню рейку і знімають відліки з середньої (4) та далекомірних ниток (5), (6);
- змінюють висоту приладу не менше як на 3 см та знову приводять нівелір у робоче положення;
- знімають відлік з передньої рейки з середньої нитки (7);
- наводять зорову трубу на задню рейку та беруть відлік з середньої нитки (8).

Послідовність записів і опрацювання результатів у журналі позначено цифрами в дужках. Зауваження щодо ведення журналу такі ж, як і для нівелювання IV класу.

Таблиця 2.1

**ЖУРНАЛ**  
нівелювання III класу

Дата: 12.09.2023 р.  
Хід від Rp9 до ст.2  
Початок:  $9^h23^m$   
Кінець:  $10^h01^m$

Нівелір South NL-32 №13248  
Спостерігав: О. Петрук  
Записував: Р. Сиротюк  
Погода: похмуро

№ шт. №т.т.	Спостереження з далекомірних ниток		Контр. перевищ. $h_{контр}$	Спостереження з середньої нитки			Середнє перевищ. $h_{сер}$ , мм
	З	П		З	П	$h$	
1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{1}{Rp9-1}$	2168 (2)	2236 (5)	-68 (11)	1981 (1)	2048 (4)	-67 (14)	-67,5 (19)
	1794 (3)	1861 (6)	-67 (12)	1904 (8)	1972 (7)	-68 (15)	
	374 (9)	375 (10)	-1/-1 (13)	-77 (16)	-76 (17)	+1 (18)	
$\frac{2}{1-ст.2}$	1541	0763	+778	1354	0575	+779	+778,5
	1167	0387	+780	1302	0524	+778	
	374	376	-2/-3	-52	-51	+1	
Постор. контр.	748 (20)	751 (21)	+1423(22) +711,5(27)	6541(23) 5119(24) +1422(28)	5119 (24)	+1422(25) +711 (29)	+711 (26)

Довжина секції:  $(748+751) \times 100/1000 = 152,9$  м.

**Послідовність обчислень**

Після запису відліків, опрацювання результатів на станції виконують так:

- обчислюють далекомірні віддалі до задньої (9)=(2)–(3) та передньої (10)=(5)–(6) рейок;
- обчислюють контрольні перевищення за віддалемірними нитками (11)=(2)–(5), (12)=(3)–(6);
- обчислюють нерівність плеч (13)=(9)–(10) та в знаменнику їх накопичення – сума різниць відстаней на цій та всіх попередніх станціях;
- обчислюють перевищення при різних горизонтах приладу (14)=(1)–(4) та (15)=(8)–(7) (у випадку використання двосторонніх дерев'яних рейок, обчислюють перевищення з чорної та червоної сторін рейок за тими ж формулами);

- обчислюють зміну горизонту приладу  $(16)=(8)-(1)$  та  $(17)=(7)-(4)$  (у випадку використання двосторонніх дерев'яних рейок, обчислюють п'ятки рейок за тими ж формулами);
- обчислюють різницю перевищень  $(18)=(14)-(15)$ , яка має дорівнювати різниці зміни горизонту (різниця п'яток рейки)  $(18)=(17)-(16)$ ;
- обчислюють середнє перевищення  $(19)=[(14)+(15)]/2$ .  
Значення середніх перевищень записують до 0,5 мм.

**Контроль на станції:**

- чисельник  $(13) \leq \pm 20$ ; знаменник  $(13) \leq \pm 50$ ;
- $[(2)+(3)]/2 \approx (1)$  (в межах  $\pm 3$  мм);
- $[(5)+(6)]/2 \approx (4)$  (в межах  $\pm 3$  мм);
- позиція  $(18) = (17)-(16) = (14)-(15) \leq \pm 3$  мм;

Тільки після завершення всіх обчислень на станції та дотримання всіх допусків *можна переходити на наступну станцію.*

**Посторінковий контроль**

- (20) – сума відліків із далекомірних ниток за задньою рейкою;
- (21) – сума відліків із далекомірних ниток за передньою рейкою;
- (22) – сума контрольних перевищень;
- (23) – сума відліків із середніх ниток за задньою рейкою;
- (24) – сума відліків із середніх ниток за передньою рейкою;
- (25) – сума перевищень;
- (26) – сума середніх перевищень;
- (27)  $= (22)/2$  – півсума контрольних перевищень;
- (28)  $= (23)-(24)$ ;
- (29)  $= (25)/2$  – півсума перевищень;

**Контроль:**

- (27)  $\approx (26)$ ;
- (28)  $= (25)$ ;
- (29)  $= (26)$ .

**Довжина секції або ходу** визначається так: суму  $(20)+(21)$  потрібно поділити на 10 (помножити на коефіцієнт ниткового далекоміра 100 та перевести міліметри в метри – поділити на 1000).

**Вимоги до оформлення схем ходів** наведено у лабораторній роботі №1.

**Завдання для самостійної роботи.** Розглянути будову та характеристики 5 приладів, які можуть використовуватися для нівелювання III класу.

**Запитання для контролю.**

1. Яких основних вимог до нівелювання III класу потрібно дотримуватися згідно Інструкції?
2. Яка кількість відліків знімається на станції нівелювання III класу?
3. Яка послідовність взяття відліків на станції при використанні телескопічних рейок?
4. Як у журналі знайти довжину секції нівелювання?
5. В якій послідовності виконується посторінковий контроль?
6. Що відображається на схемі нівелювання III класу?
7. З якою точністю записуються значення середніх перевищень?
8. Допустима нев'язка в секції III класу становить  $\pm 9,3$  мм. Яка її довжина?

**Лабораторна робота №3**

**Робота на станції нівелювання II класу**

**Мета:** навчитись виконувати нівелювання II класу в польових умовах.

**Завдання:** прокласти розімкнений нівелірний хід між двома реперами, вказаними викладачем. Хід повинен складатись мінімум з двох станцій. Заповнити польовий журнал та виконати його опрацювання (дод. В). Скласти схему ходу.

**Особливості нівелювання:**



Нівелювання II класу виконують у прямому та зворотному напрямках, способом “суміщення”, використовуючи штрихові інварні рейки.

Згідно з Інструкцією з нівелювання потрібно дотримуватись наступних вимог:

- нівелювання виконують із середини, нормальна довжина плечей під час нівелювання II кл – 65 м; у разі спокійних зображень поділок рейок та збільшення зорової труби > 44 крат допускають до 75 м (при роботі нівеліром Ni-007 максимальна довжина плеча становить 50 м);
- відстань від приладу до рейок вимірюють тросом або мірною стрічкою (рулеткою). Використовувати для цього віддалемір нівеліра *забороняється*;
- нерівність плечей на станції допускають не більше 1 метра, з накопиченням у секціях не більше 2 м;
- мінімальна висота візирного променя над поверхнею не менше 50 см. В окремих випадках, при довжині плеча 30 м дозволяється виконувати спостереження при висоті променя більше 30 см;
- розходження між перевищеннями та п’ятками, обчисленими за основною та допоміжною шкалами рейок, не повинні перевищувати 0,7 мм (14 поділок барабану). Інакше – спостереження повторюють, змінивши висоту приладу більше як на 3 см;
- граничну нев’язку розраховують за формулою  $_{ep} f_h = \pm 5\sqrt{L}$ , мм, де  $L$  – довжина ходу в км.

Для нівелювання II класу використовуються нівеліри з плоско-паралельною пластиною НА-1, Н-05, Н 2, Ni 002 та ін.

### **Взяття відліків з інварної рейки**

Відліки з інварної рейки знімаються лише з однієї сторони, де присутні дві шкали – основна та додаткова, розташовані зі зміщенням одна відносно іншої. За основною шкалою відліки починаються з 0. Для взяття відліків за інварними рейками використовуються спеціальні нівеліри, обладнані плоско-паралельною пластиною. Обертанням барабана мікрометра

плоско-паралельну пластину можна нахилити. Відстань між сусідніми штрихами інварної рейки складає 5 мм, що відповідає 100 поділкам відлікового барабана. Тому ціна поділки барабана становить 0,05 мм.

Крім того, у таких нівелірів сітка ниток має дещо іншу форму. У правій частині сітки замість однієї горизонтальної нитки розташовано дві, які розходяться під певним кутом. Ця подвійна нитка називається *бісектором* (рис. 3.1). Для знімання відліку необхідно обертанням барабана сумістити бісектор сітки ниток із штрихом рейки, як показано на рисунку 3.1.

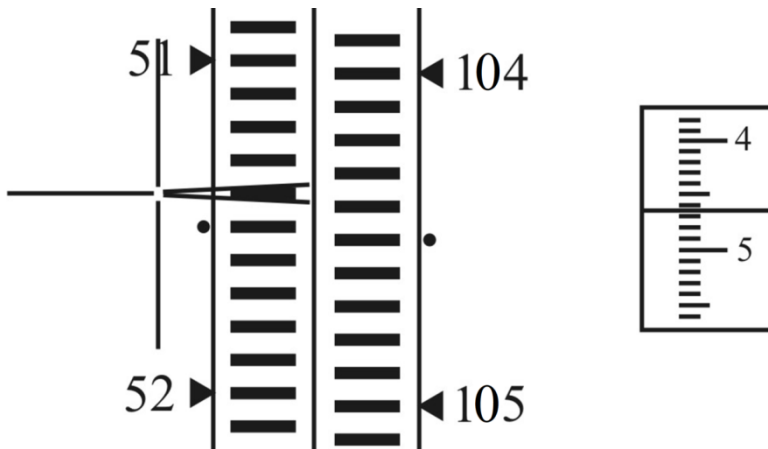


Рис. 3.1. До взяття відліку з інварної рейки та відлікового барабана

Відлік складається з двох частин: відлік з рейки  $P(51,4)$  та відлік з барабана  $B(46,5)$ . Остаточний відлік формується з цих двох частин та виражається у півдециметрових інтервалах рейки або поділках барабана: 51,4465 або 51446,5 відповідно. Для переведення відліку у мм, необхідно домножити відлік у поділках барабана на ціну однієї поділки – 0,05 мм. Таким чином у даному прикладі відлік 51446,5 відповідає 2572,32 мм.

### **Послідовність спостереження на станції** **Непарна станція:**

- Відлік по основній шкалі задньої рейки
- Відлік по основній шкалі передньої рейки
- Відлік по додатковій шкалі передньої рейки
- Відлік по додатковій шкалі задньої рейки

***Парна станція:***

- Відлік по основній шкалі передньої рейки
- Відлік по основній шкалі задньої рейки
- Відлік по додатковій шкалі задньої рейки
- Відлік по додатковій шкалі передньої рейки

При нівелюванні в зворотному напрямку, спостереження на непарних станціях починають з передньої рейки, а на парних – із задньої.

**Послідовність роботи на окремій станції нівелювання:**

1. Нівелір встановлюють посередині між задньою і передньою рейками, наводять зорову трубу на рейку, яка має спостерігатися першою, та встановлюють бульбашки встанівних рівнів на середину.
2. Наводять зорову трубу на основну шкалу рейки, яка має спостерігатися першою. ***Барабан нівеліра встановлюють на відлік 50.*** Елеваційним гвинтом наближено суміщують зображення кінців бульбашки контактного рівня; після цього беруть два віддалемірних відліки з рейки (1) та (2), користуючись верхньою та нижньою нитками сітки.
3. Елеваційним гвинтом ***точно*** суміщують зображення кінців бульбашки контактного рівня; ***обертанням барабана точно наводять бісектор на найближчий штрих основної шкали;*** беруть відліки з рейки (3) та барабану (4).
4. Наводять трубу на основну шкалу другої рейки й виконують усі дії, вказані у п. 2-3, беручи відліки (5)-(8).
5. Навідним гвинтом наводять трубу на додаткову шкалу другої рейки. ***Зміщують циліндричний рівень обертанням елеваційного гвинта на чверть оберту; обертанням елеваційного гвинта знову точно суміщують зображення кінців бульбашки.*** Повторюють решту дій перерахованих у п.3, беручи відліки (9)-(10).
6. Наводять трубу на додаткову шкалу першої рейки й діють згідно п.3, беручи відліки (11)-(12).

Приклад заповнення журналу нівелювання II класу наведено у таблиці 3.1.

### Послідовність обчислень

Опрацювання результатів на станції виконують згідно послідовності представленої на рисунку 3.2.

№ шт. № рейок	Замальована приє'ясок	Відліки по далекомірним ниткам (1/2) мм			Відліки по бісектору (1/2 дм)				Контроль
		З	П	h	Основна шкала		Допоміжна шкала		
					Р	Б	Р	Б	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Rp2-4		(1) (2)	(5) (6)	3 П 3-П h	(3) (7)	(4) (8)	(11) (9)	(12) (10)	25 26 19 20
		21=2-1 24	22=6-5 23		13=3-7 15=13+14/1000	14=4-8	16=11-9 18=16+17/1000	17=12-10	
Постор. контр.		27 <i>l (км)</i>	28 27-28 <i>n (шт)</i>		29 30 39=29-30 37	31 32 40=31-32	33 34 41=33-34 38	35 36 42=35-36 <i>Сер. = (37+38)/2 (1/2 дм)</i>	20

Рис. 3.2. Схема опрацювання журналу нівелювання II класу

### Контроль обчислень на станції:

$$(19) = [(15) - (18)] * 1000 = [(26) - (25)] * 1000 \leq \pm 14;$$

$$(20) = \text{накопичення } (19) \text{ за ходом};$$

$$\text{чисельник } (23) = (21) - (22) \leq \pm 20;$$

$$\text{знаменник } (23) \text{ (накопичення нерівності плеч за ходом)} \leq \pm 40;$$

$$(24) = [(1) - (5) + (2) - (6)] / 2 / 100;$$

$$(25) = [(11) + (12) / 1000] - [(3) + (4) / 1000];$$

$$(26) = [(9) + (10) / 1000] - [(7) + (8) / 1000].$$

Для переведення віддалей (21), (22) та різниці плеч (23) у метри отримані значення слід домножувати на 50 та ділити на 1000.

Для переведення перевищень (15), (18) у міліметри слід домножувати значення у поділках барабану на 0,05 мм.

Таблиця 3.1

## ЖУРНАЛ

нівелювання II класу

Дата: 13.09.2023Нівелір НА-1 № 513545Хід від Підв.5 до Rp2Початок: 10<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>Кінець: 10<sup>h</sup> 55<sup>m</sup>Погода: хмарно, зображення чіткеСпостерігав: О. ПетрукЗаписував: Р. Сиротюк

№ шт. № рейок	Замальовка ПІДВ'ЯЗОК	Відліки по далекомірним ниткам (1/2 мм)			Відліки по бісектору (1/2 дм)				Контроль
		З	П		Основна шкала		Додаткова шкала		
					Р	Б	Р	Б	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<u>1</u> Підв.5-Rp1		1910(1)	2840(5)	З	19,8(3)	58(4)	79,0(11)	102(12)	59,244(25)
		2050(2)	2980(6)	П	29,1(7)	58(8)	88,4(9)	8(10)	
		140(21)	140(22)	3-П	-9,3(13)	0(14)	-9,4(16)	+94(17)	+6(19) / +6(20)
		-9,30(24)	0/0 (23)	h	-9,300 (15)		-9,306(18)		
<u>2</u> Rp1-Rp2		2435(5)	2380(1)	З	28,5(7)	40(8)	87,7(9)	88(10)	59,248(25)
		3260(6)	3215(2)	П	28,0(3)	95(4)	87,3(11)	47(12)	
		825(21)	835(22)	3-П	+0,5(13)	-55(14)	+0,4(16)	+41(17)	+4(19) / +10(20)
		+0,50(24)	-10/-10 (23)	h	+0,445 (15)		+0,441(18)		
Посторінковий контроль		965(27)	975(28)		48,3(29)	98(31)	166,7(33)	190(35)	+10(20)
			-10 (27)-(28)		57,1(30)	153(32)	175,7(34)	55(36)	
		0,1 км	2 шт.		-8,8(39)	-55(40)	-9,0(41)	+135(42)	
					-8,855(37)		-8,865 (38)		
							Сер. -8,860 (1/2 дм)		

Довжина секції:  $(965+975) \times 100 / 2 / 1000 = 97$  м

### **Посторінковий контроль**

- (27) – сума різниць відліків із далекомірних ниток за задньою рейкою;  
(28) – сума різниць відліків із далекомірних ниток за передньою рейкою;  
(29) – сума відліків за рейкою по основній шкалі задньої рейки;  
(30) – сума відліків за рейкою по основній шкалі передньої рейки;  
(31) – сума відліків за барабаном по основній шкалі задньої рейки;  
(32) – сума відліків за барабаном по основній шкалі передньої рейки;  
(33)-(36) – аналогічно відлікам (29)-(32) по додатковій шкалі;  
(37), (38) – сума перевищень на станціях по основній та додатковій шкалі, відповідно;  
 $l$  (км) – довжина ходу (секції), в км;  
 $n$  (шт) – кількість штативів у ході (секції).

#### **Контроль:**

$$(37)=(39)+(40)/1000;$$

$$(38)=(41)+(42)/1000.$$

**Довжина секції або ходу** визначається так: суму (27)+(28) потрібно помножити на коефіцієнт ниткового далекоміра 100, поділити на 2 (за рахунок використання рейок з 5 мм поділками) та перевести міліметри в метри – поділити на 1000.

**Вимоги до оформлення схем ходів** наведено у лабораторній роботі №1.

**Завдання для самостійної роботи.** Розглянути будову та характеристики 5 приладів, які можуть використовуватися для нівелювання II класу.

#### **Запитання для контролю.**

1. Яких основних вимог до нівелювання II класу потрібно дотримуватися згідно Інструкції?
2. Яка кількість відліків знімається на станції II класу?
3. Яка послідовність роботи на окремій станції нівелювання?

4. В якому порядку виконуються спостереження на парній станції?
5. Як розрахувати перевищення знайдене на станції у міліметрах?
6. Як розрахувати довжину ходу у журналі в кілометрах?
7. Яким чином виконується посторінковий контроль журналу?

### ***Лабораторна робота №4***

#### ***Зрівноваження одинокого нівелірного ходу III класу***

##### **Мета роботи:**

- 1) зрівноважити нівелірний хід III класу, який прокладено між пунктами нівелювання II класу;
- 2) виконати оцінку точності польових матеріалів за різницями подвійних спостережень та обчислити середні квадратичні похибки знайдених висот усіх проміжних реперів.

##### **Завдання:**

- 1) За виданим викладачем варіантом, необхідно переписати до схеми нівелірного ходу III класу (додаток Г):
  - висоти вихідних пунктів нівелірного ходу Rp101 та Rp5;
  - довжини секцій нівелірного ходу.
- 2) Заповнити та обчислити відомість зрівноваження перевищень та обчислення висот реперів одинокого нівелірного ходу (додаток Д).
- 3) Виконати оцінку точності та обчислити середні квадратичні похибки зрівноважених висот.

##### **Послідовність обчислень**

1. На схемі (рис. 4.1) приведено необхідні дані для вирішення задачі: номери та висоти вихідних марок, номери проміжних реперів, довжини окремих секцій (в кілометрах) та перевищення в метрах на кожній секції в прямому (чисельник) та зворотному (знаменник) напрямках. Схему згідно варіанту скласти самостійно.

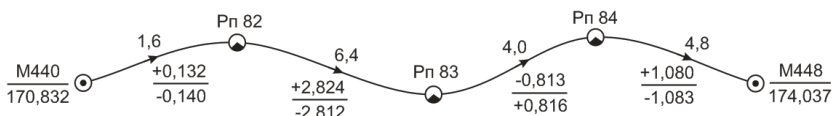


Рис. 4.1. Схема одинокого нівелірного ходу III класу

2. За вихідними даними заповнюють у відомості (табл. 4.1) графи 1, 2, 3, 4 та 5, а потім обчислюють в графі 7 різниці перевищень в зворотному та прямому напрямках за формулою

$$d = h_{\text{прям}} + h_{\text{звор}} \quad (4.1)$$

3. Отримані різниці порівнюють з граничними значеннями (графа 8), які вираховують за формулою

$$_{\text{сп}}d = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad (4.2)$$

де  $L$  – довжина секції, км.

4. В графі 6 обчислюють середні значення перевищень із прямого та зворотного напрямків (рахуємо середнє значення за модулем та беремо знак прямого напрямку). Обчислюють їх суму та нев'язку за формулою

$$f_h = \sum h_{\text{сеп}} - (H_k - H_n), \quad (4.3)$$

де  $H_k$  та  $H_n$  – висоти кінцевої та початкової марок;

а граничне значення нев'язки за формулою

$$_{\text{сп}}f_h = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{L, \text{ км}}. \quad (4.4)$$

5. В графі 11 обчислюють поправки у виміранні перевищення для кожної секції за формулою

$$v_i = - \frac{f_h}{[L]} L_i, \quad (4.5)$$

де  $[L]$  – довжина ходу, км;  $L_i$  – довжина секції, для якої обчислюють поправку, км.

Обчислені поправки контролюють за формулою

$$[v] = -f_h. \quad (4.6)$$

6. В графі 12 обчислюють виправлені перевищення з контролем за формулою  $[h + v] = H_k - H_n$ , а в графі 13 обчислюють висоти.



Таблиця 4.1

## ВІДОМІСТЬ

зрівноваження перевищень та обчислення висот реперів одиночного нівелірного ходу

№ секцій ходу	№ марок, реперів	Довжини секцій $L_i$ , км	Перевищення $h$ , м			Різниця $d$ , мм		$d^2$	$\frac{d^2}{L_i}$	Поправки $v$ , мм	Виправлені перевищення $h+v$ , м	Висоти $H$ , м	Вага висоти $p_h$	Середня квадратична похибка $M_H$ , мм	
			пряме	зворотне	середнє	отримані	граничні								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	<b>М 440</b>											<b>170,832</b>			
1		1,6	+0,132	-0,140	+0,136	-8	±12,6	64	40	-2	+0,134				
	Рп 82											170,966	0,69	±2,4	
2		6,4	+2,824	-2,812	+2,818	+12	±25,3	144	22,5	-6	+2,812				
	Рп 83											173,778	0,24	±4,1	
3		4,0	-0,813	+0,816	-0,814	+3	±20,0	9	2,2	-4	-0,818				
	Рп 84											172,960	0,29	±3,7	
4		4,8	+1,080	-1,083	+1,082	-3	±21,9	9	1,9	-5	+1,077				
	<b>М 448</b>											<b>174,037</b>			
		16,8	$\Sigma h_{\text{сеп}} = +3,222$						226	66,6	-17	+3,205			

$$\Sigma h_{\text{теор}} = H_K - H_n = +3,205 \text{ м}$$

$$f_h = +0,017 \text{ м}$$

$$epf_h = \pm 10\sqrt{16,8} = \pm 41,0 \text{ мм}$$

$$m_{\text{км}} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{66,6}{4}} = \pm 2,0 \text{ мм}$$

$$\text{Контроль: } m_{\text{км}} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{226}{16,8}} = \pm 1,8 \text{ мм}$$

7. Для оцінки точності польових вимірювань у графах 9 та 10 обчислюють величини  $d^2$  та  $\frac{d^2}{L_i}$ , причому величини  $d$  приймають в міліметрах, а  $L_i$  – в кілометрах.

8. Середню квадратичну похибку (СКП) перевищення на 1 км ходу обчислюють за формулою

$$m_{км} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[d^2]}{L_i} \cdot n}, \quad (4.7)$$

де  $n$  - число різниць.

Для контролю використовують формулу

$$m_{км} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[d^2]}{[L]}}. \quad (4.8)$$

Отримана СКП середнього перевищення на 1 км подвійного ходу  $m_{км}$ , характеризує точність нівелювання у всьому ході.

9. Для оцінки точності обчислених висот проміжних реперів у графі 14 обчислюють ваги за формулою

$$p_{H_i} = \frac{1}{[L]_1^i} + \frac{1}{[L]_i^n} = \frac{[L]_1^n}{[L]_1^i \cdot [L]_i^n}. \quad (4.9)$$

де  $[L]_1^i$  – довжина ходу до репера з номером  $i$  від початкової марки, а  $[L]_i^n$  – від кінцевої марки.

10. В графі 15 обчислюють СКП зрівноважених значень висот за формулою

$$M_{H_i} = \pm \frac{m_{км}}{\sqrt{p_{H_i}}}. \quad (4.10)$$

Під час проведення обчислень середні та виправлені перевищення, поправки та висоти достатньо рахувати з точністю до 1 мм.

**Завдання для самостійної роботи.** Ознайомитися з послідовністю та особливостями зрівноваження окремих нівелірних ходів IV та II класів точності. Розглянути зрівноваження нівелірної мережі з однією вузловою точкою.

**Запитання для контролю.**

1. Які елементи відображаються на схемі нівелірного ходу III класу?

2. Як обчислити різниці перевищень між прямим та зворотним ходом та їх граничні значення?
3. Як обчислюється гранична нев'язка ходу III класу?
4. За якими формулами обчислюються поправки у перевищення? Яким чином вони контролюються?
5. За якою формулою обчислити середню квадратичну похибку перевищення на 1 км ходу?
6. Як порахувати ваги висот?
7. Як обчислити СКП зрівноважених значень висот?
8. В формулі (4.7) вказано:  $n$  – число різниць. На які структурні елементи ходу вказує число  $n$ ?

### *Лабораторна робота №5* *Зрівноваження мережі нівелірних ходів III класу способом послідовних наближень*

**Мета:** виконати зрівноваження та оцінку точності мережі нівелірних ходів III класу способом послідовних наближень.

**Завдання:** за власним варіантом скласти укрупнену схему мережі, де для кожного ходу виписати висоти вихідних реперів та довжини секцій нівелірного ходу (додаток Е). Виконати зрівноваження мережі та оцінку точності отриманих результатів у відповідних бланках (додаток Ж).

#### **Послідовність обчислень**

Даний спосіб зрівноваження нівелірних мереж є найуживанішим, оскільки не має обмежень на кількість вузлових точок та не залежить від форми мережі, простий в алгоритмізації на ЕОМ.

Суть способу полягає у визначенні висот вузлових точок в наближеннях. Під час першого наближення висоти першого вузла визначають лише від вихідних реперів. Висота вузла в кожному наближенні знаходиться як середнє вагове з врахованих висот вузла з кожного ходу.

Для другого та наступних вузлів в якості вихідних беруть висоти вузлів, обчислених у попередньому наближенні.

Зрівноваження закінчують, коли середньозважені висоти вузла в передостанньому та останньому наближеннях будуть однакові (до міліметра).

Особливістю даної лабораторної роботи є те, що вихідними даними буде не схема, а укрупнена схема мережі. Тому немає потреби зрівноважувати окремі ходи, що значно зменшує об'єм роботи.

***Зрівноваження виконується в такому порядку:***

- 1) заповнення завдання на виконання робіт (укрупнена схема мережі);
- 2) складання відомості порівняння нев'язок полігонів з їх допустимими значеннями;
- 3) складання відомості вирахування висот вузлових точок;
- 4) обчислення ваг вузлових точок (за формулою Козлова);
- 5) оцінка точності мережі.

На ***першому*** етапі, перед початком зрівноваження, потрібно скласти укрупнену схему мережі, де відображаються відповідними умовними позначеннями вихідні та вузлові реperi, ходи та їх напрямки. На укрупненій схемі виписують: номер ходу (в кружечку); перевищення за ходом (в чисельнику); довжину ходу (в знаменнику). Стрілкою вказують напрям прямого ходу. Крім того, підписують назви вихідних реперів з їх висотами, а також назви вузлових точок (рис. 5.1).

На ***другому*** етапі потрібно оцінити якість вимірювань у мережі. Для цього складають відомість порівняння нев'язок полігонів з їх допустимими значеннями (табл. 5.1). Полігони можуть бути замкненими і розімкненими. Замкнені обов'язково включаються у відомість, а розімкнені вибираються таким чином, щоб їх можна було умовно замкнути штриховою лінією між вихідними реперами. Кількість полігонів  $N$  вибирається за формулою:

$$N = n - k = A + B - 1, \quad (5.1)$$

де  $n$  – кількість ходів;  $k$  – кількість вузлових точок;  $A$  – кількість замкнених полігонів;  $B$  – кількість вихідних реперів.

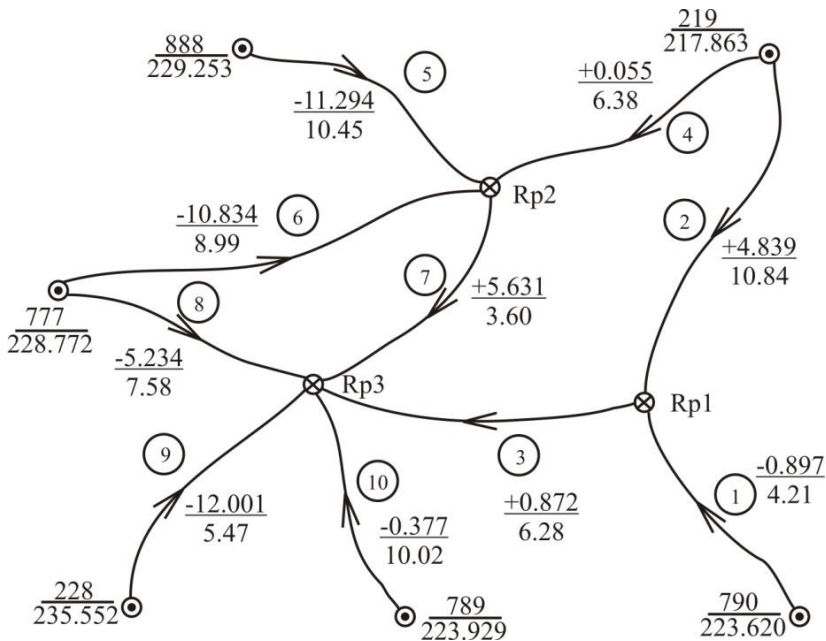


Рис. 5.1. Укрупнена схема нівелірної мережі III класу

Таблиця 5.1

ВІДОМІСТЬ  
порівняння нев'язок полігонів з їх допустимими значеннями

№ полігону	Назви вихідних реперів	Номера ходів полігону	Сума вим. перевищень полігону, м	$H_k - H_{ns}$ , м	Нев'язка $f_h$ , мм	Довж. полігону $L_i$ , км	Гранична нев'язка, $\sigma f_h$ , мм	Сума поправок полігону, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	790-219	1,2	-5,736	-5,757	+21	15,05	±38,8	-21
II	219-219	2,3,7,4	+0,025	0	+25	27,10	±52,1	-25
III	777-777	6,7,8	+0,031	0	+31	20,17	±44,9	-31
IV	219-888	4,5	+11,349	+11,390	-41	16,83	±41,0	+41
V	888-777	5,6	-0,460	-0,481	+21	19,44	±44,1	-21
VI	777-228	8,9	+6,767	+6,780	-13	13,05	±36,1	+13
VII	228-789	9,10	-11,624	-11,623	-1	15,49	±39,4	+1

Полігони позначають римськими цифрами, а напрям їх обходу вказують стрілками на укрупненій схемі.

Відповідно до схеми, наведеної на рис. 5.1 відомість порівняння нев'язок полігонів з їх допустимими значеннями (табл. 5.1) повинна включати всі 10 ходів. Кількість полігонів  $N=10-3=2+8-1=7$ . Сума перевищень полігону обчислюється з врахуванням їх знаків: якщо напрям ходу співпадає з напрямом обходу полігону, то знак перевищення не змінюють, в іншому випадку змінюють знак на протилежний. Відомість обчислюється до 8 графа (включно), щоб переконатися, що отримані нев'язки у всіх полігонах менші за допустимі. Гранична нев'язка (колонка 8) обчислюється залежно від класу точності ходів, наприклад для III класу допуск становить  $\pm 10\sqrt{L}$ . Остання 9 графа обчислюється після зрівноваження мережі для контролю виконаного зрівноваження шляхом додавання поправок в ходи з врахуванням знаків та напрямів ходів.

Склавши відомість переконуємося, що нев'язки у всіх полігонах в межах допуску.

**Третім** етапом є складання відомості вирахування висот вузлових точок (табл. 5.2). У відомість виписуються: всі номери ходів, які сходяться у вузлі; назви та висоти вихідних реперів (за відсутності ставиться прочерк); виміряні перевищення та довжини ходів. Знак виміряного перевищення повинен відповідати напрямку ходу, який спрямований до даного вузла.

Обчислення починають з вирахування ваг ходів, які записують в колонку 6, за однією із формул:

$$p_i = \frac{c}{L_i}; \quad (5.2)$$

$$p_i = \frac{c}{N_i} \quad (5.3)$$

де  $L_i$  – довжина ходу, км;  $N_i$  – число станцій в ході, км;  $C$  – постійне число, яке вибирається з таким розрахунком, щоб значення ваг виражалось числами близькими до одиниці (для зручності обчислень).

Таблица 5.2

**ВІДОМІСТЬ**  
**вирахування висот вузлових точок**

Номер ходу	Назви вих. реперів	Вих. висоти $H_{вих}, \text{ м}$	Перевищ. $h_{вим}, \text{ м}$	Довж. $L_i, \text{ км}$	Вага $p_i=c/L_i$	Привед. вага $p'_i=p/[p]$	Наближення: $H_{вир}=H_{вих}+h_{вим}$				Попр. $v_i=H_k-H'_k$ мм	$p_i v_i^2$
							1	2	3	4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Rp1</b>												
1	790	223,620	-0,897	4,21	2,38	0,49	222,723	222,723	222,723	222,723	-16	609,3
2	219	217,863	+4,839	10,84	0,92	0,19	222,702	222,702	222,702	222,702	+5	23,0
3	Rp3	-	-0,872	6,28	1,59	0,32	----	222,689	222,687	222,686	+21	701,2
					4,89	1,00	222,717	222,708	222,707	<b>222,707</b>		
<b>Rp2</b>												
4	219	217,863	+0,055	6,38	1,57	0,25	217,918	217,918	217,918	217,918	+14	307,7
5	888	229,253	-11,294	10,45	0,96	0,15	217,959	217,959	217,959	217,959	-27	699,8
6	777	228,772	-10,834	8,99	1,11	0,17	217,938	217,938	217,938	217,938	-6	40,0
7	Rp3	-	-5,631	3,60	2,78	0,43	----	217,930	217,928	217,927	+5	69,5
					6,42	1,00	217,935	217,933	217,932	<b>217,932</b>		
<b>Rp3</b>												
3	Rp1	-	+0,872	6,28	1,59	0,19	223,589	223,580	223,579		-21	--
7	Rp2	-	+5,631	3,60	2,78	0,33	223,566	223,564	223,563		-5	--
8	777	228,772	-5,234	7,58	1,32	0,15	223,538	223,538	223,538		+20	528,0
9	228	235,552	-12,001	5,47	1,83	0,21	223,551	223,551	223,551		+7	89,7
10	789	223,929	-0,377	10,02	1,00	0,12	223,552	223,552	223,552		+6	36,0
					8,52	1,00	223,561	223,559	<b>223,558</b>			<b>3104,2</b>

У даному прикладі обчислення виконані з врахуванням довжин ходів (формула (5.2)), а за одиницю ваги прийнятий хід довжиною 10 км ( $c=10$  км).

Для полегшення обчислення середньозважених значень висот використовуються приведені ваги  $p'$  (колонка 7). *Контроль*: сума приведених ваг має бути рівною 1,00.

Наведемо приклад округлення для ситуації, коли не виконується контроль суми приведених ваг (табл. 5.3). Розрахуємо ваги для першого вузла із заокругленням до другого знака після коми (колонка 1). Якщо отримана сума не дорівнює 1,00, то розраховуємо ці ж значення з утриманням четвертого знака після коми, згідно правил заокруглення (колонка 2). Потім знаходимо похибку заокруглення, як різницю між першою та другою колонками (колонка 3). Потрібно змінити (збільшити або зменшити на 0,01) те значення з колонки 1, для якого похибка заокруглення буде найбільшою. У наведеному прикладі число 0,33 потрібно зменшити (оскільки сума рівна 1,01) на 0,01, тому, що воно має найбільшу похибку заокруглення 0,0048.

Запропонований у таблиці 5.3 принцип можна використовувати і для контролю обчислення поправок в полігоні або ході.

Таблиця 5.3

Спосіб заокруглення значень приведених ваг

До 2 знака після коми	До 4 знака після коми	Похибка заокруглення	До 2 знака після коми (контроль 1,00)
1	2	3	4
0,49	0,4867	0,0033	0,49
0,19	0,1881	0,0019	0,19
0,33	0,3252	<b>0,0048</b>	0,32
1,01	1,0000	-	<b>1,00</b>

Далі обчислюють висоти вузлових реперів у першому наближенні. У наведеному прикладі висоту  $R_{p1}$  обчислюють за ходом 1 та ходом 2 як алгебраїчну суму вихідних висот та вимірних перевищень. Висоту  $R_{p1}$  за ходом 3 поки що визначити не можливо, адже не відома вихідна висота  $R_{p3}$ , тому ставимо прочерк.



Середньозважену висоту вузлового репера вираховують як середнє вагове із висот, вирахованих за ходами від вихідних марок і реперів за формулою

$$H_i = \frac{H'_1 p_1 + H'_2 p_2 + \dots + H'_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} \quad (5.4)$$

де  $H'_1, H'_2, \dots, H'_n$  – висоти вузлової точки, вираховані за ходами 1, 2, ..., n;  $p_1, p_2, \dots, p_n$  – ваги за ходами 1, 2, ..., n.

Під час обчислення середньозваженої висоти вузла в першому наближенні потрібно враховувати лише ті неприведені ваги та висоти, які є відомими. Іншими словами, в знаменнику формули (5.4) має бути сума лише тих ваг, навпроти яких є вираховані висоти (табл. 5.2). Обчислені середньозважені висоти записуються в підсумкові рядки для відповідних вузлів.

Починаючи з другого наближення можна використовувати приведені ваги. Зручність їх використання полягає в тому, що формула (5.4) спрощується, оскільки її знаменник рівний 1,00.

Знайшовши висоту першого вузла в першому наближенні, приступають до обчислення висоти наступного вузла в першому наближенні, потім наступного і т.д.

Під час переходу до наступного вузла може виявитись, що висота сусіднього вузла, пов'язаного з даним спільним ходом, була вже обчислена в даному наближенні. Тому щойно обчислені середньозважені висоти сусідніх вузлів можуть виступати як вихідні для вираховання висоти даного вузла через зв'язуючі перевищення. Наприклад, висоту вузла Rp3 в першому наближенні можна вирахувати використовуючи щойно обчислені середньозважені висоти вузлів Rp1 та Rp2 (рис. 5.1, табл. 5.2). Від Rp1:  $222,717 + 0,872 = 223,589$  м. Від Rp2:  $217,935 + 5,631 = 223,566$  м. В таблиці 5.2 дані результати записані в колонці 8.

Обчислення припиняють за умови рівності висот в останньому та передостанньому наближеннях. В таблиці 5.2 це висоти Rp1 та Rp2 в колонках 10 та 11. Наближення 4 (колонка 11) для Rp3 не заповнювалась, оскільки значення висоти Rp3 з ходів 3 та 7 повністю співпадає з наближенням 3 (колонка 10). Отже значення висот в колонках 10 та 11 для Rp3 повністю співпадуть, включаючи середньовагове значення.

Після знаходження зрівноважених значень висот вузлових точок обчислюють поправки в ходи (колонка 12), за формулою:

$$v_i = H_k - H'_k; \quad (5.5)$$

де  $H_k$  – середньовагова висота вузла в останньому наближенні,  $H'_k$  – обчислена висота в тому ж наближенні, з кожного ходу.

Далі приступають до обчислення добутків  $p_i v_i^2$ . Доданків у сумі  $[p_i v_i^2]$  має бути стільки, скільки ходів. Ті ходи, які пов'язують сусідні вузли зустрічаються у відомості по два рази, тому там, де вони повторюються, навпроти них ставляться прочерки (колонка 13).

На цьому кроці повертаються до таблиці 5.1 та обчислюють суми поправок в останній 9 колонці за значеннями, одержаними у колонці 12 таблиці 5.2. Це виконується шляхом додавання поправок у ходи з врахуванням знаків та напрямів ходів. Слід пам'ятати, що поправки стосуються тих напрямків ходів, які спрямовані до даного вузла (прямий знак поправки). *Контроль*: сума поправок полігону (колонка 9) має бути рівна нев'язці з протилежним знаком (колонка 6).

На **четвертому** етапі обчислюються ваги вузлових точок за наближеною формулою Козлова (5.6), тому вони вираховуються за двома наближеннями:

$$P'_i = [p]_i - \frac{p_{i,j}^2}{[p]_j} - \frac{p_{i,k}^2}{[p]_k} - \dots; \\ P''_i = [p]_i - \frac{p_{i,j}^2}{P'_j} - \frac{p_{i,k}^2}{P'_k} - \dots, \quad (5.6)$$

де  $P'_i$  та  $P''_i$  – вага вузлової точки в першому та другому наближеннях;  $[p]_i, [p]_j, [p]_k$  – суми ваг ходів, що сходяться у вузлі  $i$  та в суміжних вузлах  $j, k, \dots$ ;  $P'_j, P'_k, \dots$  – ваги суміжних вузлових точок, з першого наближення;  $p_{i,j}, p_{i,k}, \dots$  – ваги ходів, що з'єднують суміжні вузли з вузлом  $i$ .

Відмінністю другого та всіх інших наближень від першого в формулах (5.6) є те, що в знаменнику замість суми ваг ходів, що сходяться у суміжному вузлі беруть ваги самих суміжних вузлів, обчислені у попередньому наближенні.

У нашому прикладі, за формулою (5.6), ваги вузлових точок (рис. 5.1) обчислюються наступним чином:

$$P'_{Rp1} = 4,89 - \frac{1,59^2}{8,52} = 4,59;$$

$$P'_{Rp2} = 6,42 - \frac{2,78^2}{8,52} = 5,51;$$

$$P'_{Rp3} = 8,52 - \frac{1,59^2}{4,89} - \frac{2,78^2}{6,42} = 6,80.$$

$$P''_{Rp1} = 4,89 - \frac{1,59^2}{6,80} = 4,52;$$

$$P''_{Rp2} = 6,42 - \frac{2,78^2}{6,80} = 5,28;$$

$$P''_{Rp3} = 8,52 - \frac{1,59^2}{4,59} - \frac{2,78^2}{5,51} = 6,57.$$

**П'ятим** етапом є оцінка точності мережі, яка виконується за формулами (5.7)-(5.11):

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-k}} \quad (5.7)$$

$$m_{км} = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} \quad (5.8)$$

$$M_H = \pm \frac{\mu}{\sqrt{P_H}} \quad (5.9)$$

де  $\mu$  – СКП одиниці ваги (СКП ходу такої довжини, вага якого рівна одиниці);  $n$  – кількість ходів;  $k$  – кількість вузлових точок;  $m_{км}$  – СКП визначення перевищення на 1 км подвійного ходу;  $M_H$  – СКП зрівноваженого значення висоти вузла;  $P_H$  – вага вузла.

Надійність величин  $\mu$  та  $M_H$  обчислюють за формулами:

$$m_\mu = \pm \frac{\mu}{\sqrt{2(n-k)}} \quad (5.10)$$

$$m_{M_H} = \pm \frac{m_\mu}{\sqrt{P_H}} \quad (5.11)$$

де  $m_\mu$  – надійність СКП одиниці ваги;  $m_{M_H}$  – надійність СКП зрівноваженого значення висоти репера.

Для наведеного прикладу мережі оцінка точності матиме вигляд:

1. СКП одиниці ваги (5.7):

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{3104,2}{10-3}} = \pm 21,1 \text{ мм}$$

2. Надійність СКП одиниці ваги (5.10):

$$m_\mu = \pm \frac{21,1}{\sqrt{2(10-3)}} = \pm 5,6 \text{ мм}$$

3. СКП визначення перевищення на 1 км ходу (5.8):

$$m_{\text{км}} = \pm \frac{21,1}{\sqrt{10}} = \pm 6,7 \text{ мм}$$

4. Визначення СКП зрівноваженого значення висот вузлових точок (5.9):

$$M_{H_{Rp1}} = \pm \frac{21,1}{\sqrt{4,52}} = \pm 9,9 \text{ мм};$$

$$M_{H_{Rp2}} = \pm \frac{21,1}{\sqrt{5,28}} = \pm 9,2 \text{ мм};$$

$$M_{H_{Rp3}} = \pm \frac{21,1}{\sqrt{6,57}} = \pm 8,2 \text{ мм}.$$

5. Оцінка надійності СКП зрівноваженого значення висот вузлових точок (5.11):

$$m_{M_{Rp1}} = \pm \frac{5,6}{\sqrt{4,52}} = \pm 2,6 \text{ мм};$$

$$m_{M_{Rp2}} = \pm \frac{5,6}{\sqrt{5,28}} = \pm 2,4 \text{ мм};$$

$$m_{M_{Rp3}} = \pm \frac{5,6}{\sqrt{6,57}} = \pm 2,2 \text{ мм}.$$

**Завдання для самостійної роботи.** Ознайомитися з послідовністю та особливостями зрівноваження мережі нівелірних ходів іншими спрощеними способами: способом еквівалентної заміни та способом полігонів.

### Запитання для контролю.

1. Суть зрівноваження способом послідовних наближень.
2. Коли припиняють обчислення висот із наближень?
3. У чому особливість обчислення середньозважених висот у першому наближенні??
4. Пояснити принцип застосування формули Козлова.
5. У колонці  $p_i v_i^2$  у деяких рядках є пропуски. Чому?
6. Пояснити суть використання приведених ваг.
7. За якою формулою розраховуються поправки в ходи?
8. У яких одиницях вимірювання визначаються ваги?
9. За якою формулою розраховується СКП одиниці ваги?
10. Як визначити СКП зрівноваженого значення висоти репера?

**Лабораторна робота №6**  
**Зрівноваження мережі нівелірних ходів III класу в**  
**програмному комплексі CREDO**

**Мета:** навчитись зрівноважувати мережу нівелірних ходів III класу в програмному комплексі CREDO.

**Завдання:** за власним варіантом скласти схему мережі, де для кожного ходу виписати висоти вихідних реперів та довжини секцій нівелірного ходу (додаток К). Виконати зрівноваження та оцінку точності мережі.

**Теоретичні відомості**

Програмний комплекс Credo\_Dat використовується для зрівноваження планових або/та висотних окремих ходів чи мереж практично будь-якої конфігурації. Зрівноваження виконуються параметричним способом.

Інтерфейс програми складається з: меню, панелі інструментів, де дублюються елементи меню, рядка стану внизу екрану.

Під час створення нового проекту або відкриття існуючого, з'являється вікно, в якому є дві частини: ліворуч розміщені дані у табличній формі; праворуч – у графічній. Ліва частина вікна проекту містить наступні вкладки:

- *Пункти ПВО* – задаються координати та висоти вихідних пунктів, їх тип, можна переглядати результати зрівноважень;
- *Дирекційні кути* – задаються вихідні дирекційні кути та їх точність;
- *Вимірювання* – задається тип знімання (планово-висотне обґрунтування ПВО, тахеометрія) та описується станція стояння приладу (верхня таблиця), цілі на які виконують візування (нижня таблиця);
- *Теодолітні ходи* – у верхній таблиці описується: номер ходу, метод визначення ліній (похилі, горизонтальні прокладення) класи точності в плані та по висоті, метеоумови; у нижній таблиці описуються виміри у ходах: назви (номера) точок, горизонтальні кути, відстані і т.д.;

- *Нівелірні ходи* – у верхній таблиці: номер ходу та клас точності; у нижній: назви (номера) точок, відстані між ними, перевищення і т.д.;
- *Топографічні об'єкти* – вибирається їх тип: точкові чи лінійні; є можливість приєднання класифікатора ззовні або обрання існуючого.

Перед початком роботи з Credo\_Dat є можливість налаштувати такі загальні параметри: система координат та проекція, система висот, налаштування.

Для вибору систем координат, висот, проекції потрібно вибрати в меню «Установки/Системи координат» або «Установки/Системи висот» .

Налаштування виконується в меню «Установки/Налаштування». З'явиться вікно із такими закладками: користувач (відомство, організація); одиниці вимірювання (кутові, лінійні, температура, тиск); точність (кути, відстані, абсолютні висоти, координати, перевищення, висоти наведення та інструмента); загальні та вид точок.

### **Послідовність зрівноваження**

Процес зрівноваження мережі нівелірних ходів в програмному комплексі CREDO, а саме в програмі CREDO\_DAT, складається з наступних етапів:

1. Створити новий проект та описати вихідні дані.
2. Описати нівелірні ходи.
3. Виконати перевірку правильності введення даних на наявність грубих помилок та виконати зрівноваження.
4. Сформувані відомості, каталоги та схему за результатами зрівноваження.

#### **1. Створення нового проекту та опис вихідних даних**

Для початку роботи із зрівноваження мережі нівелірних ходів необхідно запустити програму CREDO\_DAT та створити новий проект, використовуючи команду *Файл – Створити*. Потім необхідно перейти до вкладки «Пункти ПВО» на панелі інструментів та заповнити опис вихідних даних. Опис виконується в таблиці, що з'являється у лівій частині робочого

вікна і містить наступні поля: «*Ім'я*», «*X(N)*», «*Y(E)*», «*Тип XY(NE)*», «*Статус XY(NE)*», «*H*», «*Тип H*», «*Статус H*», «*Принал. рельєфу*». Форма таблиці є універсальною і містить поля як для планових так і для висотних зрівноважень. Якщо вихідні дані про планове положення пунктів відсутні, можна приховати зайві поля, натиснувши правою кнопкою миші на заголовку таблиці. У результаті відкриється вікно «*Налаштування представлення таблиць*» (рис. 6.1), де потрібно помітити назву зайвого поля та встановити прапорець у полі «*заховати колонку*».

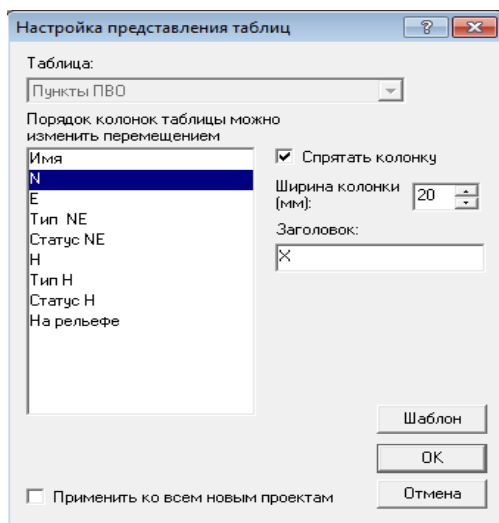


Рис. 6.1. Налаштування представлення таблиць

Після виділення усіх зайвих полів необхідно натиснути кнопку «ОК». В результаті таблиця опису пунктів ПВО буде містити поля, котрі стосуються лише висотного положення.

В полі «*Ім'я*» вводять назву вихідного репера, в полі «*H*» його висоту, в полі «*Тип H*» вибирають «*Вихідний*», натиснувши лівою кнопкою на відповідній комірці таблиці (рис. 6.2).

Имя	Н	Тип Н	Статус Н
888	213,196	Рабочий	»рабо
		Исходный	
		Рабочий	

Рис. 6.2. Таблица опису вихідних пунктів

Для забезпечення наочності та візуальної оцінки проекту є можливість схематично вказувати розташування вихідних, вузлових та проміжних реперів у правій частині вікна. Для цього треба виконати команду *«Дані – Пункти – Створити/Редагувати»* та у правій частині екрану задати потрібне положення точки, натиснувши на ньому лівою кнопкою миші. З'явиться вікно *«Пункт»*, в якому необхідно зазначити назву точки та вибрати її тип (*«Вихідний»* або *«Робочий»*) (рис. 6.3). Поля *«Північ»* і *«Схід»* заповнюються автоматично в умовній системі координат. Для вихідних пунктів потрібно зазначити їхні висоти та обрати тип *«Вихідний»*. Для всіх інших пунктів поле висот залишається пустим, а тип обираємо *«Робочий»*.

Пункт		?	×
Имя:	888	OK	
Север:	134,800	Отмена	
Восток:	-352,100		
Высота:	213,196		
Тип NE:	Исходный		
Тип Н:	Исходный		

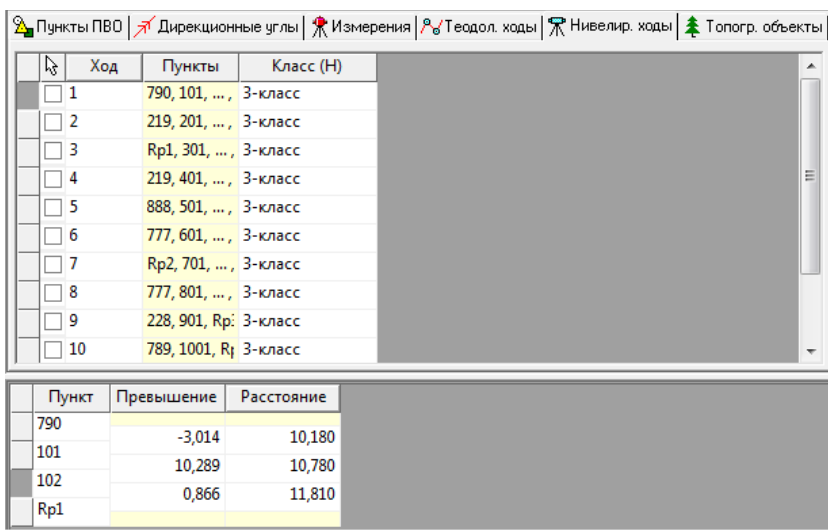
Рис. 6.3. Вікно опису точок мережі

## 2. Опис нівелірних ходів

Після опису вихідних пунктів переходять до опису нівелірних ходів мережі. Для цього натискають закладку *«Нівелірні ходи»*, в результаті чого в лівій частині вікна



з'являться дві таблиці. У верхній таблиці вводиться номер ходу, у відповідності до схеми мережі нівелірних ходів, у полі «Хід» та вибирається клас нівелювання у відповідній комірці поля «Клас Н» (рис. 6.4).



Хід	Пункты	Клас (Н)
<input type="checkbox"/> 1	790, 101, ...	3-клас
<input type="checkbox"/> 2	219, 201, ...	3-клас
<input type="checkbox"/> 3	Rp1, 301, ...	3-клас
<input type="checkbox"/> 4	219, 401, ...	3-клас
<input type="checkbox"/> 5	888, 501, ...	3-клас
<input type="checkbox"/> 6	777, 601, ...	3-клас
<input type="checkbox"/> 7	Rp2, 701, ...	3-клас
<input type="checkbox"/> 8	777, 801, ...	3-клас
<input type="checkbox"/> 9	228, 901, Rp	3-клас
<input type="checkbox"/> 10	789, 1001, Rj	3-клас


  

Пункт	Превышение	Расстояние
790	-3,014	10,180
101	10,289	10,780
102	0,866	11,810
Rp1		

Рис. 6.4. Таблица опису нівелірних ходів

Інформація в колонці «Пункти» заповниться автоматично після заповнення нижньої таблиці. У нижній таблиці виконують послідовний опис кожного ходу мережі. Для цього у верхній таблиці обирається потрібний хід, а в нижній виконується опис його елементів. У полі «Пункт» вказуються назви вихідних та проміжних реперів. Форма запису назви вихідних реперів повинна чітко відповідати формі запису в таблиці опису пунктів ПВО. В полях «Превыщення» та «Відстань» вводиться інформація про перевищення та довжини секцій відповідного ходу. Якщо відсутня інформація про кількість штативів, то колонку «Штативи» можна за потреби приховати в порядку, описаному у попередньому пункті. Переміщення між колонками таблиці виконується шляхом натиснення кнопки «Enter» на клавіатурі.

### 3. Виконання розрахунків та пошук грубих помилок в програмі CREDO\_DAT

У програмі CREDO\_DAT зрівноваження виконується параметричним способом за критерієм мінімізації суми квадратів поправок у вимірювання. Перед зрівноваженням мережі необхідно виконати процедуру попередньої обробки, основною функцією якої є приведення до єдиного внутрішнього формату даних вимірювань та параметрів проекту, отриманих з різних джерел. Попередня обробка вимірювань є обов'язковим кроком перед виконанням зрівноваження. Будь-які зміни проекту не будуть враховані, якщо не буде виконана попередня обробка. Для попередньої обробки необхідно виконати команду «Розрахунки – Попередня обробка – Розрахунок» або натиснути кнопку  на панелі інструментів (рис. 6.5).

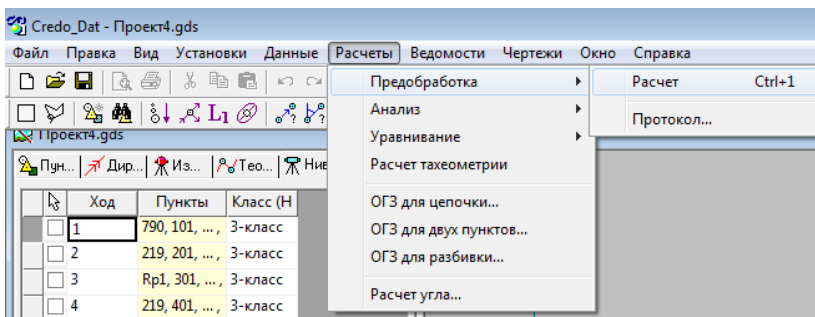




Рис. 6.5. Виконання попередньої обробки

В CREDO\_DAT реалізована технологія пошуку, локалізації та нейтралізації грубих помилок в мережах геодезичного обґрунтування. Пошук грубих помилок в описі мережі відбувається в результаті виконання команди «Розрахунки – Аналіз – L1-аналіз» або натиснувши кнопку  на панелі інструментів.

В основі L1-аналізу лежить процедура зрівноваження мережі за критерієм мінімізації суми модулів поправок у вимірювання. Цей метод дозволяє виділити ділянку мережі, хід

або навіть окреме вимірювання, які містять грубу помилку. За результатами L1-аналізу висотної мережі формується «Відомість L1-аналіза (нівелювання)», яка містить поправки в перевищення, що вийшли за межі, встановлені в налаштуваннях параметрів аналізу.

У разі відсутності грубих помилок переходять до зрівноваження мережі. Для цього треба виконати команду «Розрахунки – Зрівноваження – Розрахунок» або натиснути кнопку  на панелі інструментів. Після виконання зрівноваження на схемі нівелірної мережі відобразяться висоти вузлових та проміжних реперів. Крім того, під час оцінки висотного положення точок на плані графічно відображаються величини похибок на кожному пункті (рис. 6.6).

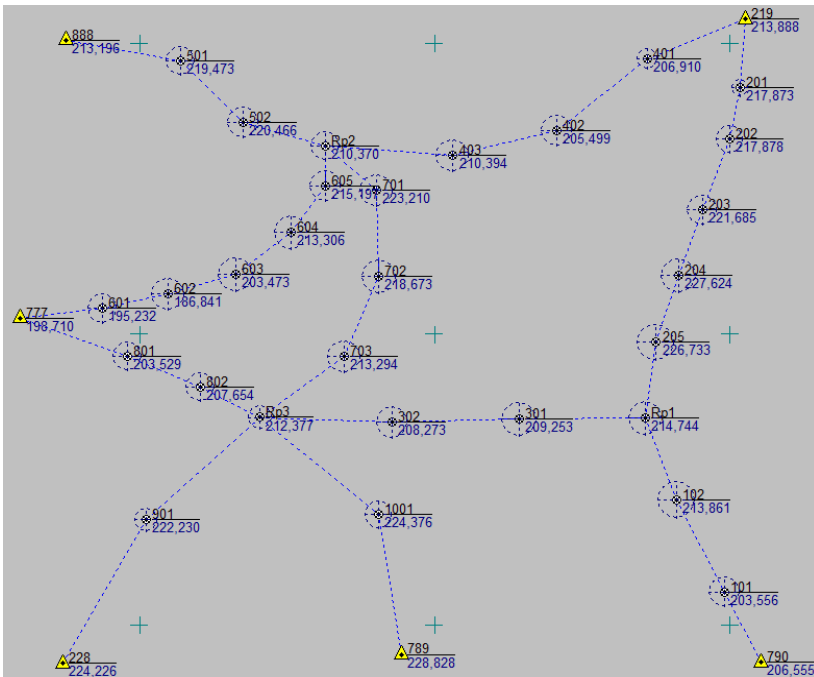


Рис. 6.6. Графічна інтерпретація результатів зрівноваження нівелірної мережі

#### 4. Формування відомостей за результатами зрівноваження

За результатами зрівноваження формується каталог висот точок, відомості нівелірних ходів, оцінки точності положення пунктів та характеристик нівелірних ходів. Для їх перегляду необхідно зайти у пункт меню «Відомості» і обрати зі списку потрібні відомості.

До захисту роботи потрібно роздрукувати і представити наступні відомості:

- Характеристики нівелірних ходів

Хід	Клас	Пункти	Довжина	$N$	$f_h$ факт.	$f_h$ доп.
1	3-клас	790, 101, ..., Rp1	32,770	4	-0,048	0,057
2	3-клас	219, 201, ..., Rp1	31,050	7	-0,036	0,056
...	...	...	...	..	...	...

- Відомість оцінки точності висотного положення пунктів за результатами зрівноваження

№ з/п	Назва пункту	$M_H$
1	101	0,021
2	102	0,025
...	...	...

- Каталог висот точок

№ з/п	Назва пункту	$H$ , м
1	101	203,556
2	102	213,861
...	...	...




Останні дві відомості, з наведених вище, можна об'єднати, додавши до останньої колонку  $M_h$  і назвавши її «Каталог висот точок та оцінка їх точності».

- Відомість нівелірних ходів (за кожним ходом)

Хід	Пункт	Довжина	$h$ вим.	Поправка	$h$ урівн.	H
1	790	10,180	-3,014	0,015	-2,999	206,555
	101					203,556

	102	10,780	10,289	0,016	10,305	213,861
	Rp1	11,810	0,866	0,017	0,883	214,744
Всього:		32,770	8,141	0,048	8,189	
Урівняне перевищення:		8,189				
Нев'язка:		-0,048				
Поправка на 1 км:		0,001				

Крім відомостей, до захисту роботи представляється **схема мережі**. Для виведення на друк схеми рекомендується використати команду меню *«Креслення – Фрагменти для креслення»*, яка активує відповідну панель інструментів:

1. Натискаємо кнопку *«Фрагмент – вікно»*  та на екрані задаємо межі фрагменту для виведення на друк.
2. Натискаємо кнопку *«Вибрати фрагменти»*  та обираємо/активуємо заданий фрагмент.
3. Натискаємо кнопку *«Компонування креслення»*  після чого відкриється вікно, де необхідно ввести параметри креслення (формат листа, орієнтація, штамп) та саме вікно креслення.
4. Налаштовуємо необхідний вигляд схеми для виведення на друк. Найчастіше вживаними командами є *«Вид – Показати вміст»* та *«Фрагмент – Масштаб»*.

Щоб уникнути проблем з друком креслення доцільно конвертувати його у формат *\*.pdf*, наприклад, за допомогою віртуального принтера. Для зручності роботи з текстовими відомостями їх рекомендується зберегти у форматі *\*.rtf*.

**Завдання для самостійної роботи.** Ознайомитися з послідовністю та особливостями зрівноваження мережі нівелірних ходів строгими способами: параметричним та корелатним.

### **Запитання для контролю.**

1. На якому строгому способі зрівноваження ґрунтуються розрахунки у програмному комплексі CREDO\_DAT?
2. На якій вкладці Credo\_Dat виконується опис вихідних даних?
3. На якій вкладці Credo\_Dat виконується опис даних вимірювань?
4. Яка послідовність виконання зрівноваження після опису всіх вхідних даних?
5. Як зрівноважити нівелірну мережу з графічним відображенням розташування пунктів?
6. Які відомості доступні для перегляду після зрівноваження мережі нівелірних ходів?
7. Яким чином підготувати схему мережі до виведення на друк?

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Геодезичний енциклопедичний словник / за ред. В. Літинського. Львів : Євросвіт, 2001. 668 с.
2. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. К., 1999.
3. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов М. : Недра, 1990. 167 с.
4. Геодезія. Практикум : навчальний посібник / Лагоднюк О. А., Янчук О. Є., Трохимець С. М., Німкович Р. С., Лагоднюк А. М., Прокопчук А. В. Рівне : НУВГП, 2019. 308 с.
5. Островський А. Л. Мороз О. І., Тарнавський В. Л. Геодезія, частина II : підручник. Львів, 2007. 508 с.
6. 076-120 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Геодезія». Частина I: «Нівелювання III та IV класів» студентами напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія, землеустрій» денної та заочної форм навчання / О. А. Лагоднюк, Р. С. Німкович. Рівне : НУВГП, 2012. 48 с.

**ДОДАТКИ**  
**Додаток А**  
**Журнал**  
**нівелювання IV класу**

Дата: \_\_\_\_\_  
 Хід від \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_  
 Початок:  $\frac{h}{m}$   
 Кінець:  $\frac{h}{m}$

Нівелір \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_  
 Спостерігав: \_\_\_\_\_  
 Записував: \_\_\_\_\_  
 Погода: \_\_\_\_\_

№ шт. № т.т.	Далеко- мірні піввіддалі	Відліки з рейок		Переви- щення $h$ , мм	Середнє перевищення $h$ , мм
		З	П		
1	2	3	4	5	6
<u>1</u> -	(7)	(1)	(3)	(10)	(15)
	(8)	(2)	(4)	(11)	
	/ (9)	(6)	(5)	(14)	
<u>      </u> -					
<u>      </u> -					
<u>      </u> -					
<u>      </u> -					
Постор. контр.	(16)	(17) (21)	(18)	(19) (22)	(20)

**Додаток Б**  
**Журнал**  
**нівелювання III класу**

Дата: \_\_\_\_\_  
Хід від \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_  
Початок:  $\frac{h}{m}$   
Кінець:  $\frac{h}{m}$

Нівелір \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_  
Спостерігав: \_\_\_\_\_  
Записував: \_\_\_\_\_  
Погода: \_\_\_\_\_

№ шт. №т.г.	Спостереження з далекомірних ниток		Контр. перевищ. $h_{\text{контр}}$	Спостереження з середньої нитки			Середнє перевищ. $h_{\text{сер}}$ , мм
	З	П		З	П	$h$	
1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{1}{-}$	(2) (3)	(5) (6)	(11) (12)	(1) (8)	(4) (7)	(14) (15)	(19)
-	(9)	(10)	/ (13)	(16)	(17)	(18)	
$\frac{-}{-}$							
$\frac{-}{-}$							
$\frac{-}{-}$							
$\frac{-}{-}$							
$\frac{-}{-}$							
$\frac{-}{-}$							
$\frac{-}{-}$							
Постор. контр.	(20)	(21)	(22) (27)	(23) (24) (28)	(24)	(25) (29)	(26)



**Додаток В**  
**Журнал**  
**нівелювання II класу**

Дата: \_\_\_\_\_  
Початок: \_\_\_\_\_<sup>h</sup> \_\_\_\_\_<sup>m</sup>

Нівелір \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_  
Кінець: \_\_\_\_\_<sup>h</sup> \_\_\_\_\_<sup>m</sup>

Хід від \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_  
Погода: \_\_\_\_\_

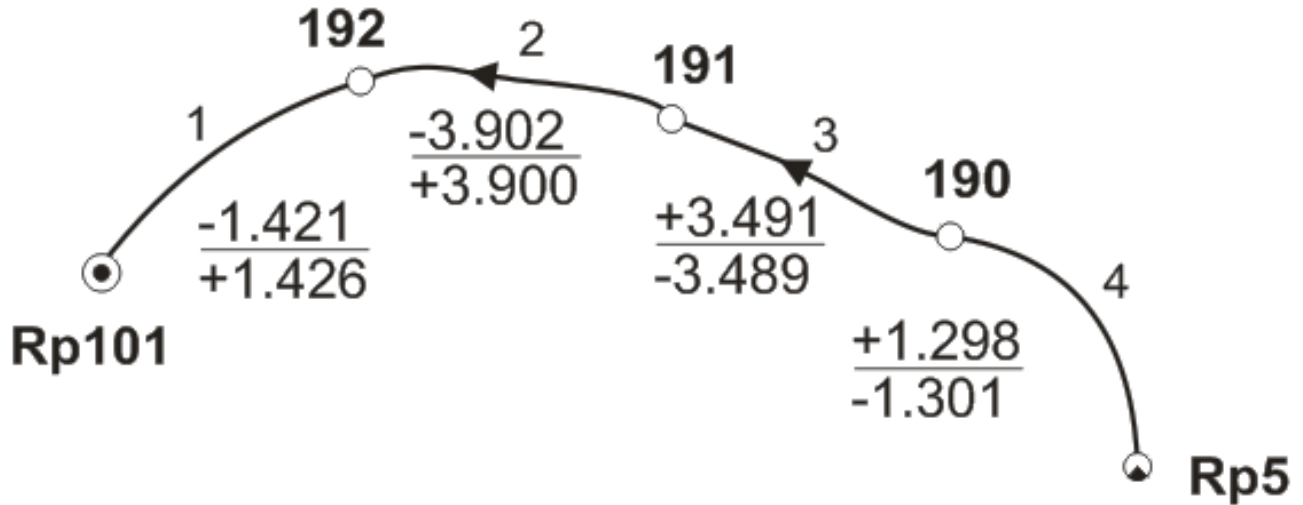
Спостерігав: \_\_\_\_\_ Записував: \_\_\_\_\_

№ шт. № рейок	Замальовка пнів'язок	Відліки по далекомірним ниткам (1/2 мм)			Відліки по бісектору (1/2 дм)				Контроль
		З	П		Основна шкала		Додаткова шкала		
					Р	Б	Р	Б	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 — -		(1)	(5)	З	(3)	(4)	(11)	(12)	(25)
		(2)	(6)	П	(7)	(8)	(9)	(10)	(26)
		(21)	(22)	З-П	(13)	(14)	(16)	(17)	
		(24)	/ (23)	h	(15)	(18)	(19) /	(20)	
— -		(5)	(1)	З	(7)	(8)	(9)	(10)	(25)
		(6)	(2)	П	(3)	(4)	(11)	(12)	(26)
		(21)	(22)	З-П	(13)	(14)	(16)	(17)	
		(24)	/ (23)	h	(15)	(18)	(19) /	(20)	
Посторінковий контроль		(27)	(28)		(29)	(31)	(33)	(35)	(20)
			(27)-(28)		(30)	(32)	(34)	(36)	
					(39)	(40)	(41)	(42)	
						(37)		(38)	
		0,1 км	2 шт.				Сер.	(1/2 дм)	

*Додаток Г*

*Вихідні дані для виконання зрівноваження одинокого нівелірного ходу III класу*

Схема нівелірного ходу III класу



### Висоти вихідних реперів нівелірного ходу

Вар.	Висоти, м		Вар.	Висоти, м		Вар.	Висоти, м		Вар.	Висоти, м	
	101	Рр 5		101	Рр 5		101	Рр 5		101	Рр 5
<b>1</b>	194.703	195.247	<b>26</b>	194.623	195.163	<b>51</b>	192.663	193.200	<b>76</b>	196.503	197.040
<b>2</b>	196.743	197.279	<b>27</b>	193.551	194.091	<b>52</b>	193.679	194.217	<b>77</b>	194.423	194.966
<b>3</b>	194.363	194.905	<b>28</b>	193.711	194.253	<b>53</b>	192.573	193.116	<b>78</b>	193.791	194.328
<b>4</b>	194.463	195.006	<b>29</b>	194.683	195.228	<b>54</b>	193.743	194.279	<b>79</b>	192.423	192.964
<b>5</b>	194.403	194.943	<b>30</b>	194.523	195.061	<b>55</b>	196.923	197.462	<b>80</b>	193.647	194.185
<b>6</b>	196.773	197.315	<b>31</b>	196.953	197.490	<b>56</b>	193.535	194.077	<b>81</b>	196.653	197.196
<b>7</b>	193.663	194.201	<b>32</b>	192.603	193.145	<b>57</b>	193.567	194.105	<b>82</b>	196.593	197.137
<b>8</b>	192.333	192.873	<b>33</b>	196.683	197.223	<b>58</b>	194.583	195.119	<b>83</b>	193.519	194.057
<b>9</b>	194.603	195.141	<b>34</b>	193.727	194.271	<b>59</b>	193.455	193.999	<b>84</b>	194.323	194.860
<b>10</b>	192.693	193.237	<b>35</b>	196.563	197.099	<b>60</b>	194.503	195.046	<b>85</b>	193.439	193.976
<b>11</b>	193.615	194.155	<b>36</b>	192.153	192.695	<b>61</b>	194.263	194.803	<b>86</b>	194.663	195.206
<b>12</b>	194.243	194.780	<b>37</b>	192.063	192.606	<b>62</b>	194.723	195.265	<b>87</b>	193.503	194.039
<b>13</b>	192.243	192.778	<b>38</b>	194.303	194.843	<b>63</b>	192.363	192.904	<b>88</b>	193.583	194.122
<b>14</b>	196.713	197.254	<b>39</b>	192.123	192.665	<b>64</b>	197.043	197.580	<b>89</b>	192.213	192.755
<b>15</b>	193.631	194.169	<b>40</b>	196.863	197.401	<b>65</b>	197.103	197.645	<b>90</b>	194.563	195.101
<b>16</b>	194.283	194.826	<b>41</b>	197.073	197.613	<b>66</b>	194.343	194.888	<b>91</b>	197.013	197.549
<b>17</b>	192.393	192.937	<b>42</b>	193.695	194.233	<b>67</b>	196.533	197.069	<b>92</b>	192.483	193.027
<b>18</b>	194.643	195.181	<b>43</b>	193.599	194.143	<b>68</b>	196.983	197.520	<b>93</b>	197.223	197.766
<b>19</b>	194.383	194.920	<b>44</b>	196.833	197.373	<b>69</b>	192.093	192.635	<b>94</b>	192.273	192.813
<b>20</b>	197.133	197.670	<b>45</b>	192.543	193.080	<b>70</b>	193.807	194.349	<b>95</b>	193.775	194.317
<b>21</b>	196.623	197.161	<b>46</b>	192.513	193.048	<b>71</b>	193.759	194.295	<b>96</b>	193.487	194.028
<b>22</b>	194.443	194.981	<b>47</b>	192.453	192.998	<b>72</b>	192.633	193.168	<b>97</b>	192.033	192.570
<b>23</b>	193.471	194.007	<b>48</b>	194.483	195.019	<b>73</b>	196.803	197.346	<b>98</b>	191.973	192.515
<b>24</b>	194.443	194.981	<b>49</b>	192.663	193.200	<b>74</b>	197.163	197.700	<b>99</b>	194.543	195.085
<b>25</b>	193.471	194.007	<b>50</b>	194.483	195.019	<b>75</b>	192.183	192.725	<b>100</b>	196.893	197.435

Довжини секцій нівелірного ходу

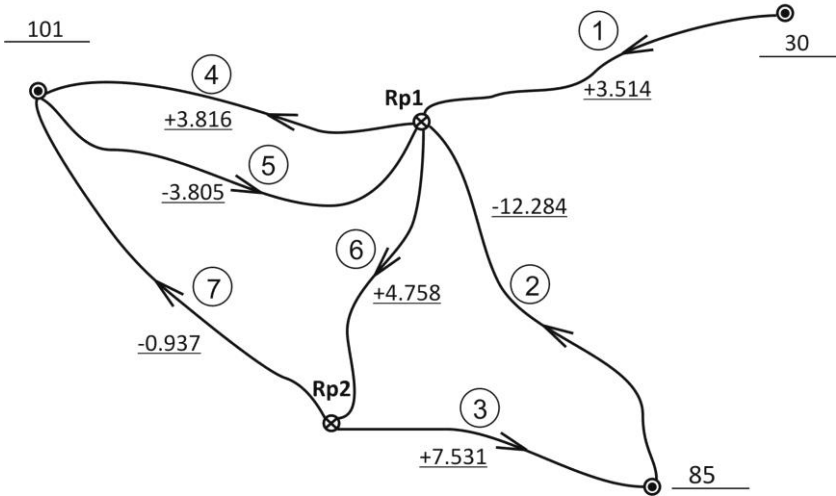
Вар.	Номера та довжини секцій, км				Вар.	Номера та довжини секцій, км			
	1	2	3	4		1	2	3	4
<b>1</b>	5.664	4.774	3.354	3.684	<b>51</b>	5.800	4.910	3.490	3.820
<b>2</b>	5.790	4.900	3.480	3.810	<b>52</b>	5.578	4.688	3.268	3.598
<b>3</b>	5.572	4.682	3.262	3.592	<b>53</b>	5.545	4.655	3.235	3.565
<b>4</b>	6.111	5.043	3.339	3.735	<b>54</b>	5.367	4.477	3.057	3.387
<b>5</b>	5.330	4.440	3.020	3.350	<b>55</b>	6.066	4.998	3.294	3.690
<b>6</b>	5.418	4.528	3.108	3.438	<b>56</b>	4.810	3.920	2.500	2.830
<b>7</b>	5.290	4.400	2.980	3.310	<b>57</b>	5.473	4.583	3.163	3.493
<b>8</b>	5.693	4.803	3.383	3.713	<b>58</b>	5.653	4.763	3.343	3.673
<b>9</b>	5.616	4.726	3.306	3.636	<b>59</b>	5.635	4.745	3.325	3.655
<b>10</b>	5.466	4.576	3.156	3.486	<b>60</b>	5.156	4.266	2.846	3.176
<b>11</b>	5.434	4.544	3.124	3.454	<b>61</b>	5.320	4.430	3.010	3.340
<b>12</b>	5.647	4.757	3.337	3.667	<b>62</b>	5.034	4.144	2.724	3.054
<b>13</b>	5.410	4.520	3.100	3.430	<b>63</b>	5.659	4.769	3.349	3.679
<b>14</b>	5.268	4.378	2.958	3.288	<b>64</b>	7.645	6.461	4.573	5.012
<b>15</b>	5.699	4.809	3.389	3.719	<b>65</b>	5.310	4.420	3.000	3.330
<b>16</b>	5.810	4.920	3.500	3.830	<b>66</b>	5.805	4.915	3.495	3.825
<b>17</b>	5.704	4.814	3.394	3.724	<b>67</b>	5.488	4.598	3.178	3.508
<b>18</b>	5.538	4.648	3.228	3.558	<b>68</b>	5.629	4.739	3.319	3.649
<b>19</b>	5.349	4.459	3.039	3.369	<b>69</b>	5.531	4.641	3.221	3.551
<b>20</b>	5.402	4.512	3.092	3.422	<b>70</b>	5.171	4.281	2.861	3.191
<b>21</b>	5.687	4.797	3.377	3.707	<b>71</b>	5.610	4.720	3.300	3.630
<b>22</b>	5.384	4.494	3.074	3.404	<b>72</b>	5.558	4.668	3.248	3.578
<b>23</b>	6.151	5.083	3.379	3.775	<b>73</b>	5.426	4.536	3.116	3.446
<b>24</b>	5.517	4.627	3.207	3.537	<b>74</b>	5.524	4.634	3.214	3.544
<b>25</b>	5.279	4.389	2.969	3.299	<b>75</b>	5.622	4.732	3.312	3.642

Вар.	Номера та довжини секцій, км				Вар.	Номера та довжини секцій, км			
	1	2	3	4		1	2	3	4
<b>26</b>	5.197	4.307	2.887	3.217	<b>76</b>	5.682	4.792	3.372	3.702
<b>27</b>	5.670	4.780	3.360	3.690	<b>77</b>	4.951	4.061	2.641	2.971
<b>28</b>	5.257	4.367	2.947	3.277	<b>78</b>	7.659	6.475	4.587	5.026
<b>29</b>	7.652	6.468	4.580	5.019	<b>79</b>	5.597	4.707	3.287	3.617
<b>30</b>	5.585	4.695	3.275	3.605	<b>80</b>	5.450	4.560	3.140	3.470
<b>31</b>	5.393	4.503	3.083	3.413	<b>81</b>	5.234	4.344	2.924	3.254
<b>32</b>	5.769	4.879	3.459	3.789	<b>82</b>	5.503	4.613	3.193	3.523
<b>33</b>	5.496	4.606	3.186	3.516	<b>83</b>	5.300	4.410	2.990	3.320
<b>34</b>	5.184	4.294	2.874	3.204	<b>84</b>	5.591	4.701	3.281	3.611
<b>35</b>	5.604	4.714	3.294	3.624	<b>85</b>	5.358	4.468	3.048	3.378
<b>36</b>	5.641	4.751	3.331	3.661	<b>86</b>	6.089	5.021	3.317	3.713
<b>37</b>	5.732	4.842	3.422	3.752	<b>87</b>	5.552	4.662	3.242	3.572
<b>38</b>	5.376	4.486	3.066	3.396	<b>88</b>	5.442	4.552	3.132	3.462
<b>39</b>	5.210	4.320	2.900	3.230	<b>89</b>	5.676	4.786	3.366	3.696
<b>40</b>	5.510	4.620	3.200	3.530	<b>90</b>	5.710	4.820	3.400	3.730
<b>41</b>	7.631	6.447	4.558	4.997	<b>91</b>	5.246	4.356	2.936	3.266
<b>42</b>	5.565	4.675	3.255	3.585	<b>92</b>	5.785	4.895	3.475	3.805
<b>43</b>	5.721	4.831	3.411	3.741	<b>93</b>	5.142	4.252	2.832	3.162
<b>44</b>	5.458	4.568	3.148	3.478	<b>94</b>	5.774	4.884	3.464	3.794
<b>45</b>	5.481	4.591	3.171	3.501	<b>95</b>	7.638	6.454	4.566	5.004
<b>46</b>	5.764	4.874	3.454	3.784	<b>96</b>	5.010	4.120	2.700	3.030
<b>47</b>	4.983	4.093	2.673	3.003	<b>97</b>	5.222	4.332	2.912	3.242
<b>48</b>	6.132	5.064	3.360	3.756	<b>98</b>	5.795	4.905	3.485	3.815
<b>49</b>	5.339	4.449	3.029	3.359	<b>99</b>	5.716	4.826	3.406	3.736
<b>50</b>	5.780	4.890	3.470	3.800	<b>100</b>	5.727	4.837	3.417	3.747



**Додаток Е**  
**Вихідні дані для виконання зрівноваження мережі нівелірних ходів III класу способом послідовних наближень**

Схеми нівелірних мереж  
**Схема №1**



**Схема №2**

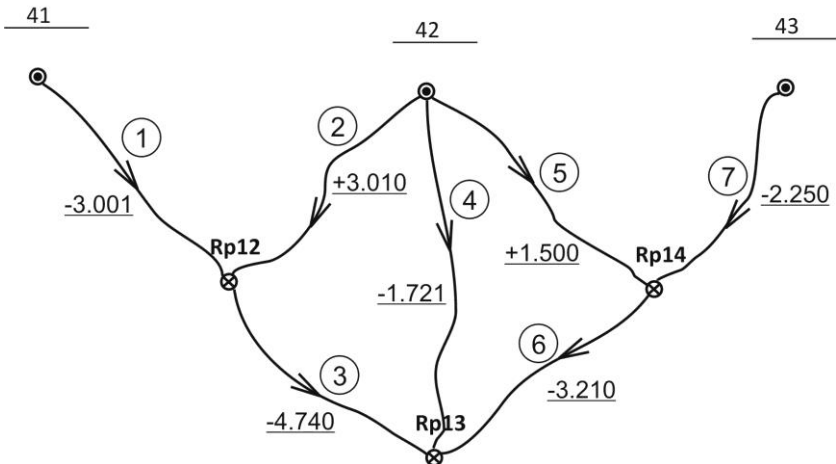


Схема №3

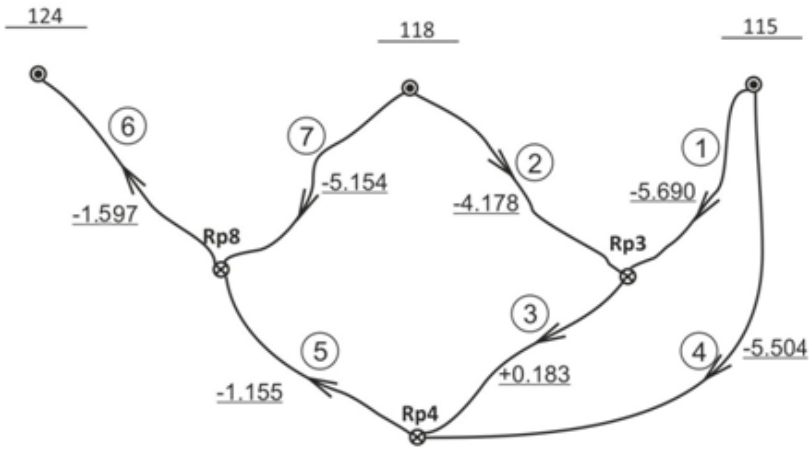


Схема №4

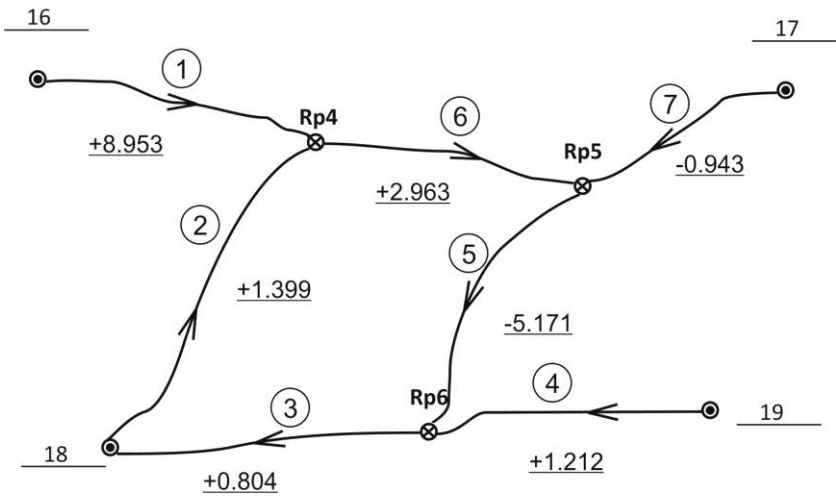




Схема №5

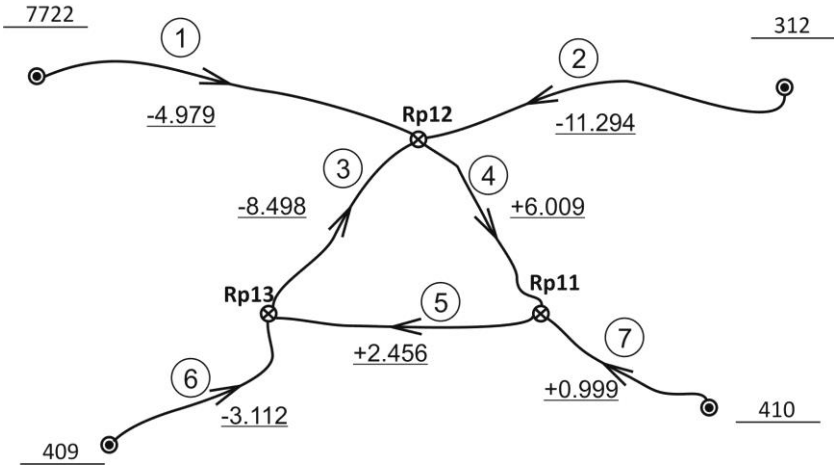


Схема №6

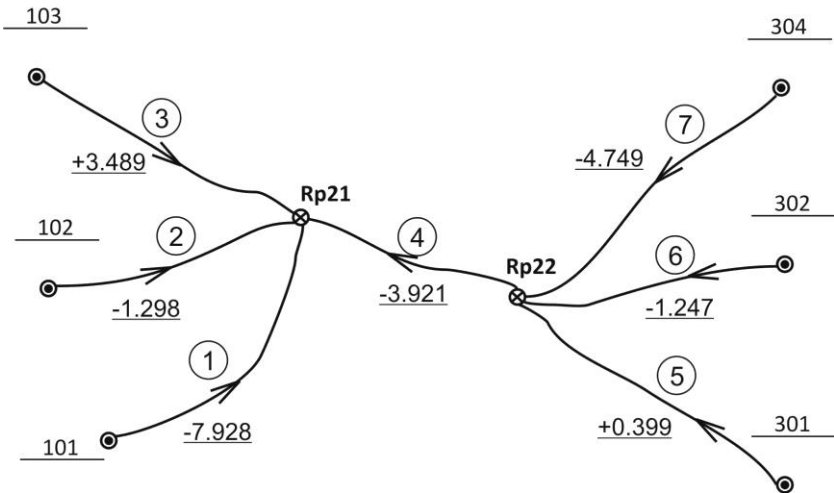


Схема №7

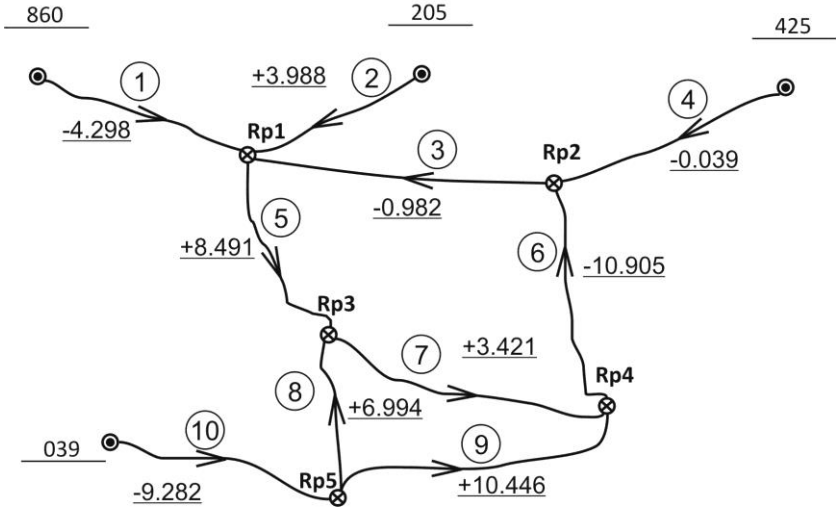


Схема №8

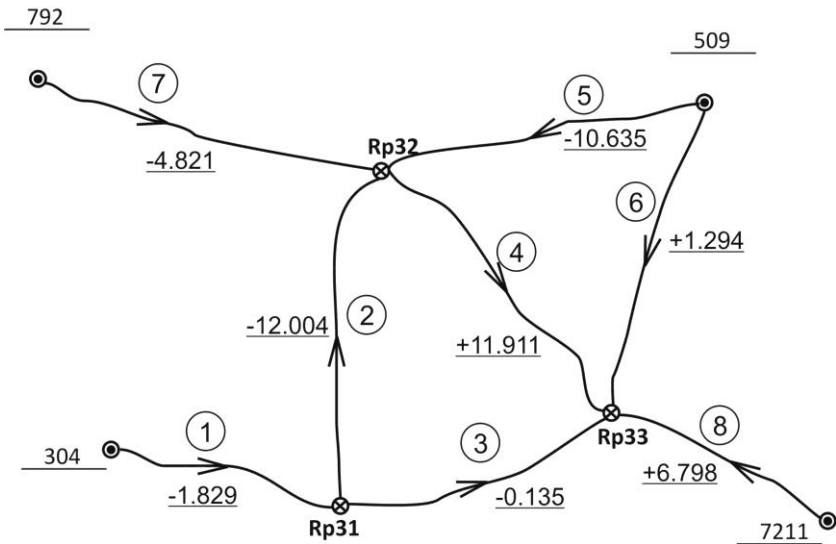


Схема №9

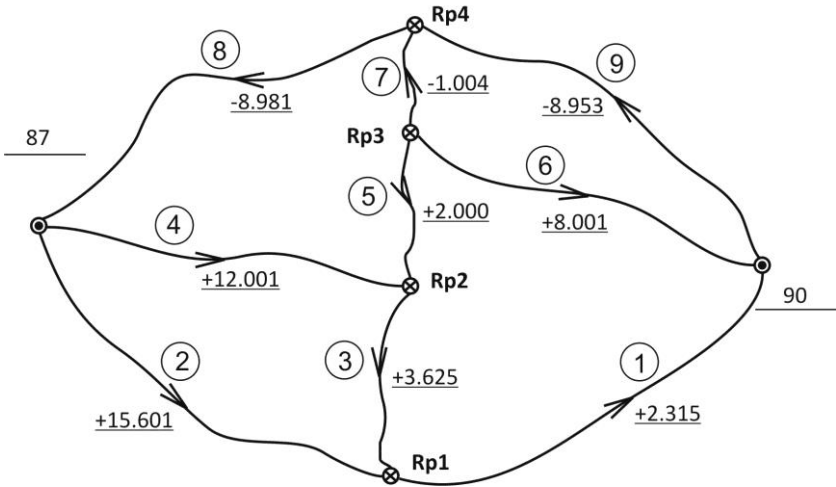
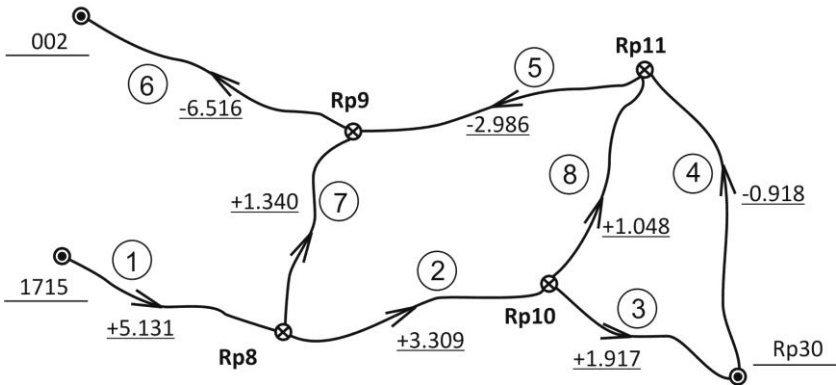


Схема №10



### Вихідні висоти та довжини секцій

Позн.		Варіанти									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Схема 1</b>											
<b>Репери</b>	30	183,719	191,063	184,753	188,911	188,426	187,877	191,069	188,601	190,268	193,079
	85	199,527	206,871	200,560	204,717	204,229	203,685	206,876	204,418	206,074	208,884
	101	191,047	198,395	192,085	196,240	195,753	195,207	198,395	195,938	197,593	200,402
<b>Секції</b>	1	3,75	11,19	11,79	7,13	5,14	9,48	3,91	2,79	6,32	7,29
	2	8,84	2,53	3,70	6,61	8,18	10,71	4,62	8,61	10,70	6,97
	3	9,64	4,15	9,25	10,94	8,63	11,06	5,24	8,41	4,88	9,69
	4	11,08	2,67	11,32	2,11	9,04	9,82	7,63	2,77	6,76	10,11
	5	8,92	9,77	5,04	7,33	2,16	9,64	9,07	6,39	8,21	2,69
	6	10,66	5,36	10,04	8,64	2,57	9,59	7,28	11,43	6,59	10,59
	7	9,36	7,92	6,18	8,62	6,88	2,74	2,91	8,64	3,85	6,78
<b>Схема 2</b>											
<b>Репери</b>	41	177,401	180,413	168,977	165,181	168,734	171,985	174,588	177,501	172,268	166,531
	42	171,373	174,401	162,952	159,168	162,717	165,970	168,563	171,483	166,249	160,505
	43	175,125	178,141	166,706	162,916	166,465	169,710	172,320	175,229	169,999	164,253
<b>Секції</b>	1	6,08	5,01	7,74	9,06	10,51	7,75	10,80	4,47	2,47	10,23
	2	2,72	11,55	8,05	10,40	3,99	10,93	10,20	6,94	10,60	8,58
	3	10,61	11,47	6,90	10,23	9,41	4,63	10,87	8,37	4,38	5,28
	4	8,43	5,39	7,33	6,12	6,66	11,31	8,31	5,12	6,52	3,04
	5	10,35	9,40	6,70	2,31	6,70	9,77	5,24	9,67	10,83	8,95
	6	6,93	7,95	8,53	8,59	5,95	8,67	2,75	6,08	8,40	7,26
	7	4,75	11,83	11,86	10,76	4,29	9,41	9,78	4,93	8,34	8,60

Позн.	Варіанти										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Схема 3</b>											
<b>Репери</b>	115	155,257	160,555	158,024	154,958	158,159	154,883	152,497	156,730	159,498	155,067
	118	153,741	159,037	156,507	153,440	156,634	153,362	150,976	155,204	157,977	153,545
	124	146,989	152,290	149,757	146,690	149,891	146,610	144,226	148,460	151,227	146,798
<b>Секції</b>	1	7,87	9,55	10,37	2,76	8,41	3,58	2,71	10,04	5,08	9,89
	2	4,16	10,31	7,69	9,08	6,59	5,97	11,82	10,12	3,01	2,81
	3	11,95	3,65	4,56	10,55	4,65	5,94	10,22	11,22	11,16	7,30
	4	4,27	2,65	11,31	4,26	6,98	6,36	6,58	2,89	10,62	9,48
	5	8,06	6,25	2,87	10,59	4,11	9,80	5,66	7,41	4,78	4,16
	6	6,74	5,75	3,93	2,63	6,93	3,45	8,58	7,60	2,82	10,29
	7	5,65	3,46	3,05	10,46	11,77	4,29	4,30	5,53	3,99	3,90
<b>Схема 4</b>											
<b>Репери</b>	16	111,457	118,353	111,427	118,870	110,664	118,957	118,750	112,163	127,498	121,151
	17	124,297	131,192	124,270	131,703	123,499	131,802	131,594	125,003	140,340	133,994
	18	118,994	125,895	118,971	126,404	118,209	126,504	126,297	119,703	135,045	128,696
	19	116,972	123,874	116,953	124,386	116,187	124,481	124,270	117,689	133,019	126,675
<b>Секції</b>	1	4,37	10,00	9,23	8,28	8,32	9,28	4,51	5,40	4,30	3,85
	2	4,46	5,66	6,19	5,57	4,79	2,09	8,82	8,79	11,21	3,83
	3	10,40	7,13	11,74	11,61	8,41	11,07	3,11	5,57	5,81	7,42
	4	6,34	2,85	11,47	7,39	5,82	10,32	9,84	9,83	7,89	7,59
	5	7,28	4,72	11,60	3,68	3,66	2,89	5,96	10,88	7,16	7,15
	6	11,58	3,49	5,83	2,13	4,91	10,54	6,14	10,08	6,77	4,81
	7	2,20	11,76	2,91	8,69	10,06	6,82	6,12	6,54	4,58	2,66

Позн.	Варіанти										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Схема 5</b>											
<b>Репери</b>	7722	263,523	262,269	262,504	268,599	267,591	259,516	264,532	262,880	264,593	259,894
	312	269,856	268,600	268,841	274,932	273,924	265,852	270,871	269,220	270,929	266,238
	409	270,133	268,875	269,117	275,213	274,198	266,126	271,143	269,495	271,204	266,505
	410	263,585	262,334	262,564	268,663	267,649	259,572	264,588	262,944	264,651	259,962
<b>Секції</b>	1	9,80	7,13	6,78	4,44	7,87	10,46	10,11	10,82	7,28	2,89
	2	5,27	6,94	3,06	8,01	4,20	8,36	4,79	2,95	7,63	8,08
	3	9,77	7,65	10,48	9,29	8,79	7,82	8,49	4,40	3,39	10,99
	4	6,16	4,91	7,50	7,41	4,89	2,65	8,47	5,70	2,34	4,27
	5	11,88	11,37	10,39	11,42	11,94	9,26	2,15	6,42	9,52	5,98
	6	7,61	9,73	10,51	3,81	3,43	7,73	9,92	3,87	2,86	10,87
	7	11,94	5,29	7,04	11,10	5,80	8,62	5,68	4,26	5,80	11,17
<b>Схема 6</b>											
<b>Репери</b>	101	204,104	203,374	216,736	204,362	208,774	205,643	215,231	201,420	204,109	213,728
	102	197,506	196,772	210,130	197,759	202,174	199,045	208,636	194,826	197,506	207,129
	103	192,705	191,968	205,333	192,962	197,373	194,240	203,831	190,021	192,704	202,320
	301	199,681	198,954	212,314	199,936	204,356	201,225	210,806	197,007	199,689	209,309
	302	201,353	200,622	213,979	201,606	206,030	202,897	212,482	198,672	201,362	210,974
	304	204,846	204,112	217,478	205,100	209,517	206,382	215,969	202,163	204,849	214,466
<b>Секції</b>	1	8,09	8,50	7,79	10,55	10,14	11,69	5,44	6,33	6,53	11,10
	2	6,93	2,31	7,31	4,55	3,60	3,54	11,41	11,56	8,05	4,85
	3	3,85	11,10	5,15	8,82	2,55	3,22	11,09	11,12	4,49	8,42
	4	4,45	10,76	10,12	3,59	7,15	7,70	5,07	2,67	2,68	11,03
	5	7,22	8,60	3,84	8,74	6,16	2,98	11,81	7,91	2,59	11,76
	6	2,43	2,93	8,83	6,42	10,52	6,03	2,85	10,66	3,36	3,54
	7	5,53	9,03	9,83	8,11	6,86	2,68	8,05	3,80	4,98	7,06

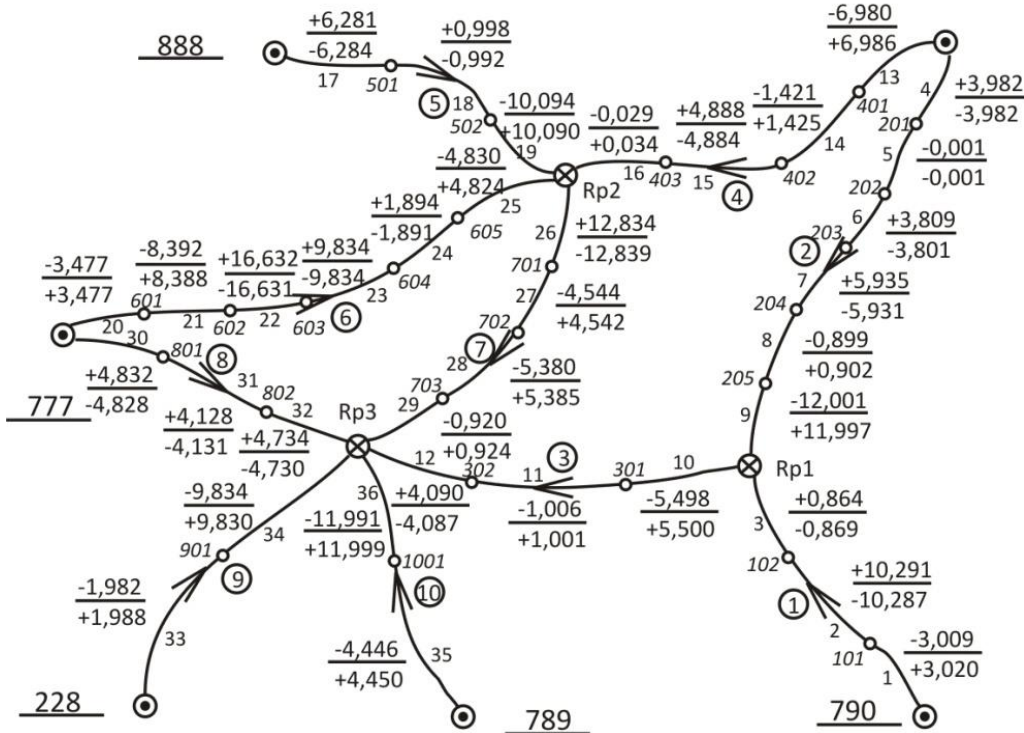
Позн.	Варіанти										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Схема 7</b>											
<b>Репери</b>	860	176,590	177,864	174,312	178,647	178,636	179,126	173,012	176,942	174,629	176,962
	205	168,283	169,561	166,009	170,340	170,330	170,820	164,708	168,635	166,321	168,654
	425	173,343	174,618	171,063	175,404	175,391	175,879	169,767	173,693	171,379	173,716
	39	183,101	184,368	180,818	185,152	185,147	185,630	179,520	183,444	181,136	183,468
<b>Секції</b>	1	2,43	6,30	2,32	5,07	6,99	5,38	2,25	9,51	11,39	8,90
	2	4,84	4,72	4,74	7,96	2,26	5,07	11,88	6,64	11,05	3,40
	3	6,43	4,14	8,15	8,14	3,56	3,42	11,01	2,99	4,07	3,42
	4	8,66	10,32	7,06	5,71	4,25	10,44	7,52	7,78	10,73	3,01
	5	4,48	10,95	3,34	4,55	2,48	10,80	9,82	2,86	3,24	7,47
	6	9,90	7,71	9,33	5,90	6,68	2,76	7,15	7,31	5,04	2,52
	7	9,47	11,46	5,54	8,35	10,19	5,18	8,73	4,65	8,42	4,71
	8	4,50	11,25	9,86	10,92	8,10	9,58	3,33	6,42	2,54	8,20
	9	7,46	5,64	4,58	5,78	5,16	2,00	8,58	4,10	4,76	7,18
	10	3,50	4,34	4,39	4,36	8,68	10,44	11,26	4,59	8,08	2,61
<b>Схема 8</b>											
<b>Репери</b>	304	223,886	218,347	218,442	219,750	212,104	224,612	207,977	210,031	214,273	221,872
	792	214,863	209,325	209,421	210,725	203,082	215,592	198,950	201,015	205,244	212,846
	509	220,644	215,108	215,196	216,507	208,862	221,372	204,731	206,791	211,026	218,633
	7211	215,176	209,631	209,729	211,034	203,390	215,904	199,267	201,322	205,562	213,161
<b>Секції</b>	1	9,28	10,39	6,00	6,88	8,20	11,59	11,12	4,85	10,59	10,92
	2	9,22	7,91	5,76	10,73	11,87	7,11	5,64	9,63	7,84	2,23
	3	2,45	7,25	4,39	3,42	5,48	7,05	3,25	11,27	4,19	9,62
	4	5,67	8,91	9,24	2,19	4,93	2,96	6,11	5,74	10,23	10,60
	5	8,75	8,74	4,79	7,97	2,68	6,15	6,23	9,11	2,77	3,61
	6	10,26	5,27	5,67	8,87	5,33	4,56	4,88	11,63	9,01	6,25
	7	3,91	4,72	4,47	10,39	4,11	9,75	4,22	10,68	11,10	4,96
	8	3,09	2,01	7,47	8,09	5,36	9,17	2,30	9,14	2,55	3,55

Позн.	Варіанти										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Схема 9</b>											
<b>Регери</b>	87	214,317	214,450	219,959	215,782	209,734	218,723	211,521	215,008	217,790	207,328
	90	232,263	232,397	237,911	233,737	227,696	236,683	229,480	232,966	235,746	225,287
<b>Секції</b>	1	6,52	3,41	4,03	4,73	5,05	5,93	9,42	3,14	9,39	9,42
	2	3,44	10,76	2,80	2,20	8,99	11,76	7,67	11,48	7,19	8,48
	3	11,63	5,11	3,65	8,48	8,60	5,89	3,13	10,27	6,14	7,07
	4	9,58	11,30	5,93	8,13	4,82	2,68	3,61	4,81	11,07	8,34
	5	7,08	4,05	7,37	7,70	9,57	4,84	11,83	11,07	3,96	2,38
	6	3,30	9,79	10,74	8,99	4,67	8,98	5,50	10,83	11,86	9,06
	7	7,14	3,14	9,39	9,57	9,21	11,08	3,73	5,97	5,35	11,66
	8	10,01	2,72	6,01	7,33	3,63	5,97	9,12	7,64	11,16	3,86
9	6,15	8,02	4,94	7,16	6,44	9,41	5,33	4,24	10,69	10,48	
<b>Схема 10</b>											
<b>Регери</b>	002	356,574	355,509	354,909	352,933	360,737	358,338	359,184	354,804	358,873	360,964
	1715	356,577	355,521	354,916	352,941	360,738	358,350	359,193	354,812	358,876	360,971
	Rp30	366,974	365,909	365,303	363,333	371,133	368,737	369,579	365,202	369,273	371,359
<b>Секції</b>	1	5,26	11,80	3,13	9,98	6,19	11,93	7,29	6,64	7,10	6,45
	2	7,70	4,57	10,66	11,34	11,35	3,85	4,87	2,39	10,92	6,65
	3	11,60	3,00	2,46	2,85	6,35	4,66	2,15	7,02	10,37	6,81
	4	10,74	3,04	2,97	3,97	2,83	8,13	3,53	4,62	6,88	6,66
	5	9,76	2,75	4,10	7,38	2,05	7,83	6,72	8,98	3,49	3,18
	6	6,34	7,41	10,63	7,89	3,35	4,87	3,66	9,59	6,17	10,76
	7	3,45	7,38	6,69	3,64	3,81	10,80	7,92	3,75	8,87	9,73
	8	8,38	3,92	9,16	11,14	6,24	11,07	4,59	11,52	3,34	7,41









*Вихідні дані для виконання зрівноваження мережі нівелірних ходів III класу в програмному комплексі CREDO*

Схема нівелірної мережі III класу

Вихідні висоти нівелірної мережі III класу, м

№ реп.	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>790</b>	223,860	211,881	209,445	217,993	212,665	206,142	220,391	210,722	206,555	201,393
<b>219</b>	231,190	219,209	216,770	225,325	219,997	213,479	227,723	218,053	213,888	208,726
<b>888</b>	230,492	218,518	216,077	224,631	219,302	212,786	227,031	217,360	213,196	208,040
<b>777</b>	215,999	204,029	201,590	210,140	204,806	198,297	212,539	202,867	198,710	193,548
<b>228</b>	241,526	229,549	227,108	235,666	230,330	223,814	238,065	228,392	224,226	219,069
<b>789</b>	246,131	234,155	231,713	240,263	234,931	228,415	242,666	232,988	228,828	223,671

Довжини секцій нівелірної мережі III класу, км

№ секцій	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1</b>	4,29	8,99	3,92	6,31	9,80	6,60	11,22	4,65	7,28	10,18
<b>2</b>	10,64	9,16	6,91	11,47	10,54	11,76	11,22	4,57	5,57	10,78
<b>3</b>	4,19	4,74	11,03	8,67	5,50	11,27	11,59	9,13	5,06	11,81
<b>4</b>	11,15	3,59	8,42	10,81	10,92	9,41	8,49	8,69	7,09	2,74
<b>5</b>	7,40	4,78	3,61	4,18	11,25	7,19	11,79	8,47	7,77	4,89
<b>6</b>	2,53	3,00	9,68	3,89	2,22	2,86	8,54	5,16	7,60	2,29
<b>7</b>	11,49	4,53	6,59	9,34	3,10	2,20	7,33	9,72	2,11	5,27
<b>8</b>	9,75	8,13	10,15	9,88	3,26	5,83	4,44	3,35	7,41	7,75
<b>9</b>	4,40	4,90	9,34	5,82	3,04	10,77	10,92	5,23	7,58	8,11
<b>10</b>	2,14	7,86	3,40	8,42	5,41	3,89	5,77	7,41	7,36	3,35
<b>11</b>	6,63	9,76	4,40	4,86	4,07	9,54	6,04	9,29	7,10	8,92
<b>12</b>	3,41	7,72	10,15	8,30	5,68	2,44	9,37	9,78	5,43	6,36
<b>13</b>	7,67	9,61	10,18	5,12	6,69	5,67	8,71	9,91	7,32	4,21

№ секцій	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	11,80	11,07	3,60	3,57	3,87	2,60	11,33	6,83	4,87	8,74
15	6,73	11,14	9,58	6,03	5,38	10,04	2,72	2,83	8,97	7,31
16	10,47	4,43	11,54	9,78	4,37	2,56	8,77	8,89	7,26	5,81
17	10,16	7,66	11,54	10,07	7,91	5,23	6,28	7,60	10,72	11,13
18	8,55	6,78	8,54	8,54	7,34	2,60	9,09	8,93	5,25	3,97
19	5,79	10,78	5,91	11,68	7,98	3,68	7,11	5,86	11,04	7,57
20	2,24	4,90	5,52	8,30	9,89	6,69	3,13	11,87	9,98	9,15
21	7,25	7,12	7,74	7,31	7,26	3,83	10,88	7,48	10,25	3,66
22	9,60	10,26	7,85	9,62	2,98	11,19	11,35	8,32	8,76	3,56
23	5,53	8,23	2,98	11,76	7,05	6,40	11,40	10,24	6,64	11,70
24	4,65	5,78	7,90	8,03	5,07	2,83	10,85	6,60	5,59	3,74
25	8,89	3,96	9,87	6,85	7,44	4,63	8,90	4,42	6,88	2,13
26	8,43	4,60	6,58	4,51	3,27	8,92	5,46	5,33	4,27	5,41
27	10,42	3,65	9,62	10,61	2,52	3,51	10,38	11,10	5,96	9,01
28	8,00	10,54	9,92	7,87	8,30	4,58	9,18	4,25	4,74	4,34
29	3,28	4,53	11,40	2,84	5,05	7,43	10,63	4,49	6,52	7,25
30	4,66	8,54	5,63	9,91	11,78	2,85	8,41	11,67	7,12	11,92
31	4,15	5,13	4,06	6,63	3,74	3,89	5,58	8,27	8,64	4,24
32	7,07	5,68	7,84	3,38	3,68	10,73	2,67	4,29	10,03	7,77
33	10,81	5,01	6,51	4,92	5,53	9,91	5,51	3,03	11,63	6,31
34	3,56	6,70	10,98	4,74	10,39	7,74	11,99	5,73	11,60	11,27
35	9,33	9,95	10,49	2,85	2,49	6,61	6,47	7,38	2,82	10,65
36	3,77	4,43	2,11	8,63	9,29	4,47	4,38	5,39	3,67	8,98