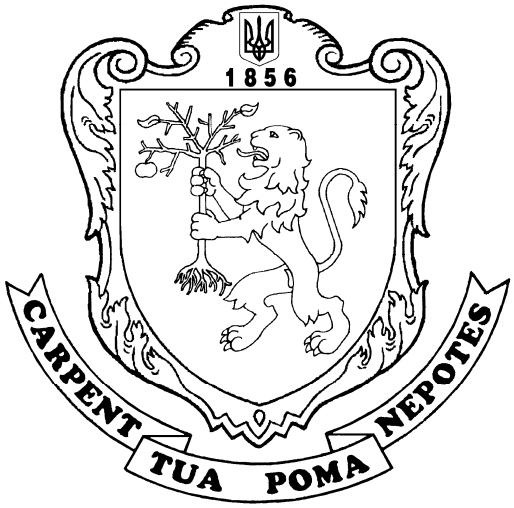
МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Землевпорядний факультет

Кафедра геодезії і геоінформатики

ГЕОДЕЗІЯ

Частина ІІ

ЗРІВНОВАЖЕННЯ НІВЕЛІРНОЇ МЕРЕЖІ МЕТОДОМ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ЗАМІНИ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання лабораторної роботи
для студентів ІІ курсу денної форми навчання
з напряму 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»

Львів 2010

Рекомендовано до друку
методичною радою Львівського
національного аграрного університету
Протокол № 9 від 15. 06. 2010 р.

Укладачі: к.т.н., доцент С. С. Перій, асистент І. Ф. Рій

Відповідальний за випуск: к.т.н., в.о. доцента Є. І. Смірнов

Рецензент: к.е.н., в.о. доцента Н. Є. Стойко

Редактор: Д. Б. Дончак

Коректор: Д. В. Митякинська

© Львівський національний аграрний університет, 2010

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Зрівноваження нівелірної мережі методом еквівалентної заміни

Мета роботи: зрівноважити вільну нівелірну мережу з чотирма вузловими точками.

Тривалість лабораторної роботи: 2 години.

Кількість балів: 8

Обладнання, матеріали необхідні для виконання лабораторної роботи: калькулятор, плакати, відомість зрівноваження нівелірної мережі методом еквівалентної заміни, вихідні дані.

Місце проведення лабораторної роботи: комп'ютерний клас, аудиторія №114 головного корпусу ЛНАУ.

Пояснювальний матеріал

Суть методу еквівалентної заміни полягає в тому, що систему ходів з декількома вузловими точками зводять до системи ходів з однією вузловою точкою. На основі принципу загальної арифметичної середини замінюють декілька ходів одним еквівалентним (рівносильним), який дає такий самий результат, що й замінювані дійсні ходи. Висота вузлової точки, до якої підходить еквівалентний хід, обчислюється як середнє вагове з висот цієї точки, одержаних із замінюваних ходів.

Еквівалентним ходом називають такий уявний хід, вага якого дорівнює сумі ваг існуючих ходів, які замінені еквівалентним.

Вагою виміру називають ступінь довіри до результату вимірювання.

Розглянемо нівелірну мережу, показану на рисунку. Мережа має 4 вузлові точки A, B, C, D. Висоти цих точок невідомі. Між вузловими точками прокладено 6 ходів. У ходах виміряні перевищення Σh_1, Σh_2, Σh_3, Σh_4, Σh_5, Σh_6.

Відоме число нівелірних станцій у відповідних ходах n_1, n_2, n_3, …, n_6. Це дає змогу обчислити ваги всіх ходів, тобто міру їх надійності. Приймемо за вагу ходу величину, обернену до кількості станцій у нівелірних ходах:

$$P_i = \frac{1}{n_i}. \qquad (1)$$

Розглянемо порядок зрівноваження перевищень, із використанням еквівалентних замін дійсних, існуючих ходів.

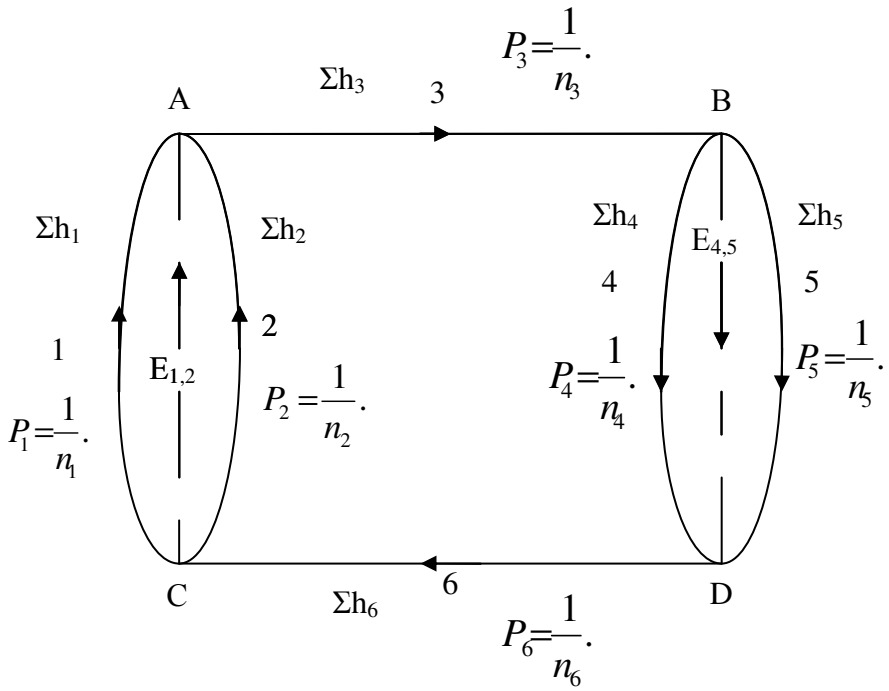


Рис. Зрівноваження перевищень нівелірної мережі методом еквівалентної заміни

1. Замінимо ходи 1 і 2 еквівалентним ходом E_{12} та ходи 4 і 5 еквівалентним E_{45} .

2. Обчислимо ваги еквівалентних ходів:

$$\left.\begin{aligned} P_{12}^{екв} &= P_1 + P_2 \\ P_{45}^{екв} &= P_4 + P_5 \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

3. Знайдемо число станцій еквівалентних (уявних) ходів, застосувавши залежність (1):

$$n_{ij}^{екв} = \frac{1}{P_{ij}^{екв}}. \qquad (3)$$

$$\left.\begin{aligned} n_{12}^{екв} &= \frac{1}{P_{12}^{екв}} \\ n_{45}^{екв} &= \frac{1}{P_{45}^{екв}} \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

4. Визначимо перевищення еквівалентних ходів, як середні вагові значення:

$$\sum h_{12}^{екв} = \frac{P_1 \sum h_1 + P_2 \sum h_2}{P_1 + P_2}; \tag{5}$$

$$\sum h_{45}^{екв} = \frac{P_4 \sum h_4 + P_5 \sum h_5}{P_4 + P_5}. \tag{6}$$

Після заміни ходів 1, 2 еквівалентним ходом E_{12} та ходів 4 і 5 еквівалентним E_{45} мережа перетворилася у зімкнений хід – полігон.

5. Знайдемо нев'язку полігона fh та кількість станцій полігона n_E:

$$fh = \sum h_{12}^{екв} + \sum h_3 + \sum h_{45}^{екв} + \sum h_6, \tag{7}$$

$$n_E = n_{12}^{екв} + n_3 + n_{45}^{екв} + n_6. \tag{8}$$

6. Визначимо нев'язки чотирьох ходів, що залишилися після заміни: еквівалентних E_{12}, E_{45} та існуючих – 3, 6:

$$\left.\begin{aligned} fh_{12}^{екв} &= \frac{fh}{n} n_{12}^{екв}; \quad fh_{45}^{екв} = \frac{fh}{n} n_{45}^{екв} \\ fh_3 &= \frac{fh}{n} n_3; \quad fh_6 = \frac{fh}{n} n_6. \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

7. Знаючи нев'язки ходів 3 і 6, знайдемо зрівноважені перевищення, як поодиноких ходів:

$$\left.\begin{aligned} \sum h_3^{зр} &= \sum h_3 - fh_3 \\ \sum h_6^{зр} &= \sum h_6 - fh_6 \end{aligned}\right\}. \tag{10}$$

8. Аналогічно знайдемо зрівноважені перевищення еквівалентних ходів:

$$\left.\begin{aligned}\sum h_{12}^{зр} &= \sum h_{12} - fh_{12}\\ \sum h_{45}^{зр} &= \sum h_{45} - fh_{45}\end{aligned}\right\}. \qquad (11)$$

9. Визначимо нев'язки ходів 1 і 2 та 4 і 5:

$$\left.\begin{aligned}fh_1 &= \sum h_1 - \sum h_{12}^{зр}\\ fh_2 &= \sum h_2 - \sum h_{12}^{зр}\end{aligned}\right\}, \qquad (12)$$

$$\left.\begin{aligned}fh_4 &= \sum h_4 - \sum h_{45}^{зр}\\ fh_5 &= \sum h_5 - \sum h_{45}^{зр}\end{aligned}\right\}. \qquad (13)$$

10. На рисунку не показано, але в кожному із шести ходів є репери. Тепер, коли дана мережа розділилась на шість незалежних ходів і відомі нев'язки цих ходів, то в подальшому зрівноважують перевищення між цими реперами, пропорційно вагам частин ходів між суміжними реперами. Ці ваги обернено пропорційні кількості станцій у секціях. Зрівноваження завершують оцінкою точності результатів. Похибку одиниці ваги знаходять за формулою

$$\mu = \sqrt{\frac{[Pf_{h_i}^2]}{z-k}}, \qquad (14)$$

де z – кількість усіх ходів; k – кількість вузлових точок.

Різниця $r = (z-k)$ дає кількість надлишкових ходів. У нашому випадку: $r = 6-4 = 2$. Мережа має два надлишкові ходи.

11. Обчислюють середню квадратичну помилку на 1 км ходу за формулою

$$m_{км} = \frac{\mu}{\sqrt{10}}. \qquad (15)$$

Послідовність виконання роботи

Вихідні дані виписують згідно зі своїм варіантом з додатка Д. Знаки перевищень відповідають напрямкам стрілок на схемі мережі (рис. 1, дод. Б). Обчислення виконують у спеціальній відомості (дод. В), оформлюють у зошиті для лабораторних робіт.

1. Викреслюють схему мережі (рис. 1, дод. Б) і виписують з дод. Д в табл. 1 вихідні дані: номери ходів, суми перевищень $\sum h_i$ у ходах і кількість станцій $\boldsymbol{n_i}$.

2. Переписують вихідні дані згідно з варіантом у колонки 1, 2 і 3 відомості (дод. В).

3. Обчислюють ваги ходів за формулою (2) у колонці 4 відомості.

4. Записують номери замінених і незамінених ходів E_1, 3, E_2, і 6 у колонці 5 відомості.

5. Обчислюють імовірні значення сум перевищень еквівалентних ходів за формулами (5) і (6). Значення $\sum h_3$ і $\sum h_6$ переписують з колонки 2 без змін у колонці 6 відомості.

Знаходять нев'язку полігона fh за формулою (7) і записують під колонкою.

6. Обчислюють кількість станцій в еквівалентних ходах за формулою (4) у колонці 7, а під колонкою обчислюють суму кількості станцій полігона – n_E:

7. Обчислюють нев'язки fh_E чотирьох ходів, що залишилися після заміни: еквівалентних E_{12}, E_{45} та існуючих – 3, 6 за формулою (9) у колонці 8.

8. Обчислюють $\sum h^{зр}$ зрівноважені суми перевищень еквівалентних ходів за формулою (11) та поодиноких ходів за формулою (10) в колонці 9, а під колонкою виконують контроль. $\left[\sum h^{зр}\right]=0$

9. Обчислюють нев'язки в суми перевищень дійсних ходів fh_i за формулами (12) та (13) у колонці 10.

10. Обчислюють ув'язані суми перевищень дійсних ходів у колонці 11

$$\sum h^{зр} = \sum h_i + f_{h_i} \ .$$

II. Оцінка точності

11. Обчислюють середню квадратичну помилку одиниці ваги за формулою (14).

12. Обчислюють квадрати нев'язки fh_i^2 (колонка 10) у колонці 12

$$fh_i^2 = fh_i \cdot fh_i$$

13. Обчислюють добутки $P_i fh_i^2$, а під колонкою – суму $\left[P_i fh_i^2\right]$ у колонці 13.

14. Обчислюють середню квадратичну помилку на 1 км ходу за формулою (15).

Оформлення і здача лабораторної роботи

Загальне оформлення роботи виконують згідно з дод. А, Б, В. Записи обчислень виконують кульковою ручкою. Числа в колонках записують скорописним письмом так, щоб цифри відповідних розрядів були розміщені в одному стовпчику. Оформлену роботу здають на перевірку викладачеві в кінці заняття.

Оцінювання результатів роботи

Лабораторну роботу студент захищає після перевірки якості обчислень. На оцінку виконаної роботи впливають: акуратність і вчасність її виконання. Під час захисту роботи студент повинен знати мету роботи, послідовність її виконання, а також відповідний теоретичний матеріал.

Питання для самоконтролю

1. Поняття еквівалентного нівелірного ходу.
2. Що таке вага ходу?
3. Як обчислити вагу ходу?
4. Як обчислити ув'язані суми перевищень еквівалентних ходів?
5. Який хід називається зімкнутим?
6. За якою формулою обчислюють середню квадратичну помилку одиниці ваги?

7. Як обчислити еквівалентні значення сум перевищень еквівалентних ходів?
8. Як обчислити нев'язки в суми перевищень дійсних ходів?

Бібліографічний список

1. Бугай П. Т. Теорія помилок і спосіб найменших квадратів. Ч. І. / П. Т. Бугай. – Львів : Вид-во ЛДУ, 1960. - С. 127-131.
2. Геодезичний енциклопедичний словник / за ред. В. Літинського. – Львів : Євросвіт, 2001. – 668 с.
3. Островський А. Л. Геодезія : [підручник]. Ч. 2 / А. Л. Островський, О. І. Мороз, В. Л. Тарнавський. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2007.
4. Селиханович В. Г. Геодезия. Ч. II / В. Г. Селиханович. – М. : Недра, 1981. – С. 117-122.
5. Селиханович В. Г. Задачник по геодезии. Ч. II / Селиханович В. Г., Логинова Г. П. – М. : Недра, 1970. – С. 59-65.
6. Чеботарев А. С. Геодезия. Ч. II / А. С. Чеботарев, В. Г. Селиханович, М. Н. Соколов. – М. : Геодезиздат, 1962. – С. 51-59.

Додаток А

Приклад оформлення

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Землевпорядний факультет

Кафедра геодезії і геоінформатики

ЗРІВНОВАЖЕННЯ НІВЕЛІРНОЇ МЕРЕЖІ МЕТОДОМ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ЗАМІНИ

Варіант № 1

Виконав: ст. гр. ЗВ – 21
Пилат І.П.

Викладач:

Дубляни 2010

Додаток Б
Приклад оформлення

ЗРІВНОВАЖЕННЯ НІВЕЛІРНОЇ МЕРЕЖІ МЕТОДОМ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ЗАМІНИ

Варіант № 1

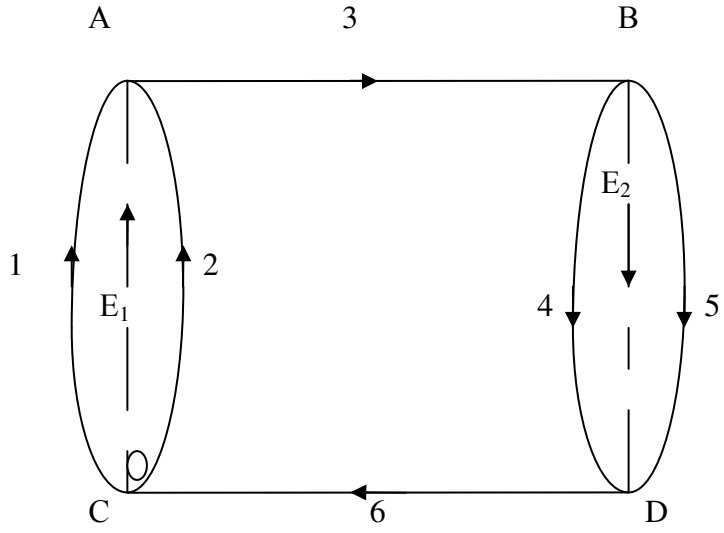


Рис. 1. Схема мережі

1, 2, 3, 4, 5, 6 – номери ходів;

A, B, C, D – вузлові точки

Таблиця 1

Вихідні дані

№ ходів	Суми перевищень $\sum h_i$,мм	Кількість станцій n_i
1	+3854	25
2	+3836	19
3	+2636	38
4	+2793	16
5	+2805	21
6	-9252	15

Оцінка

Викладач

Виконав студент групи ЗВ - 21

Пилат І.П.

Додаток В

Приклад оформлення

Відомість зрівноваження нівелірної мережі методом еквівалентної заміни

№ ходів	$\sum h_i$	n_i	P_i	№ ходів	$\sum h_{E_i}, мм$	n_E	fh_E	$\sum h_{екв}^{зр}, мм$	fh_i	$\sum h^{зр}$	fh_i^2	$P_i fh_i^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	+3854	25	4,0	E_1	+3844	11	-4	+3840	-14	+3840	196	748,0
2	+3836	19	5,3		-			-	+4	+3840	26	84,8
3	+2636	38	2,6	3	+2636	38	-14	+2622	-14	+2622	196	509,6
4	+2793	16	6,3	E_2	+2798	9	-3	+2795	+2	+2795	4	25,2
5	+2805	21	4,8		-			-	-10	+2795	100	480,0
6	-9252	15	6,7	6	-9252	15	-5	-9257	-5	-9257	25	167,5

$f_h =$ +0026мм 73 -26 мм 0 $\left[P_i fh_i^2\right] = 1883,6$ мм^2

$$\mu = \sqrt{\frac{\left[P_i fh_i^2\right]}{z-k}} = \sqrt{\frac{1883,6}{6-3}} = 25,0мм;$$

$$m_{км} = \frac{\mu}{\sqrt{10}} = \frac{25,0}{\sqrt{10}} = 7,9мм.$$

Оцінка *Виконав студент групи ЗВ - 21*

Викладач *Пилат І.П.*

Додаток Д

ВИХІДНІ ДАНІ

група ЗВ – 21

№ варіанта	№ ходу	Сума перевищень $\sum h_i$,мм	Кількість станцій n_i	№ варіанта	№ ходу	Сума перевищень $\sum h_i$,мм	Кількість станцій n_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	+ 7318	42	6	1	+ 7422	46
	2	+ 7336	29		2	+ 7438	33
	3	+ 1448	24		3	+ 2216	29
	4	- 3283	28		4	- 5315	37
	5	- 3284	21		5	- 5329	51
	6	- 5551	37		6	- 4316	52
2	1	- 8503	64	7	1	+ 5843	47
	2	- 8466	43		2	+ 5857	32
	3	+ 1482	33		3	- 1744	27
	4	+ 5943	38		4	- 4217	28
	5	+ 5944	46		5	- 4229	39
	6	+ 1059	45		6	+ 0103	23
3	1	+ 5445	47	8	1	- 6843	37
	2	+ 5430	34		2	- 6855	26
	3	+ 1267	28		3	+ 1848	19
	4	- 8927	44		4	+ 5384	23
	5	- 8916	59		5	+ 5399	44
	6	+ 2234	32		6	- 0394	21
4	1	- 4386	38	9	1	+ 8437	46
	2	- 4378	17		2	+ 8428	34
	3	+ 0916	24		3	+ 2203	27
	4	+ 7459	34		4	- 3673	40
	5	+ 7481	44		5	- 3687	57
	6	- 3984	21		6	- 6932	29
5	1	+ 6391	51	10	1	- 6922	47
	2	+ 6412	33		2	- 6935	36
	3	+ 2829	28		3	- 2461	27
	4	- 4839	36		4	+ 4358	33
	5	- 4822	48		5	+ 4867	51
	6	- 4383	25		6	+ 5033	31

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8
11	1	+ 9316	51	16	1	- 4884	46
	2	+ 9340	32		2	- 4375	26
	3	- 2413	27		3	+ 0914	33
	4	- 5376	35		4	+ 7457	43
	5	- 5367	48		5	+ 7480	53
	6	- 1559	25		6	- 3982	31
12	1	- 8493	54	17	1	- 8500	52
	2	- 8466	43		2	- 8463	30
	3	+ 1482	33		3	+ 1480	22
	4	+ 5933	38		4	+ 5940	26
	5	+ 5944	46		5	+ 5943	35
	6	+ 1059	35		6	+ 1057	33
13	1	+ 7318	42	18	1	+ 7316	48
	2	+ 7336	29		2	+ 7333	37
	3	+ 1448	24		3	+ 1485	32
	4	- 3283	28		4	- 3280	36
	5	- 3284	21		5	- 3284	31
	6	- 5551	37		6	+ 5548	46
14	1	+ 6438	58	19	1	+ 3242	51
	2	+ 6428	47		2	+ 3266	36
	3	- 1713	32		3	+ 1623	31
	4	- 3828	50		4	- 4619	32
	5	- 3847	63		5	- 4605	41
	6	- 0895	40		6	- 0271	27
15	1	+ 1492	87	20	1	+ 6403	51
	2	+ 1508	48		2	+ 6418	36
	3	+ 14863	52		3	+ 2211	37
	4	- 7282	54		4	- 4301	42
	5	- 7296	72		5	- 4310	53
	6	- 9085	85		6	- 4316	58

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8
21	1	+ 6471	67	26	1	+ 8493	64
	2	+ 6442	46		2	+ 8466	43
	3	- 1481	37		3	- 1482	33
	4	- 3930	42		4	- 5943	38
	5	- 3933	51		5	- 5944	46
	6	- 1056	49		6	- 1059	45
22	1	- 8531	62	27	1	- 5872	50
	2	- 8516	53		2	- 5860	31
	3	+ 1212	37		3	+ 1366	26
	4	+ 5716	51		4	+ 4782	29
	5	+ 5736	66		5	+ 4797	48
	6	+ 1611	45		6	- 0278	31
23	1	- 6865	51	28	1	- 3542	53
	2	- 6856	38		2	- 3554	35
	3	+ 1343	43		3	+ 2950	39
	4	+ 5781	40		4	+ 2968	61
	5	+ 5773	63		5	+ 1725	37
	6	- 0269	48		6	- 1130	41
24	1	+ 5746	57	29	1	+ 4752	52
	2	+ 5756	29		2	+ 4741	31
	3	- 2264	32		3	- 2456	27
	4	- 6657	43		4	- 3972	30
	5	- 6634	45		5	- 3959	46
	6	+ 3175	39		6	+ 1685	33
25	1	- 8643	57	30	1	+ 4980	80
	2	- 8628	47		2	+ 4998	52
	3	+ 1213	32		3	+ 2872	31
	4	+ 5814	48		4	- 5902	72
	5	+ 5841	63		5	- 5919	23
	6	+ 1612	41		6	- 1936	63

група ЗВ – 22

№ варіанта	№ ходу	Сума перевищень $\sum h_i$,мм	Кількість станцій n_i	№ варіанта	№ ходу	Сума перевищень $\sum h_i$,мм	Кількість станцій n_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	+ 5846	53	6	1	+ 6401	61
	2	+ 5855	32		2	+ 6412	33
	3	- 2364	29		3	+ 2819	28
	4	- 6757	33		4	- 4849	36
	5	- 6734	47		5	- 4822	48
	6	+ 3275	34		6	- 4383	35
2	1	- 6932	57	7	1	+ 6396	56
	2	- 6935	36		2	+ 6412	33
	3	- 2461	27		3	+ 2819	28
	4	+ 4368	33		4	- 4844	36
	5	+ 4367	51		5	- 4822	48
	6	+ 5033	41		6	- 4383	30
3	1	+ 5455	57	8	1	+ 4564	74
	2	+ 5430	34		2	+ 4545	35
	3	+ 1267	28		3	- 1021	48
	4	- 8926	44		4	+ 3415	44
	5	- 8927	59		5	+ 3429	62
	6	+ 2234	42		6	- 6962	89
4	1	+ 6279	34	9	1	+ 5447	55
	2	+ 6266	21		2	+ 5430	46
	3	+ 2738	17		3	+ 1269	28
	4	- 3218	26		4	- 8921	43
	5	- 3209	41		5	- 8927	52
	6	- 5789	22		6	+ 2234	31
5	1	+ 8493	64	10	1	+ 6423	48
	2	+ 8466	43		2	+ 6428	47
	3	- 1482	33		3	- 1713	32
	4	- 5943	38		4	- 3818	50
	5	- 5944	46		5	- 3847	63
	6	- 1059	15		6	- 0895	30

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8
11	1	+ 2515	44	16	1	+ 6448	68
	2	+ 2496	59		2	+ 6428	47
	3	+ 2720	64		3	- 1713	32
	4	+ 0454	19		4	- 3838	50
	5	+ 0437	22		5	- 3847	63
	6	- 5680	89		6	- 0895	50
12	1	- 6922	62	17	1	+ 7427	51
	2	- 6945	46		2	+ 7438	33
	3	- 2461	37		3	+ 2216	29
	4	+ 4358	43		4	- 5320	37
	5	+ 4377	61		5	- 5329	51
	6	+ 5030	51		6	- 4316	37
13	1	- 5432	44	18	1	- 9845	45
	2	- 5443	35		2	- 9868	28
	3	+ 2434	30		3	+ 2245	24
	4	+ 4342	31		4	+ 5214	28
	5	+ 4354	53		5	+ 5220	41
	6	- 1340	19		6	+ 2415	23
14	1	+ 8493	64	19	1	- 4920	35
	2	+ 8466	43		2	- 4925	25
	3	- 1482	33		3	+ 2473	20
	4	- 5943	38		4	+ 4568	40
	5	- 5944	46		5	+ 4560	50
	6	- 1059	45		6	- 2120	45
15	1	- 7438	46	20	1	+ 8653	38
	2	- 7458	34		2	+ 8632	17
	3	- 1215	28		3	+ 1374	24
	4	+ 5361	40		4	- 4216	34
	5	+ 5348	67		5	- 4227	44
	6	+ 3324	31		6	- 5813	21

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8
21	1	- 9438	46	26	1	- 7842	52
	2	- 9458	34		2	- 7850	34
	3	- 3215	28		3	+ 2261	44
	4	+ 7361	40		4	+ 6652	49
	5	+ 7348	57		5	+ 6641	68
	6	+ 5324	31		6	- 1074	18
22	1	+ 6447	55	27	1	- 6833	23
	2	+ 6430	46		2	- 6855	26
	3	+ 2269	28		3	+ 1848	19
	4	- 9921	43		4	+ 5374	23
	5	- 9927	52		5	+ 5399	44
	6	+ 1234	31		6	- 0394	11
23	1	+ 6433	53	28	1	+ 1513	18
	2	+ 6428	47		2	+ 1525	29
	3	- 1713	32		3	+ 1796	28
	4	- 3823	50		4	- 1656	25
	5	- 3847	63		5	- 1671	37
	6	- 0895	35		6	- 1656	31
24	1	+ 4728	48	29	1	+ 5497	62
	2	+ 4740	37		2	+ 5485	37
	3	- 1301	29		3	+ 1876	47
	4	- 8893	35		4	- 7952	42
	5	- 8915	43		5	- 7940	71
	6	+ 5468	26		6	+ 0590	29
25	1	- 9491	30	30	1	+ 1412	35
	2	- 9472	49		2	+ 1424	39
	3	+ 1962	28		3	+ 1696	24
	4	+ 5446	36		4	- 1554	32
	5	+ 5432	52		5	- 1568	29
	6	+ 2108	43		6	- 1544	18

група ЗВ – 23

№ варіанта	№ ходу	Сума перевищень $\sum h_i$,мм	Кількість станцій n_i	№ варіанта	№ ходу	Сума перевищень $\sum h_i$,мм	Кількість станцій n_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	+ 5849	53	6	1	+ 1513	18
	2	+ 5857	32		2	+ 1525	29
	3	- 2361	29		3	+ 1796	28
	4	- 6754	33		4	- 1656	25
	5	- 6731	47		5	- 1671	37
	6	+ 3278	34		6	- 1656	31
2	1	- 5841	46	7	1	- 6475	50
	2	- 5847	64		2	- 6464	43
	3	+ 1578	43		3	+ 0961	27
	4	+ 6005	41		4	+ 4438	38
	5	+ 6001	62		5	+ 4427	52
	6	- 1722	42		6	+ 1085	40
3	1	- 6857	49	8	1	- 9479	54
	2	- 6852	27		2	- 9460	31
	3	+ 1339	50		3	+ 1952	26
	4	+ 5770	36		4	+ 5439	32
	5	+ 5760	60		5	+ 5420	59
	6	+ 0830	41		6	+ 2094	41
4	1	+ 2861	28	9	1	+ 2503	23
	2	+ 2847	35		2	+ 2521	32
	3	+ 3819	49		3	+ 2943	19
	4	- 2772	39		4	- 3566	36
	5	- 2780	31		5	- 3576	52
	6	- 3905	54		6	- 1889	35
5	1	- 9476	49	10	1	- 6850	31
	2	- 9455	37		2	- 6847	49
	3	+ 1943	29		3	+ 1234	26
	4	+ 5427	33		4	+ 4196	30
	5	+ 5420	48		5	+ 4211	39
	6	+ 2081	37		6	+ 1414	19

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8
11	1	- 5870	50	16	1	- 5447	55
	2	+ 5865	81		2	- 5428	46
	3	+ 1355	26		3	+ 1267	28
	4	+ 4785	29		4	+ 8937	43
	5	+ 4776	45		5	+ 8927	52
	6	- 0275	31		6	- 4771	31
12	1	+ 2516	54	17	1	- 6867	51
	2	+ 2523	34		2	- 6854	38
	3	+ 2957	47		3	+ 1345	43
	4	- 3569	39		4	+ 5783	40
	5	- 3579	48		5	+ 5775	63
	6	- 1896	57		6	- 0267	48
13	1	+ 4830	43	18	1	- 5840	43
	2	+ 4841	27		2	- 5855	28
	3	- 1350	31		3	+ 1840	21
	4	- 5747	34		4	+ 5390	25
	5	- 5740	48		5	+ 5379	39
	6	+ 2267	34		6	- 1360	27
14	1	- 9836	35	19	1	- 7493	54
	2	- 9867	28		2	- 7466	43
	3	+ 2243	24		3	- 0482	33
	4	+ 5206	27		4	+ 4933	38
	5	+ 5218	41		5	+ 4944	35
	6	+ 2413	13		6	+ 2059	35
15	1	+ 5830	61	20	1	- 5912	43
	2	+ 5831	43		2	- 5918	32
	3	- 2364	31		3	+ 1236	24
	4	- 6759	32		4	+ 7501	35
	5	- 6736	63		5	+ 7483	47
	6	+ 3266	39		6	- 2828	22

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8
21	1	+ 6420	24	26	1	+ 3878	49
	2	+ 6431	33		2	+ 3872	38
	3	+ 2222	41		3	- 1425	61
	4	- 5316	26		4	- 7965	40
	5	- 5331	37		5	- 7953	57
	6	- 3302	52		6	+ 5504	64
22	1	+ 8487	50	27	1	+ 8490	60
	2	+ 8466	47		2	+ 8464	43
	3	- 1492	33		3	- 1480	32
	4	- 5927	38		4	- 5940	38
	5	- 5944	46		5	- 5942	46
	6	- 1059	27		6	- 1056	53
23	1	+1614	31	28	1	- 3542	53
	2	+1627	37		2	- 3554	35
	3	+1896	25		3	+ 2950	39
	4	-1756	28		4	+ 2968	61
	5	-1771	29		5	+ 1725	37
	6	-1756	18		6	- 1130	41
24	1	+1526	47	29	1	+2616	22
	2	+1541	54		2	+2596	19
	3	+7764	75		3	+2822	89
	4	-4623	75		4	+0554	44
	5	-4661	54		5	+0538	59
	6	-4648	28		6	-5982	64
25	1	+ 6391	52	30	1	+3749	45
	2	+ 6412	34		2	+3736	20
	3	+ 2819	29		3	-1336	63
	4	- 4839	37		4	-6544	32
	5	- 4822	49		5	-6531	58
	6	- 4383	26		6	+4127	46

група ЗВ – 24

№ варіанта	№ ходу	Сума перевищень $\sum h_i$,мм	Кількість станцій n_i	№ варіанта	№ ходу	Сума перевищень $\sum h_i$,мм	Кількість станцій n_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	-9835	35	6	1	-5843	46
	2	-9868	18		2	-5849	64
	3	+2245	24		3	+1579	43
	4	+5204	28		4	+6008	41
	5	+5220	46		5	+6001	62
	6	+2415	13		6	-1723	42
2	1	+5838	68	7	1	-9477	49
	2	+5827	41		2	-9459	31
	3	-2367	31		3	+1946	29
	4	-6752	36		4	+5429	33
	5	-6739	64		5	+5417	59
	6	+3267	39		6	+2085	37
3	1	+2504	21	8	1	+1511	18
	2	+2522	39		2	+1524	29
	3	+2943	19		3	+1798	30
	4	-3566	36		4	-1655	24
	5	-3575	51		5	-1669	39
	6	-1889	34		6	-1645	35
4	1	-6852	31	9	1	-6476	59
	2	-6845	49		2	-6467	43
	3	+1237	26		3	+0954	27
	4	+4198	30		4	+4439	38
	5	+4238	59		5	+4428	58
	6	+1411	19		6	+1089	40
5	1	-9830	36	10	1	-9490	30
	2	-9845	52		2	-9471	49
	3	+2230	30		3	+1960	28
	4	+5219	23		4	+5445	36
	5	+5210	42		5	+5432	52
	6	+2417	19		6	+2107	43

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8
11	1	-6859	49	16	1	+2414	39
	2	-6848	27		2	+2422	34
	3	+1836	50		3	+2858	57
	4	+5773	36		4	-3468	48
	5	+5766	60		5	-3479	54
	6	-0261	41		6	-1796	47
12	1	+2865	20	17	1	+2564	58
	2	+2849	39		2	+2552	32
	3	+3821	49		3	+3522	54
	4	-2754	59		4	-2454	22
	5	-2782	31		5	-2478	38
	6	-3906	54		6	-3606	49
13	1	+2513	54	18	1	+3578	40
	2	+2526	33		2	+3572	57
	3	+2948	19		3	-1126	64
	4	-3565	36		4	-7668	49
	5	-3578	48		5	-7652	38
	6	-1892	57		6	+5204	61
14	1	+4831	43	19	1	+2304	36
	2	+4842	27		2	+2322	52
	3	-1352	31		3	+2742	35
	4	-5748	34		4	-3366	23
	5	-5732	48		5	-3378	32
	6	+2268	34		6	-1688	19
15	1	+3747	45	20	1	+2114	36
	2	+3738	28		2	+2126	48
	3	-1325	63		3	+2548	57
	4	-6545	32		4	-3166	54
	5	-6530	58		5	-3178	33
	6	+4127	46		6	-1492	21

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8
21	1	+3348	32	26	1	-7842	52
	2	+3338	58		2	-7850	34
	3	-0926	46		3	+2261	44
	4	-6146	45		4	+6652	49
	5	-6130	28		5	+6641	68
	6	+3728	63		6	-1074	18
22	1	+2204	36	27	1	-5872	50
	2	+2222	51		2	-5860	31
	3	+2642	34		3	+1366	26
	4	-3266	21		4	+4782	29
	5	-3276	39		5	+4797	48
	6	-1588	19		6	-0278	31
23	1	+3142	32	28	1	-3542	53
	2	+3166	41		2	-3554	35
	3	+1524	27		3	+2950	39
	4	-4518	51		4	+2968	61
	5	-4506	36		5	+1725	37
	6	-0172	31		6	-1130	41
24	1	+3482	42	29	1	-7842	52
	2	+3472	57		2	-7850	34
	3	-1026	66		3	+2261	44
	4	-7566	49		4	+6652	49
	5	-7552	38		5	+6641	68
	6	+5104	32		6	-1074	18
25	1	+4727	46	30	1	+5497	62
	2	+4734	38		2	+5485	37
	3	-2251	65		3	+1876	47
	4	-5417	42		4	-7952	42
	5	-5432	56		5	-7940	71
	6	+2943	67		6	+0590	29