

УДК 711.116

Рекуха Я.В.,
yarik.rekuxa@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7469-3909,
к.т.н., доцент Приймаченко О.В.,
Priymachenko_a@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5125-8472,
Київський національний університет будівництва і архітектури

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДРАХУНКУ ОБ'ЄМІВ ЗЕМЛЯНИХ МАС В ПРОЕКТУВАННІ

Розглядаються існуючі методи розрахунку об'ємів земляних мас в проектуванні, а також проводиться їх порівняння за точністю при використанні на рельєфах будь якої складності.

Ключові слова: картограма, земляні маси, баланс земляних мас, земляні роботи.

Обсяг переміщуваних мас ґрунту є одним з основних показників, що визначають переваги плану організації рельєфу при варіантному проектуванні.

В зв'язку з процесами швидкого освоєння території виникає потреба у організації рельєфу, яка зазвичай пов'язана з переміщенням значних мас землі. На виконання земляних робіт відволікається до 80% будівельних машин (бульдозерів, скреперів, екскаваторів), що веде до значного збільшення вартості підготовчих робіт [2].

Обсяг земляних робіт підраховують для визначення їх вартості, вибору методів і засобів виробництва робіт, а також встановлення кількості потрібного для планувальних робіт ґрунту або ж його надлишків [4].

Результати підрахунків обсягу земляних робіт служать матеріалом для економічної оцінки варіантів рішень, запропонованих у планом організації рельєфу. Обсяг земляних робіт також зумовлює вибір способу організації робіт з вертикального планування і їх черговість. Складання балансу земляних мас дозволяє на початковому етапі проектування прогнозувати кількість та вартість земляних робіт, а також обрати шляхи для їх оптимізації.

Для оптимізації та попереднього визначення вартості робіт з вертикального планування території, на основі інженерно-геодезичних вишукувань та прийнятих проектних рішень, розробляють картограму земляних мас (План земляних мас) (рис.5, рис.9). Найбільш економічно вигідним є варіант з «нульовим» балансом, коли сумарні об'єми виїмки рівні сумарним об'ємам насипу [3].

Існує три способи підрахунку об'ємів земляних робіт при вертикальному плануванні території:

- поперечних профілів (метод трапецій);
- квадратних призм (метод квадратів);
- трикутних призм (метод трикутників).

Всіма цими способами підрахунку об'ємів земляних робіт визначають геометричний об'єм земляного масиву для природно залягаючого ґрунту з врахуванням його пористості (наявність порожнин між частками ґрунту) [2].

За діючими нормативними вимогами [1] при розробці робочої документації по генеральним планам при розробці картограми земляних робіт при організації рельєфу територій рекомендовано використовувати метод квадратів та метод трапецій – для лінійних об'єктів.

Метод трапецій використовується, в основному, для розрахунку балансу земляних мас при проектуванні вулиць, доріг, каналів, канав та інших лінійних споруд.

При розробці плану земляних мас методом трапецій, тобто повздовжніх і поперечних профілів об'єм земляних робіт визначають як суму об'ємів робіт (окремо для виїмок і окремо для насипів) на ділянках між сусідніми поперечними профілями. Ступінь точності підрахунків залежить від частоти розміщення поперечних профілів [5].

Формула розрахунку об'ємів земляних мас методом трапецій [2] (Рис.1):

$$V_{mp} = L \left(\frac{F_1 + F_2}{2} \right),$$

де L – відстань між двома суміжними перерізами (поперечними профілями), м;

F_1 та F_2 – площа профільних розрізів, м².

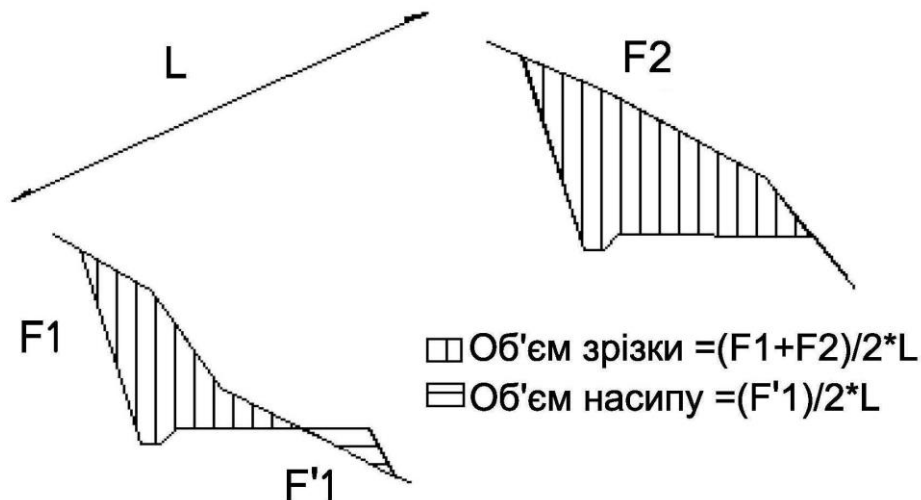


Рис.1. Графічне представлення розрахунку ділянки профілю методом трапецій.

При визначенні об'ємів земляних робіт по профілям на нелінійних ділянках (при великих розмірах територій, що плануються) підрахунок ведуть в двох взаємо перпендикулярних напрямках і беруть середнє значення цих підрахунків (Рис.2).

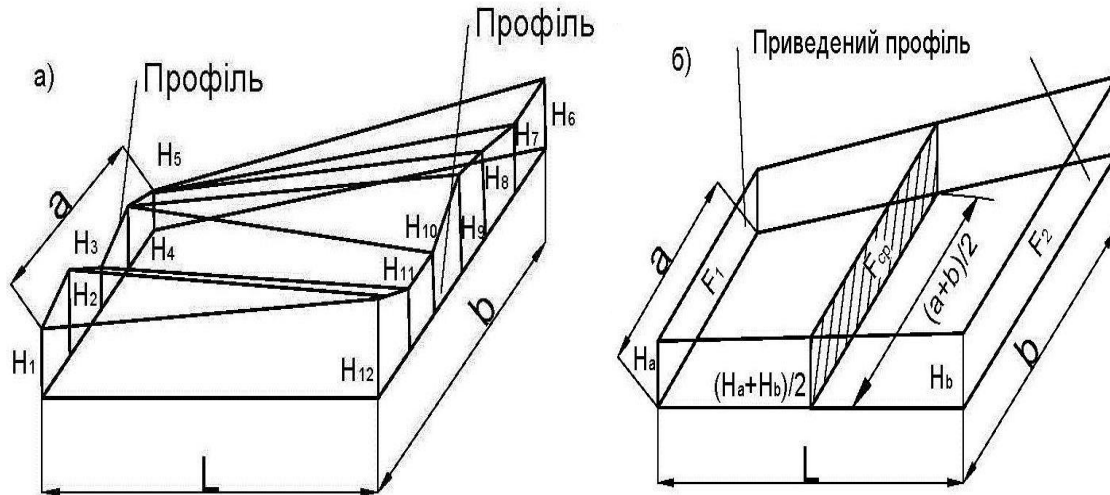


Рис.2. Типова схема призматоїду при підрахунку об'ємів земляних робіт методом поперечних профілів (трапецій) [2]: а) по відміткам картограми; б) по приведеним середньоарифметичним значенням робочих відміток.

Метод квадратів. Цей метод широко використовується через його простоту та середню величину похибки. Для побудови картограми земляних робіт на плані з контурами забудови розбивають сітку квадратів зі стороною 10; 20; 40; 50м. (в залежності від масштабу розробки креслення, бажаної точності та характеристик рельєфу) [1]. Загальноприйнята формула для розрахунку об'ємів способом квадратів:

$$V_{кв} = \frac{a^2}{4} (H_1 + H_2 + H_3 + H_4),$$

де a – сторона квадрату, м;

$H_{1,2,3,4}$ – різниці відміток в кутах квадрату, м.

Метод квадратів не дає похибок тільки у випадку, коли призматоїд утворений двома рівними площинами. Для перевірки степені викривлення рельєфу використовують формулу:

$$d = (H_1 + H_3) - (H_2 + H_4),$$

При $d=0$ площина проходить через усі вершини квадрата, тому похибка рівна нулю (Рис.3).

При $d>0$ або $d<0$ одна з діагоналей є ребром двогранної поверхні, тому похибка присутня (Рис.4).

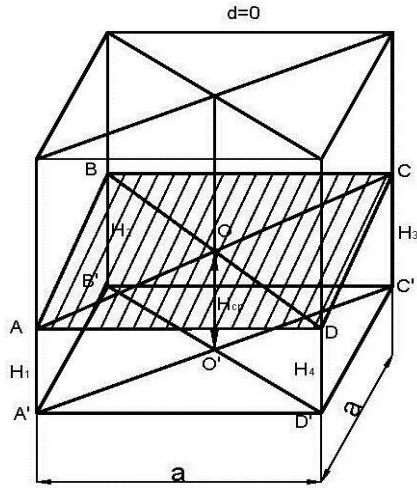


Рис. 3. Вид призматоїду, коли метод квадратів не дає похибки.

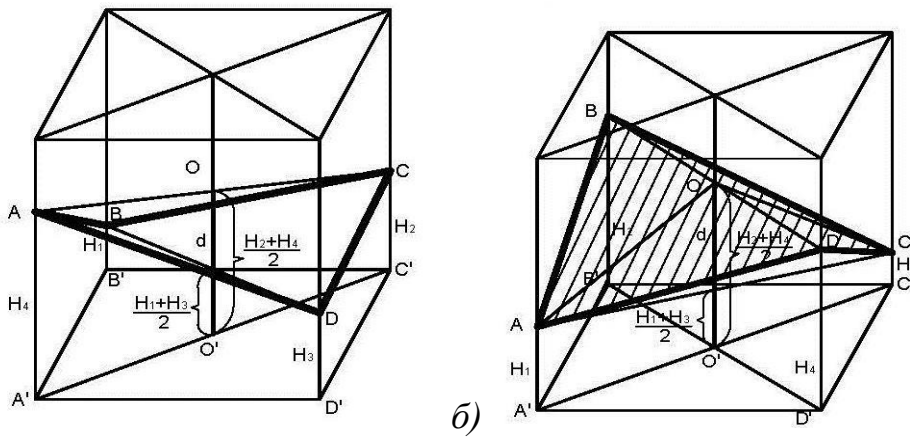


Рис. 4. Типові форми призматоїду, коли метод квадратів дає неминучі похибки [6]:
а) при увігнутому рельєфі; б) при випуклому рельєфі.

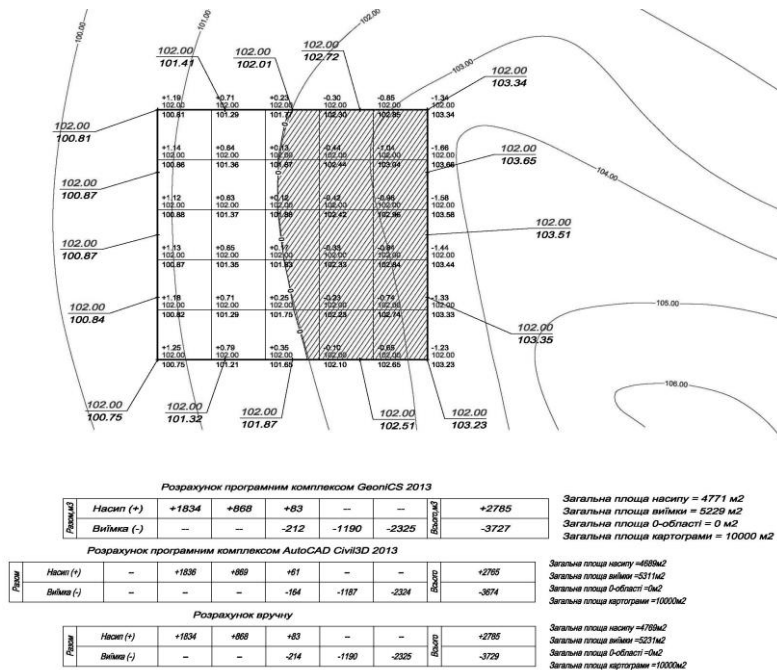


Рис.5. Картограма земляних мас виконана методом квадратів різними програмними комплексами.

Перехід від методу квадратів до методу трикутників.

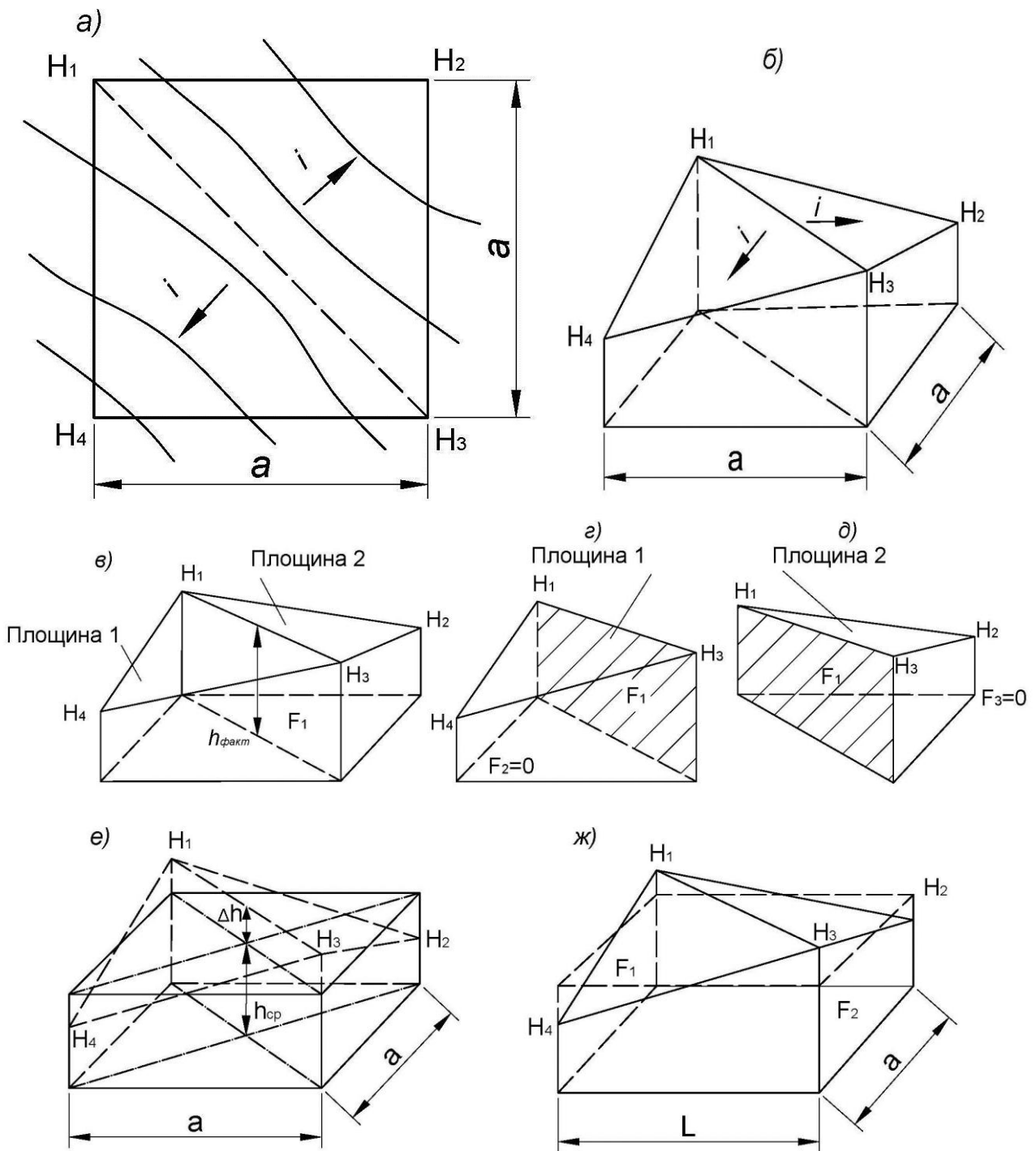


Рис. 6. Геометрична інтерпретація об'ємного контуру на квадраті картограми:
 а) план квадрату; б) аксонометрична проекція;
 в,г,д) елементи контуру при підрахунку методом трикутників;
 е,ж) те ж саме за методом квадратів.

Метод трикутників. Це удосконалений метод квадратів. В методі трикутників кожен квадрат ділиться діагоналлю для відображення рельєфу (Рис.7).

Метод трикутників дозволяє проводити розрахунок об'ємів земляних мас, для ділянок з ухилами в різних напрямках, з найбільшою, серед представлених методів, точністю. За правилом В.В. Чихачова квадрат ділиться на два об'ємних контури площиною, проведеною по діагоналі, паралельній напрямку горизонталей.

Формула для розрахунку об'ємів методом трикутників:

$$V_{mp}^{кв} = \frac{a^2}{6} ((H_1 + H_3) + 2(H_2 + H_4))$$

Метод трикутників зручний для розрахунку балансу земляних мас в повних квадратах. Однак, ручний розрахунок значно ускладнюється для перехідних квадратів за рахунок збільшення кількості розрахункових фігур в одному квадраті (Рис.8).

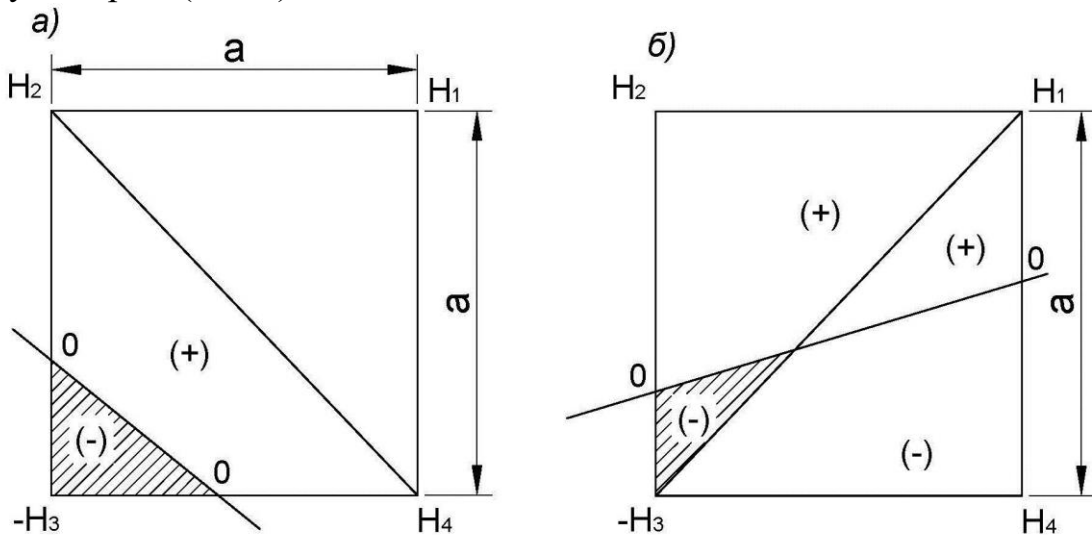


Рис.7. Перехідний квадрат при методі трикутників:
а) нульова лінія утворює один перехідний трикутник;
б) нульова лінія утворює два перехідні трикутники.

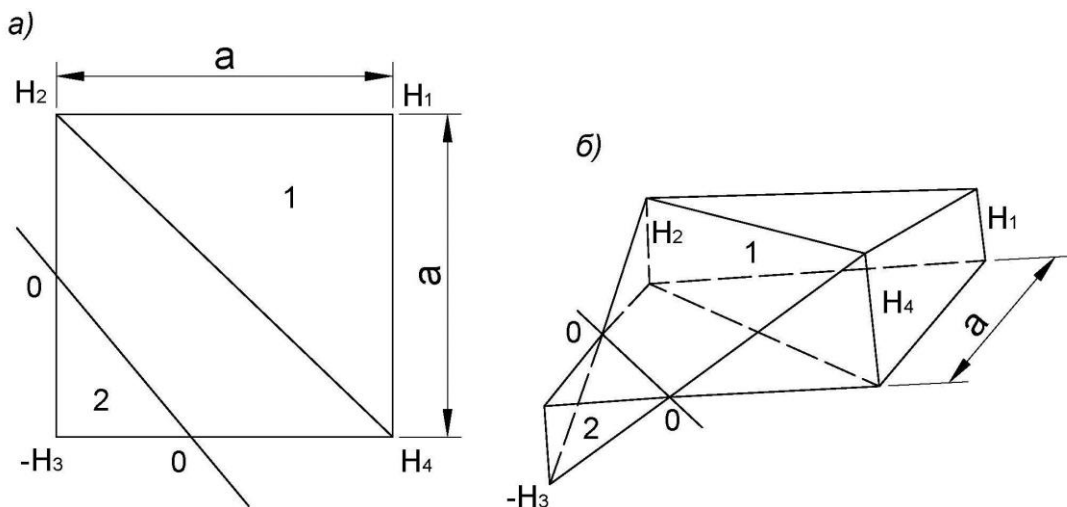


Рис.8. Перехідний квадрат при методі трикутників:
а) план; б) аксонометрична проекція.

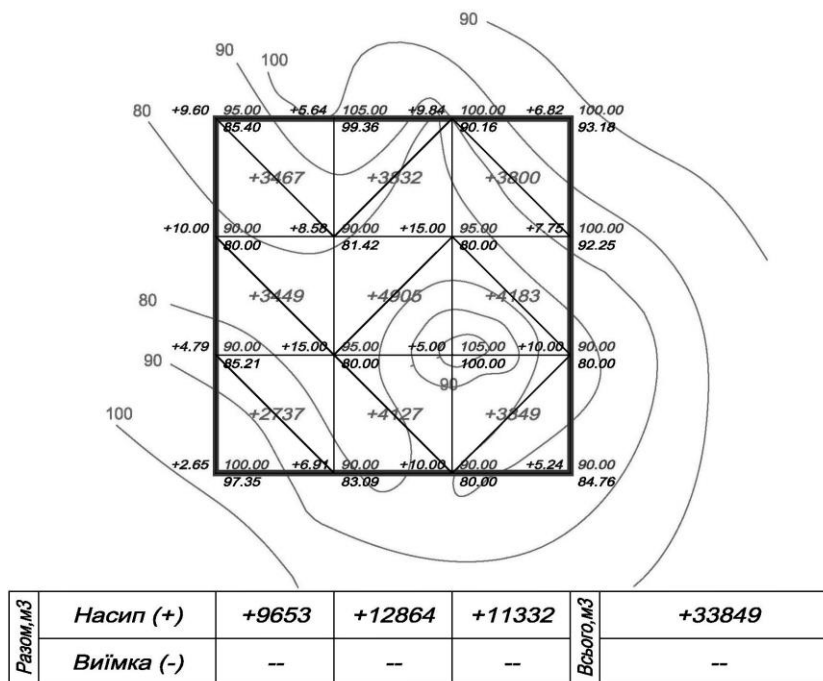


Рис.9. Картограма земляних мас, виконана методом трикутників.

Висновок

Питання розрахунку балансу земляних мас в інженерній підготовці території має істотне значення, оскільки території, повністю придатні для цілей містобудування за своїми природними умовами і одночасно достатні за розмірами, практично відсутні. І тому правильна методологія розрахунку балансу земляних мас дозволить оптимізувати виробничі процеси, та знизити витрати на земляні роботи для будівництва в цілому. Проблема, яка сформувалася, потребує розробки наукових основ і науково обґрунтованих комплексних принципів та методів розрахунку балансу земляних мас.

Перелік використаної літератури

1. ДСТУ Б А.2.4-6:2009 Правила виконання робочої документації генеральних планів; код УКНД 01.100.30, 91.010.30; Мінрегіонбуд України, 2009. –37 с.
2. Мулін В.І. Расчет основных технико-экономических параметров вертикальной планировки территорий. - М.: Стройиздат,1974.–145 с.
3. Леонтович В.В. Вертикальная планировка городских территорий. Пособие для вузов – М.: «Высшая школа»,1985. – 120 с.
4. Евтушенко М.Г. Инженерная подготовка территорий населенных мест. М.: Стройиздат -1982.– 201 с.
5. Ніщук В.С. Справочник по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий. –К.: «Будівельник»,1983.– 192 с.

6. Бакутис В.Э. Бутягин В.А. Лунц Л.Б. Инженерное благоустройство городских территорий. М.: Стройиздат, 1971.– 225 с.

Рекуха Я.В., к.т.н., доцент Приймаченко О.В.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДСЧЕТА ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС В ПРОЕКТИРОВАНИИ

Рассматриваются существующие методы расчета объемов земляных масс в проектировании, а также проводится их сравнение по точности при использовании на рельефах любой сложности.

Ключевые слова: картограмма, земляные массы, баланс земляных масс, земляные работы.

Rekukha Y.V., Ph.D., associate hrofessor Priymachenko A.V.,
Kyiv National University of Construction and Architecture

ANALYSIS OF METHODS OF COUNT OF VOLUMES OF THE EARTH MASS IN PLANNING

The authors examines the existing methods for calculating the volumes of earth masses in the design, and also compares them with accuracy when used on reliefs of varying complexity.

Keywords: cartogram, earth masses, balance of earth masses, earthworks.