

рення колекції ентеровірусів, її належне зберігання, що є запорукою для розвитку молекулярної епідеміології ентеровірусних інфекцій, прогнозування перебігу їх епідемічного процесу та розробки адекватних протиепідемічних та профілактичних заходів.

Список літератури

1. К.М. Сняк «Епідеміологія вірусних інфекцій», С. 80-94.
2. В.С.Джавець, Л.Мельнік, Є.А. Ейдельберг «Руководство по медицинской микробиологии». - Том 3. - С. 162–183.
3. Наказ МОЗ України від 18.02.2008р. №86 «Про затвердження методичних вказівок «Вірусологічний моніторинг у системі епідеміологічного нагляду за ентеровірусними інфекціями та шляхи його удосконалення».
1. К.М. Сняк «Епідеміологія вірусних інфекцій», стор. 80-94
2. В.С.Джавець, Л.Мельнік, Є.А. Ейдельберг «Руководство по медицинской микробиологии», том 3, стор. 162 – 183.
3. Наказ МОЗ України від 18.02.2008р. №86 «Про затвердження методичних вказівок «Вірусологічний моніторинг у системі епідеміологічного нагляду за ентеровірусними інфекціями та шляхи його удосконалення».
4. Задорожна В.І. «Сучасний нагляд на ентеровіруси та фактори їх передачі» / журнал «Довкілля та здоров'я» - 2012, №2, стор.49-54
5. В.І.Задорожна, В.І.Бондаренко, С.І.Дран «Роль ентеровірусної інфекції в розвитку патології людини» /Журнал Академії медичних наук України, 2006 -11, №3, стор. 511-514).
6. В.А.Сергеев «Вірусні вакцини» (Київ, журнал «Урожай», 1993р., стор.315-316).
7. Доан С.І. «Ентеровірусні інфекції» (Київ, ДІА, 2010, стор.9-10).
8. С.Г.Юрков «Каталог колекції клітинних культур» (м.Покров, ВНДІВВІМ, 2000, стор.59-60).
9. Воробьева А.А. «Атлас по медицинской микробиологии, эпидемиологии и иммунологии», (Москва, «Медицинское информационное агенство», 2003, стор.117-118.
10. А.В.Дьоміна, В.А.Герновой, Н.І.Шульгіна, С.В.Нетесов «Ентеровіруси. Лабораторна діагностика, лікування, імунопрофілактика, профілактичні заходи у вогнищі», частина 3, / Бюлетень СОРАМН – 2011, стор.111-114)..

Рукопис подано до редакції 19.04.17

УДК 622.271

І.І. МАКСИМОВ, канд. техн. наук, доц., Р.В. СЛОБОДЯНЮК, аспірант
Криворізький національний університет

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПУНКТУ У КАР'ЄРІ

Мета. Метою даної роботи є розробка методологічної основи для визначення точки Ферма-Торрічеллі для кількості екскаваторних вибоїв, що перевищує три, а також з урахуванням впливу на оптимальну точку звезення відмінностей у продуктивності екскаваторних вибоїв.

Методи дослідження. У статті наданий огляд сучасних досліджень, в яких для мінімізації логістичних процесів використовуються алгоритми з використання точки Ферма-Торрічеллі-Штейнера. У роботі використані методи математичної оптимізації. З огляду на математичну складність розв'язуваної задачі, координати оптимальної точки звезення раціонально визначати методом сіток або градієнтним методом.

Наукова новизна. Технологія гірничих робіт з використанням перевантажувальних складів широко розповсюджена на глибоких залізрудних кар'єрах. У більшості випадків, при прийнятті рішення про місце розташування перевантажувального складу в першу чергу до уваги береться його висотне положення в просторі кар'єру. Але положення перевантажувального пункту в плані теж має значний вплив на техніко-економічні показники відкритих гірничих робіт. Традиційний підхід, що розглядає в якості оптимальної точки звозу точку центра ваги, не є гарантією забезпечення мінімального значення транспортної роботи. В математиці відома точка Ферма-Торрічеллі, яка забезпечує мінімальну відстань до вершин трикутника. Показано, що коли область виконання гірничих робіт не можна апроксимувати правильною геометричною фігурою, точка центру ваги не є такою, що забезпечує мінімальну транспортну роботу. В такому випадку мінімальна транспортна робота забезпечується при співпадінні точки звозу з точкою Ферма-Торрічеллі.

Практична значимість. З точки зору відкритої розробки, особливе практичне значення має розробка методу, що дозволить визначати оптимальну точку звозу для робочої зони кар'єру за відомими координатами характерних точок з урахуванням вагових коефіцієнтів. Запропоновано рішення задачі визначення раціональної точки звезення розділити на кілька етапів. На першому етапі визначаємо координати центру ваги даної області. На другому етапі визначаємо координати точки Ферма-Торрічеллі методом сіток або градієнтним методом, прийнявши за початок умовної системи координат точку центра ваги.

Результати. Запропонований метод дозволяє визначити оптимальну точку зведення гірничої маси (мінімум транспортної роботи) для довільної кількості екскаваторних вибоїв як з однаковою, так і з різною продуктивністю. Визначення оптимальної точки зведення дозволяє знизити обсяг транспортної роботи на 20-30%.

Ключові слова: перевантажувальний пункт, тимчасовий відвал, точка Ферма-Торрічеллі, мінімізація транспортної роботи.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. З метою мінімізації транспортної роботи при плануванні і проектуванні кар'єрів постає необхідність визначення раціональної точки зведення гірничої маси. Це завдання виникає при обґрунтуванні раціонального положення перевантажувального складу комбінованого кар'єрного транспорту. Аналіз проектних рішень щодо встановлення кроку перенесення перевантажувальних пунктів і визначення оптимальних місць їх розташування показує, що положення перевантажувальних пунктів іноді визначається без достатнього теоретичного обґрунтування [1-6]. Такий підхід до розвитку транспортної схеми кар'єру призводить до неоптимальних технічних рішень, що знижує економічну ефективність гірничих робіт. У теорії гірничої справи немає загального і повного рішення задачі оптимізації положення перевантажувального пункту (тимчасового відвалу), що забезпечує мінімум транспортної роботи кар'єрних автосамоскидів. У даний час і в минулому подібні завдання виникають і в інших галузях промисловості.

Аналіз досліджень і публікацій. Задача оптимальної організації транспортних комунікацій представляє великий інтерес як з теоретичної точки зору, так і з точки зору практичного застосування і є однією з класичних наукових проблем. Вперше задача визначення оптимальної точки зведення для трьох точок була поставлена в XVII столітті П'єром Ферма. У його формулюванні задача поставлена наступним чином: «для трьох заданих точок знайти четверту, таку, що якщо від неї провести прямі лінії до даних точок, сума відстаней буде найменшою». У XVII столітті розв'язком цієї задачі займався багато дослідників.

У збережених джерелах вперше рішення цієї задачі для трьох точок дано учнями Галілео Галілея Е. Торрічеллі і В. Вівіані. Рішення задачі було отримано фізичними методами і розмірковуваннями - оптимальною точкою для трьох вершин трикутника є така внутрішня точка, з якої всі сторони трикутника видно під кутом 120° . Дана точка називається точкою Ферма-Торрічеллі. У XIX столітті було знайдено геометричні методи розв'язання цієї задачі [7-11] (рис. 1).

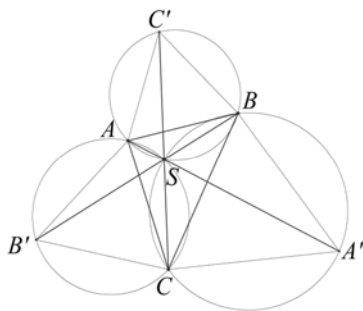


Рис.1 Геометричне рішення задачі визначення точки Ферма-Торрічеллі для трикутника

Для знаходження точки Ферма-Торрічеллі (точка S) на сторонах даного трикутника будуємо допоміжні правильні трикутники (трикутники Наполеона). Точку S можна знайти як точку перетину кіл, описаних навколо трикутників Наполеона. В другій половині XIX століття був знайдений ще більш простий метод: з'єднавши вершини трикутника ABC з відповідними протилежними точками, одержуємо точку перетину S. Якщо один із кутів трикутника ABC більше 120° , то відповідна вершина і є

точкою Ферма-Торрічеллі.

Для чотирьох точок рішення задачі визначення точки Ферма-Торрічеллі було знайдено італійським інженером і математиком Фаньяно: для випуклого чотирикутника мінімум суми відстаней досягається в точці перетину діагоналей. Великий внесок у розвиток методу знаходження оптимальних точок зведення вніс Якоб Штейнер (1796-1863). Для кількості точок, більшої за чотири, він заклав основи створення теорії оптимальних мереж. Їм особисто були розглянуті тільки деякі окремі випадки, а теорії графів і логістики були розвинені в XIX і на початку XX століття (Р. Курант, 1888-1972 pp.) [12-14].

Багато дослідників при вирішенні аналогічних завдань в різних областях промисловості в якості точки Ферма-Торрічеллі шукають точку центру ваги. Для довільного n-кутника в масштабі вирізається модель, фізичними методами знаходиться центр ваги. Збіг цих точок можливий для правильних і деяких окремих видів багатокутників. Упродовж 250 років були запропоновані різні рішення і алгоритми визначення оптимальної точки зведення, але кожен з них має певні обмеження і не може бути розглянутий як остаточний універсальний метод.

У гірничій справі задачу визначення оптимальної точки зведення (визначення місця закладення підйомного шахтного стовбура) вирішував академік Л.Д. Шевяков [15]. У загальному вигляді математична задача про точку найвигіднішого зосередження вантажів, що надходять з n точок, заданих в площині, дуже складна. У теорії проектування підприємств з підземним способом розробки відомо кілька спрощених методів визначення оптимальної точки зведення (вантажі розташовуються уздовж прямої). Згідно з правилом Шевякова Л.Д. [15], при зосередженні вантажів на прямій, за умовою мінімальної роботи з транспортування, ствол шахти повинен бути розташований в місці зосередження такого вантажу, який, будучи доданий до суми інших, розташованих від нього вліво, дає суму, більшу суми вантажів, розташованих вправо, а будучи доданим до правих вантажів, дає суму, більшу суми лівих. Оптимальний пункт зведення знаходиться в точці, що ділить запаси навпіл. Академік Шевяков Л.Д. був одним з перших вчених, якій показав, що оптимальна точка зведення вантажів не завжди співпадає з центром ваги. Метод Шевякова Л.Д. є розвитком метода «штандорта», запропонованого засновниками економічної географії (В.Лаунхардт, А.Вебер), але є громіздким та наближеним.

В роботі [16] наведені результати дослідження з визначення оптимальної точки зведення при розкритті нового горизонту кар'єра. Завдання сформульоване таким чином: потрібно знайти точку зведення, що забезпечує мінімум транспортної роботи при розробці горизонту. Дане завдання виникає при визначенні раціонального положення рудоспуску. Поставлену задачу аналітичними методами вирішити не вдалося, проте було виконано дослідження деяких характерних властивостей оптимальної точки зведення. Чисельними методами були досліджені асиметричні фігури з різними відносними розмірами.

Встановлено, що середня відстань, яка розрахована для центра ваги горизонту, перевищує відстань, розраховану для оптимального пункту зведення. У розглянутих випадках ця різниця становила 3-5%. Робиться спірний висновок про те, що при визначенні положення пункту зведення для всього горизонту з достатньою точністю за його положення може бути прийнятий центр ваги фігури, утвореної контуром горизонту. Проте на практиці перевантажувальний пункт для одного горизонту, як правило, не передбачається; в розробці одночасно знаходиться декілька екскаваторних заходок і їх взаємному положенню з урахуванням різниці в плановій продуктивності вибоїв в різний час будуть відповідати різні координати оптимальної точки зведення.

Всі перераховані вище методи дозволяють знаходити геометричне рішення задач. Однак особливе практичне значення має розробка методу, що дозволяє знаходити координати оптимальної точки зведення для багатокутника (ділянок і робочих зон кар'єра) при відомих координатах його вершин з урахуванням вагових коефіцієнтів. При реалізації даного методу в системі автоматизованого проектування кар'єрів це дозволить динамічно визначати оптимальні точки зведення гірничої маси у кар'єрі.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є розробка методологічної основи для визначення точки Ферма-Торрічеллі для кількості екскаваторних вибоїв, що перевищує три, а також з урахуванням впливу на оптимальну точку зведення відмінностей у продуктивності екскаваторних вибоїв.

Викладення матеріалу та результати. Розглянемо випадок розміщення чотирьох екскаваторів в точках А, В, С, D (рис. 2). Продуктивності екскаваторів приймаємо рівними. В даному випадку точки Ферма-Торрічеллі (перетин діагоналей) і центр ваги збігаються. Такий збіг спостерігається для правильних багатокутників, симетричних фігур (наприклад, прямокутник), а також фігур, що мають центральну симетрію (паралелограм).

Для порівняння розглянемо інший випадок розміщення чотирьох екскаваторів (рис. 3), в якому одна вершина розташована на відносно великій відстані від трьох інших. В даному випадку точка S є оптимальною точкою Ферма-Торрічеллі, а точка P - центром ваги. Транспортна робота для точки S на 20% менша, ніж для точки P (центра ваги). Якщо точка C (див. рис. 3) віддаляється від прямої BD, то оптимальна точка звозу S залишається незмінною (як точка перетину діагоналей), а центр ваги P буде віддалятися слідом за точкою C ($SP \approx 1/3 \times SC$).

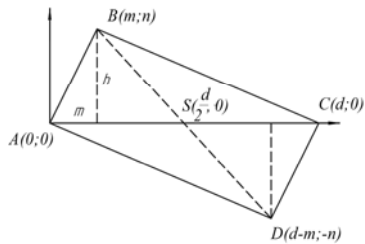


Рис. 2 Розміщення екскаваторів в вершинах паралелограма (центральна симетрія)

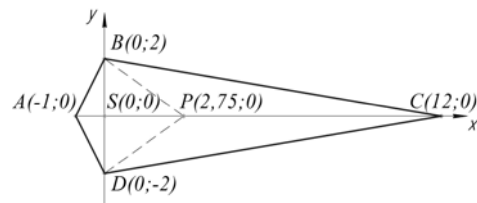


Рис. 3 Розміщення екскаваторів в вершинах чотирикутника A, B, C, D (P- центр ваги, S – оптимальна точка звезення)

На рис.4 показано відносне збільшення транспортної роботи при звезенні гірничої маси в точку P в порівнянні з оптимальною точкою S. Наведений приклад показує, що в деяких випадках необхідно шукати оптимальну точку Ферма-Торрічеллі, а не заміняти її центром ваги.

дослідження є знаходження координат точки звезення гірничої маси для довільної кількості екскаваторів. Основні проблеми, що виникають, розглянемо на прикладі трьох точок (рис. 5).

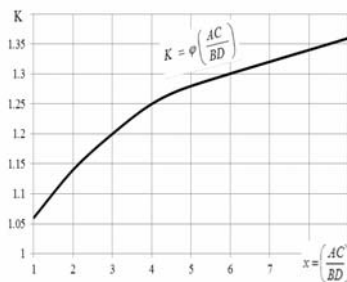


Рис. 4. Відносне зростання транспортної роботи (дол.од.) при звезенні гірничої маси в точку P (центр ваги) порівняно з оптимальною точкою S при збільшенні відношення відрізка AC до BD

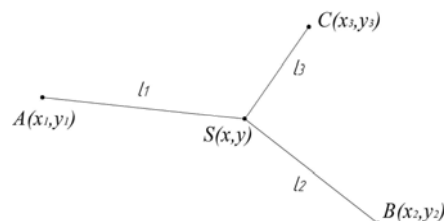


Рис. 5. Визначення координат оптимальної точки Ферма-Торрічеллі для випадку трьох вибоїв з відомими координатами

Необхідно знайти координати оптимальної точки S, для якої сума відстаней до заданих трьох точок буде мінімальною.

Розглядаємо цільову функцію (1) - мінімум суми відстаней від точки S до точок A, B, C

$$F = (l_1 + l_2 + l_3) \rightarrow \min. \quad (1)$$

У координатній формі цільова функція має вигляд (2)

$$F = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} + \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} + \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \quad (2)$$

Для визначення оптимальних координат знаходимо частинні похідні і одержуємо систему ірраціональних рівнянь, яка не має розв'язку в загальному вигляді. Тому розглянемо допоміжну, більш просту цільову функцію (3) - мінімізуємо суму квадратів відстаней

$$f = (l_1^2 + l_2^2 + l_3^2) \rightarrow \min. \quad (3)$$

У координатній формі цільова функція має вигляд (4)

$$f = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2. \quad (4)$$

Знаходимо частинні похідні і складаємо систему рівнянь, яка має простий розв'язок (5)

$$x = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}; \quad y = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}. \quad (5)$$

Координати точки P це середні арифметичні координат вершин трикутника (збігається з центром ваги трикутника).

Формули (5) є точним розв'язком допоміжної цільової функції (3) та можна вважати наближеним розв'язком основної цільової функції (1). Надалі координати оптимальної точки звозу S можна уточнити методом сіток або градієнтним методом.

Розглянемо алгоритм визначення координат точки Ферма-Торрічеллі (точка S) при відомих координатах центру ваги (точка P).

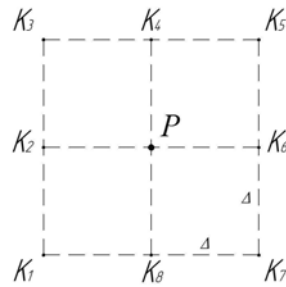


Рис.6. Схема уточнення координат точки Ферма-Торрічеллі при відомих координатах точки P (центра ваги)

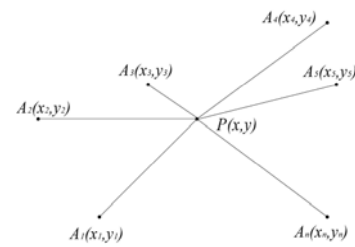


Рис.7. Визначення координат центру ваги (мінімум суми квадратів відстаней) для довільної кількості точок з відомими координатами

Задаємо крок пошуку Δ і знаходимо значення цільової функції (1) в точках $K_1 \div K_8$. Вибираємо ту точку, де значення функції (1) менше, ніж в точці P. Наприклад, мінімальне значення маємо в точці K_3 . Переносимо початок допоміжної системи координат в точку K_3 , визначаємо координати нових точок $K_1 \div K_8$ і т.д. У разі, якщо уточнення положення точки Ферма-Торрічеллі не відбувається, зменшуємо крок сітки Δ і повторюємо пошук. Таким методом можна визначити координати оптимальної точки зведення з необхідною точністю.

Наведений вище алгоритм знаходження оптимальної точки Ферма-Торрічеллі легко поширюється для довільної кількості заданих точок n

$$f = \sum_{i=1}^n [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2] \rightarrow \min; \quad \begin{cases} \frac{df}{dx} = 2 \sum_{i=1}^n (x - x_i) = 0 \\ \frac{df}{dy} = 2 \sum_{i=1}^n (y - y_i) = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \end{cases}$$

У випадку, як і для трьох точок, координати шуканої точки знаходяться як середнє арифметичне координат n заданих точок.

Розглянутий метод мінімізації суми квадратів відстаней (знаходження координат точки P) аналогічним чином поширюється і для випадку неоднакової продуктивності вибоїв. В такому випадку допоміжна цільова функція має вигляд (для трьох точок)

$$f = Q_1 l_1^2 + Q_2 l_2^2 + Q_3 l_3^2$$

У розгорнутому вигляді цільова функція має вигляд

$$f = Q_1 [(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2] + Q_2 [(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2] + Q_3 [(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2]$$

Знаходимо частинні похідні, складаємо систему рівнянь та визначаємо координати центру ваги

$$x = \frac{x_1 Q_1 + x_2 Q_2 + x_3 Q_3}{Q_1 + Q_2 + Q_3} ; \quad y = \frac{y_1 Q_1 + y_2 Q_2 + y_3 Q_3}{Q_1 + Q_2 + Q_3}$$

Координати центру ваги знаходять як середньозважені координат заданих трьох точок з урахуванням продуктивності відповідних вибоїв.

Аналогічно задача легко поширюється і для випадку неоднакової продуктивності довільної кількості вибоїв.

$$x = \sum_{i=1}^n Q'_i x_i ; \quad y = \sum_{i=1}^n Q'_i y_i, \quad (7)$$

де Q'_i - вагові коефіцієнти – відношення продуктивності i -го вибою до загальної продуктивності заданої області (всіх екскаваторних вибоїв).

Так само, як для вибоїв з однаковою продуктивністю, використовуємо знайдені координати центру ваги як початкове наближене значення координат оптимальної точки зведення (мінімум суми добутків продуктивності екскаваторних вибоїв на відстань до оптимальної точки зведення (8)). Використовуючи запропонований раніше алгоритм (рис. 6), уточнюємо координати точки, що забезпечує мінімізацію транспортної роботи

$$F = \sum_{i=1}^n Q_i l_i \rightarrow \min. \quad (8)$$

Таким чином, можна мінімізувати транспортну роботу для будь-якої кількості екскаваторів як з однаковою, так і з різною продуктивністю.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Показано, що в гірничій справі можливе виникнення технологічних ситуацій, коли визначення оптимальної точки зведення не є тривіальною задачею. Використання центру ваги в якості точки зведення в ряді випадків призводить до нераціональних рішень і збільшення обсягу транспортної роботи в порівнянні з оптимальною точкою зведення. В історії науки і техніки останніх століть багато дослідників вирішували проблему пошуку оптимальної точки зведення для вирішення широкого кола практичних завдань в різних галузях промисловості. Отримано багато окремих результатів, але у цілому проблема не вирішена. При сучасних технологіях автоматизованого планування і проектування гірничих робіт важливо мати алгоритм визначення координат оптимальної точки зведення гірничої маси на заданих ділянках кар'єра.

Запропоновано рішення задачі визначення раціональної точки зведення розділити на кілька етапів. На першому етапі визначаємо координати центру ваги даної області. На другому етапі визначаємо координати точки Ферма-Торрічеллі методом сіток або градієнтним методом, прийнявши за початок умовної системи координат точку центра ваги. Запропонований метод дозволяє визначити оптимальну точку зведення гірничої маси (мінімум транспортної роботи) для довільної кількості екскаваторних вибоїв, як з однаковою, так і з різною продуктивністю.

У подальших дослідженнях розроблений математичний апарат буде використаний для встановлення закономірностей оптимального розташування перевантажувальних пунктів та тимчасових автомобільних відвалів і формування умов для використання кільцевих схем руху кар'єрних автосамоскидів.

Список літератури

1. **Яковлев В.Л.** Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров / **В.Л. Яковлев.** - Новосибирск: Наука СО, 1989. - 240 с.
2. **Жуков С.А., Федоренко С.А., Пузанов Е.В.** Координация грузопотоков при переводе рудных карьеров на комплексное освоение недр // Разраб. рудн. месторождений. - Кривой Рог, 2002. - Вып. 78. - С. 3-8.
3. **Федоренко С.А., Жуков С.А.** Транспортные проблемы комплексной разработки железорудных месторождений // Разраб. рудн. месторождений. - Кривой Рог, 2003. - Вып. 82. - С. 22-27.
4. **Федоренко С.А., Жуков С.А., Навитний Ю.М., Ткаличенко С.В.** Анализ технологического потенциала периодических колебаний производительности ЦПТ как резерва мультиструктурных грузопотоков // Гірничий вісник, вип. 101. - Кривий Ріг, 2016, С. 12-18.
5. **Вилкул Ю.Г., Слободянюк В.К., Максимов И.И.** Обоснование рациональных зон использования карьерных автосамосвалов разной грузоподъемности // Разработка рудных месторождений. - Кривой Рог. - 2008. - № 92. - С.3-7
6. **Vilkul Y., Slobodyanyuk V., Maximov I.** Optimization of capacity and the number of crushing and transfer stations at the deep open pits // Metallurgical and Mining Industry. - 2016. - № 4. - P. 116-120
7. **Протасов В. Ю.** Максимумы и минимумы в геометрии. / **В. Ю. Протасов** // М.: МЦНМО, 2005. — 56 с.
8. **Успенский В. А.** Некоторые приложения механики к математике / **В. А. Успенский** // М.: Физматгиз, 1958. - 48 с.
9. **Люстерник Л.А.** Кратчайшие линии (вариационные задачи) / **Л. А. Люстерник** // М.: Гостехиздат, 1955. — 104 с.
10. **Paul J. Nahin,** When Least Is Best : How mathematicians discovered many clever ways to make things as small (or as large) as possible, Princeton University Press, 2011 - «The Fermat/Steiner Problem » pp=279-286
11. **Boltyanski V., H. Martini H., Soltan V.,** *Geometric Methods and Optimization Problems*, vol. 4, Springer, coll. « Combinatorial Optimization », 1998 - § 18 : «The classical Fermat-Torricelli problem»
12. **Берн М.У.** Поиск кратчайших сетей // В мире науки. - 1989. - № 3. С. 64-70
13. **Казак А.Л., Лемперт А.А., Нгуен Г.Л.** Оптимизация системы коммуникаций с учетом региональных особенностей: математическая модель и численный метод // Вестник ИрГТУ. 2014. Т.95, №12, С. 17-22
14. **Лисин А.В., Фийзуллин Р.Т.** Эвристический алгоритм поиска приближенного решения задачи Штейнера, основанный на физических аналогиях // Компьютерная оптика. 2013. Т 37, №4, С. 503-510
15. **Шевяков Л. Д.** Определение места заложения подъемного ствола / **Шевяков Л. Д.** - М.: Углетехиздат, 1947. - 43 с.
16. **Белозеров В.И.** Оптимизация вскрытия рабочих горизонтов карьера// ГИАБ. - М.: Изд-во МГГУ, 2012. - №6. - С. 88-94.