

**Перелік використаних джерел**

1. Максимова Н. М. Екологічна небезпека складування відвалів гірничодобувної промисловості в Україні // Екологічно дружні технологічні рішення для місцевих громад щодо поводження з відходами: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології», Київ, 2021. С. 104-106.

2. Акціонерне товариство «південний гірничо-збагачувальний комбінат. URL: <https://www.ugok.com.ua/ua/about/structure.php>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-93>

**MODELING OF SURFACE SUBSIDENCE ISOLINES OVER  
THE MINE WORKINGS****МОДЕЛЮВАННЯ ІЗОЛІНІЙ ОСІДАННЯ ПОВЕРХНІ  
НАД ОЧИСНОЮ ВИРОБКОЮ**

**Nazarenko V.O.,**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Назаренко В.О.,**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Bruil H.V.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC “Technical  
university “Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Бруй Г.В.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Novitckyy G.A.,**

*Student (group 184M-24-1m),  
LLC “Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Новицький Г.А.,**

*студент гр. 184М-24-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Для 3D конструювання та моделювання складних топографічних поверхонь використовуються спеціалізовані програми (AutoCad Map 3D, Digitals, EasyTrace, MapEDIT, Digitals, EasyTrace, MapEDIT, Surf та

інші). При математичній обробці результатів маркшейдерських вимірювань і створенні графічних гірничо-технічних документів часто виникають завдання, коли графічні побудови виконуються безпосередньо в середовищі AutoCad. Одним з подібних завдань є моделювання поверхні мульди осідання над очисними виробками гірничодобувних підприємств. Більшість наведених вище програм при побудові рельєфу топографічної поверхні використовують принцип лінійної інтерполяції за лініями, що з'єднують точки з відомими висотними відмітками.

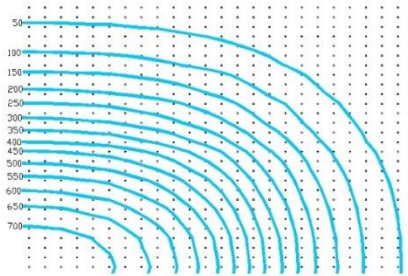
Програмно це здійснюється в такий спосіб. Відомі найближчі точки поверхні з'єднуються між собою. Формується просторова мережа, по краях якої шляхом інтерполяції знаходять точки з відмітками, кратними заданій висоті перетину рельєфу. Точки з однаковими відмітками з'єднуються плавними кривими лініями однакових висот.

Точність побудови рельєфу залежить від багатьох факторів і, насамперед, від глушини вихідних точок з відомими відмітками. Чим більше є таких точок, і чим більш рівномірно вони розташовані, тим точніше буде побудова рельєфу. Очевидно, що лінійна інтерполяція до краю спрощує форму поверхні між вихідними точками. У зв'язку з цим реальні і одержувані при інтерполюванні поверхні можуть значно відрізнятись.

Сучасні програми дозволяють будувати як прямолінійні просторові мережі, так і створюють складні просторові поверхні, засновані на згладжених мережах, поверхнях з'єднання і поверхнях Кунса. При цьому перераховані поверхні можна будувати на основі сплайнів, що так само змінює точність інтерполювання.

Застосування перерахованих способів математичного моделювання топографічних поверхонь може призвести як до збільшення їх точності, так і до погіршення збіжності з реальними поверхнями. Для перевірки цього твердження виконані дослідження точності побудови топоповерхні засобами AutoCAD за наступною схемою.

В дослідженнях як топографічна поверхня використана математично правильна поверхня мульди зрушення. Поверхня задана мережею з 2450 (70x35) точок із розрахованими відмітками (рис. 1). Лінійною інтерполяцією на гранях сітки визначено точки з відмітками, кратними 50 мм. Поверхня мульди представлена ізолініями осідання. Враховуючи високу щільність мережі, а, отже, малу відстань між сусідніми точками, можна прийняти отриману поверхню за вихідну, близьку до істинної.



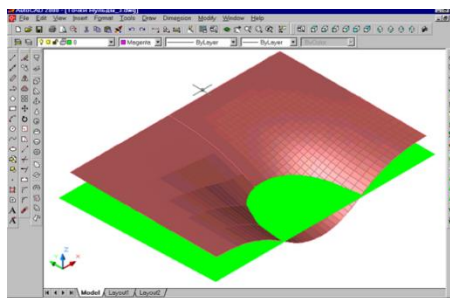
**Рис. 1. Вихідна топоповерхня мульди зрушення**

Дослідження точності побудови поверхні мульди виконувалося у двох варіантах вихідної мережі точок з відомими відмітками. У першому варіанті кількість вихідних точок скорочено в дев'ять разів ( $22 \times 12 = 264$  точок), у другому – в 25 разів ( $14 \times 7 = 98$  точок).

Побудова ізольній осідання виконувалася не інтерполюванням, а із застосуванням команди AutoCAD "Shade", що дає контур перетину двох поверхонь – поверхні мульди та горизонтальної площини із заданою висотною відміткою (рис. 2).

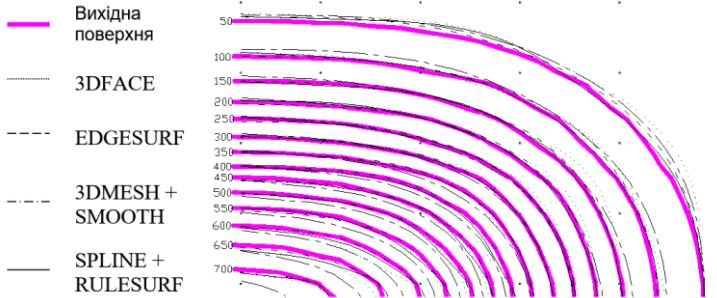
Поверхня мульди зрушення для обох варіантів мережі вихідних точок будувалася чотирма способами:

- прямолінійна просторова мережа (команда 3DFACE);
- просторова мережа з квадратичним згладжуванням (команда 3DMESH + SMOOTH);
- поверхню з'єднання між профілями мульди, що задані сплайнами (команди SPLINE і RULESURF);
- поверхня Кунса (команда EDGESURF).



**Рис. 2. Приклад побудови ізольній осідання командою "Shade"**

На рис. 3 показані ізолінії поверхні мульди, побудовані для варіанта щільності вихідних точок 14x7.



**Рис. 3. Ізолінії топоповерхні при вихідній сітці 14x7 точок (фрагмент)**

Аналіз результатів досліджень точності побудови топографічної поверхні мульди зрушення різними способами і при різній щільності вихідних точок показує, що в прийнятих в експерименті гірничо-геологічних умовах, зменшення щільності вихідних точок практично не впливає на точність побудови ізоліній осідання.

В обох аналізованих варіантах всі способи побудови поверхні дають задовільну збіжність з вихідною поверхнею, але найкращий результат досягається при побудові ізоліній за допомогою поверхонь з'єднання між профілями мульди, що задані сплайнами (команди SPLINE, RULESURF).

З точки зору зменшення витрат часу та простоти створення макросів для побудови поверхні мульди може бути рекомендовано застосування поверхонь з'єднання між профілями мульди, що задані сплайнами (команди SPLINE та RULESURF), та поверхонь Кунса (команда EDGESURF). Максимальні відхилення ізоліній осідання, побудованих різними способами, від прийнятих за вихідні спостерігаються на краях і в центральній частині мульди зрушення. Ці відхилення досягають 5 – 10% від розмірів напівмульд. Найкраща збіжність експериментальних та вихідних ізоліній мульди осідання спостерігається на ділянках з найбільшим нахилом поверхні.