

УДК 622.1:622.271+622.35

В.В. Котенко к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

### ГЕОМЕТРИЗАЦІЯ КОСОКУТНИХ ПРИРОДНИХ ОКРЕМОСТЕЙ ЛАБРАДОРИТОВИХ МАСИВІВ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ З МЕТОЮ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ВИХОДУ ТОВАРНИХ БЛОКІВ

*Розроблено методи геометризації косокутних природних окремоостей лабрадоритових масивів декоративного каменю, а також запропоновано аналітичні формули для визначення прогнозованих об'ємів товарних блоків.*

**Вступ.** Ринок природного декоративного каменю сьогодні висуває жорсткі вимоги до якості товарних блоків не тільки з питань декоративності, фізико-механічних властивостей, хімічного складу, монолітності, але й з точки зору геометрії блока.

Як відомо, масив декоративного каменю системою існуючих тріщин поділяється на природні окремості, які можуть бути різної форми [3]. Товарні блоки, що відповідають вимогам ДСТУ Б.В.2.7-59-97 "Блоки із природного каменю для виробництва облицювальних виробів. Технічні умови", отримують шляхом пасерування природних окремоостей до правильної паралелепіпедної форми. Геометризація природних окремоостей декоративного каменю полягає у тому, що з усієї множини можливих вписаних прямокутних паралелепіпедів необхідно вибрати один з найбільшим товарним об'ємом. При цьому роботи з відокремлення природної окремоості або товарного блока необхідно організовувати з врахуванням прийнятої технології видобувних робіт для отримання найвищої ефективності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Згідно з дослідженнями тріщинуватості лабрадоритових масивів декоративного каменю УКЩ [1, 2, 4] та умов формування природних окремоостей [3], можна зробити припущення, що найпоширенішими видами природних окремоостей є паралелепіпедна і поліедрична або багатогранна форма з їх різновидами.

У випадках, коли кути падіння субвертикальних тріщин природних окремоостей не відповідають  $90^\circ$ , тоді мають поширення поліедричні (або багатогранні), призматичні багатогранні і пірамідальні багатогранні природні окремості [3]. Причому багатогранні природні окремості здебільшого поширені у формах, які можна характеризувати як зрізані пірамідальні, інколи похилі багатогранні природні окремості.

Такі природні окремості часто приурочені до ділянок родовища, які не мають чіткої закономірності в поширенні тріщин, часто на цих ділянках присутні діагональні тріщини, кути падіння змінюються в широких межах і за азимутами лінії падіння субвертикальних тріщин є різнонаправленими. Внаслідок наявності кутів падіння у субвертикальних тріщин систем  $Q$ ,  $S$  і  $D$ , відмітних від прямого кута, збільшуються втрати сировини за рахунок пасерування бічних граней, що спричиняє зменшення об'єму товарного блока. Такі природні окремості досить важко класифікувати, оскільки найчастіше вони не мають правильної геометричної форми, а лише наближено нагадують ту чи іншу геометричну фігуру.

Оскільки товарною продукцією є блоки правильної паралелепіпедної форми, задача геометризації природних окремоостей є досить актуальною, вона потребує практичного вирішення.

**Метою даних досліджень** є розробка методів геометризації косокутних природних окремоостей лабрадоритових масивів декоративного каменю з метою підвищення коефіцієнта виходу блочної сировини.

**Викладення основного матеріалу досліджень.** Для геометризації природних окремоостей виберемо найбільш поширені косокутні природні окремості, які зустрічаються в лабрадоритових покладах УКЩ [3], а саме призматичної і пірамідальної форм з паралелограмом, трапецією або трикутником в основі.

При геометризації врахуємо, що на родовищах декоративного каменю відстані між пластовими тріщинами на невеликих відстанях мало змінюються, а тому можна зробити припущення, що в косокутних природних окремоостях  $d_L = \text{const}$ , тобто пластові тріщини є паралельними.

За таких умов об'єм природної окремоості можна розрахувати за формулою:

$$V = S \cdot d_L, \quad (1)$$

де  $S$  – максимальна площа вписаного прямокутника в основу природної окремоості,  $\text{м}^2$ ;

$d_L$  – відстань між тріщинами системи тріщин  $L$ .

Оскільки  $d_L = \text{const}$ , то геометризацію природних окремоостей необхідно проводити на основі відшукування максимальної площі вписаної основи прямокутного паралелепіпеда в основу даної природної окремоості.

Розглянемо випадки, коли верхня і нижня грані представлені паралелограмами. У цьому випадку, для досягнення максимальної площі вписаного прямокутника в паралелограмну основу природної окремісті, орієнтування вписаного прямокутника необхідно виконувати вздовж довшої сторони основи (рис. 1).

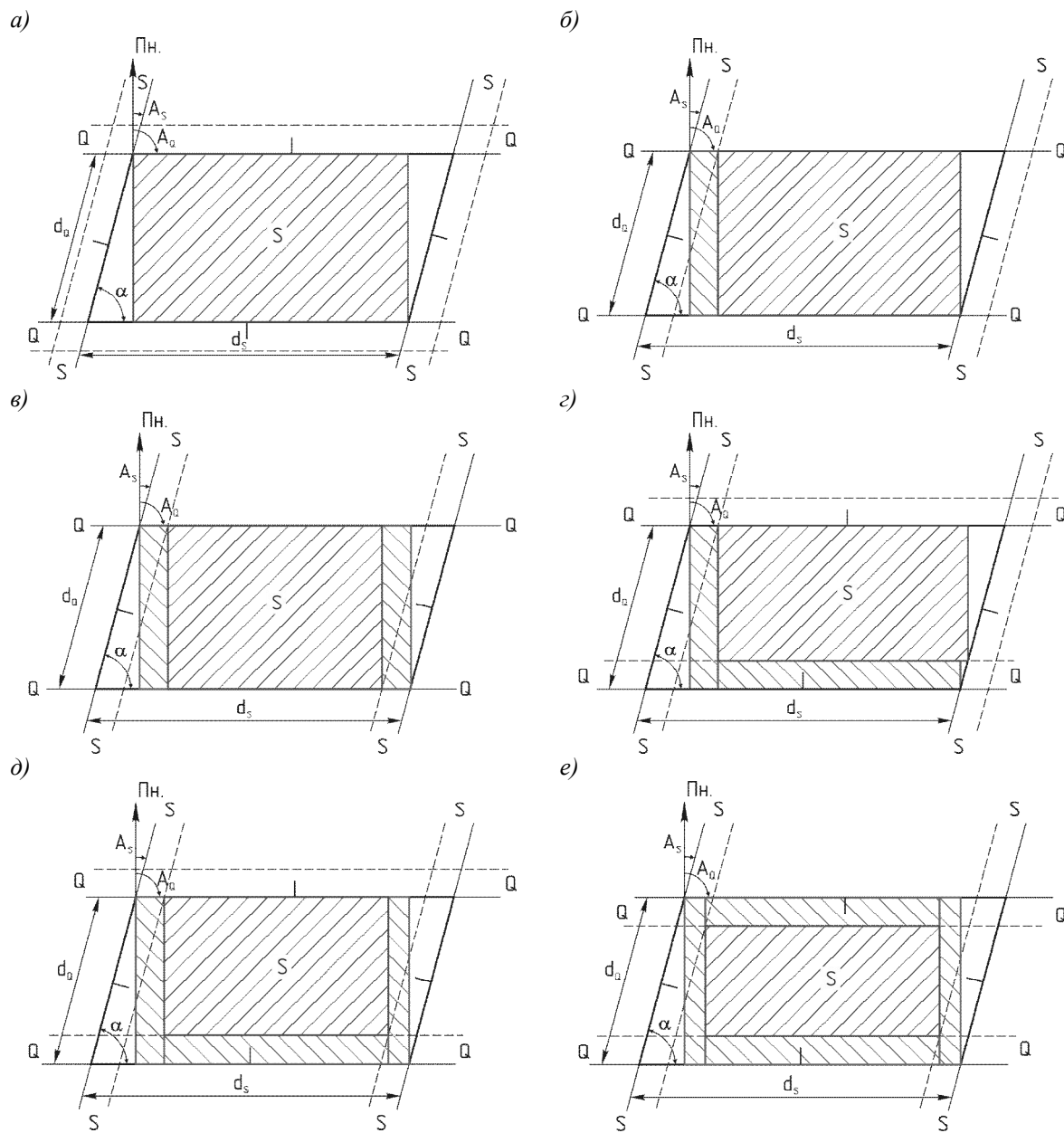


Рис. 1. Варіанти геометризації призматичної і пірамідальної паралелограмних природних окремістей

- У даному випадку мають місце наступні форми утворених природних окремостей (рис. 1):
- рис. 1, а – пряма зрізана пірамідальна паралелограмна окремість;
  - рис. 1, б – похила призматична паралелограмна окремість з двома вертикальними протилежними гранями;
  - рис. 1, в – похила призматична паралелограмна окремість з двома вертикальними гранями і неузгодженими похилими гранями;
  - рис. 1, г – похила призматична паралелограмна окремість;
  - рис. 1, д – похила призматична паралелограмна окремість з неузгодженими похилими гранями;
  - рис. 1, е – пряма зрізана пірамідальна паралелограмна окремість.

Оскільки у вказаних природних окремостях бічні грані утворені субвертикальними тріщинами, які мають кути падіння відмітні від 90°, тоді при пасеруванні будуть додатково утворюватися втрати блочної сировини за рахунок нахилу бічної грані, які вказані на рис. 1.

Формули для обчислення максимальних об'ємів прямокутних паралелепіпедів, вписаних у призматичні й пірамідальні паралелограмні природні окремісті (рис. 1), зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Робочі формули для обчислення площі основи вписаного прямокутного паралелепіпеда в призматичну або пірамідальну паралелограмну окремість

| Номер<br>рисунок | Формула для обчислення максимального об'єму  | Номер<br>формули |
|------------------|--|------------------|
| Рис. 1, а        | $V = S \cdot d_L = [d_Q \cdot \sin \alpha \cdot (d_S - d_Q \cdot \cos \alpha)] \cdot d_L$  | (2)              |
| Рис. 1, б        | $V = S \cdot d_L = \left[ d_Q \cdot \sin \alpha \cdot \left( d_S - d_Q \cdot \cos \alpha - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta} \right) \right] \cdot d_L$   | (3)              |
| Рис. 1, в        | $V = S \cdot d_L = \left[ d_Q \cdot \sin \alpha \cdot \left( d_S - d_Q \cdot \cos \alpha - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_1} - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_2} \right) \right] \cdot d_L$  | (4)              |
| Рис. 1, г        | $V = S \cdot d_L = \left[ \left( d_Q \cdot \sin \alpha - \frac{d_L}{\operatorname{tg} \delta_{Q1}} \right) \cdot \left( d_S - d_Q \cdot \cos \alpha - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_{S1}} + \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \right] \cdot d_L$  | (5)              |
| Рис. 1, д        | $V = S \cdot d_L = \left[ \left( d_Q \cdot \sin \alpha - \frac{d_L}{\operatorname{tg} \delta_{Q1}} \right) \cdot \left( d_S - d_Q \cdot \cos \alpha - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_{S1}} - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_{S2}} + \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \right] \cdot d_L$  | (6)              |
| Рис. 1, е        | $V = S \cdot d_L = \left[ \left( d_Q \cdot \sin \alpha - \frac{d_L}{\operatorname{tg} \delta_{Q1}} - \frac{d_L}{\operatorname{tg} \delta_{Q2}} \right) \times \left( d_S - d_Q \cdot \cos \alpha - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_3} - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_4} + \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \right] \cdot d_L$ | (7)              |

Розглянемо випадки, коли верхня і нижня грані представлені трапеціями. У цьому випадку для досягнення максимальної площі вписаного прямокутника в трапецеподібну основу природної окремої, орієнтування вписаного прямокутника необхідно виконувати паралельно основам трапеції (рис. 2).

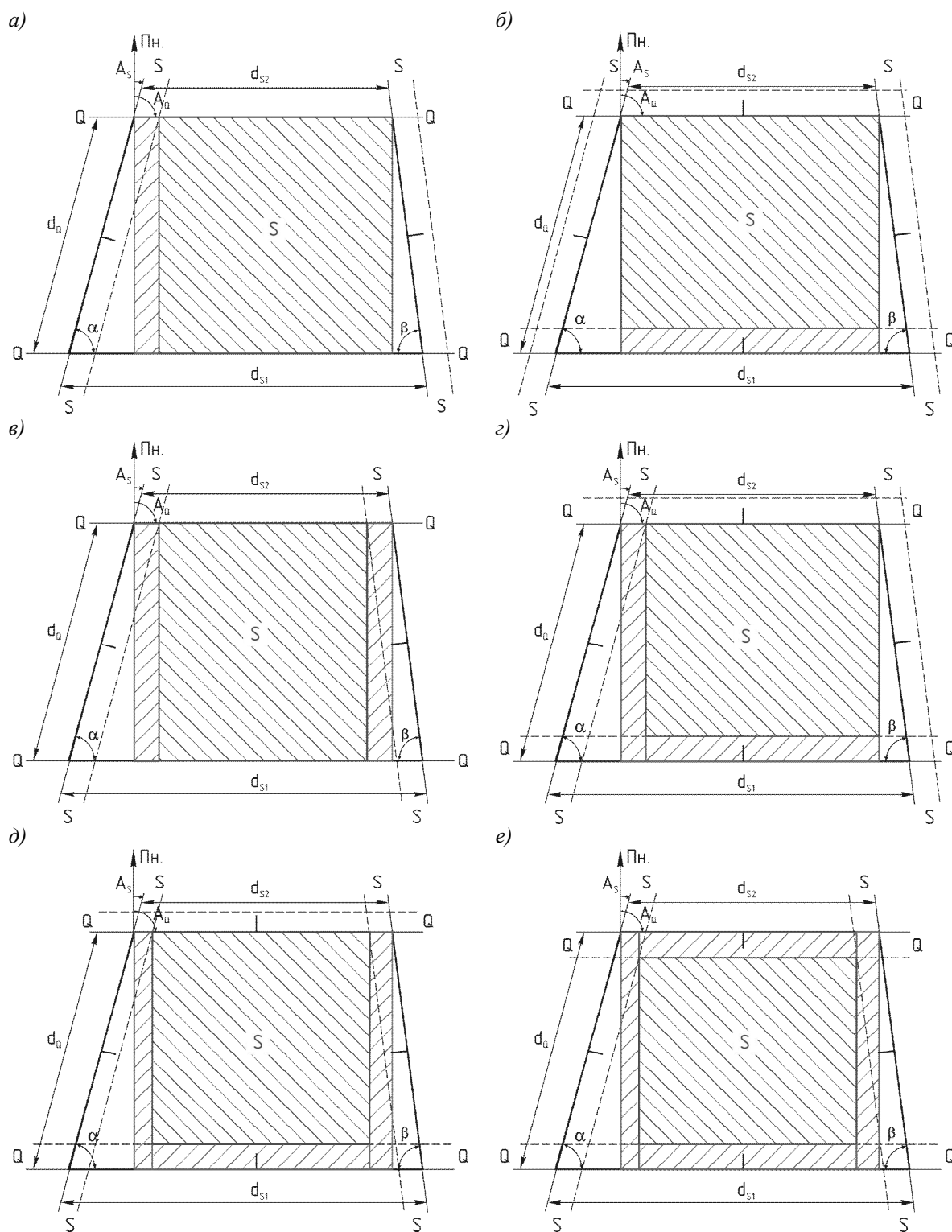


Рис. 2. Варіанти геометризації призматичної і пірамідальної трапецеподібних природних окремоїстей

У даному випадку мають місце такі форми утворених природних окремоїстей (рис. 2):

– рис. 2, а, в – похила призматична трапецеподібна окремість з двома вертикальними протилежними гранями;

- рис. 2, б, з, д – похила призматична трапецеподібна окремість;
- рис. 2, е – пряма зрізана пірамідальна трапецеподібна окремість.

Формули для обчислення об’ємів призматичної і пірамідальної трапецеподібних природних окремістей, вписаних в природні окремісті (рис. 2), зведені в табл. 2.

Таблиця 2

Робочі формули для обчислення площі основи вписаного прямокутного паралелепіпеду в призматичну або пірамідальну трапецеподібну окремість

| Номер<br>рисунок | Формула для обчислення максимального об’єму   | Номер<br>формули |
|------------------|---|------------------|
| Рис. 2, а        | $V = S \cdot d_L = \left[ d_Q \cdot \sin \alpha \cdot \left( d_{S_2} - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta} \right) \right] \cdot d_L$  | (8)              |
| Рис. 2, б        | $V = S \cdot d_L = \left[ \left( d_Q \cdot \sin \alpha - \frac{d_L}{\operatorname{tg} \delta_{S_1}} \right) \cdot d_{S_2} \right] \cdot d_L$  | (9)              |
| Рис. 2, в        | $V = S \cdot d_L = \left[ d_Q \cdot \sin \alpha \cdot \left( d_{S_2} - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_1} - \frac{\frac{d_L}{\sin \beta}}{\operatorname{tg} \delta_2} \right) \right] \cdot d_L$  | (10)             |
| Рис. 2, з        | $V = S \cdot d_L = \left[ \left( d_Q \cdot \sin \alpha - \frac{d_L}{\operatorname{tg} \delta_{S_1}} \right) \cdot \left( d_{S_2} - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_Q} \right) \right] \cdot d_L$  | (11)             |
| Рис. 2, д        | $V = S \cdot d_L = \left[ \left( d_Q \cdot \sin \alpha - \frac{d_L}{\operatorname{tg} \delta_{S_1}} \right) \cdot \left( d_{S_2} - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_{Q_1}} - \frac{\frac{d_L}{\sin \beta}}{\operatorname{tg} \delta_{Q_2}} \right) \right] \cdot d_L$  | (12)             |
| Рис. 2, е        | $V = S \cdot d_L = \left[ \left( d_Q \cdot \sin \alpha - \frac{d_L}{\operatorname{tg} \delta_{S_1}} - \frac{d_L}{\operatorname{tg} \delta_{S_2}} \right) \cdot \left( d_{S_2} - \frac{\frac{d_L}{\sin \alpha}}{\operatorname{tg} \delta_{Q_1}} - \frac{\frac{d_L}{\sin \beta}}{\operatorname{tg} \delta_{Q_2}} \right) \right] \cdot d_L$ | (13)             |

Розглянемо випадки, коли верхня і нижня грані представлені трикутниками. У цьому випадку для досягнення максимальної площі вписаного прямокутника в трикутну основу природної окремісті орієнтування вписаного прямокутника необхідно виконувати вздовж однієї з основ трикутника, а висота вписаного прямокутника повинна дорівнювати половині висоти трикутника, що опирається на дану основу, рис. 3.

У даному випадку мають місце такі форми утворених природних окремістей (рис. 3):

- рис. 3, а, д – пряма пірамідальна трикутна окремість;
- рис. 3, б, в, з – похила призматична трикутна окремість.

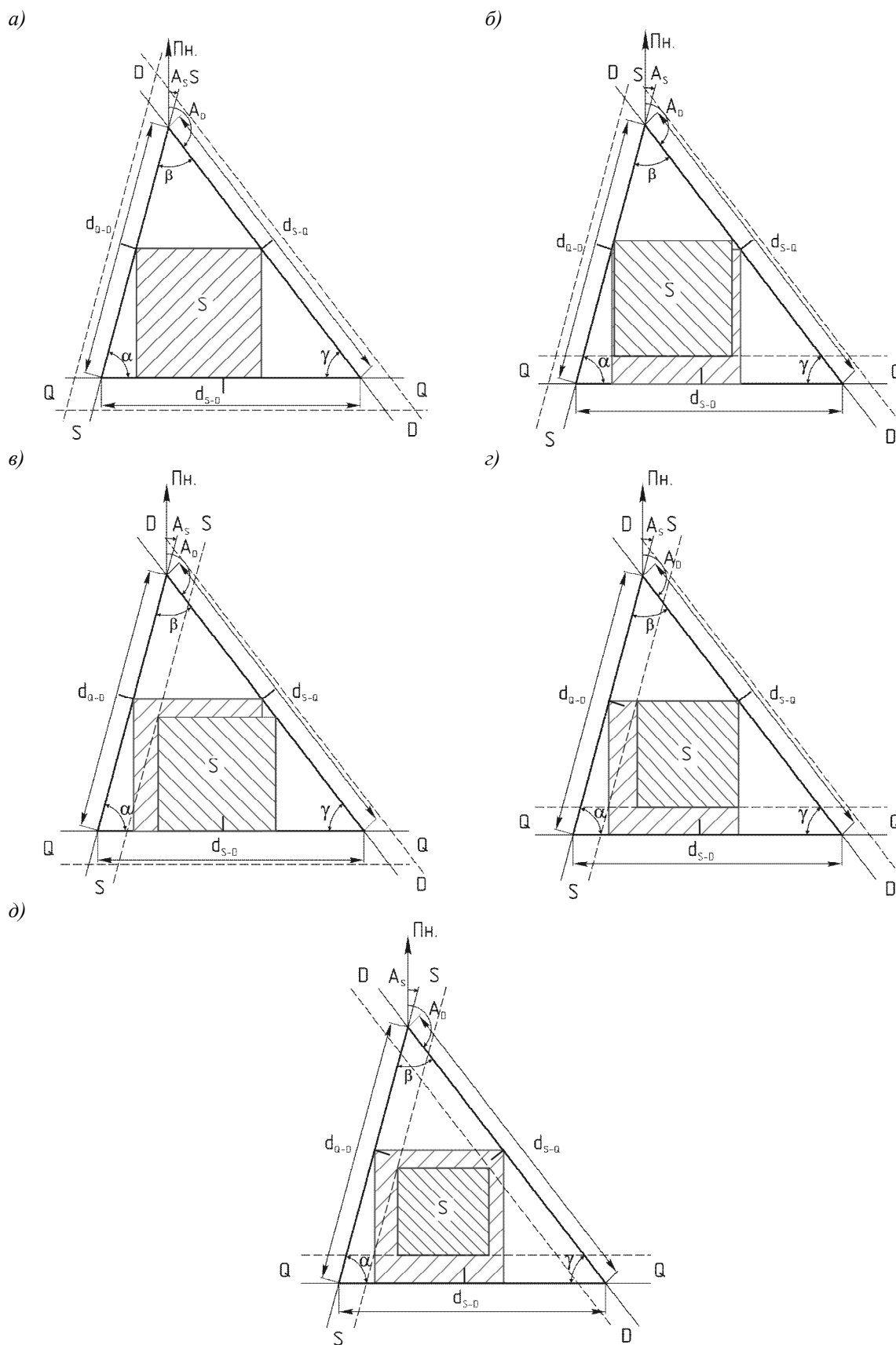


Рис. 3. Варіанти геометризації призматичної або пірамідальної трикутної природних окремоностей

Формули для обчислення об'ємів призматичної або пірамідальної трикутної природних окремостей, вписаних у природні окремість (рис. 3), зведені в табл. 3.

Таблиця 3

Робочі формули для обчислення площі основи вписаного прямокутного паралелепіпеда в призматичну або пірамідальну трикутну окремість

| Номер<br>рисунок | Формула для обчислення максимального об'єму  | Номер<br>формули |
|------------------|--|------------------|
| 1                | 2  | 3                |
| Рис. 3, а        | $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot d_{Q-D} \cdot \sin \alpha \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot d_{Q-D} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot d_{S-Q} \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L$ <p style="text-align: center;">або</p> $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot d_{S-Q} \cdot \sin \gamma \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot d_{Q-D} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot d_{S-Q} \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L$   | (14)             |
| Рис. 3, б        | $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( d_{Q-D} \cdot \sin \alpha - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3} \right) \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot \left( d_{Q-D} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \sin \alpha} \right) \cdot \cos \alpha + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{2} \cdot \left( d_{S-Q} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \sin \gamma} \right) \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L$ <p style="text-align: center;">або</p> $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( d_{Q-D} \cdot \sin \alpha - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3} \right) \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L$ <p>де <math>d'_{Q-D} = d_{Q-D} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \sin \alpha}</math>;<br/> <math>d'_{S-Q} = d_{S-Q} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \sin \gamma}</math>.</p>   | (15)             |
| Рис. 3, в        | $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \sin \alpha \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L$ <p style="text-align: center;">або</p> $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \sin \gamma \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L$ <p>де <math>d'_{Q-D} = d_{Q-D} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \beta} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha}</math>;<br/> <math>d'_{S-D} = d_{S-D} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \alpha}</math>;<br/> <math>d'_{S-Q} = d_{S-Q} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \beta}</math>.</p>  | (16)             |
| Рис. 3, г        | $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \sin \alpha \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L$ <p style="text-align: center;">або</p> $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \sin \gamma \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L$ <p>де <math>d'_{Q-D} = d_{Q-D} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \beta} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \sin \alpha}</math>;<br/> <math>d'_{S-D} = d_{S-D} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \alpha} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \operatorname{tg} \gamma}</math>;<br/> <math>d'_{S-Q} = d_{S-Q} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \alpha} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \sin \gamma}</math>.</p> | (17)             |

Закінчення табл. 3

| 1         | 2  | 3    |
|-----------|--|------|
| Рис. 3, д | <p>У даному випадку розрахункові формули будуть мати вигляд, аналогічний випадку рис. 3 а, і орієнтування необхідно виконувати відносно меншої грані (в даному випадку нижньої). Відстані між тріщинами можна розрахувати з наступних залежностей:</p> $d'_{S-D} = d_{S-D} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \alpha} - \frac{d_{L_2}}{\operatorname{tg} \delta_2 \cdot \sin \gamma} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \operatorname{tg} \gamma},$ $d'_{Q-D} = d_{Q-D} - \frac{d_{L_2}}{\operatorname{tg} \delta_2 \cdot \sin \beta} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \sin \alpha} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \beta},$ $d'_{S-Q} = d_{S-Q} - \frac{d_{L_3}}{\operatorname{tg} \delta_3 \cdot \sin \gamma} - \frac{d_{L_1}}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin \beta} - \frac{d_{L_2}}{\operatorname{tg} \delta_2 \cdot \operatorname{tg} \beta} - \frac{d_{L_2}}{\operatorname{tg} \delta_2 \cdot \operatorname{tg} \gamma},$ <p>тоді</p> $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \sin \alpha \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L$ <p style="text-align: center;">або</p> $V = S \cdot d_L = \left[ \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \sin \gamma \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot d'_{Q-D} \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot d'_{S-Q} \cdot \cos \gamma \right) \right] \cdot d_L.$ | (18) |

**Висновки.** За результатами виконаних досліджень було запропоновано методи геометризації природних окремоостей з метою підвищення коефіцієнта виходу блочної сировини і робочі формули для підрахунку прогнозного об'єму товарного блока. Крім того, було встановлено, що в полієдричних або багатогранних природних окремоостях для отримання товарного блока найбільшого об'єму необхідно товарний блок орієнтувати по основі природної окремоості. Крім того, при відхиленні кутів падіння субвертикальних тріщин (що формують бічні грані природної окремоості) від 90° будуть спостерігатися додаткові втрати на пасерування.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Котенко В.В. Аналіз та дослідження сучасних методів визначення тріщинуватості родовищ облицювального каменю // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2003. – № 1. – С. 218–222.
2. Котенко В.В. Дослідження тріщинуватості та кутових співвідношень елементів орієнтування субвертикальних систем тріщин лабрадоритових покладів каменю облицювального // Матеріали міжнародної конференції “Форум гірників–2006”. – Дніпропетровськ: НГУ, 2006. – С. 232–242.
3. Котенко В.В. Дослідження умов формування природних окремоостей каменю облицювального лабрадоритових масивів Українського кристалічного щита // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2006. – № 4 (39). – С. 279–286.
4. Котенко В.В. Теоретичні узагальнення розвитку природної тріщинуватості масивів вивержених облицювальних порід поліської частини Українського кристалічного щита // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2002. – № 4 (23). – С. 277–280.

КОТЕНКО Володимир Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії, декан гірничо-екологічного факультету Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- маркшейдерія;
- гірництво;
- технологія розробки покладів декоративного каменю.

Подано 30.09.2007