

О.М. Клеван, аспір.  
В.В. Котенко, к.т.н., доц.

*Житомирський державний технологічний університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ПОМИЛКИ ВІНОСУ В НАТУРУ ПАСПОРТА БУРОВИВБУХОВИХ РОБІТ ПОЛЯРНИМ СПОСОБОМ

*Досліджено та встановлено залежність зміни помилки виносу паспорта буровибухових робіт на їх якість проведення в умовах родовищ нерудної будівельної сировини при полярному способі виконання розбивки.*

**Вступ.** Відповідно до фізико-механічних властивостей розроблюваних порід існує кілька способів підготовки їх до виймання, що забезпечує необхідну якість сировини, безпеку гірничих робіт, а також найкращі умови застосування засобів механізації наступних процесів переробки.

Способи підготовки гірських порід до виймання можна поділити на дві основні групи: без попереднього розпушування і з попереднім розпушуванням. До першої групи належать: механічний; фізичний; гідравлічний; хімічний та комбінований способи керованого обвалення. До другої групи – вибуховий спосіб підготовки гірських порід (руйнування масиву за допомогою енергії вибуху).

Як початковий процес технології видобутку вибухові роботи визначають ефективність усіх наступних процесів, а саме: навантаження, транспортування, механічного дроблення та переробки мінеральної сировини [5].

Підготовка напівскельних і скельних порід на кар'єрах ведеться за допомогою буровибухових робіт (БВР), внаслідок чого здійснюється відділення порід від масиву, подрібнення до кусків заданих розмірів і часткове їх переміщення (за необхідності).

Оскільки на кар'єрах систематично здійснюються масові вибухи, то маркшейдерській службі підприємства необхідно своєчасно готувати вихідні дані для проведення спеціальних робіт. За досвідом багатьох кар'єрів можна вважати, що саме маркшейдерське забезпечення БВР вимагає майже 30 % загального бюджету робочого часу маркшейдера.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вдосконаленню маркшейдерського забезпечення БВР на родовищах нерудної будівельної сировини присвячені праці таких вчених, як М.Т. Бакка, Б.М. Кутузова, Р.Р. Сінаняна, С.А. Філатова та ін.

Експериментальні дослідження в області встановлення розмірів і форми зони руйнування при вибуху системи свердловинних зарядів детально розглянуті в наукових працях О.О. Фролова, І.І. Гурвіча, А.М. Ромашова, В.М. Родіонова, Г.І. Покровського, І.С. Федорова.

Вплив схеми розташування вибухових свердловин на ефективність ведення БВР при видобуванні було-щебеневої сировини на основі промислових експериментів, що проводилися компанією ПрАТ “Західукрвибухпром”, відображено в працях О.О. Кісель, А.В. Кісель [4].

Проєктне питання безпосереднього впливу помилки виносу паспорта БВР в натуру на якість підірваної гірської маси на сьогоднішній день розглянуто не в повному обсязі.

**Мета досліджень.** Якісною характеристикою кожного масового вибуху на родовищах нерудної будівельної сировини є рівномірність подрібнення гірської породи. Це можливо лише за умови суворого дотримання основних параметрів БВР, а саме: висоти уступу, заданої величини перебуру, сітки та схеми розташування вибухових свердловин. Слід зазначити, що до обов'язків маркшейдерської служби підприємства входить виніс паспорта БВР в натуру та контроль за правильністю його виконання.

У роботі [2] авторами була встановлена аналітична залежність між помилкою розташування устя вибухової свердловини та якістю підірваної гірської породи, розраховані кількісні значення зміни параметрів паспорта БВР. Метою даної роботи є дослідження зміни величини помилки виносу усть вибухових свердловин в натуру полярним способом, а також встановлення закономірності їхнього зростання (спадання) залежно від точності дотриманих елементів виносу та за наявності оптико-механічних інструментів; дослідити їхній вплив на якість підірваної гірської маси безпосередньо в умовах родовищ нерудної будівельної сировини.

**Викладення основного матеріалу.** Згідно з діючою інструкцією з виконання маркшейдерських робіт [1], винесення паспорта БВР дозволяється виконувати від найближчих пунктів знімальної мережі полярним або ординатним способом. Допускається також використовувати комбінацію цих методів, коли полярним способом виносять кінцеві точки першого ряду, решту – від отриманої лінії методом перпендикулярів.

Розбиваючи устя свердловин, маркшейдер, як правило, інструментально виносить в натуру тільки межі запланованого до вибуху блока. При розбивці свердловин особливу увагу приділяють суворому дотриманню проєктних відстаней свердловин від верхньої бровки уступу.

Вибір способу розбивки обумовлений місцем розташування блока, його розмірами та формою, необхідною точністю розбивки та наявністю інструментів.

Форми та розміри підготовлених до вибуху блоків (довжина та ширина блока, висота та кут відкосу уступу), загальний об'єм вибуху, а також необхідний ступінь подрібнення підірваної породи кожен раз задаються проектом.

Розбивка свердловин полярним способом виконується від найближчих пунктів знімальної мережі, найчастіше в тих випадках, коли рівна місцевість і відстані до характерних точок не перевищують довжини мірного приладу (стрічки). Знаходження положення вибухових свердловин полягає у відкладанні на місцевості кута  $\alpha$  та довжини лінії  $s$ . Проектні величини  $\alpha$  та  $s$  обирають із проекту розбивки блока для БВР. Кути дозволяється відкладати з точністю до  $\pm 5'$ , відстань менше 50 м дозволяється вимірювати нитковим далекоміром [6].

Провівши статистичні спостереження за результатами роботи ПрАТ “Західукрвибухпром” в умовах родовищ нерудної будівельної сировини, встановлено, що найбільш оптимальним є блок об'ємом 13–15 тис. м<sup>3</sup>. Найбільш поширеною є витягнута прямокутна форма блока з 4–5-ма рядами буріння свердловин (рис. 1).

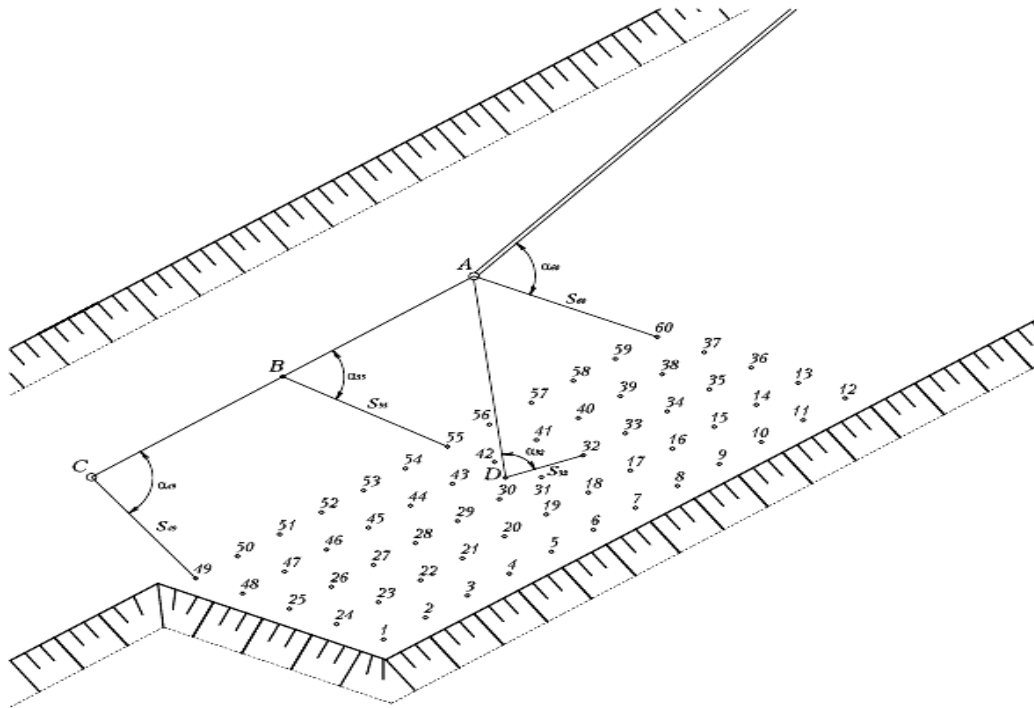


Рис. 1. Схема виносу в натуру паспорта БВР полярним способом

Залежно від кількості та місця розташування вихідних пунктів знімального обґрунтування виніс в натуру елементів паспорта БВР полярним способом може бути здійснений:

- з однієї точки знімального обґрунтування, що знаходиться на відстані 20–30 м від останнього ряду з будь-якого боку проектного блока (т. А або т. С);
- з однієї точки знімального обґрунтування, що знаходиться на відстані 20–30 м від середини останнього ряду свердловин (т. В);
- з однієї точки знімального обґрунтування, розташованої безпосередньо в середині блока (т. D);
- одночасно з двох точок знімального обґрунтування (т. А, т. С).

Точність розбивки свердловин полярним способом обумовлюється помилками визначення вихідних пунктів, винесенням в натуру кута  $\alpha$ , довжини лінії  $s$  та фіксації устя свердловин на поверхні блока:

$$\sigma_c = \sqrt{2\sigma^2 + \frac{s^2}{\rho^2} \sigma_a^2 + \sigma_s^2 + \sigma_\phi^2}, \quad (1)$$

де  $\sigma$  – помилка положення вихідних пунктів;  $\sigma_a$  – помилка винесення в натуру кута  $\alpha$ ;  $\sigma_s$  – помилка винесення в натуру довжини лінії  $s$ ;  $\sigma_\phi$  – помилка фіксації устя свердловини на поверхні блока.

Необхідно зазначити, що за умови, коли тахеометрична зйомка основних параметрів блока та винесення в натуру усть вибухових свердловин виконується з однієї точки знімального обґрунтування, помилка положення вихідних пунктів матиме постійну величину ( $\sigma = \text{const}$ ), тому при математичних розрахунках її можна не враховувати.

Значний вплив на помилку розташування вибухових свердловин матимуть помилка винесення кутів та довжин ліній. І ця помилка матиме зростаючий характер: чим більша відстань від точки стояння до місця розташування устя свердловини, тим більша середня квадратична помилка винесення її місця положення.

За допомогою ниткового далекоміра відстань визначається досить швидко, але з малою точністю. Точність визначення відстані нитковим далекоміром значно менша за точність визначення відстані стрічкою. Вона характеризується відносною помилкою в середньому 1:300, головним чином, в результаті малої точності взяття відліків по рейці. Друга важлива причина малої точності визначення відстані нитковим далекоміром з прямовисною рейкою полягає в тому, що промені, що відсікають відрізок по рейці, проходять через шари атмосфери неоднакової щільності і в різний час доби неоднаково переломлюються. Заважають зняттю відліків по рейці в спекотні дні і коливання шарів атмосфери, що прилягають до земної поверхні.

Із розрахунків [3] видно, що середня квадратична помилка визначення планового положення знімальних точок буде залежати від точності зняття відліків по нитковому далекоміру.

В дійсності ж відносна точність вимірювань відстаней нитковим далекоміром значно нижча, порівняно з розрахунковою. Це зниження пояснюється цілою низкою причин:

- на відстані більше 60–70 м за нитками сітки практично важко відразумати по рейці частини поділок. Тому середня помилка заокруглення до цілої поділки в 1 см дорівнює  $\pm 0,3\sqrt{2}$ , або при коефіцієнті далекоміра  $k = 100$  – майже  $\pm 0,42$  м;
- неоднакова оптична щільність приземних шарів повітря знижує точність далекомірних вимірювань. На відстані 100 м та більше помилка може сягати 1–1,5 м.

Помилка фіксування проектного положення устя вибухових свердловин буде залежати від: способу закріплення їх на поверхні блока (металевого костиля, дерев'яного кілочка, камінням тощо); точності встановлення щогли бурового верстата над точкою. Величина даної помилки, як показує практика, коливається в межах 0,5–1,0 діаметра буріння свердловин і в середньому становить 75 мм (при діаметрі буріння свердловин 150 мм).

За вихідні дані для дослідження помилки точності виносу в натуру паспорта БВР полярним способом в умовах родовищ нерудної будівельної сировини були прийняті паспортні дані одного з підприємств Житомирщини, з параметрами сітки буріння свердловин: шахова –  $5,0 \times 4,0$  м, діаметр буріння – 150 мм (рис. 1).

Для отримання необхідної залежності авторами статті були проведені теоретичні розрахунки, які базувалися на визначенні середньої квадратичної помилки виносу в натуру паспорта БВР залежно від фактичного положення точок знімальної основи (чотири варіанти, рис. 1), відстані виносу з використанням оптико-механічних приладів (збільшення зорової труби  $f = 18-25^{\times}$ ).

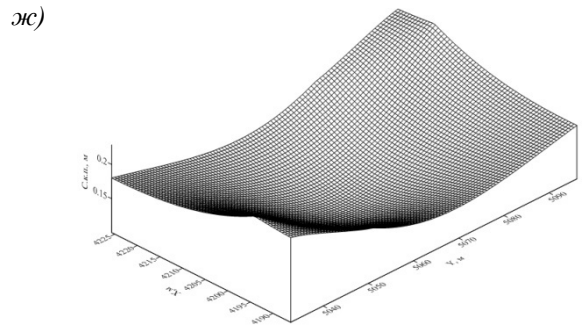
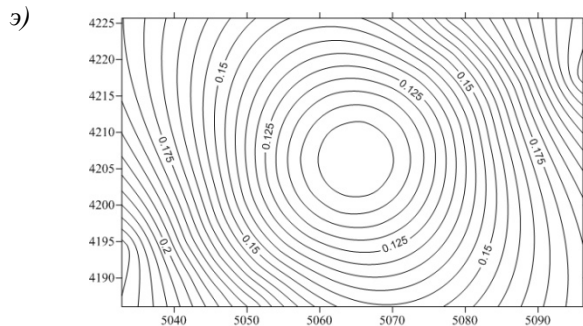
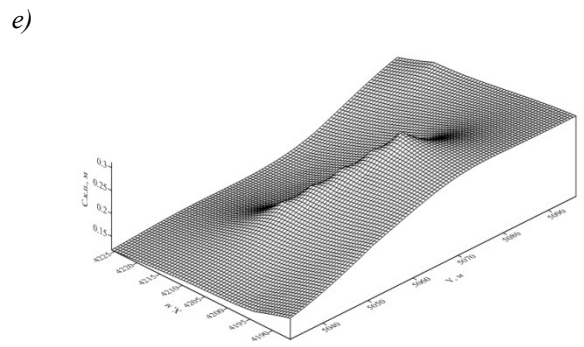
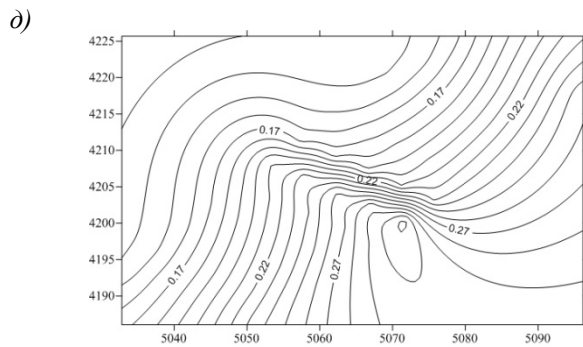
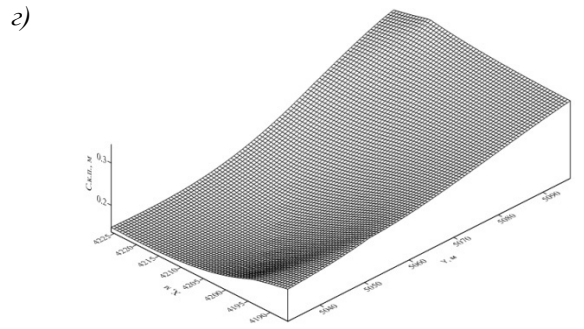
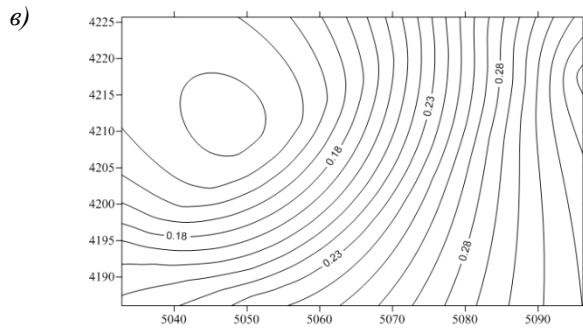
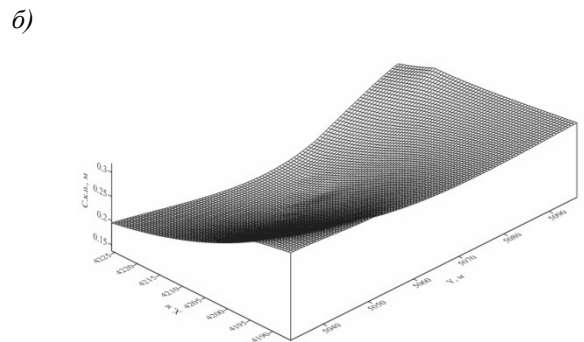
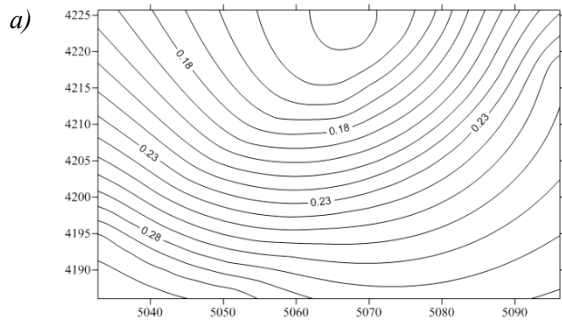
Отримані теоретичні розрахунки зміни величини помилки винесення в натуру паспорта БВР полярним способом наведено в таблиці 1 та відображено на графіках (рис. 2).

Таблиця 1

Зміна величини помилки винесення в натуру паспорта БВР полярним способом

| № з/п | № свердловини | Координати свердловини, м |         | Середня квадратична помилка винесення проектного місця положення свердловини $\sigma$ , м, варіант |       |       |       | № свердловини | Координати свердловини, м |         | Середня квадратична помилка винесення проектного місця положення свердловини $\sigma$ , м, варіант |       |       |       |
|-------|---------------|---------------------------|---------|--|-------|-------|-------|---------------|---------------------------|---------|--|-------|-------|-------|
|       |               | X                         | Y       | I  | II    | III   | IV    |               | X                         | Y       | I  | II    | III   | IV    |
| 1     | 2             | 3                         | 4       | 5  | 6     | 7     | 8     | 9             | 10                        | 11      | 12   | 13    | 14    | 15    |
| 1     | 1             | 4186,06                   | 5051,13 | 0,307  | 0,237 | 0,235 | 0,178 | 31            | 4207,30                   | 5066,53 | 0,191  | 0,198 | 0,191 | 0,101 |
| 2     | 2             | 4188,93                   | 5055,22 | 0,288  | 0,230 | 0,246 | 0,156 | 32            | 4210,17                   | 5070,62 | 0,184  | 0,212 | 0,184 | 0,108 |
| 3     | 3             | 4191,80                   | 5059,32 | 0,270  | 0,226 | 0,259 | 0,137 | 33            | 4213,04                   | 5074,71 | 0,182  | 0,228 | 0,182 | 0,123 |
| 4     | 4             | 4194,67                   | 5063,41 | 0,255  | 0,227 | 0,275 | 0,122 | 34            | 4215,91                   | 5078,81 | 0,185  | 0,248 | 0,184 | 0,142 |
| 5     | 5             | 4197,54                   | 5067,50 | 0,243  | 0,232 | 0,293 | 0,114 | 35            | 4218,78                   | 5082,90 | 0,192  | 0,269 | 0,192 | 0,165 |
| 6     | 6             | 4200,41                   | 5071,60 | 0,234  | 0,240 | 0,313 | 0,113 | 36            | 4221,66                   | 5086,99 | 0,204  | 0,292 | 0,204 | 0,190 |
| 7     | 7             | 4203,29                   | 5075,69 | 0,228  | 0,251 | 0,228 | 0,120 | 37            | 4223,66                   | 5082,41 | 0,178  | 0,267 | 0,178 | 0,178 |
| 8     | 8             | 4206,16                   | 5079,78 | 0,227  | 0,266 | 0,227 | 0,134 | 38            | 4220,79                   | 5078,32 | 0,168  | 0,244 | 0,168 | 0,155 |
| 9     | 9             | 4209,03                   | 5083,78 | 0,229  | 0,283 | 0,229 | 0,152 | 39            | 4217,92                   | 5074,23 | 0,162  | 0,222 | 0,162 | 0,134 |
| 10    | 10            | 4211,90                   | 5087,96 | 0,235  | 0,302 | 0,235 | 0,174 | 40            | 4215,05                   | 5070,13 | 0,162  | 0,202 | 0,162 | 0,117 |
| 11    | 11            | 4214,77                   | 5092,06 | 0,245  | 0,322 | 0,245 | 0,198 | 41            | 4212,17                   | 5066,04 | 0,163  | 0,186 | 0,167 | 0,106 |
| 12    | 12            | 4217,65                   | 5096,15 | 0,258  | 0,344 | 0,258 | 0,223 | 42            | 4209,30                   | 5061,95 | 0,177  | 0,173 | 0,177 | 0,103 |

|    |    |         |         |       |       |       |       |    |         |         |       |       |       |       |
|----|----|---------|---------|-------|-------|-------|-------|----|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 13 | 13 | 4219,65 | 5091,57 | 0,230 | 0,318 | 0,230 | 0,205 | 43 | 4206,43 | 5057,85 | 0,192 | 0,164 | 0,234 | 0,109 |
| 14 | 14 | 4216,78 | 5087,48 | 0,218 | 0,295 | 0,218 | 0,180 | 44 | 4203,56 | 5053,76 | 0,210 | 0,161 | 0,213 | 0,121 |
| 15 | 15 | 4213,91 | 5083,39 | 0,209 | 0,274 | 0,209 | 0,156 | 45 | 4200,69 | 5049,67 | 0,230 | 0,163 | 0,195 | 0,140 |
| 16 | 16 | 4211,04 | 5079,29 | 0,205 | 0,255 | 0,205 | 0,135 | 46 | 4197,81 | 5045,57 | 0,252 | 0,171 | 0,179 | 0,162 |
| 17 | 17 | 4208,16 | 5075,20 | 0,204 | 0,238 | 0,204 | 0,118 | 47 | 4194,94 | 5041,48 | 0,276 | 0,183 | 0,168 | 0,186 |
| 18 | 18 | 4205,29 | 5071,11 | 0,208 | 0,224 | 0,208 | 0,107 | 48 | 4192,07 | 5037,39 | 0,301 | 0,199 | 0,162 | 0,211 |
| 19 | 19 | 4202,42 | 5067,01 | 0,216 | 0,213 | 0,286 | 0,103 | 49 | 4194,08 | 5032,81 | 0,305 | 0,194 | 0,141 | 0,229 |
| 20 | 20 | 4199,55 | 5062,92 | 0,228 | 0,206 | 0,266 | 0,109 | 50 | 4196,95 | 5036,90 | 0,278 | 0,175 | 0,145 | 0,204 |
| 21 | 21 | 4196,68 | 5058,83 | 0,243 | 0,204 | 0,247 | 0,121 | 51 | 4199,82 | 5040,99 | 0,253 | 0,159 | 0,155 | 0,179 |
| 22 | 22 | 4193,80 | 5054,74 | 0,261 | 0,205 | 0,232 | 0,139 | 52 | 4202,69 | 5045,09 | 0,229 | 0,148 | 0,170 | 0,157 |
| 23 | 23 | 4190,93 | 5050,64 | 0,281 | 0,211 | 0,219 | 0,161 | 53 | 4205,56 | 5049,18 | 0,206 | 0,142 | 0,188 | 0,138 |
| 24 | 24 | 4188,06 | 5046,55 | 0,302 | 0,221 | 0,209 | 0,185 | 54 | 4208,43 | 5053,27 | 0,186 | 0,143 | 0,209 | 0,123 |
| 25 | 25 | 4190,07 | 5041,97 | 0,300 | 0,208 | 0,185 | 0,196 | 55 | 4211,31 | 5057,37 | 0,168 | 0,149 | 0,168 | 0,114 |
| 26 | 26 | 4192,94 | 5046,06 | 0,277 | 0,195 | 0,193 | 0,171 | 56 | 4214,18 | 5061,46 | 0,154 | 0,161 | 0,154 | 0,113 |
| 27 | 27 | 4195,81 | 5050,16 | 0,255 | 0,186 | 0,205 | 0,148 | 57 | 4217,05 | 5065,55 | 0,145 | 0,178 | 0,145 | 0,119 |
| 28 | 28 | 4198,68 | 5054,25 | 0,235 | 0,182 | 0,220 | 0,127 | 58 | 4219,92 | 5069,65 | 0,142 | 0,197 | 0,142 | 0,132 |
| 29 | 29 | 4201,55 | 5058,34 | 0,217 | 0,183 | 0,239 | 0,111 | 59 | 4222,79 | 5073,74 | 0,145 | 0,219 | 0,145 | 0,150 |
| 30 | 30 | 4204,42 | 5062,43 | 0,202 | 0,188 | 0,259 | 0,102 | 60 | 4225,67 | 5077,83 | 0,154 | 0,243 | 0,154 | 0,172 |



*Рис. 2. Графіки залежності зміни величини середньої квадратичної помилки виносу проектного місця положення устя вибухових свердловин полярним способом залежно від місця розташування вихідних точок знімальної мережі: а, б – з однієї точки знімального обґрунтування, що знаходиться на відстані 20–30 м від останнього ряду з будь-якого боку проектного блока (т. А або т. С); в, г – з однієї точки знімального обґрунтування, що знаходиться на відстані 20–30 м від середини останнього ряду свердловин (т. В); д, е – одночасно з двох точок знімального обґрунтування (т. А, т. С); е, ж – з однієї точки знімального обґрунтування, розташованої безпосередньо в середині блока (т. D)*

**Висновки.** В результаті досліджень встановлена аналітична залежність між помилкою виносу в натуру елементів паспорта БВР полярним способом та безпосередньо обраною схемою виносу (залежно від відстані та місця розташування вихідних пунктів), розраховані кількісні значення зміни величини середньої квадратичної помилки для кожної з наведених вище схем виносу. Встановлено, що зйомку основних елементів блока та виніс в натуру паспорта БВР доцільно виконувати з точки знімального обґрунтування, яка якомога ближче розташовуватиметься до середини проектного контуру блока, оскільки в цьому випадку максимальна (мінімальна) середня квадратична помилка дорівнюватиме 0,23 (0,10) м, порівняно з іншими – 0,31 (0,12) м, 0,32 (0,14) м, 0,34 (0,14) м.

З наведених вище результатів видно, що середня квадратична помилка виносу паспорта БВР в подальшому буде впливати на помилку фактичного розташування свердловин, що, в свою чергу, призведе до зміни виходу кондиційної та зростання виходу некондиційної мас (перепалу та негабариту). Тому при одночасному збігу отриманих аналітичних досліджень з дослідженнями [2] можливо заздалегідь (математично і графічно) спрогнозувати величину виходу кондиційної маси, відсотка переподрібнення, сумарного виходу негабариту та своєчасно вжити заходи (скорегувати фактичні параметри паспорта БВР) щодо покращання виходу кондиційної маси, зменшити втрати корисної копалини при БВР.

Отже в даній роботі показано, що величина помилки виносу в натуру паспорта БВР полярним способом значно впливає на якість та ефективність виконання БВР в умовах родовищ нерудної будівельної сировини.

#### Список використаної літератури:

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ / Министерство угольной промышленности СССР, Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела. – М. : Недра, 1987. – 240 с.
2. Клеван О.М. Дослідження та аналіз точності методів маркшейдерських зйомок при складанні паспортів буровибухових робіт на родовищах нерудної будівельної сировини / О.М. Клеван, В.В. Котенко, Л.А. Ковалевич // Вісник ЖДТУ. – № 2 (57). – 2011. – С. 133–136.
3. Клеван О.М. Вплив помилки розташування устя вибухової свердловини на якість підірваної гірської маси / О.М. Клеван, В.В. Котенко // Вісник ЖДТУ. – 2012. – № 1 (60). – С. 117–120.
4. Кісель О.О. Аналіз впливу схем розташування вибухових свердловин на ефективність ведення буровибухових робіт при видобуванні було-щебеневої сировини / О.О. Кісель, А.В. Кісель // Вісник ЖДТУ. – 2011. – № 1 (56). – С. 109–114.
5. Курузов Б.Н. Взрывные работы : учебник / Б.Н. Курузов. – М. : Недра, 1988. – 3-е изд., перераб. и доп. – 383 с.
6. Оглоблин Д.Н. Маркшейдерское дело / Д.Н. Оглоблин. – М. : Недра, 1981. – 3-е, изд. перераб. и доп. – 704 с.

КЛЕВАН Олег Миколайович – аспірант кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- маркшейдерія;
- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- буровибухові роботи.

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.



**Клеван О.М., Котенко В.В.** Дослідження зміни помилки виносу в натуру паспорта буро-вибухових робіт полярним способом

**Клеван О.М., Котенко В.В.** Исследование изменения ошибки выносу в натуру паспорта буровзрывных работ полярным способом

**Klevan O.M., Kotenko V.V.** Study changes error stakeout passport blasting method polarity

УДК 622:622.235:622.1

**Исследование изменения ошибки выносу в натуру паспорта буровзрывных работ полярным способом / О.М. Клеван, В.В. Котенко**

Исследовано и установлено зависимость изменения ошибки выноса паспорта буровзрывных работ на качество проведения буровзрывных работ в условиях месторождений нерудного строительного сырья при полярном способе выполнения разбивки.

УДК 622:622.235:622.1

**Study changes error stakeout passport blasting method polarity / O.M. Klevan, V.V. Kotenko**

Investigated and found dependence of mistakes to passport blasting the quality of blasting in deposits of non-metallic building materials in polar mode execution stake.