

УДК 622.235.5

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ БУРОВИХ РОБІТ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛМАЗНО-КАНАТНОГО РІЗАННЯ

Р. В. Соболевський, В. О. Шлапак, О. В. Камських

Житомирський державний технологічний університет

вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005, Україна. E-mail: rvsobolevsky@rambler.ru

Проаналізовано основні проблеми при виконанні бурових робіт для забезпечення алмазно-канатного різання та наслідки, до яких вони призводять. Розглянуто основні випадки відхилення свердловин, що задають площину алмазно-канатного різання. Одержано аналітичні вирази для оцінки додаткових площ різання, які виникають внаслідок відхилень площиноутворюючих свердловин для трьох випадків: відхилення горизонтальної свердловини, відхилення вертикальної свердловини та відхилення двох свердловин. Аналітично описано очікуване збільшення площини пропила внаслідок відхилення пробурених свердловин від проектного значення для випадку створення двох площин відокремлення за допомогою алмазно-канатного різання. Наведена графічна залежність збільшення площі алмазно-канатного різання від можливих кутів відхилення вертикальних свердловин для умов Осницького родовища лабрадоритів. Запропоновано пристосування для підвищення точності збійки вертикальної та горизонтальної свердловин, які визначатимуть площину різання. Розроблено методику підвищення точності збійки горизонтальних свердловин, та прописаний алгоритм її реалізації на практиці. Досліджено вплив відхилення площини різання алмазно-канатоопильної установки на втрати сировини, а саме, корисного об'єму видобутого блоку. Встановлено залежність об'єму втрат, зумовлених відхиленням площини різання від об'єму видобутого блоку для Осницького родовища лабрадориту. Виконано оцінку очікуваних економічних збитків унаслідок відхилень площиноутворюючих свердловин.

Ключові слова. Буріння, алмазно-канатне різання, декоративний камінь, управління якістю, втрати, збійка свердловин.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ БУРОВЫХ РАБОТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛМАЗНО-КАНАТНОГО РЕЗАНИЯ

Р. В. Соболевский, В. А. Шлапак, А. В. Камских

Житомирский государственный технологический университет

ул. Черняховского, 103, г. Житомир, 10005, Украина. E-mail: rvsobolevsky@rambler.ru

Проанализированы основные проблемы при выполнении буровых работ для обеспечения алмазно-канатного резания и последствия, к которым они приводят. Рассмотрены основные случаи отклонения скважин, которые задают площадь алмазно-канатного резания. Получены аналитические выражения для оценки дополнительных площадей резания, возникающих в результате отклонений задающих площадей алмазно-канатного резания скважин для трех случаев: отклонение горизонтальной скважины, отклонение вертикальной скважины и отклонение двух скважин. Аналитически описано ожидаемое увеличение площади пропила вследствие отклонения пробуренных скважин от проектного значения для случая создания двух плоскостей отделения с помощью алмазно-канатного резания. Приведена графическая зависимость увеличения площади алмазно-канатного резания от возможных углов отклонения вертикальных скважин для условий Осницкого месторождения лабрадоритов. Предложено приспособление для повышения точности сбойки вертикальной и горизонтальной скважин, которые будут определять площадь резания. Разработана методика повышения точности сбойки горизонтальных скважин, и прописан алгоритм ее реализации на практике. Исследовано влияние отклонения плоскости реза алмазно-канатоопильной установки на потери сырья, а именно полезного объема добытого блока. Установлена зависимость объема потерь обусловленных отклонением плоскости реза от объема добытого блока для Осницкого месторождения лабрадорита. Выполненная оценка ожидаемых экономических убытков вследствие отклонений пробуренных скважин.

Ключевые слова. Бурение, алмазно-канатное резание, декоративный камень, управление качеством, потери, сбойка скважин.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Видобування блочного декоративного каменю базується на виконанні бурових робіт, на які припадає близько 50 % від загального обсягу витрат на видобування [1]. Тому очевидним є вплив якості бурових робіт на ефективність всього видобувного комплексу [2–4]. При розробці покладів габроїдних порід широко використовується технологія алмазно-канатного різання для створення площин відокремлення [5]. Застосування цієї технології потребує використання попереднього буріння для заведення алмазного канату [6, 7], що призводить до суттєвого впливу продуктивності та якості бурових робіт на ефективність алмазно-канатного різання.

Отже актуальність дослідження впливу якості

бурових робіт на ефективність алмазно-канатного різання не викликає сумнівів.

Метою дослідження є визначення сили впливу параметрів бурових робіт на ефективність алмазно-канатного різання та розробка методики управління якістю бурових робіт.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Дослідження впливу якості бурових робіт на ефективність алмазно-канатного різання доцільно розпочати з аналізу основних проблем при бурінні:

- 1) відхилення свердловини від запроєктованого положення [2, 6];
- 2) неточність збійки горизонтальної і вертикальної свердловин [3, 7];
- 3) неточність збійки горизонтальних свердловин;

4) необхідність залишення частини масиву внаслідок технологічної неможливості проходки горизонтальної свердловини по підшві.

Дотримання напрямку буріння свердловини суттєво впливає на якість блочної продукції та ефективність алмазно-канатного різання. Відхилення напрямку буріння від запланованого значення призводить до наступних основних негативних наслідків [5–7]:

1) збільшення площі алмазно-канатного різання, а, відповідно, у питомих витрат алмазного канату, електроенергії та інших ресурсів на одиницю продукції [6];

2) погіршення технологічних параметрів процесу алмазно-канатного різання внаслідок відхилення площини шківів канатопильної установки від

нормалі до площини моноліту;

3) кількісні втрати зумовлені косокутністю площини моноліту, що значно зменшує комерційний розмір потенційних блоків [8–10];

4) збільшення вібрацій в системі канат-канотипильна установка-масив;

5) збільшення витрати інструмента внаслідок відхилення площини пропилю від оптимального значення з позицій анізотропності масиву [6, 9];

6) погіршення геометрії лінії запилювання.

Збільшення площі алмазно-канатного різання зумовлене трьома варіантами відхилень (рис. 1):

- 1) відхилення горизонтальної свердловини;
- 2) відхилення вертикальної свердловини;
- 3) відхилення двох свердловин.

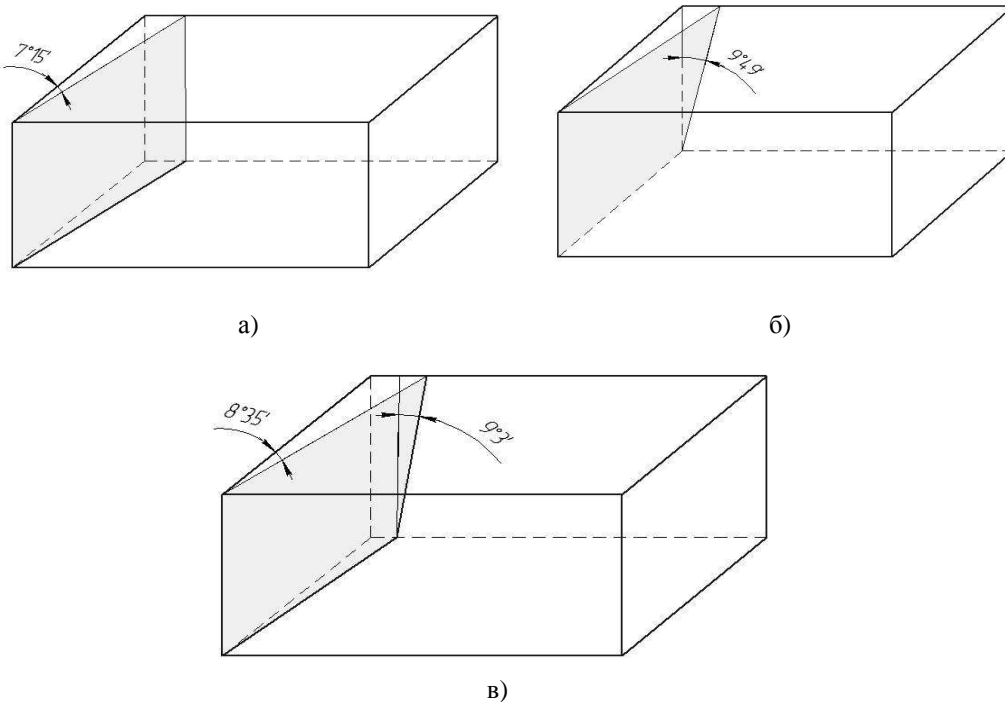


Рисунок 1 – Збільшення площі алмазно-канатного різання зумовлене трьома варіантами відхилень свердловин: а) горизонтальна свердловина; б) вертикальна свердловина; в) вертикальна та горизонтальна свердловини

Аналітичні вирази для оцінки додаткових площ різання, які виникають внаслідок відхилень площиноутворюючих свердловин для трьох вищезазначених випадків, наведені нижче:

1) для випадку відхилення горизонтальної свердловини:

$$S_{\text{різ. дод.}} = HB \left(\frac{1 - \cos \beta_{\text{гор}}}{2 \cos \beta_{\text{гор}}} \right); \quad (1)$$

2) для випадку відхилення вертикальної свердловини:

$$S_{\text{різ. дод.}} = \frac{1}{2} H \left(\frac{\cos \beta_{\text{вер.}} + 1}{2 \cos \beta_{\text{вер.}}} \right) \left(B \sqrt{B^2 + (H \tan \beta_{\text{вер.}})^2} \right); \quad (2)$$

3) для випадку відхилення вертикальної та горизонтальної свердловин:

$$S_{\text{різ. дод.}} = HB \left(\frac{(\cos \beta_{\text{вер.}} + 1)(\cos \beta_{\text{гор}} + 1)}{4 \cos \beta_{\text{гор}} \cos \beta_{\text{вер.}}} - 1 \right); \quad (3)$$

$\beta_{\text{вер}}$ – кут відхилення вертикальної свердловини, град; $\beta_{\text{гор}}$ – кут відхилення горизонтальної свердловини, град; H – висота моноліта, м; B – ширина моноліта, м.

У випадку створення двох площин відокремлення за допомогою алмазно-канатного різання очікуване збільшення площини пропилю може становити:

$$S_{\text{різ. дод.}} = B(H + L) \left(\frac{(\cos \beta_{\text{вер.}} + 1)(\cos \beta_{\text{гор}} + 1)}{4 \cos \beta_{\text{гор}} \cos \beta_{\text{вер.}}} - 1 \right). \quad (4)$$

Графічна залежність збільшення площі алмазно-канатного різання від можливих кутів відхилення вертикальної свердловини представлена на рис. 2.

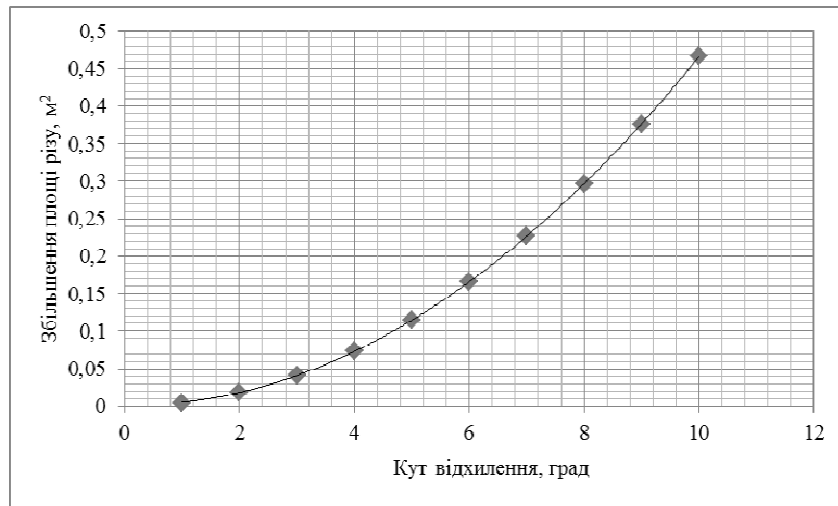


Рисунок 2 – Графічна залежність збільшення площі алмазно-канатного різання від можливих кутів відхилення вертикальної свердловини

Аналіз одержаних результатів свідчить про те, що збільшення площі різання для однієї площини відокремлення може досягати 0,5 м², що для умов Осникського родовища лабрадориту еквівалентно додатковим витратам обсягом 20 тис. грн. на рік.

Неточність збійки двох свердловин призводить до додаткових витрат інструмента та втрат каменю, а також значно зменшує продуктивність каменевидобувного комплексу.

Неточність у збійці найчастіше зумовлена неточністю встановлення бурового верстата, тріщинуватістю масиву та напругами в масиві.

Для забезпечення максимальної точності збійки вертикальної та горизонтальної свердловин, які визначатимуть площину різання, пропонується скористатись розробленим пристосуванням (рис. 3).

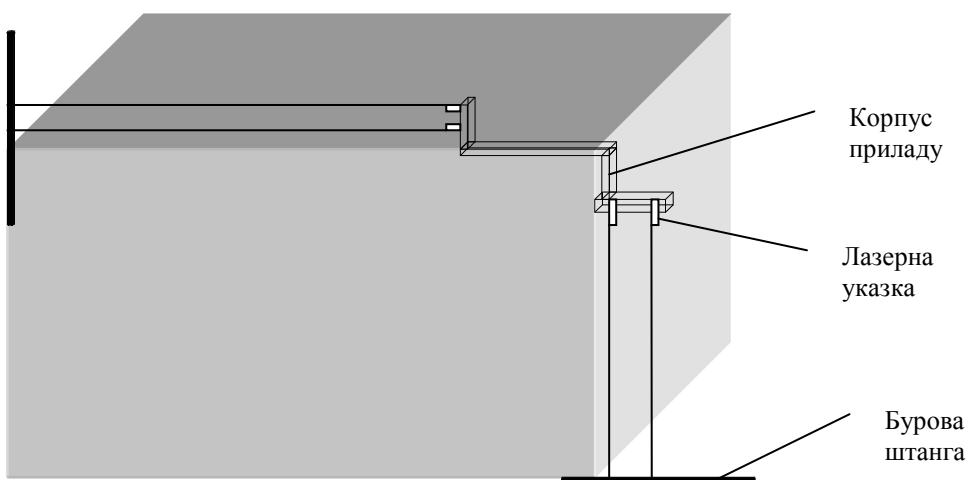


Рисунок 3 – Пристосування для збійки свердловин пробурених для заведення канату при алмазно-канатному різанні

Пристосування складається з корпусу, який є набором із чотирьох взаємно перпендикулярних алюмінієвих брусків перерізом 10×100 мм і чотирьох лазерних указок, що закріплені під кутом 90 градусів до планок. При розташуванні запропонованого пристосування на моноліті необхідно забезпечити мінімальний зазор між корпусом та поверхнею моноліту. Лазерні промені будуть проектуватись на бурові штанги у вигляді двох точок і при їх суміщенні з віссю бурової штанги будуть задавати напрямок буріння. Неточність збійки горизонтальної і вертикальної свердловин можна також усунути на основі методики запропонованої в праці [7].

Для підвищення точності збійки горизонтальних свердловин пропонується наступна методика:

- 1) винос у натуру першої горизонтальної свердловини;
- 2) буріння горизонтальної свердловини;
- 3) визначення параметрів першої горизонтальної свердловини (напрямок у горизонтальній та вертикальній площинах і довжина);
- 4) визначення елементів виносу в натуру другої горизонтальної свердловини;
- 5) винесення в натуру другої горизонтальної свердловини.

Винесення в натуру першої горизонтальної свердловини виконується різними методами, найпоши-

ренішим з яких є використання циліндричного рівня, звичайного виска або їх комбінації.

Слід зазначити, що точність виносу в натуру першої свердловини в значній мірі визначає ефективність збіжки двох горизонтальних свердловин, тому в роботі пропонується для вирішення цієї задачі використовувати теодоліт або електронний тахеометр, який встановлюється в деякій точці А (рис. 4), з якої забезпечується рівнозначна видимість на очікувані площини проходки горизонтальних свердловин. Для збільшення продуктивності виносу в натуру пропонується вимірювати кут GAC, відстані від точки встановлення теодоліту до найближчого ребра моноліту GA та використовувати довжину бурової штанги CB (рис. 4). Після деяких нескладних триго-

нометричних перетворень одержимо вираз для визначення кута між напрямком на кінець штанги (т.В) і напрямком на початок першої горизонтальної свердловини (т.С):

$$\gamma = \arcsin \frac{\sin(\cos(\frac{l_s \cos \beta}{l_1}))}{\cos(\arccos(\sin \beta))} \quad (5)$$

де l_s – довжина штанги або її частини, на рис.4 відповідає відстані CB, м; β – кут між напрямками на кінці моноліту(кут GAC), град; l_1 – відстань від точки встановлення теодоліту до найближчого ребра моноліту, м.

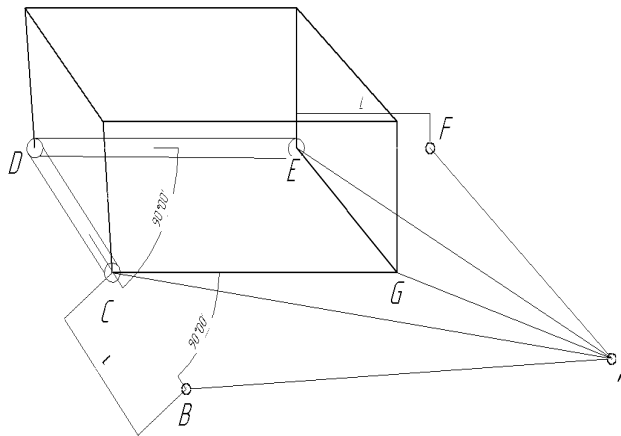


Рисунок 4 – Схема виносу в натуру елементів збіжки двох горизонтальних свердловин

Відповідно відклавши кут CBA одержимо ортогональне положення штанги відносно масиву.

Винос в натуру другої горизонтальної свердловини є більш працездатним. Для виконання цієї операції рекомендується використовувати електронний тахеометр. За початок координат доцільно прийняти т.А (рис. 4), за початковий напрямок – напрямком на найближче ребро моноліту GA. В подальшому алгоритм виносу в натуру елементів збіжки двох горизонтальних свердловин передбачає виконання таких операцій:

- 1) вимірювання кута GAB, кута нахилу та віддалі АВ для визначення координат початку штанги розміщеної в свердловині (точка В);
- 2) вимірювання кута GAC, кута нахилу та віддалі AC для визначення координат кінця штанги розміщеної в свердловині (точка С);
- 3) визначення дирекційного кута напрямку BC, який відповідає дирекційному куту напрямку BD;
- 4) вимірювання довжини свердловини DC;
- 5) визначення координат точки D;
- 6) вимірювання горизонтального кута GAE, кута нахилу та відстані AE для визначення дирекційного кута напрямку AE та координат кінця штанги розміщеної в свердловині, що виноситься (точка E);
- 7) визначення дирекційного кута DE, який відповідає дирекційному куту DF;
- 8) визначення довжини штанги EF (рекомендується прийняти рівній 1,5 м);

9) визначення проектних значень координат точки F;

10) визначення дирекційного кута напрямку FA;

11) визначення кута FAE, який і буде використаний для виносу в натуру положення другої горизонтальної свердловини;

12) забезпечення виносу в натуру необхідного ухилу для запроєктованої свердловини.

Необхідність залишення частини масиву внаслідок технологічної неможливості проходки горизонтальної свердловини по підшві призводить до утворення сходинок висотою 6–15 см.

Також слід зазначити, що крім вище перелічених наслідків, відхилення площини різку впливає на втрати сировини, а саме, корисного об'єму видобутого блоку. З цією метою були досліджені блоки на складі готової продукції, одна із граней яких була відокремлена із застосуванням алмазно-канатопильної установки.

Залежність об'єму втрат, зумовлених відхиленням площини різку від об'єму видобутих блоків для Осницького родовища лабрадориту, приведена на рис. 5. Аналітично ця залежність описується лінійним рівнянням наступного вигляду:

$$V_{ВТГ} = 0,22 + 0,0248V_{бл} \quad (6)$$

Враховуючи, що вартість блоків лабрадориту першої категорії становить 800 \$/м³, прогнозні річні втрати можуть досягати 60 тис. грн. на рік.

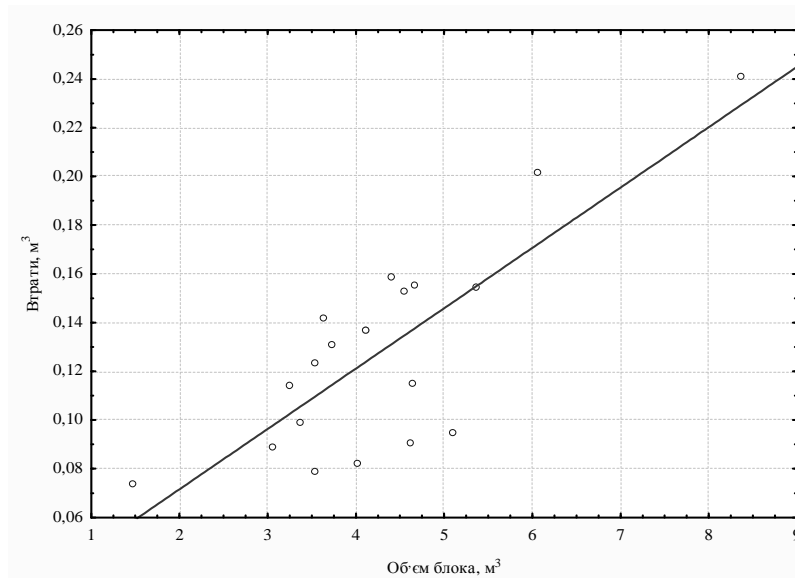


Рисунок 5 – Залежність об'єму втрат зумовлених відхиленням площини різку від об'єму блоку

ВИСНОВКИ. Зваживши на результати вищеведених досліджень, можна зробити висновок, що підвищення точності буріння свердловин для заведення алмазного канату дозволить уникнути надлишкових економічних витрат, пов'язаних із підвищеною витратою інструменту та зменшенням комерційного об'єму блоків, та дозволить підвищити ефективність використання алмазно-канатопильних установок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Repin A.A., Smolyanisky B.N., Alekseev S.E., Popelyh A.J., Timonin V.V., Karpov V.N. Downhole High-Pressure Air Hammers for Open Pit Mining // *Journal of Mining Science*. – 2014. – Vol. 50, № 5. – PP. 929–937.
2. Bu Changgen, Qu Yageo, Cheng Zhigiang, Lui Baolin. Numerical Simulation of Impact on Pneumatic DTH Hammer Percussive Drilling // *Journal of Earth Science*. – 2009. – Vol. 20. – PP. 868–878.
3. Franca L.F.P., Weber H.I. Experimental and numerical study of a new resonance hammer drilling model with drift // *Chaos, Solitons & Fractals*. – 2004. – Vol. 21 (4). – PP. 789–801.
4. Demirdag Servet, Sengun Nazmi, Ugur Ibrahim, Efe Tamer, Akbay Deniz, Altindag Rasit Variation of vertical and horizontal drilling rates depending on some rock properties in the marble quarries // *International Journal of Mining Science and Technology*. – 2014. – Vol. 24, iss. 2. – PP. 269–273.
5. Ozcelik Y., Yilmazkaya E. The effect of the rock anisotropy on the efficiency of diamond wire cutting machines // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. – 2011. – Vol. 48, iss. 4. – PP. 626–636.
6. Вивчення закономірностей утворення і формування втрат при видобуванні декоративного облицювального каменю методом суцільного буріння / Кісель О.О., Соболевський Р.В. // *Вісник Житомирського державного технологічного університету: Технічні науки*. – № 38 (III). – Житомир, 2006. – С. 183–188.
7. Котенко В.В. Маркшейдерське забезпечення бурових робіт при бурінні зустрічних свердловин для заведення алмазного тросу при канатному пилянні масиву // *Вісник Житомирського державного технологічного університету*. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – Вип. 2 (45). – С. 165–169.
8. Управління якістю блоків декоративного каменю на основі наземної цифрової фотограмметрії / Соболевський Р.В., Левицький В.Г. // *Науковий вісник НГУ*. – 2014. – № 6. – С. 58–66.
9. Обґрунтування оптимальних технологічних параметрів видобування гранітних блоків на основі показників тріщинуватості / Соболевський Р.В., Левицький В.Г. // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – Харьков: Издательство Технологического центра, 2014. – № 3 (69). – С. 48–52.
10. Anil Kumar Misra Influence of stone quarries on groundwater quality and health in Fatehpur Sikri, India // *International Journal of Sustainable Built Environment*. – 2013. – Vol. 2, iss. 1. – PP. 73–88.

QUALITY MANAGEMENT OF DRILLING OPERATIONS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF DIAMOND WIRE CUTTING MACHINES

R. Sobolevskyi, V. Shlapak, O. Kamskykh

Zhytomyr State Technological University

vul. Cherniakhovskogo, 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine. E-mail: rvsobolevsky@rambler.ru

Purpose. Research purpose is determining the strength of influence of parameters on the efficiency of drilling diamond-cutting rope and developing methods of quality control of drilling operations. **Results.** It was analyzed the main problems in carrying out the drilling operations for diamond wire cutting machines and the consequences to which they lead. We have realized the main causes of deviated wells, which define a plane of diamond wire cutting. The analytical

expressions for the assessment of additional areas of cutting were obtained. The result from deviations was analyzed for three cases: the horizontal holes, vertical holes and two holes. We had described the expected deviation of cutting lines for the case of the creation of two planes of separation using diamond wire cutting. We had showed the graph of increasing the area of the diamond wire cutting machines from possible deflection angles of vertical wells for Osnikske laboratories' deposit. We have purposed the device for improving the accuracy of the intersection of vertical and horizontal holes. We have applied the algorithm for its implementation. We have calculated the loss of raw materials for the process of diamond wire cutting. **Practical value.** We have calculated the dependence of the volume loss due to the deviation from the plane of the cutting unit for volume produced for Osnikske laboratories' deposit. The estimates of expected economic losses due to deviations of drilled wells have been found.

Key words: drilling, diamond-cut rope, decorative stone, quality management, loss dislodging wells.

REFERENCES

1. Repin, A.A., Smolyanisky, B.N., Alekseev, S.E., Popelyh, A.J., Timonin, V.V., Karpov, V.N. (2014), "Downhole high-pressure air hammers for open pit mining", *Journal of Mining Science*, vol. 50, no. 5, pp. 929–937.
2. Bu, C., Qu, Y., Cheng, Z., Lui, B. (2009), "Numerical simulation of impact on pneumatic dth hammer percussive drilling", *Journal of Earth Science*, vol. 20, no. 5, pp. 868–878.
3. Franca, L.F.P., Weber, H.I. (2004), "Experimental and numerical study of a new resonance hammer drilling model with drift", *Chaos, Solitons & Fractals*, no. 21 (4), pp. 789–801.
4. Demirdag, S., Nazmi, S., Ugur, I., Tamer, E., Akbay, D., Rasit, A. (2014), "Variation of vertical and horizontal drilling rates depending on some rock properties in the marble quarries", *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 24, iss. 2, pp. 269–273.
5. Ozcelik, Y., Yilmazkaya, E. (2011), "The effect of the rock anisotropy on the efficiency of diamond wire cutting machines", *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 48, iss. 4, pp. 626–636.
6. Kisiel, O.O., Sobolevskyi, R.V. (2006), "Study of the formation and the formation of losses in the mining of decorative facing stone by continuous drilling", *Transaction of Zhytomyr State Technological University*, vol. 38 (III), pp. 183–188.
7. Kotenko, V.V. (2008), "Surveyor providing drilling wells for opposing the creation of the diamond cable sawing at the rope array", *Transaction of Zhytomyr State Technological University*, iss. 2 (45), pp. 165–169.
8. Sobolevskyi, R.V., Levytskyi, V.H. (2014), "Quality management of ornamental stone blocks from terrestrial digital photogrammetry", *Scientific Bulletin of National Mining University*, no. 6, pp. 58–66.
9. Sobolevskyi, R.V., Levytskyi, V.H. (2014), "Justification of optimal process parameters of extraction of granite blocks on the basis of indicators fracturing", *East European Journal of advanced technologies*, vol. 3 (69), pp. 48–52.
10. Misra, A.K. (2013), "Influence of stone quarries on groundwater quality and health in Fatehpur Sikri, India", *International Journal of Sustainable Built Environment*, vol. 2, iss. 1, pp. 73–88.

Стаття надійшла 22.10.2015.