

# Разметка шпуров оптическим методом на подземных рудниках

<sup>1</sup>\*АКПАМБАЕВА Асем Гусмановна, докторант, 777a88@mail.ru,

<sup>1</sup>ИСАБЕК Туяк Копеевич, д.т.н., профессор, tyiak@mail.ru,

<sup>2</sup>ТАЖБЕНОВ Бахитжан Джунусович, главный специалист, Bahitzhan.Tazhbenov@kazakhmys.kz,

<sup>3</sup>АН Алексей Евгеньевич, генеральный директор, alexeyan04@gmail.com,

<sup>4</sup>ИМАНГАЛИЕВ Ернар Имангалиұлы, главный ученый секретарь, ymangalyev@mail.ru,

<sup>1</sup>НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

<sup>2</sup>ТОО «Корпорация Казахмыс», ул. Металлургов, 1, Жезказган, Казахстан,

<sup>3</sup>ТОО «КазНИИцветмет», ул. Богенбай батыра, 142, Алматы, Казахстан,

<sup>4</sup>РОО «Национальная инженерная академия РК», ул. Богенбай батыра, 80, Алматы, Казахстан,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** В горнодобывающей отрасли шпуровой метод отбойки пород считается самым передовым способом ведения подземных горных работ в проходческих и очистных забоях. Исследования выполнены в области повышения уровня обеспечения безопасности производства и геомеханической, практической, технико-экономической эффективности горных и взрывных работ. Изыскание проведено на основе внедрения и применения лазерного устройства для разметки шпуров оптическим методом на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс». Выполнен обзор литературных источников, изучение научно-технической документации, освещающей вопросы разметки шпуров и буровзрывных работ. Проведены апробирование на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс», анализ и обобщение результатов исследований с критической их оценкой для обоснования необходимости дальнейшего развития и совершенствования исследуемого вопроса (объекта исследования).

**Ключевые слова:** буровзрывные работы, шпур, метод, отбойка породы, технологический риск, горная масса, рудник, моделирование, бурильщик, очистной забой.

## Введение

Современное состояние буровзрывных работ (БВР) можно охарактеризовать как процесс поэтапного развития технологий, способов ведения и методов расчета параметров взрывания. Шпуровой метод отбойки пород на текущий момент является одним из самых эффективных и качественных способов ведения работ в горнопроходческих забоях, для отбойки руды в очистном забое при применении систем разработки с нахождением людей и оборудования в открытом очистном пространстве (панельно-столбовая, с закладкой слоями и т.д.).

В соответствии с применяемой на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс» системой разработки и направлением выемки руды, шпуровые (скважины) располагают горизонтально или слабонаклонно при сплошной, почвоуступной и потолкоуступной панельно-столбовой выемке; вертикально при

подэтажном обрушении, отработке междукамерных и барьерных целиков с полевой подготовкой.

Анализ выполняемой производственной деятельности исследуемых рудников показал, что к основным достоинствам метода шпуровых зарядов относятся: возможность мелкого и равномерного дробления отбитой горной массы; гибкость и простота применения в любых горнотехнических и горно-геологических условиях.

При этом к недостаткам этого метода относятся: большие трудовые затраты на бурение и взрывание, относительно большой объем буровых работ на 1 м<sup>3</sup> горной массы; значительное пылеобразование при перфораторном бурении шпуров, особенно в крепких породах; необходимость взрывания весьма большого числа отдельных зарядов; опасность травматизма от вывалов горной массы [1].

В практике бурения шпуров при добыче руды и проведении горных выработок с целью исключения ошибок в параметрах БВР работниками рудников ТОО «Корпорация Казахмыс» производится предварительная разметка в призабойном пространстве вручную с помощью яркой краски врубовых шпуров с применением механических приспособлений (шаблона), размещаемого в центральном забуриваемом шпуре, а вспомогательные шпуры отмечаются в соответствии с паспортом БВР замером рядов (по ширине) мерной рулеткой.

Исследования и практический опыт работы на рудниках показали, что при бурении шпуров, креплении и зарядании существует высокий риск травмирования работников отслоившимися кусками горной массы с кровли и бортов выработки.

Основной причиной являются образования заколов горной массы и консолей в призабойном пространстве из-за некачественного проведения буровзрывных работ. Используемый способ разметки шпуров малопроизводителен, небезопасен и не позволяет в забое производить качественную разметку шпуров в ряду по высоте.

Актуальный вопрос, требующий скорейшего решения, – изучение возможности автоматизации процесса разметки шпуров очистных забоев с целью снижения высокого риска травмирования работников из-за отслаивания кусков горной массы с кровли и бортов выработки [2].

### Методы исследования

Обзор литературных источников, изучение научно-технической документации,

освещающей вопросы разметки шпуров и буровзрывных работ, апробирование на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс», анализ и обобщение результатов исследований с критической их оценкой для обоснования необходимости дальнейшего развития и совершенствования исследуемого вопроса (объекта исследования).

### Научные результаты

На горнорудных предприятиях ТОО «Корпорация Казахмыс» шпуровая отбойка выполняется по определенному регламенту. Для производства бурения шпуров горный мастер получает от начальника участка схемы расположения шпуров на все забои участка, кроме того, копии схемы находятся на буровых установках. Бурильщик с помощником бурильщика устанавливают буровую установку в рабочее положение и приступают к разметке шпуров. Исследования производились в очистных забоях с применением прямого призматического вруба. Перед началом разметки пробуривается 1-й центральный врубовой шпур по направлению ведения горных работ с минимальным наклоном 2-3° для промывки шпура. Согласно паспорту БВР буревается первый врубовой шпур на расстоянии 1,5 м от почвы выработки (для удобства разметки) и посередине забоя по горизонтальной плоскости (рисунок 1).

Направляющий брус шаблона вставляется в центральный шпур. Рейка №1 длиной 600 мм устанавливается сначала горизонтально, затем вертикально и на груди забоя краской отмечаются места заложения шпуров 1-го конверта в 4 точках. Затем рейка

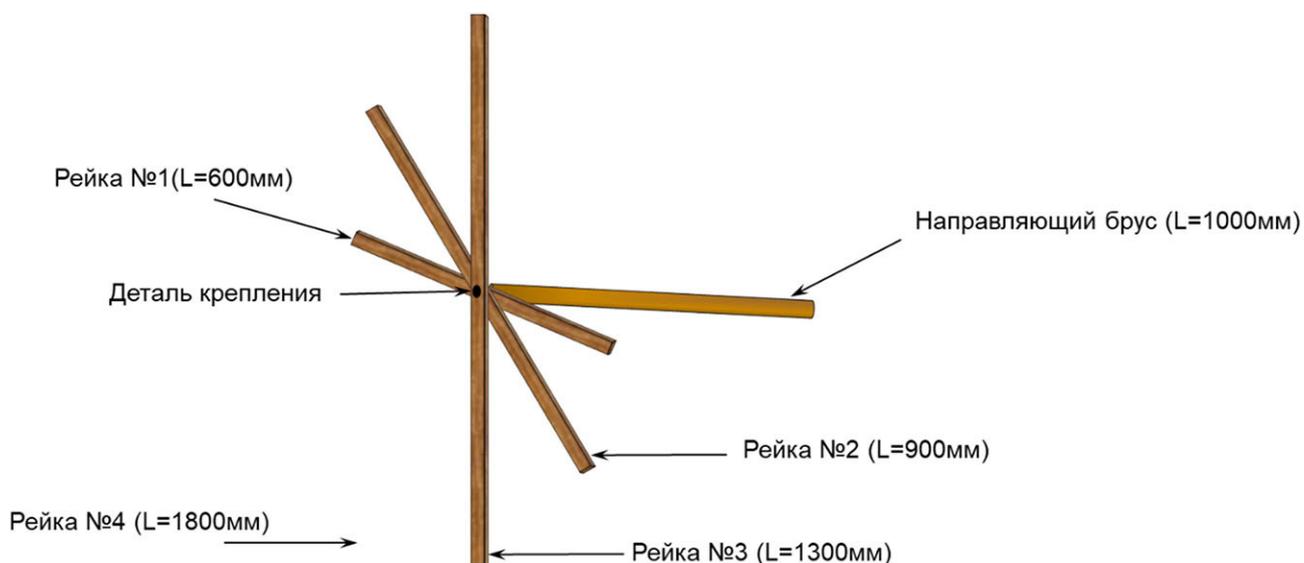


Рисунок 1 – Шаблон для разметки шпуров прямого призматического вруба

№2 длиной 900 мм поворачивается и устанавливается под углом  $45^\circ$  влево и вправо к вертикальной оси забоя и отмечаются шпур-ы 2-го конверта также в 4 точках (рисунок 2).

Рейка №3 длиной 1300 мм устанавливается сначала горизонтально, затем вертикально и на груди забоя краской в 4 точках отмечаются места заложения шпуров 3-го конверта. Рейка №4 длиной 1800 мм поворачивается и устанавливается под углом  $45^\circ$  влево и вправо к вертикальной оси забоя и отмечается 4 точками расположение шпуров 4-го конверта (рисунок 3).

После разметки врубовых шпуров приступают к разметке отбойных шпуров второго и третьего ряда от почвы забоя и контурных шпуров с обеих сторон. Отбойные – шпур-ы взрываемые после оформления вруба. Контурные – шпур-ы для оформления проектного контура выработки. Рулеткой от почвы забоя на высоту 1,60 метра размечают краской шпур-ы второго ряда с расстоянием между ними 1,45 метров и от края бортов 0,3 метра контурные с расстоянием до отбойных 1,10 метров и аналогично раз-

мечают шпур-ы третьего ряда (рисунок 4).

После разметки второго и третьего ряда бурят сначала врубовые, а затем сверху вниз контурные и отбойные шпур-ы, строго соблюдая их параллельность к центральному шпур-у, используя механизм параллельности бурения буровой установки. Для контроля параллельности используют направляющие трубки (алюминиевые трубки, деревянные шомпола), вставленные в уже пробуренный шпур. Данные по заложению шпуров уточняются согласно паспорту БВР [3].

Проведенный анализ показал наиболее опасные для работников рудников технологические риски и последствия при выполнении буровзрывных работ, такие как: вывалы горной массы в призабойном пространстве; нарушение проектных размеров выработки; увеличение времени обезопасивания забоев после взрывных работ; увеличение выхода «негабарита»; снижение объема отбитой горной массы; уменьшение «уходки» забоя; увеличение затрат на добычу и как результат – увеличение себестоимости добычи руды.

Поставленный в начале исследования

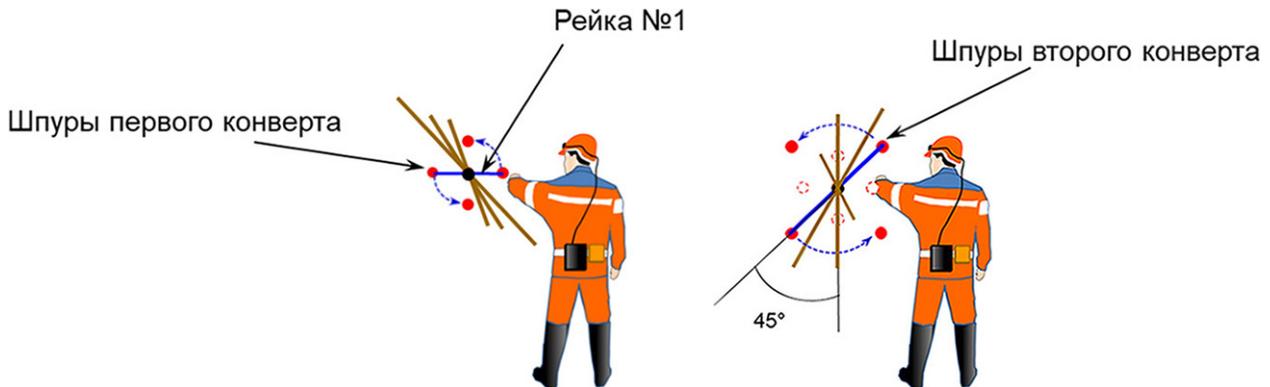


Рисунок 2 – Разметка шпуров 1-го и 2-го конверта

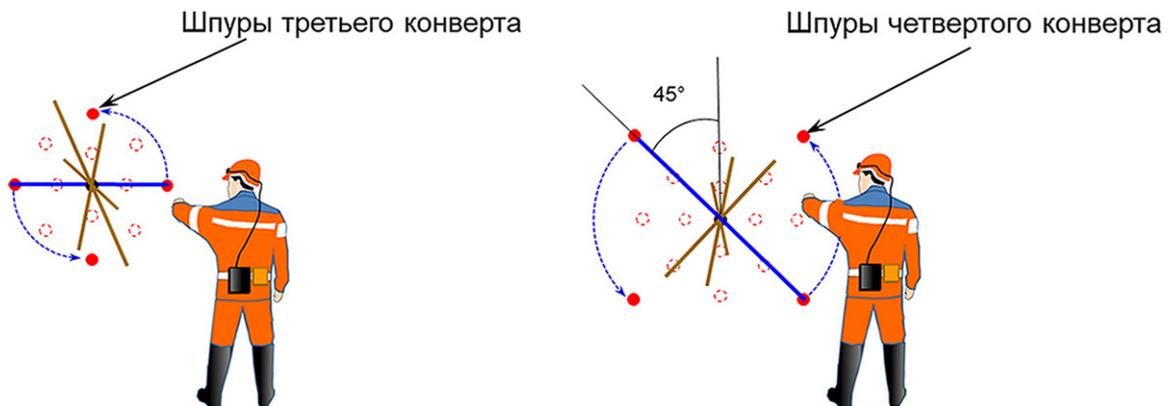


Рисунок 3 – Разметка шпуров 3-го и 4-го конверта

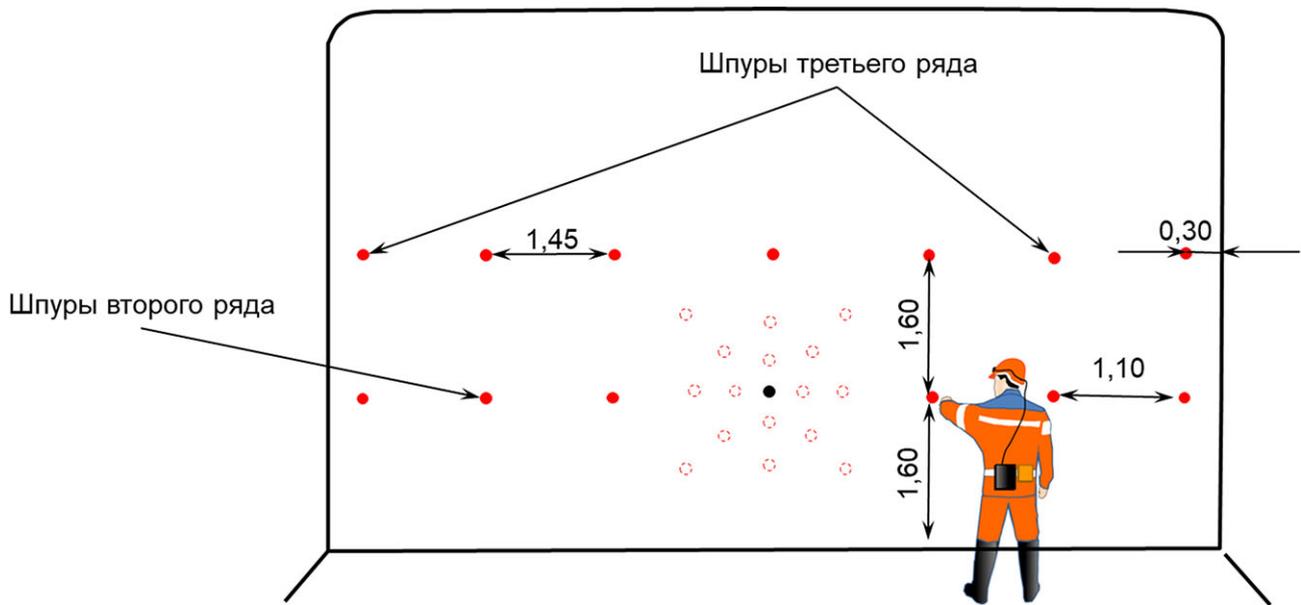


Рисунок 4 – Разметка отбойных шпуров 2-го и 3-го ряда и контурных шпуров

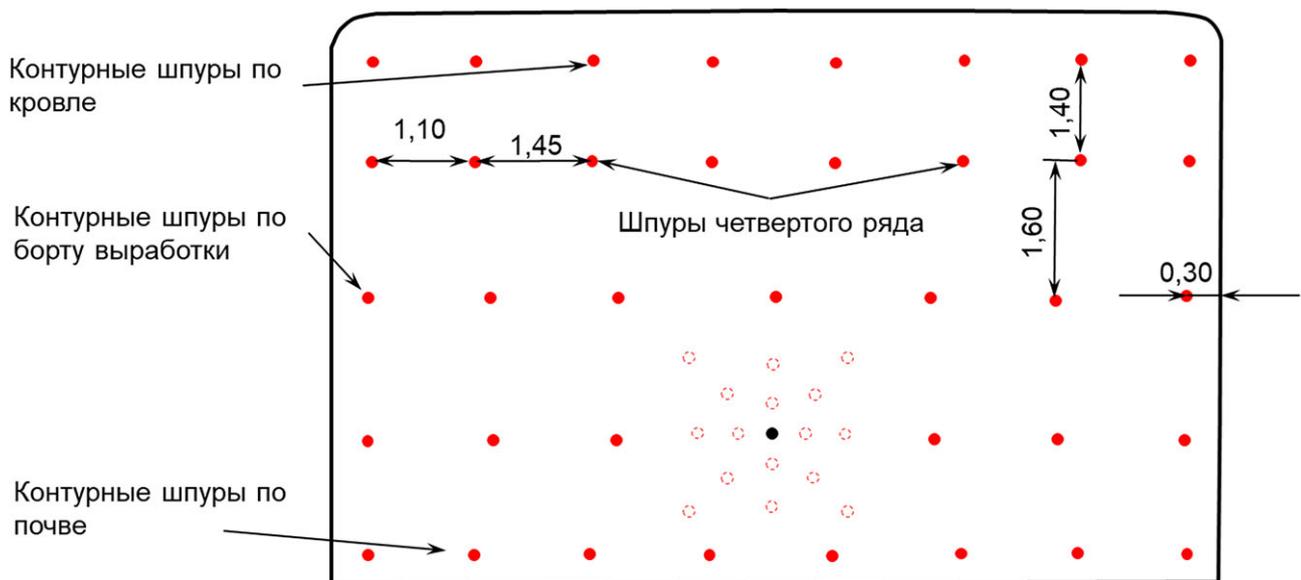


Рисунок 5 – Бурение контурных шпуров по кровле очистного забоя

проблемный вопрос, заключающийся в отслаивание кусков горной массы с кровли и бортов выработки при бурении шпуров, креплении и зарядании, возможен к разрешению за счет реализации технического мероприятия. Техническое мероприятие заключается в применении устройства для разметки шпуров оптическим методом (далее – УРШ) для подземных рудников ТОО «Корпорация Казахмыс».

Вместе с тем, обзор научно-технической информации показал, что компания Aligned Vision является «пионером» в производстве

промышленных лазерных проекторов, которые с высокой точностью проецируют на поверхность объекта требуемые для работы контуры. Данный факт позволяет отказаться от физических шаблонов, которые применяются на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс» на данный момент, а также упростить различные процедуры разметки; уменьшить влияние человеческого фактора в процессах производства быстро вносить изменения в случае необходимости. К примеру, все проекторы компании Aligned Vision оснащены лазером с выходной мощностью до 1 мВт,

что является безопасным для глаза человека [4].

ТОО «Корпорация Казахмыс» была поставлена задача по апробированию и тиражированию отечественного аналога по вышеуказанному образцу. Разработка отечественного устройства для разметки шпуров оптическим методом для подземных рудников выполнена Республиканским Общественным Объединением «Национальная инженерная академия Республики Казахстан» (далее – РОО «НИА РК»), апробирована на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс».

Устройство состоит из линейных лазерных и точечных модулей, проецирующих горизонтальные и вертикальные линии на груди забоя. Проецирование разметки производится методом развертки лазерного луча по типовому паспорту БВР с соблюдением технических норм на мощность оптического излучения.

Для решения поставленной задачи используются 2 и более лазерных указателя, установленных стационарно на всё время бурения. Программное обеспечение управления лазерной развёрткой позволяет сократить время на разметку забоя до нескольких минут. Все паспорта БВР размещаются в постоянной памяти устройства и выбираются оператором буровой установки в соответствии с нарядом.

Для визуализации достигнутых результатов составлены 3D-модели ключевых блоков УРШ, позволяющие составить впечатление о порядке управления УРШ и его оптимизации под возможности человека-оператора. УРШ состоит из двух основных блоков:

- лазерный указатель – интегральное решение, формирующее необходимую проекцию БВР в забое выработки, устанавлива-

ется на буровой машине так, чтобы обеспечить минимальное перекрытие создаваемого им изображения рабочими частями машины;

- пульт управления – предназначен для взаимодействия с человеком-оператором, устанавливается на буровой машине так, чтобы обеспечить максимально удобный и оперативный доступ к элементам управления пульта со стороны человека-оператора (рисунок 6).

УРШ позволил выводить необходимые (несколько типов) заранее заложенных в устройство карт БВР на забойную зону выработки, тем самым помогая оператору буровой машины в определении правильного местоположения шпуров. Для демонстрации работы УРШ был смоделирован видеоролик с 3D-моделями зоны забоя указателя, лазерного указателя и пульта управления УРШ [5].

В смоделированном видеоролике с 3D-моделями действия, происходящие в указанных зонах, позволяют визуализировать изменения лазерного изображения в забойной зоне выработки в результате действий человека-оператора буровой машины. В видеоролике с 3D-моделями отображены такие этапы работы, как: включение, ручная и автоматическая настройки, выбор и вывод карты БВР для работы, экстренное выключение. Видеоролик с 3D-моделями сопровождается голосовыми пояснениями действий человека-оператора и наблюдаемых изменений в отображении на забойной зоне выработки.

В файле продемонстрирована линейная последовательность действий человека-оператора и наблюдаемых изменений в проекции карты БВР на забойной зоне выработки. Суть предлагаемого варианта заключается в том, чтобы на этапе настройки вывести дополнительное изображение (рисунок 7)



Рисунок 6 – Основные зоны отображения работы УРШ

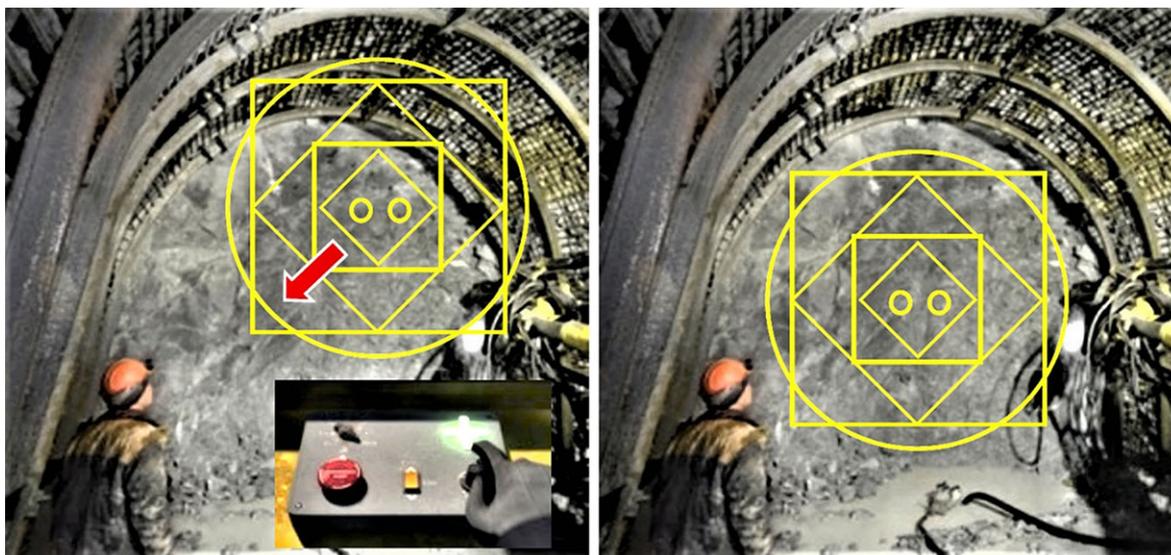


Рисунок 7 – Вспомогательное изображение для установления центра выработки (вверху)

представляющее собой набор концентрических окружностей и квадратов.

Разработка алгоритмов решения задач и структуры ПО Алгоритмическая часть решения опирается на возможности программного обеспечения PRO-SOFT лазерных указателей LAP-laser. На данном этапе оператор включает УРШ и производит на основании собственных субъективных ощущений выбор цвета проекции и мощности лазерного излучения. В зависимости от оттенков извлекаемой из выработки породы и особенностей ее поверхности оптимальным могут оказаться различные оттенки изображения (рисунок 8). В качестве начального изображения выводится система концентрических окружностей и квадратов.

Данные настройки выполняются за счет встроенных возможностей лазерного указателя LAP-laser и его программного обеспечения (рисунок 9). Перед началом работы лазер способен в автоматическом режиме осуществить сканирование поверхности, на которую планируется выведение изображения карты БВР [6].

### Выводы

Производственные возможности, полученные от автоматизации процесса разметки шпуров очистных забоев и апробирования прибора на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс»:

1. Автоматизация процесса с соблюдением точности разметки шпуров, повысила эффективность коэффициента использования шпура при взрывных работах, а также уменьшилось время и период нахождения бурового станка в забойном пространстве.



Рисунок 8 – Варианты выбора цвета и мощности излучения

2. Автоматизация разметки лазерной разверткой позволила сократить время на разметку забоя до нескольких минут.

3. Все паспорта БВР размещены в постоянной памяти разрабатываемого устройства и выбираются оператором буровой установки в соответствии с нарядом.

4. Исследуемая и разрабатываемая система управления технологическими рисками при выполнении горных работ на рудниках позволила выявить проблематику и оптимальные пути решения.

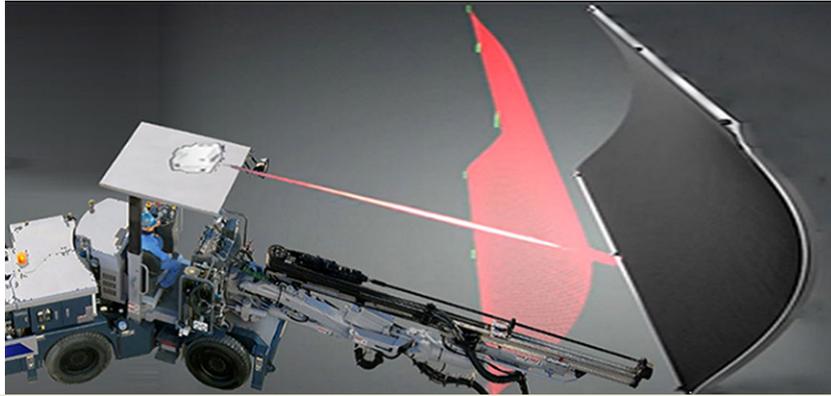


Рисунок 9 – Сканирование поверхности проецирования

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нурлыбаев Р.О. Состояние, развитие и проблемы буровзрывных работ на горнодобывающих предприятиях и пути их решения // Горный журнал Казахстана. – Алматы: Изд-во ТОО «Научно-производственное предприятие «ИНТЕРРИН», 2020. – № 11. – С. 42-45.
2. СТ ТОО 141040015315-ТБ-03-2020 «Система управления рисками в сфере промышленной безопасности и охраны труда в Группе «Казахмыс». – Караганда: Департамент безопасности и охраны труда ТОО «Корпорация Казахмыс», 2020. – 29 с.
3. Практическое пособие горного инженера. – Караганда: ТОО «Корпорация Казахмыс», 2019. – 365 с.
4. Интернет-ресурс компании Aligned Vision. <https://aligned-vision.com>
5. Научно-исследовательский опытно-конструкторский отчет по проекту: «Разработка устройства для разметки шпуров оптическим методом для подземных рудников ТОО «Корпорация Казахмыс». 1 этап работ: Разработка эскизного проекта. – Алматы: РОО «Национальная инженерная академия РК», 2022. – 43 с.
6. Научно-исследовательский опытно-конструкторский отчет по проекту: «Разработка устройства для разметки шпуров оптическим методом для подземных рудников ТОО «Корпорация Казахмыс». 2 этап работ: Разработка технического проекта. – Алматы: РОО «Национальная инженерная академия РК», 2022. – 25 с.

**Жер асты кеніштерінде шпурларды оптикалық әдіспен белгілеу**

<sup>1</sup>\***АҚПАНБАЕВА Әсем Ғұсманқызы**, докторант, 777a88@mail.ru,

<sup>1</sup>**ИСАБЕК Тұяқ Көпелұлы**, т.ғ.д., профессор, tyiak@mail.ru,

<sup>2</sup>**ТАЖБЕНОВ Бахитжан Жүнісулы**, бас маманы, Bahitzhan.Tazhbenov@kazakhmys.kz,

<sup>3</sup>**АН Алексей Евгеньевич**, бас директор, alexeyan04@gmail.com,

<sup>4</sup>**ИМАНҒАЛИЕВ Ернар Иманғалиұлы**, бас ғылыми хатшы, ymangalyev@mail.ru,

<sup>1</sup>«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

<sup>2</sup>«Қазақмыс корпорациясы» ЖШС, Металлургтер көшесі, 1, Жезқазған, Қазақстан,

<sup>3</sup>«КазНИИцветмет» ЖШС, Бөгенбай батыр көшесі, 142, Алматы, Қазақстан,

<sup>4</sup>«ҚР Ұлттық инженерлік академиясы» РҚБ, Бөгенбай батыр көшесі, 80, Алматы, Қазақстан,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Тау-кен өндіру саласында тау-кен жыныстарын шпурлау әдісі ұңғылау және тазарту кенжарларында жер асты тау-кен жұмыстарын жүргізудің ең озық тәсілі болып саналады. Зерттеулер өндіріс қауіпсіздігін қамтамасыз ету деңгейін және тау-кен және жарылыс жұмыстарының геомеханикалық, практикалық, техникалық-экономикалық тиімділігін арттыру саласында орындалды. Шпурларды оптикалық әдіспен белгілеу үшін лазерлік құрылғыны енгізу және қолдану негізінде іздестіру «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС

кеніштерінде жүргізілді. Әдеби дереккөздерге шолу, шпурларды белгілеу және бұрғылау-жару жұмыстары мәселелерін қамтитын ғылыми-техникалық құжаттаманы зерделеу орындалды. «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС кеніштерінде апробациялау, зерттелетін мәселені (зерттеу объектісін) одан әрі дамыту және жетілдіру қажеттілігін негіздеу үшін зерттеулердің нәтижелерін оларды сыни бағалаумен талдау және қорыту жүргізілді.

**Кілт сөздер:** бұрғылау-жару жұмыстары, шпур, әдіс, тау жынысын ұру, технологиялық тәуекел, тау массасы, кеніш, модельдеу, бұрғылаушы, тазарту кенжары.

### **Marking of Boreholes by Optical Method in Underground Mines**

<sup>1</sup>\***AKPANBAYEVA Asem**, Doctoral Student, 777a88@mail.ru,

<sup>1</sup>**ISABEK Tuyak**, Dr. of Tech. Sci., Professor, tyiak@mail.ru,

<sup>2</sup>**TAZHBENOV Bakhitzhan**, Chief Specialist, Bahitzhan.Tazhbenov@kazakhmys.kz,

<sup>3</sup>**AN Alexey**, General Director, alexeyan04@gmail.com,

<sup>4</sup>**IMANGALIYEV Yernar**, Chief Scientific Secretary, ymangalyev@mail.ru,

<sup>1</sup>NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Kazakhmys Corporation LLP, Metallurgists Street, 1, Zhezkazgan, Kazakhstan,

<sup>3</sup>KazNIIsvetmet LLP, Bogenbay Batyr Street, 142, Almaty, Kazakhstan,

<sup>4</sup>RPA «National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan», Bogenbay Batyr Street, 80, Almaty, Kazakhstan,

\*corresponding author.

**Abstract.** In the mining industry, the borehole method of rock breaking is considered the most advanced method of conducting underground mining operations in tunneling and treatment faces. The research was carried out in the field of improving the level of industrial safety and geomechanical, practical, technical and economic efficiency of mining and blasting operations. Research based on the introduction and application of a laser device for marking holes by optical method at the mines of Kazakhmys Corporation LLP. The review of literary sources, the study of scientific and technical documentation covering the marking of boreholes and drilling and blasting operations has been carried out. Testing was carried out at the mines of Kazakhmys Corporation LLP, analysis and generalization of research results with their critical assessment to justify the need for further development and improvement of the issue under study (the object of research).

**Keywords:** drilling and blasting operations, drill hole, method, rock breaking, technological risk, rock mass, mine, modeling, driller, treatment face.

### **REFERENCES**

1. Nurlybaev R.O. State, development and problems of drilling and blasting operations at mining enterprises and ways to solve them // Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty: Publishing house of LLP «Scientific and Production Enterprise «INTERRIN», 2020. – No. 11. – Pp. 42-45.
2. ST LLP 141040015315-TB-03-2020 «Risk management system in the field of industrial safety and labor protection in the Group «Kazakhmys». – Karaganda: Department safety and labor protection of Kazakhmys Corporation LLP, 2020. – 29 p.
3. Practical guide of a mining engineer. – Karaganda: Kazakhmys Corporation LLP, 2019. – 365 p.
4. Aligned Vision Company's Internet resource. <https://aligned-vision.com>
5. Research and development report on the project: «Development of a device for marking holes by optical method for underground mines of Kazakhmys Corporation LLP. Stage 1: Development of a draft design. – Almaty: ROO «National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan», 2022. – 43 p.
6. Research and development report on the project: «Development of a device for marking holes by optical method for underground mines of Kazakhmys Corporation LLP. Stage 2: Development of a technical project. – Almaty: ROO «National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan», 2022. – 25 p.