

A-1

АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР
институт горного дела

На правах рукописи.

О. И. АЛЕКСЕЕВ
горный инженер

АВТОРЕФЕРАТ

по теме: „ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ОДНОРЯДНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СКВАЖИН
НА КОУНРАДСКОМ РУДНИКЕ“

(Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук).

АЛМА-АТА
1950

Планом четвертой Сталинской пятилетки предусматривается увеличение выплавки меди в 1950 г. в 1,6 раза против 1940 г.

В выполнении этой задачи значительную роль играет Коунрадский рудник, разрабатывающий крупнейшее в Союзе месторождение медных вкрапленных руд открытым способом.

Добыча руды в столь значительных масштабах, какие имеют место на Коунрадском руднике, может удовлетворительно осуществляться только при внедрении передовых методов работы во всех производственных операциях.

Значительная крепость пород Коунрадского месторождения предопределяет способ разработки этих последних с помощью буровзрывных работ. В цепи операций по выемке полезного ископаемого буровзрывные работы являются первым этапом, определяющим, наряду с погрузкой и транспортировкой взорванной горной массы, качество и экономику всего производственного процесса в целом.

Параметры расположения скважин, в общем комплексе вопросов буровзрывных работ, имеют существенное значение, определяя результаты взрыва, степень использования энергии заряда ВВ, а также производительность экскаватора. Расчет параметров расположения скважин, поэтому, имеет своей задачей определить такие величины этих последних, которые обеспечивали бы равномерное дробление взорванной горной массы, минимальный выход негабрита ($\sim 2\%$) и развал взорванной породы (~ 20 м), а также высокий коэффициент использования энергии заряда ВВ. Если иметь это в виду и учесть масштабы добычи Коунрадского рудника, то становится ясным, какое важное народно-хозяйственное значение имеет исследование параметров расположения скважин.

Сказанное подтверждается и тем, что за последние годы в отечественной горно-технической литературе появился ряд работ, касающихся в той или иной степени проблемы расположения скважин при взрывных работах на Коунрадском руднике. Так, например, работы кандидата технических наук Д. А. Кунаева¹, горных инженеров А. И. Бунина², Д. Л. Басова³, П. П. Назарова⁴, В. Г. Фоменко⁵ посвящены исследованию и рационализации буров-

¹ Д. А. Кунаев. Буровзрывные работы на Коунрадском руднике. Алма-Ата, 1948 г.

Д. А. Кунаев. Разработка Коунрадского месторождения медных руд. Алма-Ата, 1949 г.

² А. И. Бунин. Буровзрывные работы на Коунрадском руднике. Механизация трудоемких и тяжелых работ № 7. 1947 г.

³ Д. Л. Басов. Новая конструкция заряда в глубоких скважинах. Механизация трудоемких и тяжелых работ, № 2, 1949 г.

⁴ П. П. Назаров. Взрывные работы колонковыми зарядами при открытых горных работах. Горный журнал № 3 — 4. 1944 г.

⁵ В. Г. Фоменко. Взаимосвязь экскаваторных, путевых и буровзрывных работ. Горный журнал № 7. 1947 г.

взрывных работ на Коунраде; однако, эти работы в большинстве случаев содержат исследования отдельных параметров расположения скважин, не охватывая их комплекса в целом.

Учитывая, что применяемые в настоящее время на Коунрадском руднике практические нормативы расположения скважин приводят к недостаточно высоким технико-экономическим показателям по выходу горной массы с 1 п. м скважины и удельному расходу ВВ, автор поставил своей задачей исследование параметров ныне применяемого однорядного расположения скважин при взрывных работах на Коунрадском руднике.

Целевым назначением настоящей работы, таким образом, является изыскание такого однорядного расположения скважин, при котором могут быть достигнуты лучшие качественные и количественные показатели буровзрывных работ.

Стремясь достигнуть более или менее обоснованного решения поставленной задачи и учитывая многообразие факторов, влияющих на выбор параметров однорядного расположения скважин, мы проводим исследования в три стадии.

Сначала исследуются вопросы использования энергии заряда и влияния забойки скважин на эффективность взрывания, затем производится определение параметров однорядного расположения скважин, обуславливающих наиболее полное использование энергии заряда ВВ, и, наконец, — определение тех же параметров из условий получения, как высокого коэффициента использования энергии ВВ, так и наиболее низкой удельной стоимости буровзрывных работ.

При решении вопросов всех трех стадий используется комплексный метод исследования, как наиболее надежный и отвечающий сущности задачи. Как известно, применение этого метода рекомендуется для решения вопросов, зависящих от целого ряда взаимосвязанных факторов.

Ввиду того, что параметры однорядного расположения скважин представляют единый комплекс органически связанных между собой величин, принимаем следующий порядок исследования:

1. на основе учета основных влияющих факторов определяем длину забойки, обуславливающую наиболее полное использование энергии заряда ВВ.

2. из условий наиболее полного использования энергии заряда и наименьшей удельной стоимости буровзрывных работ определяем длину линии сопротивления по подошве уступа (именуемой в дальнейшем ЛСП), расстояние между скважинами и величину перебура скважин.

3. совместным решением уравнений для каждого из перечисленных выше параметров устанавливаем систему расчетных формул для этих последних.

В первой главе работы излагается краткая горно-геологическая характеристика Коунрадского месторождения, включающая лишь основные данные, необходимые для последующих исследований.

Во второй главе описывается современное состояние буровзрывных работ на Коунрадском руднике.

Целевым назначением этой главы является критический анализ буровзрывных работ и выявление их недостатков, заключающихся, как нам кажется, в недостаточно точном методе разбивки скважин на рабочих уступах и применении для забойки щебенчатого материала неопределенной крупности.

Наличие отмеченных выше недостатков диктует необходимость исследования параметров однорядного расположения скважин, направленного к установлению наиболее рациональных значений этих параметров.

В третьей главе изложен краткий критический обзор литературных данных по забойке.

Целевым назначением этой главы является изучение опыта и методов забойки скважин при взрывных работах, с целью выяснения возможности перенесения этих методов в конкретные условия Коунрадского рудника.

Касаясь теоретических исследований вопросов определения параметров расположения скважин при взрывных работах на карьерах отметим, что в то время, как в заграничной печати этим вопросам почти не уделяется никакого внимания, русскими учеными разработан ряд существенно важных теоретических исследований по рационализации буровзрывных работ. Таким образом, и в этой области приоритет сохраняется за русскими учеными. Кроме того, ввиду явного превосходства нашей современной техники производства буровзрывных работ перед заграничной, мы считаем себя свободными от необходимости заимствования опыта зарубежных предприятий.

В рассмотренных работах вопросам забойки скважин большого диаметра уделено совершенно недостаточное внимание, поэтому нами сделана попытка исследования материала и длины забойки, результаты которой изложены в следующей, четвертой главе работы.

Целевым назначением четвертой главы является установление длины и материала забойки, обуславливающих наибольший эффект взрыва, под которым понимается выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины при удовлетворительном — порядка 20 м — развале взорванной породы и минимальном — около 2 — 3% — выходе негабарита.

Вначале, на основе практических данных Коунрадского рудника, нами исследовано влияние длины забойки на относительный показатель эффективности взрыва, под которым понимается расстояние от центра тяжести колонкового заряда до линии закола по верхней площадке уступа.

В качестве исходного материала для математической обработки взяты данные по взрывам с нормальным развалом (~ 20 м) и выходом негабарита (~ 2 — 3%).

В результате исследований установлено, что эффект взрыва растет с увеличением длины забойки и тем быстрее, чем больше вес заряда.

С переходом Коунрадского рудника на отработку 15-ти метровых уступов и увеличением веса заряда в 1,6 — 2 раза против ныне применяемого, забойка скважин в общем комплексе вопросов буровзрывных работ будет иметь еще большее значение, нежели сейчас.

Далее, исходя из основных положений теории ударных волн, определена оптимальная длина забойки A , обуславливающая наиболее полное использование энергии заряда и максимальный эффект взрыва:

$$A = \sqrt{\frac{H_M}{H_3}} W_n \sin \alpha \text{ (м)},$$

где A — длина забойки;

H_M — динамическая жесткость взрывающей среды, $\frac{\text{кг сек}}{\text{см}^3}$;

H_3 — динамическая жесткость материала забойки, $\frac{\text{кг сек}}{\text{см}^3}$;

W_n — длина ЛСП, м;

α — угол откоса уступа, градусов.

Анализ этой зависимости показал на необходимость увеличения динамической жесткости материала забойки, а следовательно и его объемного веса.

Затем определены возможности увеличения объемного веса щебенистой забойки, применяемой на Коунрадском руднике.

Наши теоретические исследования, подтвержденные лабораторными испытаниями и производственными экспериментами на Коунрадском руднике, показывают, что наибольший объемный вес щебенистой забойки может быть достигнут при вполне определенном соотношении крупных и мелких фракций щебня.

В частности, для условий Коунрадского рудника наибольшим объемным весом обладает забойка, состоящая из 44% по весу крупнокускового материала ($-7,5 + 3$ см) и 56% по весу мелочи ($-3 + 0$ см).

Здесь же экспериментальным путем установлена наибольшая допустимая крупность кусков щебня, пригодных для забойки скважин, равная $\frac{d}{3}$, где d — диаметр скважины, и порядок засыпки рекомендуемой щебенистой забойки отдельно-чередующимися порциями крупного и мелкого материала.

В условиях Коунрадского рудника вес таких порций определен для:

а) крупного материала — $3,6 \pm_{-0.6}^{+0.15}$ кг,

б) мелкого материала — $4,6 \pm_{-0.2}^{+0.9}$ кг.

Исследования, изложенные в настоящей главе показывают, что наиболее полное использование энергии заряда ВВ может быть достигнуто как за счет увеличения длины, так и увеличения динамической жесткости забойки. В большинстве случаев длина забойки скважин не может быть увеличена до желаемых пределов и поэтому целесообразно применять для этой цели материалы

с высокой динамической жесткостью. Наибольшую динамическую жесткость применяемой на Коунрадском руднике забойки обеспечивает отдельно-чередующийся порядок засыпки в скважину крупной и мелкой фракций щебня, порциями определенного веса. Рекомендуемый способ засыпки щебня в скважину обуславливает увеличение динамической жесткости забойки на 40% и снижение длины забойки в среднем на 15%.

Вопросы использования энергии заряда ВВ и расположения скважин на рабочем уступе органически связаны между собой. Известно, что увеличение веса заряда позволяет, при прочих равных условиях, увеличивать расстояние между скважинами и величину ЛСП. Более полное использование энергии заряда ВВ приводит к аналогичным результатам, так как здесь увеличивается доля веса заряда ВВ, энергия которой расходуется на полезную работу.

Сказанное позволяет предполагать, что коэффициент использования энергии заряда ВВ имеет существенное значение для определения параметров расположения скважин; представляется целесообразным предпринять исследование этих параметров, исходя из принципа наиболее полного использования энергии заряда ВВ.

В главе пятой изложены результаты исследования параметров однорядного расположения скважин на Коунрадском руднике.

Целевым назначением настоящей главы является вывод расчетных формул для определения расстояния от скважины до верхней бровки уступа, расстояния между скважинами и величины перебура.

В начале этой главы дается краткая характеристика параметров однорядного расположения скважин на некоторых карьерах Союза, позволяющая установить диапазон изменения этих параметров и значительное распространение в практике отечественных рудников взрывания колонковыми зарядами.

Далее исследуется каждый из параметров однорядного расположения скважин: расстояние от скважины до верхней бровки уступа, величина перебура и расстояние между скважинами.

Величина ЛСП, обеспечивающая наиболее полное использование энергии заряда ВВ, найдена равной:

$$W_n = \frac{F\Delta L - kC \operatorname{tg} \alpha H_{ac}}{H_{ac} + F\Delta \sqrt{\frac{H_M}{H_3} \sin \alpha}},$$

где W_n — длина ЛСП, м;

F — площадь горизонтального сечения скважины, м^2 ;

Δ — гравиметрическая плотность ВВ, $\text{кг}/\text{м}^3$;

L — глубина скважины, м;

K — величина перебура, м;

α — угол откоса уступа, градусов;

H — высота уступа, м;

a — расстояние между скважинами, м;

c — удельный расход ВВ, $\text{кг}/\text{м}^3$;

N_m — динамическая жесткость, взрывающей среды, $\frac{\text{кг сек}}{\text{см}^3}$;

N_3 — динамическая жесткость материала забойки, $\frac{\text{кг сек}}{\text{см}^3}$.

Анализ этой зависимости показал, что наиболее полное использование энергии заряда может быть достигнуто при сравнительно небольшой величине ЛСП (порядка 5 — 6 м для условий Коунрадского рудника), т. е. за счет увеличения объема буровых работ.

Последнее обстоятельство поставило перед нами задачу определить оптимальную величину ЛСП, обеспечивающую наименьшую удельную стоимость буровзрывных работ.

В процессе исследования практических стоимостных показателей по буровзрывным работам на Коунрадском руднике было установлено, что удельная стоимость буровзрывных работ с увеличением длины ЛСП до практически возможного предела падает, а удельная стоимость (или удельный расход) ВВ — при определенной кусковатости возрастает. Таким образом, полученный нами вывод не подтверждает общераспространенного мнения о снижении удельного расхода ВВ с увеличением ЛСП.

Обычно в практике буровзрывных работ в расчетные формулы для определения веса заряда вводится функция показателя выброса $f(n)$, учитывающая уменьшение удельного расхода ВВ с увеличением абсолютной величины линии наименьшего сопротивления. Такая зависимость, по нашему мнению, справедлива для заряда, помещенного в замкнутую полость внутри взрывающей среды.

В нашем случае, при взрывании скважин большого диаметра, энергия ВВ распределяется иначе, чем при взрывании заряда в замкнутой полости. При наличии канала потерь — скважины диаметром 230 мм — будут иметь место прорывы продуктов взрыва по скважине в атмосферу и, как следствие этого, увеличение удельного расхода ВВ.

Забойка при взрывании скважин большого диаметра поэтому имеет существенно важное значение.

Предельная и наиболее экономичная величина ЛСП определена нами в виде:

$$W_n = \frac{0.9H}{\sin\alpha}$$

где W_n — длина ЛСП, м;

H — высота уступа, м;

α — угол откоса уступа, градусов.

Затем определяется теоретическим путем величина перебура, хорошо согласующаяся с данными практики буровзрывных работ на Коунрадском руднике.

Анализ паспортов взрывов и поперечные разрезы уступа по осям скважин показывают, что центр тяжести колонкового заряда всегда располагается в окрестности точки пересечения оси сква-

жины с плоскостью нижнего основания уступа, причем радиус окрестности не превышает $\pm 0,5$ м.

Теоретические исследования вопроса о перебуре скважин также показали, что величина перебура равна половине длины колонкового заряда ВВ и может быть определена по формуле:

$$K = \frac{W_n N_{ac}}{2F\Delta}$$

где K — величина перебура м;

W_n — длина ЛСП м;

H — высота уступа, м;

a — расстояние между скважинами, м;

c — удельный расход ВВ, кг/м^3 ;

F — площадь горизонтального сечения скважины, м^2 ;

Δ — гравиметрическая плотность ВВ, кг/м^3 .

Далее, теоретическое исследование работы двух одновременно взрывающихся зарядов ВВ позволило определить допустимые пределы изменения расстояния между зарядами:

$$0.5W < a < 0.75W,$$

где a — расстояние между зарядами, м;

W — длина линии наименьшего сопротивления, м.

На основании этого неравенства для условий Коунрадского рудника расстояние между скважинами определено как

$$a = 0.6W_n \sin\alpha$$

Таким образом, нами найдены три уравнения, определяющие каждый из параметров однорядного расположения скважин:

$$W_n = \frac{0.9H}{\sin\alpha} \text{ (м)}$$

$$K = \frac{W_n N_{ac}}{2F\Delta} \text{ (м)}$$

$$a = 0.6W_n \sin\alpha \text{ (м)}$$

Эта система уравнений показывает, что все параметры однорядного расположения скважин — длина ЛСП, величина перебура и расстояние между скважинами — являются взаимозависимыми и связанными с геометрическими элементами уступа (H ; α), показателями буровых работ (F) и применяемого ВВ (c , Δ).

Единственно правильным путем решения поставленной задачи нужно считать комплексное, совместное определение всех параметров однорядного расположения скважин.

Решение приведенной выше системы уравнений дает следующие расчетные формулы для определения параметров расположения скважин в условиях Коунрадского рудника:

$$b = H \left(\frac{0,9}{\sin \alpha} - \operatorname{Ctg} \alpha \right) \text{ (м)}$$

$$a = 0,54 H \text{ (м)}$$

$$K = \frac{0,25 H_3 c}{F \Delta \sin \alpha} \text{ (м)}$$

где b — расстояние от скважины до бровки уступа, м;
 H — высота уступа, м;
 α — угол откоса уступа, градусов;
 a — расстояние между скважинами, м;
 K — величина перебура, м;
 c — удельный расход ВВ, кг/м³;
 F — площадь горизонтального сечения скважины, м²;
 Δ — гравиметрическая плотность ВВ, кг/м³.

Расчет параметров однорядного расположения скважин, диаметром $\leq 0,23$ м в условиях Коунрадского рудника рекомендуется производить по формулам:

$$K_x = \frac{0,25 H_3 c}{F_x \Delta \sin \alpha} \text{ (м)}$$

$$a_x = \sqrt{0,09 \operatorname{Cos}^2 \alpha k_x^2 + 0,6 \frac{d_x^2}{d^2} a (W_n \sin \alpha + k \operatorname{Cos}) - 0,3 \operatorname{Cos} \alpha k_x} \text{ (м)}$$

$$b_x = \frac{d_x^2 W_n a + \operatorname{Ctg} \alpha [d_x^2 a k - d^2 a_x k_x]}{d^2 a_x} - H \operatorname{Ctg} \alpha \text{ (м)}$$

Здесь все обозначения прежние, но индекс X присвоен параметрам, относящимся к скважинам диаметром $\geq 0,23$ м.

Параметры однорядного расположения скважин диаметром 0,23 м, рассчитанные по рекомендуемым нами формулам, обуславливают в условиях Коунрадского рудника увеличение выхода горной массы с 1 п. м скважины в среднем на 15%, сокращение объема буровых работ на 10% и значительное снижение стоимости буровзрывных работ.

На основе проведенных исследований параметров однорядного расположения скважин, в заключительной главе работы предлагается:

1. длину забойки скважин, обуславливающую наиболее полное использование энергии заряда, определять по формуле:

$$A = \sqrt{\frac{H_m}{H_3} W_n \sin \alpha} \text{ (м)}$$

2. увеличивать до возможного максимума динамическую жесткость материала забойки, так как длина ее в большинстве случаев не может быть увеличена до необходимого предела, равного A .

3. установить отдельно-чередующийся порядок засыпки в скважину крупного и мелкого щебня, порциями определенного веса. Такой порядок забойки скважин обеспечивает наибольшую динамическую жесткость щебенистого материала.

В условиях Коунрадского рудника вес порции крупного материала рекомендован нами в $3,6 \pm_{-0,6}^{+0,15}$ кг. и вес порции мелкого материала — $4,6 \pm_{-0,2}^{+0,9}$ кг.

4. не применять для забойки щебень с размерами кусков более одной трети диаметра скважины во избежание резкого уменьшения объемного веса, а следовательно и динамической жесткости забойки.

5. параметры однорядного расположения скважин в условиях Коунрадского рудника определять по предлагаемым нами формулам.

Сравнительная оценка применяемых на Коунрадском руднике и рекомендуемых нами параметров однорядного расположения скважин указывает на преимущества последних, заключающиеся в сокращении удельного объема буровых работ и увеличении выхода горной массы с 1 п. м скважины.

Методика реферируемой работы может быть использована при исследовании параметров однорядного расположения скважин и на других карьерах СССР.

102462.

