

УДК 622.273

И.А. Волик, Э.И. Богуславский

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА ОТБИТОЙ
РУДЫ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ
ЕЕ ВЗРЫВОДОСТАВКИ**

Семинар № 15

Система разработки с доставкой руды силой взрыва относится к классу систем с открытым очистным пространством. Отличительной особенностью системы является создание условий для максимального использования кинетической энергии взрыва.

Впервые идея использования силы взрыва для доставки руды до рудоприемных выработок была предложена И.К. Карнаушенко в 1938 г. для извлечения рудных целиков, оставляемых в лежачем боку очистных камер при системе подэтажных штреков. Но предложенная технология ведения работ не нашла широкого применения вплоть до 1954 г. (рис. 1).

Применение системы разработки с доставкой руды силой взрыва позволяет:

- повысить безопасность ведения очистных работ;
- эффективно отрабатывать наклонные рудные тела;
- сократить объемы подготовительно-нарезных работ;
- обеспечить широкий фронт очистных работ;
- широко использовать высокопроизводительное самоходное оборудование и т.д.

Возможность использования энергии взрыва для доставки руды позволила повысить эффективность работы

предприятия, что подтверждает отечественная и зарубежная практика. Система разработки с взрыводоставкой внедрялась на рудниках: Миргалимский, Гороблагодатский, Березовский, Ридер-Сокольный и т.д. Широкое применение система с доставкой руды силой взрыва имела за рубежом: рудники Сноу Лейк, Салливан, Бодас, Конгламирейт и т.д.

Изучение и усовершенствования данной системы разработки велись на протяжении многих лет Л.И. Бурцевым, А.В. Будько, А.В. Балдиным, В.А. Шелкановым, Б.А. Раскельдинов и др. Анализируя результаты этих работ, следует отметить существенное влияние угла падения залежей от 15 до 55° и мощности от 5 до 40 м. Необходимо отметить, что во всех случаях угол падения залежи определяет угол наклона камеры, а мощность высоту камеры ($\alpha_{р.т.} = \alpha_{камеры}$, $m_{р.т.} = H_{камеры}$). Среди включений можно отметить опыт применения взрыводоставки в условиях рудника им. Губкина, где мощность достигала 250 м, а эффект взрыводоставки достигался за счет формирования днища под углом 30° и оставлением целика (рис. 2).

Вне зависимости от специфики каждого из вариантов системы с взрыводоставкой все они сводятся к задаче определения одной величины – длины доставки L_d , м (рис. 3).

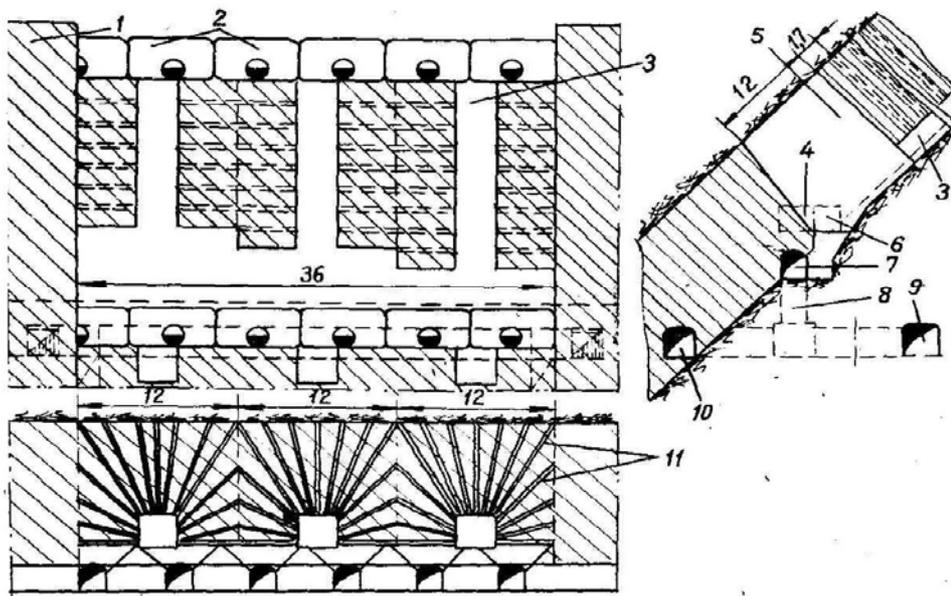


Рис. 1. Принципиальная схема системы разработки с доставкой руды силой взрыва: 1 - ленточный целик; 2 - рудоприемные воронки; 3 - буровые восстающие; 4 - ниша для лебедки; 5 - подсечное пространство; 6 - подсечной штрек; 7 - штрек скреперования; 8 - рудоспуск; 9 - полевой штрек; 10 - рудный штрек; 11 - скважины

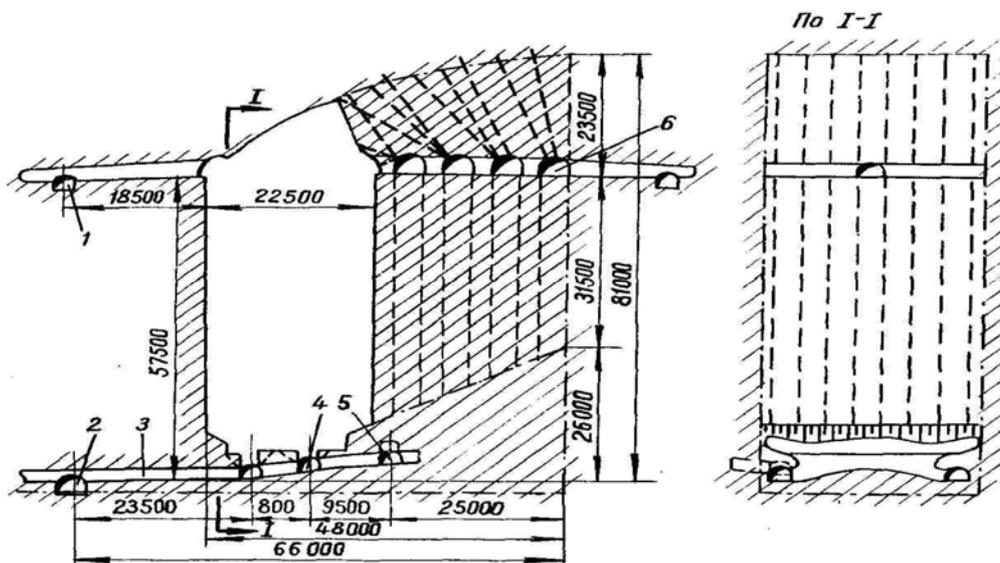


Рис. 2. Вариант системы разработки с доставкой руды силой взрыва в условиях разработки рудника им. Губкина: 1, 5 - вентиляционные выработки; 2 - откаточная выработка; 3 - скреперная выработка; 4 - рудовыпускные окна; 6 - буровые камеры

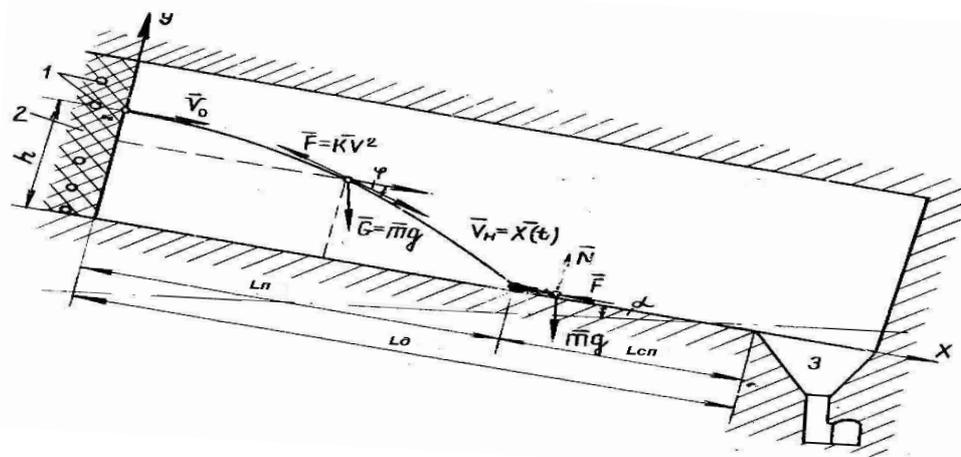


Рис. 3. Принципиальная схема расчета параметров доставки взрывом: 1 - взрывные скважины; 2 - рудное тело; 3 - выпускная воронка

Полная длина доставки складывается из двух составляющих:

l_n - длины полета отбитой рудной массы, м; l_{cn} - длины сползания отбитой рудной массы по почве камеры, м.

В свою очередь каждая из величин зависит от: угла наклона камеры $\alpha_{камеры}$; высоты камеры $H_{камеры}$; начальной скорости полета куска v_0 , м/с; коэффициента трения сползания f и гранулометрического состава отбиваемой массы [2, 3].

При этом полную длину доставки рекомендуется определять по формуле В.А. Шелканова:

$$L_d = \frac{m}{2} \cdot tg\alpha + \frac{x}{\cos\alpha} + \frac{\sin^2\alpha \cdot (x \cdot tg\alpha + \frac{m}{2 \cdot \cos\alpha})}{f \cdot \cos\alpha - \sin\alpha}, \text{ м} \quad (1)$$

где m - мощность рудного тела (высота камеры), м; α - угол падения рудного тела (наклона камеры); x - расстояние на которое переместится отбитая масса относительно оси ОХ, м; f - коэффициент трения сползания.

Подобный вид имеет и формула предложенная Л.И. Бурцевым и А.В. Балдиным, но все они имеют общий недостаток - невозможность аналитического решения уравнения в целом и определения отдельных величин.

Рассмотрим факторы, затрудняющие аналитическое решение уравнения (1).

В первой части уравнения, описывающей полет отбитой массы:

$$l_n = \frac{m}{2} \cdot tg\alpha + \frac{x}{\cos\alpha}, \text{ м} \quad (2)$$

длина x - перемещение отбитого материала относительно горизонтальной оси, находится в прямой зависимости от начальной скорости полета куска v_0 ($x=f(v_0)$)

Вторая часть уравнения, описывает сползание рудной массы:

$$l_{cn} = \frac{\sin^2\alpha \cdot (x \cdot tg\alpha + \frac{m}{2 \cdot \cos\alpha})}{f \cdot \cos\alpha - \sin\alpha}, \text{ м} \quad (3)$$

Во второй части уравнения возникает проблема расчета и точного прогнозирования поведения отбитой

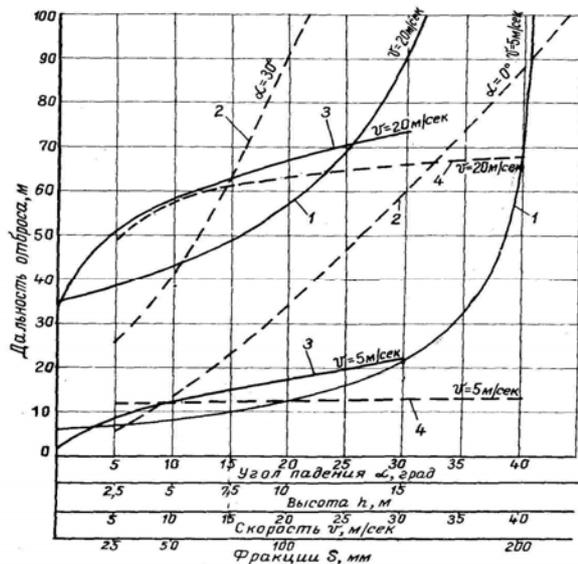


Рис. 4. Зависимость дальности отброса кусков руды [1]
от: 1 - угла падения; 2 - начальной скорости; 3 - высоты камеры; 4 - размеров куска

массы в момент неупругого взаимодействия, при приземлении, характера взаимодействия отбитого куска и рудной мелочи, покрывающей почву камеры, а так же величины трения сползания.

Результатом аналитического и практического решения этой задачи является построение зависимостей длины доставки от различных факторов [Л.И. Бурцев]: угла падения, начальной скорости, высоты камеры и размера куска (рис. 4).

Для дальнейшего изучения путей совершенствования этой технологии возникает задача более глубокой оценки факторов, влияющих на длину доставки взрывом. Для снижения потерь отбитой руды на днище камеры предлагается принимать в расчет только участок полета взорванной руды. Поэтому уравнение определения длины доставки следует преобразовать путем сокращения второй части, описывающей процесс сползания. С одной стороны предложенный шаг приведет к уменьшению длины дос-

тавки, а с другой стороны, упростит задачу расчетов и даст возможность решать уравнение аналитическим способом. Кроме этого, при такой постановке задачи, можно говорить об увеличении доли рудной массы, достигшей выпускных выработок, что обеспечивает сокращение затрат на зачистку днища камеры и ведет к снижению потерь в целом по системе. Если длина

доставки состоит только из длины полета кусков руды $L_0 = l_n$, следовательно, точка выпуска совпадает с точкой приземления, а уравнение примет вид:

$$L_0 = \frac{m}{2} \cdot tg\alpha + \frac{x}{\cos\alpha}, \text{ м} \quad (4)$$

Для оценки влияния каждого фактора была создана программа в пакете Excel, для определения длины доставки взрывом, при различных условиях. Изменение каждого из факторов дает возможность судить о разной степени влияния отдельного фактора на определяемую величину. Например, высота камеры или расстояние до почвы, ранее принимаемая как важный параметр, оказывает меньшее влияние чем остальные факторы, при равномерном распределении ВВ, что так же подтверждается графиком (рис. 5) и опытом применения данной технологии. Несомненно, чем выше камера, тем дольше будет полет руды, а потери и удельный объем подготовительно-нарезных работ меньше, но

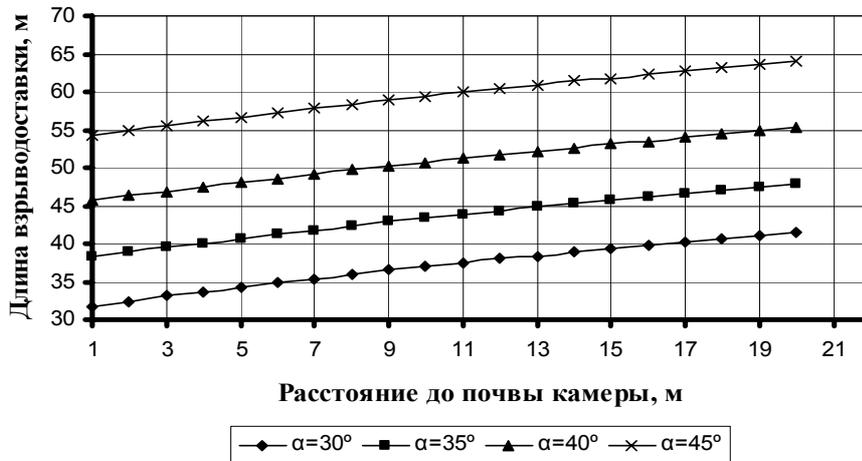


Рис. 5. Зависимость длины доставки отбитой массы от расстояния заряда в скважине до почвы камеры при различных углах падения и фиксированном расходе ВВ равным 9 кг/м^3 .

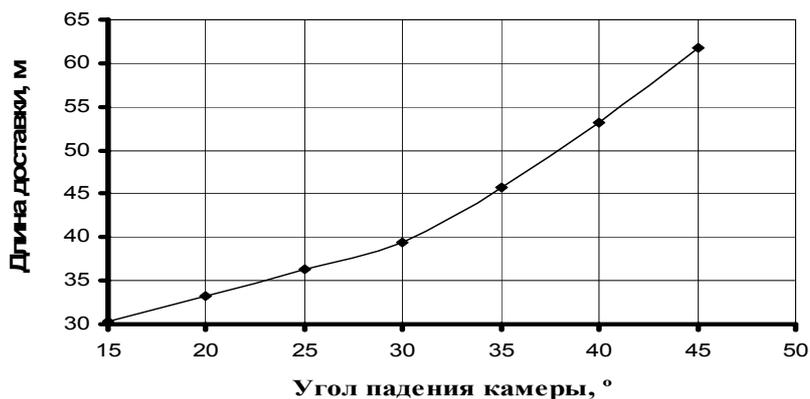


Рис. 6. Зависимость длины доставки отбитой массы от угла падения камеры при фиксированном расходе ВВ равным 9 кг/м^3 и высоте камеры 15 м

не стоит забывать, что даже при выборе оптимального значения высоты камеры, значительная часть отбиваемого массива, находящегося у почвы камеры, будет иметь незначительную длину доставки. Этот недостаток возможно компенсировать изменением удельного расхода ВВ, который будет увеличиваться от кровли к почве, а так же по мере удаления отбиваемого

веера от выпускных отверстий. Наибольшее влияние на длину взрыводоставки оказывают угол наклона камеры и начальная скорость полета куска, зависящая от удельного расхода ВВ. На данном этапе рассматривать угол наклона камеры, как оптимизируемую величину, рано, сначала необходимо создать технологию, позволяющую это реализовать. Следова-

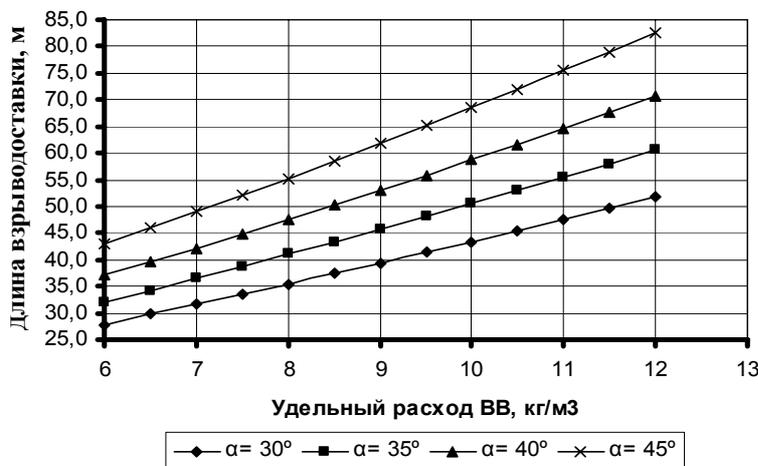


Рис. 7. Зависимость длины доставки отбитой массы от удельного расхода ВВ при различных углах падения и высоте камеры 15 м

тельно, главным инструментом в решении задачи оптимизации параметров системы с взрыводоставкой, в данный момент, будет являться начальная скорость полета куска. Для определения начальной скорости полета куска существует ряд методик, например методика, разработанная в ИГКОН РАН (Козаков Н.Н., Копылов С.В):

$$V = K \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{W^3}\right)^2} \text{ м/с} \quad (5)$$

где Q - масса заряда в скважине, кг; $K = 1,2$ - коэффициент для скальных пород; W - линия наименьшего сопротивления.

Недостаток использования этой методики заключается в том, что она предназначена, в основном, для условий открытых работ и параллельного расположения скважин, в то время как рассматриваемая система предусматривает веерное расположение скважин. Расчет скорости полета отбитой руды, в принятых условиях, целесообразно производить с помощью

усреднения зарядов и перехода к удельному расходу ВВ на 1 м. Это позволяет прогнозировать длину взрыводоставки, изменяя плотность заряда в слое (уменьшение линии наименьшего сопротивления), от кровли к почве удельный расход ВВ будет увеличиваться.

Результаты, полученные при построении графика представленного на рис. 5 позволяют судить о характере влияния высоты камеры на длину доставки силой взрыва. Однако стоит отметить, что при большой высоте камеры возникают трудности в обеспечении необходимого удельного расхода ВВ из-за увеличения ЛНС в кровле камеры. Следовательно высота камеры должна отвечать критериям: 1) $H \rightarrow \max$; 2) обеспечивать необходимый расход ВВ на взрыводоставку.

Таким образом угол падения, как видно из графика (рисунок 6), оказывает значительно большее влияние на длину доставки чем высота камеры, причем наибольший эффект получается в условиях наклона камеры 30° и

более. Важной задачей, для развития системы с взрыводоставкой становится проектирование такой технологии, которая позволила бы изменять угол падения камеры, в применяемых на практике вариантах системы с взрыводоставкой угол падения камеры равен углу падения залежи и является постоянной величиной.

Полученный график имеет, на данный момент, наибольшее практическое значение. В отличие от рассмотренных выше факторов, удельный расход ВВ можно изменять, повышая его по восстанию камеры, что позволит увеличивать длину доставки взрывом. При этом следует учитывать ограничивающие факторы: размер кондиционного куска,

объем бурения и расход ВВ, связанные с ростом себестоимости по системе.

Проведенный анализ и исследования параметров влияющих на длину взрыводоставки позволяют говорить об актуальности данного вопроса и необходимости выполнении поиска оптимальных параметров взрыводоставки. Стоит отметить, что не зависимо от физико-механических особенностей руд каждого месторождения, закон изменения длины доставки от какого либо фактора будет аналогичным. В целом следует отметить возможность более широкого применения системы с доставкой руды силой взрыва, на слабонаклонных месторождениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурцев Л.И. Система разработки с доставкой руды силой взрыва / Л.И. Бурцев, А.В. Балдин. М.: Цветметинформация, 1967. 63 с.

2. Шелканов В.А. Использование сил взрыва и собственного веса для перемещения отбитой руды при разработке наклонных залежей / Шелканов В.А. Тр/ГГИ

УФАФ СССР, 1960, вып. 54. – С. 149-151.

3. Раскильдинов Б.А. Докторская диссертация на тему «Определение оптимальных параметров системы разработки наклонных залежей со взрыводоставкой руды / Раскильдинов Б.А. Алма-Ата, 1984. 271 с. **ИТАБ**

Коротко об авторах

Волик И.А. – аспирант,

Богуславский Э.И. – доктор технических наук, профессор,

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет).

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 15 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. Е.В. Кузьмин.

