

$$N_{усл.} = 1 - N_{\Sigma ном.} \quad (7)$$

Среднее число каналов анализируемой модели системы подвижной радиосвязи, занятых на передачу пакетов данных, \bar{l}_{cp} определяется как соответствующее среднее значение:

$$\bar{l}_{cp} = (\rho_1 + \rho_2)(1 - P_{отк. сум.}) \quad (8)$$

Среднее время пребывания пакета на передаче $T_{преб.}$ находится по формуле Литтла

$$T_{преб.} = \frac{\bar{l}_{cp}}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

Для того чтобы выяснить возможно ли предложенную выше методику использовать при проектировании реальных СПР была разработана программа имитационного моделирования. В данном случае имитационное моделирование применяется для оценки погрешности, возникающей при использовании расчетных моделей вместо точных.

Окончательно утверждать о справедливости применения разработанной модели для систем подвижной радиосвязи можно только после анализа совпадения выборочной оценки плотности, или гистограммы, полученной в ходе реализаций программы имитационного моделирования с расчетной формой. В рамках математической статистики для этого широко используют критерий согласия Неймана-Пирсона.

Вектор гистограммы представляет собой $\bar{P} = (\hat{P}_1, \dots, \hat{P}_L)^T$, где $P_v = N_v / N$,

$$Z = N \sum_{v=1}^L \frac{(\hat{P}_v - p_v \hat{\theta})^2}{p_v(\hat{\theta})} \quad (9)$$

Суть цитируемой теоремы и критерия состоит в том, что при увеличении выборки ($N \rightarrow \infty$) и справедливости применяемой параметрической модели $W(r/\bar{\theta})$, распределение статистики $Z(9)$ сходится к стандартному χ^2_{L-s-1} , где $q = L - s - 1$ – число степеней свободы, s – размерность вектора параметров $\bar{\theta}$.

$v = (1, \dots, L)$, N_v – число испытаний, попавших в интервал с индексом v . Вектор расчетных вероятностей формируется как

$$\bar{p}(\hat{\theta}) = (p_1(\hat{\theta}), \dots, p_L(\hat{\theta}))^T, \text{ где } \bar{p}(\hat{\theta}) = \int_{X_v} W(r/\hat{\theta}) dr$$

$v = (1, \dots, L)$. X_v – v -й интервал, $W(r/\bar{\theta})$ – используемая параметрическая модель для плотности распределения анализируемой выборки наблюдений $\bar{r} = (r_1, r_2, \dots, r_N)^T$. $\hat{\theta} = \varphi(\bar{P})$ – оценка максимального правдоподобия неизвестного параметра $\bar{\theta}$, выполненная по выборке \bar{r} .

Степень рассогласования гистограммы и расчетного вектора вероятностей в критерии Неймана-Пирсона

В данном случае $L=12$, $s=4$, $N=100$ и $q=7$. По таблице телетрафика находим 5- %-ный уровень значимости $\chi^2_p = 14,07$ и вычисляем $\chi^2 = 9,8$. Так как это значение значительно меньше критического значения, то можно применять предложенную модель для анализа систем подвижной связи в совмещенном режиме.

Технические науки

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДЛИНУ ПОЛЕТА ОТБИТОЙ РУДЫ, ПРИ ЕЕ ВЗРЫВОДОСТАВКЕ

Богуславский Э.И., Волик И.А.

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

Санкт-Петербург, Россия

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. Сущность системы с взрыводоставкой заключается в подготовке наклонной

камеры (от 15 до 45°), длина камеры зависит от длины взрыводоставки. В днище камеры проходят выпускные отверстия, для проветривания проходят два штрека в кровле и почве камеры. Бурение производится из наклонного бурового восстающего, сбитого со штреками, отбойка производится веерами скважин. Высота камеры составляет 5 - 20 м, ширина камеры 15-30 м. Необходимо отметить, что во всех случаях угол падения залежи определяет угол наклона камеры, а мощность – высоту камеры ($\alpha_{p.т.} = \alpha_{камеры}$, $m_{p.т.} = H_{камеры}$). Впервые идея использования силы взрыва для доставки руды до рудоприемных

выработок была предложена И.К. Карнаушенко в 1938 г. для извлечения рудных целиков.

Применение системы разработки с доставкой руды силой взрыва позволяет: повысить безопасность ведения очистных работ, эффективно обрабатывать наклонные рудные тела, сократить объемы подготовительно-нарезных работ, обеспечить широкий фронт очистных работ, широко использовать высокопроизводительное самоходное оборудование и т.д.

Вне зависимости от специфики каждого из вариантов системы с взрыводоставкой все они сводятся к задаче определения одной величины – длины доставки L_{∂} , м. Полная длина доставки складывается из двух составляющих: l_n - длины

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

где m - мощность рудного тела (высота камеры), кг; 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

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

длина x - перемещение отбитого материала относительно горизонтальной оси, находится в прямой зависимости от начальной скорости полета куска U_0 ($x=f(U_0)$)

Вторая часть уравнения, описывает сползание рудной массы:

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

Во второй части уравнения возникает проблема расчета и точного прогнозирования поведения отбитой массы в момент неупругого взаимодействия, при приземлении, характера взаимодействия отбитого куска и рудной мелочи, покрывающей почву камеры, а так же величины трения сползания.

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, т.е. $L_{\partial} = l_n$. С одной стороны предложенный шаг приведет к уменьшению 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 U_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. Щелканова:

они имеют общий недостаток - сложность аналитического решения уравнения в целом и определения отдельных величин.

Рассмотрим факторы, затрудняющие аналитическое решение уравнения (1).

В первой части уравнения, описывающей полет отбитой массы:

доставки, 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.

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. Для определения начальной скорости полета куска существует ряд методик, например методика, разработанная в ИПКОН РАН (Казиков Н.Н., Копылов С.В):

$$V = K \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{W^3}\right)^2}, \text{ м/с} \quad (4)$$

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, целесо-

образно производить с помощью усреднения зарядов и перехода к удельному расходу ВВ на 1 м³. Это позволяет прогнозировать длину взрыводоставки, изменяя плотность заряда в слое (уменьшение линии наименьшего сопротивления), от кровли к почве удельный расход ВВ будет увеличиваться.

Таким образом наибольшее влияние на длину взрыводоставки оказывают три фактора: угол падения камеры, высота камеры и удельный расход ВВ.

Таблица 1. Зависимость длины доставки отбитой массы от расстояния заряда в скважине до почвы камеры при различных углах падения и фиксированном расходе ВВ равным 9 кг/м³.

	H, м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
при $\alpha=30^\circ$	L, м	31,7	32,4	33,1	33,7	34,3	34,9	35,4	36	36,5	37	37,5	38	38,4	38,9	39,4
при $\alpha=35^\circ$	L, м	38,3	38,9	39,5	40,1	40,7	41,3	41,8	42,3	42,9	43,4	43,8	44,3	44,8	45,3	45,7
при $\alpha=40^\circ$	L, м	45,7	46,3	46,9	47,5	48,1	48,6	49,2	49,7	50,2	50,7	51,2	51,7	52,2	52,6	53,1
при $\alpha=45^\circ$	L, м	54,3	55	55,6	56,1	56,7	57,3	57,8	58,3	58,9	59,4	59,9	60,4	60,9	61,4	61,4

Результаты таблицы 1, полученные при построении зависимости позволяют судить о незначительном влиянии высоты камеры на длину доставки силой взрыва. 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) обеспечить необходимый расход ВВ на взрыводоставку.

Таблица 2. Зависимость длины доставки отбитой массы от угла падения камеры при фиксированном расходе ВВ равным 9 кг/м³ и высоте камеры 15 м.

$\alpha, ^\circ$	15	20	25	30	35	40	45
L, м	30,3	33,3	36,3	39,4	45,7	53,1	61,8

Таким образом угол падения, как видно из таблицы 2, 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.

Таблица 3. Зависимость длины доставки отбитой массы от удельного расхода ВВ при различных углах падения и высоте камеры 15 м.

	q, кг/м ³	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
при $\alpha=30^\circ$	L, м	27,9	29,7	31,6	33,5	35,4	37,4	39,4	41,4	43,4	45,4	47,5	49,6	51,8
при $\alpha=35^\circ$	L, м	32,1	34,3	36,5	38,8	41,0	43,4	45,7	48,1	50,5	53,0	55,4	58,0	60,5
при $\alpha=40^\circ$	L, м	37,0	39,6	42,2	44,9	47,6	50,3	53,1	55,9	58,8	61,7	64,6	67,6	70,6
при $\alpha=45^\circ$	L, м	42,9	45,9	49,0	52,1	55,3	58,5	61,8	65,2	68,6	72,0	75,5	79,0	82,6

Полученные результаты в таблице 3 имеют, 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. Щелканов В.А. Использование сил взрыва и собственного веса для перемещения отбитой руды при разработке наклонных залежей / Щелканов В.А. Тр/ГТИ 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.

ОЦЕНКА В СИСТЕМЕ 3D МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ БУМАГИ

Варепо Л.Г.

*Омский государственный технический
университет
Омск, Россия*

Важным фактором, определяющим печатные свойства бумаги и картона, является ее структура и микрогеометрия поверхности, от которой зависит прежде всего разрешающая способность, т.е. возможность воспроизводить на ней отдельно, с требуемой степенью точности и четкости печатные элементы определенной величины. При печати плашек, большое влияние оказывает толщина материала и равномерность покровного слоя. Если запечатываемый материал имеет значительный разброс по толщине в пределах листа, то давление в зоне печатного контакта распределяется неравномерно, ухудшая тем самым однородность печати и приводя к пятнистости оттиска. Качество печати и поведение материалов в процессе печатания во многом зависят от их состава и свойств и, в первую очередь, от волокнистых материалов, являющихся основой бумаги и картона. Структура бумаги и слоев картона различна, что осложняет прогнозирование их поведения при печатании. Таким образом, исследование влияния показателей характеризующих поверхность бумаги и картона на его печатные свойства является достаточно актуальным и представляет практический интерес.

В данной работе приведены результаты параметрической оценки в системе 3D геометрической структуры поверхности различных по составу бумаг и картонов. Исследование свойств поверхности мелованных бумаг и картонов осуществляли с помощью электронно-лучевого про-

филографа MICRO MEASURE 3D station. Методика проведения эксперимента заключается в следующем.

– Образец исследуемого материала помещают на предметный столик профилографа, с помощью программного обеспечения производятся необходимые настройки (калибровка, настройка резкости, ввод необходимых параметров).

– Световым пучком диаметром 2 мкм освещают поверхность материала импульсами с частотой 30, 100, 300, 1000 Гц, в зависимости от шероховатости ее поверхности.

– С помощью программного обеспечения профилографа, позволяющего регистрировать полученные измерения и проводить их статистическую обработку с получением различных данных о поверхности исследуемого образца, были определены все параметры шероховатости: R_a , R_z , R_q , R_p , R_v , R_t , R_{sk} , R_{tm} , RT_p , RHT_p .

Результаты исследования вышеуказанных показателей представлены в табл. 1. Анализируя микрогеометрию поверхности, ее микропрофиль, можно обнаружить, что он состоит из неровностей, различных по форме и величине. Согласно данным, представленным в табл. 1, показатель R_a картона с однослойным мелованием больше в два раза, чем у картонов двухслойного мелования, что говорит о высокоразвитой микро- и субмикроструктуре поверхности. Показатели неровностей поверхности доказывают, что значения показателя R_z исследуемых материалов существенно различаются между собой. При увеличении количества слоев мелованного покрытия изменялись как параметры шероховатости, так и площади пиков и впадин.

Отсканированные области поверхности бумаг и картонов в двухмерном измерении, иллюстрируют неоднородность поверхности и позволяют количественно оценить величину изменения неровностей по цветовой шкале, в мкм. Пределы значений микронеровностей (шероховатости) для различных групп печатных бумаг определяются размерами воспроизводимых элементов изображения. Для матовой мелованной бумаги с одним мелованным слоем характерна большая степень неравномерности поверхности от $-5,76$ до $+6,37$ мкм. Сравнение мелованной бумаги с однослойным и трехслойным мелованным покрытием показало, параметр шероховатости R_a в 3 – 4 раза меньше для последней. Такая большая степень неравномерности зависит от местных скоплений волокон (уплотнений) и местных разреженных участков, а также от отдельных грубых неразработанных волокон древесной массы (в 2-х – мерном изображении – это красные участки). Достаточно низкая степень неравномерности (от -1 до $+1$ мкм) поверхности характерна для гляцевой мелованной бумаги с тремя слоями мелованного покрытия, что свидетельствует о практически идеально ровном распределе-