Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LI, вып. 1, 1966 г.

УДК 622.838.53

ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛЯХ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСТАВЛЕННЫЕ ЦЕЛИКИ

(в условиях Заполярного рудника)

В. И. Зверьков

При разработке рудных месторождений для обеспечения выемки в первую очередь наиболее богатой части залежи или при одновременной разработке подземным и открытым способом нередко возникает необходимость в охране вышележащей части месторождения искусственными целиками из бетона или комбинированными целиками из руды и бетона. Основным назначением таких целиков, определяющим методику их расчета, является обеспечение устойчивости вышележащей руды до ее отработки. Таким расчетам посвящен ряд исследований.

Принципиально другие требования к столбам возникают при отработке вышележащей бедной руды, вынимаемой одновременно с богатой, оставленной в междукамерных целиках. При этом после срока службы бетонных целиков надлежит выявить пути наибольшего извлечения руды междукамерных целиков за счет максимально допустимой по условиям безопасности пригрузки рудных и бетонных целиков. Такая задача возникла на Норильском месторождении при отработке запасов вкрапленных руд, вынимаемых совместно с богатой рудой, оставленной в междукамерных целиках, ранее поддерживавших (вместе с бетонными столбами) бедные руды.

Месторождение Норильск-1, отрабатываемое Заполярным рудником, представлено мощной (до 50 *м*) пологопадающей залежью вкрапленных руд, под которыми на значительной площади залегает богатая сульфидная руда мощностью до 8 *м*. Часть запасов богатой руды в конце 40-х годов была извлечена камерно-столбовой системой, и в камерах размерами 14 × × 46 *м* были возведены ленточные бетонные целики (стена такого целика видна на фотоснимке рис. 1). В настоящее время на руднике приступили к отработке запасов вкрапленных руд совместно с богатой рудой из междукамерных целиков.

Существующая методика определения толщины высоких бетонных опор-стенок, возведенных при разработке крутопадающих рудных месторождений [Семевский, Паненков, Маркович, 1964], к рассматриваемому случаю неприложима. К тому же на Заполярном руднике срок службы бетонных целиков истекает, и основной задачей является выявление пути наибольшего извлечения богатых руд, оставленных в междукамерных

целиках, при одновременной отработке вышележащих вкрапленных руд. В мировой практике примера и опыта такой технологии разработки неизвестно, поэтому необходимо было лабораторно исследовать закономерности распределения горного давления на рудные и бетонные целики, а также оценить устойчивость массива вкрапленной руды и рудных и бетонных целиков в зоне опорного давления.

Исследования проводили на объемных моделях из эквивалентных материалов в масштабе 1 : 200 и 1 : 500. В основание модели укладывали датчики индукционно-частотного типа [Галаев, 1963]. Один ряд датчиков соответствовал одному целику (рудному или бетонному).

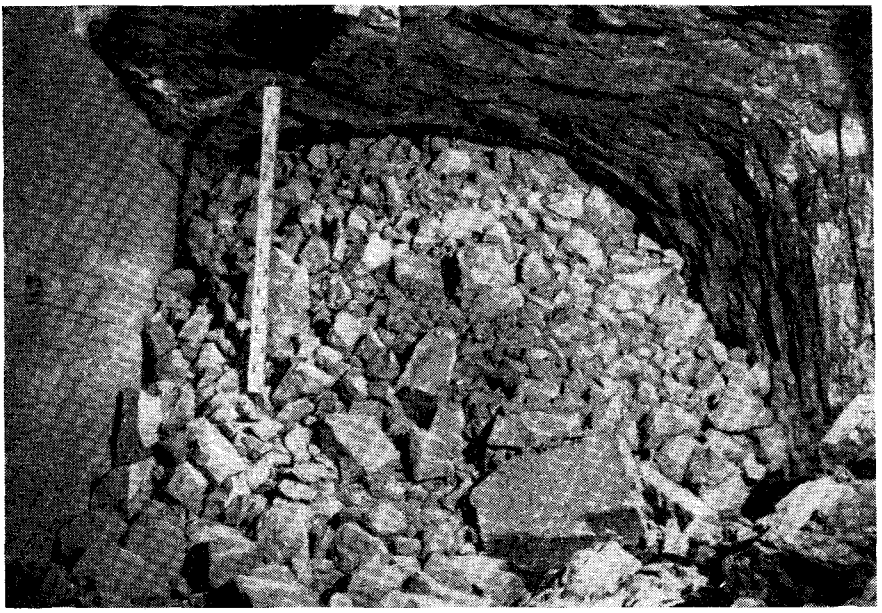


Рис. 1. Вид жильной камеры при последующей разработке. Слева бетонный, справа рудный целик, в центре — вкрапленная отбитая руда.

Эквивалентные материалы для целиков подбирали в соответствии с физико-механическими свойствами богатой руды и бетона. Модели отрабатывали в два этапа: 1) образование камер и бетонных целиков, что соответствует периоду выемки богатой руды; 2) последующая совместная отработка богатых целиков и налегающей вкрапленной руды. Выемку вкрапленной руды имитировали следующим образом: по середине модели первоначально проходили разрезную камеру шириной 13 *м* (в пересчете на натуру), затем выработанное пространство последовательно расширяли сначала до 20 *м*, а затем до 40, 60, 80 *м* и т. д. После каждой заходки снимали показания датчиков и строили эпюры распределения опорного давления (рис. 2).

Моделирование выявило, что при отработке вкрапленных руд опорное давление на рудные и бетонные целики увеличивается по мере расширения очистного пространства. Распределение нагрузки на рудные и бетонные целики неравномерно (рис. 3). Основную нагрузку воспринимают рудные целики. Неравномерность распределения нагрузок объясняется различием прочности руды и бетона, а также невозможностью

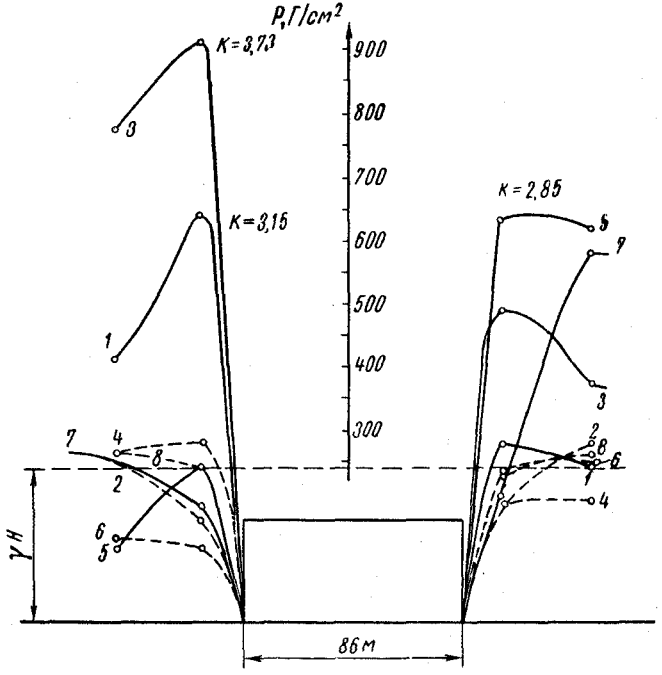


Рис. 2. Кривые распределения опорного давления P, $Г/см^2$ на рудные (*1*, *3*, *5*, *7*) и бетонные (*2*, *4*, *6*, *8*) целики при пролете очистного пространства, соответствующем 86 *м* (по данным моделирования).

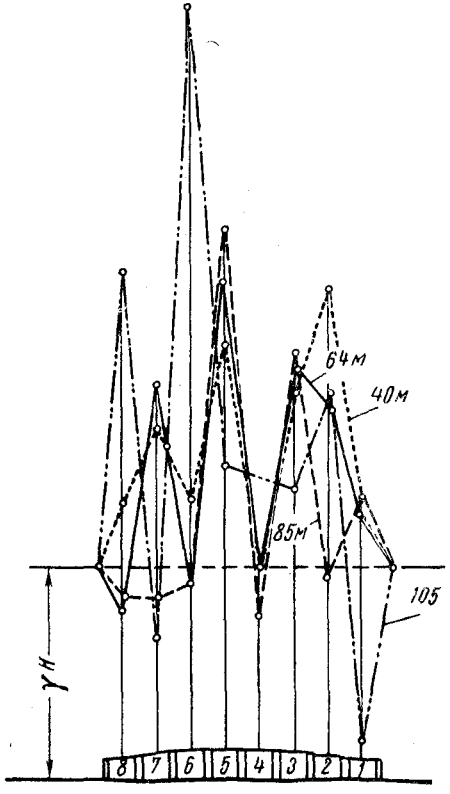


Рис. 3. Распределение максимальных давлений на рудные (*1*, *3*, *5*, *7*) и бетонные (*2*, *4*, *6*, *8*) целики при различной ширине выработанного пространства.

создания надежного распора с кровлей камер при возведении бетонных целиков как в натуре, так и в объемной модели.

При ширине очистного пространства 80—90 *м* (в пересчете на натуру) опорное давление в 15—20 *м* от обнажения достигает максимума, превышая в 3—4 раза гидростатическое. Обрушение покрывающих пород начинается при ширине очистного пространства 40 *м*, и при пролете 60 *м* распространяется на высоту 16—20 *м*. При ширине очистного пространства 90—100 *м* рудные целики разрушаются и нагрузка на бетонные значительно (в 1,5—3,5 раза) возрастает (см. рис. 3).

При извлечении высокоценной руды из междукамерных целиков потери и разубоживание должны быть минимальными и, если знать хотя бы приблизительно величину давления на целики, можно выяснить возможность и объем селективной отработки оставленных целиков богатой руды до начала обрушения вышезалегающих вкрапленных руд.

Селективную выемку богатой руды ведут проходя вдоль междукамерного целика разрезные выработки. Богатую руду, оставшуюся в столбах между этими выработками, взрывают совместно с вкрапленной рудой.

Теоретические исследования [Динник, 1938; Гмошинский, 1957; Мельников, 1964] и наши экспериментальные данные показывают, что распределение опорного давления в области упругих деформаций описывается кривыми, монотонно убывающими в направлении от выработки. Приближенно эпюра опорного давления в области неупругих деформаций может быть описана [Гмошинский, 1957] кривой вида

$$\sigma_p = Ce^{\frac{2fx}{m\lambda}}, \tag{1}$$

а в области упругих деформаций [Мельников, 1964] кривой вида

$$\sigma_y = \sigma_0\left(1 + Ke^{-\frac{x}{a}}\right), \tag{2}$$

где σ_p и σ_y — вертикальные напряжения в целике в области, соответственно, неупругих и упругих деформаций, *кГ/см²*;

C — сцепление богатой руды, *кГ/см²*;

f — коэффициент внутреннего трения богатой руды, $f = \operatorname{tg}\varphi$;

m — высота выработанного пространства, *м*;

λ — коэффициент бокового давления, $\lambda = \frac{\mu}{1-\mu} = 0{,}25$;

μ — коэффициент Пуассона богатой руды, $\mu = 0{,}2$;

σ_0 — начальное давление на рудные целики до разработки вкрапленной руды, *кГ/см²*;

K — коэффициент концентрации напряжений (по данным моделирования);

a — полупролет выработанного пространства, *м*;

x — координата при начале координат на кромке забоя (рис. 4).

Аналогично можно рассчитать давление на бетонные целики.

По данным моделирования, K получают следующие значения в зависимости от пролета очистного пространства.

Ширина пролета, *м*	30	40	50	60	70	80	90	100
$K_{\text{Рудн. целик}}$	1,08	1,15	1,32	1,55	1,72	1,94	2,11	2,30
$K_{\text{Бетон. целик}}$	—	1,0	1,13	1,22	1,27	1,29	1,36	1,4

Сцепление и угол внутреннего трения богатой руды, установленные при испытании образцов на стабилометре,

$$C = 110\ кГ/см^2, \quad \varphi = 40°.$$

Как показали исследования, в условиях Заполярного рудника для практических расчетов начальное давление при пролете 50—100 *м* можно определить выражением

$$\sigma_0 \approx \frac{2a}{100}\gamma H,$$

где H — глубина разработки, *м*.

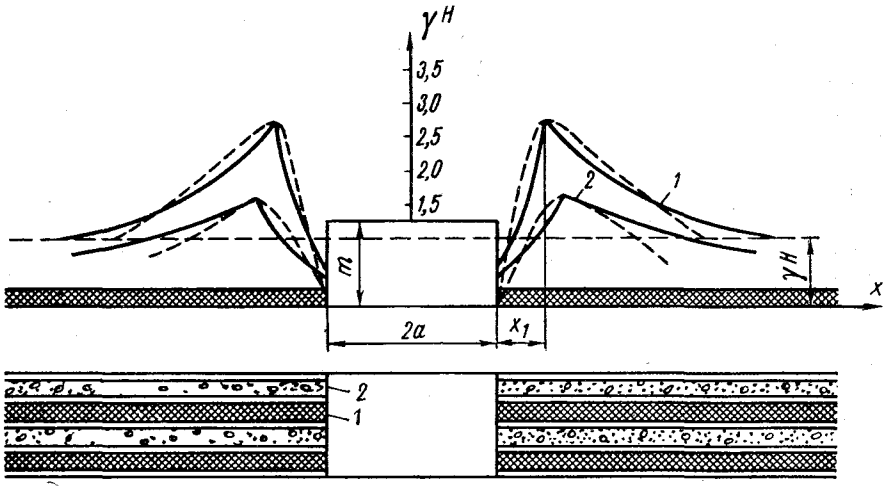


Рис. 4. Экспериментальные (пунктир) и расчетные (сплошные) кривые распределения опорного давления на рудные (*1*) и бетонные (*2*) целики.

При ширине выработанного пространства более 100 *м* начальное давление рекомендуется принимать равным весу столба пород до поверхности.

Предварительный расчет опорного давления в любой точке целика (рудного или бетонного) по результатам моделирования позволит повысить извлечение богатой руды при последующей отработке месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

Галаев Н. З. Распределение опорного давления при различных направлениях выемки. Записки ЛГИ, т. XLVIII, вып. 1, 1963.

Гмошинский В. Г. Горное давление на пологий угольный пласт в окрестности выработки. Уголь, № 6, 1957.

Динник А. Н. и др. Распределение напряжений вокруг подземных горных выработок. Тр. совещания по управлению горным давлением. Изд-во АН СССР, 1938.

Мельников О. М. О методе расчета опорного давления. Изв. вузов, Горный журнал, № 7, 8, 1964.

Семевский В. Н., Паненков Ю. И., Маркович. Расчет бетонных опор-стенок на прочность и устойчивость. Записки ЛГИ, т. XLIX, вып. 1, 1964.