

В.Г. Перепелица, д-р техн. наук,
Л.Д. Шматовский, канд. техн. наук,
А.Н. Коломиец, канд. физ.-мат. наук
(ИГТМ НАН Украины)

**МЕТОДИКА ОПТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАБОЕВ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕМНЫХ
ИЛИ ПЛОСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Приведена методика оптичного моделювання напруженого стану вибоїв різних форм на об'ємних та плоских моделях з метою розробки геомеханічних способів підвищення стійкості гірничих виробок

**THE METHODS OF OPTICAL MODELLING OF STRESSED AND
DEFORMED STATE OF THE DIFFERENT FORMS FACES WITH
USE VOLUME OR FLAT MODELS**

The methods of optical modelling of stressed and deformed state of the different forms faces on volume and flat models with the purpose of pecearch geomechanical method of increase the stability of the workino is adduced

Изучение закономерностей распределения напряжений в забоях различных форм является весьма актуальной задачей, а результаты её решения могут быть использованы при разработке геомеханических способов снижения смещений контура проводимых выработок и как следствие, повышения их устойчивости.

Экспериментальные исследования напряженного состояния горных пород в окрестности забоев, проводимые в натуральных условиях, позволяют получить наиболее достоверные данные. Однако трудоемкость, продолжительность и практическая неосуществимость варьирования напряженным состоянием в достаточно широких пределах существенно снижают эффективность использования этого метода.

В этой связи для получения качественной картины и некоторых количественных характеристик распределения напряжений в забоях различных форм целесообразно применить метод оптического моделирования с использованием объемных или плоских моделей из оптически активных материалов. Этот метод широко используется для изучения напряжений вокруг горных выработок при решении различных горнотехнических задач [1, 2, 3 и др.]. Основные методические положения оптического моделирования изложены в работах [1,2,3 и др.].

Целью исследований, выполняемых по предлагаемой методике, является получение исходных данных для разработки геомеханических способов снижения смещений контура выработок и средств для их реализации.

Горные породы при этом способе моделирования принимаются как сплошные изотропные упругие тела. Основными критериями подобия явля-

ются геометрическое подобие систем, подобие условий на границах и подобие начальных состояний систем.

Геометрическое подобие предполагается выполнить созданием одинаковой формы выработок в моделях и натуре, а также обеспечением масштаба подобия. Условиями на границах модели являются напряжения, соответствующие начальным напряжениям в центре будущей выработки.

Выбор начальных условий производится на основе исследований [3,4,5], определяющих поле напряжений вокруг выработки как неравнокомпонентное.

За основу принята вертикальная составляющая G_z , имеющая наибольшую величину и определяемая в соответствии с глубиной разработки, согласно [2]. Подобие начальных состояний систем при исследовании упругих изотропных тел удовлетворяется автоматически, поскольку деформации и напряжения при этом не зависят от первоначальных состояний, а определяются суммой сил, действующих на данную систему, вне зависимости от времени ее приложения.

Для моделирования выбраны следующие модели забоев выработок: цилиндрическая выработка с плоским забоем; сводчатая выработка с частично оконтуривающей по своду и бокам щелью; цилиндрическая выработка с опережающей кольцевой щелью; цилиндрическая выработка с полусферическим забоем. Диаметр проводимой в натуре выработки принят равным 3,2 м, длина опережающей - щели - 3 м, ширина - 0,4 м, глубина разработки - 1000 м.

Объемные модели представляют собой цилиндры, диаметр и высота, которых равны друг другу и составляют 120 мм. Схемы моделей приведены на рис. 1. Нагрузка на модель определена из условий создания в ней напряжений, не превосходящих предел пропорциональности материала модели.

Исходными материалами для изготовления моделей взяты эпоксидная смола ЭД-6, на 100 весовых частей которой добавляется 30 весовых частей малеинового ангидрида и 15 весовых частей пластификатора - дибутилфталата.

Из указанных компонентов приготавливаются модели, в которых высверливаются отверстия, имитирующие выработку с соответствующей формой забоя, а специальным приспособлением образуются опережающие щели.

Нагружение моделей производится в специальном нагрузочном устройстве, принципиальная схема которого приведена на рис. 2. Модель I помещается в камеру 3, в которую затем подается сжатый воздух из баллона 8 через редукционные вентили 6 и 7. С помощью мембраны 10 камера разделена на две несообщающиеся полости, что позволяет создавать неравнокомпонентное нагружение моделей. Вертикальное давление передается на модель через мембрану 10, а горизонтальное - создается сжатым воздухом в полости под мембраной. Давление воздуха в полостях контролируется образцовым манометром 5. Отверстие в модели I, имитирующее выработку, сообщается с внешней средой с помощью трубки 4. Это исключает появление по контуру отверстия противодавления в результате расширения воздуха при нагреве. Камера с моделью опускается в масляную утеплен-

ную ванну, температура нагрева контролируется контактными термостатами 9.

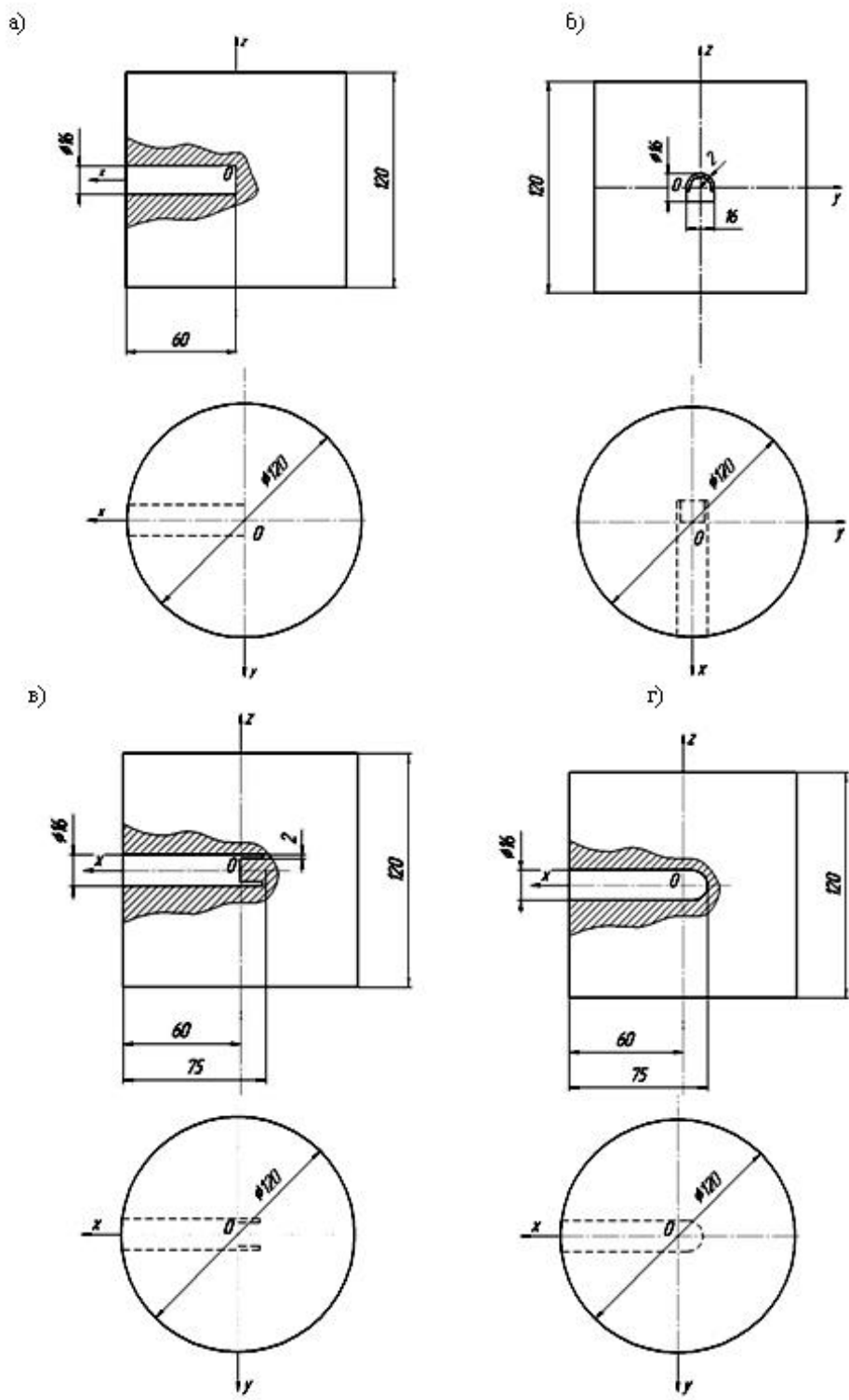


Рис. 1 – Схемы моделей

а) цилиндрическая горизонтальная выработка с плоским забоем; б) сводчатая выработка с частично оконтуривающей по своду и бокам щелью; в) цилиндрическая выработка с опережающей кольцевой щелью; г) цилиндрическая выработка с полусферическим забоем

После прогрева до температуры "замораживания" к модели прикладывается постоянная нагрузка сжатым воздухом, а затем при достижении комнатной температуры модель разгружается. В полученных таким способом моделях после снятия нагрузки внутренние напряжения полностью сохраняются [6].

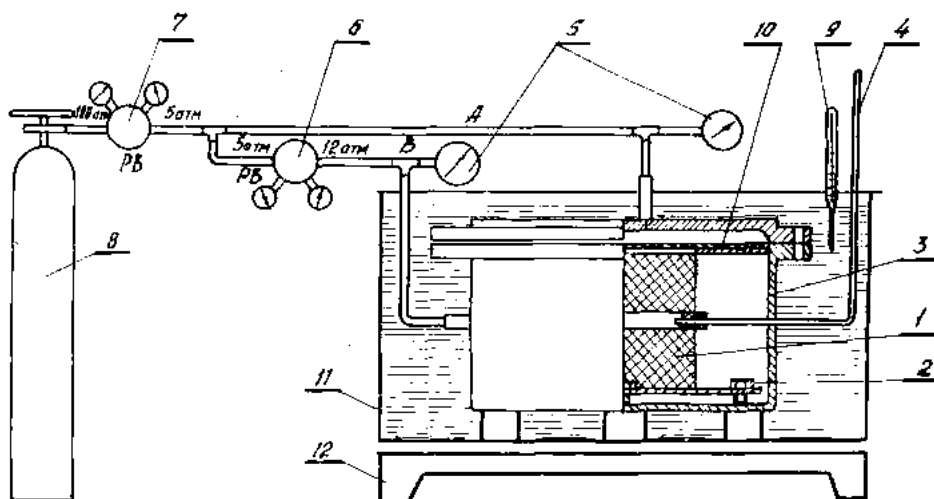


Рис. 2 – Схема нагрузочного устройства

Для того чтобы при исследовании по пути светового луча напряженное состояние практически не менялось, то есть было плоским, объемные модели, расчленяются на шлифы толщиной 2 мм.

При распиловке моделей на шлифы необходимо максимально использовать их симметрию относительно горизонтальной плоскости, проходящей через ось выработки. Это позволяет получить необходимые горизонтальные и вертикальные срезы распиловкой только одной модели, используя для получения шлифов определенного типа одну из ее симметричных частей.

Напряжения в полученных таким образом срезах из объемных моделей анализируются на поляризационной установке (рис. 3), состоящей из источника света 1, поляризатора 2 с пластиной в четверть волны и анализатора 3 с пластиной в четверть волны. Получаемая интерференционная картина снимается фотоаппаратом 4.

Фотографирование распределения величин максимальных касательных напряжений (изохром) производится в монохромическом свете, поляризованном по кругу с помощью пластинок в четверть волны.

Для исследования качественной картины распределения напряжений для забоев различной формы методикой предусмотрено также оптическое моделирование на плоских моделях. В качестве материала модели при этом принято оргстекло, обладающее достаточной оптической активностью, прозрачностью, изотропностью и однородностью. При изготовлении плоских моделей нами со-

блюдались следующие критерии подобия. Линейные параметры моделей выбирались, исходя из принятого геометрического масштаба моделирования

$$\alpha = \frac{L_n}{L_m} = 50.$$

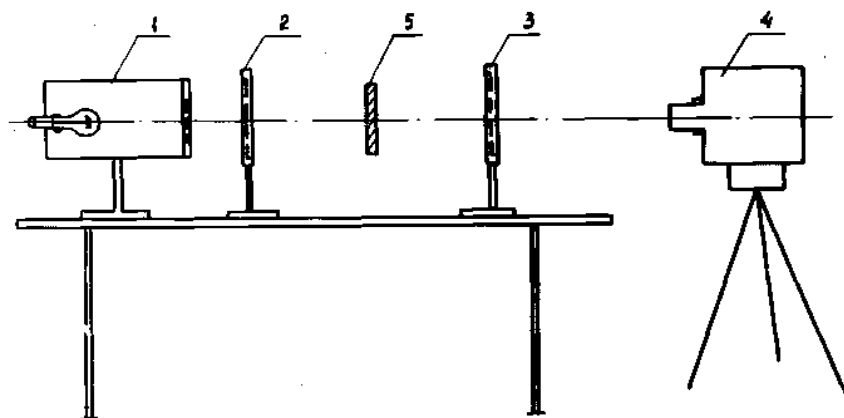


Рис. 3 – Схема поляризационной установки

Величины нагрузок и коэффициентов напряженности в моделях приведены в таблице.

Таблица - Параметры нагружения моделей

Давление в гидросистеме стенда $P \cdot 10^{-6}$, Па	Усилие, передаваемое на модель $F \cdot 10^{-3}$, Н	Коэффициент напряженности «модели и природы» K_σ	Напряжения в модели $\sigma_m \cdot 10^{-6}$, Па	Напряжения в натуральном массиве $\sigma_n \cdot 10^{-6}$, Па
1	5	0,10	2,8	8
3	15	0,28	8,3	22
5	25	0,46	13,9	37
7	35	0,65	19,5	52
9	45	0,83	25,0	67
10	50	0,98	27,8	75

Прилагаемые к плоским моделям нагрузки должны обеспечивать получение оптического эффекта, достаточного для фотографирования картин распределения напряжений. Напряжения при этом не должны превосходить предел пропорциональности материала модели.

Исследование на плоских моделях планируется выполнить применительно к забоям, образуемым исполнительными органами комбайнов роторного типа, обеспечивающими гладкое оконтуривание стенок выработок и существенно снижающими смещение контура выработок.

В настоящее время наиболее распространенными исполнительными органами комбайнов роторного типа являются органы, обеспечивающие сплошное разрушение пород по всей площади забоя и образующие плоскую, коническую,

плоскоконическую или полусферическую форму забоев. С учетом изложенного исследованиям будут подвергнуты следующие модели форм забоев: плоская (рис. 4, а); плоскоконическая (рис. 4, б); четырехэлементная (рис. 4, в); пятиэлементная (рис. 4, г) и полусферическая (рис. 4, д). Соотношение величин элементов, образующих формы забоев, приведенных на рис. 5,7, б; 5.7, в и в 5.7, г, выбраны с учетом их вписывания в полусферу и обеспечения, согласно [7,8,9], общего вылета забоя в пределах 0,2...0,4 диаметра проводимой выработки. Углы наклона образующих конических поверхностей следует принимать равными или близкими 0,875 рад, так как при этом реализуется наименьшее энергоемкое подрезное разрушение пород забоя. Диаметры моделируемых забоев приняты равными 5 м.

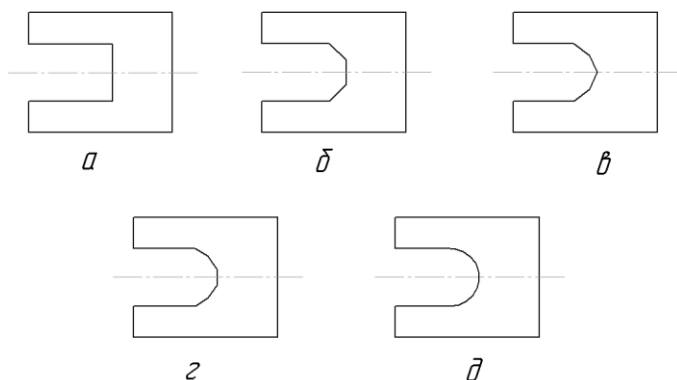


Рис. 4 – Схемы плоских моделей различных форм забоев

Нагружение моделей производилось на специальном стенде (рис. 5) в соответствии с нагрузками, приведенными в таблице.

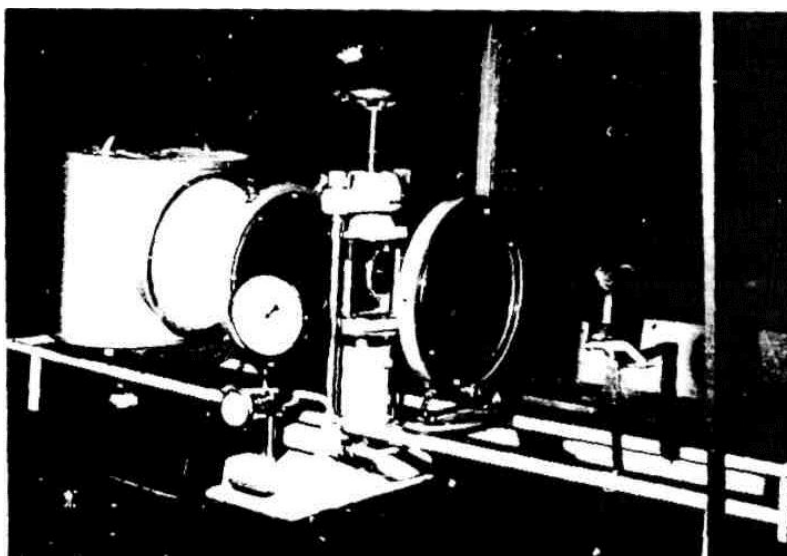


Рис. 5 – Лабораторный стенд оптического моделирования на плоских моделях

Плоская форма забоя рассмотрена с целью сравнения картин распределения напряжений по отношению к другим формам забоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисенко В.Г. Исследование напряжений вокруг выработок в условиях объемной задачи / В.Г. Борисенко, Г.В. Вардерсян // Известия ВУЗов, 1965. - № 12. - С. 23-27.
2. Трумбачев В.Ф. Применение оптического метода для исследования напряженного состояния пород / В.Ф. Трумбачев, Л.С. Молодцова. - М.: АН СССР, 1963. - 95 с.
- 3 Трумбачев В.Ф. Изучение распределения напряжений вокруг горизонтальных выработок оптическим методом / В.Ф. Трумбачев // Исследование горного давления. - М., 1960. - С. 23-27.
4. Волошин Н.Е. Борьба с выбросами породы в шахте / Н.Е. Волошин, В.И. Тарасьев. - Донецк: Донбасс, 1968. - 54 с.
5. Результаты исследования напряжений в массиве горных пород / П.Я. Галушко, Я.И. Куренков, Ю.К. Френзе, М.А. Халиловский // Известия ВУЗов. - 1968. - № 11. - С. 22-26.
6. . Сурков А.И. Исследование исследования напряжений на объемных моделях оптическим методом: научная и техническая информация / А.И. Сурков, В.Ф. Трумбачев. - М.: ЦИТИ угля, 1958. - Вып. 3. - 25 с.
7. Зорин А.Н. Исследование выбросов пород, разработка метода их прогноза и способов предотвращения: автореф. дисс. докт. техн. наук: 05.15.11 / А.Н. Зорин; ИГТМ АН УССР. - Днепропетровск, 1974. - 48 с.
8. Колесников В.Г. Исследование и разработка способа управляемого разрушения выбросоопасных пород при проведении выработок механическим способом: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.15.11 / В.Г. Колесников; ИГТМ АН УССР. - Днепропетровск, 1977. - 19 с.
9. Софийский К.К. Исследование и разработка элементов технологии комбайнового проведения выработок по выбросоопасным породам: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.15.11 / К.К. Софийский; ДГИ. - Днепропетровск, 1978. - 17 с.

УДК 622.648.23:621.65:622.271.623

Б.А. Блюсс, д-р техн. наук,
Е.В. Семененко, канд. техн. наук
(ИГТМ НАН Украины)

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Розроблено методику розрахунку гідравлічного ухилу та критичної швидкості гідротранспортування полідисперсних розсіпів і руд с частинками з різною густиною, методику оцінки інтервалів зміни цих параметрів у режимі усталених пульсацій тиску й витрати пульпи

THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC FOUNDATION OF HYDROMECHANIZATION FOR QUARRY OPERATION OF GRAVEL DEPOSITS

The procedure of calculation of hydraulic gradient and critical velocity during hydrotransportation of polydisperse placers and ores with particles of different density as well as estimation procedure of variation interval of these parameters at the regime with steady-state pulsations of pulp pressure and discharge are elaborated

1. Актуальность темы.

По запасам полиметаллических руд, содержащих минералы титана, циркон, алюмосиликаты и прочие минералы Украина считается монополистом в Европе и входит в первую десятку стран-поставщиков в мире. Большая часть этого минерального сырья представлена россыпными месторождениями, разработка которых ведется открытым способом с применением методов гидромеханизации, а обогащение россыпей осуществляется гравитационными методами. В таких технологиях основными процессами гидромеханизации являются напорное гидротранспортирование и пульпообразование. Анализ условий эксплуатации и