Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXXII, 1980 г.

УДК 622.36.363.1:53.01.072

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПОТОЛОЧИН

В.А.СИМОНОВ, Н.В.СИМОНОВА

Разработка слоистых залежей каменной соли с поверхности методом подземного выщелачивания через скважины привела к созданию камерно-этажной системы, в которой камеры выщелачивания располагаются одна над другой и разделяются междуэтажными потолочинами.

Необходимость оценки устойчивости междуэтажных потолочин вызвана тем, что в случае сохранения ими несущей способности высокий междукамерный целик, образующийся при отработке нескольких камер, разделяется потолочинами на низкие целики, которые, обладают большей прочностью, что позволяет уменьшить их размеры и этим повысить коэффициент извлечения полезного ископаемого.

Как показал проведенный нами анализ результатов звуколокационных съемок камер выщелачивания [2], форма камер незначительно отличается от правильной окружности, следовательно, междуэтажную потолочину можно рассматривать как круглую плиту, защемленную по контуру, поэтому расчет объемной плиты можно свести к расчету плоской балки, эквивалентной данной плите. Величину эквивалентного пролета балки можно определить, приравнивая максимальные напряжения, действующие по контуру плиты и балки [I].

Для однопролетной балки с защемленными концами, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, максимальные напряжения у опоры

$$\sigma_{max} = 0{,}5 q l^2 / h^2,$$

где q – равномерно распределенная нагрузка; l – пролет балки; h – мощность балки.

Для круглой плиты

$$\sigma_{max} = 0{,}75 q R^2 (-\mu^2) / h^2,$$

где R – радиус плиты; μ – коэффициент Пуассона.

Приравниваем максимальные напряжения, тогда величина эквивалентного пролета определится как

$$l = 1{,}2R\sqrt{1-\mu^2}.$$

Принимая [illegible] = 0,35, найдем $l = 1{,}1R$.

Таким образом, вместо плиты мощностью h и радиусом R мы можем рассматривать эквивалентную ей балку мощностью h с пролетом $l = 1{,}1R$, находящуюся под действием продольных и поперечных сил.

Расчет балок при продольно-поперечном изгибе является сложной задачей, так как при этом виде напряженного состояния принцип независимости действия сил неприменим [3]. Решение задачи о продольно-поперечном изгибе балки сводится к решению дифференциального уравнения четвертого порядка [4]

$$EI\,\omega^{IV} - T\omega^{II} = q + T\omega_0^{II},$$

где E - модуль упругости материала балки; I - момент инерции сечения; T - продольная сила; q - равномерно распределенная поперечная нагрузка; ω - прогиб балки; ω_0 - начальный прогиб балки.

В результате решения уравнения прогиб балки находится по формуле

$$\omega = \frac{q l^4}{(2u)^4 EI}\left[\frac{\cos\beta x}{\cos u} - 1 - \frac{1}{2}\left(u^2 - \beta^2 x^2\right)\right],$$

где l - длина балки; $\beta = \sqrt{\frac{T}{EI}}$; $u = \frac{\beta l}{2}$.

Из анализа полученного решения видно, что с увеличением продольной сжимающей силы T увеличивается и прогиб балки ω, начиная с любых, сколь угодно малых значений ω_0. Это показывает, что теория продольно-поперечного изгиба балок разработана для тонких балок с отношением $\frac{h}{l}$ меньшим 0,1. При отношениях $\frac{h}{l}$ больших 0,1, данная теория становится неприемлемой, так как продольные нагрузки в этом случае не увеличивают прогиб, а до определенного момента препятствуют ему. При отношениях h к l, больших 0,1, устойчивость междуэтажных потолочин будет определяться их способностью сопротивляться сжимающим нагрузкам, действующим со стороны целиков, а не только сопротивляемостью изгибающим нагрузкам.

Для определения величины сжимающих нагрузок, действующих со стороны целиков на потолочину, мы не можем воспользоваться коэффициентом бокового распора, так как он имеет смысл только при рассмотрении сплошного массива. В системе целики - потолочина коэффициент бокового распора теряет смысл и сжимающие напряжения, действующие в потолочине, в общем случае зависят от соотношения площади целика и потолочины, на которые действуют сжимающие нагрузки. Поэтому в данном случае величину сжимающих нагрузок, действующих на потолочину со стороны целиков, следует находить через коэффициент боковой нагрузки $K_{б.н}$, который нами предлагается определять как

$$k_{б.н} = \frac{\sum q_x}{\sum q_y / 2},$$

где $\sum q_x$ и $\sum q_y$ - суммарная сила, действующая соответственно на потолочину со стороны целика и на целик (вес столба пород, приходящегося на целик).

Для определения коэффициента бокоьой нагрузки нами были проведены исследования на образцах Н-образной формы, изготовленных из эквивалентного материала. Образцы такой формы моделировали систему, состоящую из двух целиков и междуэтажной потолочины. Переменной величиной при испытаниях являлась толщина потолочины. Образцы помещались в матрицу, которая позволяла запретить горизонтальные деформации целиков по всем направлениям, кроме одного - в сторону потолочины. После закрепления образцов через металлическую плиту нагружались на гидравлическом прессе до разрушения. Как показали проведенные исследования, при $2s/S > 0{,}32$ (где s - площадь боковой поверхности потолочины, на которую действуют сжимающие нагрузки со стороны целиков; S - площадь поперечного сечения целика) потолочины не разрушаются, а разрушение целиков происходит в верхней и нижней частях.

При $2s/S = 0{,}32$ происходит одновременное разрушение целиков и потолочины. В этот момент действующие в них сжимающие напряжения равны и определяются в целике как $\sigma_y = \sigma_{\text{пч.сж}} = \frac{\sum q_y}{S/2}$ в потолочине, $\sigma_x = \sigma_{\text{пч.сж}} = \sum q_x / S$.

Так как в момент разрушения $\sigma_y = \sigma_x$, то

$$2\sum q_y / S = \sum q_x / s$$

или

$$k_{\text{б.н}} = \sum q_x / \sum q_y = 2s/S .$$

Рассматривая плоскую задачу, можем записать для системы соляных целиков и междуэтажных потолочин

$$k_{\text{б.н}} = 2h/a = 0{,}32,$$

где a - ширина междукамерного целика.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что для условий подземного выщелачивания мощность междуэтажной потолочины, которая имела бы запас прочности, равный запасу прочности целиков, определяется как

$$h = a k_{\text{б.н}} / 2$$

при условии $\frac{h}{D} > \frac{1}{20}$ (где D - диаметр круглой потолочины).

Потолочина меньшей мощности будет разрушаться от действия сжимающих нагрузок раньше целиков, что приведет к разрушению всей системы.

При разработке соляных залежей подземным способом камерными системами мощность междуэтажных потолочин так же должна определяться по последней формуле, но при условии, что $\frac{h}{l} > \frac{1}{10}$ (где l - ширина камеры).

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов А.А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов. М., Недра, 1964.

2. Романов В.С., Симонов В.А. Методика анализа результатов звуколокационных съемок камер подземного выщелачивания. Тр. ВНИИГалургии, 1975, вып. 76.

3. Рудицын М.Н., Артемов П.Я., Любошин М.Н. Справочное пособие по сопротивлению материалов. Минск, Вышэйшая школа, 1970.

4. Суслов В.П., Каганов Ю.Т., Снихтаренко В.Н. Строительная механика корабля и основы теории упругости. Л., Судостроение, 1972.