Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVIII, вып. 1, 1969 г.

ОЦЕНКА ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ СБЛИЖЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КАМЕР

В. С. Романов

Разработка залежей каменной соли подземным растворением, как правило, производится цилиндрическими камерами, расположенными по заданной (квадратной или ромбической) сетке. К расчету параметров устойчивых камер и разделяющих целиков можно подойти по методике механики сплошной среды, использовав, например, решения, полученные для вертикальных шахтных стволов. Однако решения механики сплошной среды разработаны только для одиночных выработок, и применение их для расчета цилиндрических камер, расположенных по заданной сетке и оказывающих взаимное влияние, вызывает необходимость введения дополнительных условий.

К оценке взаимного влияния двух выработок в первом приближении можно подойти, рассмотрев напряженное состояние массива в окрестности одиночных выработок радиусом R.

При гидростатическом распределении напряжений, как известно, напряженное состояние нетронутого массива характеризуется * соотношениями

$$\sigma_z = \sigma_\Theta = \sigma_r = \gamma H, \qquad (1)$$

* С. Г. Лехницкий. Определение напряжений в упругом изотропном массиве вблизи вертикальной цилиндрической выработки. Изв. АН СССР, ОНТ, № 7, 1938.

а компоненты напряжений в массиве вокруг выработки в упругой среде выражениями

$$\left.\begin{matrix}\sigma_r \\ \sigma_\Theta\end{matrix}\right\} = \gamma H\left(1 \pm \frac{1}{r^2}\right), \qquad (2)$$

где $r = \frac{R}{R_0}$ — безразмерный радиус рассматриваемой точки.

Возмущающее действие камеры цилиндрической формы вызывает дополнительные напряжения к σ_r и σ_Θ, которые составляют

$$\sigma_r^\partial = -\gamma H \frac{1}{r^2}; \quad \sigma_\Theta^\partial = \gamma H \frac{1}{r^2}. \qquad (3)$$

По мере удаления от камеры эти напряжения затухают пропорционально $1/r^2$.

График, характеризующий возмущающее влияние изолированной камеры, представлен на рис. 1; в нем по вертикальной оси отложено σ_Θ^∂, а по оси абсцисс r.

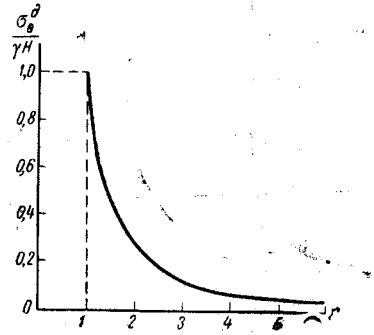


Рис. 1. График зависимости дополнительного напряжения σ_Θ^∂ от расстояния r до центра цилиндрической камеры

В том случае, когда в зоне влияния появляется другая смежная камера того же радиуса, то, вследствие взаимного влияния выработок, неизбежно наложение напряжений, которые на контуре каждой из камер можно приближенно определить из выражения

$$\sigma_\Theta = 2\gamma H + \gamma \frac{1}{r'^2},$$

где r' — расстояние от края одной камеры до оси другой (смежной) выработки, складывающееся из ширины между-

камерного целика A и радиуса камеры R: $r' = \frac{R+A}{R} = 1 + \frac{A}{R} = 1 + a$ (a — ширина целика, отнесенная к радиусу камеры), или

$$\sigma_\Theta = (2 + \xi')\gamma H, \tag{4}$$

где ξ' — коэффициент, учитывающий дополнительное влияние смежной камеры и зависящий от ширины разделяющего выработки целика:

$$\xi' = \frac{1}{(a+1)^2}. \tag{5}$$

Смежные камеры практически не будут оказывать влияния одна на другую, если они будут расположены на таком расстоянии, когда возмущающее действие каждой из них в точке, принадлежащей краю другой камеры, будет настолько малым, что может быть исключено из расчета. Например, при ширине разделительного целика $a = 3$ возмущающее действие составляет лишь $0{,}05\,\gamma H$, т. е. не выходит за пределы точности расчетов.

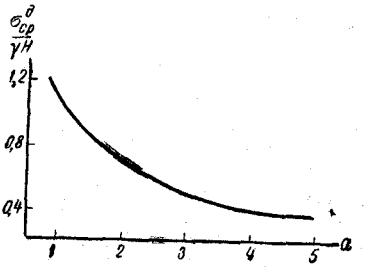


Рис. 2. График зависимости среднего напряжения в целике между двумя камерами от ширины целика

Напряженное состояние целика между двумя камерами можно оценить, если просуммировать дополнительные напряжения, вызываемые в целике каждой из сближенных выработок, и найти среднее. Тогда изменение напряженного состояния целика в зависимости от его ширины можно представить графиком (рис. 2), где по оси ординат отложено среднее дополнительное напряжение в целике $\sigma^{\partial}_{ср}$. Это напряжение приближенно можно подсчитать по следующей формуле

$$\sigma^{\partial}_{ср} = \frac{2}{a}\int_1^{a+1} \gamma H \frac{\partial r}{r^2} = \frac{2}{a}\left(1 - \frac{1}{a+1}\right)\gamma H. \tag{6}$$

При большом количестве сближенных выработок даже приближенная оценка их взаимного влияния с помощью рас-

смотренного приема затруднена. Поэтому для оценки взаимного влияния группы выработок нами были проведены специальные исследования на моделях из оптически активных материалов при различном размещении эксплуатационных камер. *

При моделировании выяснилось, что действующее напряжение в разделяющем смежные камеры целике можно определить из отношения

$$\sigma_{ср} = \gamma H \frac{2R + A}{A}. \qquad (7)$$

Тогда дополнительное увеличение напряжений в целике (в сравнении с нетронутым массивом) составит

$$\sigma^{д}_{ср} = \gamma H \frac{2R + A}{A} - \gamma H = \gamma H \frac{2R}{A},$$

или после замены $\frac{A}{R} = a$

$$\sigma^{д}_{ср} = \frac{2}{a} \gamma H. \qquad (8)$$

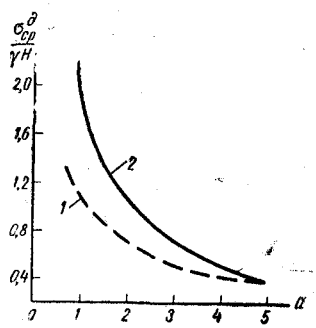


Рис. 3. Зависимость среднего напряжения в целике от ширины целика:
1 — для двух камер; *2* — для группы камер

Построенные по формулам (8) и (6) кривые для двух и группы камер показывают, что напряженное состояние в разделительном целике зависит не только от его ширины, но и от

* В. С. Романов, А. А. Янишевский. Оценка несущей способности опорных целиков при подземном выщелачивании мощных соляных залежей (в условиях Яр-Бишкадакского промысла). Зап. ЛГИ, т. 51, вып. 1, 1966.

количества выработок (рис. 3). При двух смежных камерах [см. формулу (6)] дополнительные напряжения в целике изменяются пропорционально $\frac{2}{a}\left(1-\frac{1}{a+1}\right)$, а при группе камер — пропорционально $\frac{2}{a}$, т. е. во втором случае рост напряжений в целике с уменьшением его ширины происходит более интенсивно и показатель роста

$$\delta=\frac{2}{a}:\left[\frac{2}{a}\left(1-\frac{1}{a+1}\right)\right]=\frac{a+1}{a}.$$

Однако при ширине целика $a\geqslant 4\div 5$ напряжения практически одинаковы как для двух, так и для группы камер. Это позволяет заключить, что при одинаковой ширине разделительных целиков ($a\geqslant 4\div 5$) взаимное влияние выработок практически не зависит от их количества.

Если известен коэффициент влияния двух выработок ξ', то коэффициент влияния группы камер ξ можно найти по показателю роста напряжений δ

$$\xi=\xi'\delta=\frac{1}{a(a+1)}. \qquad (9)$$

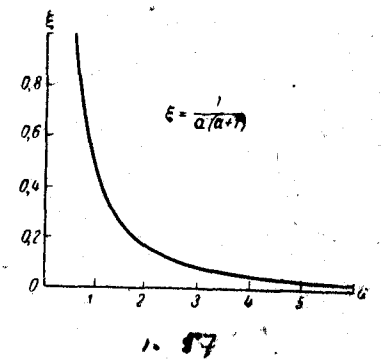


Рис. 4. График зависимости коэффициента влияния от ширины междукамерного целика

(график этой функции представлен на рис. 4), а напряжение на контуре отдельной выработки (для группы камер) определить из выражения

$$\sigma_\theta=(2+\xi)\gamma H. \qquad (10)$$

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы: а) дополнительное влияние соседних камер (независимо от их количества) на устойчивость междукамерных целиков можно не учитывать при ширине целиков $\geqslant(4\div5)R$ (R — радиус камеры); б) при меньшей ширине целиков в расчет необходимо вводить коэффициент ξ, зависящий от ширины целика и диаметра камеры и определяемый по формуле (9).