

УДК 622.831

Е.А. Телегина**ВЛИЯНИЕ ПРИГРУЗКИ СОЛЕОТВАЛА
НА СОСТОЯНИЕ МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ**

С помощью математического моделирования установлено аппроксимационное соотношение, корректирующее величину степени нагружения междукамерных целиков в зоне влияния солеотвала.

Ключевые слова: целики, математическое моделирование, степень нагружения.

Для условий Верхнекамского месторождения калийных солей очистная выемка продуктивных пластов осуществляется камерной системой разработки с поддержанием налегающей толщи на ленточных междукамерных целиках. Одним из важнейших показателей, определяющих условия безопасной разработки месторождения, является степень нагружения целика как отношение действующей нагрузки к его несущей способности. Расчетное значение данного показателя определяется согласно нормативному документу — «Указания по защите рудников от затопления...» [1]:

$$C = \xi \frac{\gamma(a+b)H_0}{b\sigma_n} \leq [C], \quad (1)$$

где C , $[C]$ — соответственно расчетная и допустимая степень нагружения целика; γ — объемный вес пород ($\gamma = 2,2 \text{ тс/м}^3$); H_0 — максимальное значение расстояния от земной поверхности до кровли целиков; a — ширина очистных камер; b — ширина междукамерных целиков; σ_n — расчетная несущая способность целиков;

При определении степени нагружения междукамерных целиков, расположенных в зоне влияния солеотвала, в числитель расчетной формулы (1) вводится корректирующий коэф-

фициент ξ , учитывающий дополнительную гравитационную пригрузку от солеотвала:

$$\xi = 1 + \frac{m_s \gamma_s H_s}{2\lambda_s \gamma H_0}, \quad (2)$$

где m_s — коэффициент, характеризующий положение рассматриваемого участка отработки относительно контура солеотвала (в зоне влияния, расположенной за контуром солеотвала, $m_s = 1$; под солеотвалом $m_s = 2$); λ_s — параметр, определяемый отношением ширины зоны влияния солеотвала (на уровне кровли обрабатываемого пласта) к ширине основания солеотвала на земной поверхности; γ_s — объемный вес солеотвала (при отсутствии исходных данных принимается $\gamma_s = 1,9 \text{ тс/м}^3$); H_s — расчетная высота солеотвала.

Целью исследований является обоснование поправочного коэффициента, корректирующего степень нагружения междукамерных целиков в краевой части солеотвала в зависимости глубины разработки и параметров солеотвала.

В качестве основных параметров солеотвала принимались его высота и ширина основания. Для Верхнекамского месторождения величина зоны влияния солеотвала на уровне обрабатываемого пласта вычисляется по формуле:

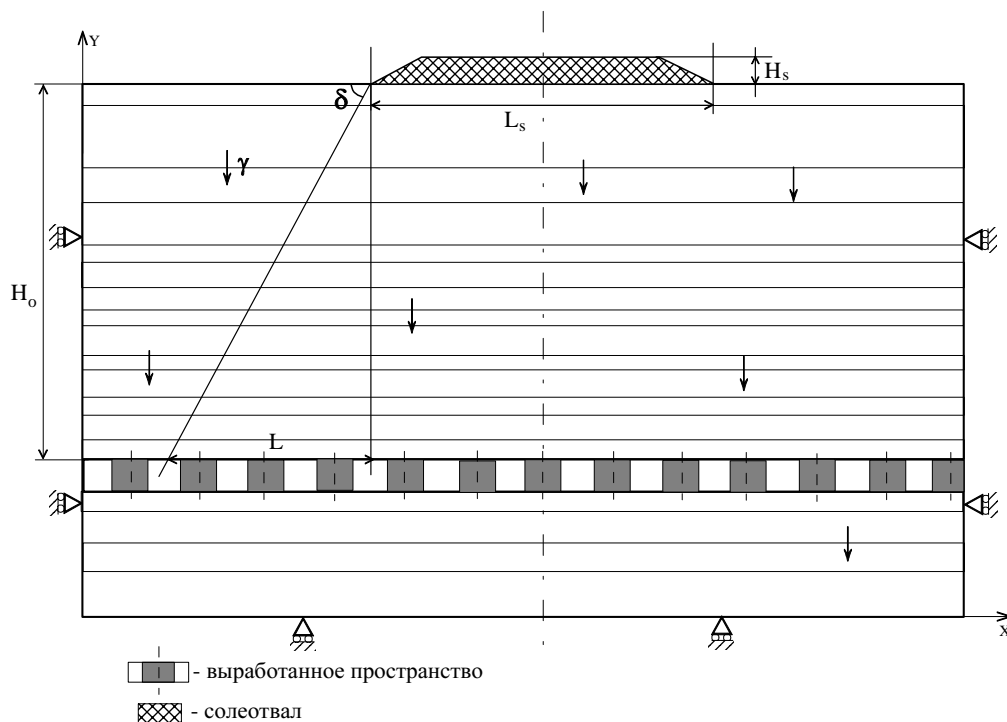


Рис. 1. Принципиальная схема расчета

$$L = H_0 \operatorname{ctg} \delta, \quad (3)$$

где δ — угол, определяющий пространственное положение зоны влияния солеотвала, принимается равным углу разрывных нарушений, $\delta = 60^\circ$ (рис. 1.1).

Для установления взаимосвязи между величиной степени нагружения междукамерных целиков, параметрами очистных работ и солеотвала выполнялось многовариантное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния междукамерных целиков. Принципиальная расчетная схема задачи представлена на рис.1. Граничные условия определялись следующим образом: на боковых границах горизонтальные смещения, а на нижней границе вертикальные — принимались равными нулю. В пределах данной

области учет собственного веса пород проводился посредством задания массовых сил интенсивностью γ_i (γ_i — удельный вес i -го элемента геологического разреза). В основу расчетной схемы положен типовой для условий Верхнекамского месторождения геологический разрез. Залегание пластов принималось субгоризонтальным. Исходное напряженное состояние ненарушенного горными работами соляного массива считалось гидростатическим: $\sigma_x^0 = \sigma_y^0 = \gamma H$, $\tau_{xy}^0 = 0$. В расчетах принималось, что в пределах моделируемого пространства отработаны запасы сильвинитового пласта. Рассматривалась периодическая система междукамерных целиков, находящихся в зоне полной подработки. Численная реализация расчетной схемы

производилась по стандартному алгоритму метода конечных элементов [2].

В процессе расчетов варьировались параметры системы разработки (ширина очистных камер, ширина целиков) и солеотвала на земной поверхности (высота и характерный линейный размер), а также глубина горных работ.

Определение расчетной степени нагружения C методами математического моделирования основывалось на установленном количественном соответствии между данным показателем и максимальным значением относительной величины интенсивности напряжений K^* , достигаемым по всей ширине (высоте) междукамерного целика в средней части его вертикального сечения [3]:

$$C = K^* . \quad (4)$$

Расчет критериального параметра K производится по формуле:

$$K = \frac{\sigma_i}{\sigma_m} \leq 1 , \quad (5)$$

где $\sigma_i = \sqrt{I_2(D_\sigma)}$ — интенсивность касательных напряжений, определяемая величиной второго инварианта девиатора напряжений; σ_m — прочность пород в массиве.

Параметр K^* отражает особенности напряженного состояния междукамерных целиков, обусловленные разнообразием горно-геологических и горнотехнических условий камерной системы разработки, и может использоваться для оценки степени нагружения междукамерных целиков, находящихся в сложных условиях деформирования.

Полученные результаты сопоставительного анализа показали, что непосредственно под центральной частью солеотвала действующие «Указания...» обеспечивают вполне приемлемые

оценки степени нагружения междукамерных целиков. Регламентируемые же «Указаниями...» [1] оценки степени нагружения целиков на участках, расположенных под краевыми зонами солеотвала, несколько отличаются от данных математического моделирования.

Выполненные расчеты показали, что собственно корректирующий коэффициент пригрузки междукамерных целиков ξ не зависит от количества обрабатываемых пластов и параметров камерной системы разработки, а полностью определяется глубиной горных работ и характеристиками солеотвала. В качестве примера на рис. 2 иллюстрируется изменение коэффициента ξ в зависимости от пространственного положения междукамерных целиков относительно контура солеотвала при различных значениях влияющих факторов. Здесь же приведена кусочно-линейная аппроксимация коэффициента пригрузки, построенная согласно требованиям «Указаний...» [1].

Как видно, на участке краевой части солеотвала внутри его контура коэффициент пригрузки ξ , рассчитанный по «Указаниям...» [1] характеризуется несколько завышенными значениями. Распространение же влияния солеотвала за его контур превышает величину L , регламентируемую «Указаниями...» [1] (выражение (3)). При этом за зоной влияния значения коэффициента пригрузки ξ , рассчитанные в соответствии с требованиями «Указаний...» [1], являются в определенной степени заниженными.

Вместе с тем результаты численных экспериментов показали, что сама формула «Указаний...» [1], определяющая расчет корректирующего коэффициента ξ (выражение (3)) вполне пригодна для использования.

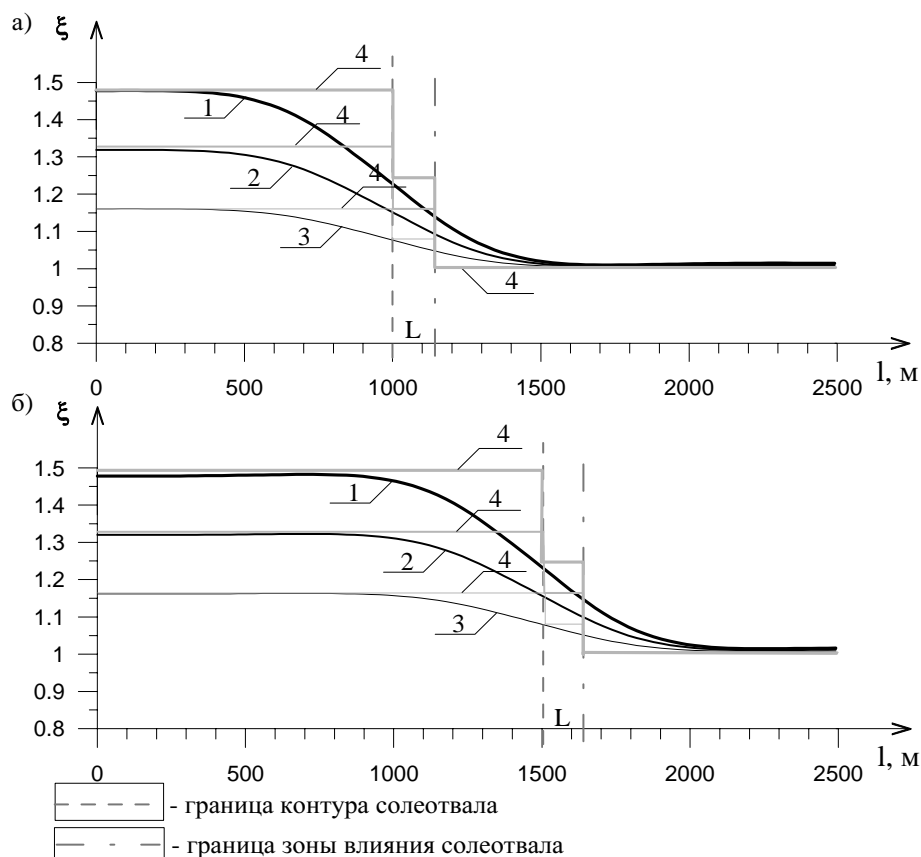


Рис. 2. Характер изменения коэффициента пригрузки ξ с удалением от центра солеотвала ($H_0 = 250$ м): 1 — $H_s = 250$ м; 2 — $H_s = 100$ м; 3 — $H_s = 50$ м; 4 — «Указания...» [1]

Уточнения требуют лишь величина параметра m_s , характеризующая положение рассматриваемого участка отработки относительно контура солеотвала и размер зоны его влияния.

Уточнение может быть проведено двумя путями: по максимальным значениям коэффициента ξ и по его средним величинам. Схема этих двух подходов иллюстрируется на рис. 3. При этом в обоих случаях размер краевых зон влияния солеотвала (внутри и вне контура) рекомендуется принять равным $2L$, где L рассчитывается по формуле (3).

При кусочно-линейной аппроксимации результатов математического моделирования по максимальным значениям коэффициента ξ параметр m_s будет определяться следующими величинами: под центральной частью солеотвалом $m_s = 2$; в краевой части шириной $2L$ внутри контура солеотвала, $m_s = 1,7$; в краевой части шириной $2L$ вне контура солеотвала $m_s = 1$.

При аппроксимации по средним значениям коэффициента ξ : под центральной частью солеотвалом $m_s = 2$; в краевой части шириной $2L$

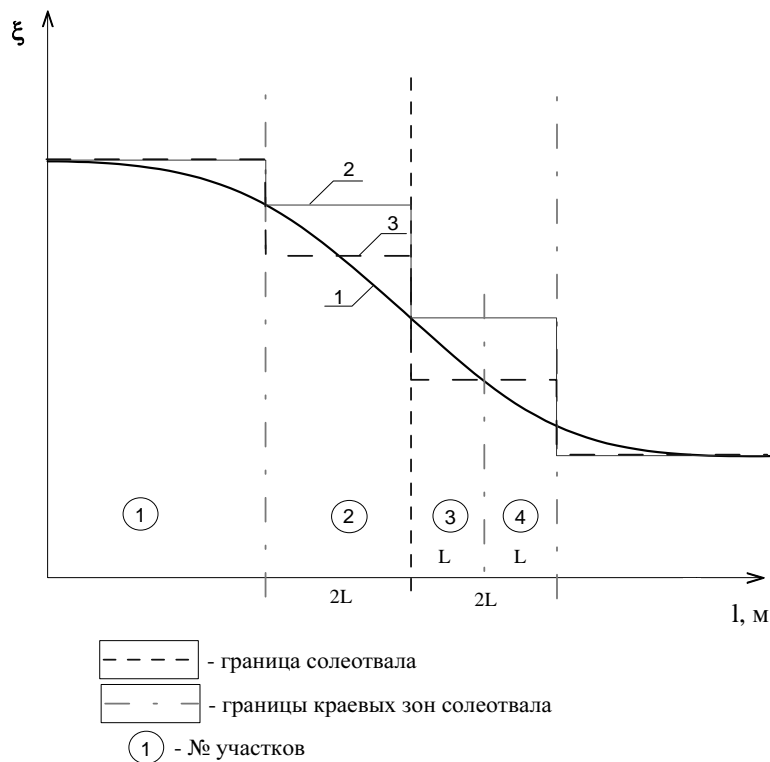


Рис. 2. Схема уточнения коэффициента пригрузки ξ : 1 — расчетное изменение; 2 — аппроксимация по максимальным значениям; 3 — аппроксимация по средним значениям

внутри контура солеотвала, $m_s = 1,53$; в краевой части шириной $2L$ вне контура солеотвала $m_s = 0,84$.

Таким образом, результаты многовариантного математического моде-

лирования позволяют скорректировать методику расчета степени нагрузки междукамерных целиков на участках отработки, подверженных влиянию солеотвала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях ВКМКС.* — С-Пб., 2008.

2. *Зенкевич О.* Метод конечных элементов в технике. — М.: Мир, 1975.

3. *Барях А.А., Самоделкина Н.А.* Расчет устойчивости опорных целиков для условий отработки Верхнекамского месторождения калийных солей. — ФТПРПИ. — № 6. — 2006. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Телегина Е.А. — Горный институт УрО РАН, г. Пермь, direct@igd.uran.ru

