

**Оценка напряженно-деформированного состояния
подземных сооружений с учетом реологических
свойств окружающего породного массива
Н. М. Климович, М. А. Николайчик,
М. А. Журавков (Минск, Беларусь)**

В данном исследовании приведены результаты изучения длительного поведения некоторых исследовательских выработок на Петриковском месторождении калийных солей. В качестве основного метода исследования были использованы подходы численного моделирования на базе метода конечных элементов (МКЭ) [1]. В предложенном алгоритме численного моделирования, длительное поведение породных масс в окрестности исследовательских выработок определялось при помощи разработанной модели ползучести (1).

$$\dot{\epsilon}_{cr} = C_1 \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^{C_2} t^{C_3} + C_4 \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^{C_2} \quad (C_1 > 0, C_4 > 0, C_2 \geq 1, C_3 < 0) \quad (1)$$

где $\dot{\epsilon}_{cr}$ — скорость эквивалентной деформации ползучести, σ — эквивалентное напряжение по Мизесу в нарушенном массиве, σ_0 — эквивалентное напряжение по Мизесу в нетронутом массиве, t — время, C_n — некоторые константы, определяемые опытным путем.

В основе принятой модели лежит модель ползучести «Combined Time Hardening» (2), применяемая в конечно-элементном программном комплексе Ansys Mechanical APDL [2]. В данном исследовании модель ползучести (2) была модифицирована для учета изменения состояния породного массива при ведении горных работ относительно его начального напряженного состояния.

$$\epsilon_{cr} = C_1 \sigma^{C_2} \frac{t^{C_3+1}}{C_3+1} e^{-C_4/T} + C_5 \sigma^{C_6} t e^{-C_7/T} \quad (C_1 > 0, C_5 > 0) \quad (2)$$

где ϵ_{cr} — эквивалентная деформация ползучести, T — температура.

Важной особенностью предложенной модели является то, что она позволяет учесть первичную и вторичную стадию ползучести. Кроме того, для учета различного геомеханического поведения в кровле, подошве и боках выработки, константа C_2 определяется как функция от ϕ , где ϕ — полярный угол, отсчитываемой от горизонтальной оси.

Результаты численного моделирования верифицированы данными мониторинга за деформированием контуров исследовательских выработок.

Литература

1. Журавков М.А. Математическое моделирование деформационных процессов в твердых деформируемых средах (на примере задач механики горных пород и массивов). Минск: БГУ (2002).
2. Басов К.А. Справочник пользователя ANSYS. М.: ДМК-пресс (2005).