

УДК 624.153.7

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ  
В ПРОЦЕССЕ ЗОНАЛЬНОЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ**

**Ван Ксю-бин, Пан И-шан, Чжан Чжи-хуэй**

*Ляонинский технический университет, E-mail: wxbbb@263.net,  
Фуксин 123000, Китай*

Исследована пространственная локализация деформаций массива пород как перспективное направление решения проблемы зональной дезинтеграции (Шемякина – Опарина). Модели трехмерной нагрузки и разгрузки реализованы численно с применением деформационной теории. Нагружение после выемки тоннеля круглого сечения выполнено с контролем осевого смещения. В модели разгрузки после достижения статического равновесия постадийно проведена выемка цилиндрического тоннеля. Численные результаты показывают наличие явления зональной дезинтеграции, при которой кольцевые участки высоких деформаций сдвига изолированы или перемежаются с зонами малых деформаций сдвига. Проведено сравнение результатов расчетов модели нагружения с таковыми модели разгрузки; установлено их соответствие с результатами натурных наблюдений. В плоскости, ортогональной оси тоннеля, участки повышенной деформации сдвига образуются на существенном расстоянии от поверхности тоннеля в результате распространения зон сдвига, происхождение которых не связано с процессами деформирования в рассматриваемой плоскости.

*Зональная дезинтеграция, модель нагружения, модель разгрузки, пространственная локализация деформации, зона сдвига, тоннель, гетерогенность*

**ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что напряжения, превышающие предел упругости, вызывают приконтурное разрушение массива или формирование пластической зоны вблизи поверхности тоннеля. Вне пластической зоны породы остаются упругими. Ситуация меняется с ростом глубины. Во вмещающем тоннель породном массиве установлено наличие зональных периодических структур, т. е. чередование разрушенных (или трещиноватых) и упругих участков [1 – 5]. Наличие этого явления, известного как зональная дезинтеграция, подтверждено результатами полевых геофизических или перископных исследований. Данное явление противоречит традиционным представлениям о разрушении массива пород вокруг тоннеля. Полученные результаты свидетельствуют о том, что на большой глубине количество зон разрушений может быть от 3 до 5. Таким образом, возникают проблемы применения традиционных методов крепления для зон разрушения, так как они могут оказаться неэффективными в глубоких подземных выработках.

Работа выполнена при поддержке Китайского национального фонда естественных наук, проект № 50974069, Национальной программы научно-исследовательской деятельности Китая, проект № 2010CB226803 и Программы поддержки талантов Ляонинского университета, проект № LJQ201103).