

**Разработка метода оценки динамики геомеханических процессов с учетом гидрологического режима**

Процесс динамики карстовой полости характеризуется изменением первичного напряжённого состояния в грунтовых породах, при этом происходит концентрация продольных и тангенциальных напряжений на локальном участке существующей полости, что и вызывает развитие её деструктивных процессов (рисунок 1).

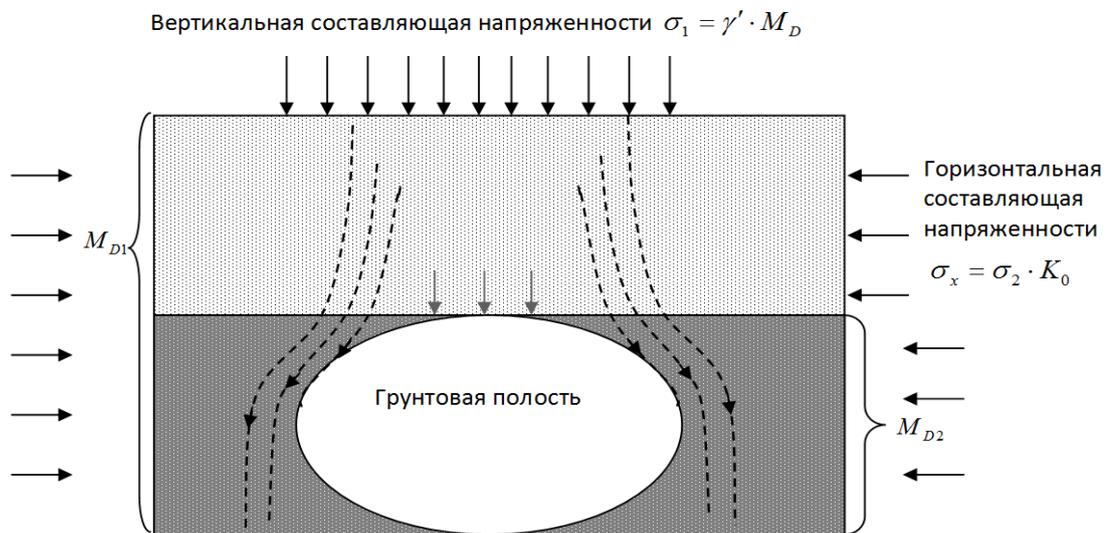
Общее напряжённое состояние исследуемого грунтового слоя определяется соотношением вертикальных ( $\sigma_1$ ) и горизонтальных составляющих напряжения.

$$\sigma_1 = \gamma' \cdot M_D \text{ (кН/м}^2\text{)}, \quad (1)$$

где  $M_D$  - мощность слоя покрытия;  $\gamma' \cdot M_D$  - собственный вес толщи грунта. Для нахождения горизонтальных составляющих ( $\sigma_2, \sigma_3$ ) необходимо учитывать упругоизотропные свойства растягивающих напряжений вышележащих слоев грунта и коэффициент бокового давления  $K_0$  [1]:

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_1 \cdot K_0 \text{ (кН/м}^2\text{)}, \quad (2)$$

где  $K_0 = 1 - \sin \varphi'$ . Физический смысл процесса обрушения заключается в превышении граничных значений вертикальных и горизонтальных напряжений, которые можно принять за краевые задачи при численном моделировании данного процесса [2].



**Рис. 1. Распределение горизонтальных и вертикальных напряженностей**

Нормальные и касательные напряжения, возникающие в толще грунта во время деформационно-сдвигового процесса можно определить как:

$$\sigma = \frac{N}{A}; \quad \tau_u = \frac{G_{\max}}{A}, \quad (3)$$

где  $N$ -уровень давления (нагрузки);  $G_{\max}$ - максимальное сдвигающее усилие;  $\tau_u$  - максимальное касательное напряжение в грунте в момент среза.

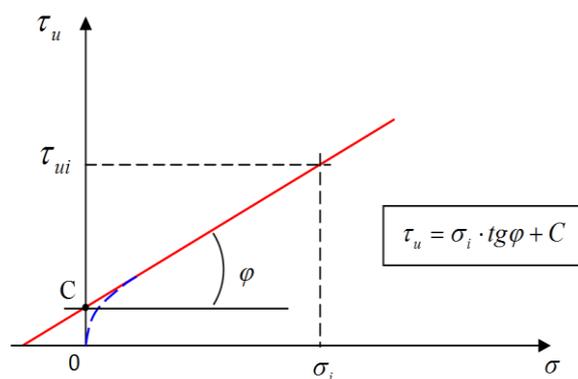


Рис.2 – Зависимость максимального сопротивления грунта сдвигу от нормального давления

Как показывает график (рисунок 2) зависимость  $\tau_u(\sigma)$  является линейной, и в целом характеризует прочностные свойства грунта [3-5].

Особенностью процесса карстообразования и последующего обрушения является его дискретность во времени, объясняемая различными физико-механическими свойствами слоёв геологического разреза и недетерминированностью карстового обрушения, которая заключается в скрытой динамике жёстких оснований грунтовых пород.

Уровень и динамика геомеханических процессов, возникающих в карстоопасном массиве, определяется структурно-тектоническим строением геологического разреза, физико-механическими свойствами слоёв грунта, видом растворимых пород (хлоридных, сульфатных и карбонатных) размером, формой и глубиной залегания карстовой полости. Взаимосвязь гидрогеологических, структурно-тектонических и геодинамических характеристик карстоопасной местности имеет большое значение при прогнозировании образования и динамики карстовых процессов.

*Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации № МК-7406.2015.8*

#### Литература

1. *Aderhold G.* Klassifikation von erdfallen und senkungsmulden in karstgefährdeten gebieten hessens. Empfehlungen zur Abschätzung des geotechnischen Risikos bei Baumassnahmen // HLUГ – Hessesches Landesamt für Umwelt und Geologie. Geologische Abhandlungen Hessen, Band 115< Wiesbaden 2015;
2. *Fiksel T., Stoyan D.* Mathematisch-statistische Bestimmung von Gefährdungsgebieten bei Erdfallprozessen // Z.f. angew. Geologie, 1983, 9: 455 – 459;
3. *Орехов А.А., Дорофеев Н.В.* Алгоритм коррекции влияния гидрологической помехи на контроль геодинамических объектов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. №22. С. 74-78;
4. *Мельник В.В.* Обоснование геомеханических факторов для диагностики опасности карстопроявлений при недропользовании -Екатеринбург, 2010.- 189 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/442
5. *Вознесенский Е.А.* Динамическая неустойчивость грунтов// М.: Эдиториал УРСС, 1999. - 261 с.