

4. Ritter S., Giardina G., Franza A., DeJong M.J. Building Deformation Caused by Tunneling: Centrifuge Modeling // Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering. – 2020. – № 5. – С. 621–638.

5. Giardina G., DeJong M.J., Chalmers B., Ormond B., Mair R.J. A comparison of current analytical methods for predicting soil-structure interaction due to tunnelling // Tunnelling and underground space technology. – 2018. – № 79. – С. 319–335.

6. Schuster M., Kung G.T.C., Juang C.H., Hashash Y.M.A. Simplified model for evaluating damage potential of buildings adjacent to a braced excavation // Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – 2009. – № 135 (12). – С. 1823–1835.

7. Boone S.J. Ground-movement-related building damage // Journal of geotechnical engineering-asce. – 1996. – № 11. – С. 886–896.

УДК 622.831.31

**ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЕГО ВАЖНОСТЬ В СФЕРЕ
ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ГОРНОГО ИНЖЕНЕРА**
**PHYSICAL MODELING AND ITS IMPORTANCE IN THE FIELD OF EDUCATION
FOR A MINING ENGINEER**

Кумов В.В., аспирант, Санкт-Петербургский горный университет, vshuk1@mail.ru
Kumov V.V., postgraduate student, St. Petersburg Mining University, vshuk1@mail.ru

Аннотация. В данной статье поднимается проблема отсутствия или недостаточной степени обеспечения лабораторий физического моделирования в большинстве учебных заведений по направлениям горной инженерии, несмотря на явную пользу в области технологического образования, а также многофункциональности метода и достаточную точность исследований при его применении.

Ключевые слова: физическое моделирование, эквивалентные материалы, тоннелепроходческие щиты с грунтопригрузом, зона сдвижений породного массива.

Abstract. This article raises the problem of the lack or insufficient degree of provision of physical modeling laboratories in most educational institutions in the areas of mining engineering, despite the obvious benefits in the field of technological education, as well as the versatility of the method and sufficient accuracy of research in its application.

Key words: physical modeling, equivalent materials, EPB TBM, rock mass displacement zone.

Введение. На сегодняшний день существует множество способов прогноза напряженно-деформированного состояния массива, однако особенно интересным и многогранным является метод физического моделирования. На базе Санкт-Петербургского горного университета в научном центре «Геомеханики и проблем горного производства» функционирует лаборатория моделирования, имеющая множество лабораторных стендов для физического моделирования квазиплоских задач на эквивалентных материалах, однако даже данная лабораторная база не имеет возможности моделировать физические процессы в явной объемной постановке, что необходимо для решения многих задач, для которых плоская постановка сильно снижает точность исследований. Показательным примером служит необходимость создания объемной модели по теме диссертационной работы Кумова В.В.: «Геомеханическое обоснование устойчивости пород при строительстве тоннелей щитовыми проходческими комплексами в смешанных забоях».

Геомеханическое обоснование устойчивости пород при строительстве тоннелей щитовыми проходческими комплексами в смешанных забоях

Существующие аналитические методики расчета сдвижений грунтового массива имеют множество недостатков, чаще всего связанных с недостаточной степенью изученности вопроса влияния многослойности массива, а также конфигурации слоев на форму и размер зоны сдвижения, возникающих вследствие проходки тоннелей [1–3].

Shahmoradi J. в своем исследовании изучил вопрос устойчивости забоя для грунтового пригруза для однородных наклонных слоев и вывел аналитическую формулу определения давления на забое тоннеля, сверив ее с данными численного моделирования. При этом форма зоны сдвижений грунтового массива представляла собой клин с полусферическим сводом над ним (рис. 1) [1]. Однако, как показывают дальнейшие исследования существует множество условий, при которых форма зоны сдвижения грунтового массива не соответствует представленной в данной работе [7].

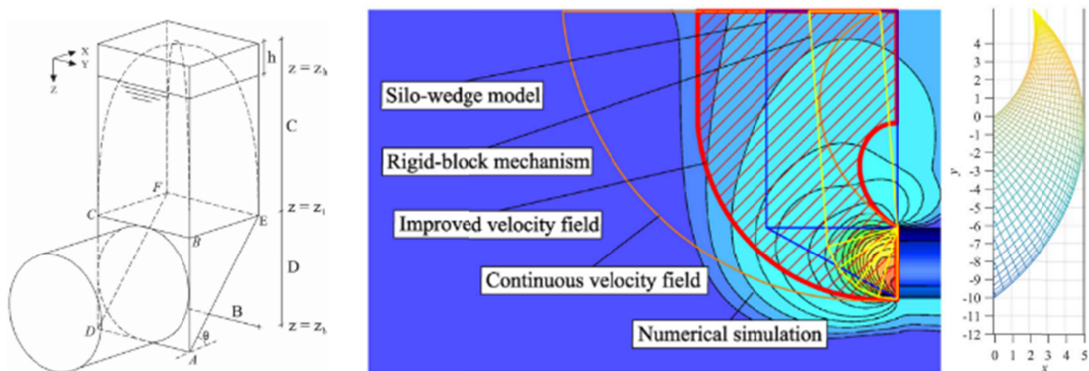


Рис. 1. Форма зоны сдвижений грунта по Shahmoradi J. (слева) [1], по Zhang C. (центр) [2], по Mahmoud Qarmout (справа) [3]

Немного дальше своего предшественника в своих исследованиях продвинулся Zhang C. проанализировав устойчивость забоев тоннелей в глине с линейно возрастающей с глубиной прочностью на сдвиг. В своей работе он получил более развитую форму зоны сдвижения грунтового массива, похожую на расширяющийся конус с вертикально поднимающейся к поверхности трубой (рис. 1), а также вывел аналитическую зависимость, описывающую эту форму. Недостатком данного метода является его ограниченная применимость только для небольших глубин и для подковообразной формы щита [2].

Mahmoud Qarmout утверждает, что в случае наличия массива, состоящего из двух слоев, минимальное опорное давление, полученное из моделей клинового конуса, выше, чем предсказанное методом верхней границы Guilhem Mollon [4–6]. Кроме того, очевидны расхождения в результатах между опорным давлением, предсказанным различными моделями. Данный вывод его работы говорит о том, что вопрос определения размеров и формы зоны сдвижения, а также определение необходимого поддерживающего забой давления очень актуален и важен для обеспечения безопасности строительства тоннелей [3].

Заключение. Высокий интерес в области исследования формы и размеров зоны сдвижения обусловлен необходимостью повышения точности существующих аналитических методик сводообразования, которые необходимо апробировать методами физического моделирования с использованием стендов для объемного физического моделирования на эквивалентных материалах собственного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shahmoradi J. et al. Face Stability Analysis for the Earth Pressure Balance Method in Nonhomogeneous Inclined Soil Layers: Case Study // International Journal Of Geomechanics. – 2020. – Vol. 20. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0001833](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0001833).
2. Zhang C. et al. Face stability analysis of a shallow horseshoe-shaped shield tunnel in clay with a linearly increasing shear strength with depth // Tunnelling And Underground Space Technology – 2020. – Vol. 97. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103291>.
3. Qarmout, M. Обзор семи моделей устойчивости забоя тоннелей // CivilEng. – 2022.
4. Guilhem, M. Вероятностный анализ и проектирование тоннелей с учетом устойчивости забоя // Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering. – 2009.
5. Guilhem, M. Вероятностный анализ сдвижений поверхности при проходке тоннеля // Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering. – 2009.
6. Guilhem, M. Анализ устойчивости забоя тоннелей, пройденных щитом с пригрузом // Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering. – 2010.
7. Huang M. et al. Continuous field based upper bound analysis for three-dimensional tunnel face stability in undrained clay// Computers And Geotechnics – 2018. – Vol. 94. – P. 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2017.09.014>.

УДК 622.24.063.2

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ДОБАВОК В БУРОВЫХ РАСТВОРАХ APPLICATION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ADDITIVES IN DRILLING FLUIDS

Лаврентиади Ю.С., студент кафедры Бурения скважин, Санкт-Петербургский горный университет, Васильевский остров, 21 линия, 2, г. Санкт-Петербург, 199106, Россия, lavrentiadi.yury@yandex.ru

Стативко В.С., аспирант кафедры минералогии, кристаллографии и петрографии, Санкт-Петербургский горный университет, Васильевский остров, 21 линия, 2, г. Санкт-Петербург, 199106, Россия, vlad.stativko@mail.ru

Lavrentiadi Y.S., Student of Well Drilling Department, St. Petersburg Mining University, Vasilievsky Island, 21 liniya, 2, St. Petersburg, 199106, Russia. lavrentiadi.yury@yandex.ru,

Stativko V.S., Graduate student of the Department of Mineralogy, Crystallography and Petrography, St. Petersburg Mining University, Vasilievsky Island, 21 liniya, 2, St. Petersburg, 199106, Russia, vlad.stativko@mail.ru

Аннотация. В настоящей работе произведен обзор литературных источников, где в качестве добавок к буровым растворам были использованы экологически чистые смеси. Приведены примеры работ, где в буровых растворах использовались добавки на основе пищевых отходов и растений (бамии, пурпурных лепестков шафрана и семян тamarинда). Установлено, что экологически безопасные «зеленые» добавки не уступают по своим свойствам обычным химическим смесям и могут быть использованы вместо них в буровых растворах на водной основе.

Ключевые слова: буровые растворы, экологически чистые добавки, «зеленые» добавки, свойства бурового раствора, реологические параметры.

Abstract. In this paper reviewed the literature, where environmentally friendly mixtures were used as additives for drilling fluids. Examples are given, where additives based on food