

4. Основные свойства строительных материалов / Н.И. Ханова, И.В. Конкина. – Новгород: ННГАСУ, 2013. – 36 с.
5. Соколинский, В.Б. Машины ударного разрушения (Основы комплексного проектирования) / В.Б. Соколинский. – М.: Машиностроение, 1982. – 184 с.
6. Механика Горных пород / под общ. ред. С.С. Гребёнкина и Н.Н. Гавриша. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – 169 с.
7. Weddfelt, K., Saadati, M., Larsson, P.-L. On the load capacity and fracture mechanism of hard rocks at indentation loading // 2017 International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 100, с. 170–176 Doi: 10.1016/j.ijrmms.2017.10.001

УДК 622.83

**ПРОБЛЕМЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ
СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ОХРАНЫ ЗДАНИЙ
ПРИ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА
PROBLEMS OF EXISTING METHODS FOR ASSESSING THE MOVEMENT
OF ROCKS AND THE PROTECTION OF BUILDINGS IN THE DEVELOPMENT
OF UNDERGROUND SPACE**

Кожухарова В.К., аспирант, Санкт-Петербургский горный университет,
me@kozuharova.ru

Kozhukharova V.K., post-graduate student, Saint-Petersburg mining university,
me@kozuharova.ru

Аннотация. С каждым годом увеличиваются темпы освоения подземного пространства. Это касается как крупных городов (строительство подземных транспортных и инженерных коммуникаций), так и территорий подрабатываемых крупными подземными месторождениями. Горные работы в обоих случаях инициируют развитие сдвижений и деформаций, как в породном массиве, так и на земной поверхности, что оказывает непосредственное влияние на деформирование зданий и сооружений, находящихся в зоне влияния подземных горных работ. В статье рассмотрено несколько зарубежных и отечественных методов оценки степени деформирования подработанных сооружений и сделаны выводы об их состоятельности и достоверности.

Ключевые слова: охрана зданий и сооружений, городское подземное строительство, мониторинг сдвижений и деформаций

Abstract. The pace of underground space development is increasing every year. This applies to both large cities (construction of underground transport and engineering communications) and territories that are being worked by large underground deposits. Mining operations in both cases initiate the development of displacements and deformations, both in the rock mass and on the earth's surface, which has a direct impact on the deformation of buildings and structures located in the zone of influence of underground mining. The article considers several foreign and domestic methods for assessing the degree of deformation of the underworked structures and draws conclusions about their consistency and reliability.

Key words: protection of buildings and structures, urban underground construction, monitoring of displacements and deformations

Введение. Наземная инфраструктура в результате строительства подземных сооружений, разработки месторождений подземным способом, попадает в зону техногенных оседаний, в результате чего здания и сооружений испытывают различные виды деформаций. Для предотвращения аварийных ситуаций и критических повреждений под-

рабатываемых сооружений опытным инженером должна быть проведена оценка степени подработки и деформирования здания, попавшего в зону влияния горных работ. На этом этапе возникает вопрос актуальности и адекватности используемых методик. Большинство из существующих подходов к оценке влияния деформаций земной поверхности на здания и сооружения не имеют между собой ничего общего и могут устанавливать совершенно разный уровень повреждения для одного и того же здания. Необходимо проанализировать существующие методы для более полного понимания структуры оценивания степени деформирования сооружений и определения основных недостатков, которые препятствуют получению достоверной оценки уровня повреждения зданий.

Взаимодействие подрабатываемого здания и земной поверхности/

Все существующие методы, целью которых является прогноз деформаций в подрабатываемых объектах можно условно разделить две на следующие группы:

Методы ограничения деформаций [1, 2].

Процесс деформирования в основании зданий оценивается через относительные величины деформаций, чаще всего используется относительная горизонтальная деформация в основании здания [3]. Здание в этих методах рассматривается как прямоугольную балку длиной L и высотой H .

Известно, что сама конструкция здания также воздействует на процесс сдвижения земной поверхности.

Чтобы описать этот эффект были созданы методы учитывающие жесткость конструкции [4, 5].

Жесткость конструкции была связана с жесткостью грунта путем определения выражений относительной жесткости и коэффициентов модификации, по которым впоследствии и определяются деформации строительных объектов.

Помимо методик определения деформации существует большая база систем оценки повреждения подрабатываемых зданий [6]. Системы оценок выделяют эстетические, функциональные и структурные повреждения, которые зависят от «простоты ремонтных работ», ширины трещин, значении максимальных растягивающих деформаций в конструкции [7].

Однако перечисленные ранее методики, обладают и рядом недостатков.

1. Недооценка сложности и многомерности подрабатываемых объектов.
2. Множество неопределенностей в основных допущениях.
3. Завышение расчетных значений деформаций.
4. Ограниченное представление о взаимодействии здания и земной поверхности.

Заключение. В настоящий момент данная область исследования изучена мало, и в реальных проектах, когда надо оценить возможность подработки сооружения или степень его деформирования, у инженеров возникает много сложностей в подборе правильных критериев для достоверной оценки. Необходимо развивать данную область науки, исключать недостатки из приведенных выше методик и способствовать обеспечению охраны подрабатываемых гражданских, промышленных и исторических сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Burland J.B., Wroth C.P. Settlement of Buildings and Associated Damage // Design for Movement in Buildings. – 1974. – С. 1–17.
2. Polshin D.E., Tokar R.A. Maximum Allowable Non-uniform Settlement of Structures // International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – 1957. – № 3. – С. 405–402.
3. Boscardin M.D., Cording E.J. Building response to excavation-included settlement // Journal of geotechnical engineering-asce. – 1989. – № 115. – С. 1–21.

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».