

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ КОТЛОВАНОВ

*Х.М. ХАТУМ, кандидат технических наук  
(Санкт-Петербургский горный университет, Россия)*

Строительство зданий и сооружений - одно из самых важных и сложных научно-практических областей инженерной деятельности, в ходе которой приходится решать достаточно сложные задачи, но главное следует достичь безопасности как непосредственно строительства, так и дальнейшей эксплуатации строящегося объекта. Особенно это важно при строительстве сооружений в зоне влияния горных работ. В этой связи в ходе проектирования необходимо предвидеть какие опасности и риски ожидаются и минимизировать их. На это направлены нормативные положения, в которых предписано для ряда условий и объектов выполнение геодезического мониторинга для обеспечения проектных параметров строящегося сооружения. Вместе с тем в нормативах регламентируются точностные параметры, обеспечение которых для ряда условий строительства требуют проведения специальных исследований.

В работе рассматривается процесс реализации геодезического мониторинга применительно к строительству вестибюля станции метрополитена (открытая горная выработка). При этом рассмотрен подход с применением автоматизации геодезических измерений на основе роботизированных тахеометров с предрасчетом точности. Кроме того, проведена оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива, вмещающего выемку (котлован) под вестибюль. Качество геодезического мониторинга несомненно повышается при наличии предварительной информации о распределении деформаций на земной поверхности, вследствие возведения котлована.

В данной работе область влияния котлована и его деформирование определялись с помощью метода конечных элементов (программный комплекс «Котлован»). На основании геомеханического расчета был проведен прямоугольник, удаленный от границы котлована на 30 м и принятый за зону влияния. Местоположение всех пунктов деформационной сети наблюдательных пунктов исследуется и оптимизируется с привлечением метода наименьших квадратов и оригинальных программ для выполнения моделирования различных расчетных схем. Результаты моделирования позволили определиться с размещением, как тахеометрической станции, так и деформационных марок на обнажении котлована. Сделан правдоподобный

вывод о том, что тахеометрические станции следует располагать в торцевых участках выемки, где смещения почти отсутствуют; а деформационные марки были запроектированы в средней части выемки, где по расчету наблюдаются наибольшие деформации.

Разработанная методика оценки деформации обнажений котлована под вестибюлем включает автоматизированную обработку результатов измерений с контролем положения пунктов всей деформационной сети (исходные пункты и деформационные марки).

В результате проведенных исследований разработана общая схема геодезического мониторинга инженерных приповерхностных сооружений. Следуя оригинальной технологической схеме, получили погрешность определения положения марок с одной станции около 0,7 мм, а также с использованием метода наименьших квадратов и данных, измеренных двумя тахеометрами получена погрешность около 0,5 мм. Методика проведения геодезического мониторинга показана на примере строительства станции Метро в Эр-Рияде (Саудовская Аравия).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонин Д. А. Предрасчёт точности геодезических измерений при организации мониторинга деформаций порталных частей транспортных тоннелей / Д.А.Афонин, Н.Н.Богомолова, М.Я.Брынь // Геодезия и картография. – 2014. – Т. 75 – № 1. – С. 7–11. DOI: 10.22389/0016-7126-2014-883-1-7-11.
2. Горяинов И.В. О наилучшей конфигурации обратной линейно-угловой засечки и необходимом количестве пунктов для достижения заданной точности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2016. – Т. 60. – № 4. – С. 41–47.
3. Гусев В.Н. Исследование процессов сдвижения и деформаций горных пород по данным геомеханического мониторинга на Яковлевском руднике / В.Н.Гусев, Е. М.Малюхина // Маркшейдерский вестник. 2017. № 5. С. 64-71.
4. Мустафин М.Г. Совершенствование геодезического обеспечения в строительстве с учётом зон тектонических нарушений и применения топоцентрических координат/ М.Г.Мустафин, Тхань Чан Шон, Хунг.Чан Мань // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80. – № 11. – С. 2–14. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-953-11-2-14.