

Выходец из ремесленнических кругов, он получил математическое и философское образование. Его первым учителем был Абу Наср – выдающийся математик и астроном своего времени.

Первые астрономические наблюдения он выполнил в возрасте 16 лет. Его первым инструментом была армилла с алидадой с делением шкалы через половину градуса. Армилла – астрономический инструмент для определения экваториальных или эклиптических координат небесных светил. В 994 году с высокой точностью он определил величину наклона плоскости эклиптики к экватору используя изготовленный им самим инструмент.

В 995 году он изготовил первый в Средней Азии и на Ближнем Востоке глобус Земли диаметром 5-6 м. на котором были отмечены населенные пункты.

В 1018 году он приступил, а в 1025 году завершил одно из важнейших своих сочинений «Геодезия» («Книга определения границ для уточнения расстояний между поселениями»). В сочинении приведены многие практические примеры решения различных геодезических задач, в том числе определению географической долготы местности. Излагаются способы определения времени по высотам неподвижных звезд и по азимутам их высот. Основное содержание сочинения, это вопросы геодезической астрономии и геодезии.

В книге рассмотрены способы решения обратной и прямой геодезической задач для определения расстояния и азимута между городами.

Исходя из того, что Земля является шаром, Бируни начинает размещать на своей новой карте мира все местности, которые были известны в ту эпоху. Тогда-то он и замечает, что по его расчетам, вся масса Евразии с самой западной точки в Африке до самой восточной точки в Китае представляет только две пятых части глобуса.

На этом основании Бируни делает вывод, что должны существовать другие континенты и теоретически предсказал что на другом полушарии есть еще один материк.

Бируни с высокой точностью измерил окружность Земли определив величину дуги меридиана по понижению горизонта, измеряемого с вершины горы с известной высотой.

Кроме родного хорезмийского языка, он владел арабским, персидским, греческим, сирийским языками, а также ивритом, санскритом и хинди.

Прожив почти 80 лет, он создал свыше 150 произведений. Из них по астрономии – 70 сочинений, географии и геодезии – 12. Произведения Бируни были переведены на латинский, французский, итальянский, немецкий, английский, персидский, турецкий языки.

Указом Президента Республики Узбекистан от 4 мая 1992 года учреждена Государственная премия имени Абу Райхана аль-Бируни в области науки и техники, которой награждаются ученые страны за большой вклад в развитие науки.

УДК 528.5:624

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ, НА ПРИМЕРЕ МЕТРОПОЛИТЕНА

В.Н. Кашура , И.Е. Рак

Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь, kafgiakgt@gmail.com

Основная цель геодезических работ в тоннелях метрополитена – обеспечение безопасности движения поездов и пассажиров. Для этого маркшейдерской службой метрополитена постоянно осуществляется мониторинг геометрических параметров тоннеля, габарита приближения оборудования, планово-высотного положения тоннеля и железнодорожного пути. Основой для выполнения этих работ служит сеть

полигометрических знаков и путейские репера, которые закладываются на этапе строительства метрополитена.

Ключевые слова: астрономо-геодезическая сеть; государственная геодезическая сеть; топографическая съемка; триангуляция; дуга Струве.

Периодичность и сроки наблюдений устанавливаются для каждого объекта метрополитена в соответствии с требованиями нормативно-технических документов, регламентирующих требования к точности производства маркшейдерско-геодезических работ при строительстве и мониторинге деформаций линий метрополитена.

Для контроля состояния тоннельной обделки (осадка всего тоннеля) выполняется прокладка нивелирного замкнутого хода II класса точности одним горизонтом, способом совмещения [1, с. 23]. При этом отдается предпочтение нивелирам с компенсатором, так они позволяют выполнять измерения с использованием штриховых реек, или используются цифровые нивелиры, соответствующие требованиям нивелирования II класса точности.

Периодичность выполнения этих работ зависит от срока эксплуатации тоннеля: до 5 лет – не реже одного раза в год, от 5–10 – не реже одного раза в три года, более 10 лет – не реже одного раза в пять лет.

Допустимая невязка в замкнутом ходе для II класса нивелирования вычисляется по формуле $\pm 5 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}$, где L – длина хода в километрах. [2, с. 9]:

Для проверки профиля пути выполняется нивелирование IV класса точности с использованием нивелиров типа Н-3 или равнозначных им, штриховых односторонних реек с инварной полосой и двумя шкалами типа РН-05.

Репера 1680–2780 (рисунок 1) образуют сеть реперов, имеющих одинаковую по конструкции центров и точность, размещенных на расстоянии 60 метров друг от друга. Положение реперов линии считается стабильным, если превышение между ними не изменяется больше чем на 0,3–0,4 мм.

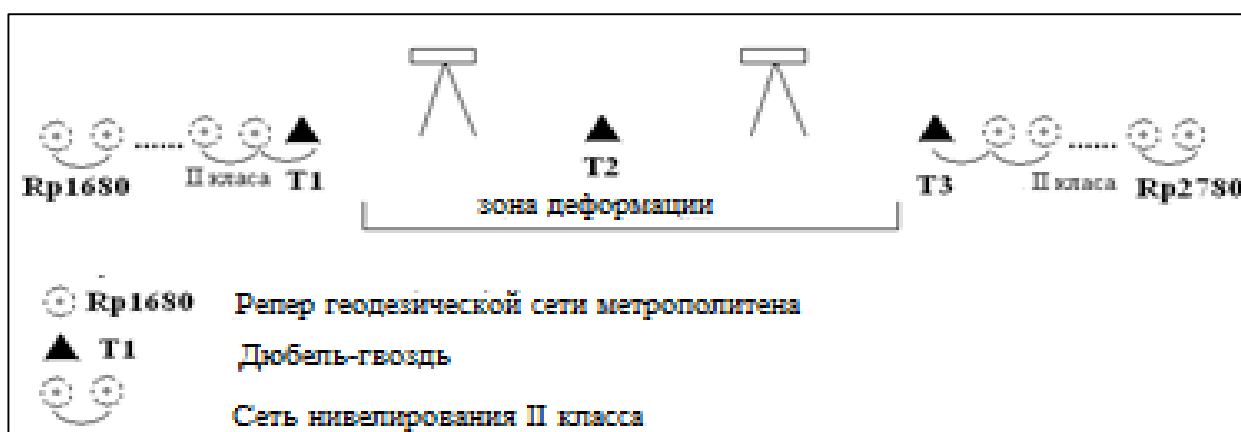


Рис. 1. Схема геодезической основы на участке деформаций

По результатам нивелирования составляются ведомости (рисунок 2) и графики (рисунок 3) вертикальных деформаций с выявленными отклонениями.

Пикетаж	Проект	разность	Факт на 15.06.2022	разность	Факт на 21.07.2022	разность	Факт на 03.08.2022	разность	Факт на 16.08.2022	разность
49+00,00	189212	0	189212	0	189212	0	189212	0	189212	0
49+17,03	188552	-3	188549	-3	188548	-4	188548	-4	188549	-3
49+36,96	187780	-23	187757	-23	187757	-23	187757	-23	187759	-21
49+42,10	187603	-19	187583	-20	187584	-19	187583	-20	187584	-19
49+47,03	187436	-16	187421	-16	187422	-14	187421	-16	187422	-14
49+52,03	187280	-12	187265	-15	187271	-9	187269	-12	187270	-10
49+57,05	187133	-6	187128	-5	187127	-6	187127	-6	187129	-4
49+62,02	186992	-7	186985	-7	186985	-7	186984	-9	188318	
49+62,84	186970	-7	186963	-8	186963	-7	186963	-8	186964	-6
49+66,91	186858	-5	186853	-5	186853	-5	186853	-5	186854	-4
49+72,13	186721	-2	186719	-2	186720	-2	186718	-3	186720	-1
49+76,99	186599	-1	186598	-2	186599	-1	186598	-2	186600	1
49+81,99	186484	0	186483	-1	186485	1	186485	1	186486	2
49+82,81	186471	5	186474	3	186474	3	186473	2	186474	3
49+86,26	186376	2	186377	1	186378	2	186376	0	186379	3
50+04,56	186188	2	186189	1	186189	1	186189	1	186191	3
50+14,61	186033	3	186034	1	186034	1	186033	0	186037	4

Рис. 2. Наблюдение по циклам за деформацией по путевым реперам

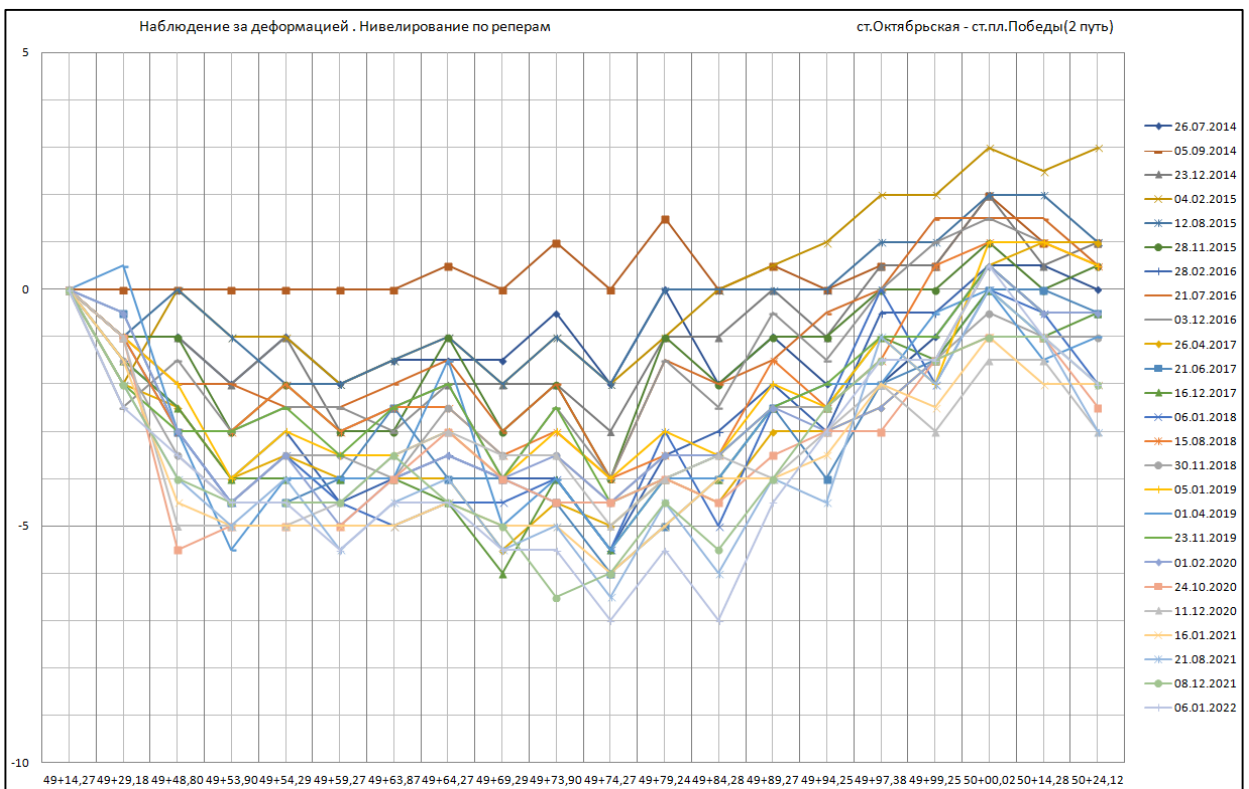


Рис. 3. График изменения высотного положения при нивелировании по путевым реперам

Наблюдение за деформациями туннельного свода выполняется ежемесячно, но периодичность таких наблюдений может быть изменена в случае выявления деформаций, которые превышают установленные допуски.

Среднюю квадратическую погрешность осадки m_s марки в случае простых одиночных ходов определяют по формуле 1 [3, с. 29].

$$m_s = m_h \sqrt{n} \quad (1)$$

где m_h – средняя квадратическая ошибка одной станции для данного класса;
 n – количество станций до наиболее удаленной марки хода.

Наблюдение за плано-высотным перемещением обделки тоннеля выполняют с помощью электронного тахеометра. Для этого на участке работ создается комбинированная линейно-угловая сеть, состоящая из неподвижных реперов М1, М2, М3 и М4 (рисунок 4) и ственных деформационных марок 1–17.

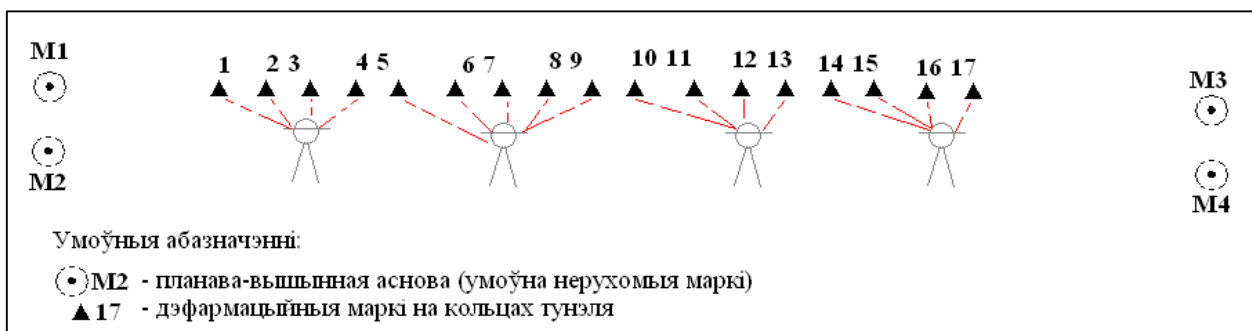


Рис. 4. Пример схемы размещения неподвижных реперов и деформационных марок

Как правило, имена плановых деформационных марок совпадают с именами высотных деформационных марок. Наблюдение выполняется методом обратной засечки при четырех установках тахеометра.

Проверка габарита приближения оборудования осуществляется специально оборудованной железнодорожной платформой (рисунок 5), на которой устанавливается рама с прикрепленными к ней поворачивающимися флажками очерчивающих контур габарита.



Рис. 5. Габаритная рама

Геодезические измерения, выполняемые для определения наличия деформационных процессов, в виде большого числа цифровых данных, подвергаются обработке, анализу и изучению с использованием специализированного ПО позволяющее с наибольшей достоверностью анализировать и прогнозировать развитие деформационных процессов. Чаще всего при обработке и анализе используется Excel MO. Действительно, эта программа позволяет выполнить сравнение измерений между циклами, построить графики и диаграммы. Но для анализа устойчивости пунктов плановой и высотной опорной геодезической сети – контрольных пунктов, расчет параметров скоростей движения контрольных пунктов, расчет кривизны деформационной поверхности. Полный спектр

необходимых расчетов по мониторингу за деформационными процессами позволяет выполнить программа РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ компании Кредо-Диалог.

Принцип обработки данных в этом ПО основан на последовательном накоплении значений отметок и плановых координат специальных деформационных марок, закрепляемых на объекте.

В процессе обработки может быть выполнен статистический анализ данных циклических наблюдений, по результатам которого могут быть созданы графические и текстовые отчеты (рисунок б), содержащие информацию о текущем состоянии и динамике деформационных процессов.

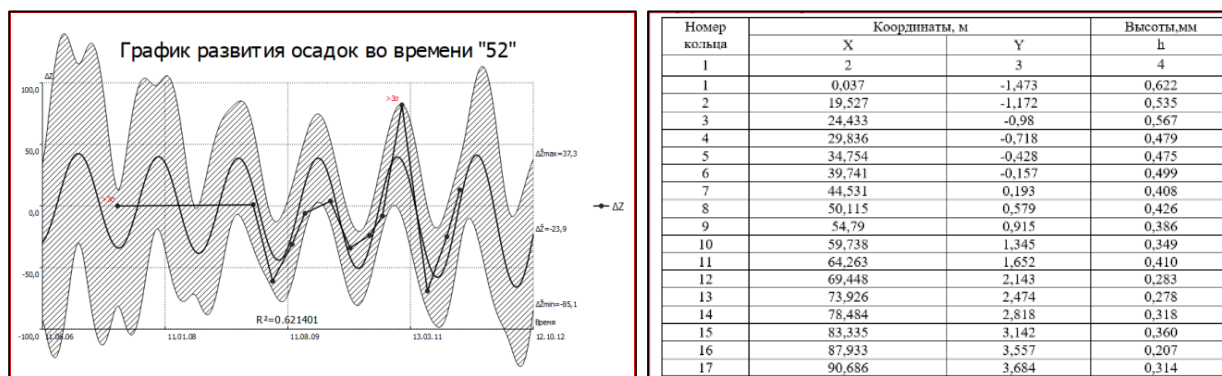


Рис. 6. Представление данных геодезического мониторинга

Деформационная модель поверхности может быть построена по одному из следующих параметров:

- вертикальное смещение за указанный период времени,
- мгновенная скорость смещения,
- кривизна поверхности смещения (от начала наблюдений),
- дилатация (от начала наблюдений),
- растяжение (от начала наблюдений),
- сжатие (от начала наблюдений),
- устойчивость в плане,
- устойчивость по высоте.

Возможность визуализации (рисунок 7) позволяет определять участки наблюдаемых объектов, подверженные наибольшему отклонению от первоначального положения, величины и направления деформаций, а также закономерности деформационных процессов, дающие возможность наиболее достоверно прогнозировать развитие деформационных процессов.

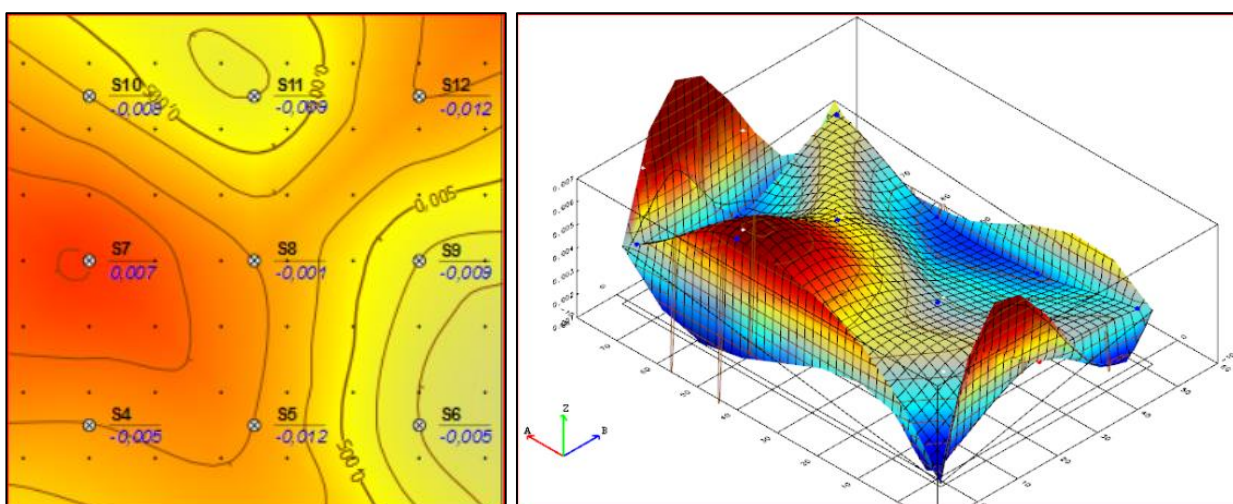


Рис. 7. Визуализация данных геодезического мониторинга

Применение специализированных программных продуктов для обработки и представления данных геодезического мониторинга объектов также позволяет повысить точность оценки деформационных процессов.

Литература

1. ТКП 45-1.02-77-2007 (02250) «Геодезические и маркшейдерские работы при строительстве метрополитенов и транспортных тоннелей. Правила проведения». – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 156 с.
2. Государственная нивелирная сеть Республики Беларусь. «Основные положения». СТБ 1820-2007. – Введено. 2007-12-29. – Мн.: Госстандарт РБ, 2007. – 15 с.
3. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. НИИОПС имени Н. М. Герсеванова, Госстрой СССР, 1975.
4. РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ 2.1. Руководство пользователя. / Кредо-Диалог. – Минск: СП «Кредо-Диалог», 2022. – 97 с.

УДК 528.7: 622.1

ВЫСОКОТОЧНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА И АБК ГРОДНЕНСКОГО ЦЕХА «БЕЛЦВЕТМЕТ»

В.И. Михайлов, Н.О. Куприенко
Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь, kafgiakgt@gmail.com

РПУП «Белцветмет» обратилось с просьбой к УП «Стройреконструкция» выполнить определение деформаций фундаментов производственного корпуса и административно-бытовой корпус (АБК) за два цикла геодезических измерений в связи с появлением в них трещин, и выдать заключение по дальнейшей эксплуатации здания.

Ключевые слова: наблюдение за деформациями; РПУП «Белцветмет»; нивелирование II класса.

Геодезические работы выполнялись на основании лицензии ГК091 от 28.09.2000 года, выданной УП «Стройреконструкция» Госкомитетом по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь, прибором, аттестованным РУП «Белгеодезия», свидетельство о поверке №18 от 09.01.2003 года.

В состав мероприятий по проведению геодезических измерений входило: подготовительные и организационные работы, визуальное обследование производственного корпуса и АБК, закладка осадочных марок, высокоточное их нивелирование, вычислительные и графические работы, подготовка технической информации о результатах выполненных геодезических наблюдений за деформациями несущих конструкций обследуемого сооружения, составление заключения по дальнейшей эксплуатации здания.

Для оценки устойчивости сооружения и проведения профилактических мер с целью его нормальной эксплуатации проводятся систематические наблюдения за деформациями несущих конструкций. Наиболее распространенный метод геодезических измерений – периодическое геометрическое нивелирование II класса. Для промышленных и гражданских зданий средняя квадратическая погрешность превышения на станции составляет 0,4 мм. Допустимая погрешность в замкнутом ходе подсчитывается по формуле