УДК 528.541.2

Д.А.ИЛЮХИН, *студент, archon89@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

D.A.ILUHIN, *student, archon89@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ НИВЕЛИРОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОСАДКАМИ СООРУЖЕНИЙ

Постоянно растущая плотность застройки повышает требования к устаревшим городским коммуникациям, что зачастую вынуждает строителей вести работы по обновлению и расширению сети подземных сооружений в районах, где крайне необходимо обеспечивать минимальное воздействие на земную поверхность.

В ходе исследования рассмотрены возможные методы сокращения затрат времени и материальных средств на проведение наблюдений за оседаниями объектов, находящихся в зоне строительства.

***Ключевые слова*:** оседания, репер, нивелир, наблюдения.

APPLICATION OF DIGITAL LEVELS FOR RAINALL STRUCTURES MONITORING

Due to the ever-increasing housing density and increased demands on outdated municipal communications, which often forces the builders to work on updating and expanding the network of underground facilities in areas where it is imperative to ensure a minimal impact on the earth's surface.

The study examined possible methods for reducing time and material resources to carry out observations of the settling of the objects in the construction zone.

***Key words*:** sedimentations, frame, level, monitoring.

В настоящее время значительно увеличиваются темпы и масштабы строительства подземных сооружений и коммуникаций в районах с высокой плотностью застройки. В таких крупных городах, как Санкт-Петербург, подрабатываемыми объектами часто становятся постройки, возраст которых превышает 100 лет. Фундаменты таких зданий в большинстве случаев уже понесли значительный урон от времени и не рассчитаны на нагрузки, вызываемые смещениями грунтов при подземном строительстве. В таких условиях возникает острая необходимость в проведении высокоточных наблюдений за оседаниями фундаментов. Геодезические наблюдения за деформациями проводятся для зданий, находящихся в зоне строительства подземных и наземных сооружений с целью своевременного обнаружения деформаций, установления их причин, прогнозирования развития и предупреждения превышения деформациями допустимых для построек значений. Наиболее распространенным методом является мониторинг вертикальных оседаний сооружений, производимый путем периодического геометрического нивелирования стенных реперов, закрепленных на наблюдаемых постройках.

Классы точности наблюдений за оседаниями устанавливаются нормативными документами. Согласно ГОСТ 24846-81 «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений», применяются четыре класса точности наблюдений за осе-

даниями, производимых при помощи нивелирования стенных реперов (табл.1). Если подрабатываемым объектом является древний памятник архитектуры, мониторинг необходимо производить с повышенной точностью.

Таблица 1

Классы точности наблюдений за оседаниями стенных реперов

Класс точности измерений	Допускаемая погрешность измерения перемещений	
	вертикальных	горизонтальных
I	1	2
II	2	5
III	5	10
IV	10	15

Проблема, решение которой являлось целью данного исследования, заключается в реперах, закрепляемых в стенах зданий. Стенной репер – это геодезический знак, устанавливаемый на несущих конструкциях капитальных зданий и сооружений для наблюдений за их деформациями в течение различных периодов времени. Для долговременных наблюдений используются в основном металлические реперы, не подверженные воздействию температуры и влаги. Для установки такого репера требуется сверление в стене отверстия глубиной до 200 мм и диаметром более 80 мм. Далее отверстие заполняется цементным раствором, в который монтируется чугунный цилиндр с выступом для установки нивелирной рейки. При кратковременных наблюдениях в основном используют стальные реперы, представляющие собой штырь, также имеющий выступ. Их длина в среднем составляет 170 мм. Безусловно, применение такого метода уменьшает затраты и приводит к меньшим повреждениям отделки построек, но все же избежать негативных последствий при установке применяемых на сегодняшний день реперов невозможно, и получение разрешения на их установку у владельца построек часто затруднено.

На современном этапе развития технологии в области строительства подземных сооружений удалось достичь достаточно высоких показателей скорости проведения работ. В некоторых случаях влияние подземного строительства на подрабатываемую постройку происходит лишь в течение нескольких недель, а иногда и дней. Для проведения таких кратковременных наблюдений применение стандартных реперов зачастую крайне нецелесообразно и невыгодно. Данное исследование проводилось с целью выработки метода, позволяющего полностью избежать повреждений, свести к минимуму затраты на установку и значительно повысить оперативность работ по мониторингу оседаний.

Работа основана на анализе некоторых особенностей применяемых для мониторинга приборов. Наблюдения в настоящее время производятся при помощи высокоточных электронных нивелиров, использующих штрихкодовые рейки. На поверхности таких реек закодирована информация об отметках превышений. Способы записи этой информации условно можно разделить на две группы: запись непрерывного логического сигнала вдоль всей длины рейки и вдоль рейки кодовых блоков, обозначающих метки уровня.

Многие производители приборов («Sokkia», «Trimble», «Leica») используют так называемые RAB-штрихкодовые рейки. RAB-код (Random Bidirectional Code) – штрихкод, составленный из шести типов кодовых комбинаций, являющихся уникальными по всей длине нивелирной рейки. Достоинствами штрихкодовых реек являются высокие оперативность измерений и точность за счет многократных получений отсчетов*.

Однако существенным недостатком является невозможность работы с низкоконтрастным изображением кода, повышающим требования к освещенности рейки. Но для проводимого исследования достоинством именно RAB-кодировки является то, что для успешного отсчета прибору необходимо определить лишь некоторое количество блоков. Поэтому теоретически, в поле

* *Колесников Г.В.* Методы кодирования нивелирных реек. Новосибирск, 2009.

Kolesnikov G.V. Leveling rods coding techniques. Novosibirsk, 2009.

Таблица 2

Результаты контрольных наблюдений

Станция 1			Станция 2			Станция 3		
Номер марки	Отсчет, м	Расстояние, м	Номер марки	Отсчет, м	Расстояние, м	Номер марки	Отсчет, м	Расстояние, м
1	3,36245	4	2	3,22843	20	3	3,23486	20
2	3,24746	0	3	3,24970		1	3,32832	4
Превышение	0,11499	–	–	0,02057	–	–	0,09346	–

зрения прибора достаточно поместить не всю рейку, а небольшой участок. При этом отсчет должен быть успешно осуществлен без потери точности. Изображение полученного в ходе работы участка с достаточным количеством кодовых блоков может быть использовано для изготовления большого количества дешевых и простых марок для нивелира, которые можно размещать на стенах наблюдаемых построек с целью проведения кратковременных наблюдений.

Исследования проводились в аудиторных условиях при различной освещенности. Для определения минимального участка рейки, необходимого прибору для считывания кода, рейка устанавливалась на разное расстояние и постепенно закрывалась непрозрачным материалом с обеих сторон по направлению от верхнего и нижнего края рейки к положению горизонтальной оси прибора. По мере уменьшения открытого участка рейки брался отсчет при помощи высокоточного нивелира. Процесс продолжался до тех пор, пока код не переставал считываться. Важно заметить, что разница отсчетов при перекрытии рейки составляла 0,04 мм. Это свидетельствует об отсутствии потери точности при считывании фрагмента.

Исследование показало, что гарантированное считывание кода происходит на 19-м штриховом участке рейки. Проверялись также критические случаи положения фрагмента рейки, когда отсутствовало пересечение горизонтальной оси нивелира с фрагментом как в нижнем, так и в верхнем положении. При незначительном отклонении (до 15 мм) штрихкод успешно считывался.

Дополнительный контроль отсутствия потерь точности метода проведен с помощью замкнутых нивелирных ходов с разными длинами сторон. Как и следовало ожидать, наибольшее расхождение наблюдалось в ходе с различными длинами сторон при наиболее затрудненных условиях визирования (табл.2).

В результате контрольных наблюдений величина ошибки хода составила

$$\Sigma_{\Delta h} = -0{,}11499 + 0{,}02057 + 0{,}09346 = 0{,}00096 \text{ м}.$$

Данное значение наибольшее среди всех величин ошибок ходов при различных конфигурациях и условиях, однако и оно не превышает 1 мм, что позволяет говорить о достаточной эффективности предложенного метода.

Исследование показало, что для успешного получения отсчета без потери точности по RAB-штрихкодовой рейке достаточно ее участка длиной 30 см (19 штрихов). Марки, созданные, к примеру, на пластиковой основе, позволят получать данные об оседаниях подрабатываемых объектов с точностью первого класса наблюдений. Изготовление и закрепление предлагаемого вида марок не требует разрушения отделки зданий и значительно снижает затраты на проведение работ по мониторингу, что позволяет применять их в больших количествах. Кроме того, использование марок дает возможность наблюдателю отказаться от услуг реечника, что значительно повышает оперативность работ.

Научный руководитель канд. техн. наук, доцент *В.А.Голованов*