

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТОДИКИ И ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ОСАДКИ ГРАЖДАНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Канд. техн. наук, проф. НЕСТЕРЕНКО М. С.

Белорусский национальный технический университет

Состояние вопроса. Современный опыт геодезического мониторинга осадочных деформаций гражданских и промышленных зданий и сооружений посредством цифровых нивелиров показал, что методики соответствующих нивелирных измерений, предусмотренные рядом нормативных документов [1–4], рассчитаны на применение оптико-механических нивелиров и соответственно чрезмерно строги в части допусков на неравенство расстояний визирования и поэтому сопровождаются вынужденным усложнением работ. При этом во многих случаях превышаются требования к точности определения осадочных деформаций рядовых объектов.

Между тем ТКП 45-1.03-26–2006 [4] (п. 12.14) предусмотрены предварительные расчеты по обоснованию необходимой и достаточной точности измерения осадочных перемещений и деформаций конкретных объектов строительства. Такие расчеты должны определять методику нивелирования, ее адаптивность к условиям нивелирных работ с учетом выявления неравномерностей осадки как основной причины нарушения нормальной работы конструкций.

Из п. 12.14 ТКП 45-1.03-26–2006 [4] выделим следующие нормативные условия к обоснованию точности нивелирных работ:

а) требуемую точность измерений вертикальных перемещений дорогостоящих зданий и сооружений надлежит выполнять в зависимости от ожидаемых величин перемещений, установленных проектной документацией;

б) для типовых зданий и сооружений при отсутствии данных о расчетных величинах сме-

щений и деформаций точность измерения вертикальных перемещений устанавливается ± 2 мм в процессе их возведения на песчаных, супесчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах.

На практике допуск ± 2 мм из условия (б) принимают, как правило, единственным критерием необходимой точности нивелирных работ, не учитывая, что названный допуск зачастую устанавливает завышенные требования к их точности и соответствующие усложнения их методики. Дополнительно необходимо принимать во внимание, что при измерении осадки зданий и сооружений неизбежно снижение точности геометрического нивелирования (преимущественно оптико-механическими нивелирами) за счет двух основных внешних факторов:

1) вынужденных отступлений от требования соблюдать равенство расстояний от нивелира до нивелирных реек;

2) нестабильности среды (вибрационные воздействия на нивелир от работающих механизмов и транспорта, оседания штатива на нарушенном грунте, неоднородность температуры воздуха, недостаточная освещенность внутри объекта).

Названные причины определяют необходимость корректировки нормативной точности и методики специальных нивелирных измерений при мониторинге осадки возводимых объектов.

Обоснование точности специального геометрического нивелирования при мониторинге осадки зданий и сооружений. Необходи-

димую точность измерения превышений на станции геометрического нивелирования следует выбирать соответственно основной задаче геодезического мониторинга, которая состоит в своевременном выявлении опасных осадочных перекосов строительных конструкций, при этом сопутствующая задача – определение фактической осадки здания или сооружения – должна решаться с точностью, отвечающей реальной точности нивелирования с учетом критерия $m_{hф}$ – средней квадратической погрешности (СКП) измерения превышений на станции. В [4] (п. 12.16) для геометрического нивелирования I, II, III и IV классов установлены следующие нормативные предельные значения СКП: $2m_h = 0,15; 0,50; 1,50$ и $5,00$ мм. Но при обосновании точности нивелирных измерений расчетную СКП превышения m_{hp} на станции следует определять по значениям допустимых относительных вертикальных перекосов конструкций объекта, а расчетную погрешность (m_s)_p определения абсолютной осадки – по величине S_p расчетного значения такой осадки для точек, наиболее удаленных от исходных реперов нивелирной сети (в «слабом месте» сети) по известным формулам, приведенным в [2].

Измеренные значения неравномерности осадки ΔS контрольных точек конструкции (ее вертикального перекоса) вычисляются как разность измеренных превышений h_i между названными точками в цикле с номером i и в начальном цикле $i = 0$, т. е.

$$\Delta S = h_i - h_0. \quad (1)$$

Средние квадратические погрешности m величин, составляющих разность (1), связаны формулой

$$(m_{\Delta S})^2 = (m_{hi})^2 + (m_{h0})^2. \quad (2)$$

Принимая, что $m_{hi} = m_{h0} = m_h$, получаем $(m_{\Delta S})^2 = 2(m_h)^2$. Тогда $m_{\Delta S} = m_h \sqrt{2}$, откуда

$$m_h = m_{\Delta S} / \sqrt{2}. \quad (3)$$

Переходя к допустимой погрешности измерения превышения из формулы (3), получаем

$$2m_h = m_{\Delta S} / \sqrt{2}. \quad (4)$$

Допустимая погрешность $m_{\Delta S}$ измерения разности осадки ΔS соседних контрольных точек вычисляется по формуле

$$m_{\Delta S} = Kl\gamma_{пред}, \quad (5)$$

где $K = 0,16$ – коэффициент, учитывающий соотношение между допустимым перекосом $\gamma_{пред}$ конструкции и средней квадратической погрешностью его измерения, установлен в [4] (п. 4.4); l – длина конструкции.

С учетом (5) формула (4) допустимой расчетной погрешности измерения превышения принимает вид

$$2m_{hp} = (Kl\gamma_{пред}) / \sqrt{2}. \quad (6)$$

В графе 2 табл. 1 приведены примеры значений $\gamma_{пред}$, основанные на данных СНиП 2.02.01–83, а в графах 4–6 – численные значения предельных расчетных погрешностей $2m_{hp}$ измерения превышений между крайними точками конструкции с одной станции нивелирования, вычисленные по формуле (6).

Ожидаемая погрешность δ_S определения осадки S в точках, наиболее удаленных от исходных реперов, в типичном случае одиночного нивелирного хода из n станций теоретически равна половине допустимой невязки f_h его превышений, т. е.

$$\delta_S = 0,5f_h = (2m_{hp}\sqrt{n})/2 = m_{hp}\sqrt{n}. \quad (7)$$

Например, при расчетном классе нивелирования II–Р (где $2m_{hp} = 0,6$ мм) определяем: если число станций хода $n = 30$, то $\delta_S = 1,6$ мм, а если $n = 60$, то $\delta_S = 2,3$ мм; при $n = 100$ имеем $\delta_S = 3,0$ мм.

По расчетной или же нормативной величине допустимой осадки $\delta_{Sдоп}$ определяется достаточная расчетная точность измерения превышений $2m_{hp}$, которая должна быть откорректирована по параметру допустимой погрешности измерения неравномерности осадки данного объекта, т. е.

$$2m_{hp} = \delta_{Sдоп} / \sqrt{n} \leq Kl\gamma_{пред}. \quad (8)$$

**Расчетные параметры точности геометрического нивелирования
при мониторинге осадки инженерных сооружений**

| Пример строительных конструкций, возводимых на сжимаемых (песчаных, супесчаных и глинистых) грунтах | Предельные | | Предельная расчетная погрешность измерения превышения $2m_{hp}$, мм, при длине элемента l , мм | | | Расчетный параметр точности измерений | | |
|---|---|-----------------------------------|---|------|-------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| | относительные разности осадки $\gamma_{пред}$ | абсолютные осадки $S_{пред}$, мм | | | | класса нивелирования | превышения на станции $2m_{hp}$, мм | абсолютной осадки $\Delta S_{доп}$, мм |
| | | | 3000 | 6000 | 12000 | | | |
| Крупнопанельные бескаркасные здания | 0,0005 | 80 | 0,17 | 0,34 | | I-P I-P | 0,18 0,18 | 12 |
| Каркасные здания на свайных фундаментах | 0,0007 | 80 | 0,24 | 0,47 | | I-P I-P | 0,18 0,6 | 12 |
| Ряды колонн с каменным заполнением стен | 0,0007 | 80 | 0,24 | 0,47 | 0,96 | I-P I-P II-P | 0,18 0,6 0,6 | 12 |
| Стены одноэтажных промышленных зданий | 0,001 | 80 | 0,34 | 0,68 | 1,36 | I-P II-P II-P | 0,18 0,6 0,6 | 12 |
| Железобетонные и стальные рамы, интенсивные динамические воздействия | 0,002 | 80 | 0,68 | 1,34 | 2,72 | II-P II-P III-P | 0,6 0,6 1,8 | 12 |
| Крен сплошных и кольцевых фундаментов жестких башенных сооружений (дымовые трубы, водонапорные башни и т. п.) | 0,004 | 30 | 1,34 | 2,71 | | II-P III-P | 0,6 1,8 | 5 |
| Конструкции, в которых не возникают дополнительные усилия при неравномерной осадке фундаментов | 0,005 | 100 | 1,7 | 3,4 | 6,8 | III-P III-P IV-P | 1,8 1,8 6,0 | 16 |

Методика нивелирования. Прокладку ходов геометрического нивелирования расчетных классов I-P и II-P по осадочным маркам следует традиционно предусматривать короткими лучами длиной до 25–30 м для цифровых и до 15 м – для оптико-механических высокоточных нивелиров. В стесненных условиях на станции при нивелировании связующих и промежуточных точек расстояния до них следует выбирать с минимально возможным отступлением от равенства визирных лучей, но не более 6–10 м. При вынужденном неравенстве расстояний до связующих точек на данной станции необходимо предусматривать компенсирующее неравенство соответствующих расстояний на последующих станциях нивелирного хода.

Высокоточный нивелир должен отвечать требованию, чтобы отклонение визирного луча от горизонтального положения не превышало 0,20 мм на 20 м или 0,01 мм на 1 м. На данное главное условие нивелир необходимо проверять до начала и по окончании работы путем двойного нивелирования связующих точек неравными лучами.

Производственный опыт. Выше перечислены неблагоприятные факторы, ограничивающие достижимую точность геометрического нивелирования в условиях строительной площадки или действующего промышленного предприятия. При измерениях в таких условиях осадки эксплуатируемых объектов электростанций, промышленных предприятий и возводимых сооружений спортивно-развлекательного комплекса «Минск-Арена» по фактическим невязкам превышений нивелированием II-P класса были получены фактические погрешности измерения превышений $2m_h = 0,2–0,4$ мм для цифрового нивелира DiNi 12T и $2m_h = 0,3–0,6$ мм – для оптико-механического нивелира типа Coni 007. На объектах завода ОАО «Могилевский ЗИВ» в неблагоприятных условиях интенсивных вибраций для нивелира Coni 007 получены значения $2m_h = 0,5–0,6$ мм. Приведенные здесь и другие производственные данные подтверждают обоснованность применения корректирующего коэффициента $\eta = 1,2$ к нормативным значениям СКП измерения превышений, указанным в [4] для назначения точ-

ности нивелирных работ при измерениях осадки рассматриваемых и подобных им объектов.

ВЫВОДЫ

1. Действующие нормативные документы, определяющие точность измерения осадки гражданских и промышленных зданий и сооружений, следует дополнить указанием, что точность измерения превышений на станции геометрического нивелирования в неблагоприятных условиях измерений принимается на основе допусков точности определения предельно допустимых перекосов строительных конструкций в вертикальной плоскости.

2. При измерениях осадки зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения для геометрического нивелирования расчетных классов I-P, II-P, III-P и IV-P в нормативных документах необходимо предусмотреть допустимость неравенства расстояний от нивелира до реек до 6–10 м с компенсацией его в нивелирном ходе, при этом следует назначить

повышенные требования к точности юстировки нивелира на горизонтальность визирного луча.

3. Допустимая погрешность определения абсолютной осадки должна рассчитываться для точек объекта, наиболее удаленных от исходных реперов с учетом обоснованной точности измерения превышений на станции геометрического нивелирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Руководство** по натурным наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1981.
2. **Руководство** по геодезическому контролю сооружений и оборудования промышленных предприятий при их эксплуатации. – Новосибирск: СГГА, 2004.
3. **Пособие** по производству геодезических работ в строительстве к СНиП 3.01.03–84. – М.: Стройиздат, 1985.
4. **Геодезические работы** в строительстве. Правила проведения: ТКП 45-1.03-26–2006 (02250). – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006.

Поступила 28.03.2013

УДК 711.4 (476.6-25)

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕВЕКОВОГО БЕЛОРУССКОГО ГОРОДА)

Канд. арх. наук, доц. КИШИК Ю. Н.

Белорусский национальный технический университет

Одна из особенностей современного подхода к освоению градостроительного наследия связана с моделированием в новой среде и новом масштабе характерных принципов пространственной организации старинного города, которые оказались устойчивыми при смене исторических периодов и могут быть полезными в ходе предстоящей реконструкции. Широкие возможности для их выявления предоставляют новые методологические подходы, разрабатываемые учеными разных стран. В течение ряда лет проводились исследования градостроитель-

ных систем (т. е. комплексов взаимодействующих элементов природной среды, планировки, ведущих зданий, городского ядра и т. д.) средневековых белорусских городов – Гродно, Витебска, Могилева. Для этих работ применялись различные специальные графоаналитические методы, т. е. анализ с помощью графики – графических изображений как моделей изучаемых градостроительных систем. Ряд методов уже апробирован в градостроительной науке, некоторые были применены впервые. Хотя их описание не является ключом к решению всех про-