

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Методические указания
по выполнению лабораторной работы

Пенза 2015

УДК [528.486,4:624,07] (075.8)

ББК 26.1я73

И72

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доцент Е.П. Тюкленкова (ПГУАС)

Инструментальны наблюдения за деформациями зданий и сооружений: методические указания / Т.И. Хаметов, С.Н. Букин. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 20 с.

Изложены методы инструментального наблюдения за деформациями зданий и сооружений. Приведены методика выполнения геодезических измерений осадки, сдвига и крена зданий, сооружений, а также вопросы для контроля знаний.

Методические указания подготовлены на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначены для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» при изучении дисциплины «Геодезические работы в строительстве».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2015

© Хаметов Т.И., Букин С.Н., 2015

ВВЕДЕНИЕ

Современный период характеризуется стремительным развитием новых технологий в сфере строительства. При этом вопросы, связанные с контролем горизонтальных смещений, наклонов, деформаций грунтовых оснований зданий и сооружений, по-прежнему актуальны.

В процессе инструментальных наблюдений за техническим состоянием зданий и сооружений выявляются элементы конструкций, подверженных деформациям. Мониторинг позволяет своевременно определять негативные эффекты и предотвращать их развитие в будущем.

Геодезические наблюдения выполняются непосредственно на местности и заключаются в измерении положения контрольных точек (деформационных марок) относительно исходных пунктов, расположенных за пределами зоны деформации.

Стоимость геодезических работ по мониторингу деформаций и смещений находится в прямой зависимости от конфигурации и доступности объекта, количества деформационных марок, площади зоны деформаций. Актуальность и значимость работ по геодезическому мониторингу ряда инженерных сооружений, таких, как плотины, тоннели метрополитена, автомобильные дороги, обусловлена высокой социально-экономической значимостью этих объектов.

Несмотря на большое разнообразие зданий и строений, основные геодезические работы при измерении деформаций зданий и сооружений сводятся к следующим:

- 1) измерение осадок зданий методом геометрического нивелирования;
- 2) определение сдвига контуров зданий и сооружений;
- 3) измерение крена конструкций и зданий.

В рамках методических указаний «Инструментальные наблюдения за деформациями зданий и сооружений» рассматриваются технология измерений и порядок обработки результатов, представленных в форме ведомостей.

В результате выполнения работ в рамках методических указаний, студент должен овладеть следующими профессиональными компетенциями:

– владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, производства строительных материалов, изделий, конструкций, машин и оборудования;

– использование основных законов геометрического формирования, построения и взаимного пересечения плоскости и пространства, необхо-

димого для выполнения чертежей зданий, сооружений, конструкций, составления конструкторской документации и деталей.

В результате выполнения лабораторных работ студент должен:

– **знать** состав и технологию геодезических измерений деформаций на всех стадиях строительства и эксплуатации объектов;

– **уметь** выполнять геодезические измерения осадки, сдвига, крена зданий и сооружений с использованием современных приборов и технологий;

– **владеть** навыками производства угловых, линейных, высотных измерений при наблюдении за деформациями зданий и сооружений.

1. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКИ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Цель задания – освоить методику обработки результатов измерения осадки зданий и составление отчетной документации.

Пособия и принадлежности: бланки задания, микрокалькулятор и рабочая тетрадь.

Вертикальные смещения, направленные вверх, называют подъемом (выпучиванием), а вниз – осадкой. На практике, когда направление вертикального смещения неизвестно, употребляют слово "осадка" в обобщенном смысле, аналогично тому, как слово «превышение» понимают и как «понижение».

Равномерная осадка происходит в случаях, когда давление, вызываемое массой здания, и сжимаемость грунта во всех частях основания под фундаментом одинаковы. Равномерная осадка не снижает прочности и устойчивости здания или сооружения. Но если ее величина значительно превышает расчетную, то это может вызвать изменение физико-механических свойств грунта и привести к нарушению взаимосвязи здания и сооружения с инженерными коммуникациями, а также к неравномерной осадке.

Неравномерная осадка возникает в результате различного давления частей здания или сооружения, неодинаковой сжимаемости грунта под фундаментом. Это приводит к неравномерным смещениям надфундаментных конструкций, то есть к их деформации. По действию такая осадка является более опасной для здания и сооружения и опасность тем больше, чем значительнее разность осадок его частей и чувствительней к ним конструкции и технологические элементы.

Весь процесс наблюдения за деформациями зданий и сооружений состоит из двух основных этапов: организационного этапа подготовительной работы по размещению знаков опорной сети, осадочных марок и непосредственных измерений с камеральной обработкой полученных данных, составлением технического отчета.

Для измерения осадки на зданиях и сооружениях закрепляют осадочные марки в виде штырей, болтов, костылей и периодически (циклами) определяют их отметки относительно знаков опорной сети (реперов).

Первый цикл измерения обычно начинают тогда, когда давление на грунт составляет 25% от веса здания или сооружения (обычно с момента окончания работ нулевого цикла). Последующие циклы измерений осадок выполняют при достижении нагрузки в 50, 75, 100% от веса здания и сооружения или после возведении каждого этажа. После окончания строительства здания или сооружения периодичность измерения осадок

изменяется. В период первых двух лет эксплуатации измерения выполняют не менее четырех раз, приурочивая их к различным сезонам года. Измерения прекращаются тогда, когда скорость осадки не превышает 1-2 мм в год.

Для определения отметок осадочных марок сначала нивелируют ходы I-II классов точности, проложенные между фундаментными реперами. Затем прокладывают нивелирные ходы I-IV классов точности, соединяющие все осадочные марки и репер. Рекомендуется устанавливать следующий класс точности измерения деформаций для зданий и сооружений:

I – длительное время находящихся в эксплуатации, а также возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

II – возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

III – возводимых на насыпных, просадочных и других сильно сжимаемых грунтах;

IV – для земляных работ.

Как правило, при наблюдениях за осадкой грунта под особо ответственными уникальными зданиями и сооружениями (высотные здания, ГЭС, АЭС, элеваторы и т.п.) применяют нивелирование I класса точности измерения. Наблюдения за другими гражданскими и промышленными сооружениями выполняют нивелированием II-III классов.

Нивелирование III класса точности измерения осадок применяют в тех случаях, когда средняя скорость осадки здания или сооружения превышает 5 мм в месяц. При меньших скоростях осадки этот метод нецелесообразен из-за недостающей точности измерения.

На рис.1 представлена схема нивелирного хода и расположения осадочных марок. В кружках показаны номера станций.

Результаты измерения (отсчеты по нивелирной рейке) записывают в журнал нивелирования (табл. 1).

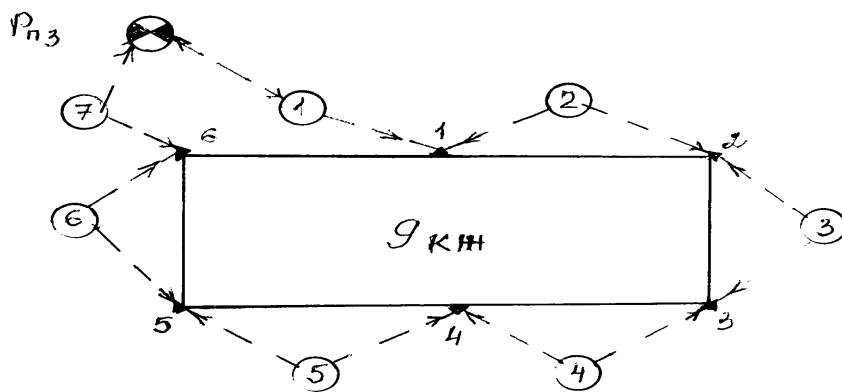


Рис.1. Схема нивелирного хода и расположения осадочных марок

По окончании нивелирования приступают к камеральной обработке результатов измерения в следующем порядке:

1. Определяют вычисленные и средние превышения между марками на всех станциях нивелирного хода по красной и черной сторонам рейки.
2. Вычисляют фактическую невязку нивелирного хода по формуле

$$\int_h^{\phi} = \sum_1^n h_i^{cp},$$

где n – число станций в нивелирном ходе.

В нашем примере $f_h^{\phi} = -1960 \text{ мм} + 1956,5 = -3,5 \text{ мм}$.

Т а б л и ц а 1

ЖУРНАЛ

нивелирования осадочных марок 9-этажного дома по ул. Кирова, 10

Дата: 20.12.13 г.

Первый цикл измерения (смонтировано перекрытие 1 этажа)

Исполнитель Петров А.Ю.

Нивелир – 3Н2КП

Номер станции	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейкам, мм		Превышения, мм		Относительная отметка, м
		3	4	5	6	
1	$P_{пз}$	1353				9,000
	M_1	6041	2035	-0682	+1	
			6721,5	-0680,5	-0681	8,320
2	M_1	1545		-0015	+0,5	8,320
	M_2	6230	1560	-0016	-0015,5	
			6246			8,305
3	M_2	1323		-0187		8,305
	M_3	6008	1510	-0187	-0187	
			6195	-0187		8,118
4	M_3	1389		+0292		8,118
	M_4	6170	1097	+0294	+0293	
			5877			8,411

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
5	M_4	1520 6229		-0076	+0,5 -0,076,5	8,411
	M_5		1596 6306	-0077		8,335
6	M_5	1634 6342		+0095	+0,5 +0095,5	8,335
	M_6		1539 6246	+0096		8,431
7	M_6	1403 6109		+0569	+1 +0568	8,431
	$P_{пз}$		0834 5541	+0568		9,000
					$f_h^{\text{доп}} = -3,5 \text{ мм}$ $f_h^{\text{доп}} = 1,5 \sqrt{n}$ $n = 4 \text{ мм}$	

3. Вычисляют допустимую невязку. Например, для III класса нивелирования в замкнутом ходе допустимая невязка определяется по формуле

$$f_h^{\text{доп}} = 1,5 \sqrt{n}, \text{ мм.}$$

Сравнивают ее с фактическим значением $f_h^{\text{ф}}$.

В нашем случае $f_h^{\text{доп}} = 1,5 \sqrt{7} = 3,96 \text{ мм}$. Так как невязка $f_h^{\text{ф}} = -3,5 \text{ мм}$ и по абсолютной величине не превышает $f_h^{\text{доп}} = 3,96 \text{ мм}$, то измерения и вычисления отвечают предъявляемым к ним требованиям.

4. Невязку распределяют в графе 6 журнала нивелирования с обратным знаком на все превышения. Контролем распределения служит равенство суммы поправок невязке с обратным знаком.

5. В графу 7 журнала нивелирования выписывают относительную отметку репера и по исправленным превышениям (измеренным превышениям с учетом поправок) вычисляют отметки осадочных марок по формуле

$$H_i = H_{i-1} + h_i^{\text{исп.}}, \quad (1)$$

где H_i и H_{i-1} – отметки последующей и предшествующей связующих осадочных марок;

$h_i^{\text{исп.}}$ – исправленное превышение между этими марками.

Контролем вычислений является полное совпадение вычисленной и известной отметок последней точки нивелирного хода (в нашем примере $P_{пз}$).

Отметки осадочных марок данного цикла измерения выписывают в специальную ведомость отметок и осадок (табл. 2).

После выполнения измерений в следующем цикле наблюдения и камеральной обработки журнала нивелирования в ведомости отметок и осадочных марок вычисляют величину осадки S каждой марки по формуле

$$S_i = H_0 - H_i, \quad (2)$$

где H_0 – отметка марки в нулевом цикле измерения;

H_i – отметка марки в i -м цикле измерения.

В нашем примере для марки M_1 , например, имеем

$$S_1 = H_0^1 - H_1^1 = 8,335 - 8,320 = 15 \text{ мм.}$$

Т а б л и ц а 2

Ведомость отметок и осадок марок 9-этажного дома
по ул. Кирова, 10

Наблюдаемые точки	Циклы наблюдения		Величина осадки S , мм
	нулевой	первый	
	04.09.2013 закончен нулевой цикл, м	20.12.2013 смонтировано перекрытие 1-го этажа, м	
1	2	3	4
M_1	8,335	8,320	15
M_2	8,318	8,305	13
M_3	8,145	8,118	27
M_4	8,432	8,411	21
M_5	8,351	8,335	16
M_6	8,455	8,431	24
$P_{пз}$	9,000	9,000	

Для наглядного отображения процесса осадки здания или сооружения работу завершают составлением эпюр или графика осадок (рис. 2).

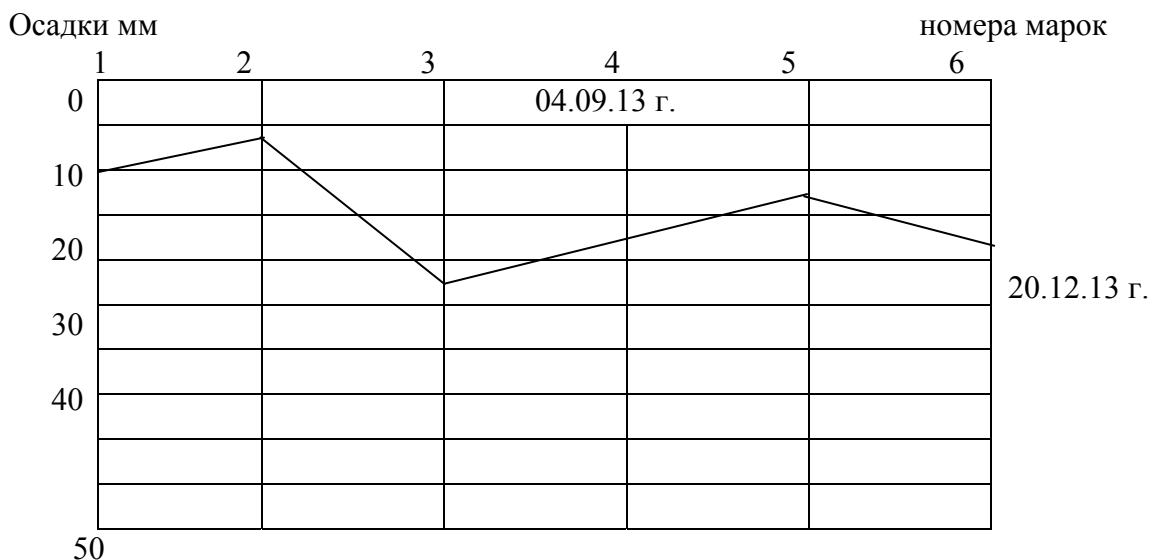


Рис. 2. График осадки фундаментов

В целях анализа по значениям осадки (см. табл.2) выделяют марки с минимальной и максимальной величинами осадки. В нашем примере $S_{\min} = 13$ мм (M_2); $S_{\max} = 27$ мм (M_3).

Вычисляют основной показатель характеристики деформации здания – среднюю осадку по формуле

$$S_{\text{ср}} = \sum S / n = 116 / 6 = 19,33 \text{ мм,}$$

где $\sum S$ – сумма величины осадки всех марок;

n – количество марок.

Задания для упражнений

1. Обработать выданный преподавателем журнал нивелирования осадочных марок.
2. Составить ведомость отметок и осадки марок (значения осадок марок в нулевом цикле измерения принять самостоятельно).
3. Составить график осадки марок.
4. Выделить основные показатели характеристики деформации.

2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ СДВИГА КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Цель задания – освоить методику обработки результатов измерений сдвига зданий (сооружений) и составления отчетной документации.

Пособия и принадлежности: бланк задания, микрокалькулятор и рабочая тетрадь.

Смещение в горизонтальном направлении называют сдвигом, который связан с геологическими, гидрогеологическими и физико-механическими свойствами грунта, а также с ошибками при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, сооружений.

При организации наблюдений за сдвигами закрепляют опорные пункты за пределами подвижек грунта или наблюдательные столбы в створе и в триангуляции, а также деформационные марки на зданиях. При сдвиге здания марки изменяют свое пространственное положение, поэтому периодически измеряют координаты этих марок в единой для всех циклов системе координат. Обычно систему координат совмещают с центрами опорных знаков (пунктов или столбов) в виде насечек, отверстия или пазов, сохраняющих свое положение на весь период наблюдений.

В период строительства нулевой цикл наблюдения выполняют до воздействия на здание или сооружение горизонтальных сил. Последующие циклы осуществляют по программе наблюдений, а в период эксплуатации зданий – не менее двух раз в год (весной и осенью). Наблюдения прекращают, когда скорость смещения становится не менее 2 мм в год, но возобновляют при появлении деформаций.

Горизонтальные смещения чаще всего определяют следующими геодезическими методами: створным, тригонометрическим, триангуляции и засечек, а также комбинированным.

В практике строительства наиболее широкое применение получил створный метод для определения сдвига прямолинейных контуров зданий (сооружений) – ряда фундаментов или колонн зданий, стен, плотин и т.п., а также для смещения оползневых пород, то есть в тех случаях, когда наблюдаемые точки можно закрепить на одной линии створа.

Сущность створного метода заключается в измерении величин C_1 , C_2 , C_3 и C_4 (рис.3), представляющих собой отклонения в перпендикулярном направлении деформационных марок M_1 , M_2 , M_3 , M_4 от створа опорных знаков A и B . Наряду с другими способами отклонения часто определяют по рейке с миллиметровыми делениями, поставленной перпендикулярно к створу AB . При этом над опорным пунктом A устанавливают теодолит и наводят крест сетки нитей на визирную цель марки над опорным пунктом B . Берут отсчеты C_1 , C_2 , C_3 и C_4 по измерительной рейке, приставленной

пяткой к деформационной марке. Затем теодолит переносят на другую марку, а по рейке берут отсчеты C_1' , C_2' , C_3' и C_4' . Первые отсчеты относят к «ходу прямо» и записывают в графу 2 ведомости вычислений сдвигов (табл.3), а вторые – к “ходу обратно” (графа 3).

По полученным отсчетам определяют среднее значение отклонений всех марок по формуле

$$C_i = 0,5 (C + C') \quad (3)$$

и записывают их в графу 4 ведомости вычислений.

После аналогичных измерений в следующем цикле наблюдения вычисляют величину смещения всех марок Δ_i как разность отсчетов по рейке в нулевом C_0 и текущем C_i и i -м циклах измерения: $\Delta_i = C_0 - C_i$.

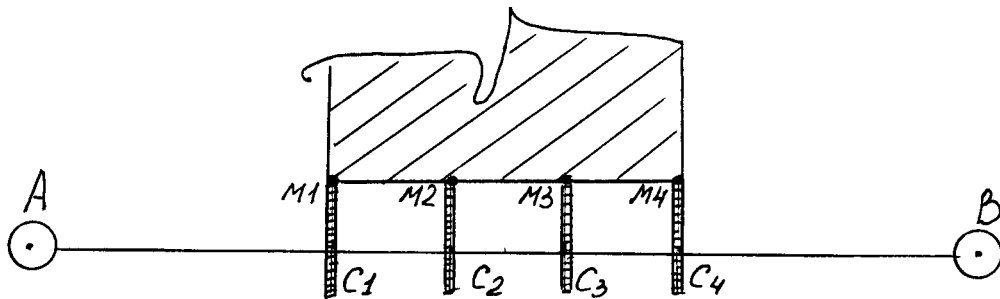


Рис.3. Схема наблюдения за сдвигами створным методом с помощью рейки

В нашем примере (табл.3) среднее значение отклонения для марки M_1 в нулевом цикле измерения (графа 4) составит:

$$C_1^0 = 0,5 (388,6 + 389,2) = 388,9 \text{ мм.}$$

В последующем первом цикле измерения (графа 7) среднее значение отклонения для марки №1 составит:

$$C_1' = 0,5 (385,5 + 384,5) = 385,0 \text{ мм.}$$

Значение сдвига (графа 8) составит:

$$\Delta_1 = 388,9 - 385,0 = +3,9 \text{ мм.}$$

ВЕДОМОСТЬ
 вычислений значений сдвига 9-этажного дома
 по ул. Кирова, 10

Составил: Петров А.Ю.
 Теодолит – 4Т2П

Номер деформационной марки	Циклы наблюдения						3 на- че- ние сдви- га Δ , мм
	нулевой 06.09.2013			первый 24.12.2013			
	Отсчет по рейке, мм			Отсчет по рейке, мм			
	прямо	обрат- но	сред- нее	прямо	обрат- но	сред- нее	
1	2	3	4	5	6	7	8
M ₁	388,6	389,2	388,9	385,5	384,5	385,0	+3,9
M ₂	361,5	360,9	361,2	359,9	360,5	360,2	+1,3
M ₃	372,0	372,6	372,3	378,0	377,5	377,7	-5,4
M ₄	388,5	389,5	389,0	396,5	396,0	396,2	-7,2
M ₅	568,6	569,4		565,0	564,8		
M ₆	461,0	459,6		459,0	461,5		
M ₇	478,2	476,0		472,6	474,0		
M ₈	508,5	510,3		496,5	498,0		

Для наглядности составляют схему сдвига по каждому из последующих циклов наблюдения.

На схеме (рис.4) обозначают контур здания с расположением деформационных марок. Сдвиги на схеме показывают стрелками и подписывают их значение.

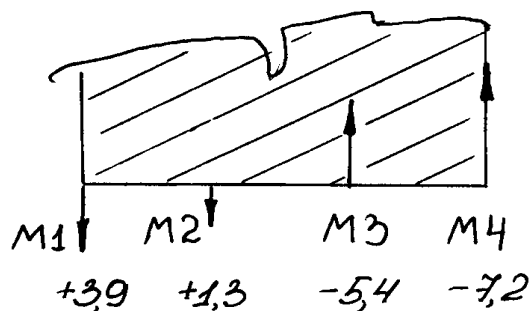


Рис.4. Схема сдвига деформационных марок

Задания для упражнений

1. По результатам измерений в нулевом и последующем циклах наблюдения за сдвигом, приведенным в табл. 49, вычислить среднее значение отклонения деформационных марок M_5 , M_6 , M_7 и M_8 от створа.
2. Вычислить значение сдвига.
3. Составить схему сдвига.

3. ИЗМЕРЕНИЯ КРЕНА КОНСТРУКЦИЙ (КОЛОНН) И ЗДАНИЙ

Цель задания – ознакомиться с методикой наблюдения за креном и обработкой результатов его измерения.

Пособия и принадлежности: бланк задания, микрокалькулятор и рабочая тетрадь.

Крен – это отклонение конструкции или здания (сооружения) от вертикальной плоскости в результате неравномерной осадки, без нарушения целостности и геометрических параметров, измеряемое отношением разности осадок крайних точек фундамента к его ширине или длине.

Наблюдения за кренами конструкций (колонн) или зданий (сооружений) могут быть систематическими и разовыми. При систематических наблюдениях определяют изменение величины линейного крена и его направление во времени. При разовых наблюдениях определяют только линейный элемент крена на момент измерения, который используется для оценки состояния сооружения и составления заключения о возможности его эксплуатации.

При систематических наблюдениях кренов точки установки теодолита закрепляют на местности долговременно центрами различных конструкций и фиксируют ось конструкции или здания (сооружения) двумя и более визирными марками для ее наблюдения с каждой точки установки теодолита.

При разовых наблюдениях фиксирование визирных марок на оси конструкции или здания не осуществляют, а теодолит устанавливают в местах, наиболее удобных на момент измерения.

В зависимости от вида и высоты конструкции или здания (сооружения) крен измеряют несколькими способами: вертикального проецирования с использованием отвеса, теодолита или прибора оптического вертикального визирования; горизонтальных углов, угловых засечек.

Из них самым простым, производительным и удовлетворяющим потребности строительства является способ вертикального проецирования с помощью теодолита.

Общая схема измерения крена (отклонения) способом вертикального проецирования состоит в перенесении по отвесной линии верхней точки B здания (рис. 5) на исходную горизонтальную плоскость. Отклонение точки B' от исходной точки A здания или отклонение верхних рисок колонны A и B от нижних A' и B' характеризуют линейную l и угловую α величины крена.

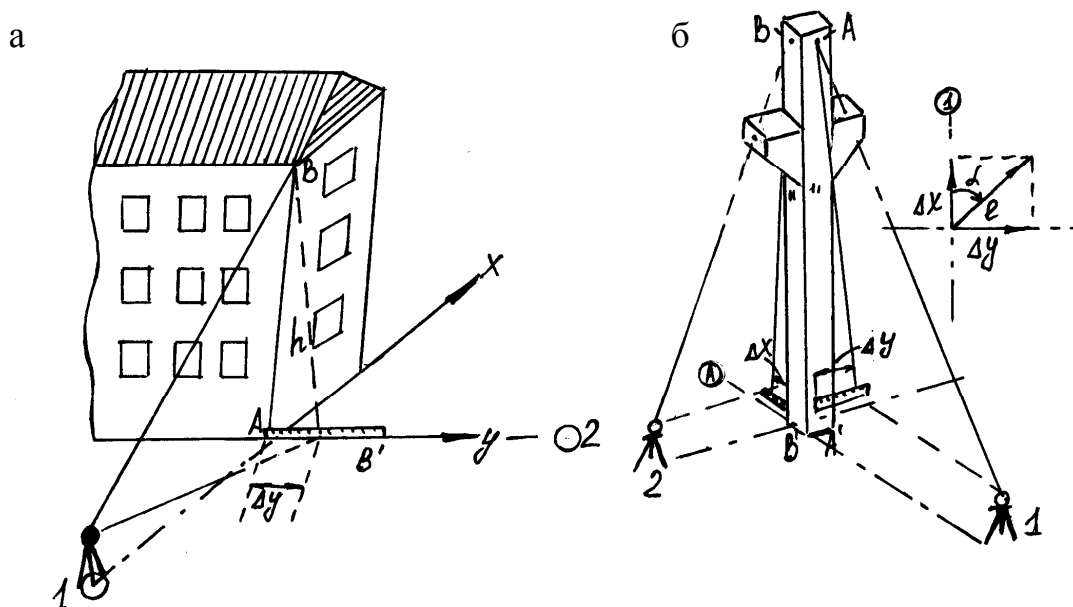


Рис.5. Схема измерения крена способом вертикального проецирования с помощью теодолита:
а – здания; б – колонны

Отклонения ΔX и ΔY измеряют миллиметровой линейкой в двух взаимно перпендикулярных плоскостях здания и вычисляют общую линейную величину крена по формуле

$$l = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}. \quad (4)$$

Относительную величину крена вычисляют по формуле

$$i = \frac{l}{h}, \quad (5)$$

где h – высота здания, м.

Угловую величину крена α , которая определяет его направление, вычисляют по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (6)$$

При измерении крена здания теодолит устанавливают над знаком на продолжении стены здания (по оси x) примерно на расстоянии двойной его

высоты. Выбирают в верхней части стены хорошо различаемую точку В (рис. 5,а), наводят на нее зрительную трубу, которую затем опускают вниз. По вертикальной нити зрительной трубы на миллиметровой линейке берут отсчет, измеряя тем самым отклонение точки В' от исходной точки А на величину ΔY . Эту операцию повторяют при другом положении круга теодолита и находят среднее значение ΔY . Установив теодолит на продолжении стены здания по оси У, аналогично измеряют отклонение ΔX в другой вертикальной плоскости и вычисляют общую линейную l и угловую α величины крена по формулам (4) и (6).

При измерении крена колонны (рис.5,б) теодолит устанавливают на двух взаимно перпендикулярных направлениях разбивочных осей колонны на расстоянии $1,5h$ ее высоты. Наводят вертикальную нить зрительной трубы на верхнюю монтажную риску колонны А'. Проецируют ее на миллиметровую линейку, горизонтально приложенную началом шкалы к нижней монтажной риске А, и устанавливают величину отклонения ΔY . Эту операцию повторяют при другом положении круга теодолита и находят среднее значение ΔY . Таким же образом устанавливают среднее значение ΔX с другой станции. Общую величину крена l и направление его (относительно оси А) определяют по формулам (4) и (5).

Результаты измерения (отсчеты по измерительной рейке) записывают в специальную ведомость.

В табл. 4 приведены результаты измерений крена (отклонений) здания (колонны) от вертикальной плоскости согласно геометрической схеме наблюдения (см. рис.5)

Т а б л и ц а 4

ВЕДОМОСТЬ

результатов измерения и вычисления крена здания (колонны)

Дата 10.02.2013 г.

Нулевой цикл

Теодолит 4Т-2П

№ п/п	Положение круга теодолита	Отсчеты по рейке, мм				Высота здания h , м	Величины крена, мм		
		ΔX	ΔY	среднее значение, мм			линейная l , мм	относительная i	угловая α
				ΔX	ΔY				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нулевой цикл									
1	КП	102,4	81,6	101,7	81,2	18,4	130,1	0,0071	38°36'
	КЛ	101,0	80,8						17''

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Первый цикл									
2	КП	106,8	91,5			18,4			
	КЛ	104,2	94,0						
Второй цикл									
3	КП	123,0	96,5			18,4			
	КЛ	126,8	98,0						

По окончании измерения приступают к камеральной обработке результатов измерения в следующем порядке:

1. Вычисляют среднее значение отклонений ΔX , ΔY и записывают в графы 4, 5.

$$\Delta X = \frac{102,4 + 101,0}{2} = 101,7 \text{ мм}; \quad \Delta Y = \frac{81,6 + 80,8}{2} = 81,2 \text{ мм.}$$

2. По формуле (4) определяют общую линейную величину крена

$$l = \sqrt{101,7^2 + 81,2^2} = \sqrt{16936,3} = 130,14 \text{ мм.}$$

3. По формуле (5) определяют относительную величину крена

$$i = \frac{0,130 \text{ м}}{18,4 \text{ м}} = 0,0071,$$

что указывает на близаварийное состояние и необходимость проведения систематических наблюдений.

4. По формуле (6) определяют угловую величину (направление) крена

$$\alpha = \text{arctg} \frac{81,2}{101,7} = 38^\circ 36' 17''$$

Задание для упражнений

1. По результатам измерений в первом и втором циклах, приведенным в табл. 4, вычислить средние значения отклонений ΔX , ΔY и составляющие величины крена (l , i , α).

2. По данным отклонений ΔX , ΔY , l , и α привести схему составляющих величин крена.

3. Отчёт оформляется в форме табл. 4.

Контрольные вопросы

1. Что называют осадкой здания (сооружения)? Виды осадки.
2. Содержание этапов процесса наблюдения за деформацией зданий.
3. Периодичность циклов измерений осадки зданий.
4. Назовите класс точности измерения деформаций зданий.
5. Как определяют отметки осадочных марок и значения их осадки?
6. Что называют сдвигом здания (сооружения)?
7. Как определяют отклонение деформационных марок от створа?
8. Что называют креном зданий (сооружений)?
9. Систематические и разовые наблюдения за креном, их отличие.
10. Назовите способы измерения крена.
11. Порядок измерения крена здания и колонны способом вертикального проецирования с помощью теодолита.
12. Назовите составляющие величины крена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерная геодезия [Текст]: учебник / под ред. Д.Ш. Михелева – 10-е изд., перераб. и доп. Учебник. М.: Академия, 2010.
2. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования строительства и эксплуатации зданий, сооружений [Текст]: учебное пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 286 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКИ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ.....	5
2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ СДВИГА КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	11
3. ИЗМЕРЕНИЯ КРЕНА КОНСТРУКЦИЙ (КОЛОНН) И ЗДАНИЙ	14
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	19

Учебное издание

Хаметов Тагир Ишмуратович
Букин Сергей Николаевич

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ
ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Методические указания
по выполнению лабораторной работы

В авторской редакции
Верстка Т.Ю. Симутина

Подписано в печать 22.05.15. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд.л.1,25. Тираж 80 экз.
Заказ № 191.

Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28