

УДК 528.3.021.7, 721.011.2 (528.37/.38)

И. В. Рубцов, Ю. В. Андрусенко, М. С. Савин, М. В. Срывкова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕНОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ТЕОДОЛИТОВ ДКМ-3А

Приведены две методики определения кренов высотных зданий с использованием астрономических теодолитов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: астрономический теодолит, высотное здание, комплекс «Триумф-палас», крен, метод наклонного проектирования.

Two methodologies of determination of high-rise buildings titles using astronomical theodolites DKM-3A are described.

K e y w o r d s : astronomical theodolite, high-rise building, Triumph-palاس complex, title, inclined design method.

Одной из актуальных задач в высотном строительстве является определение кренов высотных зданий и сооружений. Предлагается усовершенствованный метод наклонного проектирования при определении кренов уникальных высотных зданий и сооружений с применением астрономических приборов с ломаной зеркально-линзовой трубой, таких как ДКМ-3А.

Конструкция этого теодолита позволяет выполнять визирование и измерение горизонтальных и вертикальных углов при углах наклона зрительной трубы в диапазоне от 0 до 90°. Эта характеристика в условиях сложившейся современной стесненной городской застройки позволяет использовать метод наклонного проектирования более широко, так как теодолит возможно размещать на незначительных расстояниях D от объекта наблюдения по сравнению с его высотой H (рис. 1).

Уровень при алидаде горизонтального круга ДКМ-3А имеет цену деления $\tau = 10''$, а накладной уровень $\tau = 2.5''$, что позволяет горизонтировать теодолит и проектировать наблюдаемую точку на горизонт установки прибора с высокой точностью.

В общем случае точность определения линейных величин кренов методом наклонного проектирования определяется следующими погрешностями: m_n — погрешность за наклон вертикальной оси вращения теодолита, m_b — погрешность визирования на точку, m_o — погрешность визирования на отсчет шкалы.

Основной погрешностью является погрешность m_n , которая подсчитывается по формуле

$$m_n = \delta \operatorname{tg} \beta,$$

где δ — отклонение вертикальной оси вращения теодолита от отвесного положения; β — угол наклона линии визирования.

Погрешности визирования на точку и отсчитывания по шкале вычисляются по формулам:

$$m_b = \frac{20''}{v} \frac{S}{206265};$$

$$m_0 = \frac{20''}{v} \frac{d}{206265},$$

где v — увеличение зрительной трубы теодолита; d — расстояние до объекта.

Итоговая погрешность контроля отклонения от вертикали высотного здания методом наклонного проектирования

$$M_H = \sqrt{m_H^2 + m_B^2 + m_0^2}.$$

Примерный расчет итоговой погрешности при визировании на разные высоты и изменение расстояния от места установки теодолита до здания приведен в табл. 1.

При выполнении измерений кренов необходимо ослабить неблагоприятное влияние внешних условий, искажающих результаты измерений [1]. К основным факторам относятся низкая облачность, туман и осадки, снижающие видимость наблюдаемых точек на здании. Сильный ветер и неравномерный нагрев частей используемого высокоточного прибора солнечными лучами приводят к смещению его вертикальной оси. Измерения необходимо выполнять при ветре < 10 м/с, хорошей оптической видимости элементов здания по всей высоте, температуре воздуха в диапазоне от минус 10 до плюс 30 °С. Для защиты от ветра и солнечных лучей необходимо использовать зонт или защитный тент.

Для измерения кренов высотных городских зданий и сооружений зданий и сооружений наклонным проектированием рекомендованы две методики [2]: без введения поправки за отклонение пузырька накладного уровня от нуля и с введением поправки. Рассмотрим их более подробно применительно к теодолиту ДКМ-3А.

Методика без введения поправки за отклонение пузырька накладного уровня. В створе контролируемых осей здания на удалении 10...50 м от стен выбирают места установки теодолита так, чтобы обеспечивалась видимость наблюдаемых точек контролируемых осей здания от уровня этажа, принятого за исходный, и до максимальной высоты здания. Точки установки закрепляют дюбелями или обозначают краской.

Устанавливают теодолит ДКМ-3А над точкой, закрывают зонтом от нагрева солнечными лучами и горизонтируют по накладному уровню.

У наблюдаемой оси здания на уровне этажа, принятого за исходный, устанавливают на штативе отсчетную шкалу в горизонтальном положении. В журнале наблюдений фиксируют положение 0 шкалы относительно линии визирования.

Наводят зрительную трубу (ЗТ) теодолита на наблюдаемую точку оси на уровне исходного этажа здания, приводят пузырек накладного уровня в середину (рис. 1). Открепляют ЗТ и наклоняют ее до пересечения сетки нитей со шкалой рейки. Записывают в журнал отсчет до мм (табл. 1). Наводят ЗТ теодолита на наблюдаемую точку оси определяемого уровня (этажа), наклон которого контролируется. Пузырек накладного уровня приводят в середину, после чего открепляют ЗТ и наклоняют ее до пересечения сетки нитей со шкалой рейки. Записывают в журнал отсчет до мм.

Т а б л и ц а 1

Расчет точности проектирования вертикали здания теодолитом ДКМ-3А
(1 деление уровня $\tau = 2.50''$)

D , м	H , м			50.00				100.00				250.00				500.00
	50.99	m_o ,	m_B ,	M_H ,	100.50	m_o ,	m_B ,	M_H , мм	250.20	m_o ,	m_B ,	M_H ,	500.10	m_o ,	m_B ,	M_H ,
	m_H , мм	мм	мм	мм	m_H , мм	мм	мм		m_H , мм	мм	мм	мм	m_H , мм	мм	мм	мм
10.00	0.61	0.02	0.11	0.62	1.21	0.02	0.22	1.23	3.03	0.02	0.54	3.08	6.06	0.02	1.08	6.16
	53.85				101.98				250.80				500.40			
20.00	0.61	0.04	0.12	0.62	1.21	0.04	0.22	1.23	3.03	0.04	0.54	3.08	6.06	0.04	1.08	6.16
	64.03				107.70				253.18				501.60			
40.00	0.61	0.09	0.14	0.63	1.21	0.09	0.23	1.24	3.03	0.09	0.55	3.08	6.06	0.09	1.08	6.16
	111.80				141.42				269.26				509.90			
100.00	0.61	0.22	0.24	0.69	1.21	0.22	0.30	1.27	3.03	0.22	0.58	3.09	6.06	0.22	1.10	6.16

Примечание: D , м — горизонтальное расстояние от теодолита до здания; H , м — высота точки визирования.

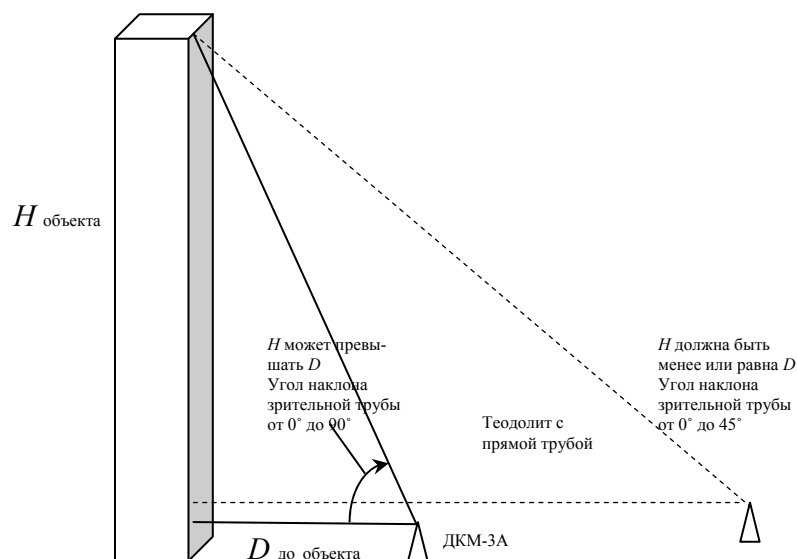


Рис. 1. Схема размещения теодолитов с прямой трубой и ДКМ-3А

Последовательно выполняют визирование и снятие отсчетов для всех уровней оси здания, наклон которых определяется с данной точки. Разворачивают теодолит на 180° и выполняют измерения кренов при этом положении теодолита. Смещают шкалу рейки в горизонтальной плоскости на 3...5 см и выполняют еще один прием измерений.

Пример записи и вычисления величин частных кренов вдоль осей, относительных кренов и оценка точности измерений приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Точка 20, ось 6/2, ноль рейки слева

№ этажа и отметка уровня, м	I прием				II прием				d I пр. – II пр.	Ср. частный крен, мм	Отн. уклон
	КЛ ₁ , мм	КП ₁ , мм	Ср., мм	Частный крен, мм	КЛ ₂ , мм	КП ₂ , мм	Ср., мм	Частный крен, мм			
1 (4.0)	0255	0259	0257	0	0366	0368	0367	0	0	0	
10 (41.0)	0265	0267	0266	9	0378	0379	0378	11	3	10	1:3 700
25 (94.5)	0278	0283	0280	23	0392	0396	0394	27	4	25	1:3 620
50 (250.5)	0290	0295	0292	35	0406	0408	0407	40	4	38	1:6 580

$$\text{СКП разностей } d \quad m_d = \sqrt{\frac{[d^2]}{n}} = 3,2 \text{ мм}; \quad \text{СКП одного измерения}$$

$$m_{\Delta} = \frac{m_d}{\sqrt{2}} = 2,3 \text{ мм.}$$

Методика с введением поправки за отклонение пузырька накладного уровня. Наводят ЗТ теодолита на наблюдаемую точку оси на уровне нижнего исходного этажа здания и фиксируют в этом положении. Сфокусировав изображение точки, подъемными винтами подставки теодолита приводят пузырек накладного уровня в середину. Выполняют точное визирование перекрестием сетки нитей ЗТ на грань оси, записывают в журнал отсчеты по краям пузырька уровня $(Л, П)_0$, когда нуль шкалы уровня справа. Записывают в журнал величину угла наклона линии визирования относительно горизонтальной плоскости. Открепляют ЗТ и наводятся на шкалу рейки, после чего снимают и записывают в журнал отсчет по вертикальной нити сетки до мм.

Наводят ЗТ теодолита на наблюдаемую точку оси определяемого уровня (этажа), наклон которого контролируется, и, опуская трубу на шкалу рейки, снимают и записывают в журнал отсчет по вертикальной нити сетки до мм.

Последовательно выполняют визирование на все наблюдаемые точки со снятием отсчетов по шкале рейки для всех уровней оси здания, наклон которых определяется с данной точки. Также выполняют измерения кренов при другом положении вертикального круга теодолита, снимая и записывая в журнал отсчеты по краям пузырька уровня ${}_0(Л, П)$, когда нуль шкалы уровня слева.

Смещают шкалу рейки в горизонтальной плоскости на 3...5 см и выполняют еще один прием измерения.

Пример записи и вычисления величин частных кренов вдоль осей, относительных кренов и оценка точности измерений приведен ниже.

Значение наклонности b в полуделениях уровня вычисляют по формуле

$$b = \frac{(Л + П)_0 - {}_0(Л + П)}{2}.$$

Поправку за наклонность, мм, вычислить по формуле

$$\Delta Nb = b \sqrt{\frac{\tau}{2}} \operatorname{tg} \alpha D / 206265.$$

Описанная в статье методика была успешно применена при контроле кренов самого высокого в Европе жилого комплекса «Триумф-палас» (рис. 2), результаты измерений приведены в табл. 3.



Рис. 2. Жилой комплекс «Триумф-палас»

Т а б л и ц а 3

Точка 20, ось 6/2, ноль рейки слева, $d = 30$ м, $\tau = 2.5''$

Угол на- клона линии № этажа и отметка уровня, м	I прием					II прием					d I пр.– II пр.	Ср. част- ный крен, мм	Отн. ук- лон
	(уровень) ₀ ^{дел} КЛ ₁ , мм	о(уровень) ^{дел} КП ₁ , мм		b $\Delta N_{b(мм)}$ Ср.+ ΔN_b , мм	Част- ный крен, мм	(уровень) ₀ ^{дел} КЛ ₁ , мм	о(уровень) ^{дел} КП ₁ , мм		b $\Delta N_{b(мм)}$ Ср.+ ΔN_b , мм	Част- ный крен, м			
5	28.0 15.0	14.0	27.5	0.8		28.0 15.0	14.0	27.5	0.8				
1	43.0		41.5	0.0		43.0		41.5	0.0				
4	255		259	257	0	285		288	287	0	0	0	
45	29.0 16.0	13.5	26.5	2.5		29 16	13.5	26.5	2.5				
10	45.0		40.0	0.5		45		40	0.5				1
41	265		267	266	9	297		299	298	12	–3	11	3460
63	30.0 17.0	11.5	24.5	5.5		30 17	11.5	24.5	5.5				
25	47.0		36.0	2.0		47		36	2.0				1
94.5	278		283	282	25	311		314	314	28	–3	27	3389
82	31.2 18.2	12.0	25.0	6.2		31.2 18.2	12	25	6.2				
50	49.4		37.0	8.0		49.4		37	8.0				1
250.5	290		295	301	44	325		328	335	48	–5	46	5387

Примечание: СКП одного измерения = 2,0 м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Назаров И. А.* Разработка и исследование современных технологий геодезических обмерных работ при воссоздании живописного облика храма Христа Спасителя : дисс... канд. техн. наук. М. : МИИГАиК, 2007.

2. *Левчук Г. П., Новак В. Е., Конусов В. Г.* Прикладная геодезия: основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. М. : Недра, 1981.

1. *Nazarov I. A.* Razrabotka i issledovanie sovremennykh tekhnologi geodezicheskikh obmernykh rabot pri vossozdanii zhivopisnogo oblika khrama Khrista Spasitelya : diss... kand. tekhn. nauk. M. : MIIGAiK, 2007.

2. *Levchuk G. P., Novak V. E., Konusov V. G.* Prikladnaya geodesiya: osnovnye metody i printsyпы inzhenerno-geodezicheskikh rabot. M. : Nedra, 1981.

© Рубцов И. В., Андрусенко Ю. В., Савин М. С., Срывкова М. В., 2011

Поступила в редакцию
в октябре 2011 г.

Ссылка для цитирования:

Рубцов И. В., Андрусенко Ю. В., Савин М. С., Срывкова М. В. Определение кренов высотных зданий с использованием астрономических теодолитов ДКМ-3А // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2011. Вып. 4(19).