

УДК 528.48

П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА, А. С. ЧИРВА, П. А. ИВАНОВ
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАЗБИВОЧНЫХ ОСЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ

Аннотация. В процессе строительства высотных сооружений башенного типа из-за нарушения технологии или других причин пункты, закрепляющие разбивочные оси, оказываются уничтоженными. Возникает необходимость восстановления разбивочных осей в стесненных условиях строительства в очень сжатые сроки. Предложено два способа восстановления утраченной разбивочной оси на стадии нулевого цикла строительства дымовой трубы. В первом способе с применением электронного тахеометра достаточно измерить один горизонтальный угол и две стороны. Во втором способе оптическим теодолитом измеряют три горизонтальных угла. Выполнен расчет точности предлагаемых способов. Проведены экспериментальные исследования точности способов с применением геометрического моделирования. Установлено, что разработанные способы соответствуют требованиям нормативных документов.

Ключевые слова: восстановление разбивочных осей, расчет точности, средняя квадратическая погрешность, разбивочный угол, геометрическое моделирование

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Геодезические разбивочные работы являются важной составной частью технологии строительного производства. От правильно вынесенных разбивочных осей зависит геометрическая точность возводимого объекта. Кроме того, от надежно закрепленных знаков зависит стабильность разбивочных осей. Иногда из-за нарушения технологии возведения сооружения или других причин часть знаков, закрепляющих разбивочные оси, оказываются уничтоженными. Возникает необходимость восстановления разбивочных осей в кратчайшие сроки. Разработка простой и эффективной методики восстановления осей является актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Большинство работ [2–5 и др.] посвящено исследованию способов разбивочных работ и обоснованию их точности. Но очень мало публикаций посвящено разработке способов восстановления утраченных разбивочных осей, особенно на стадии нулевого цикла строительства. Наиболее полно эта проблема решена в работе [1], но предлагаемая методика требует высокоточного координирования знаков, закрепляющих оси.

ЦЕЛИ

Целью статьи является разработка и исследование способов восстановления разбивочных осей на стадии строительства железобетонной дымовой трубы.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Перед началом строительства железобетонной дымовой трубы высотой 80 метров была выполнена геодезическая подготовка проекта, в результате которой вычислены разбивочные элементы для выноса сооружения в натуру. Затем от пунктов разбивочной сети вынесен центр O (рис. 1) дымовой трубы и одна из разбивочных осей ON .

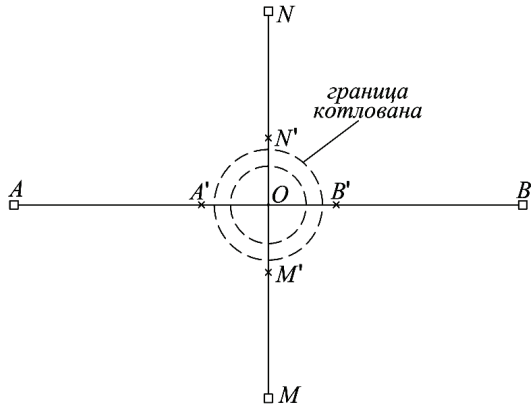


Рисунок 1 – Схема расположения разбивочных осей строящейся дымовой трубы.

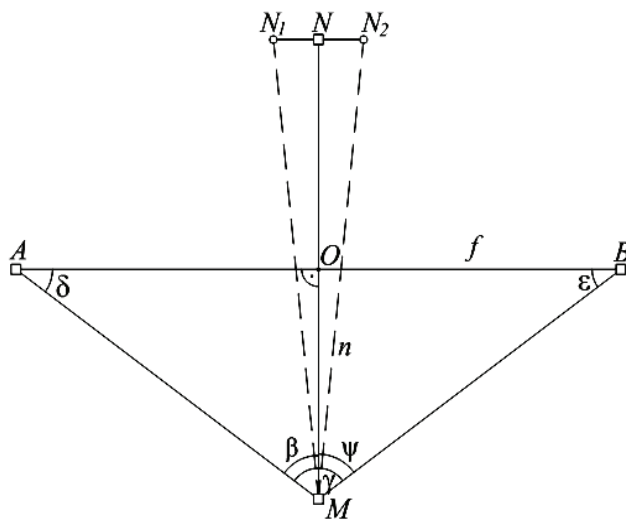


Рисунок 2 – Схема восстановления разбивочной оси MN.

По теореме синусов получим угол:

$$\delta = \arcsin\left(\frac{b \cdot \sin \gamma}{f}\right). \quad (3)$$

Из прямоугольного треугольника AOM вычисляют угол β :

$$\beta = 90^\circ - \delta. \quad (4)$$

От направления MA при двух положениях вертикального круга откладывают угол β и по новому направлению фиксируют временную точку N_1 .

Аналогично вычисляют разбивочный угол ψ , который откладывают от направления MB и фиксируют временную точку N_2 . Посередине отрезка N_1N_2 окончательно фиксируют точку N, которая задаст разбивочную ось MN.

Точность восстановления разбивочной оси MN зависит от погрешности разбивочного угла β . Предельную погрешность угла β получим на основании формулы (4):

$$m_\beta = m_\delta. \quad (5)$$

В свою очередь предельную погрешность определения угла δ получим на основании формулы (3) по независимым переменным b , f и γ :

$$\frac{\partial \delta}{\partial b} = \frac{\sin \gamma}{f \cdot \cos \beta}; \quad (6)$$

$$\frac{\partial \delta}{\partial f} = \frac{b \cdot \sin \gamma}{f^2 \cdot \cos \beta}; \quad (7)$$

От разбивочной оси ON вынесены остальные разбивочные оси OB, OM, OA, количество которых зависит от высоты и диаметра сооружения и рассчитывается по опытной формуле:

$$n = 0,04 \cdot H, \quad (1)$$

где H – высота сооружения в сотнях метров.

Так, для трубы высотой до 100 метров количество разбивочных осей составило:

$$n = 0,04 \cdot 100 = 4.$$

Разбивочные оси закреплены за пределами котлована специальными знаками в точках A, N, B, M, а также на обноске в точках A', N', B', M' вблизи котлована.

Из точки O была намечена нижняя и верхняя бровки котлована и началась его отрывка.

На стадии зачистки дна котлована и его откосов из-за нарушения технологии строительства знаки в точках N и на обноске оказались уничтоженными. Возникла необходимость восстановления разбивочной оси MN. Предложено два способа восстановления разбивочной оси MN, перпендикулярной оси AB.

Первый способ заключается в следующем. В точке M электронным тахеометром SET 530R (фирмы Sokkia, Япония) измеряют расстояния $a = MA$, $b = MB$ и угол γ между направлениями MA и MB (рис. 2).

Используя теорему косинусов, из треугольника ABM вычисляют отрезок $f = AB$:

$$f = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma}. \quad (2)$$

$$\frac{\partial \delta}{\partial \gamma} = \frac{b \cdot \cos \gamma}{f \cdot \cos \beta}. \quad (8)$$

Перейдя к погрешностям, получим предельную погрешность вычисления угла δ :

$$m_{\delta} = \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma \cdot m_{\beta} \cdot \rho}{f \cdot \cos \beta}\right)^2 + \left(\frac{b \cdot \sin \gamma \cdot m_f \cdot \rho}{f^2 \cdot \cos \beta}\right)^2 + \left(\frac{b \cdot \cos \gamma \cdot m_{\gamma}}{f \cdot \cos \beta}\right)^2}. \quad (9)$$

Так как третий член подкоренного выражения очень мал, то им можно пренебречь. Тогда формула (9) примет вид:

$$m_{\delta} = \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma \cdot m_{\beta} \cdot \rho}{f \cdot \cos \beta}\right)^2 + \left(\frac{b \cdot \sin \gamma \cdot m_f \cdot \rho}{f^2 \cdot \cos \beta}\right)^2}. \quad (10)$$

В формуле (10) все входящие параметры известны, за исключением предельной средней квадратической погрешности определения стороны f , которую можно вычислить на основании формулы (2). С этой целью найдем частные производные функции (2) по независимым переменным a, b, γ :

$$\frac{\partial f}{\partial a} = \frac{a + b \cdot \cos \gamma}{f}; \quad (11)$$

$$\frac{\partial f}{\partial b} = \frac{b + a \cdot \cos \gamma}{f}; \quad (12)$$

$$\frac{\partial f}{\partial \gamma} = \frac{ab \cdot \sin \gamma}{f}. \quad (13)$$

Тогда предельная погрешность определения f составит:

$$m_f = \sqrt{\left[\frac{(a + b \cos \gamma)m_a}{f}\right]^2 + \left[\frac{(b + a \cos \gamma)m_b}{f}\right]^2 + \left(\frac{a \cdot b \sin \gamma \cdot m_{\gamma}}{f \cdot \rho}\right)^2}. \quad (14)$$

Применительно к условиям строительной площадки, при $a = 115$ м, $b = 100$ м, $m_a = m_b = 6$ мм, $f = 180$ м, $\gamma = 120^\circ$, $m_{\gamma} = 15''$, $\beta = 60^\circ$ по формуле (14) получим $m_f = 8,7$ мм.

При тех же данных и с учетом $m_f = 8,7$ мм по формуле (10) получим предельную погрешность вычисления углов δ и β : $m_{\delta} = m_{\beta} = 15''$. Тогда средняя квадратическая погрешность определения разбивочного угла β составит $15:3 = 5''$. При длине разбивочной оси $S = MN = 120$ м, средняя квадратическая погрешность разбивки точки N от одной референтной линии составит:

$$m_N = \frac{S \cdot m_{\beta}}{\rho} = \frac{1,2 \cdot 10^5 \cdot 5}{2 \cdot 10^5} = 3 \text{ мм}. \quad (15)$$

С учетом разбивки точки N дважды (от линий MA и MB) средняя квадратическая погрешность разбивки уменьшится в $\sqrt{2}$ раз, т. е. $3/\sqrt{2} = 2,1$ мм. В свою очередь погрешность разбивки точки O (центр дымовой трубы) составит $m_O = 1,1$ мм, и не превысит допустимой погрешности.

Так как на строительной площадке не всегда бывают электронные тахеометры, то в этом случае предлагается второй способ восстановления разбивочной оси с применением оптического теодолита. Теодолитом типа Т5 измеряют все внутренние углы $\delta, \varepsilon, \gamma$ в треугольнике ABM (рис. 2). Контролем измерений может служить формула:

$$\delta + \varepsilon + \gamma = 180^\circ. \quad (16)$$

Затем вычисляют разбивочные углы:

$$\left. \begin{aligned} \beta &= 90^\circ - \delta, \\ \psi &= 90^\circ - \varepsilon. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

В дальнейшем методика разбивке точки N аналогична, как в первом способе, но объем работ больше, так как углы измеряют в трех пунктах.

Рассмотрим возможность применения технических теодолитов типа Т30 при восстановлении разбивочной оси. Для этого подставим в формулу (15) среднюю квадратическую погрешность измерения угла одним приемом теодолитом 2Т30П $m_{\beta} = 30''$:

$$m_N = \frac{S \cdot m_\beta}{\rho} = \frac{1,2 \cdot 10^5 \cdot 30''}{2 \cdot 10^5} = 18 \text{ мм.}$$

Такая точность не соответствует требованиям нормативных документов, согласно которым предельное расхождение осей при двух положениях вертикального круга не должно превышать 15 мм. Вычислим погрешность измерения угла при котором $m_N = 15$ мм. Из формулы (15) получим:

$$m'_\beta = \frac{m_N \cdot \rho}{S}. \quad (18)$$

При $m_N = 15$ мм, $S = 120$ м, $\rho = 206\,265''$ по формуле (18) получим $m'_\beta = 25''$. Для обеспечения такой точности необходимо увеличить количество приемов измерений, которое вычисляют по формуле:

$$n = \sqrt{\left(\frac{m_\beta}{m'_\beta}\right)^2} = \sqrt{\frac{30^2}{25^2}} = 1,44 \approx 2.$$

Таким образом, увеличив количество приемов до двух, можно обеспечить точность восстановления разбивочной оси для данных условий измерений техническим теодолитом.

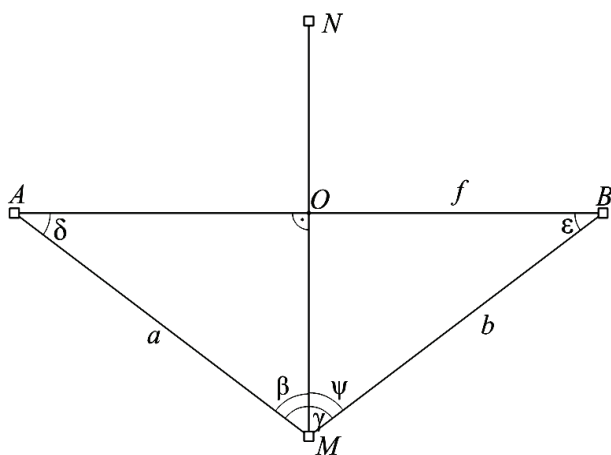


Рисунок 3 – Схема геометрического моделирования восстановления разбивочной оси при строительстве дымовой трубы.

Для подтверждения теоретических выводов выполнены экспериментальные исследования точности предлагаемых способов восстановления разбивочной оси дымовой трубы с использованием геометрического моделирования. Для этого на местности были закреплены две взаимно перпендикулярные оси AB и MN , пересекающиеся в точке O (рис. 3). В треугольниках ABM , AOM и BOM измерены углы δ , ϵ , γ , β и ψ и длины сторон a , b , f двумя приемами электронным тахеометром SET 530R. Все измеренные параметры представлены в таблице.

Анализ таблицы показывает, что измеренные и моделируемые линейные и угловые параметры совпадают в пределах точности измерений. Разности (столбец 5) между измеренными и вычисленными параметрами не выходят за пределы допусков. Таким образом, можно констатировать, что предложенные способы восстановления разбивочной оси дымовой трубы на стадии нулевого цикла строительства соответствуют требованиям нормативных документов и их можно использовать в производстве.

бывочной оси дымовой трубы на стадии нулевого цикла строительства соответствуют требованиям нормативных документов и их можно использовать в производстве.

Таблица – Сравнение измеренных и вычисленных параметров в моделируемой разбивочной сети

№№ п/п	Параметры	Измеренные	Вычисленные	Разность
1	2	3	4	5
2	a , м	113,331	–	–
3	b , м	100,042	–	–
4	f , м	180,087	180,088	0,001
5	δ	30°13'53"	30°13'58"	5"
6	β	59°45'55"	59°46'07"	12"
7	ϵ	34°46'47"	34°46'40"	7"
8	ψ	55°13'21"	55°13'13"	8"
9	γ	114°59'21"	114°59'14"	7"

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баран, П. И. Инженерна геодезія [Текст] : монографія / П. И. Баран. – К. : ПАТ «ВПОЛ», 2012. – 618 с.

2. Геодезические работы при строительстве сооружений башенного типа [Текст] / В. В. Буш, В. В. Калугин, А. И. Саар. – М. : Недра, 1985. – 216 с.
3. Видуев, Н. Г. Геодезические разбивочные работы [Текст] / Н. Г. Видуев, П. И. Баран, С. П. Войтенко и др. – М. : Недра, 1973. – 213 с.
4. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ [Текст] : учеб. для вузов / Г. П. Левчук, В. Е. Новак, В. Г. Коносов. – М. : Недра, 1981. – 438 с.
5. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам [Текст] / В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, В. Е. Новак и др. – М. : Недра, 1980. – 781 с.

Получено 29.10.2019

П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА, О. С. ЧИРВА, П. О. ІВАНОВ
ВІДНОВЛЕННЯ РОЗМІЧУВАЛЬНИХ ОСЕЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ДИМОВОЇ
ТРУБИ

ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У процесі будівництва висотних споруд баштового типу через порушення технології або інших причин пункти, що закріплюють геодезичні осі, виявляються знищеними. Виникає необхідність відновлення розмічувальних осей в умовах обмеженого простору будівництва в дуже стислі терміни. Запропоновано два способи відновлення втраченої розмічувальної осі на стадії нульового циклу будівництва димаря. У першому способі із застосуванням електронного тахеометра досить виміряти один горизонтальний кут і дві сторони. У другому способі оптичним теодолітом вимірюють три горизонтальних кута. Виконано розрахунок точності запропонованих способів. Проведено експериментальні дослідження точності способів із застосуванням геометричного моделювання. Встановлено, що розроблені способи відповідають вимогам нормативних документів.

Ключові слова: відновлення розмічувальних осей, розрахунок точності, середня квадратична похибка, розмічувальний кут, геометричне моделювання.

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA, ALEXANDER CHIRVA,
PAVEL IVANOV
RESTORING CENTER AXES DURING CHIMNEY CONSTRUCTION
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In the process of constructing tower-type high-rise structures, due to a violation of technology or other reasons, points fixing the center axes are destroyed. There is a need to restore the center axes in tight construction conditions in a very short time. Two methods of restoring the lost center axis at the stage of the zero chimney construction cycle are proposed. In the first method using an electronic total station, it is enough to measure one horizontal angle and two sides. In the second method, three horizontal angles are measured with an optical theodolite. The accuracy of the proposed methods is calculated. Experimental studies of the accuracy of methods using geometric modeling have been carried out. It is established that the developed methods comply with the requirements of regulatory documents.

Key words: restoration of alignment axes, accuracy calculation, standard deviation, center angle, geometric modeling

Соловей Павел Илларионович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных зданий и сооружений.

Переварюха Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

Чирва Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций мачтовых сооружений.

Иванов Павел Александрович – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: геодезическое обеспечение земельного кадастра.

Соловей Павло Іларіонович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій висотних будівель і споруд.

Переварюха Анатолій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій коливних і обертових об'єктів.

Чирва Олександр Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій щоглових споруд.

Іванов Павло Олександрович – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: геодезичне забезпечення земельного кадастру.

Solovej Pavel – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of high-rise buildings.

Perevarjuha Anatoly – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Head of Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: : research of static and dynamic deformations of varying and rotating objects.

Chirva Alexander – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of mast structures.

Ivanov Pavel – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: geodetic support of the land cadaster.