

**ГЕОТЕХНОЛОГИЯ
(ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)
GEOTECHNOLOGY
(UNDERGROUND, OPEN AND CONSTRUCTION)**

Научная статья

УДК 528.482

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-5-62-71

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ**

**Корецкий Дмитрий Сергеевич¹,
Корецкая Галина Александровна^{2*}**

¹ Сибирский инженерно-аналитический центр

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

* для корреспонденции: kga1957@mail.ru



Информация о статье

Поступила:

14 июня 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

01 октября 2022 г.

Принята к публикации:

11 октября 2022 г.

Ключевые слова:

геодезический мониторинг, сооружения башенного типа, электронный тахеометр, измерение крена, метод малых горизонтальных углов.

Аннотация.

Промышленные дымовые трубы служат для создания естественной тяги и отведения дымовых отходов в атмосферу и их рассеивания до допустимых концентраций. В настоящее время аварийные ситуации дымовых труб случаются нередко. Основные причины аварий расследуются и устанавливаются экспертами-энергетиками. Геодезический мониторинг является составной частью системы технического контроля промышленных объектов, сущность которого заключается в периодическом определении величин кренов, отклонений и деформаций несущих конструкций. По результатам такого мониторинга при необходимости разрабатывается комплекс профилактических мер для устранения крена с целью обеспечения безаварийной эксплуатации сооружения.

В статье предлагается метод измерения малых горизонтальных углов между левой и правой образующими трубы с использованием тахеометра Leica TS06 plus. В качестве примера реализации предлагаемого метода приведены результаты, полученные при контрольных измерениях крена стволов трех дымовых труб на территории ГРЭС в Кузбассе. Предлагаемая методика позволяет выполнить эффективную оценку точности определения кренов с одной точки наблюдения с использованием электронного тахеометра. Производство наблюдений на различные видимые пояса стволов дымовых труб дает возможность отказаться от постройки специальных наблюдательных площадок, закладки и последующей сохранности опорных геодезических пунктов, что снижает себестоимость полевых работ и повышает уровень техники безопасности. Метод применим для различной высоты и конфигурации сооружений башенного типа, а также позволяет оперативно проводить мониторинг кренов и получать результаты в автоматизированном режиме аналитически и графически. К недостаткам метода стоит отнести влияние на результаты измерений точки стояния инструмента и дефекты бетонирования.

Для цитирования: Корецкий Д.С., Корецкая Г.А. Геодезический мониторинг при эксплуатации промышленных дымовых труб // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 5 (153). С. 62-71. doi: 10.26730/1999-4125-2022-5-62-71

Промышленные дымовые трубы служат для создания естественной тяги и отведения дымовых отходов в атмосферу и их рассеивания до допустимых концентраций. В настоящее время аварийные ситуации дымовых труб случаются нередко. Так, например, в апреле 2021 г. зафиксировано частичное обрушение 120-метровой трубы ТЭЦ-2 в г. Барнауле, которую эксплуатировали с 1959 г. Основные причины аварий расследуются и устанавливаются экспертами-энергетиками. Средний возраст промышленных дымовых труб составляет порядка шестидесяти лет, что превышает нормативный срок их службы. Естественный физический износ дымовых труб и отсутствие своевременных восстановительных работ являются основными причинами, вызывающими большие риски их обрушений. Геодезический мониторинг является составной частью системы технического контроля зданий, сооружений и оборудования промышленных предприятий [1].

Объекты башенного типа, в том числе дымовые трубы, колонны, башни, радиотелевизионные антенные опоры, являются одними из самых ответственных инженерных сооружений. Во время строительных работ, в период эксплуатации из-за неравномерной осадки все сооружения могут испытывать деформации. Деформации проявляются из-за конструктивных особенностей высотных объектов, которые подвергаются кручению и изгибу, вызываемым неравномерным солнечным нагревом или давлением ветра [2]. Подобные деформации способствуют потере устойчивости сооружения и образованию крена. Крен является совместной деформацией сооружения башенного типа и его основания. Он представляет собой отклонение вертикальной оси сооружения от отвесного направления [3].

Геодезические методы и средства измерений при контроле технической эксплуатации объектов башенного типа направлены на периодическое определение (мониторинг) величин кренов, отклонений и деформаций несущих конструкций. По результатам такого мониторинга при необходимости разрабатывается комплекс профилактических мер для устранения крена с целью обеспечения безаварийной эксплуатации сооружения. Определение крена высотных сооружений может выполняться различными геодезическими методами и их комбинациями:

- с применением тяжелых отвесов;
- вертикального проецирования;
- координат;
- направлений;
- малых углов;
- зенитных расстояний;
- высокоточного геометрического нивелирования;
- способ направления с одного опорного пункта;
- стереофотограмметрический [4].

Основными факторами, определяющими выбор метода измерений, являются конструктивные особенности высотного сооружения, требуемая точность и условия выполнения измерений. Результаты определения кренов высотных сооружений опубликованы российскими [5-9] и зарубежными авторами [10, 11]. В основе большинства вышеперечисленных методов лежат угловые измерения с фиксированного базиса с использованием высокоточных теодолитов, при этом обработка результатов измерений является весьма трудоемкой и не обеспечивает достаточную оперативность и точность. Появление электронных тахеометров с большим радиусом безотражательных измерений расстояний позволяет вычислять координаты на разных сечениях сооружения с максимальной точностью и получать трехмерную модель поверхности объекта [12, 13].

Для определения вертикальности ствола дымовых труб авторами статьи предложен метод измерения малых горизонтальных углов между левой и правой образующими трубы с использованием электронного тахеометра Leica TS06 plus. Точность измерения расстояний в стандартном режиме работы с отражателем составляет 1,5 мм + 2 ppm (2 мм на 1 км), время одного измерения – 1,5 сек.; в безотражательном режиме – 2 мм + 2 ppm (2 мм на 1 км), время – 3-6 сек. Угловые измерения в обоих режимах составляют 1 сек.

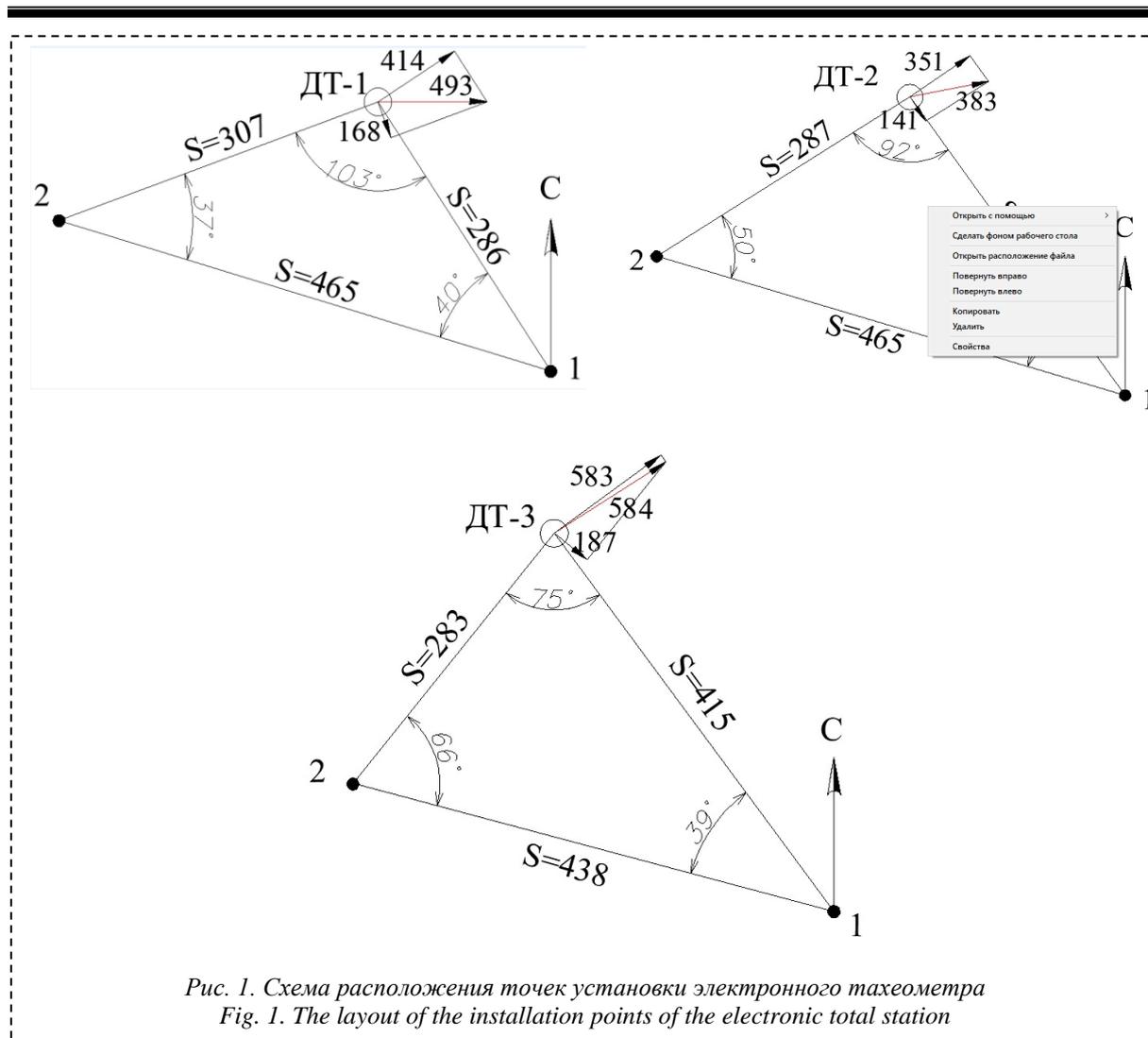


Рис. 1. Схема расположения точек установки электронного тахеометра
 Fig. 1. The layout of the installation points of the electronic total station

В качестве примера реализации предлагаемого метода приведем результаты, полученные при контрольных измерениях крена стволов железобетонных дымовых труб на территории ГРЭС в Кузбассе. Работа была выполнена в марте 2022 г.

Наблюдения за вертикальностью ствола трубы выполнялись в соответствии с СП 13-101-99 «Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых и вентиляционных труб», ПБ 03-445-02 «Правила безопасности при эксплуатации дымовых и вентиляционных промышленных труб» и ГОСТ 14846-84 «Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений».

Методика работ заключалась в следующем: измерения выполнялись с произвольных точек на местности, с которых имела видимость на ствол дымовой трубы. Угол засечки между направлениями для дымовой трубы №1 ($H = 150$ м) составил 103° ; для дымовой трубы №2 ($H = 150$ м) – 92° ; для дымовой трубы №3 ($H = 150$ м) – 75° .

На рис. 1 представлена схема расположения точек установки электронного тахеометра при наблюдении за вертикальностью дымовых труб: ДТ-1; ДТ-2; ДТ-3.

Наведения осуществлялись на боковые образующие с левой и правой стороны трубы на уровне рабочих швов бетонирования начиная с отметки $+32,00$ м для всех трех труб. Расстояния от точек наблюдения до трубы измерялись с помощью электронного тахеометра в безотражательном режиме.

Обработка результатов измерений в специальном журнале наблюдений позволяет определить отклонения центра трубы каждого наблюдаемого сечения от центра трубы исходного сечения в угловых минутах.

Для перевода отклонений в миллиметры γ (мм) использовалась приближенная формула, пригодная для малых углов [4]:

Таблица 1. Наблюдения с точки Т1-1

Table 1. Observations from point T1-1

Точка	Отметка наблюдений, м	Отсчеты по гориз. кругу (дир. угол)		Отсчеты на центр (дирекционный угол)	Отклонение в углах относительно низа (")	Отклонение, мм
		Левая образующая ° ' "	Правая образующая ° ' "			
L=286 м						
T1-1	+32,00	00 00 00 179 59 53 179 59 56	02 13 07 182 13 05 02 13 06	01 06 36	-	-
	+53,75	00 09 28 180 09 34 00 09 31	02 04 38 182 04 37 02 04 38	01 07 05	+29	+40
	+83,75	00 16 12 180 16 10 00 16 11	02 00 47 182 00 44 02 00 46	01 08 29	+113	+157
	+113,75	00 22 59 180 22 55 00 22 57	01 57 10 181 57 09 01 57 10	01 10 03	+207	+287
	+146,00	00 29 32 180 29 26 00 29 29	01 53 46 181 53 36 01 53 41	01 11 35	+299	+414

Таблица 2. Наблюдения с точки Т1-2

Table 2. Observations from point T1-2

Точка	Отметка наблюдений, м	Отсчеты по Гориз. Кругу (дир. Угол)		Отсчеты на центр (дирекционный угол)	Отклонение в углах относительно низа (")	Отклонение, мм
		Левая образующая ° ' "	Правая образующая ° ' "			
L=357 м						
T1-2	+32,00	00 00 00 180 00 09 00 00 04	01 50 48 181 50 56 01 50 52	00 55 24	-	-
	+53,75	00 02 06 180 02 19 00 02 12	01 49 41 181 49 36 01 49 38	00 55 55	+31	+46
	+83,75	00 07 49 180 07 48 00 07 48	01 45 00 181 44 58 01 44 59	00 56 24	+60	+89
	+113,75	00 12 34 180 12 40 00 12 37	01 40 23 181 40 24 01 40 24	00 56 30	+66	+98
	+146,00	00 18 30 180 18 37 00 18 34	01 36 00 181 36 08 01 36 04	00 57 17	+113	+168

$$\gamma = S \cdot \gamma'' / \rho'' \text{ (мм), где}$$

γ'' – угловые отклонения в секундах;

S – расстояния (мм);

$\rho'' = 206265''$ – значение радиана в секундах.

До начала измерений необходимо выполнить предрасчет точности определения крена для наиболее удаленной точки, который зависит от выбранной методики и применяемых геодезических приборов.

На основании предварительно выполненных расчетов средняя квадратическая погрешность

Таблица 3. Величины полных кренов дымовых труб Q, мм
Table 3. Values of full rolls of chimneys Q, mm

Отметка, м	Дымовая труба №1 (H = 150 м)	Дымовая труба №2 (H = 150 м)	Дымовая труба №3 (H = 150 м)
+146,00	493	383	584
+113,75	332	260	397
+83,75	202	219	258
+53,75	69	88	112

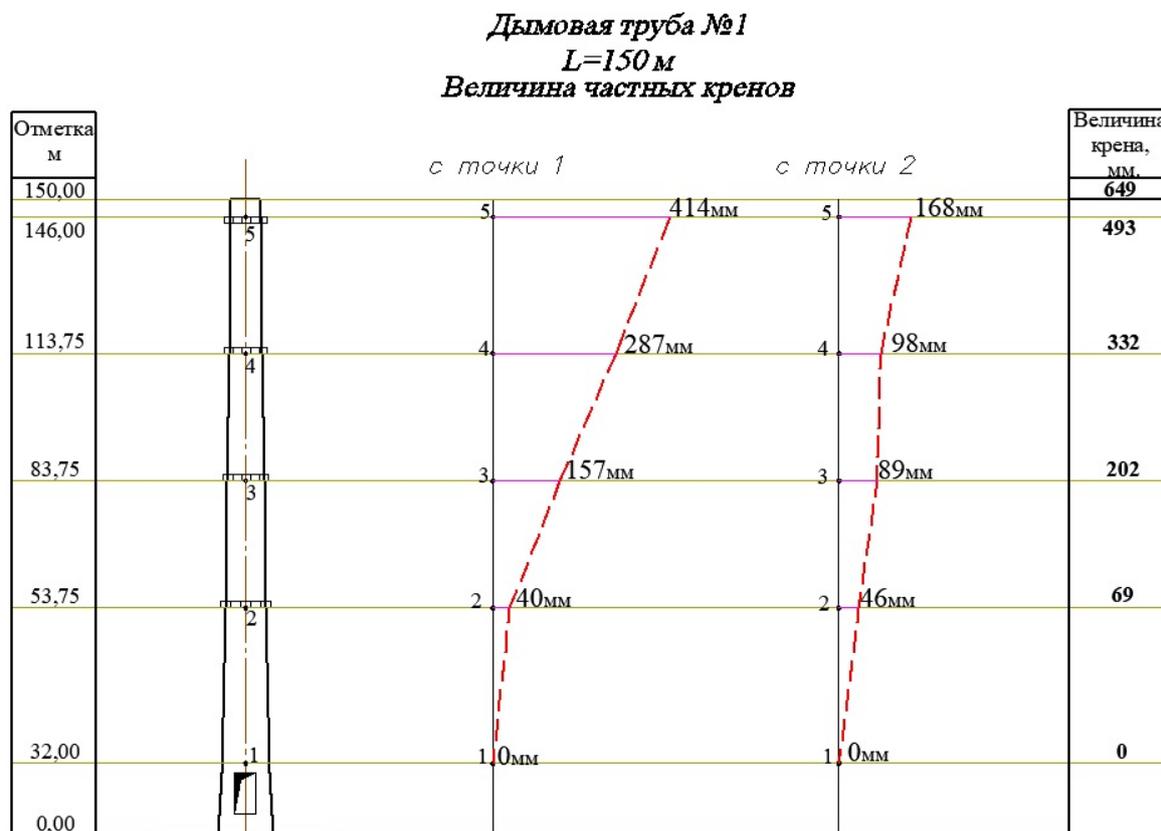


Рис. 2. График вертикальности дымовой трубы №1
Fig. 2. Vertical graph of chimney №1

измерения направлений не должна превышать $\pm 10''$. Для достижения такой точности достаточно применять электронный тахеометр Leica TS06 plus или равноточный ему.

Предрасчет точности определения крена m_x в линейной величине с наиболее удаленной станции наблюдения выполнен по формуле [2]:

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{m_s^2 \gamma^2}{\rho^2} + \frac{m_\gamma^2 S^2}{\rho^2}}, \text{ где}$$

m_s – средняя квадратическая погрешность измерения расстояния ($\pm 3,0$ мм);

m_γ – средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов электронным тахеометром Leica TS06 Plus ($\pm 2''$);

ρ – значения радиана в секундах ($206265''$);

γ – максимальный угол отклонения от вертикали в угловых секундах;

S – расстояние до наиболее удаленной станции наблюдения (м).

Для дымовой трубы №1 $m_x = \pm 3,0$ мм ($S = 307$ м; $\gamma = 113''$);

для трубы №2 $m_x = \pm 3,5$ мм ($S = 357$ м; $\gamma = 203''$);

для трубы №3 $m_x = \pm 4,0$ мм ($S = 415$ м; $\gamma = 290''$).

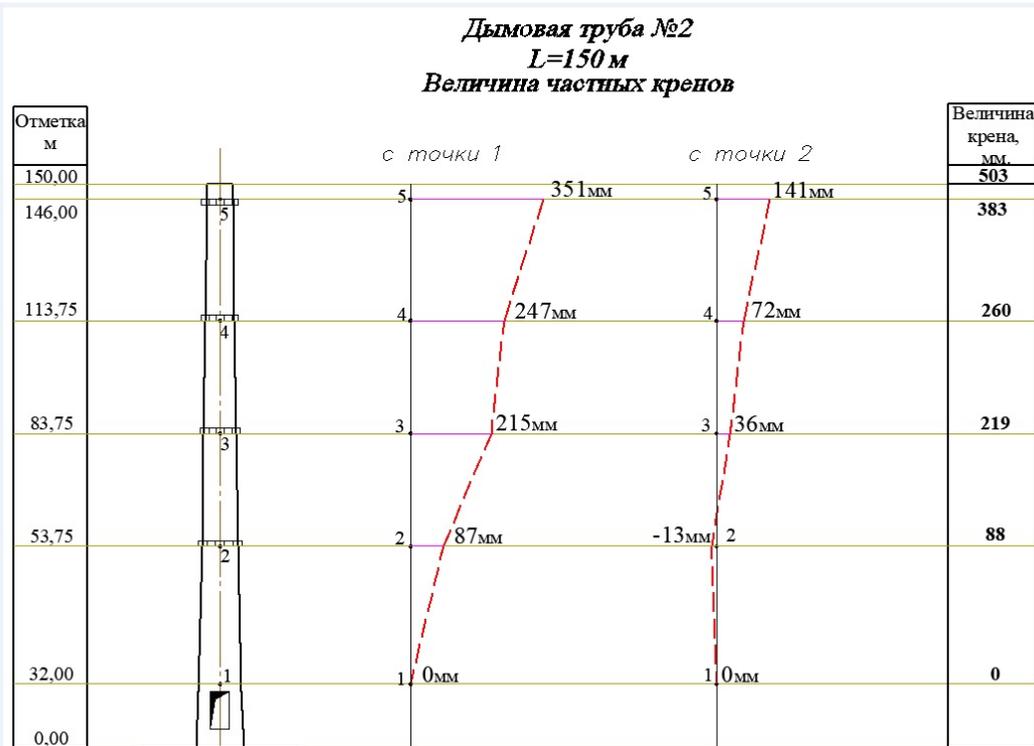


Рис. 3. График вертикальности дымовой трубы № 2
Fig. 3. Vertical graph of chimney № 2

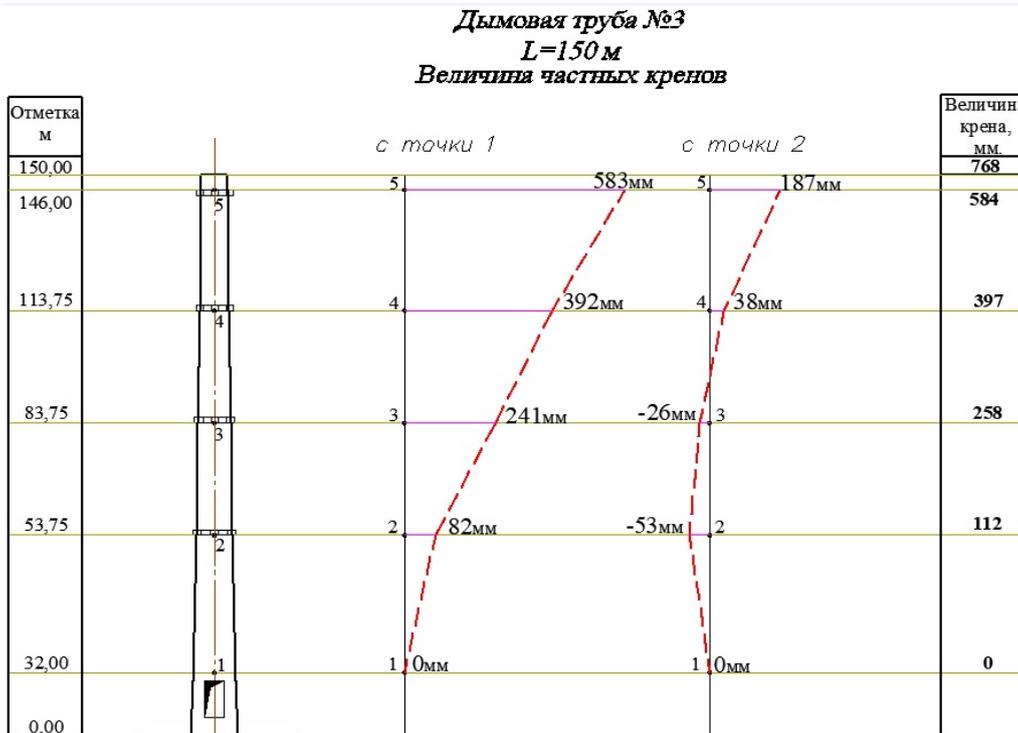


Рис. 4. График вертикальности дымовой трубы № 3
Fig. 4. Vertical graph of chimney № 3

При выбранном инструменте и методике измерения углов, исключающей инструментальные ошибки, достигнутая расчетная точность определения крена удовлетворяет требуемой точности по ГОСТ 24846-84 (± 20 мм).

Величины вычисленных отклонений от вертикала (частных кренов) с каждой станции наблюдения являются проекциями полного крена на перпендикуляры к наблюдаемым

направлениям на отметках наблюдаемых сечений. Расчет частных кренов приведем для дымовой трубы №1 (табл. 1, 2)

Величины полных кренов Q вычислялись по формуле (результаты – в табл. 3):

$$Q = \sqrt{q_1^2 + q_2^2 - 2q_1 \cdot q_2 \cdot \cos \gamma} \cdot 1 / \sin \gamma, \text{ где}$$

q_1 и q_2 – частные крены;

γ – угол засечки.

По частным полным кренам составлены графики вертикальности, характеризующие отклонения ствола труб от вертикали с точек Т1 и Т2 для дымовых труб №1, №2 и №3 (рис. 2-4).

В результате анализа полных кренов стволов трех дымовых труб получены следующие данные:

1. Измеренная величина общего крена ствола дымовой трубы №1 от отметки +32,00 м и до отметки +146,00 м составила 493 мм. При выполнении интерполяции на всю высоту ствола получаем величину 649 мм при допустимом значении 700 мм [14, табл. 1].

2. Измеренная величина общего крена ствола дымовой трубы №2 от отметки +32,00 м и до отметки +146,00 м составила 383 мм. При выполнении интерполяции на всю высоту ствола получаем величину 503 мм при допустимом значении 700 мм [14, табл.].

3. Измеренная величина общего крена ствола дымовой трубы №3 от отметки +32,00 м и до отметки +146,00 м составила 584 мм. При выполнении интерполяции на всю высоту ствола получаем величину 768 мм при допустимом значении 700 мм [14, табл.].

Согласно «Руководству по эксплуатации промышленных дымовых и вентиляционных труб» [1] рекомендуется продолжать мониторинг кренов стволов дымовых труб с периодичностью не менее чем 1 раз в год с целью их безопасной эксплуатации.

Достоинства метода:

1. Предлагаемая методика позволяет выполнить эффективную оценку точности определения кренов с одной точки наблюдения с использованием электронного тахеометра.

2. Производство наблюдений на различные видимые пояса стволов дымовых труб дает возможность отказаться от постройки специальных наблюдательных площадок, закладки и последующей сохранности опорных геодезических пунктов, что снижает себестоимость полевых работ и повышает уровень техники безопасности.

3. Метод применим для различной высоты и конфигурации сооружений башенного типа.

4. Метод позволяет оперативно проводить мониторинг кренов и получать результаты в автоматизированном режиме аналитически и графически.

К недостаткам метода стоит отнести влияние на результаты измерений точки стояния инструмента и дефекты бетонирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СО 153-34.21.322-2003. Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций. Дата актуализации 01.01.2021.

2. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами. URL : <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293782/4293782898.pdf> (дата обращения 15.12.2018).

3. Шеховцов Г. А., Шеховцева Р. П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений [Текст]: монография. Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, Н. Новгород : ННГАСУ, 2009. 156 с.

4. Жуков Б. Н., Скрипников В. А., Скрипникова М. А. Прикладная геодезия. Геодезический контроль сооружений и оборудования в процессе строительства и эксплуатации [Текст] : практикум. Новосибирск : СГУГиТ, 2018. 86 с. ISBN 978-5-907052-29-1

5. Бикташев М. Д. Башенные сооружения: геодезический анализ осадки, крена и общей устойчивости положения М. : АСВ, 2006. 376 с.

6. Никитин А. В. Способ определения крена сооружений цилиндрической формы // Геодезия и картография. 2008. Вып. 6. С. 15-17.

7. Середович В. А. [и др]. Определение крена и деформаций дымовых труб средствами наземного лазерного сканирования / ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конф. : сб. материалов в 6 т., Новосибирск,

2010. С. 7-13.

8. Никонов А. В. Особенности применения современных геодезических приборов при наблюдении за осадками и деформациями зданий и сооружений объектов энергетики // Вестник СГГА. 2013. Вып. 4 (24). С. 12-19.

9. Былин И. П. [и др.] Измерение крена дымовой трубы транспортабельной котельной установки // Геодезия 36. Вектор ГеоНаук/Vector of Geosciences. 2018. № 1(4). С. 36-41.

10. Malet J. P., Maquaire O., Calais E. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France) // Geomorphology. 2002. V. 43. №. 1. Pp. 33-54.

11. Schneider D. Terrestrial laser scanning for area based deformation analysis of towers and water dams // Proc. of 3rd IAG/12th FIG Symp., Baden, Austria, May. 2006. Pp. 22-24.

12. Михайлов В. И., Кононович С. И., Чиберкус Ю. Н. Опыт применения электронного тахеометра для измерения вертикальности стен // Главный инженер в строительстве. 2013. № 9 С. 26-31.

13. Кононович С. И. [и др.] Экспериментальные измерения крена башенных сооружений электронным тахеометром // Наука и техника. 2015. № 2. С.42-47.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Корецкий Дмитрий Сергеевич, ведущий инженер-геодезист, АО «Сибирский инженерно-аналитический центр» (Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Станционная, 17/1), kds3210@yandex.ru

Корецкая Галина Александровна, старший преподаватель, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), kga1957@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Корецкий Дмитрий Сергеевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, разработка методики инструментальных измерений, выполнение измерений и расчетов, сбор и анализ полученных данных, выводы и рекомендации.

Корецкая Галина Александровна – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, выводы, написание текста, оформление рисунков.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

GEODETIC MONITORING DURING THE OPERATION OF INDUSTRIAL CHIMNEYS

**Dmitry C. Koretskiy¹,
Galina A. Koretskaia^{2*}.**

¹ Siberian Engineering and Analytical Center

² T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: kga1957@mail.ru



Article info

Submitted:

14 June 2022

Abstract.

Industrial chimneys are used to create a natural draft and conduct smoke waste into the atmosphere and disperse it to acceptable concentrations. Currently, chimney emergencies are not uncommon. The main causes of accidents are investigated and established by energy experts. Geodetic monitoring is an integral part of the system of technical control of industrial facilities, the essence of which is the periodic determination of the values of rolls, deviations and deformation of load-bearing structures. According to the results of such

Approved after reviewing:
01 October 2022

Accepted for publication:
11 October 2022

Keywords: geodetic monitoring, tower-type structures, electronic total station, roll measurement, method of small horizontal angles.

monitoring, if necessary, a set of preventive measures is being developed to eliminate the roll in order to ensure trouble-free operation of the structure. The article proposes a method for measuring small horizontal angles between the left and right forming pipes using a total station Leica TS06 plus. As an example of the implementation of the proposed method, the results obtained during control measurements of the roll of the trunks of three chimneys on the territory of the GRES in Kuzbass are given. The proposed technique makes it possible to perform an effective assessment of the accuracy of determining rolls from a single observation point using an electronic total station. The production of observations on various visible belts of chimney trunks makes it possible to abandon the construction of special observation platforms, the laying and subsequent preservation of geodetic reference points, which reduces the cost of field work and increases the level of safety. The method is applicable for various heights and configurations of tower-type structures, and also allows you to quickly monitor rolls and obtain results in an automated mode analytically and graphically. The disadvantages of the method include the influence of the tool's standing point and concreting defects on the measurement results.

For citation: Koretskiy D.C., Koretskaia G.A. Geodetic monitoring during the operation of industrial chimneys. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 5(153):62-71. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-5-62-71

REFERENCES

1. SO 153-34.21.322-2003. Metodicheskie ukazaniya po organizacii i provedeniyu nablyudenij za osadkoj fundamentov i deformacijami zdaniy i sooruzhenij stroyashhihsya i e'kspluatiruemy'h teplovy'h e'lektrostancij. Data aktualizacii 01.01.2021
2. Rukovodstvo po opredeleniyu krenov inzhenerny`x sooruzhenij bashennogo tipa geodezicheskimi metodami. URL : <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293782/4293782898.pdf> (data obrashheniya 15.12.2018).
3. Shehovczov G.A., Shehovczova R.P. Sovremennye geodezicheskie metody opredeleniya deformacij inzhenerny`h sooruzhenij [Tekst]: monografiya. Nizhegorod. gos. arhit.-stroit. un-t. N. Novgorod: NNGASU; 2009.
4. Zhukov B.N., Skripnikov V.A. Prikladnaya geodeziya. Geodezicheskij kontrol' sooruzhenij i oborudovaniya v processe stroitel'stva i e'kspluatcii [Tekst] : praktikum. Novosibirsk : SGUGiT; 2018. 86 s. ISBN 978-5-907052-29-1
5. Biktashev M.D. Bashenny'e sooruzheniya: geodezicheskij analiz osadki, krena i obshhej ustojchivosti polozheniya. M.: ASV; 2006. 376 s.
6. Nikitin A.V. Sposob opredeleniya krena sooruzhenij cilindricheskoy formy`. *Geodeziya i kartografiya*. 2008; 6:15-17.
7. Seredovich V.A. [i dr].Opredelenie krena i deformacij dy`movy`h trub sredstvami nazemnogo lazernogo skanirovaniya // *GEO-Sibir`-2010. VI Mezhdunar. nauch. konfr.: sb. materialov*. Novosibirsk; 2010.
8. Nikonov A.V. Osobennosti primeneniya sovremenny`h geodezicheskikh priborov pri nablyudenii za osadkami i deformacijami zdaniy i sooruzhenij ob`ektov e`nergetiki. *Vestnik SGGU*. 2013; 4(24):12-19.
9. By`lin I.P. [i dr]. Izmerenie krena dy`movoju truby` transportabel'noj kotel'noj ustanovki. *Geodeziya 36. Vektor GeoNauk/Vector of Geosciences*. 2018; 1(4):36-41.
10. Malet J.P., Maquaire O., Calais E. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France). *Geomorphology*. 2002; 43(1):33-54.
11. Schneider D. Terrestrial laser scanning for area based deformation analysis of towers and water dams. *Proc. of 3rd IAG/12th FIG Symp., Baden, Austria, May*. 2006. Pp. 22-24.
12. Mihajlov V.I., Kononovich S.I., Chiberkus Yu.N. Opy`t primeneniya e`lektronnogo taheometra dlya izmereniya vertikal'nosti sten. *Glavny`j inzhener v stroitel'stve*. 2013; 9:26-31.
13. Kononovich S.I. [i dr.] E'ksperimental'ny'e izmereniya krena bashenny`h sooruzhenij e`lektronny`m taheometrom. *Nauka i tehnika*. 2015; 2:42-47.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Dmitry C. Koretskiy, leading engineer-surveyor, SC «Siberian Engineering and Analytical Center» (17/1, Stantsionnaya st., Kemerovo, 650000, Russian Federation). kds3210@yandex.ru

Galina A. Koretskaia, Senior Lecturer T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (28, Vesenniyaya st., Kemerovo, 650000, Russian Federation), kga1957@mail.ru

Contribution of the authors:

Dmitry C. Koretskiy - formulation of a research task, scientific management, development of a methodology for instrumental measurements, performance of measurements and calculations, collection and analysis of the data obtained, conclusions and recommendations.

Galina A. Koretskaia – formulation of a research task, scientific management, review of relevant literature, conceptualization of research, conclusions, writing of text, design of drawings.

All authors have read and approved the final manuscript.

