



(19)-0400-1

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЫМОВЫХ ТРУБ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ НАБЛЮДЕНИЙ

П. И. Соловей¹, А. Н. Переварюха², К. Д. Сергеева³

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹ pavelsolovej1@gmail.com, ² geonik69@yandex.ru, ³ sergeeva.k.d@mail.ru

Получена 25 октября 2019; принята 22 ноября 2019.

Аннотация. Рассмотрены вопросы геодезического мониторинга положения вертикальной оси дымовых труб промышленных предприятий, когда обзор на сооружение возможен с одного опорного пункта, а в некоторых случаях отсутствует видимость на образующие сооружения. Предложен способ определения крена дымовых труб с одного опорного пункта с применением безотражательных электронных тахеометров. Выполнен расчет точности предлагаемого метода. Установлено, что способ обеспечивает необходимую точность измерений. В условиях отсутствия видимости на образующие сооружения предложена методика определения крена путем координирования не менее трех точек, расположенных в контрольных горизонтальных сечениях, а координаты центров сечений получают графическим способом в системе AutoCAD.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, дымовые трубы, стесненные условия, погрешность измерения, точность измерения, крен сооружения.

ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДИМОВИХ ТРУБ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОГО ПРОСТОРУ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

П. І. Соловей¹, А. М. Переварюха², Х. Д. Сергєєва³

ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹ pavelsolovej1@gmail.com, ² geonik69@yandex.ru, ³ sergeeva.k.d@mail.ru

Отримана 25 жовтня 2019; прийнята 22 листопада 2019.

Анотація. Розглянуто питання геодезичного моніторингу становища вертикальної осі димових труб промислових підприємств, коли огляд на спорудження можливий з одного опорного пункту, а в деяких випадках відсутня видимість на твірні споруди. Запропоновано спосіб визначення крену димових труб з одного опорного пункту із застосуванням електронних тахеометрів без відбивача. Виконано розрахунок точності запропонованого методу. Встановлено, що спосіб забезпечує необхідну точність вимірювань. В умовах відсутності видимості на твірні споруди запропонована методика визначення крену шляхом координування не менше трьох точок, розташованих в контрольних горизонтальних перерізах, а координати центрів перерізів отримують графічним способом в системі AutoCAD.

Ключові слова: геодезичний моніторинг, димові труби, обмежені умови, похибка вимірювання, точність вимірювання, крен споруди.

GEODESIC MONITORING OF CHIMNEYS IN RESTRICTED OBSERVATION CONDITIONS

Pavel Solovej¹, Anatoly Perevarjuha², Kristina Sergeeva³

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

E-mail: ¹ pavelsolovej1@gmail.com, ² geonik69@yandex.ru, ³ sergeeva.k.d@mail.ru

Received 25 October 2019; accepted 22 November 2019.

Abstract. Issues of geodetic monitoring of the vertical axis of the chimneys of industrial enterprises are considered, when a view to the structure is possible from one strong point, and in some cases there is no visibility to the forming structures. A method for determining the roll of chimneys from one stronghold using reflection less electronic total stations is proposed. The accuracy calculation of the proposed method is performed. It is established that the method provides the necessary measurement accuracy. In the absence of visibility to the forming structures, a method for determining the roll by coordinating at least 3 points located in the control horizontal sections is proposed, and the coordinates of the centers of the sections are obtained graphically in the AutoCAD system.

Keywords: geodetic monitoring, chimneys, cramped conditions, measurement error, measurement accuracy, construction roll.

Формулировка проблемы

На территории промышленных предприятий расположено значительное количество кирпичных, металлических, и железобетонных дымовых труб, находящихся в стесненных условиях наблюдений. Так, при обследовании 52 дымовых труб одного из металлургических заводов 15 из них расположены в труднодоступных местах при видимости сооружений только с одного опорного пункта. Кроме того, 5 дымовых труб из 15 не имеют видимости на их образующие, что не дает возможности применить наблюдения с одного опорного пункта. Поэтому разработка более совершенных методов геодезического контроля положения вертикальной оси дымовых труб, расположенных в стесненных условиях наблюдений, является актуальной задачей.

Анализ последних исследований и публикаций

Большинство публикаций [10–15] посвящено определению крена дымовых труб, расположенных в стесненных условиях наблюдений, из двух опорных пунктов.

В стесненных условиях наблюдений при наличии видимости на сооружение только с одного

опорного пункта в работе [6] предлагается производить периодический контроль динамики крена посредством измерения горизонтальных и вертикальных углов между направлениями на центр нижнего сечения трубы и направлениями на марки, заложенные на различных уровнях примерно в коллимационной плоскости теодолита.

По вычисленным условным координатам марок в каждом цикле наблюдений определяют смещения марок и всего сооружения в целом.

Недостатком способа является то, что он не позволяет определять абсолютную величину крена, а лишь его приращение. Кроме того, предлагаемый способ предполагает трудоемкую операцию по закладке марок на различных уровнях трубы и точного измерения высот марок.

Для определения абсолютной величины крена в аналогичных условиях наблюдений в работе [5] предлагается измерять горизонтальные углы между направлениями на центры нижнего и верхнего (контролируемых) сечений.

Предлагаемый способ позволяет определять абсолютную величину крена дымовой трубы, но требует точного измерения высот контрольных точек, на которые выполняют визирование теодолитом, что в условиях эксплуатируемого сооружения трудно обеспечить.

$$\left. \begin{aligned} X_o &= \frac{(Y_3 - Y_2) \cdot (Y_2 - Y_1) \cdot (Y_3 - Y_1) + (X_1^2 - X_2^2) \cdot (Y_3 - Y_1) - (X_1^2 - X_3^2) \cdot (Y_2 - Y_1)}{2[(X_1 - X_2) \cdot (Y_3 - Y_1) - (X_1 - X_3) \cdot (Y_2 - Y_1)]}, \\ Y_o &= \frac{X_1 - X_2}{Y_2 - Y_1} \cdot \left(X_o - \frac{X_1 + X_2}{2} \right) + \frac{Y_1 + Y_2}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

При отсутствии видимости на образующие сооружения в работе [4] впервые предложено методом прямой однократной угловой засечки из двух опорных пунктов визированием на три контрольные точки, закрепленных в нижнем и верхнем контролируемых сечениях вычислять их координаты и координаты центров сечений по формулам (1).

К сожалению, на время публикации статьи [4] отсутствовали приборы, позволяющие с высокой точностью измерять расстояния до контрольных точек, что отрицательно влияло на точность определения крена дымовых труб.

В работе [2] представлены результаты исследований метода определения формы и наклона высоких дымовых труб с применением безотражательных тахеометров. Но из представленных материалов, непонятно каким образом, выполняется визирование на точки сооружения так,

чтобы они располагались в контролируемом горизонтальном сечении.

Цели

Совершенствование методики геодезического контроля промышленных дымовых труб, расположенных в стесненных условиях наблюдений, с одного опорного пункта с применением безотражательных электронных тахеометров.

Основной материал

Пусть дымовая труба расположена в стесненных условиях при видимости на образующие с одного опорного пункта T (рис. 1).

Зададимся условной системой координат, начало которой (точка O) совмещено с центром нижнего сечения сооружения. Ось X совпадает с направлением TO , а ось Y – перпендикулярно оси X .

Для определения крена Q дымовой трубы в опорном пункте T устанавливают электронный безотражательный тахеометр. Визируют на центр O нижнего сечения сооружения и измеряют расстояние $l = TF$. Визируют на центр V верхнего контролируемого сечения и измеряют расстояние $d = TG$. Измеряют угол β между направлениями TV и TO .

Вычисляют расстояния:

$$\left. \begin{aligned} a &= l + R, \\ b &= d + r, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где R – радиус нижнего сечения,

r – радиус верхнего контролируемого сечения.

Из треугольника TMV можно записать:

$$\frac{Y_v}{b} = \sin \beta; \quad \frac{TM}{b} = \cos \beta, \quad (3)$$

откуда:

$$Y_v = b \cdot \sin \beta; \quad TM = b \cdot \cos \beta, \quad (4)$$

$$X_v = TM - a = b \cdot \cos \beta - a. \quad (5)$$

Из треугольника TMV получим:

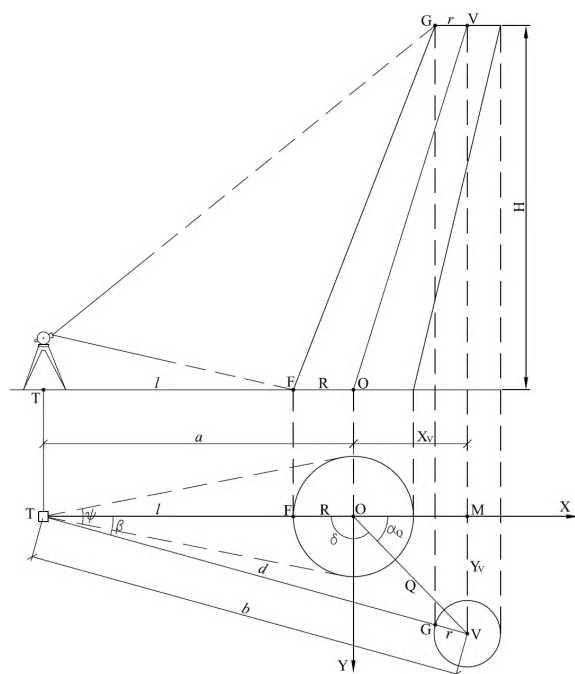


Рисунок 1. Схема определения крена дымовой трубы из одного опорного пункта с применением безотражательного электронного тахеометра.

$$Q = \sqrt{X_V^2 + Y_V^2} = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \beta}. \quad (6)$$

Для оценки точности определения крена найдем частные производные функции (6) по независимым переменным a, b, β :

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial a} &= \frac{a - b \cdot \cos \beta}{Q}, \\ \frac{\partial Q}{\partial b} &= \frac{b - a \cdot \cos \beta}{Q}, \\ \frac{\partial Q}{\partial \beta} &= \frac{ab \cdot \sin \beta}{Q}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Перейдя к предельным погрешностям, получим:

$$M_Q = \sqrt{\left(\frac{a - b \cdot \cos \beta}{Q} m_a \right)^2 + \left(\frac{b - a \cdot \cos \beta}{Q} m_b \right)^2 + \left(\frac{ab \cdot \sin \beta}{Q \cdot \rho} m_\beta \right)^2}. \quad (8)$$

Если пункт T расположен от дымовой трубы на расстоянии $l > H$ (H – высота сооружения) и крен не превышает предельного, тогда можно записать $a = b = S$, $m_a = m_b = m_s$ и формула (8) примет вид:

$$M_Q = \sqrt{2 \left[\frac{S(1 - \cos \beta)}{Q} m_s \right]^2 + \left(\frac{S^2 \cdot \sin \beta \cdot m_\beta}{Q \cdot \rho} \right)^2}. \quad (9)$$

В формуле (2) расстояния a и b от опорного пункта вычислены через радиусы R и r нижнего и верхнего контролируемых сечений. При доступном основании трубы радиус нижнего сечения можно определить путем непосредственного измерения длины окружности.

При недоступном сооружении радиусы контролируемых сечений определяют следующим образом.

Используя известную [9] связь между биссектрисой круговой кривой и ее радиусом:

$$l = R \left(\sec \frac{\varphi}{2} - 1 \right), \quad (10)$$

где $\varphi = 180^\circ - \psi$, после некоторых преобразований получим радиус контролируемой окружности:

$$R = \frac{l \cdot \sin \frac{\psi}{2}}{1 - \sin \frac{\psi}{2}}. \quad (11)$$

Для оценки точности определения радиуса продифференцируем выражение (11) и, перейдя к предельным погрешностям, будем иметь:

$$M_R = \sqrt{\left(\frac{R \cdot m_l}{l} \right)^2 + \left[\frac{\cos \frac{\psi}{2} \cdot m_\beta}{\left(1 - \sin \frac{\psi}{2} \right)^2 \cdot \rho} \right]^2}. \quad (12)$$

Анализ формулы (12) показывает, что правая часть подкоренного выражения значительно меньше левой и ею можно пренебречь. Тогда выражение (12) будет иметь простой вид:

$$M_R = \frac{R \cdot m_l}{l}. \quad (13)$$

Для оценки точности определения расстояния от опорного пункта до центра контролируемого сечения представим формулы (2) в общем виде:

$$S = l + R. \quad (14)$$

Тогда предельная погрешность:

$$M_S = \sqrt{m_l^2 + m_R^2}. \quad (15)$$

Подставив формулу (13) в выражение (15), получим:

$$M_S = \sqrt{m_l^2 + \left(\frac{R \cdot m_l}{l} \right)^2}. \quad (16)$$

Погрешность m_l измерения расстояния l зависит от точности применяемого электронного безотражательного тахеометра и качества бетонирования или кирпичной кладки соответственно бетонных или кирпичных дымовых труб.

Погрешность m_{II} измерения расстояний современными электронными безотражательными тахеометрами составляет $m_{II} = (3-10)$ мм.

Погрешность m_K , вызванная качеством возведения оболочки ствола, составляет $m_K = \pm 50$ мм согласно [8].

Суммарная погрешность составит:

$$m_I = \sqrt{m_{II}^2 + m_K^2} = \sqrt{10^2 + 50^2} = 51 \text{ мм}. \quad (17)$$

С учетом $m_l = 51$ мм и при $R = 5$ м, $l = 75$ м по формуле (16) получим $M_s = 51$ мм.

Для дымовой трубы высотой $H = 75$ м, при $S = 77,5$ м, $Q = 500$ мм (предельный крен согласно [7]), $\beta = 17'$, $m_\beta = 5''$, $m_s = 51$ мм предельная погрешность определения крена, вычисленная по формуле (9), составит $M_Q = 15$ мм и меньше предельной погрешности $M_Q = 0,0005 H = 37,5$ мм, задаваемой [3].

Для определения дирекционного угла направления крена поступают следующим образом. Вычисляют угол δ между направлением крена OV и направлением OT . Из треугольника TOV по теореме синусов получим:

$$\delta = \arcsin\left(\frac{b \cdot \sin \beta}{Q}\right). \quad (18)$$

В дальнейшем следует различать два положения крена Q относительно направления AO : справа и слева. Если крен расположен справа от направления AO , то дирекционный угол α_Q направления крена вычисляют по формуле:

$$\alpha_Q = 180^\circ - \delta. \quad (19)$$

Если крен расположен слева от направления AO , то:

$$\alpha_Q = 180^\circ + \delta. \quad (20)$$

Точность определения дирекционного угла α_Q направления крена не регламентируется нормативными документами, но в некоторых случаях ее необходимо знать. Например, если крен превышает допустимое значение, то может возникнуть необходимость выравнивания сооружения и требования к точности определения направления крена возрастают.

Точность определения направления крена зависит от точности определения угла δ , т. е.:

$$m_\alpha = m_\delta. \quad (21)$$

Для оценки точности определения m_α продифференцируем выражение (18) и, перейдя к предельным погрешностям, получим:

$$m_\alpha = m_\delta = \sqrt{\left(\frac{\sin \beta \cdot m_b \cdot \rho}{Q \cdot \cos \delta}\right)^2 + \left(\frac{b \cdot \sin \beta \cdot M_Q \cdot \rho}{Q^2 \cdot \cos \delta}\right)^2 + \left(\frac{b \cdot \cos \beta \cdot m_\beta}{Q \cdot \cos \delta \cdot \rho}\right)^2}. \quad (22)$$

Анализ формулы (22) показывает, что первый и третий члены подкоренного выражения существенно меньше по сравнению со вторым членом и ими можно пренебречь. Тогда формула (22) примет вид:

$$m_\alpha = m_\delta = \frac{b \cdot \sin \beta \cdot M_Q \cdot \rho}{Q^2 \cdot \cos \delta}. \quad (23)$$

Из формулы (23) видно, что точность определения дирекционного угла направления крена прямо пропорциональна расстоянию от опорного пункта до сооружения, погрешности определения крена и обратно пропорциональна квадрату величины крена.

При $H = 100$ м, $M_Q = 0,0005 H = 50$ мм [3], $Q = 0,005 H = 500$ мм [7], $b = 100$ м, $\beta = 17'$, $\delta = 10''$, $\rho'' = 2 \cdot 10^5$ по формуле (23) получим $m_\alpha = 5,5''$.

При расчете точности используют среднюю квадратическую погрешность, которая в три раза меньше предельной погрешности, т. е. $m_Q = M_Q/3$. Подставив в формулу (23), получим $m_\alpha = 1,8''$. При выравнивании дымовой трубы такая точность определения направления крена вполне допустима.

Предложенная методика определения крена дымовых труб из одного опорного пункта предполагает наличие видимости на образующие сооружения. Очень часто видимость на образующие отсутствует. В этих случаях предлагается следующая методика, которую можно применять для любых дымовых труб, поверхность которых видна из опорного пункта. Главным условием при этой методике является выбор на контролируемом сечении дымовой трубы трех точек, которые должны располагаться на одной окружности, в горизонтальной плоскости. Такие точки легко выбрать на стяжных кольцах кирпичных дымовых труб. На высоких железобетонных дымовых

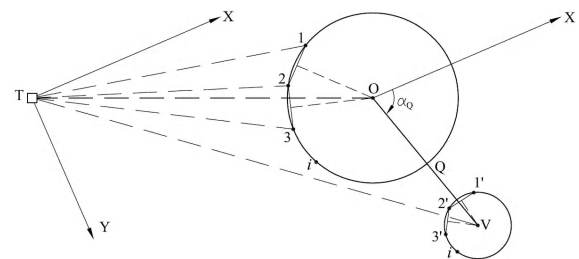


Рисунок 2. Схема определения крена дымовых труб из одного опорного пункта способом координат.

трубах высотой от 100 до 400 м контрольные точки можно выбрать на уровне светофорных площадок, а между ними – на следе от стыка опалубки, а также на контурах откраски ствола.

Методика определения крена заключается в следующем. Из опорного пункта T (рис. 2) электронным безотражательным тахеометром визируют на контрольные точки 1, 2, 3 в нижнем и 1', 2', 3' в верхнем контролируемом сечениях. Вычисляют координаты точек X_i, Y_i и X'_i, Y'_i в условной системе координат, начало которой совмещено с опорным пунктом T (рис. 2).

По координатам i -х точек ($i = 1, 2, 3$) и i' -х точек ($i' = 1', 2', 3'$) вычисляют координаты X_O, Y_O и X_V, Y_V , центров нижнего и контролируемого сечений, используя формулы (1).

Линейный крен сооружения вычисляют по формуле:

$$Q = \sqrt{(X_V - X_O)^2 + (Y_V - Y_O)^2}, \quad (24)$$

а его направление:

$$\alpha_Q = \arctg \left(\frac{Y_V - Y_O}{X_V - X_O} \right). \quad (25)$$

Громоздкость формул (1) несколько усложняет процесс вычислений, поэтому линейный крен предлагается определять графически, используя программу AutoCAD.

Для этого по координатам наносят точки 1, 2, 3 в нижнем сечении и точки 1', 2', 3' – в контролируемом сечениях. Через середины хорд, соединяющих точки 1, 2, 3 и 1', 2', 3' проводят перпендикуляры, на пересечениях которых получают центры O и V сечений. Затем графически определяют линейный крен Q и его направление α_Q .

Дымовые трубы вследствие ошибок при возведении ствола могут оказывать влияние на точность определения координат центров сечений. По данным исследований [1] эти погрешности при неблагоприятных условиях могут составлять величины, превышающие предельные погрешности определения крена, согласно [7].

Для исключения влияния погрешностей бетонирования следует увеличить количество контрольных точек, что значительно повысит точность определения координат центров сечений и крена сооружений.

Проведенное геометрическое моделирование и экспериментальные исследования на кирпичной дымовой трубе высотой 75 м и железобетонной дымовой трубе высотой 120 м подтвердили теоретические выводы и предложенные способы определения крена дымовых труб, расположенных в стесненных условиях наблюдений, могут найти применение.

Литература

1. Исследование точности определения крена дымовых труб способом координат с применением геометрического моделирования [Текст] / А. В. Бабенко, В. А. Клешина, А. А. Баранова и др. // Научно-технические достижения студентов строительно-архитектурной отрасли : сб. тез. докл. по матер. конф. (19 апреля 2019 г., Макеевка). – Макеевка : ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2019. – С. 164.
2. Гермонова, О. Ю. Дослідження методу визначення форми і нахилу високих димових труб [Текст] / О. Ю. Гермонова, К. О. Гермонова, О. І. Митрофанова // Наукові праці ДонНТУ. 2010. № 12(173). С. 23–29.
3. ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений [Текст]. – Взамен ГОСТ 24846-81 ; введен 2013-07-01. – М. : ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2014. – 18 с.

Reference

1. Babenko, A. V.; Kleshnina, V. A.; Baranova, A. A. [et. al.]. The study of the accuracy of determining the roll of chimneys using the coordinate method using geometric modeling [Text]. In: *Scientific and technical achievements of students in the construction and architectural industry*: collection of abstracts. Makeevka : Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. 2019. P. 164. (in Russian)
2. Germonova, O. Yu.; Germonova, K. O.; Mitrofanova, O. I. Method for determining the shape and inclination of tall chimneys [Text]. In: *Collection of scientific papers DNTU*. 2010. № 12(173). P. 23–29. (in Ukraine)
3. ГОСТ 24846-2012. Soils. Methods for measuring the deformation of the foundations of buildings and structures [Text]. M. : FSUE «STANDART-INFORM», 2014. 18 p. (in Russian)
4. Polishchuk, V. I. Research roll of engineering structures [Text] : abstract Thesis of Ph. D. in Engineering. Lviv, 1980. 22 p. (in Russian)

4. Полищук, В. И. Исследования кренов инженерных сооружений [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук / В. И. Полищук. – Львов, 1980. – 22 с.
5. Радов, В. Г. Комбинированный способ определения крена инженерных сооружений башенного типа [Текст] / В. Г. Радов // Геодезия и картография. 1977. № 12. С. 35–38.
6. Раинкин, В. Я. Определение деформаций сооружений башенного типа посредством измерений горизонтальных и вертикальных углов с одного опорного пункта [Текст] / В. Я. Раинкин // Изв. ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1972. № 3. С. 9–14.
7. СП 7013330.2012 Несущие и ограждающие конструкции [Текст] : актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 ; введ. 2013-07-01. – М. : Минрегион, Россия, 2012. – 280 с.
8. СП 126.13330.2017 Геодезические работы в строительстве [Текст] : актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 ; введ. 2018-04-25. – М. : Минстрой России, 2017. – 58 с.
9. Справочник геодезиста [Текст] / В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, Г. В. Багратуни и др.; под ред. В. Д. Большакова, Г. П. Левчука. – 2 издание, перераб. и доп. – М. : Недра, 1975. – 1056 с.
10. Шевердин, П. Г. Определение горизонтальных смещений точек при многократных измерениях [Текст] / П. Г. Шевердин // Инженерная геодезия. 1965. № 1. С. 45–53.
11. Баран, П. И. К определению крена сооружений способом прямой угловой засечки [Текст] / П. И. Баран // Промышленное строительство. 1975. № 3. С. 43–44.
12. Болотин, А. И. Обмер дымовых труб методом прямой засечки [Текст] / А. И. Болотин, П. И. Поляков // Труды ЛИСИ. 1956. Вып. 23. С. 178–182.
13. Губенко, Е. Н. Обобщение геодезических методов определения крена дымовых труб промышленных предприятий [Текст] / Е. Н. Губенко, А. С. Ким, М. А. Красавцев // Геодезия и картография. 1978. № 10. С. 39–49.
14. Жуков, Б. Н. Определение крена высотных труб методом измерения горизонтальных направлений [Текст] / Б. Н. Жуков // Промышленное строительство. 1972. № 4. С. 43.
15. Кабанов, В. М. Проверка вертикальности дымовых труб в стесненных условиях [Текст] / В. М. Кабанов, Р. Н. Темникова // Инженерно-геодезические работы на Урале. Труды ВАГО. – 1975. С. 121–126.
5. Radov, V. G. Combined method for determining the roll of tower-type engineering structures [Text]. In: *Geodesy and Cartography*. 1977. № 12. P. 35–38. (in Russian)
6. Rainkin, V. Ya. Determination of deformations of tower-type structures by measuring horizontal and vertical angles from one reference point [Text]. In: *Proceedings of Higher education institutions. Geodesy and aerophotography*. 1972. № 3. P. 9–14. (in Russian)
7. SP 7013330.2012. Bearing and enclosing structures [Text]. M. : Ministry of regional development, Russia. 2012. 280 p. (in Russian)
8. SP 126.13330.2017 Geodetic works in construction [Text]. M. : Ministry of Construction of Russia. 2017. 58 p. (in Russian)
9. Bolshakov, V. D.; Levchuk, G. P.; Bagratuni, G. V. [et. al.]. Surveyor reference te[tbook [Text]. 2nd ed, revised and supplemented – M. : Nedra. 1975. 1056 p. (in Russian)
10. Sheverdin, P. G. Determination of horizontal displacements of points during multiple measurements [Text]. In: *The engineering geodesy*. 1965. № 1. P. 45–53. (in Russian)
11. Baran, P. I. To determination of the heel of structures by direct angular notch [Text]. In: *Industrial engineering*. 1975. № 3. P. 43–44. (in Russian)
12. Bolotin, A. I.; Polyakov, P. I. Direct choke measurement [Text]. In: *Proceedings of the LCEI*. 1956. Issue 23. P. 178–182. (in Russian)
13. Gubenko, Ye. N.; Kim, A. S.; Krasavtsev, M. A. Generalization of geodetic methods for determining the roll of chimneys of industrial enterprises [Text]. In: *Geodesy and Cartography*. 1978. № 10. P. 39–49. (in Russian)
14. Zhukov, B. N. Determination of the roll of high-rise pipes by measuring horizontal directions [Text]. In: *Industrial engineering*. 1972. № 4. P. 43. (in Russian)
15. Kabanov, V. M.; Temnikova, R. N. Checking the verticality of chimneys in cramped conditions [Text]. In: *Geodetic engineering work in the Urals. Proceedings of the VAGO*. 1975. P. 121–126. (in Russian)

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.

Сергеева Кристина Дмитриевна – студентка 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.

Сергеева Христина Дмитрівна – студентка 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.

Sergeeva Kristina – student, Donbas National Academy of Construction and Architecture. Scientific interests: geodetic support of the land cadaster.