

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА

Павел Илларионович Соловей¹, Анатолий Николаевич Переварюха²,
Татьяна Васильевна Морозова³

^{1,2,3} Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия

¹ pavelsolevej1@gmail.com, ² a.n.perevarjukha@domnasa.ru, ³ t.v.morozova@domnasa.ru

Аннотация. Рассмотрена методика анализа результатов геодезического контроля положения вертикальной оси высотных сооружений башенного типа на примере двух дымовых труб высотой 120 и 90 метров, на которых отсутствуют осадочные марки. В условиях отсутствия на сооружениях осадочных марок применить способ геометрического нивелирования оказалось невозможным. Поэтому для определения возможных кренов применен угловой метод. Представлены отклонения вертикальной оси дымовых труб, полученные способом прямой угловой засечки в контрольных сечениях, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. Наличие или отсутствие крена установлено разработанным комплексным анализом, в том числе регрессионным, который дал возможность определить вероятнейшее направление крена и его дирекционный угол. Это позволило однозначно определить причину возникновения крена и разработать мероприятия по устранению недопустимого крена.

Ключевые слова: высотные сооружения башенного типа, комплексный анализ результатов измерений, крен

Для цитирования: Соловей П. И., Переварюха А. Н., Морозова Т. В. Комплексный анализ результатов геодезического контроля положения вертикальной оси высотных сооружений башенного типа // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2024. Выпуск 2024-6(170) Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. С. 40–46. doi: 10.71536/vd.2024.6c170.5. edn: ojifrx.

Original article

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF GEODETIC CONTROL OF THE POSITION OF THE VERTICAL AXIS OF HIGH-RISE TOWER-TYPE STRUCTURES

Pavel I. Solovej¹, Anatoly N. Perevarjuha², Tatyana V. Morozova³

^{1,2,3} Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia

¹ pavelsolevej1@gmail.com, ² a.n.perevarjukha@domnasa.ru, ³ t.v.morozova@domnasa.ru

Abstract. The article considers the methodology of analyzing the results of geodetic control of the position of the vertical axis of high-rise tower-type structures using the example of two chimneys 120 and 90 meters high, on which there are no sedimentary marks. In the absence of sedimentary marks on the structures, it was impossible to apply the geometric leveling method. Therefore, an angular method was used to determine possible lists. The deviations of the vertical axis of the chimneys obtained by the method of direct angular resection in control sections located at the same distance from each other are presented. The presence or absence of a list was established by the developed complex analysis, including regression, which made it possible to determine the most probable direction of the list and its directional angle. This made it possible to unambiguously determine the cause of the list and develop measures to eliminate the unacceptable list.



Keywords: high-rise tower-type structures, complex analysis of measurement results, tilt

For citation: Solovej P. I., Perevarjuha A. N., Morozova T. V. Comprehensive analysis of the results of geodetic control of the position of the vertical axis of high-rise tower-type structures. *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Technology, organization, mechanization and geodetic support of construction*. 2024;6(170):40–46. (In Russ.). doi: 10.71536/vd.2024.6c170.5. edn: ojifrx.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Крен сооружений вызван неравномерными осадками фундаментов, которые определяют нивелированием осадочных марок, закладываемых в цокольной части объекта. Но так как на большинстве объектов осадочные марки отсутствуют, то геодезический контроль положения вертикальной оси высотных сооружений башенного типа выполняют угловыми методами. При этом возникает проблема идентификации измеренных отклонений, которые могут быть вызваны либо креном сооружения, либо ошибками возведения, либо их совместным действием. Поэтому разработка методики комплексного анализа измеренных отклонений вертикальной оси высотных сооружений башенного типа является актуальной.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В работе [1] отмечается, что крен высотных сооружений можно определить только нивелированием осадочных марок и никакими другими методами, в том числе угловыми, его невозможно определить. В этой же работе отмечается, что только на 3 % из 1 000 обследованных дымовых труб есть сведения об их осадке. В этом случае на сооружении может возникнуть значительный недопустимый крен, который стабилизировался и методом нивелирования его невозможно определить.

В работе [8] профессором В. М. Сердюковым предложен стереофотограмметрический способ определения крена дымовых труб, основанный на координировании не менее трех точек, расположенных на поверхности сооружения в каждом контрольном сечении.

Непосредственно на дымовых трубах данный метод впервые применил автор в работе [7]. Затем, некоторые авторы в работах [3, 5, 6, 12, 13] использовали данный метод с применением современных приборов и технологий обработки.

Все перечисленные способы геодезического контроля положения вертикальной оси высотных сооружений башенного типа являются угловыми и для идентификации полученных отклонений требуют разработки методики тщательного комплексного анализа результатов измерений.

ЦЕЛИ

Разработать методику комплексного анализа для идентификации отклонений вертикальной оси, полученных угловым методом.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Крен высотных сооружений башенного типа (дымовые трубы, опоры ЛЭП, телебашни, телемачты и др.) как правило происходит из-за неравномерных осадок фундаментов. Лишь крен телемачт может быть вызван неравномерным натяжением оттяжек. В первом случае наличие крена можно определить в результате высокоточного нивелирования осадочных марок (не менее трех), закладываемых в цокольной части фундамента на одинаковом расстоянии друг от друга. По результатам наблюдений за осадочными марками определяют величину и направление крена высотного сооружения [9].

Во-втором случае крен телемачты можно определить угловыми методами с применением оптических теодолитов, электронных тахеометров или с использованием геодезических сканеров [9].

Очень часто в результате ошибок возведения поверхность сооружения приобретает форму, отличную от цилиндрической или конической. Особенно это заметно на железобетонных дымовых трубах, возводимых в скользящей опалубке. Допускаемое отклонение проектного размера диаметра трубы в любом сечении и неровности на поверхности ствола (выпуклости и впадины) должны быть не более 1 % размера диаметра D трубы, т. е. $\Delta = 0,01D$ [10]. Например, при $D = 10$ м, $\Delta = 100$ м. Выпуклости и впадины такого размера могут вызвать значительные погрешности при геодезическом контроле положения вертикальной оси сооружения угловыми способами или способом координирования точек в контрольных сечениях.

Отклонения вертикальной оси, вызванные ошибками возведения, носят случайный характер. Это означает, что такие отклонения в любом контрольном сечении будут иметь разную величину и направление.

В работе [1] отмечается, что даже в период расцвета строительной отрасли из построенных 1 000 дымовых труб для ТЭС системы Минэнерго СССР удалось выявить всего 30 труб (3 % от общего количества), по которым имеется достаточно полная информация по их осадке. Еще хуже ситуация на старых промышленных предприятиях. Так, из обследованных нами около 250 дымовых труб высотой до 100 метров Донецкого, Макеевского, Енакиевского и двух Мариупольских металлургических заводов лишь 2 % сооружений имеют осадочные марки. Такая ситуация не позволяет получить достоверную информацию о положении вертикальной оси дымовых труб. В этом случае геодезический контроль положения вертикальной оси сооружений производят угловыми методами. Полученные отклонения вертикальной оси могут быть искажены отклонениями, вызванными ошибками возведения. Чтобы выявить какие отклонения присущи кренам, а какие вызваны ошибками монтажа требуется выполнить тщательный анализ полученных результатов. При анализе следует учесть следующее:

1. Проекция центров контрольных сечений на горизонтальную плоскость при наличии только крена должны находиться на прямой линии.
2. При наличии только крена расстояние между проекциями центров контрольных сечений прямо пропорциональны расстояниям между сечениями.
3. При отклонениях, вызванных ошибками возведения, положение центров контрольных сечений на горизонтальную плоскость носят хаотический характер.
4. При наблюдениях за контрольными сечениями, расположенными несколько ниже или выше первоначально выбранных сечений, положение их центров будут носить также хаотический характер.
5. Вероятнейший крен, вызванный неравномерными осадками, чаще всего направлен в сторону источника воздействия на сооружение.

В работе [4] способом прямой угловой засечки получены координаты центров 16-ти контрольных сечений дымовой трубы высотой 120 метров, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. Ошибочно принимая отклонения, вызванные неравномерными осадками, авторами предложено на основе метода наименьших квадратов, аппроксимировать их прямой линией, которая задаст вероятнейшее положение крена.

Выполним анализ центров контрольных сечений, представленных на рисунке 1, а их координаты в таблице 1:

1. Проекция центров контрольных сечений не расположены на одной линии, что отвергает гипотезу о том, что полученные отклонения являются кренами.

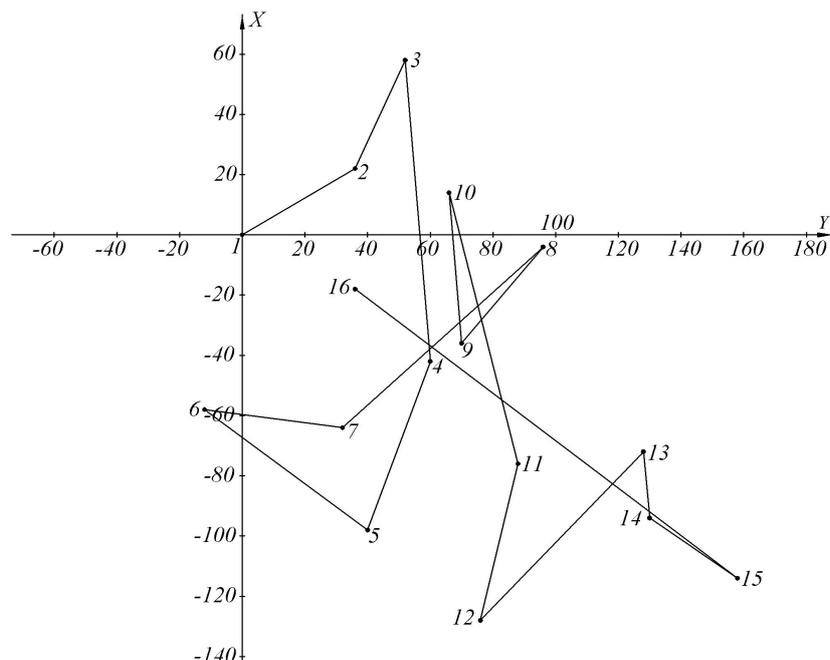


Рисунок 1 – Плановое положение центров контрольных сечений дымовой трубы высотой 120 метров.

Таблица 1 – Статистические характеристики регрессионного анализа

| №№ точек | Координаты, мм | | $V_Y = Y_i - Y_0$, мм | $V_X = X_i - X_0$, мм | V_Y^2 | V_X^2 | $V_Y \cdot V_X$ | Q, мм |
|----------|----------------|-------|------------------------|------------------------|---------|---------|-----------------|-------|
| | Y_i | X_i | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 00 | 00 | -66 | 50 | 4 356 | 2 500 | -3 300 | 0 |
| 2 | 36 | 22 | -30 | 72 | 900 | 5 184 | -2 160 | 42 |
| 3 | 52 | 58 | -14 | 108 | 196 | 11 664 | -1 512 | 78 |
| 4 | 60 | -42 | -6 | 8 | 1 764 | 64 | -48 | 73 |
| 5 | 40 | -98 | -26 | 48 | 676 | 2 304 | -1 248 | 106 |
| 6 | -12 | -58 | -78 | -8 | 6 084 | 64 | 624 | 59 |
| 7 | 32 | -64 | -34 | -14 | 1 156 | 196 | 476 | 72 |
| 8 | 96 | -4 | 30 | -44 | 900 | 1 936 | 1 320 | 96 |
| 9 | 70 | -36 | 4 | 14 | 16 | 196 | 56 | 79 |
| 10 | 66 | 14 | 0 | 64 | 0 | 4 096 | 0 | 67 |
| 11 | 88 | -76 | 22 | -26 | 484 | 676 | -572 | 116 |
| 12 | 76 | -128 | 10 | -78 | 100 | 6 084 | -780 | 149 |
| 13 | 128 | -72 | 62 | -22 | 3 844 | 484 | -1 364 | 147 |
| 14 | 130 | -94 | 64 | -44 | 4 096 | 1 936 | -2 816 | 160 |
| 15 | 158 | -114 | 92 | -64 | 8 464 | 4 096 | -5 888 | 195 |
| 16 | 36 | -18 | -30 | 32 | 900 | 1 024 | -960 | 40 |
| Σ | 1 056 | -800 | 0 | 0 | 33 936 | 42 504 | -20 648 | |

$$Y_0 = 66 \quad X_0 = -50$$

$$m_Y = m_X =$$

2. Расстояния между соседними проекциями центров контрольных сечений не пропорциональны расстояниям между аналогичными сечениями.

3. Положение центров контрольных сечений на горизонтальной плоскости носят хаотичный характер.

4. Максимальное отклонение (195 мм) зафиксировано в 15-м контрольном сечении на высоте 112 м.

В условиях строительства допускаемое отклонение для труб высотой больше 100 м не должно превышать $0,015H$, но не более 200 мм. Полученное отклонение (195 мм) не превышает предельно допустимое значение (200 мм).

Анализ показал, что отклонения вертикальной оси вызваны ошибками возведения сооружения и не подвержены воздействию крена. Но так как центры сечений сгруппированы во второй четверти (рис. 1), дополнительно проведен регрессионный анализ. На первом этапе вычисляют коэффициент корреляции по формуле:

$$\tau = \frac{\sum V_{X_i} V_{Y_i}}{n \cdot m_X \cdot m_Y}, \quad (1)$$

где $V_{X_i} = X_i - X_0$, $V_{Y_i} = Y_i - Y_0$, $X_0 = \frac{\sum X_i}{n}$, $Y_0 = \frac{\sum Y_i}{n}$, $m_X = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{n}}$, $m_Y = \sqrt{\frac{\sum Y_i^2}{n}}$, n – количество измерений.

$$\tau = \frac{\sum V_{X_i} \cdot V_{Y_i}}{n \cdot m_X \cdot m_Y} = 0,48.$$

Подставив в формулу (1) численные данные из таблицы 1, получим $\tau = 0,48$. Применяв критерий Фишера (при $n < 50$) и вычислив некоторые статистические параметры, было установлено, что корреляционная связь между X_i и Y_i отсутствует. Это еще раз подтверждает гипотезу о том, что отклонения вертикальной оси дымовой трубы вызваны не креном, а ошибками возведения.

Рассмотрим результаты геодезического контроля положения вертикальной оси железобетонной дымовой трубы высотой 90 метров одного из машиностроительных заводов [9]. Плановое положение 9-ти центров контрольных сечений, расположенных через 10 метров, представлено на рисунке 2, а их координаты в таблице 2.

Анализ результатов показывает:

1. Центры сечений расположены на прямой линии, что характерно для отклонений, вызванных креном сооружения.

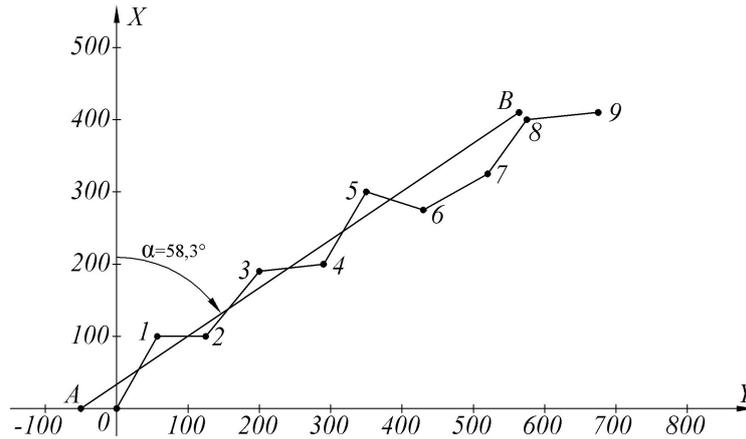


Рисунок 2 – Плановое положение центров контрольных сечений, вероятнейшее положение крена и его дирекционный угол.

Таблица 2 – Статистические характеристики регрессионного анализа координат центров контрольных сечений дымовой трубы высотой 90 метров

| Номер сечений | Высота H , м | Координаты, мм | | V_Y , мм | V_X , мм | V_Y^2 | V_X^2 | $V_Y \cdot V_X$ | Q , мм |
|---------------|----------------|----------------|-------------|------------|------------|---------|---------|-----------------|----------|
| | | Y_i | X_i | | | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | -322 | -230 | 103 684 | 52 900 | 74 060 | 0 |
| 1 | 10 | 57 | 100 | -265 | -130 | 70 225 | 16 900 | 34 450 | 115 |
| 2 | 20 | 125 | 100 | -197 | -130 | 38 809 | 16 900 | 25 610 | 160 |
| 3 | 30 | 200 | 190 | -122 | -40 | 14 884 | 1 600 | 4 880 | 276 |
| 4 | 40 | 290 | 200 | -32 | -30 | 1 024 | 900 | 960 | 352 |
| 5 | 50 | 350 | 300 | 28 | 70 | 784 | 4 900 | 1 960 | 461 |
| 6 | 60 | 430 | 275 | 108 | 45 | 11 664 | 2 025 | 4 860 | 510 |
| 7 | 70 | 520 | 325 | 198 | 35 | 39 204 | 9 025 | 16 810 | 613 |
| 8 | 80 | 575 | 400 | 253 | 170 | 64 009 | 28 900 | 43 010 | 700 |
| 9 | 90 | 675 | 410 | 353 | 180 | 124 609 | 32 400 | 63 540 | 790 |
| Σ | | | | +2 | 0 | 468 896 | 166 400 | 272 140 | |
| | | $Y_0 = 322$ | $X_0 = 230$ | | | | | | |
| | | $m_Y = 216$ | $m_X = 129$ | | | | | | |
| | | $\tau = 0,97$ | | | | | | | |

2. Расстояния между проекциями соседних центров прямо пропорционально расстояниям между соответствующими центрами сечений, что еще раз подтверждает наличие крена.

3. Максимальный крен зафиксирован на 9-м контрольном сечении, на высоте 90 метров и составил 790 мм, что в относительном мере равно 0,0068 и превышает предельный относительный крен (0,0050) для дымовых труб меньше 100 метров согласно СП 22.13330 [11].

Проведем дополнительный регрессионный анализ [2] с целью определения вероятнейшего крена и его направления.

Коэффициент корреляции, вычисленный по формуле (1), составил 0,97.

Для оценки надежности коэффициента корреляции (при $n < 50$) используем критерий Фишера:

$$Z = \frac{1}{2} \{ \ln(1 + \tau) - \ln(1 - \tau) \}. \quad (2)$$

Среднюю квадратическую погрешность определения величины Z вычисляют по формуле:

$$m_Z = 1 / \sqrt{n - 3}. \quad (3)$$

После подстановки численных значений в формулы (2) и (3) получим $Z = 2,30$, $m_Z = 0,41$. С учетом других статистических параметров установлено, что между координатами центров контрольных сечений существует прямолинейная корреляционная связь, что еще раз подтверждает наличие крена дымовой трубы.

Составим уравнение регрессии:

$$Y_i = Y_0 + \tau \frac{m_y}{m_x} (X_i - X_0), \quad (4)$$

в котором:

$$\tau \frac{m_y}{m_x} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (5)$$

где α – дирекционный угол направления крена.

После подстановки численных значений из таблицы 2 в формулы (4) и (5), получим:

$$Y_i = 1,62X_i - 50, \quad (6)$$

$$\alpha = 58,3^\circ.$$

Для построения на рисунке 2 регрессионной прямой (6) примем $X_i = 0$, тогда $Y_i = -50$. Отложим по оси Y величину -50 мм и зафиксируем точку A (рис. 2). Подставив в формулу (6) величину $X_{\max} = 410$ мм, получим $Y_{\max} = 564$ мм. По координатам X_{\max} и Y_{\max} построим точку B . Соединив точки A и B , получим вероятнейшее направление крена и его дирекционный угол $\alpha = 58,3^\circ$.

Крен дымовой трубы направлен в сторону цеха штамповок. Очевидно возникающие вибрации при высоком залегании грунтовых вод в зоне фундамента трубы вызвали его неравномерные осадки, что привело к возникновению недопустимого крена сооружения.

Дополнительные комплексные исследования устойчивости, жесткости при недопустимом крене, привели к разработке проекта выравнивания дымовой трубы.

ВЫВОДЫ

В условиях отсутствия осадочных марок крен дымовых труб определяют угловыми методами. Наличие или отсутствие крена предложено определять специально разработанным анализом, а также с применением классического регрессионного анализа результатов измерений. Предложенная методика позволяет определять вероятнейшее направление крена, что дает возможность выявить причину его возникновения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бикташев, М. Д. Башенные сооружения. Геодезический анализ осадки, крена и общей устойчивости положения : учебное пособие для студентов / М. Д. Бикташев. – Москва : Издательство АСВ, 2006. – 376 с. – Текст : непосредственный.
2. Большаков, В. Д. Практикум по теории математической обработки геодезических измерений / В. Д. Большаков, Ю. И. Маркузе. – Москва : Недра, 1984. – 352 с. – Текст : непосредственный.
3. Геодезический контроль вертикальности дымовых труб в особо стесненных условиях / П. И. Соловей, И. Г. Балюба, Г. А. Кононыхин [и др.]. – Текст : непосредственный // «Строительство – 2010» : тезисы докладов международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 13–15 января 2010 года. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный строительный университет, 2010. – С. 159–160.
4. Даниленко, Т. С. Определение вероятнейшего наклона дымовой трубы / Т. С. Даниленко. – Текст : непосредственный // Методы инженерной геодезии и фотограмметрии в строительстве. Межвузовский сборник : [сборник статей]. – 1978. – Ростов-на-Дону : РИСИ. – С. 106–114.
5. Михайлов, В. И. Экспериментальные измерения крена башенных сооружений электронным тахеометром / В. И. Михайлов, С. И. Кононович, Ю. Н. Чиберкус. – Текст : непосредственный // Наука и техника. Серия 2. Строительство. – 2015. – № 2. – С. 42–47.
6. Никонов, А. В. Современные способы определения кренов промышленных дымовых труб / А. В. Никонов, В. Г. Никонов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2015. – № 4. – С. 13–21.
7. Полищук, В. И. Исследование кренов инженерных сооружений : специальность : 05.24.01 «Геодезия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Полищук Владимир Исидорович ; Макеевский инженерно-строительный институт. – Макеевка, 1980. – 22 с. – Место защиты : Львовский политехнический институт. – Текст : непосредственный.
8. Сердюков, В. М. Фотограмметрия в промышленном и гражданском строительстве / В. М. Сердюков. – Москва : Недра, 1977. – 245 с. – Текст : непосредственный.
9. Соловей, П. И. Геодезический мониторинг деформаций высотных сооружений башенного типа в условиях эксплуатации : монография / П. И. Соловей, А. Н. Переварюха. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2023. – 237 с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/139427.html> (дата обращения: 23.06.2024). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

10. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции = Load-bearing and separating constructions : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. № 109/ГС : актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 : дата введения 2013-07-01 / разработан ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова». – Москва : Стандартинформ, 2012. – 197 с. – Текст : непосредственный.
11. СП 22.13330-2016. Основания зданий и сооружений = Soil bases of buildings and structures : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. № 970/пр и введен в действие с 17 июня 2017 г. : актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83 / разработаны НИИОСП им. Н. М. Герсеванова – институтом ОАО «НИЦ "Строительство"». – Москва : Стандартинформ, 2016. – 190 с. – Текст : непосредственный.
12. Шеховцов, Г. А. Контроль пространственного положения и формы высоких сооружений башенного типа : монография / Г. А. Шеховцов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2018. – 214 с. – Текст : непосредственный.
13. Шеховцов, Г. А. Рациональные способы геодезического контроля пространственного положения инженерных сооружений : монография / Г. А. Шеховцов, Ю. Н. Раскаткин. – Нижний Новгород : Дятловы горы, 2014. – 218 с. – Текст : непосредственный.

Информация об авторе

Соловей Павел Илларионович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных зданий и сооружений.

Переварюха Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

Морозова Татьяна Васильевна – старший преподаватель кафедры инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: исследование сдвижений земной поверхности и деформаций зданий и сооружений под действием подземных горных работ.

Information about the author

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

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

Morozova Tatyana V. – Senior Lecturer, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: research movement a terrestrial surface and deformations of buildings and constructions under the influence of underground mountain works.

Статья поступила в редакцию 30.10.2024; одобрена после рецензирования 22.11.2024; принята к публикации 29.11.2024.

The article was submitted 30.10.2024; approved after reviewing 22.11.2024; accepted for publication 29.11.2024.