



(19)-0388-1

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТРЕЛЫ ПРОВЕСА ОТТЯЖЕК МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**П. И. Соловей, М. И. Лобов, А. Н. Переварюха, А. С. Чирва, А. А. Белова**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,*

*2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.*

*E-mail: geonik69@yandex.ru*

*Получена 04 марта 2019; принята 22 марта 2019.*

**Анотация.** Приведена технология геодезического контроля стрелы провеса оттяжек мачтовых сооружений, находящихся в условиях эксплуатации, с применением безотражательных электронных тахеометров. Предложенная методика позволяет эффективно и точно за короткий промежуток времени определить стрелу провеса, необходимую для контроля силы натяжения оттяжек и при необходимости, регулировать ее. Дано обоснование оптимальной предельной погрешности определения стрелы провеса на основе предельной погрешности определения натяжения оттяжек. Выполнен расчет точности отдельных источников измерений, в частности влияние погрешностей угловых и линейных измерений на точность тригонометрического нивелирования оттяжек мачтового сооружения. Рассмотрено влияние погрешности наведения зрительной трубы электронного тахеометра на середину оттяжки.

**Ключевые слова:** стрела провеса оттяжек, геодезический контроль, расчет точности.

## ГЕОДЕЗИЧНИЙ КОНТРОЛЬ СТІЛИ ПРОВИСАННЯ ВІДТЯЖОК ЩОГЛОВИХ СПОРУД В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**П. І. Соловей, М. І. Лобов, А. М. Переварюха, О. С. Чирва, А. О. Белова**

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,*

*2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

*E-mail: geonik69@yandex.ru*

*Отримана 04 березня 2019; прийнята 22 березня 2019.*

**Аннотация.** Наведена технологія геодезичного контролю стріли провисання відтяжок щоглових споруд, що знаходяться в умовах експлуатації, з застосуванням безвідбивних електронних тахеометрів. Запропонована методика дозволяє ефективно і точно за короткий проміжок часу визначити стрілу провисання, необхідну для контролю сили натягу відтяжок, і при необхідності регулювати її. Дано обґрунтування оптимальної граничної похибки визначення стріли провисання на основі граничної похибки визначення натягу відтяжок. Виконано розрахунок точності окремих джерел вимірювань, зокрема вплив похибок кутових і лінійних вимірювань на точність тригонометричного нівелювання відтяжок щоглової споруди. Розглянуто вплив похибки наведення зорової труби електронного тахеометра на середину відтяжки.

**Ключові слова:** стріла провисання відтяжок, геодезичний контроль, розрахунок точності.

## GEODETTIC CONTROL BOOM SAG OF DELAYS MAST STRUCTURES IN OPERATING CONDITIONS

Pavel Solovej, Michail Lobov, Anatoly Perevarjuha, Alexander Chirva, Alina Belova

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

E-mail: geonik69@yandex.ru

Received 04 March 2019; accepted 22 March 2019.

**Abstract.** The technology of geodetic control of the sag of the detachment of mast structures under operating conditions, using non-reflecting electronic tacheometers, is given. The proposed method allows effectively and accurately in a short period of time to determine the sag of the boom necessary to control the tension force of the braces and, if necessary, adjust it. The substantiation of the optimal marginal error of determining sag on the basis of the marginal error of determining the tension of delays is given. The accuracy of individual measurement sources was calculated, in particular, the effect of errors in angular and linear measurements on the accuracy of trigonometric leveling of mast construction delays. The influence of the error in guiding the telescope of the electronic total station to the center of the delay is considered.

**Keywords:** sag of delays, geodesic control, accuracy calculation.

### Формулировка проблемы

Геодезический контроль стрелы провеса оттяжек мачтовых сооружений имеет важное значение, так как позволяет по ее величине контролировать силу натяжения оттяжек и при необходимости регулировать ее. Поэтому разработка эффективного и точного способа определения стрелы провеса оттяжек является актуальной задачей.

### Анализ последних исследований и публикаций

В геодезической литературе большинство [2, 3, 4, 7, 8, 10, 13, 14, 15] работ посвящено вопросам геодезического контроля стрелы провеса оттяжек мачтовых сооружений в условиях эксплуатации и мало работ [1, 14, 15] обоснованию точности ее определения. Кроме того, технология определения стрелы провеса рассматривается в основном в условиях монтажа сооружения, при которых на оттяжке можно замаркировать несколько контрольных точек с одинаковыми интервалами между ними. В частности в работе [14] предлагается с одной установки теодолита в точке  $F$  (рис. 1) путем визирования на контрольные точки  $1, 2, \dots, i$  измерять их условные отметки, а также составляющие стрел провеса. Но в услови-

ях эксплуатации применить этот метод сложно, так как замаркировать контрольные точки на оттяжках невозможно.

К сожалению, в этой работе не указан способ задания направления на середину оттяжки.

В работе [15] предлагается определять стрелу провеса оттяжки методом прямой пространственной засечки. Для этого из точек  $T$  и  $B$  (рис. 1) измеряют горизонтальные углы  $\alpha$  и  $\beta$ , вертикальный угол  $\nu_i$ , а также расстояние  $b = TB$ . По теореме синусов вычисляют расстояния  $S_i$  и  $l_i$ . Условные отметки  $h_i$  вычисляют из выражения:

$$h_i = S_i \cdot \operatorname{tg} \nu_i, \quad (1)$$

а стрелу провеса по формуле:

$$f = l_i \cdot \sin \varepsilon - h_i \cdot \cos \varepsilon, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – угол наклона линии  $BA$ .

Наиболее полно вопросы геодезического контроля стрелы провеса оттяжек мачтовых сооружений в условиях эксплуатации решены в работе [1], но не обоснована точность их определения. Предложено определять стрелу провеса с относительной погрешностью от 0,01  $f$  до 0,001  $f$ . Так, при  $f = 3$  м линейные погрешности составят 30 мм и 3 мм соответственно. Обеспечить последний норматив очень сложно даже с применением современных электронных тахеометров.

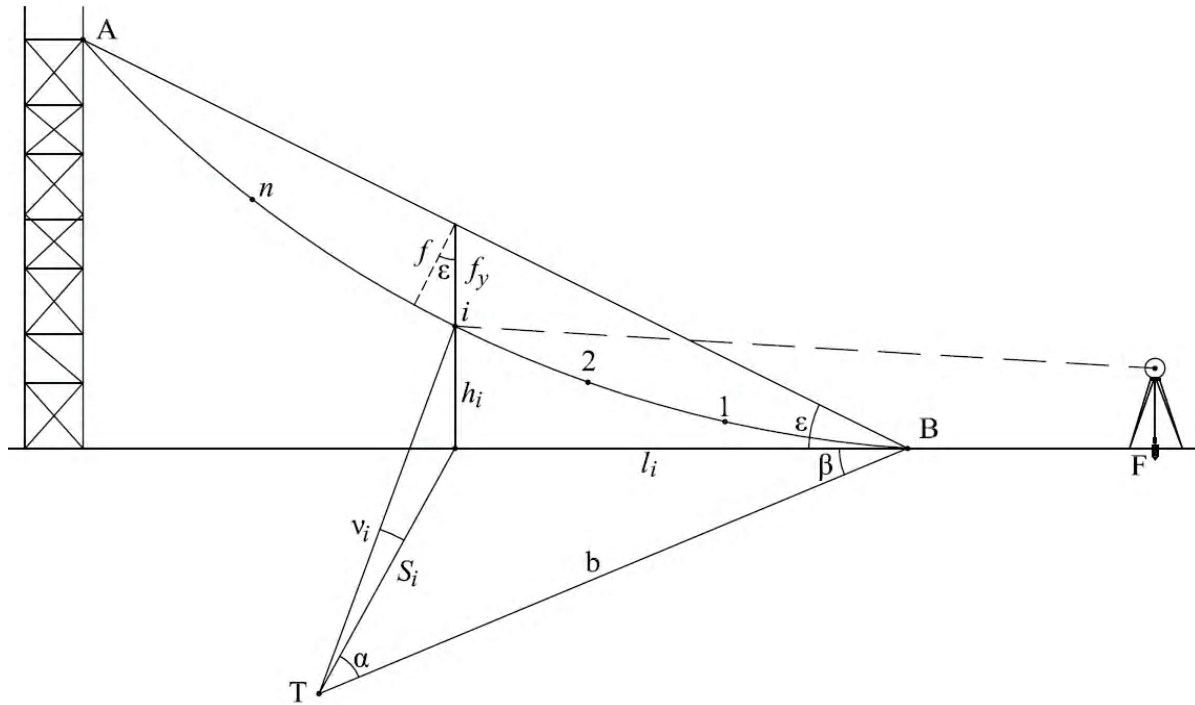


Рисунок 1. Схема определения стрелы провеса оттяжки методом прямой пространственной засечки.

В работе [16] определение стрелы провеса предложено определять фотограмметрическим способом, а в работе [5] – с применением сканеров. Но эти способы требуют наличия дорогостоящих фототеодолитов и сканеров.

В статье [11] рассмотрены результаты исследования деформаций фундаментов телемачты и анкерных фундаментов оттяжек, расположенных на оползневом склоне.

**Цель**

Целью статьи является разработка методики геодезического контроля стрелы провеса оттяжек мачтовых сооружений, находящихся в условиях эксплуатации и расчет точности отдельных источников измерений.

**Основной материал**

Стрелу провеса достаточно эффективно определять по следующей методике [3]. В зоне расположения оттяжки закрепляют точку *T* (рис. 2), таким образом, чтобы обеспечивалась видимость на точки *A* и *B* крепления оттяжки и ее середину (точка *P*). Кроме того, расстояние от

точки *T* до плоскости оттяжки должно быть не менее условной отметки точки *A*, а отрезки *a* и *b* были примерно одинаковыми.

Визируют на точки *A* и *B*, измеряют расстояния *a* и *b*, угол  $\alpha$  между направлениями *TA* и *TB*, а также превышения  $h_A$  и  $h_B$  относительно точки *T*.

Вычисляют горизонтальное расстояние между точками *A* и *B* по теореме косинусов:

$$l = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \alpha} \quad (3)$$

Вычисляют медиану в треугольнике *TAB*:

$$S = \frac{l}{2} \sqrt{2(a^2 + b^2) - l^2} \quad (4)$$

Из треугольника *TAB* по теореме синусов получим:

$$\sin \gamma = \frac{a \cdot \sin \alpha}{l} \quad (5)$$

Аналогично из треугольника *TDB* будем иметь:

$$\sin \beta = \frac{l \cdot \sin \gamma}{2S} \quad (6)$$

откуда

$$\beta = \arcsin(\beta) \quad (7)$$

Отложив от стороны  $TB$  угол  $\beta$ , получим направление на точку  $P$  – середину оттяжки.

Визируем на точку  $P$  оттяжки, определяем превышение  $h_p$  и расстояние  $S$ , которое будет служить контролем формулы (4).

Так как визирование на точки  $A, P, B$  выполняется с одного опорного пункта, то рациональнее определять превышения  $h_A, h_p, h_B$  между точками  $A, P, B$  относительно точки  $T$ . Тогда:

$$f_y = \frac{h_A + h_B}{2} - h_p. \quad (8)$$

Стрелу провеса оттяжки получим из выражения:

$$f = f_y \cdot \cos \varepsilon, \quad (9)$$

где:

$$\varepsilon = \arctg\left(\frac{h_A - h_B}{l}\right). \quad (10)$$

Стрела провеса обратно пропорциональна силе натяжения оттяжки. Зная стрелу провеса, можно контролировать силу натяжения и при необходимости ее регулировать.

Пусть в прямоугольной системе координат (рис. 2) ее начало совмещено с верхней точкой крепления (точка  $A$ ). В работе [6] представлена формула, позволяющая определять составляющую стрелы провеса на любом расстоянии  $X$  от верхней точки крепления оттяжки:

$$f_y = \frac{\gamma \cdot X}{2\sigma} (l - X), \quad (11)$$

где  $\gamma$  – вес одного погонного метра оттяжки;

$\sigma$  – сила натяжения оттяжки;

$l$  – длина пролета (горизонтальное расстояние между точками  $A$  и  $B$ );

$X$  – текущая абсцисса.

Для середины пролета, при  $X = l/2$  по формуле (11) получим:

$$f_y = \frac{\gamma \cdot l}{4\sigma \cdot 2} = \frac{\gamma^2}{8\sigma}. \quad (12)$$

Стрелу провеса вычисляются по формуле (9):

$$f = f_y \cdot \cos \varepsilon = \frac{\gamma^2 \cdot \cos \varepsilon}{8\sigma}. \quad (13)$$

К сожалению, в нормативной литературе отсутствует допуск на точность определения стрелы провеса. Выполним обоснование точности определения стрелы провеса. С этой

целью найдем частные производные функции (13) по переменным  $l, \varepsilon$  и  $\sigma$ , считая их независимыми:

$$\frac{\partial f}{\partial l} = \frac{\gamma \cos \varepsilon}{4\sigma}; \quad \frac{\partial f}{\partial \varepsilon} = \frac{\gamma^2 \sin \varepsilon}{8\sigma}; \quad \frac{\partial f}{\partial \sigma} = \frac{\gamma^2 \cos \varepsilon}{8\sigma^2}. \quad (14)$$

Перейдя к средним квадратическим погрешностям, получим:

$$m_f = \sqrt{\left(\frac{\gamma \cos \varepsilon \cdot m_l}{4\sigma}\right)^2 + \left(\frac{\gamma^2 \sin \varepsilon \cdot m_\varepsilon}{8\sigma \cdot \rho}\right)^2 + \left(\frac{\gamma^2 \cos \varepsilon \cdot m_\sigma}{8\sigma^2}\right)^2}, \quad (15)$$

где  $m_l, m_\varepsilon, m_\sigma$  – среднеквадратические погрешности определения длины пролета, угла наклона и силы натяжения оттяжки соответственно.

Рассмотрим влияние первого и второго членов подкоренного выражения (15) на определение стрелы провеса.

Влияние первого члена составит:

$$m_y = \frac{\gamma \cos \varepsilon \cdot m_l}{4\sigma}. \quad (16)$$

Влияние второго члена будет иметь вид:

$$m_x = \frac{\gamma^2 \sin \varepsilon \cdot m_\varepsilon}{8\sigma \cdot \rho}. \quad (17)$$

Приняв:

$\gamma = 8 \cdot 10^{-3}$ ,  $l = 200$  м,  $\varepsilon = 45^\circ$ ,  $\sigma = 20$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $\rho = 57,3^\circ$ ,  $m_l = 0,5$  м (с запасом),  $m_\varepsilon = 0,5^\circ$  (с запасом), по формулам (16) и (17) получим  $m_y = 0,007$  м и  $m_x = 0,012$  м.

Таким образом, влияние первого и второго членов подкоренного выражения на конечный результат незначительно и ими можно пренебречь. Тогда формулу (15) можно представить в виде:

$$m_f = \frac{\gamma^2 \cos \varepsilon \cdot m_\sigma}{8\sigma^2}. \quad (18)$$

Согласно своду правил [12] предельное натяжение оттяжек мачт не должно превышать  $0,08 \sigma$ . Подставив это значение в формулу (18), получим:

$$m_f = \frac{\gamma^2 \cos \varepsilon \cdot 0,08\sigma}{8\sigma^2}. \quad (19)$$

Так как величина  $\gamma$  представлена в таблицах в виде  $\gamma \cdot 10^{-3}$ , то формулу (19) перепишем так:

$$m_f = \frac{\gamma \cdot 10^{-3} l^2 \cos \varepsilon \cdot 8 \cdot 10^{-2} \sigma}{8 \sigma^2} = \frac{\gamma^2 \cos \varepsilon}{\sigma \cdot 10^5}. \quad (20)$$

Отношение  $\gamma/\sigma$  примерно равно 1/3, тогда из (20) получим:

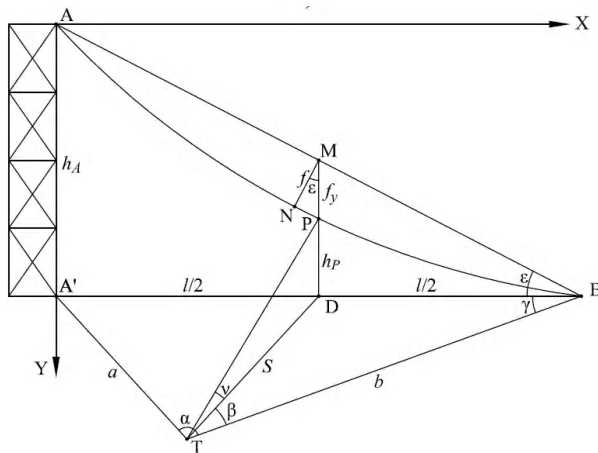
$$m_f = \frac{l^2 \cos \varepsilon}{3 \cdot 10^5}. \quad (21)$$

Формула (21) проста, удобна в применении, научно обоснована и ее можно применять при расчете предельной погрешности определения стрелы провеса оттяжек мачтовых сооружений высотой до 200 метров.

При назначении предельной погрешности определения стрелы провеса для мачтовых сооружений с высотой верхнего крепления оттяжек равной 300 м, 400 м, 500 м и 600 м следует в знаменателе формулы (21) ввести поправочные коэффициенты 2, 3, 5, 7 соответственно.

Рассчитаем предельную погрешность  $m_f$  при  $l = 200$  м,  $\varepsilon = 45^\circ$ . Подставив данные в формулу (21), получим  $m_f = 0,093$  м.

Для выбора оптимальных приборов и методики измерений используют не предельную погрешность, а среднюю квадратическую погрешность, которую вычисляют по формуле:



**Рисунок 2.** Схема определения стрелы провеса оттяжки мачтового сооружения с применением безотражательных электронных тахеометров.

$$m = \frac{m_f}{3}. \quad (22)$$

При тех же параметрах  $l$  и  $\alpha$  по формуле (22) получим  $m = 0,031$  м.

На точность определения составляющей  $f_y$  стрелы провеса влияют погрешности  $m_y$  и  $m_h$ . Погрешность  $m_y$  вызвана погрешностью  $m_l$  измерения горизонтального расстояния  $l$ . Погрешность  $m_h$  вызвана влиянием погрешностей измерения вертикального угла  $\nu$  и расстояния  $S$  при визировании электронного тахеометра на точку  $P$  оттяжки (рис. 3).

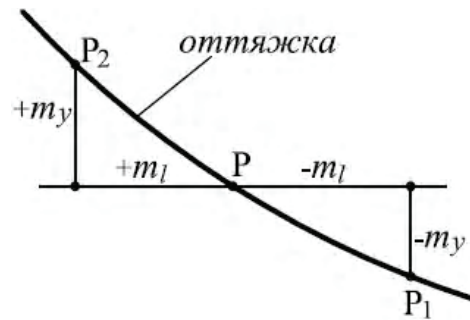
Общая погрешность измерения  $f_y$  будет иметь вид:

$$m_o = \sqrt{m_y^2 + m_h^2}. \quad (23)$$

Рассмотрим влияние погрешности на точность измерения составляющей стрелы провеса электронным безотражательным тахеометром.

Этот процесс достаточно хорошо проиллюстрирован на рисунке 3. Пусть вместо визирования электронным тахеометром на проектную точку  $P$  (средина пролета  $l$ ) лазерный луч попадет на точки  $P_1$  или  $P_2$ , расположенные на расстоянии  $\pm m_l$  от точки  $P$ . Это вызовет погрешность  $\pm m_y$  в определении вертикальной составляющей  $f_y$  стрелы провеса, которую можно вычислить по формуле:

$$m_y = m_l \cdot \operatorname{tg} \varepsilon. \quad (24)$$



**Рисунок 3.** Влияние погрешности  $m_l$  на точность определения  $f_y$ .

Горизонтальное расстояние  $l$  между точками  $A$  и  $B$  вычисляют по формуле (3). Для расчета точности определения расстояния  $l$  формулу (3) упростим. Так как расстояния  $a$  и  $b$  от опорного пункта  $T$  до точек  $A$  и  $B$  (рис. 2) примерно одинаковы, то формула (3) примет вид:

$$l = b\sqrt{2(1 - \cos \alpha)}. \quad (25)$$

Откуда предельная погрешность измерения  $l$  составит:

$$m_l = \sqrt{\left(m_b\sqrt{2(1 - \cos \alpha)}\right)^2 + \left(\frac{b \cdot \sin \alpha \cdot m_\alpha}{\sqrt{2(1 - \cos \alpha)}\rho}\right)^2}, \quad (26)$$

где  $m_b$  и  $m_\alpha$  – погрешности измерения расстояний и углов электронным тахеометром.

Предположим, что измерение стрелы провеса выполняют электронным безотражательным тахеометром GPT-3005N (фирма Торсон, Япония) с погрешностью измерения расстояний  $m_b = 10$  мм (с запасом) и углов с погрешностью  $m_\alpha = \pm 5''$ . Приняв  $b = 200$  м,  $\alpha = 150^\circ$ , по формуле (26) получим  $m_l = 10$  мм.

Погрешность  $m_y$ , вычисляемая по формуле (24), при  $m_l = 10$  мм,  $\varepsilon = 45^\circ$ , составит:

$$m_y = 10 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ = 10 \text{ мм.}$$

Составляющую стрелы провеса вычисляют по формуле (8), на основании которой получим предельную погрешность ее определения:

$$m_h = \sqrt{\frac{l}{2} \left(m_{h_A}^2 + m_{h_B}^2\right) + m_{h_P}^2}, \quad (27)$$

где  $m_{h_A}$ ,  $m_{h_B}$  и  $m_{h_P}$  – средние квадратические погрешности измерения превышений  $h_A$ ,  $h_B$  и  $h_P$  методом тригонометрического нивелирования.

Приняв  $m_{h_A} = m_{h_B} = m_{h_P} = m_{h_i}$ , по формуле (27) получим:

$$m_h = m_{h_i} \sqrt{2}. \quad (28)$$

Условные превышения между опорным пунктом  $T$  и точками  $A$ ,  $P$ ,  $B$  вычисляют по формуле:

$$h_i = S \cdot \operatorname{tg} v, \quad (29)$$

на основании которой погрешность измерения превышений составит:

$$m_{h_i} = \sqrt{\left(m_s \cdot \operatorname{tg} v\right)^2 + \left(\frac{S \cdot m_v}{\rho \cdot \cos^2 v}\right)^2}. \quad (30)$$

где  $m_s$  и  $m_v$  – среднеквадратические погрешности измерения расстояний и вертикальных углов электронным тахеометром.

Приняв  $S = 200$  м,  $v = 45^\circ$ ,  $m_s = 10$  мм,  $\pm 5''$ , по формуле (30) получим  $m_{h_i} = 14$  мм.

Подставив это значение в формулу (28), получим:

$$m_h = 14\sqrt{2} = 20 \text{ мм.}$$

Тогда общая погрешность, вычисляемая по формуле (23), составит:

$$m_o = \sqrt{m_y^2 + m_h^2} = \sqrt{10^2 + 20^2} = 22 \text{ мм,}$$

что меньше предельной (93 мм) и средней квадратической (31 мм) погрешностей, вычисленных по формулам (21) и (22) соответственно.

Предложенная методика прошла апробацию при определении стрел провеса на Донецкой телемачте высотой 360 метров и показала достаточную точность и эффективность.

## Литература

1. Баран, П. И. Инженерная геодезия : монография / П. И. Баран. – К. : ПАТ «ВІПОЛ», 2012. – 618 с.
2. Бикташев, М. Д. Башенные сооружения. Геодезический анализ осадки, крена и общей устойчивости положения / М. Д. Бикташев. – М. : Издательство ассоциации строительных вузов, 2006. – 376 с.
3. Геодезическое обеспечение установки, монтажа и эксплуатации технологического оборудования и инженерных сооружений : Обзорная информация. – М. : ЦНИИГАиК, 1981. Выпуск 57. – 88 с.

## Reference

1. Baran, P. I. Engineering Geodesy : monograph / P. I. Baran. – K. : PJSC «VIPOL», 2012. – 618 p. (in Russian)
2. Biktashev, M. D. Tower structures. Geodetic analysis of precipitation, roll and overall stability of the situation / M. D. Biktashev. – M. : Publishing House of the Association of Construction Universities, 2006. – 376 p. (in Russian)
3. Geodetic support for the installation, installation and operation of process equipment and engineering structures : Overview information. – M. : TsNII- GAIK, 1981. Issue 57. – 88 p. (in Russian)

4. Граля, А. М. Геодезические работы при монтаже телевизионной башни / А. М. Граля // Геодезия и картография. 1979. № 6. С. 12–13.
5. Дементьев, В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение : учеб. пособие для вузов / В. Е. Дементьев. – 2-е изд. – М. : Академический Проект, 2008. – 591 с.
6. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи / К. П. Крюков, Б. П. Новгородцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергия, Ленингр. отделение, 1979. – 312 с.
7. Кулик, С. Ю. Моделирование неравномерного натяжения оттяжек мачтовых сооружений / С. Ю. Кулик, М. И. Лобов // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2009. – Вип. 2009–5(79) Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. Т. 1. С. 7–9.
8. Руководство по монтажу стальных конструкций высотных башен и мачт / Министерство монтажных и специальных строительных работ СССР. Главстальконструкция. – М. : ЦБТИ, 1989. – 38 с.
9. Соловей, П. И. Геодезический мониторинг параметров проводов ЛЭП с применением безотражательных тахеометров / П. И. Соловей, А. Н. Переварюха // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики : материалы Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики ; (2–3 ноября 2017 г., г. Тула). – Т. 2. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2017. – С. 305–311.
10. Соловей, П. И. Геодезический контроль монтажа телевизионной мачты высотой 360 м в г. Донецке / П. И. Соловей, М. И. Лобов, А. С. Чирва, Т. В. Морозова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2007. – Вип. 2007–5(67) Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – С. 135–138.
11. Соловей, П. И. Геодезические исследования деформаций Краматорской телемачты высотой 222 м / П. И. Соловей, М. И. Лобов, А. Н. Переварюха, А. В. Рожко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2009. – Вип. 2009–4(78) Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології. – С. 54–59.
12. СП 7013330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. – Актуализированная редакция СНиП 3.03.01–87; введ. 2013–07–01. – М. : Минрегион России, 2012. – 280 с.
13. Чирва, А. С. Комплексный подход к исследованию и прогнозированию деформаций металлических башенных и мачтовых сооружений в процессе испытаний, строительства и эксплуатации : автореф. дис... канд. техн. наук / А. С. Чирва. – К., 2012. – 18 с.
14. Penew, E. Untersuchung der Vertikalen Abweichungen der Radioantennenmaster des Radiosenders 86 / E. Penew // Alidag. – Veroff. Dtsch. geod. kommiss. Bauer. Akad. Wiss., 1966. № 123.
4. Gral, A. M. Geodetic works when installing a television tower / A. M. Gral // In : *Geodesy and Cartography*. 1979. № 6. P. 12–13.(in Russian)
5. Dementiev, V. Ye. Modern geodesic equipment and its application : studies. manual for universities / V. E. Dementiev. – 2nd ed. – M. : Academic Project, 2008. – 591 p.(in Russian)
6. Kryukov, K. P., Novgorodtsev, B. P. Designs and mechanical calculation of power lines / K. P. Kryukov, B. P. Novgorodtsev. – 2nd ed., Pererab. and add. – L. : Energy, Leningr. Department, 1979. – 312 p.(in Russian)
7. Kulik, S. Yu., Lobov, M. I. Modeling of uneven tension of drawings of mast constructions / S. Yu. Kulik, M. I. Lobov // In: *Proceedings of Donbas State National Academy of Civil Engineering and Architecture*. – 2009. – Vol. 2009–5(79) Materials of the VIII International scientific conference of young scientists, post-graduate students and students. 2009. Vol. 1. P.7–9.(in Ukrainian)
8. Installation manual for steel structures of high-rise towers and masts / Ministry of Installation and Special Construction Works of the USSR. Glavstalkonstruksiya. – M. : TsBTI, 1989. – 38 p.(in Russian)
9. Solovey, P. I., Perevarukha, A. N. Geodesic monitoring of parameters of power lines using reflectorless total stations / P. I. Solovey, A. N. Perevarukha // In : *Socio-economic and environmental problems of the mining industry, construction and energy* : materials of the International Conference on the mining industry, construction and energy ; (November 2–3, 2017, Tula). – Volume 2. – Tula : Publishing House of TSU, 2017. – P. 305–311.(in Russian)
10. Geodetic control of the installation of a television mast 360 m high in the city of Donetsk / P. I. Solovey, M. I. Lobov, A. S. Chirva, T. V. Morozova // In : *Bulletin of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. – 2007. Vol. 2007–5(67) Technology, organization, mechanization and geodetic support of construction. – P. 135–138.(in Russian)
11. Geodetic studies of deformations of the Kramatorsk telemax with a height of 222 m / P. I. Solovey, M. I. Lobov, A. N. Peravaryukha, A. A. Rozhko // In : *Bulletin of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. – 2009. Vol. 2009–4(78) Tower structures: materials, constructions, technologies. – P. 54–59.(in Russian)
12. SP 7013330.2012 Bearing and enclosing structures. – Updated edition of SNiP 3.03.01–87; enter 2013–07–01. – M. : Ministry of Regional Development of Russia, 2012. – 280 p.(in Russian)
13. Chirva, A. S. A comprehensive approach to the study and prediction of deformations of metal tower and mast structures in the process of testing, construction, and operation. dis ... cand. tech. Sciences / A. S. Chirva. – K., 2012. – 18 p.(in Russian)
14. Penew, E. Untersuchung der Vertikalen Abweichungen der Radioantennenmaster des Radiosenders 86 / E. Penew // In : *Alidag*. – Veroff. Dtsch. geod. kommiss. Bauer. Akad. Wiss., 1966. № 123.

15. Trojanowski, K. Przyczyny uszkodzen i Sposobu geodezyjnych obserwacji kominow przemyslawych na terenach gornicznych / K. Trojanowski // *Wiadom*, 1969. Vol. 20. № 12. P. 395–399.

15. Trojanowski, K. Przyczyny uszkodzen i Sposobu geodezyjnych obserwacji kominow przemyslawych na terenach gornicznych / K. Trojanowski // In : *Wiadom*, 1969. Vol. 20. № 12. P. 395–399.

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

**Лобов Михаил Иванович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Научные интересы: комплексные геодезические исследования деформаций высотных сооружений башенного типа.

**Переварюха Анатолий Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасской национальной академии 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 «Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций мачтовых сооружений.

**Белова Алина Александровна** – ассистент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Научные интересы: геодезический мониторинг металлических высотных сооружений башенного типа.

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

**Лобов Михайло Іванович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою інженерної геодезії ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: комплексні геодезичні дослідження деформацій висотних споруд баштового типу.

**Переварюха Анатолій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДОУ 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 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій щоглових споруд.

**Белова Аліна Олександрівна** – асистент інженерної геодезії ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: геодезичний моніторинг металевих висотних споруд баштового типу.

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

**Lobov Michail** – D.Sc. in Engineering Sciences, Professor; Head of Engineering Geodesy Department, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: complex geodetic researches of deformations of high-altitude constructions of tower type.

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

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

**Belova Alina** – assistant, Engineering Geodesy Department, Donbass national academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: geodetic monitoring of high-rise metal structures of the tower type.