DOI: 10.58224/2618-7183-2022-5-2-13-21

Кузнецов О.Ф.*, почётный геодезист РФ,
Оренбургский государственный университет, Россия,
Иванова А.П., доктор технических наук, профессор,
Оренбургский государственный университет, Россия,
Оренбургский филиал Самарского государственного университета путей сообщения, Россия,
Васильева М.А., кандидат технических наук, доцент,
Делигирова В.В., кандидат технических наук,
Пискарёва Т.И., кандидат технических наук,
Межуева Л.В., доктор технических наук, профессор,
Оренбургский государственный университет, Россия
*Ответственный автор E-mail: kuznetsovof@mail.ru

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ВЕРТИКАЛЬНОСТИ КАРКАСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация: проектирование комплексов большой этажности включает в себя решение многофакторной задачи, состоящей из: изыскательских работ (геодезических разработок; трассировочных работ; разбивочных и съемочных работ; инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических), функционально эксплуатационных, а также надежности сооружения, перспективности его дальнейшей реконструкции, экономической целесообразности строительства, выбора конструктивных составляющих объекта и др. Целью данной работы являются теоретическо-экспериментальные исследования при проектировании и строительстве объектов включающие альтернативные методы измерения угла отклонения от вертикальности каркаса сооружения (при каркасном возведении сооружений) [1-3].

Для определения отклонения колонн от вертикальности, предлагается альтернативный метод «косвенных измерений угла» отклонения колонны, а также расстояния от теодолита (тахеометра) до плоскости эталона. Представлены геометрические схемы определения линейного угла отклонения колонны от вертикальности и установки теодолита (тахеометра) для съемки отклонений колонн перпендикулярных сторонам сооружения. Описана методика проведения экспериментальных исследований и приведены полученные графические зависимости. Выполненные изыскания и расчеты позволяют определить отклонения колонн от вертикали путём угловых измерений с земли.

Ключевые слова: проектирование, вертикальные колонны, боковое нивелирование, каркасные сооружения

Введение

При проектировании комплекса большой этажности, необходимо рассматривать поэтапно, элементы, влияющие на конечный результат строительства. В частности, определяется топографическая поверхность местности, на которой планируется строительство. Необходимым условием является возможность снабжения строящегося объекта водой, электроэнергией, а также подъездными путями. Только на основе комплексной информации, возможно принятие окончательного решения по реализации проекта, при этом базовыми изысканиями являются: топографические условия района строительства; геодезические разработки; трассировочные работы; разбивочные и съемочные работы; инженерно-геологические, гидрогеологические, гидрологические и др [4].

На участке будущего строительства не должны иметь место физико-геологические процессы (суффозия, просадочные явления, оползни), вибрационные [5]. Исключается наличие подземных вод с агрессивными свойствами, в противном случае необходимо предусмотреть меры по защите бетона и металла (особенно подземной части сооружения) от разрушающего воздействия воды и возникновения коррозии [6].

Под строительство комплекса большой этажности выделяется определенная площадка, размеры которой должны быть достаточными для проектируемого объекта и иметь потенциал дальнейшего его расширения при необходимости.

Следует учитывать возможность отвода поверхностных вод, а также рассматривать периоды половодья, паводка и затопления территории.

Отметки зданий проектируемого комплекса должны назначаться не менее, чем на 0,5-1м выше расчетного горизонта высоких вод; за расчетный принимается уровень с вероятностью превышения 1 или 2%.

Методы и материалы

При строительстве территориального комплекса наиболее важным является выбор конструктивных составляющих, т.е. типа фундамента, стен, перекрытий, покрытий и самой конструктивной схемы здания (с несущими стенами или каркасной). Рассмотрим, проектирование [7-8] каркасного объекта, у которого вся нагрузка передается на каркас, представляющий собой связку вертикальных колонн, выполняющих несущую функцию. Вертикальные колонны соединяются горизонтальными балками, ригелями или прогонами, на которые устанавливаются плиты перекрытия и покрытия.

Системные ресурсы проектных решений, выделяют наиболее значимые элементы, требующие ответственного, профессионального подхода. При этом следует выделить основополагающий элемент конструкции, а точнее, вертикальность устанавливаемых несущих колонн, от которых зависит прочность и надежность [9-10] всей монтируемой системы.

Съёмка отклонений осей колонн от вертикали без производства бокового нивелирования

Один из широко используемых методов определения вертикальности колонн это способ использования бокового нивелирования, технология проведения [11], которого хорошо известна. Она заключается в снятии отсчётов по горизонтально расположенным рейкам, которые прикладываются к кромке колонн на каждом этаже.

Неудобство данного метода заключается в следующих причинах:

- для съёмки отклонений колонн необходимо несколько человек (один нивелировщик, хотя желательно несколько и реечник, работающий на этажах);
- работа на этажах может быть сильно осложнена различными причинами (отсутствием удобного подъёма между этажами; особенностями перекрытия; работами, ведущимися внутри сооружения и другие);
- значительное время работы из-за того, что реечники должны перемещаться от колонны к колонне и по этажам.

Съемка отклонений осей колонн от вертикали широко используется при изменения компоновки и определении коэффициента надежности для улучшения анализа планов зданий [12-13].

Результаты обсуждения

Предлагаемым альтернативным методом определения отклонения колонн от вертикали является способ «косвенных измерений угла» отклонения колонны и расстояния от теодолита (тахеометра) до плоскости эталона. Методика проведения экспериментальных исследований включает определенную последовательность действий, геометрических схем для расчетов и расстановки оборудования. При этом измерения производятся следующим образом:

- в створе, перпендикулярном отклонению, устанавливают теодолит (тахеометр),
- теодолит (тахеометр) наводят на край колонны на i-ом этаж,
- поворачивая трубу теодолита (тахеометра) в вертикальной плоскости наводят теодолит (тахеометр) на уровень основания колонны (стакан),
- берут отсчёт по горизонтальному кругу,
- совмещают перекрестье нитей с соответствующим краем колонны,
- берут отсчёт по горизонтальному кругу,
- разность отсчётов есть необходимый угол,
- определяют с невысокой точностью расстояние от теодолита (тахеометра) до плоскости колонн.

Предлагаемый метод имеет преимущество по сравнению с методом бокового нивелирования в том, что производить съёмку может один человек и соответственно, экономится время на перемещение второго сотрудника и оплату его труда.

Следует отметить, что при монтаже каркаса из колонн экспериментально определены и учтены величины отклонений, табл. 1 элементов сооружения, которые не выходят за допустимые пределы.

Таблица 1

Величины отклонений при монтаже колонн (плит перекрытий)

Table 1

Values of permissible deviations during the installation of columns (floor slabs)

Наименование отклонений	Величина отклонений в мм
Смещение осей или граней колонн относительно разбивочных осей	±5
Отклонение плоскостей колонн в верхнем сечении от вертикали (на высоту этажа)	±5
Разность отметок верха опорных площадок, а также верха колонн каждогоэтажа в пределах выверяемого участка при установке по маякам	10
Разность отметок лицевых поверхностей двух смежных колонн (плитперекрытий) в стыке	5
Смещение в плане колонн (плит перекрытий) относительно их проектного положения на опорных поверхностях	± 20

Анализ геометрической схемы (рис. 1) приводит к выводу, что линейная величина отклонения имеет зависимость от угла, измеренного теодолитом (тахеометром).

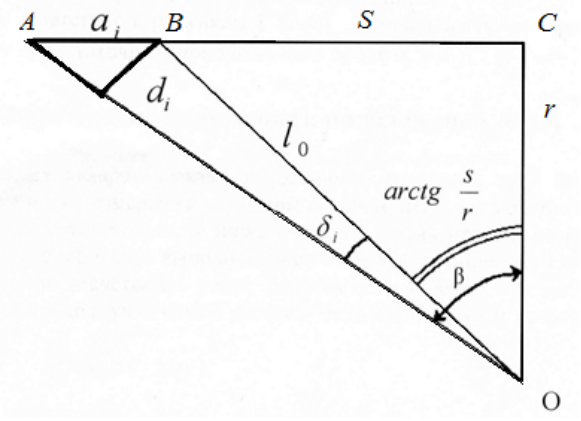

Рис. 1. Геометрическая схема определения линейного угла отклонения колонны от вертикальности
Fig. 1. Geometric scheme for determining the linear angle of deviation of the column from verticality

Эта зависимость получается следующим образом.
Из треугольника *ACO*:

$$1.\ \beta = \delta_i + arctg\frac{s}{r};$$

$$2.\ \operatorname{tg}\beta = \frac{AC}{CO} = \frac{AB+BO}{CO} = \frac{a_i+s}{r};$$

$$a_i + s = r \cdot \operatorname{tg}\beta;$$

$$a_i = r \cdot \operatorname{tg}\beta - s;$$

Отклонение колонны от вертикали на i-ом этаже a_i, мм, вычисляют по формуле:

$$a_i = r \cdot \operatorname{tg}\left(\delta_i + arctg\frac{s}{r}\right) - s, \quad (1)$$

где r– расстояние от теодолита до плоскости колонн, мм;

δ_i – угол, измеряемый теодолитом (тахеометром), рад;

s – расстояние от теодолита (тахеометра) до перпендикуляра к измеряемому отклонению, мм.

В формуле (1) присутствует величина s, измерение, которой на практике весьма серьезно осложняет съёмку отклонений колонн. Чтобы применение формулы (1) на практике было целесообразно, необходимо

найти такое её приближение, которое не содержало бы величины s. В соответствии с рис. 1 можно предположить, что при очень малых δ_i и s≪r достаточным приближением будет $a_i \approx d_i$.

Средняя квадратичная погрешность теодолита (тахеометра) должна обеспечивать такую точность измерения угла, при которой значения величины отклонения получаются с точностью не ниже точности взятия отсчёта по рейке. Обычно боковое нивелирование выполняется с точностью технического нивелирования, при котором отсчёты по рейке берутся с точностью $\pm$ 1 мм. Тогда необходимым условием является:

$$|a_i - d_i| \leq 1 \quad (\text{мм}), \tag{2}$$

где a_i – отклонение колонны на i-ом этаже, мм;

d_i – длина дуги на i-ом этаже (если здание будет выше одного этажа), мм.

Тогда учитывая уравнения (1) и (2) можно записать:

$$\left| r \cdot \operatorname{tg}\left(\delta_i + arctg\frac{s}{r}\right) - s - \sqrt{r^2+s^2} \cdot (\delta_i \mp \Delta\delta) \right| \leq 1 \tag{3}$$

где Δδ – максимально допустимая погрешность теодолита, мм.

Из формулы (3) можно выразить Δδ:

$$\left| r \cdot \operatorname{tg}\left(\delta_i + arctg\frac{s}{r}\right) - s - \delta_i \cdot \sqrt{r^2+s^2} \cdot \mu\Delta\delta_i \cdot \sqrt{r^2+s^2} \right| \leq 1$$

$$\left| r \cdot \operatorname{tg}\left(\delta_i + arctg\frac{s}{r}\right) - s - \delta_i \cdot \sqrt{r^2+s^2} \right| + \left| \Delta\delta \cdot \sqrt{r^2+s^2} \right| \leq 1$$

$$\Delta\delta \cdot \sqrt{r^2+s^2} \leq 1 - \left| r \cdot \operatorname{tg}\left(\delta_i + arctg\frac{s}{r}\right) - s - \delta_i \cdot \sqrt{r^2+s^2} \right|;$$

$$\Delta\delta \leq \frac{1 - \left| r \cdot \operatorname{tg}\left(\delta_i + arctg\frac{s}{r}\right) - s - \delta_i \cdot \sqrt{r^2+s^2} \right|}{\sqrt{r^2+s^2}}$$

Анализ полученной зависимости подтверждает справедливость нашего предположения о том, что $a_i \approx d_i$.

Фрагмент результатов экспериментальных исследований приведен в табл. 2.

Таблица 2

Результаты (фрагмент) экспериментальных исследований по определению точности отклонения колонн от вертикальности

Table 2

Results (fragment) of experimental studies to determine the accuracy of the deviation of columns from verticality

Показатель	Угол, измеряемый теодолитом (тахеометром), δ i, рад				
	5	4	3	2	1
Экспериментальный замер 1					
Расстояние от теодолита до плоскости колонн, r,мм	44	60	80	90	110
Погрешность теодолита, Δδ,мм	1,75	3,5	5,25	6	7
Экспериментальный замер 2					
Расстояние от теодолита до плоскости колонн, r,мм	78	90	93	99	97
Погрешность теодолита, Δδ,мм	1,5	2	3	3,3	4
Экспериментальный замер 3					
Расстояние от теодолита до плоскости колонн, r,мм	88	92	93	94	95
Погрешность теодолита, Δδ,мм	2,5	3,1	4,8	5	6

При необходимости может быть проведено строгое математическое доказательство того, что $a_i \approx d_i$ и $\Delta\delta > 2''$.

Однако имеется определённая область значений r (примерно от 0 до 40 м), где условие (2) не выполняется. На данных расстояниях (от 0 до 40 м) съёмку отклонений производить не представляется возможным.

В соответствии с предлагаемой методикой эта задаче решается экспериментально, на основе схемы представленной на рис.2 по проведению съёмки отклонений колонн, перпендикулярных сторонам сооружения. Из схемы, представленной на рис. 2 видно, что данную задачу можно решить следующим образом: теодолит (тахеометр) устанавливают так, чтобы был виден край самой дальней колонны (К3), даже если последняя колонна отклонена внутрь сооружения, а предпоследняя (К2) – наружу.

$$\frac{s'}{100} = \frac{0.2}{6} \qquad s' = \frac{10}{3} = 3.33 \qquad s = s' + \left(\frac{0.6}{2} - 0.1\right) = 3.33 + 0.2 = 3.53 < 4$$

Следовательно, значение r и s, необходимые для съёмки отклонений колонн, перпендикулярных сторонам сооружения, лежат в границах выполнения условия (3).

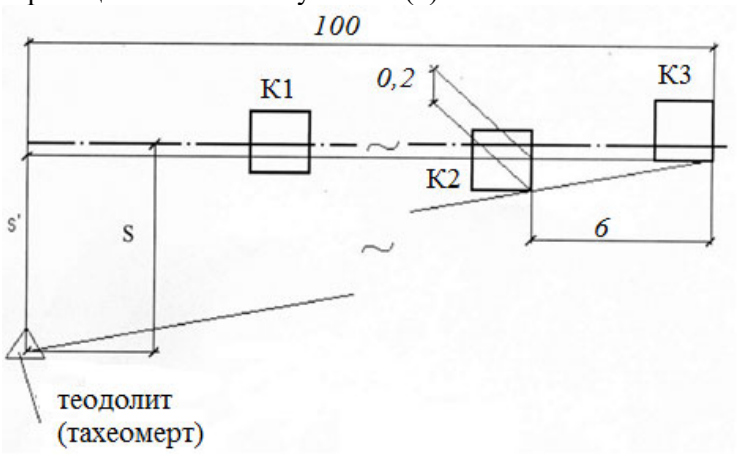

Рис. 2. Схема установки теодолита (тахеометра) для съемки отклонений колонн (К1, К2, К3) перпендикулярных сторонам сооружения
Fig. 2. Scheme of installation of theodolite (tacheometer) for surveying deviations of columns (K1, K2, K3) perpendicular to the sides of the structure

Если высота зданий составляет примерно 50 м (16 этажей), то теодолит должен отстоять от здания примерно на 2 высоты, (то есть r должно составлять примерно 100 м, а для более низких зданий r может находиться в пределах от 40 до 100 м). Следовательно, мы можем заключить, что при необходимых для съёмки расстояниях r, условие (2) выполняется.

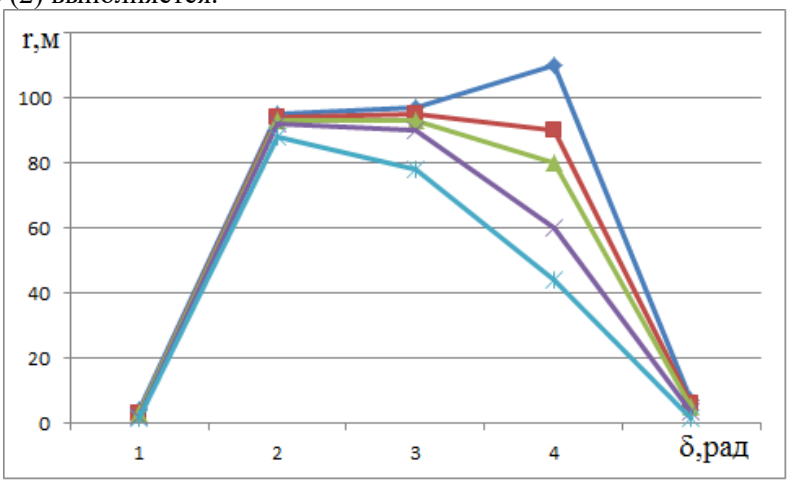

Рис. 3. Зависимость угла отклонения вертикальной колонны δ измеренного теодолитом (тахеометром), от расстояния плоскости колонн r до теодолита, при различных погрешностях теодолита Δδ
Fig. 3. Dependence of the angle of deviation of the vertical column δ measured by theodolite (tacheometer), on the distance of the plane of the columns r to the theodolite, with various errors theodolite Δδ

Отсюда можно заключить, что предложенный метод, целесообразен к применению и более выгоден, чем метод бокового нивелирования. По итогам теоретическо-экспериментальных исследований построена поверхность отклика, демонстрирующую то, что линейная величина отклонения имеет зависимость от угла, измеренного теодолитом (тахеометром), с влиянием расстояния от теодолита до плоскости колонн Δδ от δ и r (рис. 4).

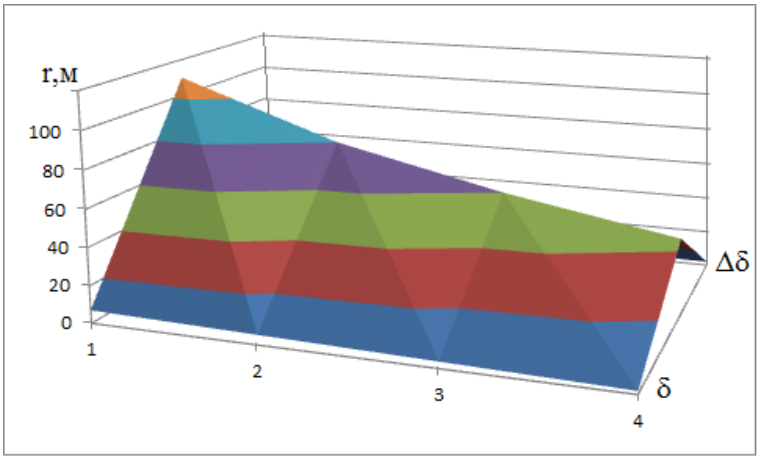

Рис. 4. Поверхность отклика, отражающая зависимость угла, измеряемого теодолитом (тахеометром) δ от расстояния между теодолитом и плоскостью колонн r, при максимально допустимой погрешности теодолита $\Delta\delta$

Fig. 4. Response surface, reflecting the dependence of the angle measured by the theodolite (tacheometer) δ on the distance between the theodolite and the plane of the columns r, with the maximum allowable error of theodolite Δδ

Заключение

Для сопоставимости точности результатов с боковым нивелированием, средняя квадратичная погрешность теодолита (тахеометра), с учётом неточности установки теодолита (тахеометра) в створе перпендикулярном отклонению, должна составлять $2''$, то есть для работы должен быть применён теодолит Т2, либо электронные тахеометры, например серии TPS 400 – фирмы Leica Geosystems AG.

Проведенные теоретическо-экспериментальные исследования показали, что предлагаемая, разработанная методика позволяет определять отклонения колонн от вертикали путём угловых измерений с земли.

Литература

1. Кузнецов О.Ф., Иванова А.П., Миронов Н.А. Аспекты проектирования инженерных сооружений // В сборнике: Образовательная среда сегодня и завтра: сб. научных трудов IX Междунар. научно-практ. конференции / под общей ред. Г.Г. Бубнова, Е.В. Плужника, В.И. Солдаткина. 2014. С. 247 – 249.

2. Кузнецов О.Ф., Иванова А.П., Васильева М.А. Опыт определения точности монтажа панелей поперечных стен фотограмметрическим способом // В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). Оренбург, 2021. С. 255 – 258.

3. Кузнецов О.Ф., Иванова А.П., Васильева М.А., Делигирова (Гунько) В.В.Фактура фотосъёмочных и геометро-геодезических работ в применении к сельскохозяйственным землям // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 186 – 190.

4. Веккер А.И., Иванова А.П. Аналитическая оценка применения геометрии в строительстве // В сборнике: Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития: Материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Редколлегия: А.Н. Попов и др. Оренбург-Самара, 2021. С. 99 – 103.

5. Иванова А.П., Межуева Л.В., Быков А.В., Васильева М.А. Предпосылки воздействия и методы защиты от вибрации строительных конструкций // В сборнике: Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы XI Международной научно-практической конференции НОУ ВО Московский технологический институт. 2016. С. 209 – 212.

6. Межуева Л.В., Иванова А.П. Средства защиты арматуры от коррозии // В сборнике: Наследие И.М. Губкина: интеграция образования, науки и практики в нефтегазовой сфере: Материалы международной научно-практической конференции / Под общей ред. С.Г. Горшенина. 2018. С. 194 – 197.

7. Васильева М.А., Воронков А.И., Иванова А.П. Разработка и оформление чертежей проектной документации: учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности "Теплоснабжение и вентиляция". Оренбург, 2010.

8. Inzhutov I.S., Zhadanov V.I., Falk A., Nazirov R.A., Amelchugov S.P., Chaikin E.A. Approaches to nordifikation of high-latitude construction engineering // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. 2019. Т. 12. № 2. P. 222 – 230.

9. Пискарёва Т.И., Иванова А.П., Гетманова Н.В., Делигирова В.В. Программа по оценке надежности технической системы / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2011614124. Заявка № 2011612427 от 08.04.2011.

10. Пискарёва Т.И., Иванова А.П., Межуева Л.В. Транспарентность концентрации адаптационных условий прочности сцепления микрочастиц // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021666670, 18.10.2021. Заявка № 2021665860 от 14.10.2021.

11. Shakhov V.A., Piskaryova T.I., Ivanova A.P., Mezhueva L.V Updating the matrix approach to creating a parametric balance of technological process // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020) 6th-9th October 2020, Russky Island, Russia. 2021. P. 052047.

12. Pinaykin I.P., Zhadanov V.I., Ukrainchenko D.A.Wooden low-rise construction. New constructive and technological solutions // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Baikal Investment and Construction Forum "Spatial Restructuring of Territories"" 2021. P. 012092.

13. Zhadanov V.I., Charikova I.N., Shardakov V.M.Visualization of construction infrastructure objects // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2021. P. 32031.

References

1. Kuznetsov O.F., Ivanova A.P., Mironov N.A. Aspects of engineering structures design. In the collection: Educational environment today and tomorrow: collection of scientific papers of the IX International Scientific and Practical Conference. under the general editorship of G.G. Bubnov, E.V. Pluzhnik, V.I. Soldatkin. 2014. P. 247 – 249. (rus.)

2. Kuznetsov O.F., Ivanova A.P., Vasilyeva M.A. Experience in determining the accuracy of mounting panels of transverse walls by photogrammetric method. In the collection: University complex as a regional center of education, science and culture: Materials of the All-Russian Scientific and Methodological Conference (with international participation). Orenburg, 2021. P. 255 – 258. (rus.)

3. Kuznetsov O.F., Ivanova A.P., Vasilyeva M.A., Deligirova (Gunko) V.V. The texture of photographic and geometric-geodetic works applied to agricultural lands. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2021. 4 (90). P. 186 – 190. (rus.)

4. Vekker A.I., Ivanova A.P. Analytical evaluation of the application of geometry in construction. In the collection: Youth science in the XXI century: traditions, innovations, vectors of development: Materials of the International Research Conference of Young scientists, postgraduates and students. Editorial board: A.N. Popov et al. Orenburg-Samara, 2021. P. 99 – 103. (rus.)

5. Ivanova A.P., Mezhueva L.V., Bykov A.V., Vasilyeva M.A. Prerequisites of impact and methods of protection against vibration of building structures. In the collection: Educational environment today and tomorrow: Materials of the XI International Scientific and Practical Conference Moscow Institute of Technology. 2016. P. 209 – 212. (rus.)

6. Mezhuyeva L.V., Ivanova A.P. Means of protection of fittings from corrosion. In the collection: The legacy of I.M. Gubkin: integration of education, science and practice in the oil and gas sector: Materials of the international scientific and practical conference. Under the general editorship of S.G. Gorshenin. 2018. P. 194 – 197. (rus.)

7. Vasilyeva M.A., Voronkov A.I., Ivanova A.P. Development and design of drawings of project documentation: a textbook for students studying in programs of higher professional education in the specialty “Heat supply and ventilation”. Orenburg, 2010. (rus.)

8. Inzhutov I.S., Zhadanov V.I., Falk A., Nazirov R.A., Amelchugov S.P., Chaikin E.A. Approaches to nordifikation of high-latitude construction engineering. Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. 2019. 12 (2). P. 222 – 230.

9. Piskareva T.I., Ivanova A.P., Getmanova N.V., Deligirova V.V. Program for assessing the reliability of a technical system. Certificate of registration of a computer program RU 2011614124. Application 2011612427 dated 08.04.2011. (rus.)

10. Piskareva T.I., Ivanova A.P., Mezhueva L.V. Transparency of concentration of adaptive conditions of adhesion strength of microparticles. Certificate of registration of the computer program 2021666670, 18.10.2021. Application No. 2021665860 dated 14.10.2021. (rus.)

11. Shakhov V.A., Piskaryova T.I., Ivanova A.P., Mezhueva L.V Updating the matrix approach to creat-ing a parametric balance of technological process. In collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020) 6th-9th October 2020, Russky Island, Russia. 2021. P. 052047.

12. Pinaykin I.P., Zhadanov V.I., Ukrainchenko D.A.Wooden low-rise construction. New constructive and technological solutions. In collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Baikal Investment and Construction Forum "Spatial Restructuring of Territories"" 2021. P. 012092.

13. Zhadanov V.I., Charikova I.N., Shardakov V.M.Visualization of construction infrastructure objects. In collection: Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2021. P. 32031.

Kuznetsov O.F.*, Honorary Surveyor
of the Russian Federation,
Orenburg State University, Russia,
Ivanova A.P., Doctor of Engineering Sciences
(Advanced Doctor), Professor,
Orenburg State University, Russia,
Orenburg branch of the Samara State University
of Communications, Russia,
Vasilyeva M.A., Candidate of Engineering
Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Deligirova V.V., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.),
Piskaryova T.I., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.),
Mezhueva L.V., Doctor of Engineering
Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Orenburg State University, Russia
*Corresponding author E-mail: kuznetsovof@mail.ru

ALTERNATIVE METHOD OF EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF THE ANGLE OF DEFLECTION FROM VERTICALITY OF THE FRAME IN DESIGN AND CONSTRUCTION

Abstract: the design of high-rise complexes includes the solution of a multifactorial problem, consisting of: survey work (geodesic development; tracing work; marking and survey work; engineering-geological, hydrogeological, hydrological), functional operational, as well as the reliability of the structure, the prospects for its further reconstruction, economic feasibility of construction, selection of structural components of the object, etc. The purpose of this work is theoretical and experimental research in the design and construction of facilities, including alternative methods for measuring the angle of deviation from the vertical frame of a structure (during the frame erection of structures).

To determine the deviation of columns from verticality, an alternative method is proposed for "indirect measurements of the angle" of the deviation of the column, as well as the distance from the theodolite (total station) to the plane of the standard. Geometric schemes for determining the linear angle of deviation of a column from verticality and the installation of a theodolite (tacheometer) for recording deviations of columns perpendicular to the sides of the structure are presented.

The technique of carrying out experimental researches is described and the received graphic dependences are resulted. The performed surveys and calculations make it possible to determine the deviations of the columns from the vertical by means of angular measurements from the ground.

Keywords: design, vertical columns, lateral leveling, frame structures

Для цитирования: Кузнецов О.Ф., Иванова А.П., Васильева М.А., Делигирова В.В., Пискарёва Т.И., Межуева Л.В. Альтернативный метод экспериментального измерения угла отклонения от вертикальности каркаса при проектировании и строительстве // Строительные материалы и изделия. 2022. Том 5. № 2. С. 13 – 21. DOI: 10.58224/2618-7183-2022-5-2-13-21

For citation: Kuznetsov O.F., Ivanova A.P., Vasilyeva M.A., Deligirova V.V., Piskareva T.I., Mezhueva L.V. Alternative method of experimental measurement of the angle of deviation from the verticality of the frame in design and construction. Construction Materials and Products. 2022. 5 (2). P. 13 – 21. DOI: 10.58224/2618-7183-2022-5-2-13-21

Поступила в редакцию 6 марта 2022 г. *Received: March 6, 2022.*
Принята в доработанном виде 28 марта 2022 г. *Revised: March 28, 2022.*
Одобрена для публикации 19 апреля 2022 г. *Accepted: April 19, 2022*