

УДК 528.482:69.058.2

**Раскаткин Юрий Николаевич,**

канд. техн. наук;

**Раскаткина Ольга Валерьевна,**

асс. каф. технологии строительства

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный

архитектурно-строительный университет»

г. Нижний Новгород, Нижегородская область

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ФОРМЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Аннотация.** Выполнены теоретические обобщения и систематизация сведений о способах геодезического контроля пространственного положения строительных конструкций, зданий и сооружений. Это позволило дифференцировать многообразие задач по такому контролю в однотипные группы и для каждой группы перечислить существующие и разработанные в ННГАСУ новые геодезические способы решения этих задач.

**Ключевые слова:** классификация, осадки, смещения, координаты, радиус, крен, геодезические способы контроля.

Здания и сооружения на стадии строительства и эксплуатации могут терпеть различного вида деформации. Цель наблюдений за пространственным положением строительных конструкций инженерных сооружений – получить численные данные, характеризующие абсолютные величины деформаций для осуществления мероприятий по предотвращению возможных разрушений.

На основании анализа наиболее часто встречающихся задач по определению параметров пространственного положения и формы строительных конструкций зданий и сооружений разработана их классификация [1] (рис. 1).



Рисунок 1. Классификация методов определения параметров пространственного положения и формы инженерных сооружений

Все наиболее распространённые методы дифференцированы в шесть основных групп. Причём практически все они требуют многократного использования мостового крана, выхода наблюдателя на крановый путь или его подъёма к оголовку колонн, что сопряжено со значительными трудностями и небезопасно.

Для устранения этих и других недостатков, связанных с насыщенностью цехов технологическим оборудованием, застроенностью территории, были разработаны новые **дистанционные** и **фотографические способы**, основанные на использовании электронных тахеометров, цифровых фотокамер и специально разработанного на кафедре ННГАСУ лазерно-зеркального устройства ЛЗУ.

Так, для определения осадки инженерных сооружений разработана методика использования клавиши SDh электронного тахеометра, что позволяет сразу определять превышения  $h_i$  наблюдаемых точек над точкой стояния прибора (рис. 2).

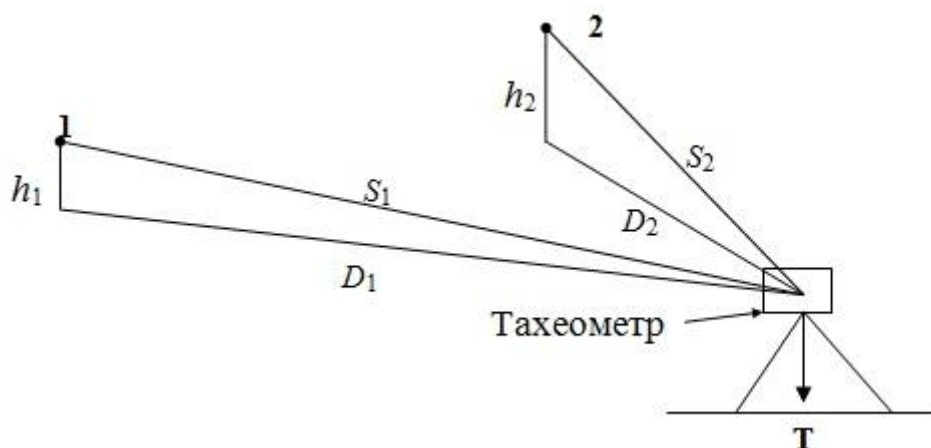


Рисунок 2. Данные, получаемые с помощью клавиши SDh тахеометра

А с помощью клавиши ОНР (определение недоступного расстояния) можно последовательно определять превышения между соседними наблюдаемыми точками (рис. 3), либо между одной из них и всеми остальными (рис. 4) [2]. Здесь в качестве осадочной марки может служить обыкновенная горизонтальная черта, закреплённая в любом месте несущей конструкции, обеспечивающей её недоступность и сохранность, причём теперь отпадает надобность в использовании нивелирной рейки, а работу может производить один человек.

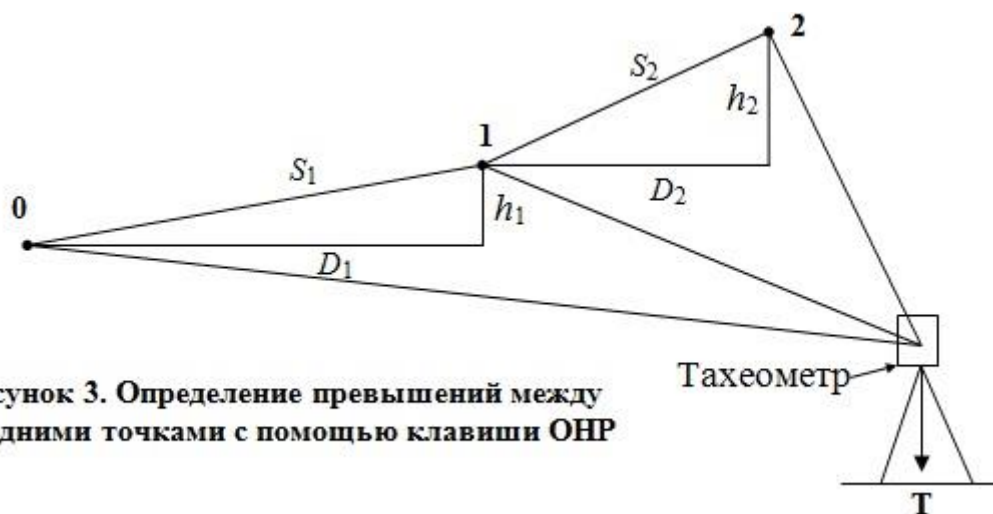


Рисунок 3. Определение превышений между соседними точками с помощью клавиши ОНР



Рисунок 4. Определение превышений между начальной и другими точками с помощью клавиши ОНР

Для подтверждения возможности использования клавиш SDh и ОНР электронного тахеометра *SET530R/R3* для указанных целей было выполнено соответствующее моделирование, результаты которого сравнивались с результатами геометрического нивелирования прибором *2Н-3Л*. Расхождения между превышениями, измеренными с помощью нивелира и тахеометра оказались в пределах 0 – 3 мм.

Наиболее распространённым способом определения горизонтальных смещений является створный способ. Перспективным способом створных измерений считаем применение цифровых фотокамер. Здесь достаточно сфотографировать контрольные точки створа, располагая оптическую ось камеры вдоль него, а линию створа использовать в качестве референтной прямой, от которой измерять отклонения контрольных точек, используя программы редактирования фотографических изображений [3].

Практически всем известным способам определения крена высоких зданий и сооружений присущи недостатки, связанные с их зависимостью от застроенности территории. Исключить этот недостаток можно, применяя предлагаемые нами **односторонние** способы, выполняемые с одной точки стояния прибора.

Так, для башен четырёхугольной формы предлагается методика, по которой вначале определяют координаты вершин нижнего **А, В** или **А, В, С** и верхнего **а, в** или **а, в, с** четырёхугольников в системе координат сооружения (рис. 5) или в произвольной системе координат (рис. 6). Находят средние координаты этой фигуры, по которым затем вычисляют крен сооружения, его направление и угол скручивания верха башни относительно её низа.

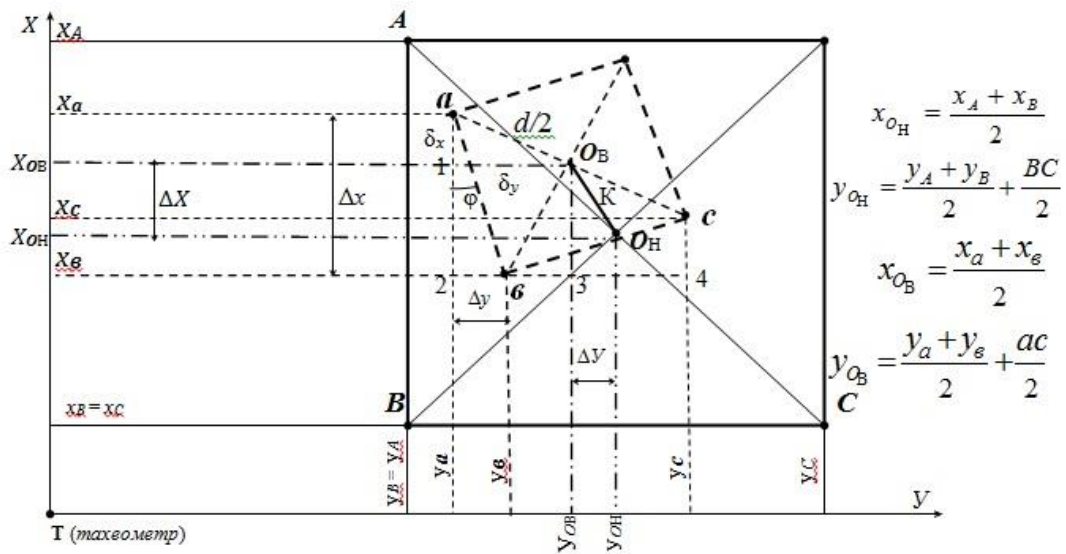
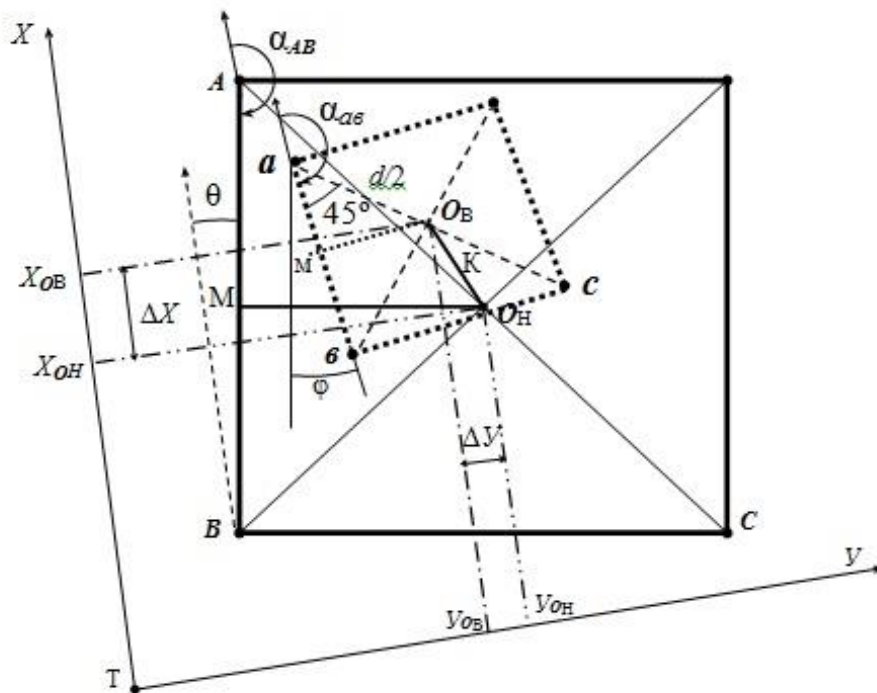


Рисунок 5. Схема определения крена башни квадратной формы в системе координат сооружения



$$\begin{aligned}
 x_{O_H} &= x_A + AO_H \cos(\alpha_{AB} - 45^\circ), & y_{O_H} &= y_A + AO_H \sin(\alpha_{AB} - 45^\circ), \\
 x_{O_H} &= x_B + BO_H \cos(\alpha_{AB} - 135^\circ), & y_{O_H} &= y_B + BO_H \sin(\alpha_{AB} - 135^\circ), \\
 x_{O_B} &= x_a + aO_B \cos(\alpha_{aB} - 45^\circ), & y_{O_B} &= y_a + aO_B \sin(\alpha_{aB} - 45^\circ), \\
 x_{O_B} &= x_{\epsilon} + \epsilon O_B \cos(\alpha_{\epsilon B} - 135^\circ), & y_{O_B} &= y_{\epsilon} + \epsilon O_B \sin(\alpha_{\epsilon B} - 135^\circ).
 \end{aligned}$$

Рисунок 6. Схема к определению крена башни квадратной формы в произвольной системе координат

Для сооружений круглой формы достаточно определить координаты любых трёх (или более) точек нижнего, (при необходимости – промежуточных) и

верхнего наблюдаемых сечений, по которым можно вычислить координаты центров этих сечений. По координатам центров сечений можно определить частные и общий крен сооружения [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Для этого способа разработано в системе MatLab соответствующее программное обеспечение, позволяющее получать по координатам  $n$  точек для каждого наблюдаемого сечения координаты его центра, радиус и геометрическую интерпретацию искомых результатов.

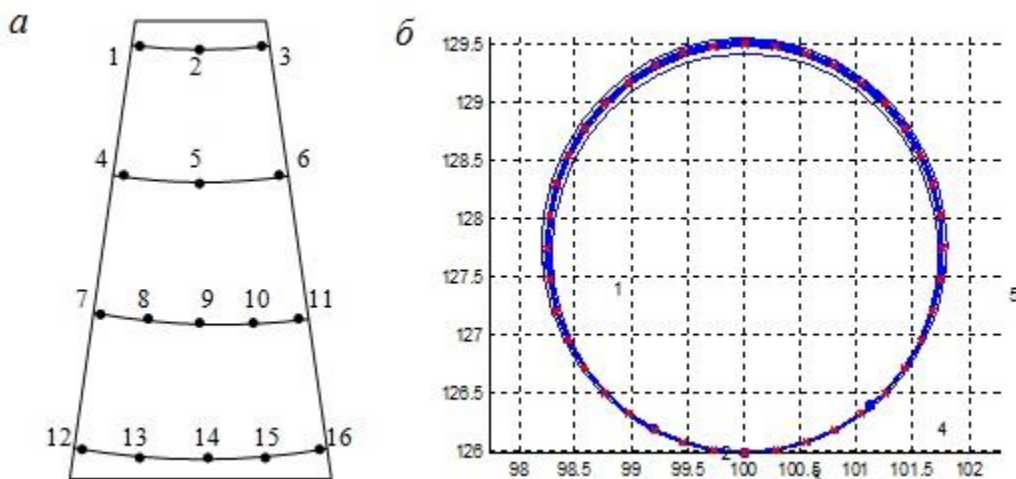
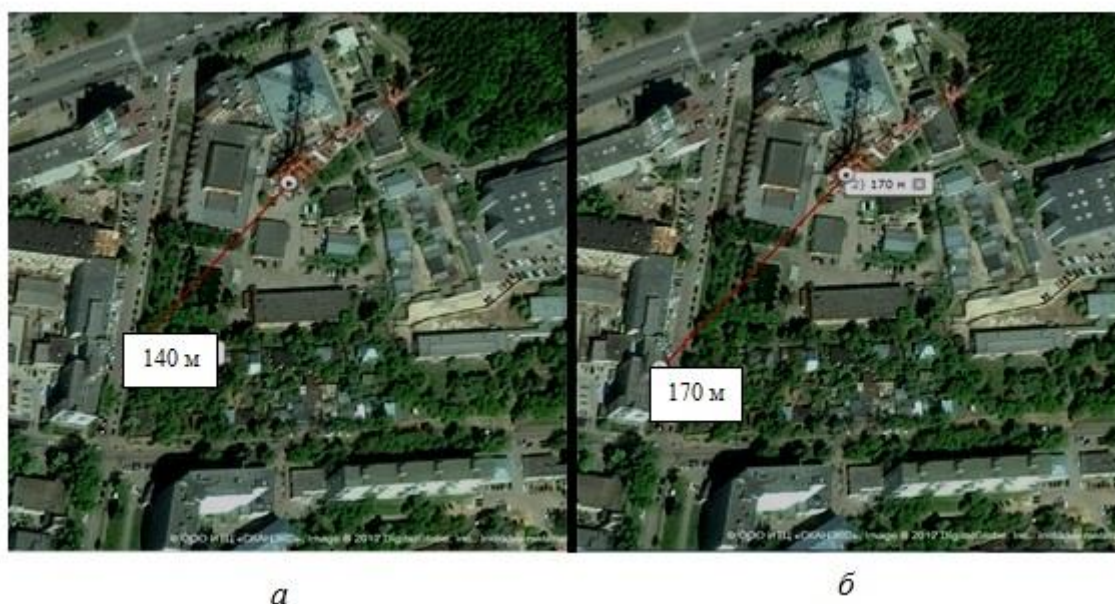
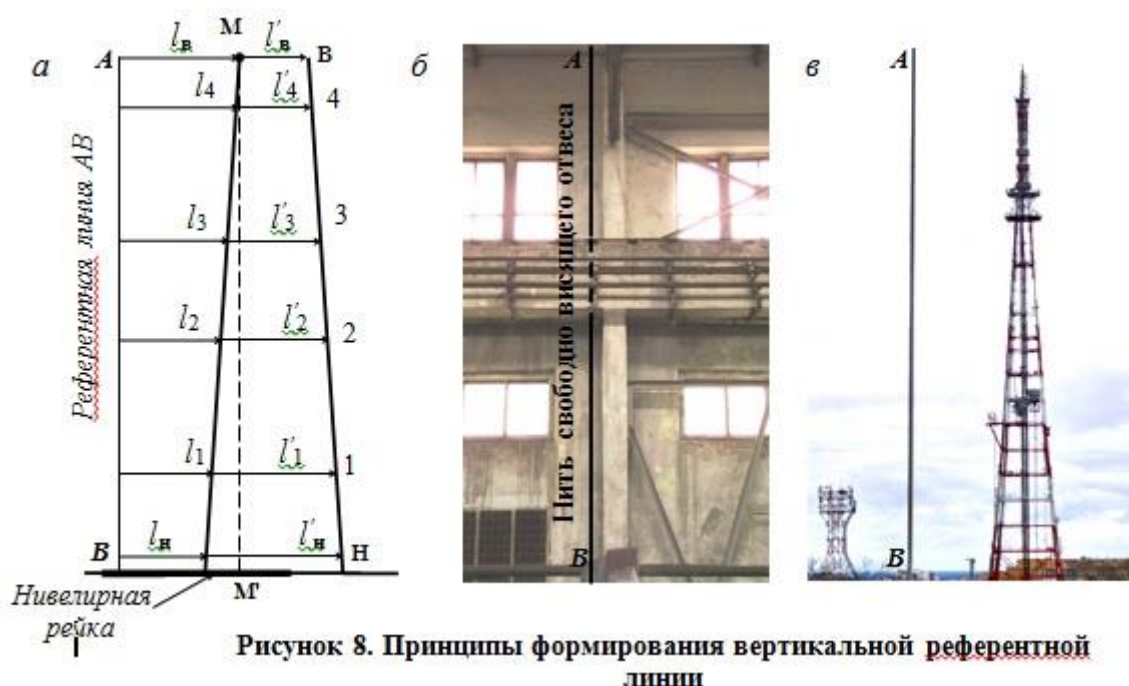


Рисунок 7. Схемы координатных измерений дымовой трубы (а) и геометрическая интерпретация сечения трубы 12...16 (б)

Предлагаемая методика была неоднократно опробована при определении пространственного положения дымовой трубы высотой 30 м. Для этого с одной точки стояния электронного тахеометра *SET 530R/R3* были измерены в произвольной системе прямоугольные координаты 16 точек (рис. 7, а). По этим данным были подсчитаны координаты центров наблюдаемых сечений, их радиусы и построены окружности, в том числе средняя и оптимальная, которые для каждого сечения оказались практически равными между собой (рис. 7, б). Рулеткой была измерена длина окружности по сечению 12...16, которой соответствует радиус 2,011 м, в то время как тот же радиус из координатных измерений составил 2,009 м, а из линейно-угловых – 2,007 м. Аналогичная сходимость результатов координатных и линейно-угловых измерений наблюдается на всех сечениях.

Разработан **фотографический** способ геодезического контроля вертикальности любого высокого сооружения, основанный на использовании **вертикальной референтной прямой** [11]. Референтную прямую можно получить путём вертикального проектирования верхней точки М на горизонтальную нивелирную рейку (рис. 8, а). В качестве референтной прямой может служить нить шнурового отвеса, подвешенного рядом с контролируемым объектом (рис. 8, б), трос лебёдки строительного крана с грузом на конце, нить шнурового отвеса, расположенного перед объективом фотоаппарата (рис. 8, в) или изображение на снимке вертикальной линии в программе «Plumb-bob».



Предлагаемый способ был опробован при контроле вертикальности дымовой трубы высотой 30 м и колонн в цехах ОАО НАЗ СОКОЛ. Расхождение в результатах, получаемых фотографическим способом с таковыми, полученными обычными способами не превышали 5 мм. Другим объектом исследований являлась городская телебашня (рис. 8, в). Измерения крена телебашни производились с двух станций, расположенных на расстоянии 140 и 170 м от неё (рис. 9, а, б), определённых по спутниковой фотографии. Расхождение результатов, полученных фотографическим способом с результатами, полученными способом направлений составили 49 мм.

Предложен **односторонний линейно-угловой** способ определения крена сооружений башенного типа круглой формы, предусматривающий использование размеров радиусов наблюдаемых сечений, измерение горизонтальных проложений до этих сечений и угла  $\beta$  (рис. 10). По этим данным можно определить как радиусы трубы, так и её крен в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Способ детально исследован с позиций теории ошибок и опробован в натуральных условиях [12, 13, 14, 15].

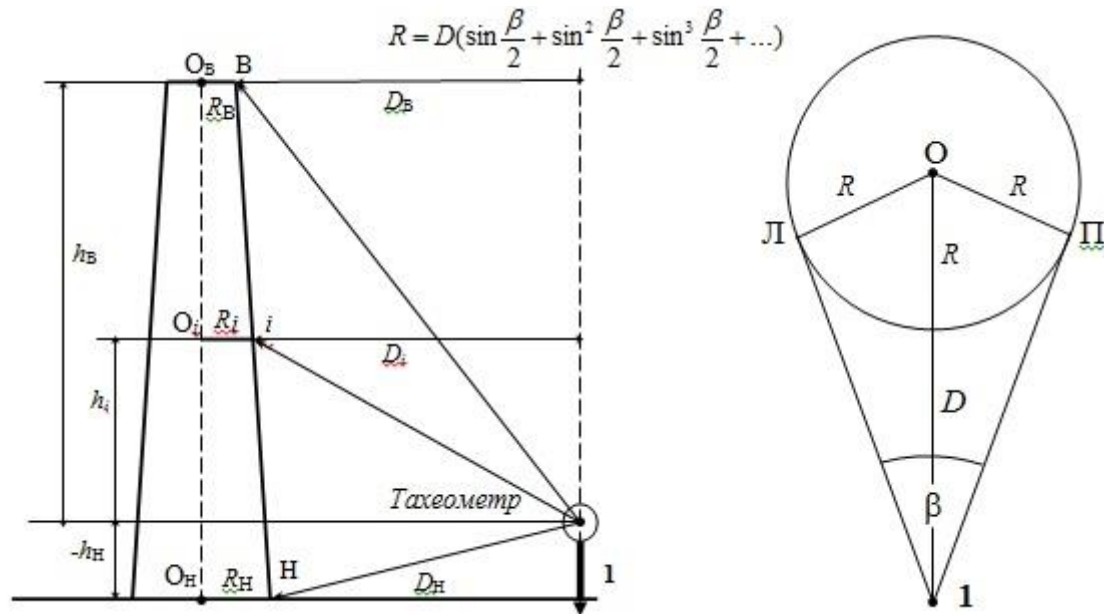


Рисунок 10. Схема определения крена дымовой трубы путём линейно-угловых измерений

Разработаны другие способы определения радиуса сооружений круглой формы [16, 17]. Так, **линейный** способ, предусматривающий измерение из некоторой точки  $A_1$  всего двух расстояний:  $A_1D = d$  по направлению на центр  $O$  сооружения и  $A_1K_1 = l$  по направлению касательной к образующей сооружения (рис. 11).

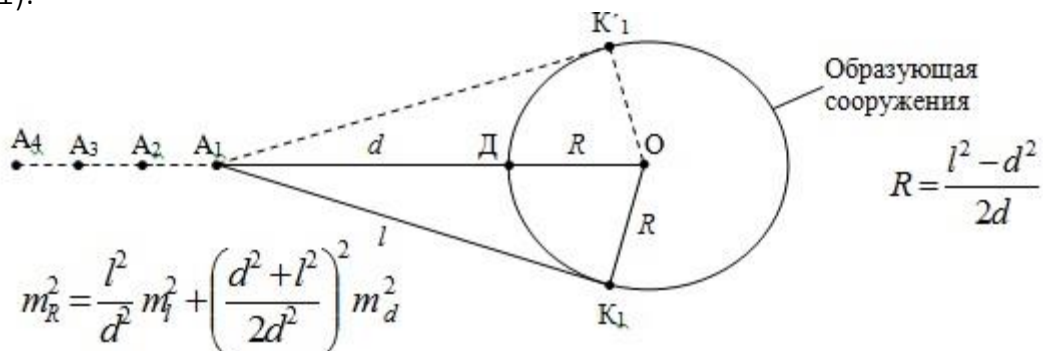


Рисунок 11. Схема к определению радиуса «линейным» способом

Было выполнено моделирование и исследование этого способа с позиций теории ошибок. Проведенные натурные испытания показали, что полу-



ченное среднее значение радиуса отличается от его истинного значения всего на 6 мм.

Предложенный [18] **фотографический способ** определения радиуса предусматривает фотографирование сооружения с приложенной к нему нивелирной рейкой с измерением соответствующих расстояний и обработкой снимков в программе Paint, ArchiCAD и др. (рис. 12). Выведены формулы для различных вариантов измеряемых величин.

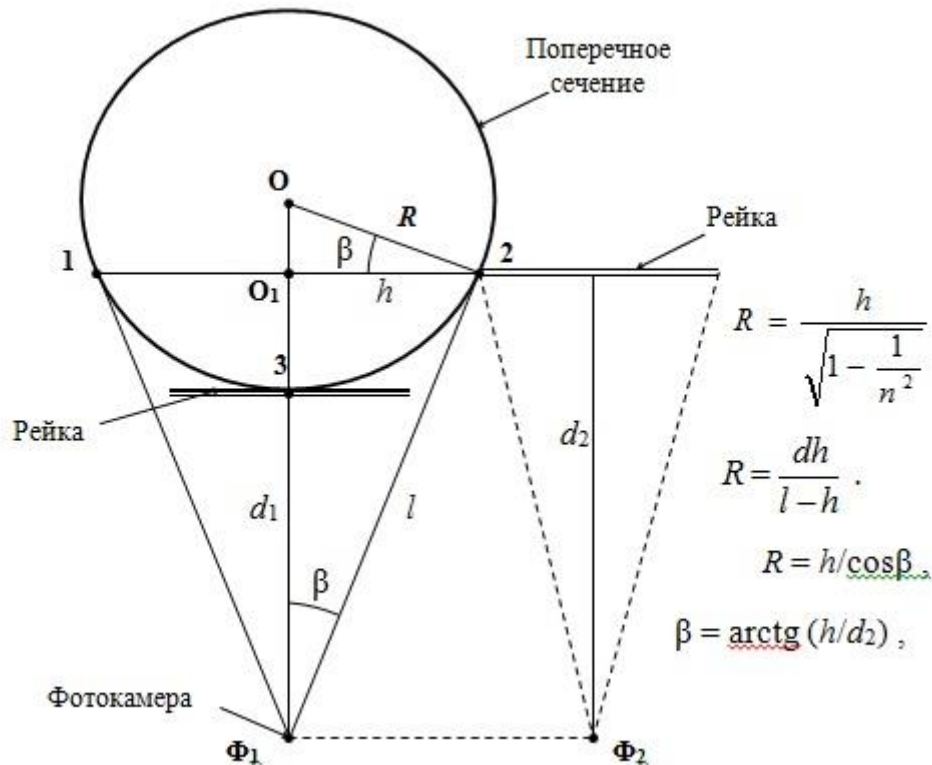


Рисунок 12. Схема определения радиуса путём фотографирования с двух точек

Было выполнено моделирование и исследование этого способа с позиций теории ошибок. Проведенные натурные испытания показали, что полученные значения радиуса отличается от его истинного значения на 1-3% его длины.

Видоизменённый способ (рис. 13) заключается в фотографировании базисов только из одной точки  $\Phi_1$ .

Вообще говоря, расстояние  $l$  можно определить по фотографии рейки, расположенной вертикально в точке касания 2, для чего необходимо предварительно выполнить соответствующую калибровку фотокамеры. Причём

ошибка  $l$  в основном будет зависеть от точности определения положения точки касания 2, которое может быть определено с помощью действующего макета устройства проф. Шеховцова Г. А.

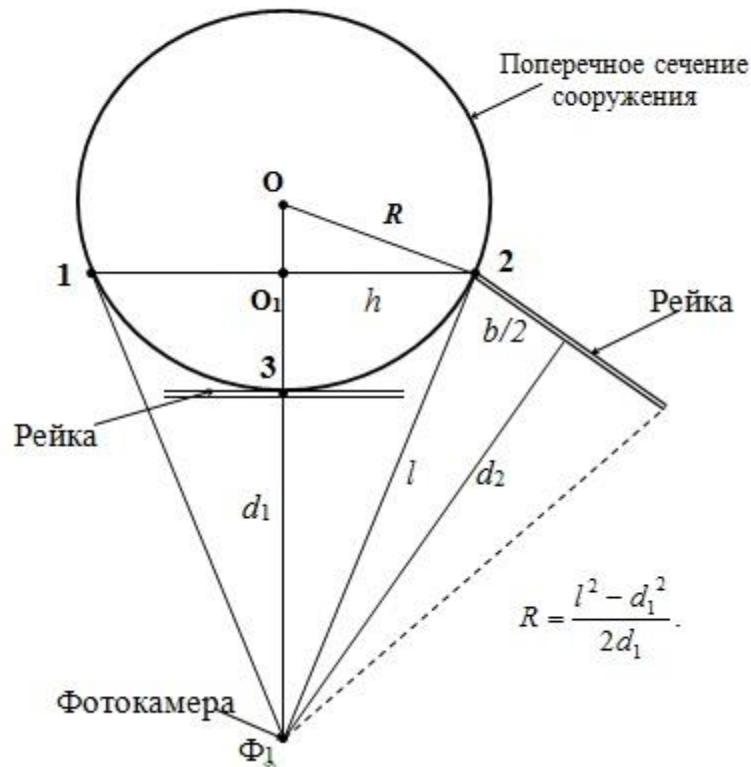


Рисунок 13. Схема определения радиуса по двум расстояниям  $d_1$  и  $d_2$

Предложен другой **фотографический способ** определения радиуса, показанный на рис. 14, предусматривающий измерение всего одного расстояния и фотографирование сооружения только из одной точки [19].

Способ заключается в определении количества пикселей, приходящихся на длину рейки и на хорду 1-2. С увеличением расстояния  $d_1$  хорда 1-2 приближается к диаметру сечения  $2R$ , а отрезок ЛП приближается к величине хорды 1-2.

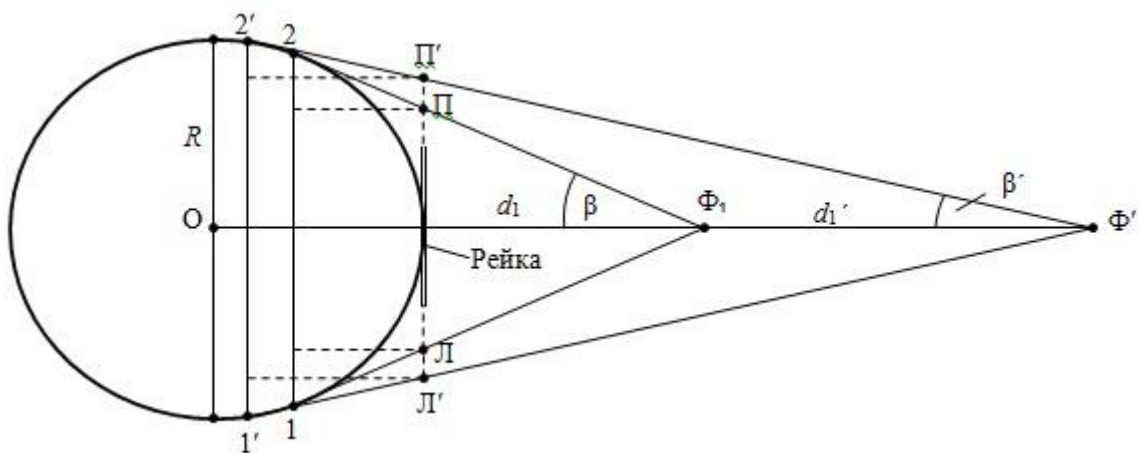


Рисунок 14. Схема к определению радиуса путём фотографирования из одной точки

Исследование способа с позиций теории ошибок показало, что начиная с расстояния фотографирования равного пяти радиусам и более, ошибка определения радиуса остаётся практически одной и той же.

Способ был опробован путём фотографирования дымовой трубы с расстояния 5, 10, 15, 20 и 25 м. Расхождения результатов измерений с истинным радиусом составили соответственно 14, 12, 10, 8 и 4 мм.

Разработана геометрическая интерпретация пространственного положения высоких сооружений башенного типа [20].

Исследование пространственного положения строительных конструкций предусматривает, помимо прочего, определение расстояний между фермами  $L_1$ , между колоннами в ряду  $L_2$  и пролете  $L_3$ , между подкрановыми рельсами  $L_4$  и др. (рис. 15)



Рисунок 15. Один из производственных корпусов



Рисунок 16. Лазерная рулетка HD 150 (а)  
и схема лазерно-зеркального устройства ЛЗУ (б)

Для недоступных и труднодоступных расстояний предложен также косвенный способ с помощью электронного тахеометра, основанным на использовании его клавиши ОНР (рис. 3) или SDh (рис. 17).

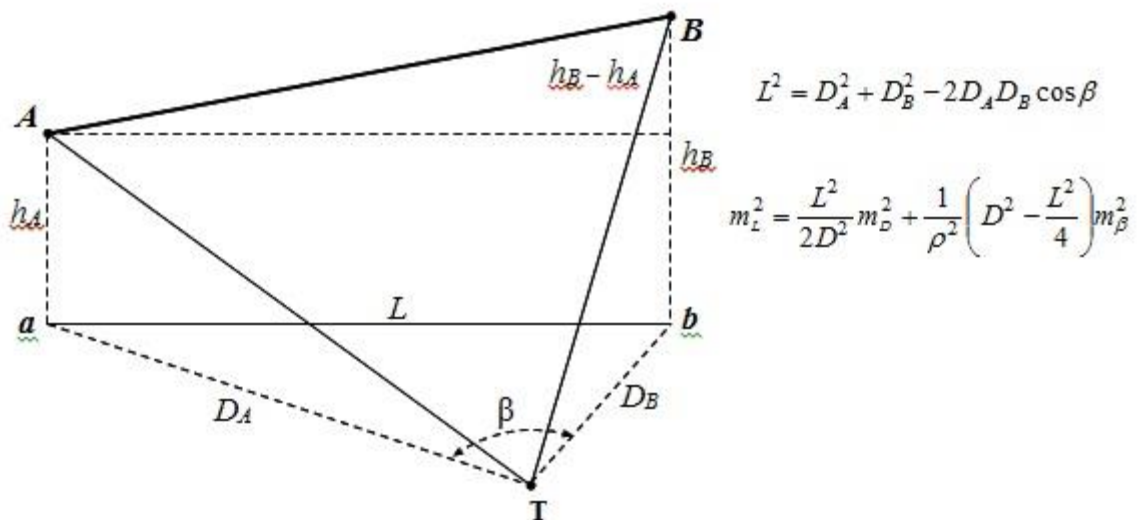


Рисунок 17. Схема определения недоступного расстояния  
с помощью клавиши SDh электронного тахеометра

Были подсчитаны средние квадратические ошибки  $m_L$  для различных значений  $L = 5; 10; 20; 30; 40$  м, пределы значений которых выбраны исходя из опыта геодезического контроля пространственного положения строительных конструкций промышленных предприятий Нижегородской области (рис. 18).

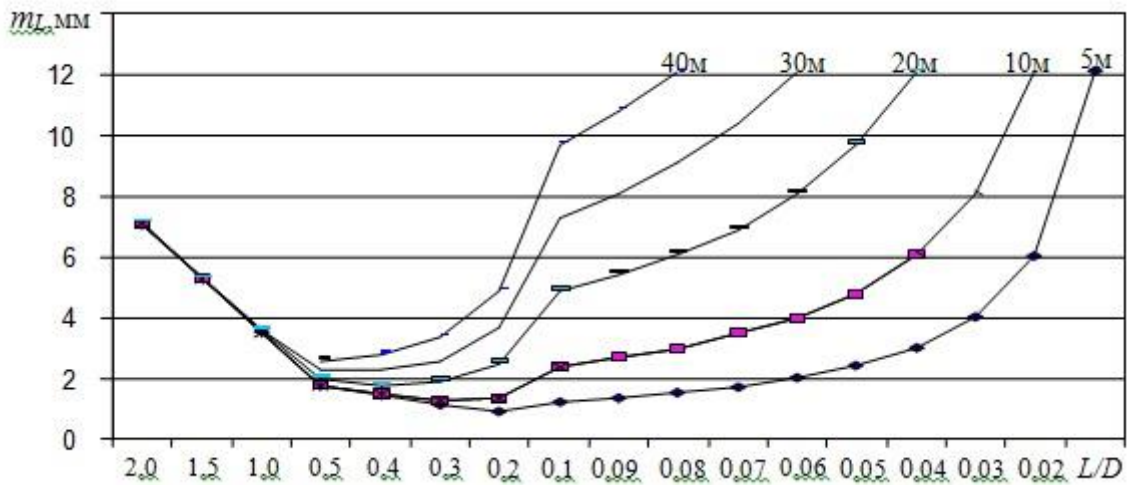


Рисунок 18. Графики зависимости ошибки  $m_L$  от соотношения  $L/D$  для  $m_D = 5$  мм и  $m_B = 5''$

Имея такой график для конкретных значений  $L$ ,  $m_D$  и  $m_B$ , можно, задавшись точностью  $m_L$ , выбрать наиболее оптимальный вариант соотношения  $L/D$ .

На рис. 19 представлены графики зависимости средней квадратической ошибки  $m_L$  определения расстояния  $L = 6$  м между колоннами в ряду на уровне их оголовка. Из этих графиков видно, во-первых, что при  $m_B = 5''$  влияние ошибки линейных измерений  $m_D$  на величину  $m_L$  постепенно уменьшается и, начиная с  $L/D = 0,1$ , оно пренебрежительно мало.

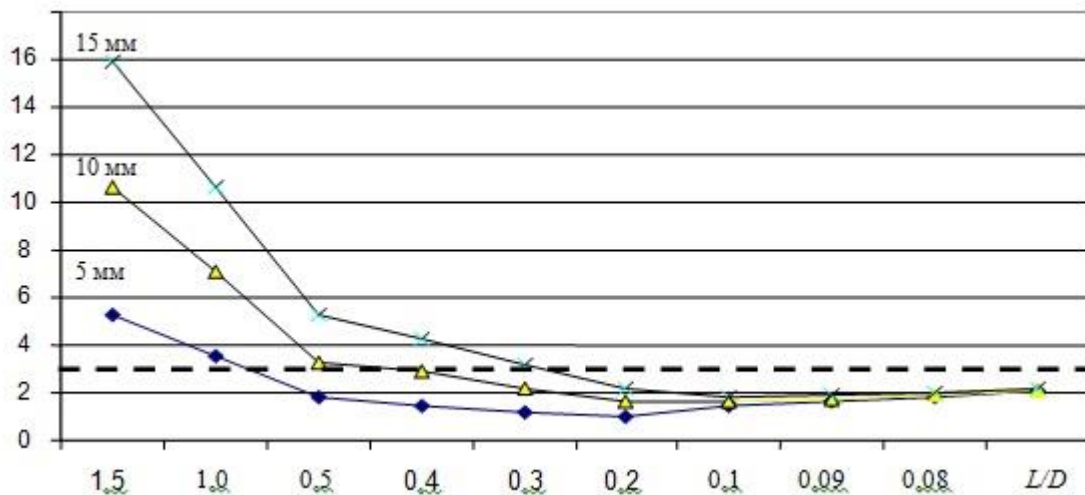


Рисунок 19. Графики зависимости ошибки  $m_L$  от соотношения  $L/D$ ,  $m_B = 5''$  и  $m_D = 5; 10; 15$  мм

Во-вторых, задаваясь величиной  $m_L$ , например, 3 мм (пунктирная линия на рис. 19), можно достичь этой точности при  $L/D = 0,7; 0,4; 0,2$  и менее соответственно для линейной ошибки  $m_D = 5; 10; 15$  мм. Так для цехов завода «Сokol» оптимальными будут являться  $D = 6/0,7 = 8,6; 6/0,4 = 15,0; 6/0,2 = 30,0$  и более метров.

На рис. 20 представлены графики зависимости ошибки  $m_L$  определения расстояния между колоннами  $L = 6$  м. Из этих графиков видно, во-первых, что при  $m_D = 5$  мм ошибка угловых измерений  $m_B$  практически не оказывает влияния на величину  $m_L$  до соотношения  $L/D = 0,2$ .

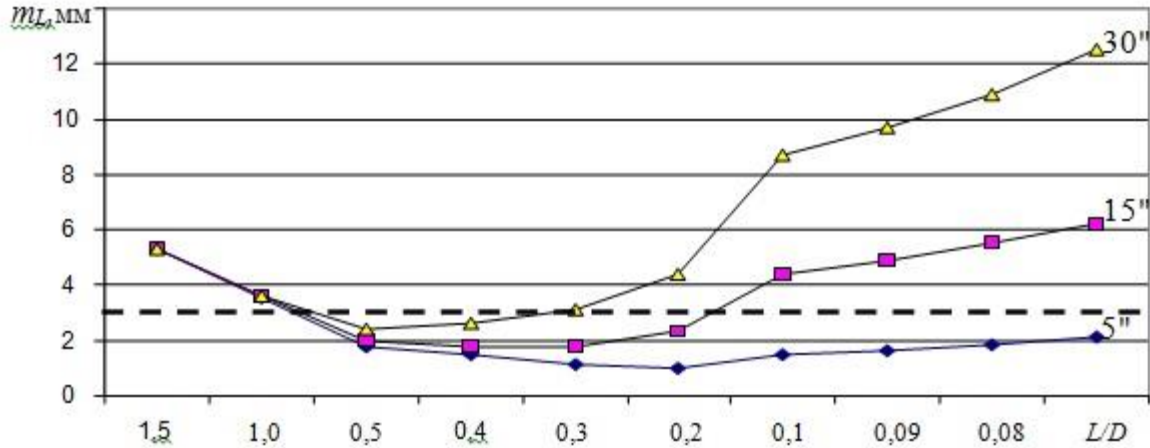


Рисунок 20. Графики зависимости ошибки  $m_L$  от соотношения  $L/D$ ,  $m_D = 5$  мм и  $m_B = 5"$ ;  $15"$ ;  $30"$

Во-вторых, задаваясь величиной  $m_L$ , например, 3 мм (пунктирная линия на рис. 20), можно достичь этой точности при  $L/D = 0,7$  и менее для всех угловых ошибок  $m_B = 5"$ ;  $15"$ ;  $30"$ . То есть, в данном случае оптимальным будет являться расстояние  $D = 6/0,7 = 8,6$  и более метров.

Аналогичным образом можно рассчитать оптимальные расстояния съёмки при определении, например, ширины колеи кранового пути, расстояния между колоннами в пролёте, между фермами покрытия и др. Кроме того, по разности  $h_A$  и  $h_B$  можно найти превышение между точками **A** и **B** и, при необходимости, вычислить наклонную длину **AB**.

Для измерения смещений опорных узлов ферм на оголовках колонн разработаны дистанционные способы: механический, лазерно-зеркальный, угломерный и фотографический [3].

Фотографический способ позволяет получать максимум информации (рис. 21) а его сущность заключается в фотографировании оголовка колонны с приложенной к нему рулеткой или нивелирной рейкой. По отсчётам по шкале рулетки (рейки) определяют величину и направление смещения (рис. 21, а).

Второй способ (рис. 21, б) предусматривает масштабирование снимка по известной ширине колонны или размерам опорной плиты. Дальнейшие измерения можно выполнять в пикселях в программе Paint, ArchiCAD и др.

Фотографическим способом было выполнено определение смещений опорных узлов ферм на оголовках 30 колонн прокато-заливочного отделения ОАО НАЗ СОКОЛ. Расхождения полученных результатов с таковыми, найденными путём непосредственных измерений линейкой с миллиметровыми делениями составили 0–4 мм (рис. 21, б).

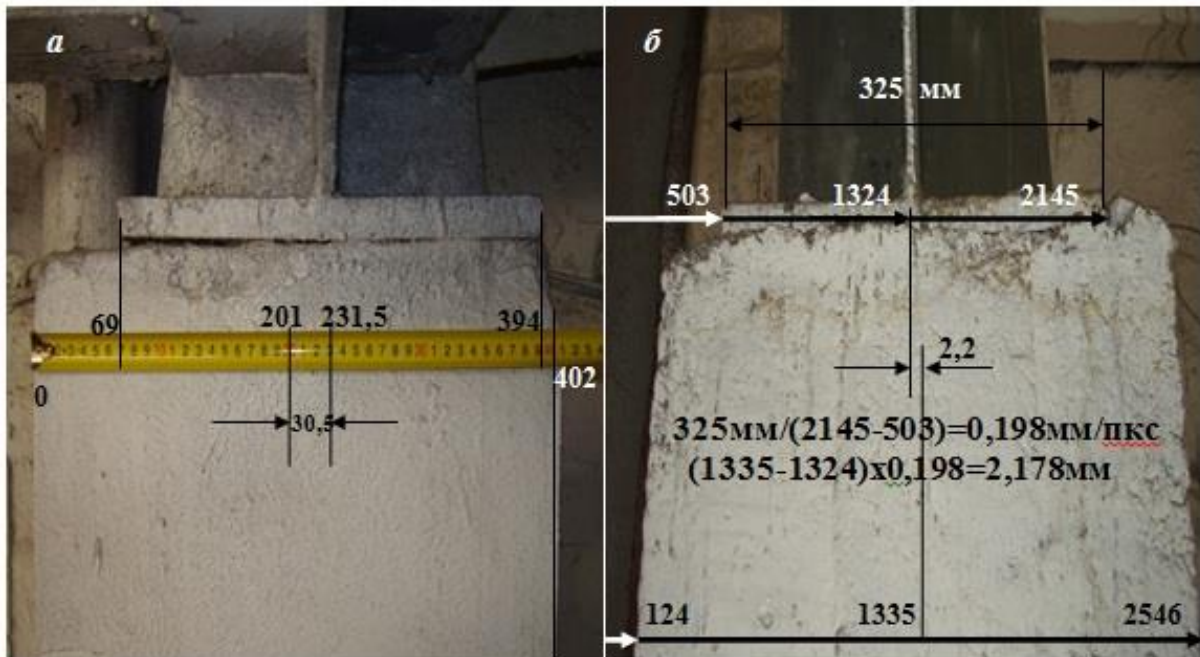


Рисунок 21. Фотографический способ определения положения опорного узла фермы на оголовке колонны

Разработан способ дискретного сканирования электронным тахеометром точек колонн и ферм перекрытия (рис. 22).

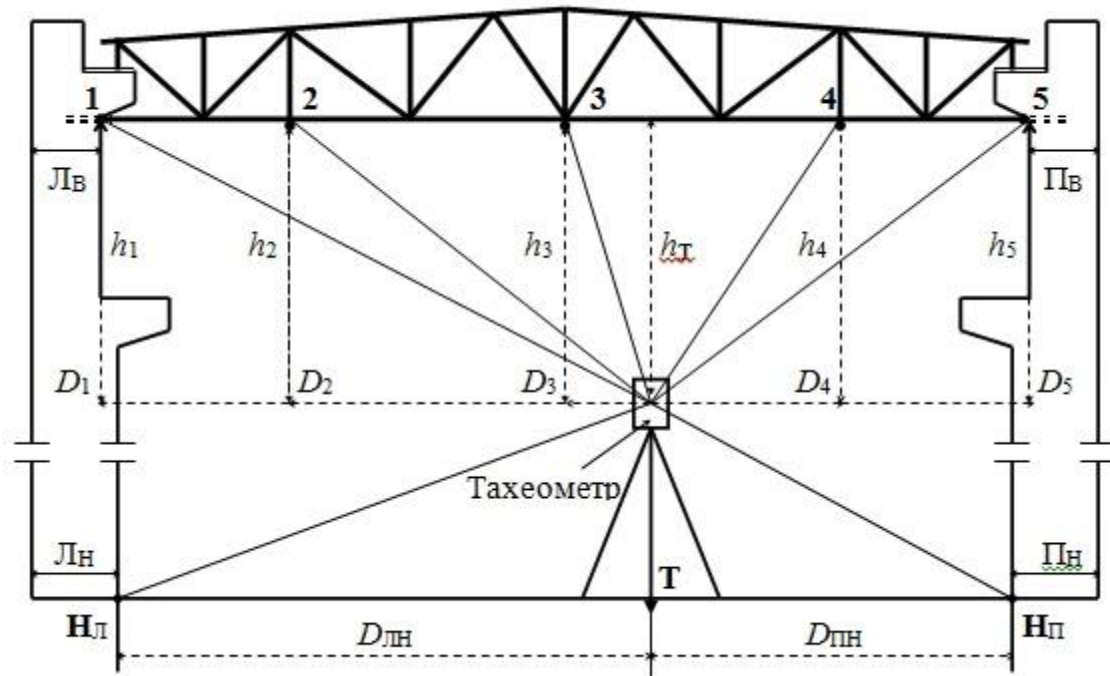


Рисунок 22. Схема одновременного определения вертикальности колонн и стрелы прогиба фермы путем сканирования точек в вертикальной плоскости

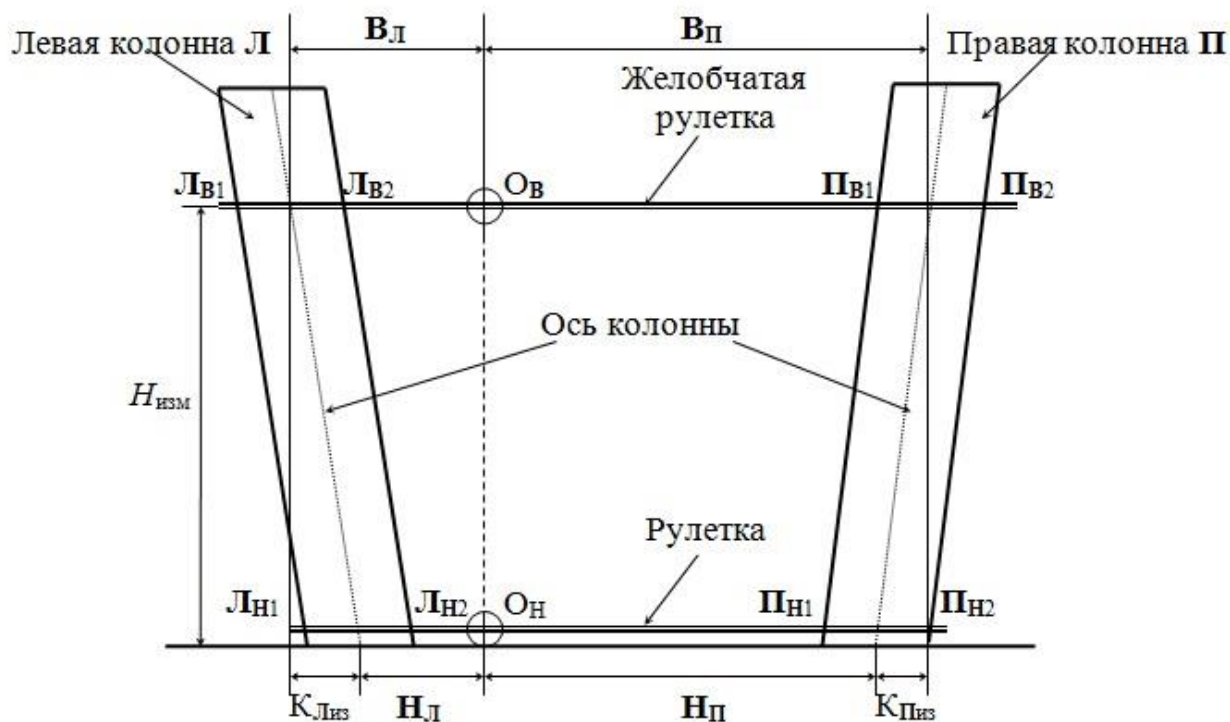
Способ позволяет с одной точки стояния прибора определять одновременно вертикальность колонн в пролёте, стрелу прогиба ферм и расстояние

между колоннами в пролёте на уровне их оголовка с точностью применяемого тахеометра.

Предложен фотографический способ определения прогибов ферм перекрытий с применением цифровых калиброванных фотоаппаратов путём обработки снимков в программе Paint, ArchiCAD и др.



Рисунок 23. Схема фотографического способа определения стрелы прогиба



$$K_{Лизм} = [O_{в} - (Л_{в1} + Л_{в2})/2] - [O_{н} - (Л_{н1} + Л_{н2})/2], K_{Пизм} = [-O_{в} + (П_{в1} + П_{в2})/2] - [-O_{н} + (П_{н1} + П_{н2})/2].$$

Рисунок 24. Определение вертикальности колонн с помощью теодолита и двух рулеток



Предложенное вертикальное проектирование с помощью теодолита и рулеток позволяет определять одновременно вертикальность двух соседних колонн в ряду (рис. 24) [24].

Другой способ вертикального проектирования с помощью теодолита и лазерно-зеркального устройства ЛЗУ позволяет производить необходимые измерения дистанционно (рис. 25, 26) [25].

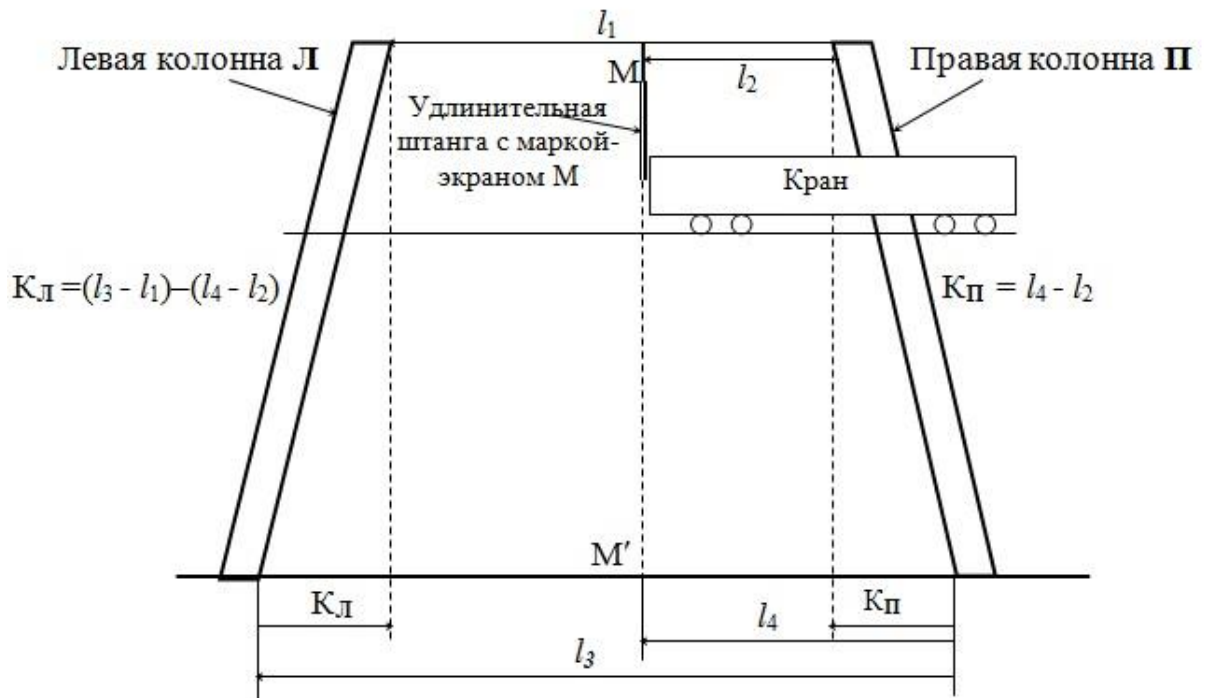


Рисунок 25. Первый вариант способа измерения вертикальности колонн с помощью лазерно-зеркального устройства

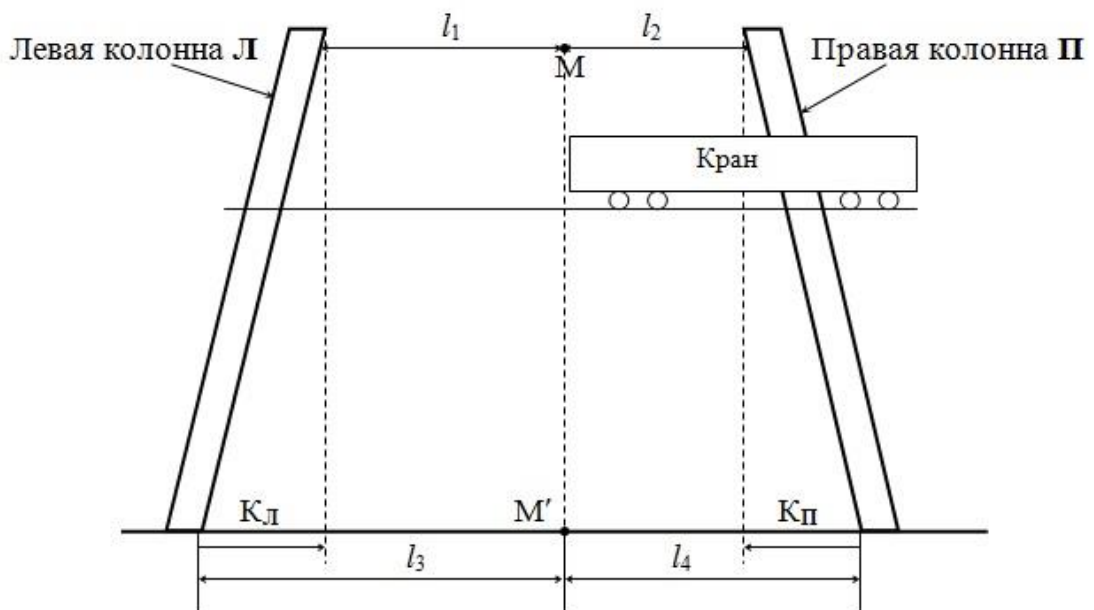


Рисунок 26. Второй вариант способа измерения вертикальности колонн с помощью лазерно-зеркального устройства

Развитием способа бокового нивелирования ряда колонн является предложение, заключающееся в совмещении процесса определения отклонения верха колонн от оси сооружения с контролем расстояния между ними в пролёте с помощью ЛЗУ (рис. 27) [26].

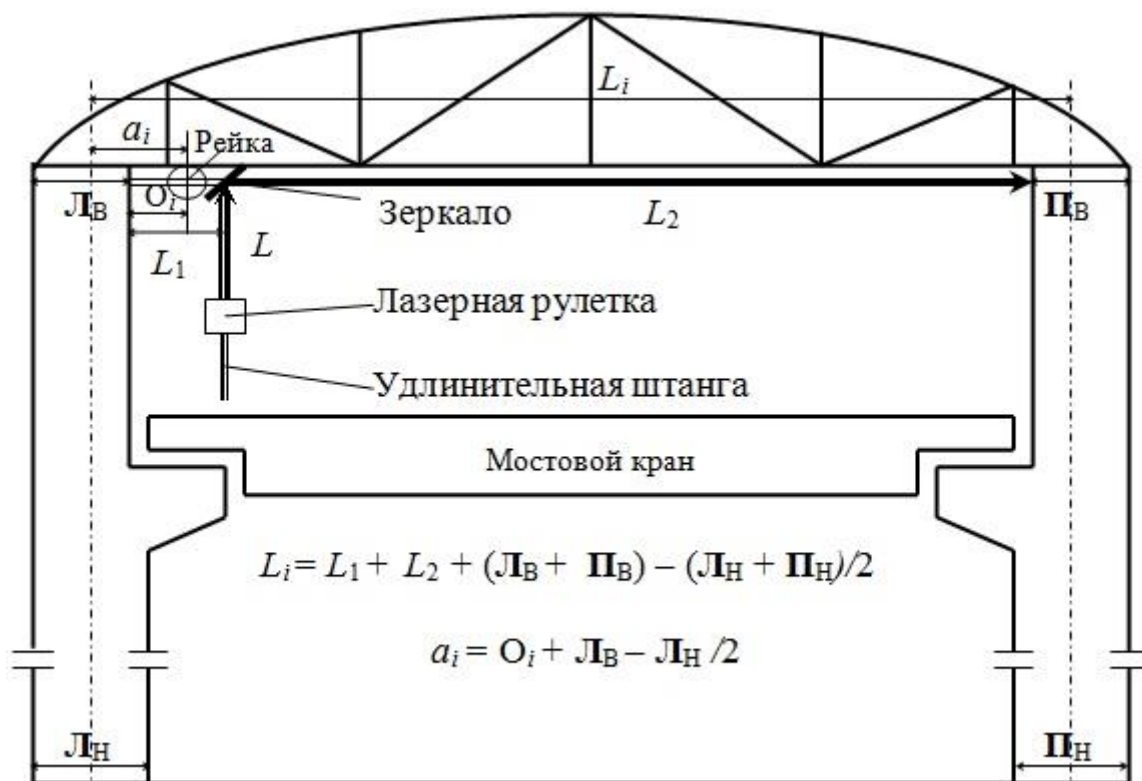
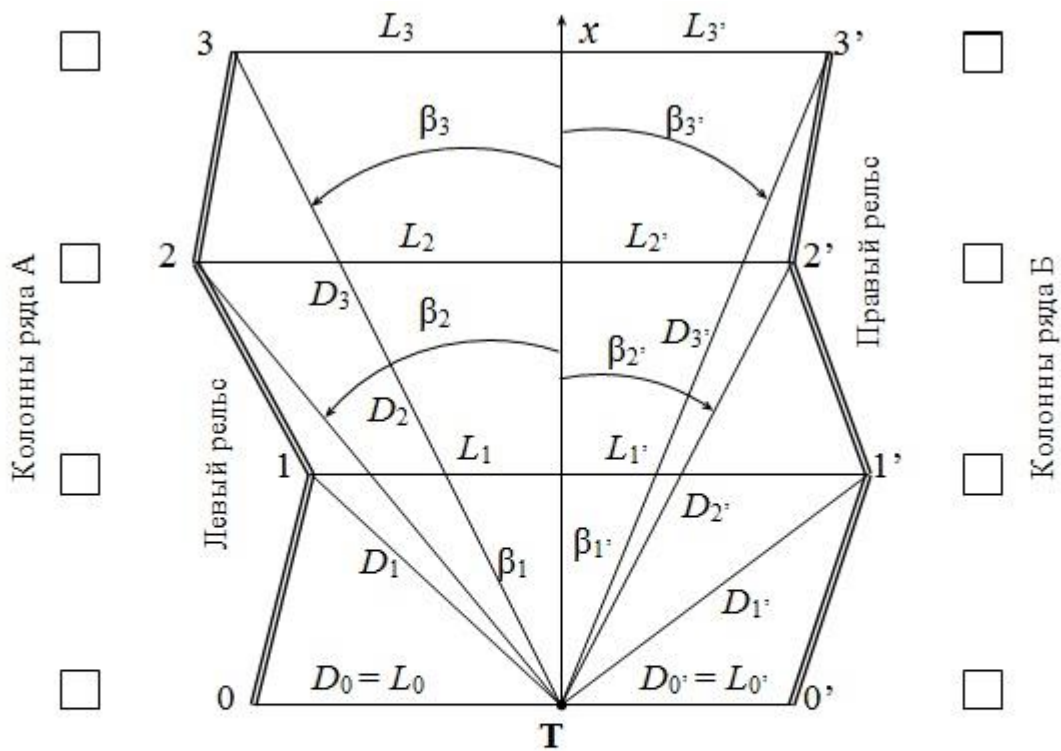


Рисунок 27. Схема к определению приведенных к осям колонн результатов измерений

Рассмотрены различные варианты этого способа с позиций теории ошибок и выполнено его моделирование, показавшее, что по точности он не уступает непосредственному измерению расстояния между колоннами.

Основным недостатком существующих способов непосредственных измерений ширины колеи мостового крана является необходимость выхода наблюдателя на подкрановый путь. Исключить этот недостаток можно, используя способ дистанционных измерений с тормозных площадок крана с помощью лазерно-зеркального устройства ЛЗУ.

Предлагается новый способ контроля пространственного положения путей мостового крана, который позволяет совместить три отдельных операции: определение ширины колеи подкранового пути, определение непрямолинейности рельсов и их нивелирование (рис. 28) [27]. Также показано, как с помощью клавиши ОНР тахеометра можно сразу определить ширину колеи кранового пути, горизонтальное проложение и превышение между противоположными точками рельсов. Разработаны теоретические основы использования цифровых фотокамер для контроля прямолинейности подкрановых рельсов и нивелирования подкранового пути [28].



$$L_{i-i'} = L_i + L_{i'} = D_i \sin \beta_i + D_{i'} \sin \beta_{i'}$$

$$m_L^2 = (\sin^2 \beta_i + \sin^2 \beta_{i'}) m_D^2 + \frac{(D_i^2 \cos^2 \beta_i + D_{i'}^2 \cos^2 \beta_{i'})}{\rho^2} m_\beta^2$$

$$m_L^2 = \frac{L^2}{2D^2} m_D^2 + \frac{4D^2 - L^2}{2\rho^2} m_\beta^2$$

Рисунок 28. Схема линейно-углового способа измерений

Средние квадратические ошибки  $m_L$  для различных значений  $L$  и различных соотношений  $L/D$  представлены на графиках (рис. 29).

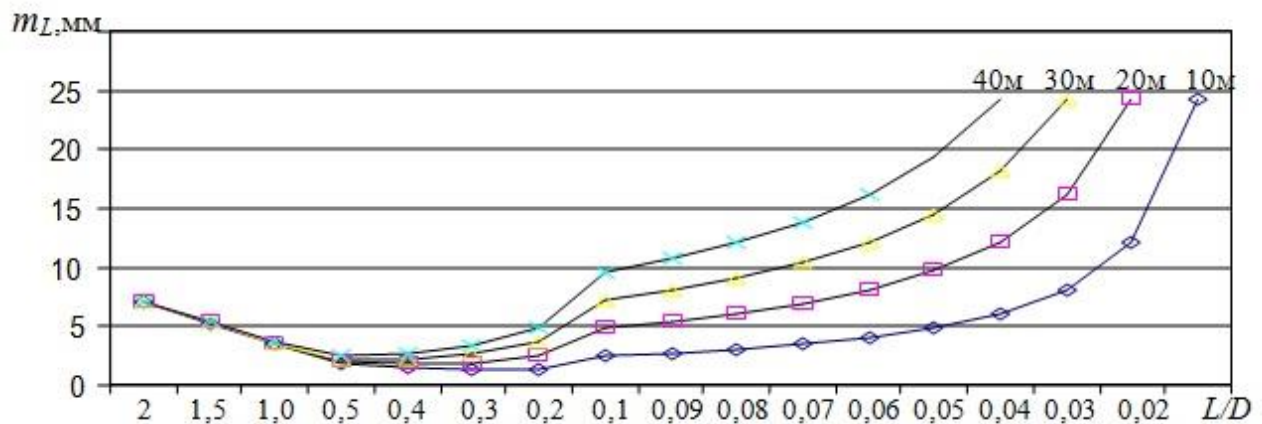


Рисунок 29. Графики зависимости ошибки  $m_L$  от соотношения  $L/D$  для  $m_D = 5$  мм и  $m_\beta = 5''$

Имея такой график для конкретных значений  $L$ ,  $m_D$  и  $m_\theta$ , можно, задавшись требуемой точностью  $m_L$  определения ширины колеи, выбрать наиболее оптимальный вариант соотношения  $L/D$ .

По значениям  $L_0, L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$  и  $L_0', L_1', L_2', L_3', \dots, L_n'$  (рис. 28) могут быть построены графики, характеризующие отклонения осей соответственно левого и правого рельсов от прямой, в данном случае от оси  $x$  (рис. 30).

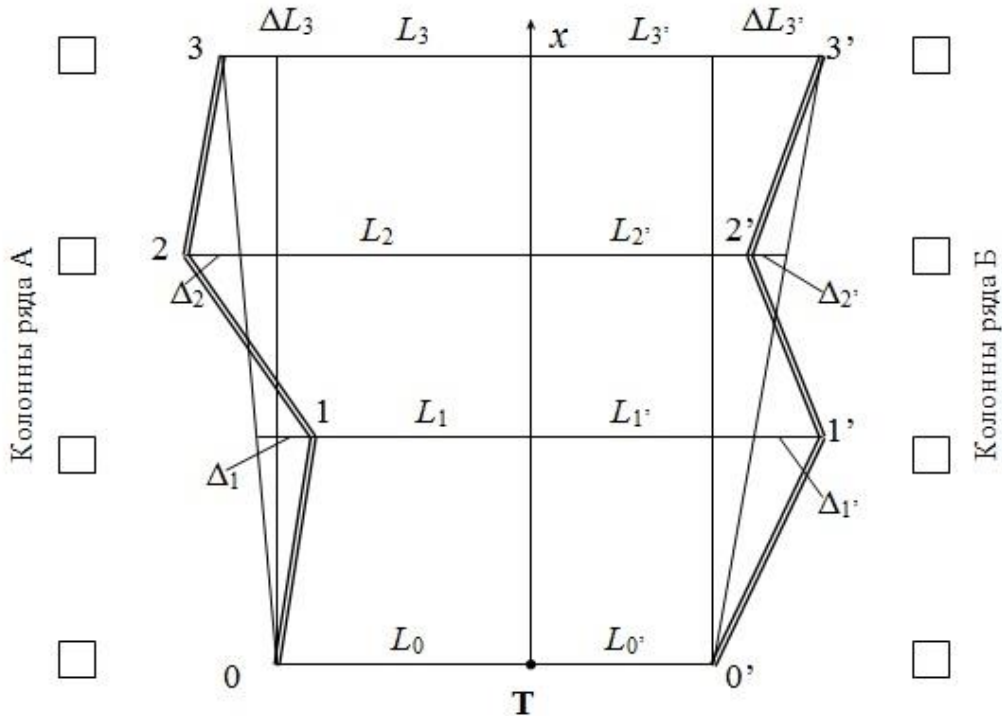


Рисунок 30. Схема к определению прямолинейности рельсов

Главное преимущество разработанного линейно-углового способа состоит в возможности измерения из одной точки стояния прибора только горизонтального проложения, превышения и горизонтального угла. Этого достаточно, чтобы совместить три отдельных операции: определение ширины колеи подкранового пути, определение непрямолинейности рельсов и их нивелирование.

Разработаны два варианта фотографического метода мониторинга геометрии температурных швов и трещин несущих конструкций (рис. 31, 32) [29].

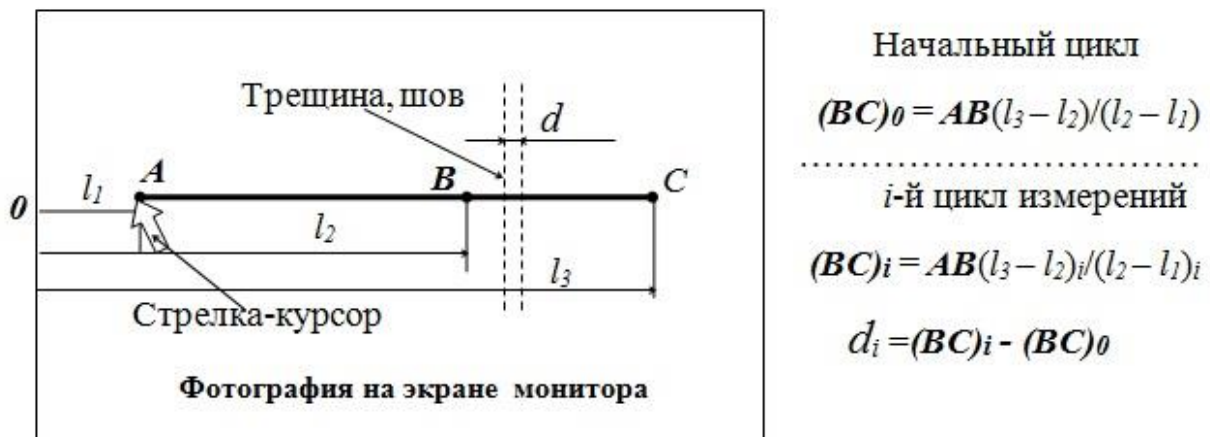
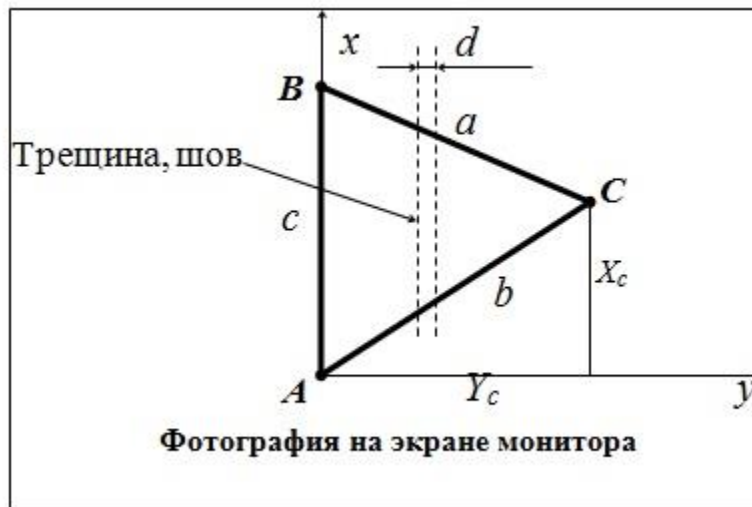


Рисунок 31. Схема использования горизонтальной базы  $AB$



$$X_c = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2c}$$

$$Y_c = \sqrt{b^2 - X_c^2}$$

$$m_x = m \sqrt{\frac{b^2 + a^2}{c^2}}$$

$$m_y = m \sqrt{\frac{b^2 + 2X_c^2}{b^2 - X_c^2}}$$

Рисунок 32. Схема использования вертикальной базы  $AB$

Оба варианта основаны на фотографировании обычной цифровой камерой марок  $A$ ,  $B$  и  $C$  с любой точки, а в обработке могут участвовать снимки любого удобного размера, что подтверждается результатами моделирования и исследованиями с позиций теории ошибок.

Наконец, разработана методика калибровки цифровой фотокамеры по горизонтальному и вертикальному базисам с целью определения расстояний фотографическим способом [30, 31, 32, 33]. Выполненное знаковое моделирование и контрольные измерения доказали состоятельность предлагаемой методики, её простоту и доступность для исполнителей любой квалификации.

В заключение отметим, что полученные результаты позволили вывести способы геодезического контроля пространственного положения строительных конструкций зданий и сооружений на качественно новый этап развития. Он характеризуется, во-первых, разработкой новых дистанционных и фотографических способов такого контроля. Второй его отличительной особенностью являются новейшие технологии использования ручных безотражательных дальнометров, электронных тахеометров, цифровых фотокамер совместимых с персональным компьютером. Третья отличительная черта этапа заключается в создании программного обеспечения существующих и новых способов геодезического контроля, переводящего информацию ЭВМ на язык геометрических образов. Внедрение в учебном процессе и производстве выдвигаемых предложений будет содействовать повышению качества подготовки специалистов и выполняемых ими геодезических работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шеховцов, Г.А. Методические и классификационные аспекты определения деформаций инженерных сооружений / Г.А. Шеховцов, Ю.Н. Раскаткин. Тезисы докл. науч.-пром. форум «Великие реки 2013». – Н.Новгород: ННГАСУ, –2013. – С. 175-177.
2. Раскаткин, Ю.Н. Использование клавиши SDh и ОНР электронного тахеометра при определении деформаций инженерных сооружений / Ю.Н. Раскаткин. Тезисы докл. науч.-пром. форум «Великие реки – 2013». – Н.Новгород: ННГАСУ, – 2013. – 4 с.

IV Международная научно-практическая конференция  
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ»

3. Шеховцов, Г.А. Дистанционные и фотографические способы геодезического контроля пространственного положения строительных конструкций / Г.А. Шеховцов, Ю.Н. Раскаткин. Тезисы докл. науч.-пром. форум «Великие реки 2012». Т.1. – Н.Новгород: ННГАСУ, – 2012. – С. 163-166.
4. Шеховцов, Г. А. Односторонний координатный способ определения крена высоких сооружений башенного типа круглой формы / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова, Ю.Н. Раскаткин // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород, 2012. – № 4. – С. 172-178.
5. Раскаткин, Ю. Н. О точности одностороннего координатного способа определения крена высоких сооружений башенного типа круглой формы / Ю.Н. Раскаткин Сб. трудов аспирантов, магистрантов и соискателей. Том 2. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород. – 2012. – С. 237–240.
6. Шеховцов, Г. А. Результаты моделирования одностороннего координатного способа определения крена сооружений башенного типа круглой формы / Г.А. Шеховцов, Ю.Н. Раскаткин // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород, 2014. – № 1. – С. 156–162.
7. Шеховцов, Г.А. Определение положения и радиуса сечений сооружений башенного типа круглой формы односторонним координатным способом / Г.А. Шеховцов, Ю.Н. Раскаткин, М.М. Шульц // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2012. – № 4. – С. 26-31.
8. Шеховцов, Г.А. Результаты моделирования координатного способа определения центра и радиуса сечений сооружений круглой формы / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова, О.В. Раскаткина // Материалы VII междунар. науч.-практ. конф: Научные исследования: от теории к практике. Чебоксары, 13 март. –2016 г. – №1 (7). – С. 179-187.
9. Шеховцов, Г. А. Экспериментальные исследования координатного способа определения крена промышленных дымовых труб // Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова, Д.П. Ивенин, О.В. Раскаткина // Приволжский научный журнал. Н.Новгород: ННГАСУ, –2016, –№1, – С. 58-64.
10. Раскаткина, О.В. Об определении положения и радиуса сечений сооружений круглой формы координатным способом // О.В. Раскаткина Сб. трудов аспирантов, магистрантов и соискателей. Том 2. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород, – 2016.
11. Шеховцов, Г. А. Перспективы использования фотографического способа определения пространственного положения строительных конструкций инженерных сооружений / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Ю. Н. Раскаткин // «Промышленная безопасность-2012». Сб. статей. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. – 2015. – № 1. – С. 35–38.
12. Шеховцов, Г. А. Односторонний линейно-угловой способ определения крена высоких сооружений с помощью электронного тахеометра / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Ю. Н. Раскаткин // «Промышленная безопасность-2013». Сб. статей. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т – 2013. – С. 58–66.
13. Шеховцов, Г. А. Теоретические основы одностороннего линейно-углового способа определения крена сооружений башенного типа круглой формы и результаты его моделирования / Г. А. Шеховцов, Ю. Н. Раскаткин // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород, 2014. – № 2. – С. 134–140.
14. Шеховцов, Г. А. О точности определения радиуса сооружений круглой формы линейно-угловым способом / Г. А. Шеховцов, Ю. Н. Раскаткин // «Промышленная безопасность-2013». Сб. статей. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. – 2013. – С. 54–57.
15. Раскаткин, Ю. Н. О необходимом количестве слагаемых в формуле для определения радиуса сооружения линейно-угловым способом / Ю. Н. Раскаткин, К. А. Бутырёв. Сб. трудов аспирантов и магистрантов. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород, – 2014, – С. 161–164.
16. Шеховцов, Г. А. Новые способы определения радиуса сооружений круглой формы / Г. А.Шеховцов, Р. П.Шеховцова, Ю. Н. Раскаткин // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород. 2015. – №1. – С. 131–137.

IV Международная научно-практическая конференция  
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ»

17. Шеховцов, Г. А. О косвенных способах определения радиуса сооружений круглой формы и некоторые результаты их моделирования / Г. А. Шеховцов, Ю. Н. Раскаткин // Материалы междунар. науч.-практ. конф. Научное и образовательное пространство: перспективы развития. Чебоксары, 29 нояб. – 2015 г. ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – С. 193-204.
18. Шеховцов, Г. А. Определение радиуса сооружений круглой формы фотографическим способом / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Ю. Н. Раскаткин // «Промышленная безопасность-2012». Сб. статей. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. – 2012. – С. 46–49.
19. Шеховцов, Г. А. Теоретические основы фотографического способа определения радиуса сооружений круглой формы / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Ю. Н. Раскаткин // Приволжский научный журнал. Н.Новгород: ННГАСУ. –2015. – № 3, – С. 198-205.
20. Раскаткин, Ю. Н. О геометрической интерпретации пространственного положения высоких сооружений башенного типа / Ю. Н. Раскаткин, М. И. Огурцов. Сб. трудов аспирантов и магистрантов. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород, – 2014. – С. 164–168.
21. Раскаткин, Ю. Н. О методике и точности определения постоянной слагаемой лазерно-зеркального устройства / Ю. Н. Раскаткин, М. Е. Цыганов. Сб. трудов аспирантов и магистрантов. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород. – 2013. – С. 212–217.
22. Шеховцов, Г. А. Варианты использования лазерно-зеркального устройства при экспертизе промышленной безопасности производственных объектов / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, О. В. Раскаткина // Материалы междунар. науч.-практ. конф: Интеграционные процессы в науке в современных условиях. Т. 2. – Прага, Vydavatel «Osvicnt», Нефтекамск: РИО НИЦ «Мир науки», 2016. – С. 40-52.
23. Раскаткин, Ю. Н. Определение недоступного расстояния электронным тахеометром с использованием клавиши SDh / Ю. Н. Раскаткин // «Промышленная безопасность–2013». Сб. статей. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. –2013. – С. 151–155.
24. Раскаткин, Ю. Н. О новом методе определения крена колонн / Ю. Н. Раскаткин Сб. трудов аспирантов и магистрантов. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород, – 2004. – С. 220–223.
25. Раскаткин, Ю. Н. Лазерно-зеркальный способ контроля вертикальности колонн / Ю. Н. Раскаткин // «Промышленная безопасность–2012». Сб. статей. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. –2012. – С. 186–191.
26. Шеховцов, Г. А. Об одновременном определении соосности колонн здания в ряду и расстояния между ними в пролёте / Г. А. Шеховцов, Ю. Н. Раскаткин // Приволжский научный журнал. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, – 2012. – № 3. – С. 181–187.
27. Раскаткин, Ю. Н. Контроль пространственного положения путей мостового крана с помощью электронного тахеометра и его клавиши SDh / Ю. Н. Раскаткин Сб. трудов аспирантов и магистрантов. / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н.Новгород, 2013. – С. 217–221.
28. Шеховцов, Г. А. Теоретические основы применения цифровых фотокамер для контроля пространственного положения строительных конструкций / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова, Д.П. Ивенин, О.В. Раскаткина // Приволжский научный журнал. Н.Новгород: ННГАСУ, –2016. –№ 2. – С. 41-49.
29. Шеховцов, Г. А. О фотографическом способе наблюдений за трещинами несущих конструкций инженерных сооружений / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова, Ю.Н. Раскаткин // «Промышленная безопасность–2012». Сб. статей. Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. – 2012. – С. 39–45.
30. Шеховцов, Г. А. Некоторые результаты калибровки цифровой фотокамеры / Г.А. Шеховцов, Ю.Н. Раскаткин // Труды науч. конгресса 13-го Российского архит.-строит. форума, 2015. – С. 63-67.

**IV Международная научно-практическая конференция  
« НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ »**

31. Шеховцов, Г. А. Калибровка цифровой фотокамеры с целью измерения расстояний / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Е. В. Попов, Ю. Н. Раскаткин // Приволжский научный журнал. Н.Новгород: ННГАСУ. –2015. – № 4. – С. 131-140.
32. Шеховцов, Г. А. Калибровка цифровой камеры по вертикальному базису с целью измерения расстояний / Г. А. Шеховцов, О. В. Раскаткина // Материалы VII междунар. науч.-практ. конф. Приоритетные направления развития науки и образования. Чебоксары, 04 дек. – 2015 г. ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – №4 (7). – С. 216-222.
33. Шеховцов, Г. А. О методике и результатах калибровки фотокамер с целью измерения расстояний / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова, Ю. Н. Раскаткин // Геодезия и картография. – 2016. – №2. – С. 46-53.