

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ КАРКАСА ГЛАВНОГО КОРПУСА ГРЭС

*Антон Викторович Никонов*

АО «Сибтехэнерго», 630032, Россия, г. Новосибирск, ул. Планировочная, 18/1, кандидат технических наук, ведущий инженер, e-mail: sibte@bk.ru

*Петр Павлович Мурзинцев*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55

В статье приведена краткая характеристика каркаса здания котельного отделения тепловой электростанции. Описана последовательность выполнения геодезических работ при определении пространственного положения несущих строительных конструкций здания с металлическим каркасом.

**Ключевые слова:** электронный тахеометр, деформация строительных конструкций, вертикальность колонн, точность, геодезическая сеть.

## DETERMINATION OF DEFORMATION BY MAIN BUILDING POWER STATION

*Anton V. Nikonov*

Sibtechenergo, 630032, Russia, Novosibirsk, 18/1, Planirovochnaja St., Ph. D., engineer surveyor, e-mail: sibte@bk.ru

*Petr P. Murzintsev*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc. Prof. Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, tel. (383)343-29-55

The article provides a brief description of frame boiler department of power plant. The sequence of execution of geodetic works in the determination of the spatial position of bearing structures of the building with a metal frame are presented.

**Key words:** total station, deformation of building structures, vertical columns, accuracy, geodetic network.

Определение пространственного положения строительных конструкций зданий или сооружений необходимо выполнять в процессе их возведения, после завершения монтажных работ, а также в эксплуатационный период. В первых двух случаях измерения выполняются для оформления исполнительной документации, для контроля соблюдения геометрических параметров зданий. В эксплуатационный период измерения выполняются с целью проверки стабильности положения несущих, а в отдельных случаях и ограждающих конструкций. Нарушение первоначального положения или состояния строительных конструкций (появление прогибов ригелей, балок; отклонение колонн от вертикали; иные деформации элементов строительных конструкций) могут воз-

никнуть в случае ошибок проектирования, при нарушении условий эксплуатации, при возникновении чрезвычайных ситуации природного и техногенного характера (землетрясения, пожары, подтопление грунтов основания и др.), при использовании несогласованных с проектной организацией решений (увеличение нагрузок на перекрытия, ослабление несущих конструкций вырезами и пр.).

Задача по определению вертикальности колонн каркаса главного корпуса и пространственного положения некоторых несущих строительных конструкций возникла на одном из энергетических предприятий. Работы необходимо было выполнить в котельном отделении, располагающемся в осях В-Г-Д-Е / 15÷23. Пролеты В-Г и Д-Е по 12 м, пролет Г-Д – 33 м. Котельное отделение представляет собой пространственный металлический каркас, состоящий из поперечных рам с шагом 12 м (рис. 1). Устойчивость каркаса в поперечном направлении обеспечивается горизонтальными связями на отметках +54,000 м и +102,000 м с передачей нагрузок на вертикальные диафрагмы по 15 и 21 осям. Устойчивость каркаса в продольном направлении обеспечена постановкой блоков вертикальных связей. На каркас котельного отделения в пролетах В-Г-Д-Е на отм. +103,100 м опираются конструкции шатра. Отметка опирания ферм на колонны шатра +117,540 м.

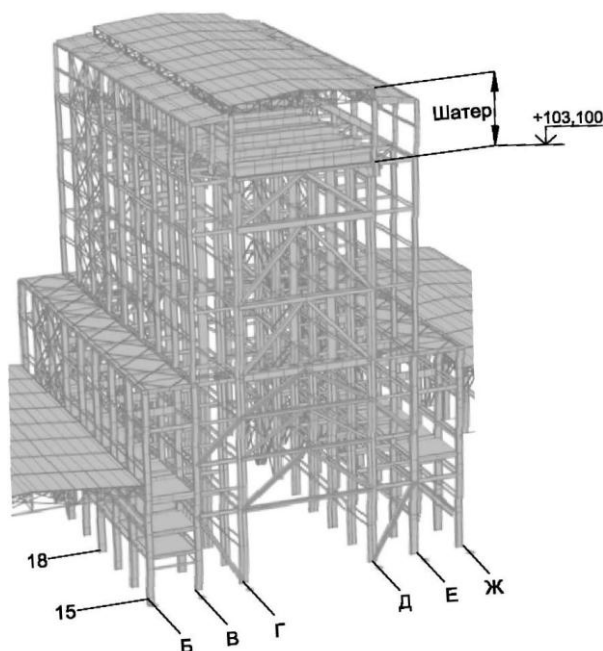


Рис. 1. Схема каркаса котельного отделения главного корпуса

Колонны основного каркаса здания по осям Г, Д – сварные, двутаврового сечения с продольными ребрами; по осям В, Е – сварные из двух широкополочных или сварных двутавров, соединенных листом – стенкой. Колонны шатра – сварные двутаврового сечения. Общая высота здания составляет 122 м (до конька стропильных ферм). Межэтажные перекрытия выполнены на отметках +26,400, +32,800, +43,400, +54,000, +71,600, +90,800, +106,400 м.

Потолочное перекрытие для подвески котлоагрегата с расчетной нагрузкой 33000 тонн расположено в осях Г-Д / 15-21 на отм. +106,400 м. Данное перекрытие включает подхребтовые балки пролетом 12 м, расположенные вдоль осей Г и Д, хребтовые балки пролетом 33 м, опирающиеся на подхребтовые балки, а также горизонтальные и вертикальные связи в их уровне.

Задача по определению вертикальности колонны сводится к нахождению плановых координат характерных точек в нижнем и верхнем ее сечениях. Поскольку на данном объекте высота колонн превышает 100 м, а их сечения не постоянны (меняются с высотой), необходимо определять координаты характерных точек и в промежуточных сечениях. Координаты точек на поверхности колонн в промежуточных сечениях могут быть получены благодаря наличию межэтажных перекрытий, на которых возможно выполнение геодезических измерений.

Рассмотрим технологическую схему определения пространственного положения строительных конструкций каркасного здания (рис. 2). Работы, как правило, выполняют в системе координат строительной площадки.

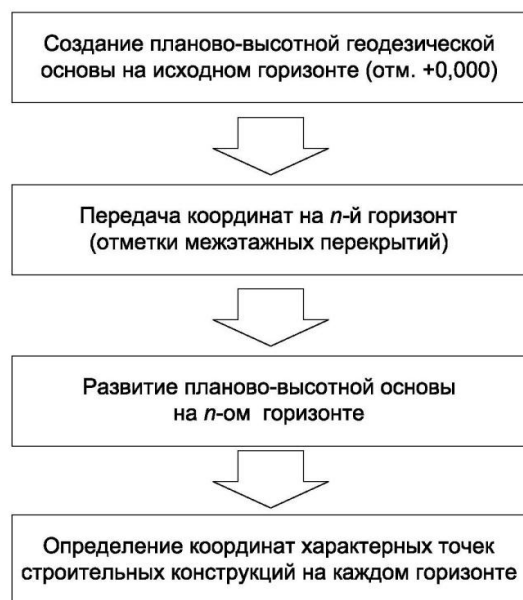


Рис. 2. Технологическая схема выполнения геодезических работ при определении деформаций каркаса промышленного корпуса

В качестве исходных пунктов на нулевом горизонте могут быть использованы сохранившиеся пункты внутренней разбивочной (цеховой) основы [1]. Если пункты цеховой основы пришли в негодность, координаты могут быть переданы в здание от пунктов внешней сети. Высотная сеть внутри главного корпуса представлена осадочными марками, отметки которых известны из последнего цикла высокоточного нивелирования [2]. Отметки марок при необходимости перевычисляют из Балтийской системы высот в строительную систему высот, в которой за ноль принят уровень чистого пола.

Геодезическую основу на исходном горизонте создают методом полигонометрии с применением трехштативной системы, а также применяют различные засечки [3]. Ход полигонометрии выполняют замкнутым и уравнивают, как свободную сеть. Пункты сети закрепляют в полу с помощью дюбелей. Применяют также пленочные отражатели (ОП), размещаемые на стабильных строительных конструкциях.

На следующем этапе необходимо передать координаты созданной сети на верхние уровни. Существуют различные способы передачи координат на монтажные горизонты (наклонного или вертикального проецирования, с использованием отвеса и др. [4, 5]), но их применение в силу местных условий было ограничено или требовало соответствующего инструментария.

Передачу координат (как плановых, так и высоты [6]) на отметки межэтажных перекрытий производили путем обратной линейно-угловой засечки, выполняемой многократно (последовательно на всех межэтажных перекрытиях) [7, 8]. Для передачи использовалось свободное пространство в осях 21-22-23 / Г-Д (см. рис. 3). По оси 23 проходит временный торец здания. Электронный тахеометр размещался вблизи оси Г, его положение определялось из обратной засечки относительно пленочных отражателей, закрепленных на нулевом уровне (рис. 4). Затем полярным способом определялись координаты нескольких точек (ОП) на колоннах и других конструкциях по оси Д на отм. +26,400 м. После этого тахеометр размещался на межэтажном перекрытии (также недалеко от оси Г) на отм. +26,400 м и вновь производилась обратная засечка от точек, расположенных на нулевом уровне и отм. +26,400, после чего координировались точки на более верхнем уровне. Таким образом, последовательно координаты передавались до перекрытия на отм. +106,400 м. Для контроля координаты на верхние уровни передавались второй раз, при установке тахеометра поблизости от оси Д и закреплении пленочных отражателей на конструкциях по оси Г.

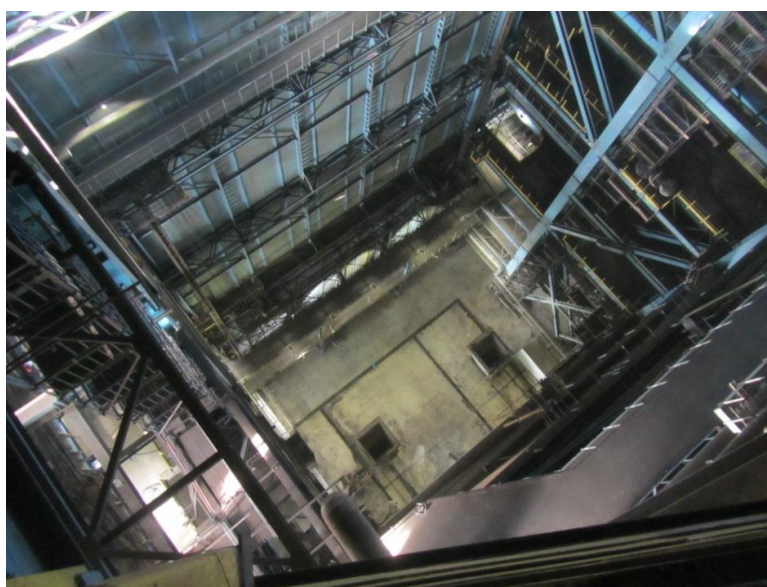


Рис. 3. Вид пролета в осях Г-Д / 21-23 с отм. +71,600

Планово-высотная основа на  $n$ -м горизонте развивалась, как и на нулевом горизонте, путем проложения замкнутого полигонометрического хода (рис. 4). В процессе проложения хода координировались отражатели (ОП), закрепленные на строительных конструкциях.

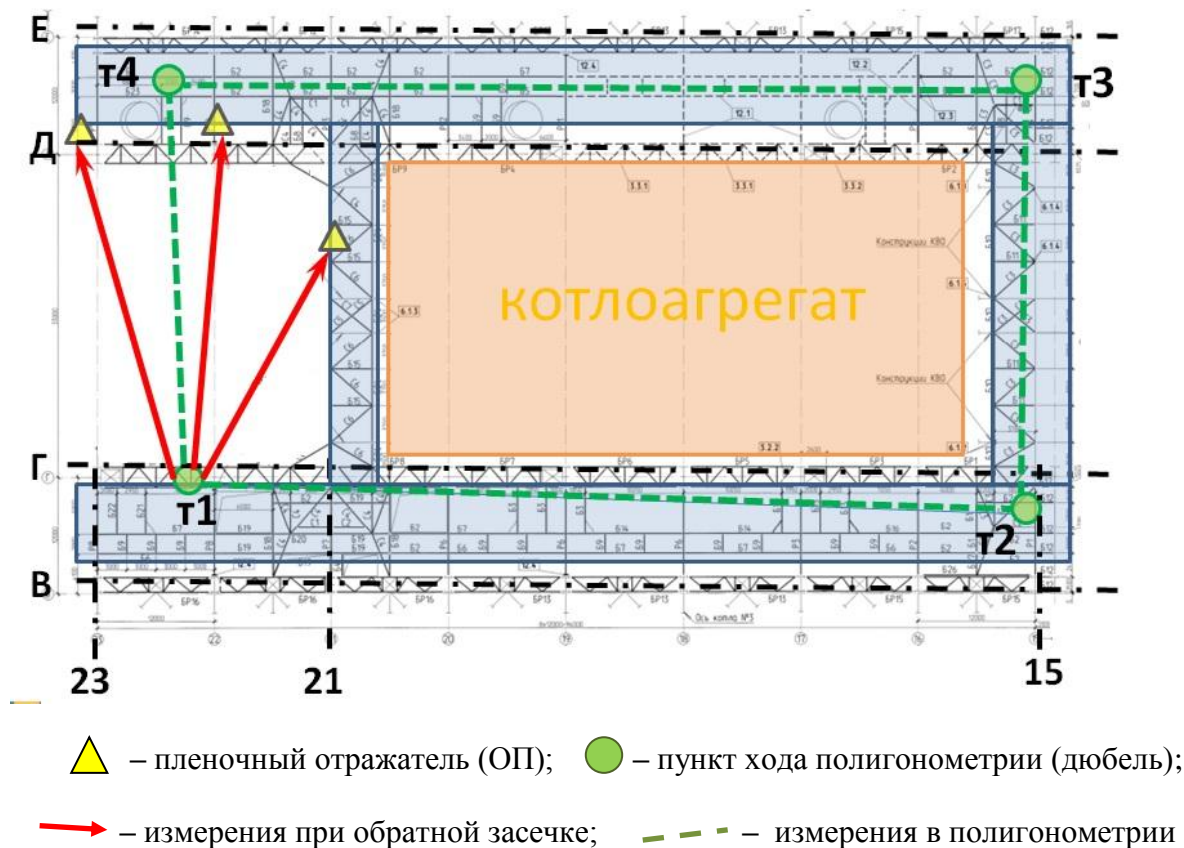


Рис. 4. Схема измерений на  $n$ -м горизонте

Определение положения несущих строительных конструкций, в том числе колонн каркаса главного корпуса, выполнялось полярным способом. Тахеометр размещался в удобном для производства съемки месте, его положение определялось из обратной засечки, после чего выполнялись измерения направления и расстояния до характерной точки на строительной конструкции [9]. При определении вертикальности колонн на полках двутавров с помощью рулетки и маркера намечались центры. Выборочно рулеткой производились замеры сечений колонн, и полученные значения сравнивались с проектными. В отдельных случаях фактические размеры элементов сечений колонн отличались от проектных на 15–20 мм. По этой причине в каждом сечении колонны определялось положение нескольких характерных точек для нахождения в камеральных условиях фактических центров колонн.

Согласно Стандарту [10], отклонение осей колонн от вертикали в верхнем сечении при высоте колонны свыше 35 м допускается на 50 мм. Колонны считаются исправными при величинах отклонений до 35 мм.

Исходя из требований СНиП [11], погрешность измерений в процессе геодезического контроля точности геометрических параметров зданий (сооружений), не должна превышать 0,2 величины отклонений, допускаемых государственными стандартами [13]. Ссылка на не актуализированную версию нормативного документа (СНиП [11]) дается умышленно, в связи с искажением формулировки в Своде правил [12], в котором коэффициент 0,2 применяется лишь к величинам предельных деформаций оснований.

Следовательно, при допустимом отклонении колонн от вертикали  $\Delta_{\text{д}} = 50$  мм, предельная ошибка  $\Delta_{\text{Г}}$  геодезических измерений не должна превышать

$$\Delta_{\text{Г}} < 10 \text{ мм} \quad (1)$$

Тогда средняя квадратическая ошибка определения вертикальности колонны составит  $m=5$  мм.

Принимая ошибки развития обоснования на исходном ( $m_1$ ) и верхнем горизонтах ( $m_2$ ) одинаковыми и равными  $m_1 = m_2 = 2$  мм, ошибку передачи координат на отм. +106,400 путем последовательного выполнения обратной засечки  $m_3 = 4$  мм, а также ошибки собственно съемочных работ на начальном ( $m_4$ ) и верхнем ( $m_5$ ) горизонтах  $m_4 = m_5 = 1$  мм [14, 16], средняя квадратическая ошибка  $m$  определения вертикальности (крена) колонны составит

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2} = \sqrt{2^2 + 2^2 + 4^2 + 1^2 + 1^2} \approx 5 \text{ мм}. \quad (2)$$

Произведенный расчет показывает, что рассмотренная методика выполнения работ по определению вертикальности колонн каркасного здания соответствует по точности требованиям действующих стандартов.

Обратим внимание, что во время работы котлоагрегата разность температур на уровне пола и отметке +106,400 может превышать 40°C, что будет негативно сказываться на точности геодезических измерений. Также при работе в котельном отделении имеют место такие негативные факторы, как вибрация, запыленность, рефракция [15]. Отмеченные внешние факторы могут снизить точность выполняемых геодезических измерений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Создание геодезической основы для строительства объектов энергетики / Г. А. Уставич, Г. Г. Китаев, А. В. Никонов и др. // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 48–54

2. Китаев Г. Г., Никонов А. В. Схема построения высотной сети при наблюдениях за осадками зданий и сооружений на территории ТЭС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Международ. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, марк-

шейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 28–33.

3. Могильный С. Г., Шоломицкий А. А., Фролов И. С. Геодезический мониторинг и проверка металлургического оборудования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013.

Т. 1. – С. 132–143.

4. Сытник В. С., Мубораков Х. Опыт организации геодезических наблюдений за строительством сейсмостойких монолитных зданий повышенной этажности // Геодезия и картография. – 1973. – № 4. – С. 33–38.

5. Нестеренок М. С., Рак И. Е., Вексин В. Н. Эффективность вертикального проецирования осевых точек электронным тахеометром при строительстве зданий и сооружений // Наука и техника. – 2014. – № 5. – С. 35–39.

6. Никонов А. В. Методика тригонометрического нивелирования первого и второго разрядов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 39–45.

7. Никонов А. В. К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 93–100.

8. Никонов А. В., Чешева И. Н., Лифашина Г. В. Исследование влияния стабильности положения геодезической основы на точность обратной линейно-угловой засечки // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 63–70.

9. Демин В. Г., Никонов А. В., Казанков Ю. П. Геодезические методы определения уклонов технологических трубопроводов // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 4 (32). – С. 25–32.

10. СТО 17230282.27.010.001-2007 «Здания и сооружения объектов энергетики. Методика оценки технического состояния». – ОАО РАО «ЕЭС России», 2007. – 179 с.

11. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 28 с.

12. СП 126.13330.2012 «Геодезические работы в строительстве». Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 – М., 2012. – 79 с.

13. Никонов А. В., Никонов В. Г. Современные способы определения кренов промышленных дымовых труб // Геодезия и картография. – 2015. – № 4. – С. 13–21.

14. Никонов А. В. Исследование точности измерения расстояний электронными тахеометрами в безотражательном режиме // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 1 (29). – С. 43–53.

15. Никонов А. В. Особенности применения современных геодезических приборов при наблюдении за осадками и деформациями зданий и сооружений объектов энергетики // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 12–18.

16. Исследования зависимости погрешностей геодезических измерений в продольном и поперечном направлениях относительно визирного луча Ap1 Tracker3 от расстояния / А. В. Полянский, Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, Ю. А. Пупков, Л. Е. Сердаков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 3–6.

© А. В. Никонов, П. П. Мурзинцев, 2017