

## **СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ ВЫСОТНОЙ СЕТИ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ОСАДКАМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ТЭС**

*Геннадий Геннадьевич Китаев*

ОАО «Сибтехэнерго», 630032, Россия, г. Новосибирск, ул. Планировочная, 18/1, главный специалист цеха зданий и сооружений, e-mail: ggkit@mail.ru

*Антон Викторович Никонов*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, e-mail: sibte@bk.ru

В статье рассматриваются некоторые схемы построения высотной сети на территории главного корпуса энергоблока 420 МВт Серовской и Няганской ГРЭС. Даются рекомендации по развитию высотной сети на территории энергопредприятий.

**Ключевые слова:** высокоточное нивелирование, тахеометр, осадка.

## **SCHEME OF HEIGHT NETWORK TO MONITORING BUILDINGS ON POWER PLANTS**

*Gennady G. Kitaev*

Sibrechenergo, 630032, Russia, Novosibirsk, 18/1 Planirovochnya St., Chief specialist of department buildings and structures, e-mail: ggkit@mail.ru

*Anton V. Nikonov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D. student of Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, e-mail: sibte@bk.ru

In article some schemes of creation of a high-rise network in the territory of the main case of the power unit of 420 MW of the Serov and Nyagan GRES are considered. Recommendations about development of a high-rise network in the territory of the power enterprises are made.

**Key words:** precise leveling, total station, vertical displacement.

Геодезические наблюдения за осадками фундаментов и деформациями строительных конструкций зданий и сооружений тепловых электростанций (ТЭС) проводятся в соответствии с положениями Методических указаний [1].

В Указаниях отмечается, что между исходными реперами создается жесткая система основных ходов, а предельное количество штативов основного хода между реперами не должно превышать 14. Данные требования не дают полного представления о порядке и схеме построения нивелирной сети на территории ТЭС. По этой причине некоторые организации, не имеющие опыта работ на энергопредприятиях, при наблюдениях за осадками прокладывают высотные ходы в виде отдельных, не связанных между собой линий, либо применяют методы измерений, не отвечающие требованиям нормативных документов [1, 2]. Например, распространенной ошибкой при наблюдениях за осадками является использование параметров ходов государственного нивелирования I класса. В

частности некоторые исполнители [4] при работе на промплощадке применяют допуск на невязку нивелирного хода  $2\text{мм}\sqrt{L}$ , предельную длину плеч 40 – 50 м, ссылаясь на Инструкцию [3], но при этом, почему то забывают о том, что ходы I класса должны прокладываться одновременно по двум линиям нивелирования. Такая путаница возникает из-за того, что термин «класс» используется как Инструкцией [3], так и ГОСТ [2] – при этом в документах речь идет о совершенно разных по точности и методике выполнения работах. Многими авторами для исключения таких противоречий предлагалось для работ на промплощадке использовать термин «разряд» или термин «инженерное нивелирование» [5-7]. Употребление термина «разряд» закрепилось в гидротехническом строительстве [8, 9], но при актуализации ГОСТ [2] разработчики не посчитали нужным узаконить этот термин для применения его в других областях.

В Руководстве [10] предлагается развивать сеть нивелирных ходов в три ступени: первая ступень – ходы между реперами; вторая ступень – система основных и вспомогательных ходов по осадочным маркам зданий и сооружений; третья ступень – ходы по маркам оборудования. При этом предполагается повышение точности измерений при переходе от 1 к 3 степеням. В действительности на энергопредприятиях выполняется нивелирование только I класса [1], что вполне обосновано. Во-первых, реперы не связывают проложением отдельных ходов, а включают их в сеть полигонов, которые охватывают все здания и сооружения предприятия. Во-вторых, определение осадок фундаментов оборудования выполняется с такой же точностью, что и осадок зданий и сооружений. Например, предельная стрела прогиба фундамента турбоагрегата не должна за межремонтный период превышать 4 мм для плиты длиной 40 м (0,0001) [1], для чего достаточно измерять превышение с СКО на станции  $m_{ст}=0,15$  мм. Наивысшая точность геометрического нивелирования ( $m_{ст}=0,04 – 0,08$  мм) достигается при соблюдении ряда условий: многократность измерений; длина плеч 3 – 6 м; визирование на один и тот же штрих рейки при взгляде «назад» и «вперед» и т.д. Столь тщательно нивелирование выполняется при проведении пуско-наладочных работ на головных образцах турбоагрегатов, например для определения центровок роторов [11], но данные измерения не связаны с измерениями осадок, и поэтому их нельзя считать третьей ступенью нивелирования. Следует отметить, что в условиях действующего предприятия (резкие перепады температуры, вибрация, сильные воздушные потоки) результат измерений при работе вблизи функционирующего оборудования может содержать не выявляемые погрешности [12]. При работе с цифровыми нивелирами в условиях плохой освещенности и вибраций превышения могут содержать непредсказуемые по величине и знаку ошибки [13, 14].

Неправильное понимание сущности разделения ходов на ступени иногда приводит к созданию в главном корпусе нескольких не связанных между собой замкнутых ходов, каждый из которых имеет отдельную связь с репером (рис. 1.) [4].

Такую схему развития сети нельзя назвать рациональной. Превышение между рядом расположенными марками, но входящими в разные ходы может содержать неоправданно большие ошибки, в том числе накопленные в ходах

связи. Висячие ходы в два штатива, хотя и допускаются Указаниями [1], все же должны прокладываться в исключительных случаях, а не использоваться повсеместно.

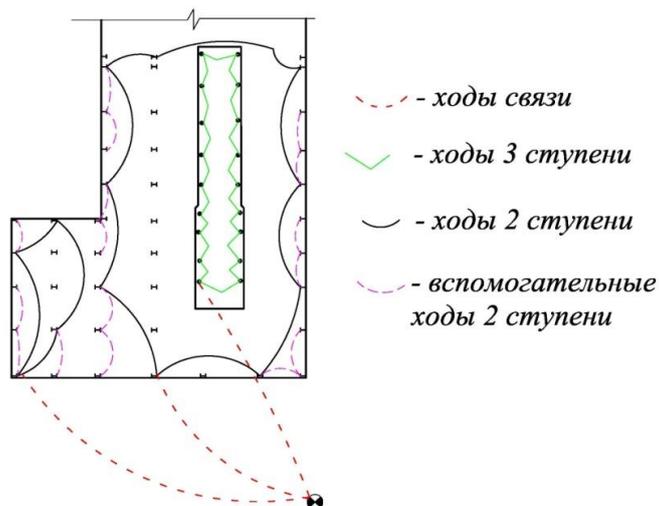


Рис. 1. Фрагмент схемы нивелирования

Применение цифровых нивелиров позволяет записывать данные в память прибора. Однако разветвленная сеть основных и вспомогательных ходов требует введения номера каждой осадочной марки в память прибора, что увеличивает время полевых работ. По этой причине, некоторые исполнители прокладывают по всем маркам сооружения один основной ход, без вспомогательных (висячих) ходов (рис. 2) [15].

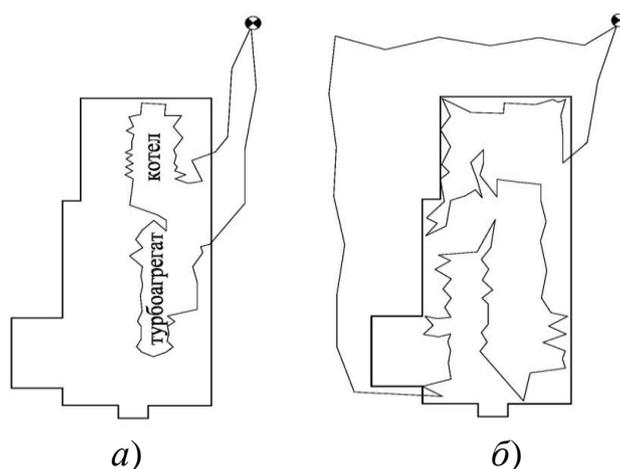


Рис. 2. Принципиальная схема нивелирных ходов на блоке ПГУ-420МВт:

- а) замкнутый ход по маркам оборудования (котел и турбина);
- б) замкнутый ход по маркам на колоннах каркаса главного корпуса

При этом ход по осадочным маркам на котле и в фундаменте турбины (рис. 2, а) прокладывается независимо от хода по маркам на колоннах каркаса

главного корпуса (рис. 2, б). Ход по маркам оборудования состоит из 44 станций, ход по маркам на колоннах из 55 [15]. Столь протяженные ходы не позволяют проводить текущий контроль измерений, т.к. оценить точность работ можно только после замыкания полигона. Если невязка хода будет заметно отличаться от нуля, то для нахождения грубой ошибки придется повторять проложение всего хода или разбивать его на полигоны. Кроме того, протяженные ходы могут содержать большие погрешности, компенсирующие друг друга и невыявляемые по величине невязки.

В конкретном случае [15] нивелирование выполнялось в двух направлениях (прямо/обратно). Отсчеты на станции по задней (З) и передней (П) рейкам брались в следующей последовательности: ЗППЗ, без изменения высоты прибора. При наведении на каждую рейку выполнялось трехкратное взятие отсчетов. Такое большое количество отсчетов (6 по каждой рейке) бессмысленно брать при одном горизонте прибора, так как это не приводит к повышению точности из-за зависимости измерений. Также лишено смысла проложение хода в обратном направлении, так как в ГОСТ [2] указано, что в этом нет необходимости, если ход замкнутый.

На рис. 3 представлена классическая для энергетической отрасли схема нивелирных ходов, показанная на примере главного корпуса энергоблока ПГУ-420 МВт, основанного на парогазовой технологии.

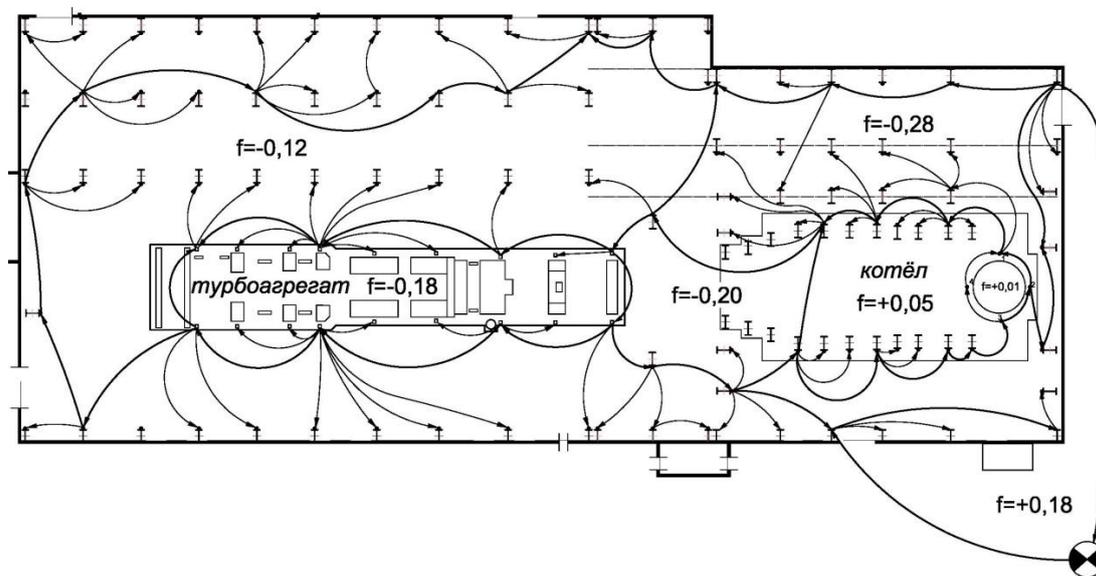


Рис. 3. Схема нивелирных ходов на блоке ПГУ-420 МВт

В конкретном случае невязки полигонов незначительны ( $f < 0,3$  мм) и совместное уравнивание сети не приведет к заметному изменению превышений (после ввода поправок). В случае, если невязка полигона вокруг турбоагрегата заметно меньше, чем в смежных полигонах, целесообразно уравнивать этот полигон как свободный и принимать во внимание только одно связующее превышение для вычисления параметра «абсолютная осадка» [16].

На значительное число марок, установленных на территории действующей электростанции, нет возможности отвесно установить нивелирную рейку длиной 1 м. Это связано с монтажом на колонны каркаса главного корпуса пожарных гидрантов, проведением кабельных линий и т.д. Отметки таких марок могут быть получены тригонометрическим нивелированием с использованием компактных визирных целей [17].

Расчеты и практика показали, что тригонометрическое нивелирование электронными тахеометрами может соответствовать по точности геометрическому [7, 18–22]. При небольших углах наклона визирного луча ( $<3^\circ$ ) минимизируется как влияние ошибок измерения расстояний на результат нивелирования, так и ошибки за наклон рейки. Поэтому, если нивелирование выполняется с использованием реек необходимо визировать на штрих, расположенный приблизительно на уровне вращения зрительной трубы. Для соответствия точности измерений I классу (разряду), при использовании компактных целей следует углы наклона ограничить величиной  $10^\circ$ . Тригонометрическое нивелирование целесообразно применять для измерения отдельных превышений, которые затруднительно определить другими способами из-за стесненных условий производственного цеха.

Выводы :

1. Нивелирная сеть на территории ТЭС должна представлять собой систему замкнутых, примыкающих друг к другу полигонов, включающих исходные реперы. Данная сеть считается однородной по точности, так как все превышения измеряются по одной методике: в два горизонта при длине плеч до 25 м.

2. Сеть основных ходов дополняется вспомогательными ходами в 1 штатив (максимум 2 штатива). Это позволяет уменьшить число превышений в основных ходах и повысить точность передачи отметки от реперов до самых удаленных марок.

3. Отдельные превышения целесообразно измерять методом тригонометрического нивелирования короткими лучами ( $S < 20$  м).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадками фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций. СО 153-34.21.322-2003. – М.: ЦПТИиТО ОРГРЭС, 2005. – 56 с.

2. ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений [Электронный ресурс] : Межгос. стандарт. – Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2014. – 22 с. Режим доступа: <http://standartgost.ru/ГОСТ%2024846-2012#page-1>.

3. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. ГКИНП (ГНТА)–03-010-03.2004. – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 226 с.

4. Производство наблюдений за осадками и деформациями зданий и сооружений энергоблока ПГУ 420 ст.№9 с выделением первого пускового комплекса – энергоблок ст. № 9: информационный отчет № 8 : И-3754-ИГД / ООО «Инженер»; рук. Ковалев С. С.; исполн. Коновалов И. А. [и др.]. – Екатеринбург, 2014. 37 с.

5. Карлсон А. А. О классификации точного нивелирования короткими лучами // Геодезия и картография. – 1993. – № 6. – С. 11–13.

6. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования / Уставич Г. А. и [др.] // Геодезия и картография. – 2004. – № 7. – С. 6–13.

7. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом / Уставич Г. А. и [др.] // Геодезия и картография. – 2013. – № 6. – С. 17–22.
8. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами. – М.: Энергия, 1980. – 200 с.
9. Указания по производству основных геодезических работ на строительстве гидрозвуков (по плано-высотному обоснованию). – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 104 с.
10. Жуков Б. Н. Руководство по геодезическому контролю сооружений и оборудования промышленных предприятий при их эксплуатации. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 376 с.
11. Жуков Б. Н., Уставич Г. А. Определение центровок роторов турбоагрегатов геометрическим нивелированием // Геодезия и картография. – 1977. – № 7. – С. 25–30.
12. Нестеренок В. Ф. О нормировании точности геометрического нивелирования для измерения деформаций // Геодезия и картография. – 1992. – № 3. – С. 16–18.
13. 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.
14. Новоселов Д. Б., Новоселов Б. А. Исследование работы высокоточного цифрового нивелира в условиях недостаточной освещенности // 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. 117–121.
15. О проведении наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений третьего пускового комплекса на территории Няганской ГРЭС за июль 2014 г.: краткий технический отчет : № ВНГРЭС-003 / ОАО «Фортум»; рук. Криницын Г. К.; исполн. Волгин А. Р. [и др.]. – Нягань, 2014. – 116 с.
16. Скрипников В. А., Скрипникова М. А. Исследование точности определения отметок марок при определении осадок фундаментов технологического оборудования // 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. 88–92.
17. Никонов А. В. Конструкция визирной цели для выполнения высокоточного тригонометрического нивелирования // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 2 (26). – С. 19–26.
18. Никонов А. В. Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдений за осадками сооружений // 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. 78–86.
19. Наблюдение за осадками зданий и сооружений способом тригонометрического нивелирования / Ю. И. Беспалов, Ю. П. Дьяконов, Т. Ю. Терещенко // Геодезия и картография. – 2010. – № 8. – С. 8–10.
20. Никонов А. В., Рахымбердина М. Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 16–26.
21. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 26–35.
22. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины при визировании над разными подстилающими поверхностями // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 28–33.