

УДК 528.482.4

## КОНСТРУКЦИЯ ВИЗИРНОЙ ЦЕЛИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНОГО ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

*Антон Викторович Никонов*

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, e-mail: sibte@bk.ru

В статье описана конструкция разработанной визирной цели для выполнения высокоточного тригонометрического нивелирования. С помощью предложенной визирной цели нивелирование может выполнять один исполнитель с ошибкой на станции не более 0,2 мм.

**Ключевые слова:** тригонометрическое нивелирование, визирная цель, тахеометр.

## SIGHTING TARGET CONSTRUCTION FOR HIGH-PRECISION TRIGONOMETRIC LEVELING

*Anton V. Nikonov*

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10, Plakhotnogo St., Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, e-mail: sibte@bk.ru

Construction of the developed sighting target for high-precision trigonometric leveling is described. Due to the offered target, leveling may be conducted by a single operator with station accuracy being 0,2 mm, max.

**Key words:** trigonometric leveling, sighting target.

Методы геометрического и тригонометрического нивелирования, результаты их обработки и интерпретации стали основным инструментарием решения целого ряда современных задач геодезии, геодинамики и строительства [1–8]. Систематические приборные наблюдения за вертикальными перемещениями фундаментов зданий, сооружений и производственного оборудования выполняются с целью определения абсолютных и относительных значений осадок, деформаций и сравнения их с предельными. Выявление недопустимых деформаций позволяет предупредить аварийные ситуации, что имеет особое значение для опасных производственных объектов.

В соответствии с методическими указаниями [9] осадки оснований фундаментов измеряются методом геометрического, тригонометрического или гидростатического нивелирования. Самое широкое распространение получил метод геометрического нивелирования, который позволяет определить взаимное положение по высоте двух точек, расположенных на расстоянии 10–15 м со средней квадратической ошибкой 0,02–0,05 мм [10–13]. Для достижения такой точности необходимо придерживаться требований специальной методики и выполнять измерения тщательно выверенными приборами и приспособлениями. Обычно методом геометрического нивелирования короткими лучами достигается

точность определения превышения на станции 0,15 мм. Наиболее сложно применение метода при нивелировании осадочных марок в промышленных цехах, где на процесс измерений воздействуют такие неблагоприятные факторы, как вибрация, плохая освещенность, электромагнитные поля. Нередко возникают ситуации, когда нет возможности установить рейку на осадочную марку, или единственно возможное место для установки нивелира не отвечает жестким требованиям на равенство плеч. В таком случае оптимально использовать метод тригонометрического нивелирования, высокие точностные возможности которого обоснованы в статье [14].

Тригонометрическое нивелирование может применяться как самостоятельный метод определения осадок [15–18], так и в комбинации с геометрическим нивелированием в наиболее сложных условиях. Нивелирование горизонтальным лучом, как известно, выполняется способом совмещения: клиновидный биссектор наводится на изображение штриха (рис. 1, а). Сетка нитей тахеометра имеет биссектор в виде двух параллельных нитей (рис. 1, б). При увеличении трубы тахеометра  $30^x$  и толщине штриха рейки 1,5 мм биссектрирование может уверенно выполняться при длинах плеч от 7 до 25 м. При работе с тахеометром удобно в качестве визирных целей использовать отражательные пленки (ОП), которые могут наклеиваться на несущие конструкции исследуемых сооружений или использоваться как переносные цели.

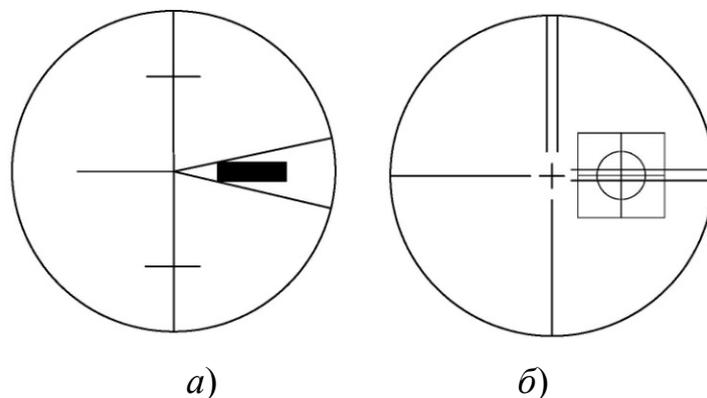


Рис. 1. Принцип бисектрирования:

а) на штрих рейки нивелиром; б) на отражательную пленку тахеометром

На производстве применяются различные конструкции осадочных марок. Например, в работе [19] рассматривается вариант марки из стального уголка (рис. 2). Такую конструкцию нельзя рекомендовать при проведении высокоточных определений, так как место постановки рейки не защищено от коррозии и может быть повреждено.

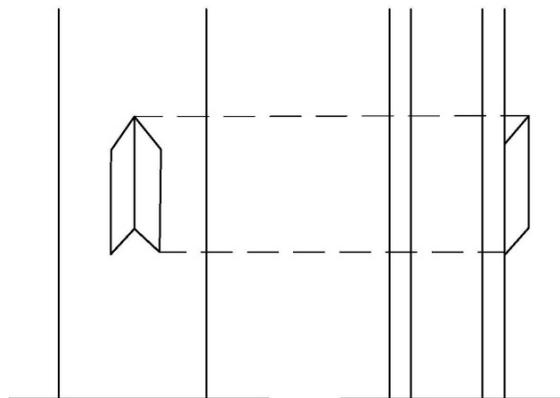


Рис. 2. Осадочная марка из стального уголка

При выполнении наблюдений за осадками фундаментов на Няганской и Череповецкой ГРЭС специалистами ОАО «Сибтехэнерго» на колоннах каркаса главного корпуса и котла были установлены осадочные марки в виде болтов с полусферическими головками, закрываемые защитными колпачками (рис. 3). Благодаря своим небольшим размерам марка данной конструкции может быть приварена на колонне в удобном для наблюдений месте, отвечающем требованиям сохранности. Защитный колпачок защищает опорную поверхность марки от механических повреждений, а солидол – от коррозии. В качестве основания марки применяется стальной брусок с ориентировочными размерами  $40 \times 25 \times 20$ , к которому приваривается болт, например, М16.

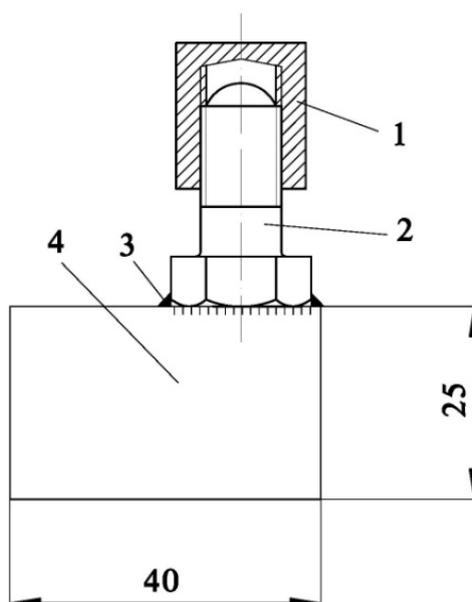


Рис. 3. Осадочная марка:

1 – защитный колпачок; 2 – болт; 3 – сварное соединение; 4 – основание марки

Как отмечалось в статье [20], часто теряется возможность установки рейки на осадочную марку, поэтому нами была разработана конструкция специальной визирной цели (рис. 4) для установки на осадочные марки (см. рис. 3).

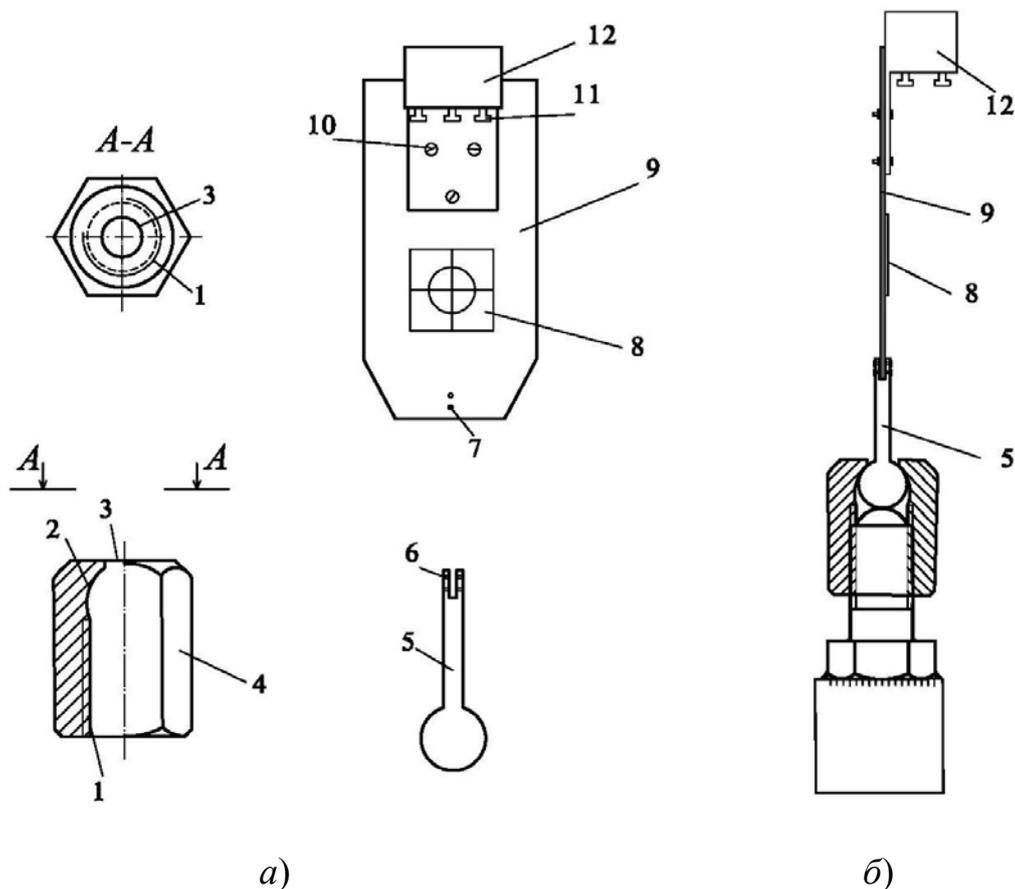


Рис. 4. Конструкция визирной цели:

1 – резьба; 2 – сглаженная поверхность (фаска); 3 – отверстие для стержня; 4 – шестигранник; 5 – шаровой палец; 6, 7 – отверстия для заклепок; 8 – отражательная пленка; 9 – пластина; 10 – закрепительные винты уровня; 11 – юстировочные винты уровня; 12 – круглый уровень

Детально конструкция цели изображена на рис. 4, а. Специально выточенный из стали шаровой палец 5, в хвостовике которого выполнена прорезь для закрепления тонкой металлической пластины, вставляется в отверстие шестигранника 4 с внутренней резьбой. Последний накручивается на болт осадочной марки вместо защитного колпачка. Отверстие в шестиграннике имеет диаметр, несколько меньший, чем диаметр основания шарового пальца, но больший, чем диаметр его стержня, с тем, чтобы обеспечить свободу наклона стержня при приведении его в вертикальное положение. После установки шарового пальца в шестигранник в прорезь стержня вставляется пластина 9, которая жестко скрепляется с ним с помощью заклепок. На пластине винтами 10 закрепляется

круглый уровень 12 с ценой деления 10'–20', а также наклеивается отражательная пленка 8.

Перед измерением превышения собранная конструкция наворачивается на резьбу осадочной марки (рис. 4, б), плоскость отражательной пленки ориентируется перпендикулярно визирной оси инструмента (в горизонтальной плоскости), и пузырек заранее отъюстированного уровня приводится в нуль-пункт, после чего производится окончательная затяжка резьбового соединения (без применения гаечного ключа). При этом шарик шарового пальца прижимается к полусферической головке осадочной марки, касаясь ее в одной точке. Для исключения введения поправок в превышение при работе с парой визирных целей, необходимо наклеивать отражательные пленки на одинаковом расстоянии от шаровых пальцев с точностью, не превышающей точность измерения превышения.

При использовании двух визирных целей (комплекта) предложенной конструкции нивелирование может выполняться одним исполнителем. При изготовлении двух комплектов визирных целей реечник может после установки первой из них сразу приступить к установке второй, пока наблюдатель выполняет измерения на первую. Такая организация работы при выполнении веерообразного нивелирования может заметно ускорить ход работы.

К недостаткам предложенной визирной цели можно отнести ее применимость только с осадочными марками конкретной конструкции. Было изготовлено два опытных образца визирных целей (рис. 5) и проведены пробные измерения.

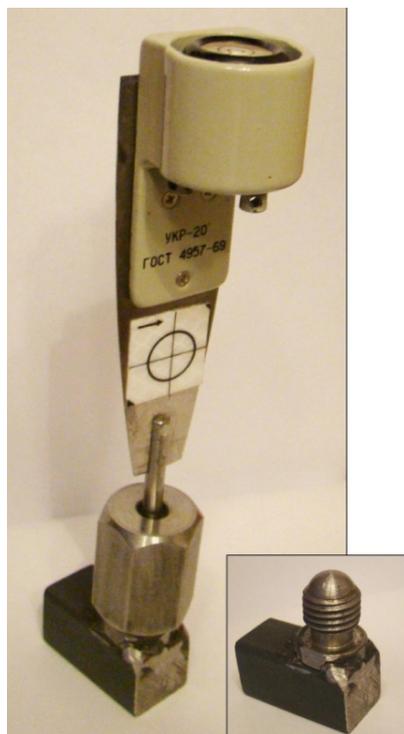


Рис. 5. Фото визирной цели и осадочной марки

Превышение между двумя осадочными марками было измерено 4 раза цифровым нивелиром DiNi0,3 ( $h = 75,86$  мм). Затем превышение было измерено электронным тахеометром Leica TS-02 ( $m_\alpha = 5''$ ) при одном положении круга с двумя наведениями на цель, расположенную на расстоянии 5 м. Превышение с использованием первого образца получилось  $h_1 = 75,9$  мм, с использованием второго –  $h_2 = 75,8$  мм. После установки на осадочные марки нивелирной рейки РН-05 и производства измерений тахеометром на штрих с известной высотой над пяткой (70 мм) были вычислены высоты отражательных пленок над осадочной маркой (постоянные визирных целей). Разница постоянных для двух образцов составила 0,1 мм. Таким образом, при работе сразу с двумя целями можно учитывать разность их высот, если данная величина (0,1 мм) существенна.

Ошибка за наклон визирной цели может быть подсчитана по формулам из работы [21]. Принимая высоту цели  $l = 60$  мм,  $\alpha = 5^\circ$ ,  $\varepsilon = 20'$ , ошибка в превышении составит 0,06 мм. Таким образом, применяя визирные цели предложенной конструкции, можно методом тригонометрического нивелирования короткими лучами измерять превышение между двумя точками с точностью 0,1–0,2 мм. Мы рассмотрели принципиальную схему устройства визирной цели, не указывая размеров ее деталей, так как они зависят от диаметра осадочной марки и могут несколько различаться в каждом конкретном случае. Если приварить осадочные марки к оборудованию, то возможно выставлять его в проектное положение по высоте или следить за его деформациями методом высокоточного тригонометрического нивелирования [22, 23]. На объектах, где нивелирование по осадочным маркам достаточно выполнять с точностью II класса [24], геометрическое нивелирование цифровыми нивелирами со свойственными ему недостатками [20, 25, 26] может быть успешно заменено тригонометрическим нивелированием.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каленицкий А. И., Ким Э. Л. О комплексной интерпретации данных геодезическо-гравиметрического мониторинга техногенной геодинамики на месторождениях нефти и газа // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 3–13.
2. Колмогоров В. Г. К вопросу о возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 9–14.
3. Хасенов К. Б., Гольцев А. Г., Салпышев О. Д. Выверка строительных конструкций с использованием лазерных приборов // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 14–17.
4. Рябова Н. М., Чешева И. Н., Лифашина Г. В. Исследование величины угла  $i$  цифрового нивелира в зависимости от изменения температуры // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 19–24.
5. Падве В. А., Мурзинцев П. П. Нормальные случайные погрешности измерений в геодезических сетях и их МНК-оценки // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 10–16.
6. Лесных Н. Б., Мизин В. Е. Разности повторных измерений как объекты статистического анализа // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 27–30.
7. Лесных Н. Б., Лесных Г. И. О законе распределения линейной функции случайного аргумента // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 27–31.

8. Широкова Т. А., Чермошенцев А. Ю. Исследование точности визирования на точки стереомодели, построенной по космическим снимкам сверхвысокого разрешения, при различном увеличении изображений // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 47–52.
9. 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.
10. Высокоточные геодезические измерения для строительства и монтажа Большого Серпуховского ускорителя / В. Д. Большаков, О. И. Горбенко, О. Д. Климов и др. – М.: Недра, 1968. – 304 с.
11. Геодезическое обеспечение эксплуатации промышленных предприятий / В. Б. Жарников, Б. Н. Дьяков, Б. Н. Жуков и др. – М.: Недра, 1992. – 160 с.
12. Жарников В. Б., Жуков Б. Н. О классах геометрического нивелирования для контроля деформаций // Геодезия и картография. – 1990. – № 9. – С. 22–26.
13. Жуков Б. Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий: монография. – Новосибирск: СГГА, 2003. – 356 с.
14. Пискунов М. Е., Нгуен Ван Дау. Метод высокоточного тригонометрического нивелирования короткими (до 100 м) лучами // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1971. – № 6. – С. 37–48.
15. Ворошилов А. П. Измерение осадок зданий и сооружений электронными тахеометрами // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура», вып. 3. – 2005. – № 13. – С. 37–39.
16. Беспалов Ю. И., Дьяконов Ю. П., Терещенко Т. Ю. Наблюдение за осадками зданий и сооружений способом тригонометрического нивелирования // Геодезия и картография. – 2010. – № 8. – С. 8–10.
17. Никонов А. В. Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдений за осадками сооружений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апреля 2013 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. Т. 1. – Новосибирск : СГГА, 2013. – С/ 78–86.
18. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом / Г. А. Уставич, М. Е. Рахымбердина, А. В. Никонов, С. А. Бабасов // Геодезия и картография. – 2013. – № 6. – С. 17–22.
19. Брайт П. И., Медвецкий Е. Н. Измерение осадок и деформаций сооружений геодезическими методами. – М.: 1959. – 199 с.
20. 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.
21. Пискунов М. Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980. – 248 с.
22. Могильный С. Г., Шоломицкий А. А., Фролов И. С. Геодезический мониторинг и выверка 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.
23. Технологическая схема разбивки и установки круговых рельсовых путей / Г. А. Уставич, Х. К. Ямбаев, В. Г. Сальников, А. В. Никонов // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2013. – № 4. – С. 66–69.
24. Новоселов Б. А., Новоселов Д. Б. Геодезический контроль строительства и эксплуатации корпуса обогатительной фабрики «Распадская» с применением современных технологий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр., 10–20 апреля 2012 г.,

Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 73–78.

25. Новоселов Д. Б., Новоселов Б. А. Исследование работы высокоточного цифрового нивелира в условиях недостаточной освещенности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апреля 2013 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С 117–121.

26. Рябова Н. М. Исследование влияния различной освещенности на отсчеты по рейке // 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. 42–45.

Получено 07.05.2014

© А. В. Никонов, 2014