

УДК 528.024.1/6:528.54

DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-3-63-71

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫМИ НИВЕЛИРАМИ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ШТРИХКODOVЫХ РЕЕК

Валерий Геннадьевич Сальников

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, зав. кафедрой инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (913)932-62-20, e-mail: salnikov@ssga.ru

Выполнение высокоточного геометрического нивелирования короткими лучами с целью обеспечения процесса строительства и эксплуатации инженерных сооружений и применяемого на них промышленного оборудования производится нивелирами с визуальным отсчитыванием или цифровыми нивелирами при значительном влиянии возмущающих воздействий, основными из которых являются влияние вибрации от работающего оборудования, резкий перепад температур воздуха, а также недостаточная и неравномерная освещенность метрических или штрихкодowych реек. Целью данной статьи является совершенствование методики выполнения высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами в условиях недостаточной освещенности штрихкодowych реек. В статье рассматривается влияние недостаточной освещенности штрихкодowych реек на методику работы на нивелирной станции цифровыми нивелирами. Из-за неравномерной и недостаточной освещенности рейки приемное устройство цифрового нивелира (ПЗС-линейка) не позволяет уверенно выполнять считывание штрихкода, его обработку и выдачу на блок индикации отсчета в метрической системе. Поэтому для уверенного выполнения измерения превышения на станции освещенность пары штрихкодowych реек должна быть достаточной, практически одинаковой и равномерной. В статье приводятся результаты исследований применения конструкции штрихкодовой рейки, оснащенной, для обеспечения достаточного и равномерного ее освещения, светодиодами.

Ключевые слова: высокоточное геометрическое нивелирование, цифровой нивелир, штрихкодová рейка, светодиоды, освещенность рейки.

Введение

В настоящее время при выполнении геометрического нивелирования на промышленных площадках широко применяются цифровые нивелиры, обеспечивающие среднюю квадратическую ошибку измерения превышения порядка 0,3–0,5 мм на 1 км двойного хода [1, 2]. Во время выполнения высокоточного геометрического нивелирования возникает целый ряд возмущающих факторов, влияющих на точность нивелирования, к которым относятся рефракция, повышенная температура воздуха, вибрация от действующих механизмов, недостаточная освещенность и т. д. Выполнить качественные измерения под влиянием указанных возмущающих факторов довольно сложно. К настоящему времени выполнен целый ряд исследований влияния указанных факторов [3–6] и даны рекомендации по их значитель-

ному ослаблению. Вместе с тем, с появлением в геодезическом производстве цифровых нивелиров возникает задача обеспечения равномерного освещения штрихкодовой рейки практически по всей ее длине [7]. В противном случае не будет обеспечено уверенное отсчитывание (распознавание кодовых штрихов по рейке), и отчитывающее устройство цифрового нивелира, например, типа Trimble Dini 0.3 на дисплее выдаст ошибку, свидетельствующую о недостаточной освещенности штрихкодовой рейки.

Необходимо отметить, что влияние фактора недостаточной освещенности метрической рейки при использовании нивелиров с визуальным отсчитыванием не является критичным, так как глаз наблюдателя быстро адаптируется к существующему уровню освещенности, причем она может быть различной на отдельных участках этой рейки [8].

Выполненные к настоящему времени исследования показали [7], что обеспечение достаточной освещенности штрихкодовой рейки с помощью ручного фонаря в целом ряде случаев вызывает дополнительные сбои и ошибки, обусловленные работой собственно электронной системы цифрового нивелира. Исследованиями также установлено [8, 9], что предельно допустимый уровень освещенности штрихкодовой рейки с применением ручных фонарей, при котором СКО взятия отчета будет находиться в пределах 0,2–0,5 мм, не должен превосходить 20 люкс. Одновременно с обеспечением необходимой освещенности штрихкодовой рейки помощник геодезиста обязан с помощью круглого уровня установить ее вертикально и удерживать в таком положении в течение 15–20 с.

В течение этого времени помощник геодезиста одной рукой должен непрерывно удерживать штрихкодую рейку в отвесном положении, а другой – этим ручным фонарем освещать ее шкалу. В этом случае, как правило, не удастся круглый уровень удерживать в нуль-пункте, так как приходится поочередно освещать уровень и шкалу рейки. В условиях недостаточной освещенности или ее отсутствия помощник геодезиста, после установки рейки по уровню, интуитивно полагает, что пузырек круглого уровня рейки остается в нуль-пункте, и уделяет свое внимание освещению ручным фонарем рейки. В 20–30 % случаев, после взятия отчета цифровым нивелиром, помощник геодезиста дает команду наблюдателю, что необходимо повторить измерения из-за того, что пузырек

на рейке был смещен относительно нуль-пункта [10].

Также имеют место случаи попадания луча фонаря в глаза помощника геодезиста или наблюдателя, что приводит к временному ухудшению зрительной способности одного или обоих и к увеличению времени на выполнение нивелирования.

В связи с этим автор данной статьи при выполнении нивелирования в условиях недостаточной освещенности или ее отсутствия предлагает для обеспечения равномерного освещения штрихкодовой рейки применять светодиоды. В этом случае значительно упростится работа помощника геодезиста и основное внимание он будет уделять удержанию рейки в отвесном положении, что, в свою очередь, уменьшит число повторных измерений превышения на станции.

Подготовка к эксперименту

Для выполнения экспериментальных исследований применения светодиодов при геометрическом нивелировании была использована метровая светодиодная полоска напряжением 6 вольт, подключенная к блоку питания. Основным источником питания служили 4 щелочные батарейки типа АА, установленные в блок питания. Непосредственно блок питания крепился на обратную сторону рейки.

Светодиодная полоска была наклеена на внутреннюю часть пластикового уголка размером 30 × 30 × 1 000 мм, который крепился на боковую грань рейки (рис. 1).

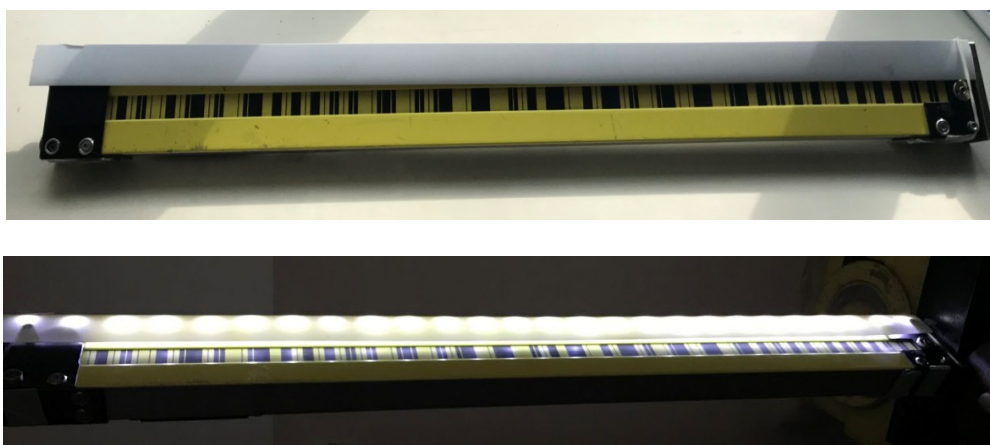


Рис. 1. Схема установки светодиодной полосы на рейке

Согласно (рис. 2, а), 100-процентное распространение света от светодиодов будет направлено на наблюдателя и в объектив цифрового нивелира, что повлечет за собой сбой при взятии отчета. Для уменьшения этого влияния нами применялся пластиковый уголок (рис. 2, б), что при данном расположении распространения луча света от светодиодов на 30–40 % обеспечивает уменьшение освещенности и положительно влияет на взятие отчета цифровым нивелиром. Можно

также расположить светодиодную полосу на самом уголке (рис. 2, з), но это позволит использовать поток света только на 10–20 %.

Автором установлено, что оптимальным местом установки светодиодной ленты является положение (рис. 2, в), при котором поток света используется на 100 % и распространяется параллельно штрихкодовой полосе на рейке, при этом не мешает наблюдателю и не создает засветки при взятии отчета цифровым нивелиром.

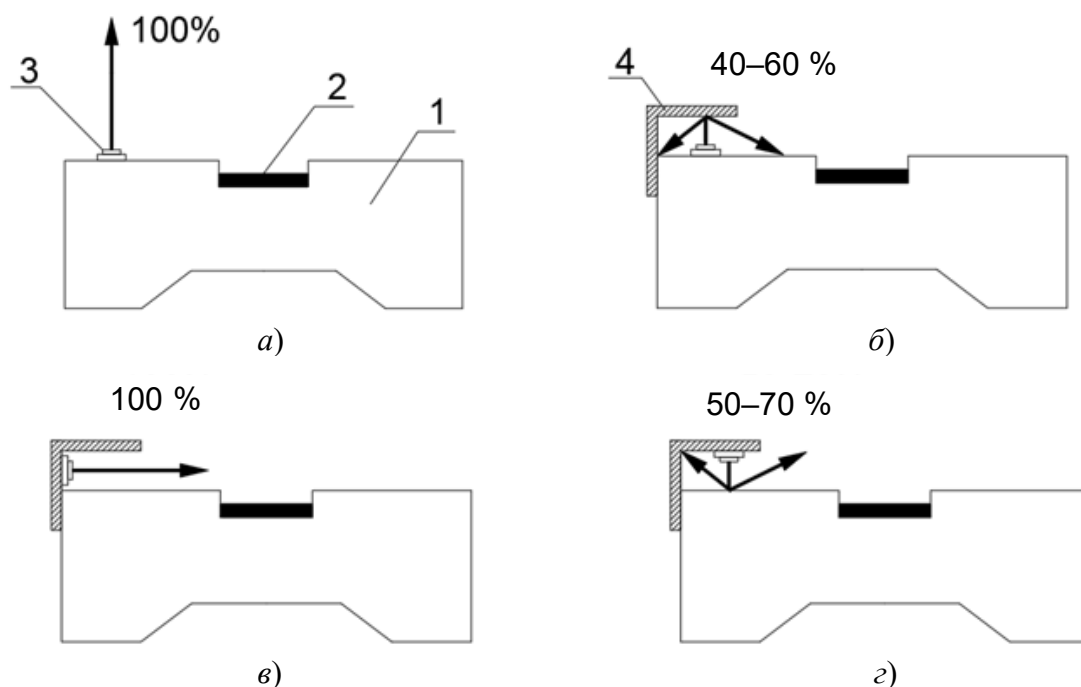


Рис. 2. Схема установки светодиодной полосы на рейке:

а) поток света направлен на нивелир; б) поток света направлен в уголок; в) поток света направлен параллельно штрихкодовой полоске рейки; з) поток света направлен в корпус рейки; 1 – штрихкодвая рейка; 2 – инварная полоса; 3 – светодиодная лента; 4 – пластиковый уголок

Методы и материалы

Исследование проводилось в лабораторных условиях при постоянной температуре плюс 24 °С [11] с применением цифрового нивелира Trimble dini 0.3 и двух двухметровых штрихкодowych реек, на которые были установлены светодиодные полосы (рис. 2, в) с блоками питания. Освещенность измерялась цифровым люксометром SEM DT-1308.

При выполнении наблюдений была использована стандартная программа высокоточного геометрического нивелирования короткими лучами [10, 12–14] с длиной визирного луча 5, 10, 15 и 20 м. Задняя и передняя

рейки были установлены на осадочные марки и на протяжении всего времени оставались неподвижными.

Для определения эталонного превышения использовался высокоточный оптический нивелир Н-05. При выполнении измерений освещенность составила 22–23 люкс. Эталонное превышения измерялось пять раз при двух горизонтах нивелира и длине визирного луча 5,0 м. Нивелирование производилось с использованием основной и дополнительной шкал инварной рейки с отсчитыванием до десятой доли деления отчетного барабана, при этом наведение биссектора на каждый штрих производилось дважды [15, 16].

Измеренное эталонное превышение оказалось равным $h = 1,00 \pm 0,1$ мм. После этого для определения влияния неравномерной и недостаточной освещенности штрихкодовой рейки были составлены четыре программы измерений, представленных на рис. 3.

Первая программа «темно-темно». Данная программа измерений выполнялась при общей освещенности помещения порядка 5–6 люкс [17]. Цифровой нивелир устанавливался на расстоянии 5,0 м от задней и передней реек. На первом этапе выполнения измерений подсветка на рейке была полностью выключена. При выполнении измерений цифровой нивелир выдавал ошибку так как отчетное

устройство при данной освещенности не позволяло производить отчет по рейке. Затем подсветка на задней и передней рейках была включена, и превышение между задней и передней рейками измерялось двенадцать раз со сменой горизонта прибора (табл. 1). Далее вычислялись СКО определения превышения на станции по формуле Бесселя [18]

$$m_{ст} = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}, \quad (1)$$

где v^2 – сумма квадратов вероятных ошибок; n – количество измерений.

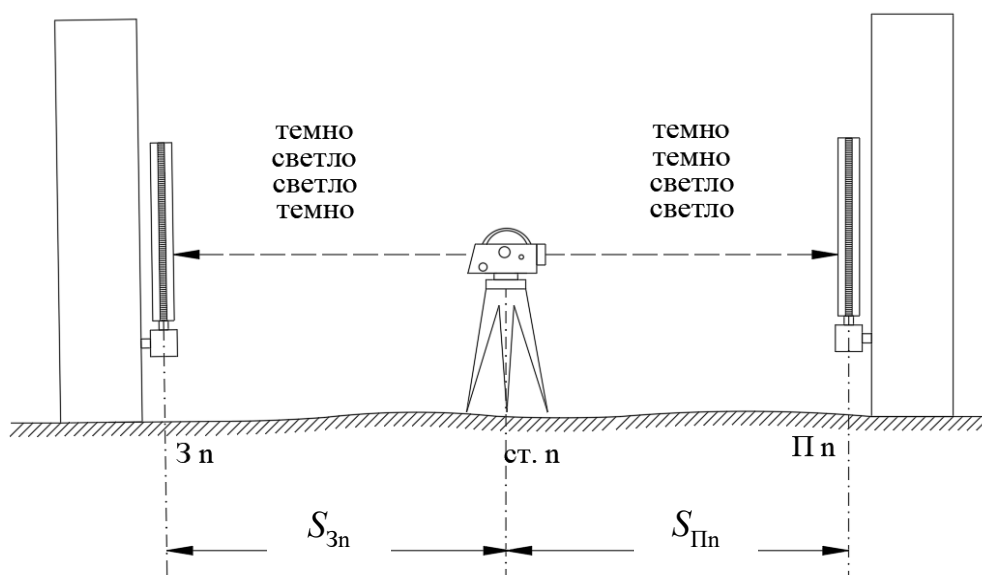


Рис. 3. Схема выполнения измерений

Таблица 1

Программа измерений «темно-темно»

№	S, м		мм	мм	мм
	темно	темно	H	H ср-j	(H ср-j) ²
1	4,89	4,92	1,00	0,04	0,0016
2	4,90	4,90	1,10	-0,06	0,0036
3	4,90	4,90	1,00	0,04	0,0016
4	4,89	4,90	1,00	0,04	0,0016
5	4,89	4,90	1,10	-0,06	0,0036
6	4,90	4,91	1,00	0,04	0,0016
7	4,89	4,91	1,10	-0,06	0,0036
8	4,90	4,92	1,10	-0,06	0,0036
9	4,90	4,90	1,10	-0,06	0,0036
10	4,90	4,90	1,00	0,04	0,0016
11	4,90	4,90	1,00	0,04	0,0016
12	4,89	4,90	1,00	0,04	0,0016
среднее	4,90	4,91	1,04	сумм	0,0290
				m ст	0,05

После этого измерения выполнялись при длине визирного луча 10, 15 и 20 м [19, 20].

Вторая программа «светло-темно». Данная программа измерений контролировалась лампами дневного освещения. Над задней рейкой включалась лампа дневного освещения, освещенность составляла 19–20 люкс, при этом передняя рейка оставалась без включенных ламп дневного освещения и освещенность составила 8–9 люкс. Было установлено, что при освещенности в 8–9 люкс отчетное устройство цифрового нивелира не может взять отчет. Поэтому подсветка на передней рейке была включена, но лампы дневного освещения оставались выключенными. Далее измерения выполнялись по аналогичной программе с установкой цифрового нивелира на расстоянии 5, 10, 15 и 20 м от задней и передней реек.

Третья программа «светло-светло». Данная программа измерений была выполнена с включенными лампами дневного освещения над задней и передней рейками и выключенной светодиодной подсветкой. Далее измерения выполнялись по аналогичной программе с установкой цифрового нивелира на расстоянии 5, 10, 15 и 20 м от задней и передней реек.

И, наконец, при использовании четвертой программы «темно-светло» измерения, как

и во второй программе, контролировались лампами дневного освещения. Задняя рейка оставалась без включенных ламп дневного освещения и освещенность при этом составила 8–9 люкс, а над передней рейкой включалась лампа дневного освещения, обеспечивающая освещенность 19–20 люкс. При освещенности в 8–9 люкс цифровой нивелир также не смог взять отчет и поэтому подсветка на задней рейке была включена, но лампы дневного освещения оставались выключенными. Далее измерения выполнялись с установкой цифрового нивелира на расстоянии 5, 10, 15 и 20 м от задней и передней реек.

Во время выполнения измерений по первой программе, после набора двенадцати превышений, был выполнен умышленный «засвет» ручным фонарем участка задней рейки размером 300 мм. Разность в изменении превышения при умышленном «засвете» составила 0,2 мм.

Результаты

Результаты оценки точности выполненных измерений по четырем программам представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценки точности выполненных измерений

<i>темно</i>	<i>темно</i>	<i>H</i> , мм	Мст, мм
<i>S</i> з, м	<i>S</i> п, м		
4,90	4,91	1,04	0,05
9,86	9,88	1,06	0,05
14,96	14,87	1,49	0,03
19,81	19,84	1,73	0,05
<i>светло</i>	<i>темно</i>		
4,89	4,91	1,07	0,03
10,01	10,03	1,19	0,07
14,96	14,87	1,48	0,05
19,83	19,84	1,74	0,05
<i>светло</i>	<i>светло</i>		
4,89	4,90	1,16	0,05
9,86	9,87	1,06	0,05
14,97	14,87	1,46	0,05
19,81	19,83	1,75	0,05
<i>темно</i>	<i>светло</i>		
4,90	4,91	1,14	0,05
10,01	10,03	1,18	0,04
14,96	14,87	1,46	0,05
19,82	19,84	1,71	0,05

Заключение

По результатам, приведенным в табл. 2, можно сделать следующие выводы:

– с увеличением расстояния от цифрового нивелира до рейки изменяется значение эталонного превышения на 0,5 мм, но СКО измерения превышения на станции остается в пределах от 0,03 до 0,07 мм;

– использование света от светодиодной ленты позволяет выполнять измерения по программе «темно-темно», как при дневном

освещении. Распространение света от светодиодной ленты равномерное и нет «засветок» по штрихкодовой рейке, как при использовании ручного фонаря;

– использование в качестве подсветки светодиодной ленты позволяет помощнику геодезиста сосредоточиться только на установке рейки по круглому уровню;

– разработана оптимальная схема установки светодиодной ленты на рейку, которая позволяет использовать 100 % светового потока от диодов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 10528–90. Нивелиры. Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 29 с.
2. ГКИНП (ГНТА)–03-010-03.2004. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М. : ЦНИИГАиК, 2004. – 226 с.
3. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами / Г. А. Уставич, Е. Л. Соболева, Н. М. Рябова, В. Г. Сальников // Геодезия и картография. – 2011. – № 5. – С. 3–9.
4. Исследование штрих-кодовых реек цифровых нивелиров / Г. А. Уставич, Н. М. Рябова, В. Г. Сальников, А. Н. Теплых // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 3–8.
5. Исследование цифровых нивелиров и реек / Г. А. Уставич, Н. М. Рябова, В. Г. Сальников, М. Е. Рахымбердина // Геодезия и картография. – 2011. – № 4. – С. 9–15.
6. Малков А. Г. Об оценке точности измерения превышений на станции геометрического нивелирования // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск : СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 82–84.
7. 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.
8. Головина Л. А. Зависимость точности нивелирования от освещенности объекта // Инновационное социально ориентированное развитие России : сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции 31 октября 2016 г. – Томск : НОО «Профессиональная наука», 2016. – С. 374–377.
9. 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.
10. Малков А. Г., Брыскин Р. М. Современная методика высокоточного геометрического нивелирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 9 т. (Новосибирск, 23–26 апреля 2019 г.), – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. Т. 1. № 2. – С. 32–38.
11. Никонов А. В., Чешева И. Н., Лифашина Г. В. Влияние перепадов температуры окружающей среды на главное условие цифрового нивелира при наблюдениях за осадками фундаментов зданий и сооружений // Вестник СГУГиТ. – 2016. – № 2 (34). – С. 24–33.
12. Новиков Ю. А., Краев А. Н. Геодезические наблюдения за осадками здания в рамках проведения геотехнического мониторинга // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 1. – С. 28–41.
13. Уставич Г. А., Шаульский В. Ф., Винокурова О. И. Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I, II, III и IV классов // Геодезия и картография. – 2003. – № 8. – С. 5–11.
14. Шоломицкий А. А., Лагутина Е. К., Соболева Е. Л. Высокоточные геодезические измерения при деформационном мониторинге аквапар-

ка // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 45–59.

15. Определение средней квадратической ошибки измерения превышения на станции цифровым нивелиром / А. В. Никонов, Е. Л. Соболева, Н. М. Рябова, Т. М. Медведская // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 77–84.

16. Рахымбердина М. Е. Исследование по совершенствованию высокоточного инженерно-геодезического нивелирования цифровыми нивелирами и электронными тахеометрами : автореф. дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2013. – 24 с.

17. Попов Б. А., Реджепов М. Б. Влияние освещенности территории на точность нивелирования // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства : материа-

лы I международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. – Воронеж : ВГАУ, 2019. – С. 257–261.

18. Нефедова Г. А., Ащеулов В. А. Теория математической обработки геодезических измерений в конспективном изложении : учеб. пособие. – Новосибирск : СГГА, 2009. – 140 с.

19. Шальнева В. Д. Использование программы excel для обработки журнала нивелирования // Инновационное развитие науки и образования : сборник статей VI Международной научно-практической конференции. В 2 ч. – Пенза : МЦНС, 2019. – С. 66–70.

20. Уставич Г. А., Сальников В. Г., Рябова Н. М. Схема полевого высотного станда для поверки системы «цифровой нивелир – штрих-кодовые рейки» // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 51–55.

Получено 13.05.2020

© В. Г. Сальников, 2020

IMPROVEMENT OF HIGH-PRECISION LEVELLING METHOD BY DIGITAL LEVELS IN THE CONDITION OF NON-SUFFICIENT LIGHT INTENSITY OF LINED ROD

Valerij G. Salnikov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Head of Engineering Geodesy and Mining Department, phone: (913)932-62-20, e-mail: salnikov@ssga.ru

The performing of high-precision geometric leveling by short beams with the purpose of control for the process of building and exploitation of engineering structures and industrial equipment is carried out with visual reading levels or digital levels in case there are a lot of disturbance effects, the basic of which are the vibrations of some equipment in operation, rapid temperature changes, and also non-sufficient and irregular light intensity of bar-code or lined rods. The purpose of the article is the improvement of high-precision leveling method performance by digital levels in the condition of insufficient light intensity of bar-code rods. The article considers the influence of insufficient light intensity of bar-code rods on the leveling station work by digital levels. Due to irregular and insufficient light intensity of the rod the receiver of the digital level does not allow to read distinctly the bar-code and to perform its processing and output to the indication unit in metric system. That's why for accurate measurement on the station the light intensity of the rods should be sufficient, nearly similar and regular. The article gives the results of using the rod, equipped with light-emitting diodes to provide its sufficient and regular lighting.

Key words: high-precision geometric leveling, digital level, bar-code rod, light-emitting diodes, light intensity of rod.

REFERENCE

1. Standarts Russian Federation. (2003). GOST 10528-90. Levels. General technical conditions. Moscow: IPK Publ., 29 p. [in Russian].

2. Geodetic, cartographic instructions, norms and regulations. (2004). GKINP (GNTA)–03-010- 03.2004.

Leveling guidelines. Classes I, II, III and IV. Moscow: CNIIGAiK Publ., 226 p. [in Russian].

3. Ustavich, G. A., Soboлева, E. L., Rjabova, N. M., & Sal'nikov V. G. (2011). Study of refraction influence on digital leveling results. *Geodezija i karto-*

grafija [Geodesy and Cartography], 5, 3–9 [in Russian].

4. Ustavich, G. A., Ryabova, N. M., Salnikov, V. G., & Teplykh, A. N. (2010). Study of digital level bar code rods. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(13), 3–8 [in Russian].

5. Ustavich, G. A., Rjabova, N. M., Salnikov, V. G., & Rahymberdina, M. E. (2011). Issledovanie cifrovyyh nivelirov i reek. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 4, 9–15 [in Russian].

6. Malkov, A. G. (2009). About estimation of elevation measurement accuracy on geodetic leveling station. In *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2009. N. 1, ch. 1 [Proceedings of GEO-Siberia-2009: Vol. 1, Part 1]* (pp. 82–84). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].

7. Rjabova, N. M. (2013). Study of different light intensity influence on rod reading. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2013: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodezija, geoinformatika, kartografija, markshejderija [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2013: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 42–45). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].

8. Golovina, L. A. (2016). Dependence of leveling accuracy on light intensity of object. In *Sbornik nauchnyh trudov po materialam I Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii: Innovacionnoe social'no orientirovannoe razvitie Rossii [Collection of Scientific Papers Based on the Materials of the 1st All-Russian Scientific and Practical Conference Innovative Socially Oriented Development of Russia]* (pp. 374–377). Tomsk: NOO "Professional'naja nauka" [in Russian].

9. Novoselov, D. B., & Novoselov, B. A. (2013). Study of high-precision digital level work in conditions of light deficiency. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2013: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodezija, geoinformatika, kartografija, markshejderija [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2013: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 117–121). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].

10. Malkov, A.G., & Bryskin, R. M. (2019). Modern methods of high-precision geometric leveling. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2019: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1, No. 2. Geodezija, geoinformatika, kartografija, markshejderija [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2019: International Scientific Conference: Vol. 1, No. 2. Geodesy, Geoinformatics, Cartog-*

raphy, Mine Surveying] (pp. 32–38). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].

11. Nikonov, A. V., Chesheva, I. N., & Lifashina, G. V. (2016). Influence of environmental temperature changes on the main condition of digital level when surveying foundation settlement of building and structures. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(34), 24–33 [in Russian].

12. Novikov, Ju. A., & Kraev, A. N. (2019). Geodetic survey of building settlement in geotechnical monitoring provision. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(1), 28–41 [in Russian].

13. Ustavich, G. A., Shaul'skij, V. F., & Vinokurova O. I. (2003). Design and development of state leveling technology, I, II, III and IV class. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 8, 5–11 [in Russian].

14. Sholomickij, A. A., Lagutina, E. K., & Soboleva, E. L. (2017). High-precision geodetic measurements in Aquapark deformation monitoring. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(3), 45–59 [in Russian].

15. Nikonov, A. V., Soboleva, E. L., Rjabova, N. M., & Medvedskaja, T. M. (2015). Determination of mean square error of elevation measurement on the station by digital level. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2015: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodezija, geoinformatika, kartografija, markshejderija [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2015: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 77–84). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].

16. Rahymberdina, M. E. (2013). Research for improvement of high-precision engineering-geodetic leveling by digital levels and total stations. *Extended abstract of candidate's thesis*. Novosibirsk, 24 p. [in Russian].

17. Popov, B. A., & Redzhepov, M. B. (2019). Influence of territory light intensity on leveling accuracy. In *Sbornik materialov I mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii fakul'teta zemleustrojstva i kadastrav VGAV: Aktual'nye problemy zemleustrojstva, kadastra i prirodoobustrojstva [Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference of the Faculty of Land Management and Cadastres of the VSAU: Actual Problems of Land Management, Cadastre and Environmental Management]* (pp. 257–261). Voronez: VGPU Publ. [in Russian].

18. Nefedova, G. A., & Ashheulov V. A. (2009). *Teorija matematicheskoy obrabotki geodezicheskikh izmerenij v konspektivnom izlozhenii [Theory of mathematical processing of geodetic measurements*

in summary]. Novosibirsk: SSGA Publ., 140 p. [in Russian].

19. Shal'neva, V. D. (2019). Use of MS Excel for level notes. In *Sbornik statej VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Innovacionnoe razvitie nauki i obrazovanija [Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference Innovative Development of Science and Education]*

(pp. 66–70). Penza: MCNS Publ. [in Russian].

20. Ustavich, G. A., Sal'nikov, V. G., & Rjabova, N. M. (2014). Scheme of field tall testing stand for verification of system "digital level – bar code rods". *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, S/4, 51–55 [in Russian].

Received 13.05.2020

© V. G. Salnikov, 2020