4. Nazarov Yu.P., Gorodetsky A.S., Simbirkin V.N. K problem obespecheniya g[vuchesti stroitelnykh konstruktsiy pri avarijnykh vozdeystviyakh [To the problem of ensuring the survivability of building structures during emergency]. Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2009, no 4, pp. 5 – 9.
5. Krasnoshchekov Yu.V. Raschet karkasnogo zdaniya na progressirujushchee obrushenie pri avarijnom otkaze kolonny [Calculation of a frame building for a progressive collapse in case of emergency failure of a column]. Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2017, no 1, pp. 54 – 58.
6. JCSS Probabilistic Model Code, Zurich: Joint Committee on Structural Safeti, 2001. [www.jcss.byg.dtn.dk].
7. Rganizin A.R. Teoriya rascheta stroitelnykh konstruktsiy na nadegnost [The theory of calculating building structures for reliability]. Moscow. Strojizdat, 1978. 239 p.
8. Raiser V.D. Teoriya nadegnosti sooruzhenij [Theory of the reliability of structures]. Moscow. Izdatelstvo ASV, 2010. 384 p.
9. Spaethe G. Nadegnost nesushchikh konstruktsiy [Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen]. Moscow. Strojizdat, 1994. 288 p.
10. Krasnoshchekov Yu.V., Zapolewa M.Yu. Osnovy proektirovaniya konstruktsiy zdaniy i sooruzhenij [Basics of designing structures of buildings and structures]. Moscow. Infra-Ingenierija, 2018. 296 p.
11. Vall V.N., Gorokhov E.V., Uvarov B.Yu. Usilenie stalnykh karkasov odnoetagnykh proizvodstvennykh zdaniy pri ikh rekonstrukcii [Strengthening the steel frameworks of single-storey industrial buildings during their reconstruction]. Moscow. Strojizdat, 1987. 219 p.
12. Lugin O.V. Veroyatnostnye metody rascheta sooruzhenij [Probabilistic methods for calculating structures]. Moscow. MISI, 1983. 124 p.
13. Kogushko B.P. Otsenka nesushchej sposobnosti proletrykh stroenij expluatiuemykh awtodorognykh mostow [Estimation of bearing capacity of span structures of operated road bridges]. Vestnik KHNADU, 2006, no. 34-35). pp. 76 – 79.
14. Eltsowa V.Yu. Znachenie tekhnicheskikh reglamentow pri obespechenii nadegnosti mostow [The importance of technical regulations while ensuring the reliability of bridges]. Wektor nauki TGI, 2013, no. 3. pp. 164 – 166.

15. Designers' Guide to Eurocode 1: Actions on buildings. EN 1991-1-1 and -1-3 to -1-7. H. Gulvanessian, P. Formichi and J.-A. Calgaro. 978 0 7277 3156 2. Published 2009.
16. Designers' Guide to EN 1990 Eurocode: Basis of structural design. H. Gulvanessian, J.-A. Calgaro and M. Holicky. 978 0 7277 3011 4. Published 2002.
17. MacGregor J.G., Mirza S.A., Ellingwood B. Statistical analysis of resistance of reinforced and prestressed concrete members. Journal of the American Prestressed Concrete Institute. 1983. vol. 80. no. 3. pp. 167 – 176.
18. Venttsel E.S. Teoriya werojatnostej [Probability Theory]. Moscow. Wysshaya shkola, 1999. 576 p.
19. Livshits Ya.D. Primery rascheta gesobetonnykh mostow [Examples of calculation of reinforced concrete bridges]. Kiev. Wishcha shkola, 1986. 263 p.
20. Krasnoshchekov Yu.V. Nauchnye osnovy issledowanij wzaimodejstwiya elementow gelezobetonnykh konstruktsiy [Scientific foundations of research on the interaction of elements of reinforced concrete structures]. Omsk. SibADI, 1997. 276 p.
21. Calgaro, J.-A., Tschumi, M. and Gulvanessian, H. Designers' Guide to EN 1991 for Bridges. Thomas Telford, London. 2009.

Поступила 16.01.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Краснощечков Юрий Васильевич (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5, e-mail: uv1942@mail.ru). Основное направление научной деятельности – взаимодействие элементов конструктивных систем, надежность зданий и сооружений; 160 опубликованных работ.

Krasnoshchekov Y.V. (Russia, Omsk) – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Building Construction", Siberian State Automobile and Highway University – SibADI (644080, Mira, Ave., 5, Omsk, Russia, e-mail: uv1942@mail.ru). The main sphere of scientific research is the collaboration of constructive elements, technical reliability of buildings and constructions. The published researches' number is 160.

УДК 675.72: 528.48: 658.562

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Ю.В. Столбов¹, С.Ю. Столбова², Л.А. Пронина³, А.И. Уваров³

¹ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия;

²ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия;

³ФГБОУ ВО Омский ГАУ, г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Отмечено, что в последнее время вместо СНиП при строительстве дорог применяются их актуализированные редакции – своды правил СП, в которых требования к точности устройства оснований и покрытий значительно повышены. Для обеспечения повышенных требований к точности высотного положения конструктивных слоев оснований и покрытий автомобильных дорог возникает необходимость применения современных геодезических при-

боров (точных оптических нивелиров и электронных тахеометров разной точности).

Материалы и методы. Рассмотрено исследование точности высотного положения (неровностей) поверхности покрытия автомобильной дороги IV категории при устройстве конструктивных слоев с комплектом дорожных машин без автоматической системы задания вертикальных высот и с шагом нивелирования через 10 м.

Результаты. Рассчитаны статистические характеристики и параметры распределения отклонений амплитуд высот поверхности покрытия автомобильной дороги, полученных по результатам измерений, с применением оптического нивелира Н-3 и электронного тахеометра TRIMBLE M3.

Обсуждение и заключение. Установлено, что значения среднеквадратических отклонений амплитуд, полученных с применением оптического нивелира Н-3, и электронного тахеометра, практически одного порядка точности. Следовательно, при строительстве и реконструкции автомобильных дорог IV категории возможно применение электронных тахеометров для обеспечения точности не только планового, но и высотного положения их оснований и покрытий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: точность, высотное положение (неровность), поверхность покрытия, автомобильная дорога, амплитуды вертикальных (высотных) отметок.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных показателей качества современного строительства является точность геометрических параметров конструкций зданий и сооружений. Поэтому при проектировании зданий и сооружений и их отдельных элементов, разработке технологии изготовления элементов и возведении зданий и сооружений следует предусматривать, а в производстве применять необходимые средства и правила технологического обеспечения точности согласно ГОСТ 21778 – 81 [1].

Точность геометрических параметров конструкций зданий и сооружений регламентируются в стандартах (ГОСТах), СНиП, СП и проектно-конструкторской документации. С 1.01.1985 г. основным нормативным документом при строительстве и приемке в эксплуатацию автомобильных дорог был СНиП 3.06.03 – 85 [2]. С 1.01.2013 г. введена в действие актуализированная редакция этого СНиП – свод правил СП 78.13330.2012 [3].

С 01.07.2015 г. СНиПы были отменены. В настоящее время основным нормативным документом при новом строительстве автомобильных дорог является СП 78.13330.2012 [3], а СНиП 3.06.03-85 [2] остается в качестве действующего при реконструкции ранее построенных автомобильных дорог.

В нормативных документах приведены допустимые значения алгебраических разностей (амплитуд) вертикальных (высотных) отметок, т.е. неровностей поверхности покрытия.

С появлением современных измерительных приборов – электронных тахеометров – возникает необходимость исследования их применения при изыскании, строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

Исследования электронных тахеометров,

выполненные в России и за рубежом, показывают, что этими приборами обеспечивается точность нивелирования IV класса при создании геодезических сетей для выполнения топографических работ.

В технической литературе недостаточно освещено применение электронных тахеометров при устройстве конструктивных слоев автомобильных дорог разных категорий.

Исследования по применению электронных тахеометров для нивелирования выполнены в работах Г.А. Уставича, М.Е. Рахымбердиной, А.В. Никонова [4], Г.А. Уставича, Г.Г. Китаева, В.Г. Сальникова, А.В. Никонова. [5], А.В. Никонова [6], [7], [8], [9], [10], [11], А.В. Никонова, М.Е. Рахымбердиной [12], А.В. Никонова, С. А. Бабасова [13], Г.А. Уставича, А.В. Никонова, С.А. Бабасова [14], А.В. Никонова, А.А. Скворцова [15].

В этих работах рассмотрены разработки по совершенствованию технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом, создания геодезической основы на территории строительства объектов энергетики с применением электронных тахеометров, исследования влияния рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами способом из середины.

По результатам исследований точности тригонометрического нивелирования с применением электронных тахеометров защищены кандидатские диссертации М.Е. Рахымбердиной [16], В.Г. Сальникова [17] и А.В. Никонова [18] под руководством проф. Г.А. Уставича при практически равных линиях визирного луча (длин плеч).

В практике строительства и реконструкции автомобильных дорог приходится выполнять геодезические работы при разных длинах

плеч. Поэтому возникает необходимость проведения исследований по применению этих приборов при строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

В настоящей статье рассматривается исследование точности высотных отметок поверхности (неровностей) покрытия левобережной автомобильной дороги IV категории к Красноярскому гидроузлу в Омской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование точности высотного положения поверхности покрытия автомобильной дороги с применением нивелира Н-3 и электронного тахеометра типа TRIMBLE M3.

В соответствии со СНиП 3.06.03 – 85 [2] и межгосударственным стандартом ГОСТ 30412 – 96 [19], действовавшими на момент строительства автомобильной дороги, по завершению устройства оснований и покрытий выполняется оценка неровностей их поверхностей в продольном направлении. Для этого намечаются захватки длиной до 400 м. Показателями неровности покрытия автомобильной дороги являются амплитуды отметок.

Исследования были выполнены на участке дороги с применением оптического нивелира Н-3 и электронного тахеометра типа TRIMBLE M3 (СКП измерения углов 5"). Они проводились с целью определения неровностей поверхности покрытия и возможности использования электронного тахеометра при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. По отметкам, полученным из нивелирования поверхности покрытия автомобильной дороги по левой, правой кромкам и ее центру, вычислены их амплитуды.

Нивелирование участка покрытия автомо-

бильной дороги протяженностью 400 м выполнено при максимальной длине визирного луча $S = 100$ м и шага нивелирования через 10 м с применением этих приборов.

По отметкам, полученным по результатам измерения при применении нивелира Н-3 и электронного тахеометра, определены алгебраические разности (амплитуды) отметок по формуле [19].

$$\delta h_i = \left| \frac{h_{i-1} + h_{i+1}}{2} - h_i \right|, \quad (1)$$

где δh_i – амплитуды этих точек по прямой линии, проходящей через предыдущую ($i-1$) и последующую ($i+1$) точки,

h_i , h_{i-1} и h_{i+1} – относительные отметки точек.

Оценка точности геометрических параметров высотного положения поверхности покрытия (неровностей) выполнена с применением методов математической статистики и теории вероятностей [21].

Статистические характеристики и параметры распределения отклонений амплитуд вертикальных (высотных) отметок поверхности покрытия дорожной одежды, полученных по результатам измерений оптическим нивелиром Н-3 и электронным тахеометром TRIMBLE M3, приведены соответственно в таблицах 1, 2. В них приняты следующие обозначения: N – объем выборки; $\bar{x}$ – среднее арифметическое; M – среднеквадратическая погрешность среднего арифметического; m_m – среднеквадратическая погрешность самой среднеквадратической погрешности; a – математическое ожидание; σ – среднеквадратическое отклонение.

Таблица 1
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА АМПЛИТУД ОТМЕТОК ПОКРЫТИЯ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ПОДЪЕЗДНОЙ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НИВЕЛИРА Н-3

Table 1
STATISTICAL PROCESSING OF AMPLITUDE COVERING OF THE LEFT BANK ROAD,
RECEIVED BY THE USAGE OF THE LEVEL H-3

Интервалы, мм		Частота n_i	Относ. частота w_i	Средина интерв. x_i мм	$n x_i$, мм	$x_i - \bar{x}$, мм	$n(x_i - \bar{x})$, мм	$n(x_i - \bar{x})^2$, мм	$t_1 =$	$t_2 =$	$\Phi(t_1)$	$\Phi(t_2)$	$P(x_i)$
a	b												
-20	-15	7	0,060	-17,5	-122,5	-18,76	-131,32	2463,74	-2,37	-1,81	-0,4912	-0,4649	0,0263
-15	-10	6	0,051	-12,5	-75,0	-13,76	-82,56	1136,14	-1,81	-1,25	-0,4649	-0,3944	0,0705
-10	-5	15	0,128	-7,5	-112,5	-8,76	-131,41	1151,24	-1,25	-0,70	-0,3944	-0,2580	0,1364
-5	0	22	0,188	-2,5	-55,0	-3,76	-82,74	311,14	-0,70	-0,14	-0,2580	-0,0557	0,2023
0	5	25	0,214	2,5	62,5	1,24	30,98	38,40	-0,14	0,42	-0,0557	0,1628	0,2185
5	10	20	0,171	7,5	150,0	6,24	124,79	778,58	0,42	0,97	0,1628	0,3340	0,1712
10	15	17	0,145	12,5	212,5	11,24	191,07	2147,48	0,97	1,53	0,3340	0,4370	0,1030
15	20	5	0,043	17,5	87,5	16,24	81,20	1318,58	1,53	2,09	0,4370	0,4816	0,0446
		N=117	1,0		147,5			9345,30					0,9728

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Доверительный интервал для "а":

$$\bar{x} = 147,5/117 = 1,26 \text{ мм}; \bar{x} - t_q * M < a < \bar{x} + t_q * M, \text{ где } t_q(N = 117; P = 0,95) = 1,98;$$

$$M = 8,98/\sqrt{117} = 0,83 \text{ мм};$$

$$1,26 - 1,98 * 0,83 < a < 1,26 + 1,98 * 0,83 \Rightarrow 0,383 \text{ мм} < a < 2,903 \text{ мм};$$

$$m = \sqrt{9345,3/(117 - 1)} = 8,98 \text{ мм}.$$

$$\text{Доверительный интервал для "σ": } m_m = 8,98/\sqrt{2 * (117 - 1)} = 0,59 \text{ мм};$$

$$m * (1 - g) < \sigma < m * (1 + g), \text{ где } g(N = 117, P = 0,95) = 0,133;$$

$$8,98 * (1 - 0,133) < \sigma < 8,98 * (1 + 0,133) \Rightarrow 7,78 \text{ мм} < \sigma < 10,17 \text{ мм}.$$

Таблица 2
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА АМПЛИТУД ОТМЕТОК
ПОКРЫТИЯ ЛЕВОБОЕРЕЖНОЙ ПОДЪЕЗДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА
Table 2
STATISTICAL PROCESSING OF AMPLITUDE
COVERING OF THE LEFT BANK ROAD,
RECEIVED BY THE USAGE OF THE ELECTRONIC TACHOMETER

Интервалы, мм		Частота n_i	Частость w_i	Средина интерв. x_i мм	$n x_i$, мм	$x_i - \bar{x}$, мм	$n(x_i - \bar{x})$, мм	$n(x_i - \bar{x})^2$, мм	$t_1 =$	$t_2 =$	$\Phi(t_1)$	$\Phi(t_2)$	$P(x_i)$
a	b												
-20	-15	2	0,017	-17,5	-35,0	-18,12	-36,24	656,64	-2,52	-1,91	-0,4951	-0,4719	0,0232
-15	-10	9	0,077	-12,5	-112,5	-13,12	-118,08	1549,13	-1,91	-1,30	-0,4719	-0,4032	0,0687
-10	-5	21	0,179	-7,5	-157,5	-8,12	-170,51	1384,51	-1,30	-0,69	-0,4032	-0,2519	0,1513
-5	0	23	0,197	-2,5	-57,5	-3,12	-71,75	223,84	-0,69	-0,08	-0,2519	-0,0319	0,2200
0	5	28	0,239	2,5	70,0	1,88	52,65	99,00	-0,08	0,53	-0,0319	0,2019	0,2338
5	10	16	0,137	7,5	120,0	6,88	110,09	757,43	0,53	1,14	0,2019	0,3729	0,1710
10	15	14	0,120	12,5	175,0	11,88	166,32	1976,00	1,14	1,76	0,3729	0,4605	0,0876
15	20	4	0,034	17,5	70,0	16,88	67,52	1139,78	1,76	2,37	0,4605	0,4911	0,0306
		N=117	1,0		72,5			7786,32					0,9862

Доверительный интервал для "а": $\bar{x} = 72,5/117 = 0,62 \text{ мм}$

$$\bar{x} - t_q * M < a < \bar{x} + t_q * M, \text{ где } t_q(N = 117; P = 0,95) = 1,98;$$

$$M = 8,19/\sqrt{117} = 0,76 \text{ мм};$$

$$0,62 - 1,98 * 0,76 < a < 0,62 + 1,98 * 0,76 \Rightarrow 0,885 \text{ мм} < a < 2,125 \text{ мм};$$

$$m = \sqrt{7786,32/(117 - 1)} = 8,19 \text{ мм}.$$

Доверительный интервал для "σ":

$$m_m = 8,19/\sqrt{2 * (117 - 1)} = 0,54 \text{ мм};$$

$$m * (1 - g) < \sigma < m * (1 + g), \text{ где } g(N = 117, P = 0,95) = 0,133;$$

$$8,19 * (1 - 0,133) < \sigma < 8,19 * (1 + 0,133) \Rightarrow 7,100 \text{ мм} < \sigma < 9,279 \text{ мм}.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследования установлено, что распределение вычисленных значений амплитуд вертикальных (высотных) отметок в выборках подчинены закону нормального распределения. Кривые эмпирического и теоретического распределения алгебраических разностей (амплитуд) отметок показаны на

рисунке 1, 2. Проверка эмпирического и теоретического распределений амплитуд приведена в таблицах 3, 4. Вычисленные значения критерия согласия К. Пирсона χ^2 не превышают критического предела $\chi_{набл}^2 < \chi_{кр}^2$, поэтому нулевая гипотеза о нормальном распределении амплитуд отметок не отвергается.

Рисунок 1 – Теоретическая и практическая кривые распределения амплитуд отметок покрытия левобережной подъездной автомобильной дороги, полученных при использовании нивелира Н-3
Figure 1 – Theoretical and practical curves of the amplitude distribution on the coating marks of the left-bank access road, obtained by the usage of the level H-3

Рисунок 2 – Теоретическая и практическая кривые распределения амплитуд отметок покрытия левобережной подъездной автомобильной дороги, полученных при использовании электронного тахеометра
Figure 2 – Theoretical and practical curves of the amplitude distribution on the coating marks of the left-bank access road, obtained by the usage of electronic tachometer

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Таблица 3
ВЫЧИСЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ К. ПИРСОНА ДЛЯ ОЦЕНКИ СХОДИМОСТИ ЭМПИРИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
АМПЛИТУД ОТМЕТОВ ПОКРЫТИЯ ЛЕВОБОЕРЕЖНОЙ ПОДЪЕЗДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НИВЕЛИРА Н-3, С НОРМАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

Table 3
CALCULATION OF K. PIRSON'S CRITERION FOR THE ASSESSMENT OF EMPIRICAL DISTRIBUTION
OF AMPLITUDE MARKS OF THE LEFT BANK ROAD COVERAGE, RECEIVED BY THE USAGE
OF THE LEVEL H-3 WITH NORMAL DISTRIBUTION

Интервалы, мм		Частота n_i	Вероятность $P(x_i)$	Теорет. частота $NP(x_i)$	$n_i - NP(x_i)$	$[n_i - NP(x_i)]^2$	$\frac{[n_i - NP(x_i)]^2}{NP(x_i)}$
a	b						
-20	-15	7	0,0263	3,0771	3,923	15,389	5,00
-15	-10	6	0,0705	8,2485	-2,249	5,056	0,61
-10	-5	15	0,1364	15,9588	-0,959	0,919	0,06
-5	0	22	0,2023	23,6691	-1,669	2,786	0,12
0	5	25	0,2185	25,5645	0,564	0,319	0,01
5	10	20	0,1712	20,0304	-0,030	0,001	0,00
10	15	17	0,1030	12,051	4,949	24,493	2,03
15	20	5	0,0446	5,2182	-0,218	0,048	0,01
Сумма		N=117					$\chi^2_{\text{выч}} = 7,84$
<p>При восьми интервалах число степеней свободы $k = 5$.</p> <p>$\chi^2(0,05; 5) = 11,1$.</p> <p>Таким образом, $7,84 < 11,1$. Нулевая гипотеза не отвергается</p>							

Таблица 4
ВЫЧИСЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ К. ПИРСОНА ДЛЯ ОЦЕНКИ СХОДИМОСТИ ЭМПИРИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
АМПЛИТУД ОТМЕТОВ ПОКРЫТИЯ ЛЕВОБОЕРЕЖНОЙ ПОДЪЕЗДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА,
С НОРМАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

Table 4
CALCULATION OF K. PIRSON'S CRITERION FOR THE ASSESSMENT OF EMPIRICAL DISTRIBUTION OF AMPLITUDE
MARKS OF THE LEFT BANK ROAD COVERAGE, RECEIVED BY THE USAGE OF THE ELECTRONIC TACHOMETER
WITH NORMAL DISTRIBUTION

Интервалы, мм		Частота n_i	Вероятность $P(x_i)$	Теорет. частота $NP(x_i)$	$n_i - NP(x_i)$	$[n_i - NP(x_i)]^2$	$\frac{[n_i - NP(x_i)]^2}{NP(x_i)}$
a	b						
-20	-15	2	0,0232	2,7144	-0,714	0,510	0,19
-15	-10	9	0,0687	8,0379	0,962	0,926	0,12
-10	-5	21	0,1513	17,7021	3,298	10,876	0,61
-5	0	23	0,2200	25,74	-2,740	7,508	0,29
0	5	28	0,2338	27,3546	0,645	0,417	0,02
5	10	16	0,1710	20,007	-4,007	16,056	0,80
10	15	14	0,0876	10,2492	3,751	14,069	1,37
15	20	4	0,0306	3,5802	0,420	0,176	0,05
Сумма		N=117					$\chi^2_{\text{выч}} = 3,45$
<p>При восьми интервалах число степеней свободы $k = 5$.</p> <p>$\chi^2(0,05; 5) = 11,1$.</p> <p>Таким образом, $3,45 < 11,1$. Нулевая гипотеза не отвергается</p>							

Среднеквадратическая погрешность амплитуд отметок, полученных при применении оптического нивелира Н-3, составила

$m = 8,98$ мм, а электронного тахеометра – $m = 8,19$ мм.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с пунктом 14.5 СНиП 3.06.03 – 85 [2], действующего на момент строительства автомобильной дороги, 90% определений амплитуд вертикальных отметок должны быть не более 16 мм (при шаге нивелирования 10 м) для дорог IV и V категорий и внутренних дорог промышленных предприятий (при применении комплекта дорожных машин без автоматической системы выдерживания заданных отметок).

На исследуемом участке автомобильной дороги при нивелировании поверхности покрытия с применением нивелира Н-3, 12 из 117 значений амплитуд отметок превышают 16 мм, что составляет 10,3% при 10% определений, регламентированных СНиП 3.06.03 – 85 [2].

Значения среднеквадратических отклонений амплитуд отметок поверхности покрытия автомобильной дороги, полученные по результатам измерений с применением нивелира Н-3 и электронного тахеометра TRIMBLE M3, соответственно составили $\sigma = 10,2$ мм и $\sigma = 9,3$ мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования показали, что полученные значения амплитуд вертикальных (высотных) отметок практически соответствуют требованиям СНиП 3.06.03 – 85 [2]. Значения среднеквадратических отклонений амплитуд, полученных с применением оптического нивелира Н-3 и электронного тахеометра TRIMBLE M3, практически одного порядка точности. По результатам исследования можно констатировать, что при строительстве и реконструкции автомобильных дорог IV категории возможно применение электронных тахеометров для обеспечения точности не только планового, но и высотного положения их оснований и покрытий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения. – Введ. 1980-12-02. М. : Изд-во стандартов, 1981. 9 с.
2. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги: утв. Комитетом Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР). М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 106 с.
3. СП 78.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги. М. : Минрегион России. 2012. 118с.
4. Уставич Г.А., Рахымбердина М.Е., Никонов А.В., Бабасов С.А. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом // Изв. вузов. Геодезия и картография. 2013. № 6. С. 17 – 22.
5. Уставич Г.А., Китаев Г.Г., Никонов А.В., Сальников В.Г. Создание геодезической основы на территории стро-

ительства объектов энергетики // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 4/С. С. 48 – 54.

6. Никонов А.В. Исследование влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами способом из середины // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2014. № 1. С. 28 – 34.

7. Никонов А.В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестник СГГА. 2013. № 2 (22). С. 26 – 35.

8. Никонов А.В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины при визировании над разными подстилающими поверхностями // Вестник СГГА. 2013. № 3 (23). С. 28 – 33.

9. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестн. СГГА. 2013. № 2 (22). С. 26 – 35.

10. 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 : СГГА, 2013. Т. 1. С. 78 – 86.

11. Никонов А.В. Технологические схемы при проложении ходов тригонометрического нивелирования / А. В. Никонов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. С. 77 – 82.

12. Никонов А.В. К вопросу о влиянии вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами // Вестник СГГА. 2014. № 1 (25). С. 12 – 26.

13. Никонов А.В., Рахымбердина М.Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // Вестник СГГА. 2013. № 1 (21). С. 16 – 26.

14. Никонов А.В., Бабасов С.А. Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. С. 71 – 78.

15. Уставич Г.А., Никонов А.В., Бабасов С.А. Методика выполнения обратного тригонометрического нивелирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. С. 51 – 56.

16. Никонов А.В., Скворцов А.А. Исследование влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами в зимних условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. С. 70 – 76.

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

18. Сальников В.Г. Совершенствование методики геодезических измерений для обеспечения строительства и эксплуатации энергетических объектов: автореф. дис. ... канд. техн. Наук. Новосибирск. 2015. 24 с.

19. Никонов А.В. Совершенствование методики тригонометрического нивелирования короткими лучами : автореф. дис. ... канд. техн. Наук. Новосибирск. 2015. 24 с.

20. ГОСТ 30412 – 96. Дороги автомобильные и аэро-

дромы. Методы измерений неровностей оснований и покрытия Введ. 1997.01.01. М.: МНТКС, 1996. 13 с.
21. Столбов Ю.В., Нараев Д.О., Столбова С.Ю. Ис-

следование точности высотного положения поверхности верхнего слоя покрытия автомобильных дорог // Изв. вузов. Сер. Строительство. 2011. № 4. С. 53 – 60.

THE ACCURACY INVESTIGATION OF THE HIGH POSITION OF THE ROAD COVERAGE SURFACE WITH THE DIFFERENT GEODESIC DEVICES' APPLICATION

Y.V. Stolbov, S.Y. Stolbova, L.A. Pronina, A.I. Uvarov

ABSTRACT

Introduction. The updated wording of the rulebooks SP apply instead of the SNiP for the road construction last time, in which the accuracy requirements of the device bases and pavements is greatly increased. To ensure high requirements to the accuracy of vertical position of the structural layers of bases and covers roads there is a need of application of modern surveying instruments (precision optical levels and electronic total stations with different accuracy).

Materials and methods. The research of the vertical position accuracy (unevenness) of the coating roads surface in IV category at the constructive layers' device is observed with the road vehicles without an automatic system of vertical heights and with the leveling step through 10 m.

Results. The calculated statistical characteristics and parameters for the deviations' distribution of the amplitudes on the pavements' surface elevation, which are obtained according to the measurement results, are used on the N-3 optical level and on the TRIMBLE M3 electronic total station.

Discussion and conclusion. The standard deviations' values of the amplitude, which are obtained by the N-3 optical level's usage and by the electronic total station's usage, remain on the same accuracy order. Therefore, the usage of the electronic total stations for the accuracy ensuring is planned also on the vertical position of their bases and pavements.

KEYWORDS: accuracy, altitude (roughness), surface coverage, road, amplitudes of the vertical (high-rise) marks.

REFERENCES

1. GOST 21778-81 (ST SEV 2045-79). Sistema obespecheniya tochnosti geometricheskikh parametrov v stroitel'stve [System for ensuring the accuracy of geometric parameters in construction]. Osnovnye polozheniya. Enter. 1980-12-02. Moscow, Publishing Standards, 1981. 9 p.
2. SNiP 3.06.03-85. Avtomobil'nye dorogi: utv [Highways]. Komitetom Soveta Ministrov SSSR po delam stroitel'stva. - Moscow/ 1985. 106 p.
3. SP 78.13330.2012 Aktualizirovannaya redakcija [Updated version of] SNiP 3.06.03-85. Avtomobil'nye dorogi [Highways]. Moscow, Ministry of Regional Development of Russia, 2012. 118 p.
4. Ustavich G.A., Rakhymberdina M.E., Nikonov A.V., Babasov S.A. Razrabotka i sovershenstvovanie tehnologii inzhenerno-geodezicheskogo nivelirovaniya trigonometricheskimi sposobom [Development and improvement of engineering-geodetic leveling by the trigonometric method]. Geodesy and cartography. 2013, no. 6, pp. 17 – 22.
5. Ustavich G.A., Kitaev G.G., Nikonov A.V., Sal'nikov V.G. Sozdanie geodezicheskoy osnovy na territorii stroitel'stva obektov jenergetiki [Creation of a geodetic base in the territory of construction of energy facilities]. Izv. universities. Geodesy and aerial photography. 2013, no. 4 / C, pp. 48 – 54.
6. Nikonov A.V. Issledovanie vlijaniya vertikal'noj refrakcii na rezul'taty trigonometricheskogo nivelirovaniya korotkimi luchami sposobom iz serediny [Investigation of the influence of vertical refraction on the results of trigonometric leveling by short beams from the middle]. Izv. universities. Geodesy and aerial photography, 2014, no. 1, pp. 28 – 34.
7. Nikonov A.V. Issledovanie tochnosti trigonometricheskogo nivelirovaniya sposobom iz serediny s primeneniem jelektronnykh taheometrov [Investigation of the accuracy of trigonometric leveling in a way from the middle with the use

of electronic tacheometers]. Vestnik SSGA. 2013, no. 2 (22), pp. 26 – 35.

8. Nikonov A.V. Issledovanie tochnosti trigonometricheskogo nivelirovaniya sposobom iz serediny pri vizirovanii nad raznymi podstilajushimi poverhnost'jami [Investigation of the accuracy of trigonometric leveling in a way from the middle of the viewing over different underlying surfaces]. Bulletin of SSGA. 2013, no. 3 (23), pp. 28 – 33.

9. Nikonov A.V. Issledovanie tochnosti trigonometricheskogo nivelirovaniya sposobom iz serediny s primeneniem jelektronnykh taheometrov [Investigation of the accuracy of trigonometric leveling by a method from the middle with the use of electronic tacheometers]. Vestn. SSGA. 2013, no. 2 (22), pp. 26 – 35.

10. Nikonov A.V. Opyt primeneniya trigonometricheskogo nivelirovaniya s ispol'zovaniem jelektronnykh taheometrov dlja nabljudenij za osadkami sooruzhenij [Experience of trigonometric leveling using electronic tacheometers for observations of sediments of structures]. Interexpo GEO-Sibir-2013. IX Intern. sci. congress. : Intern. sci. Conf. "Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying": Sat. materials in 3 tons. Novosibirsk, SSGA, 2013, T. 1, pp. 78 – 86.

11. Nikonov A.V. Tehnologicheskie shemy pri prolozhenii hodov trigonometricheskogo nivelirovaniya [Technological schemes for the construction of trigonometric leveling movements]. Interexpo GEO-Sibir-2014. X Intern. sci. congress. : Intern. sci. Conf. «Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying»: Sat. materials in 2 tons. Novosibirsk, SSGA, 2014, T. 1, pp. 77 – 82.

12. Nikonov A.V. K voprosu o vlijanii vertikal'noj refrakcii na rezul'taty trigonometricheskogo nivelirovaniya korotkimi luchami [On the influence of vertical refraction on the results of trigonometric leveling by short rays]. Vestnik SSGA. 2014, no. 1 (25), pp. 12 – 26.

13. Nikonov A.V., Rahymberdina M.E. Issledovanie tochnosti izmerenija prevyshenij jelektronnym taheometrom vysokoj tochnosti v polevyh usloviyah [Investigation of the Accuracy of Measurement of Exceeds by an Electronic Total Station in High Field Accuracy]. Vestnik SSGA. 2013, no. 1 (21), pp. 16 – 26.

14. Nikonov A.V., Babasov S.A. Issledovanie trigonometricheskogo nivelirovaniya v polevyh usloviyah [Investigation of trigonometric leveling in field conditions]. Interexpo GEO-Sibir-2013. IX Intern. sci. congress. Intern. sci. Conf. «Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying». Sat. materials in 3 tons. Novosibirsk, SSGA, 2013, T. 1, pp. 71 – 78.

15. Ustavich G.A., Nikonov A.V., Babasov S.A. Metodika vypolneniya obratnogo trigonometricheskogo nivelirovaniya [A technique for performing inverse trigonometric leveling]. Interexpo GEO-Siberia-2014. X Intern. sci. Congress. Intern. sci. Conf. «Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying». Sat. materials in 2 tons. Novosibirsk, SSGA, 2014, T. 1, pp. 51 – 56.

16. Nikonov A.V., Skvortsov A.A. Issledovanie vliyanija vertikal'noj refrakcii na rezul'taty trigonometricheskogo nivelirovaniya korotkimi luchami v zimnih usloviyah [Investigation of the influence of vertical refraction on the results of trigonometric leveling by short rays in winter conditions]. Interexpo GEO-Siberia-2014. X Intern. sci. congress. Intern. sci. Conf. «Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying». Sat. materials in 2 tons. Novosibirsk, SSGA, 2014, T. 1, pp. 70 – 76.

17. Rahymberdina M.E. Issledovanie po sovershenstvovaniyu vysokotochnogo inzhenerno-geodezicheskogo nivelirovaniya cifrovymi nivelirami i jelektronnymi taheometrami. Avtoref. cand., dis. [Research on the improvement of high-precision engineering-geodetic leveling by digital levels and electronic total stations. Avtoref. cand. dis.]. Novosibirsk, 2013. 24 p.

18. Sal'nikov V.G. Sovershenstvovanie metodiki geodezicheskikh izmerenij dlja obespecheniya stroitel'stva i jekspluatatsii jenergeticheskikh obektov. Avtoref. cand., dis. [Perfection of the method of geodetic measurements to ensure the construction and operation of power facilities. Avtoref. cand. dis.]. Novosibirsk, 2015. 24 p.

19. Nikonov A.V. Sovershenstvovanie metodiki trigonometricheskogo nivelirovaniya korotkimi luchami. Avtoref. cand., dis. [Perfection of the technique of trigonometric leveling by short beams. Avtoref. cand. dis.]. Novosibirsk, 2015. 24 p.

20. GOST 30412-96. Dorogi avtomobil'nye i ajerodromy. Metody izmerenij nerovnostej osnovanij i pokrytij [Roads and aerodromes. Methods for measuring unevenness of bases and coatings]. Introduction. 1997.01.01. Moscow, MNTKS, 1996. 13 p.

21. Stolbov Ju.V., Nagaev D.O., Stolbova S.Ju. Issledovanie tochnosti vysotnogo polozhenija poverhnosti verhnego sloja pokrytija avtomobil'nyh dorog [Investigation of the accuracy of the altitude position of the surface of the upper layer of the road surface cover]. Izv. universities. Ser. Building, 2011, no. 4, pp. 53 – 60.

Поступила 19.10.2017, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Столбов Юрий Викторович (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск,

пр. Мира, 5, e-mail: ssu0810@mail.ru).

Stolbov Yury Viktorovich (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, professor, professor of “Road design” FGBOU “SIBADI” (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: ssu0810@mail.ru).

Столбова Светлана Юрьевна (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология» ФГБОУ ВО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр. Мира, д. 11, e-mail: ssu0810@mail.ru).

Stolbova Svetlana Yur'yevna (Omsk, Russia) – Candidate of Technical Sciences, docent of “Oil and gas engineering, standartization and metrolology”. FGBOU VO OmGTU (644050, Omsk, Mira Ave, 11, e-mail: ssu0810@mail.ru)

Пронина Лилия Анатольевна (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «кафедры «Геодезии и дистанционного зондирования» ФГБОУ ВО Омский ГАУ (644008, г. Омск, Институтская площадь, д. 2, e-mail: pronina_lilia@mail.ru).

Pronina Lilia Anatolyevna (Russian Federation, Omsk) Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department “Geodezii i udaleniya zondirovaniya” FGBOU VO Omskiy GAU (644008, Omsk, Institutskaya ploschad', 2, e-mail: pronina_lilia@mail.ru).

Уваров Анатолий Иванович (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Геодезия и дистанционное зондирование» ФГБОУ ВО Омский ГАУ (644008, г. Омск, Институтская площадь, д. 2, e-mail: ouvarovai@yandex.ru).

Uvarov Anatoliy Ivanovich (Omsk, Russia) – Candidate of Technical Sciences, docent of «Geodezy and distant probe» FGBOU VO Omskiy GAU (644008, Omsk, Institutskaya ploschad', 2, e-mail: ouvarovai@yandex.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Столбов Ю.В. Постановка задачи исследования, анализ результатов исследования, редактирование и оформление статьи.

Столбова С.Ю. Проведение измерений с помощью оптического нивелира Н-3, обработки результатов измерений.

Пронина Л.А. Проведение измерений с помощью электронного тахеометра, обработки результатов измерений.

Уваров А.И. Проведение измерений с помощью цифрового нивелира, оформление статьи.