

АСПАПТАР ЖӘНЕ АСПАП ЖАСАУ  
ПРИБОРЫ И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ  
INSTRUMENTS AND INSTRUMENTATION

DOI 10.51885/1561-4212\_2023\_3\_127  
MPHTI 89.57.45

**Г.А. Уставич<sup>1</sup>, М.Е. Рахымбердина<sup>2</sup>, К.Б. Хасенов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий,

г. Новосибирск, Россия

E-mail: ystavich@mail.ru

<sup>2</sup>НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева»,

г. Усть-Каменогорск, Казахстан

E-mail: MRahymberdina@edu.ektu.kz\*

<sup>3</sup>ИП «Хасенов К.Б.», г. Усть-Каменогорск, Казахстан

E-mail: KHasenov@gmail.com

**САЛЫСТЫРҒЫШСЫЗ САЛЫСТЫРУ ӘДІСІМЕН  
ТАХЕОМЕТРЛЕРДІ ТЕКСЕРУ ТӘСІЛДЕРІН ЖЕТІЛДІРУ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЕРКИ ТАХЕОМЕТРОВ  
МЕТОДОМ СЛИЧЕНИЯ БЕЗ КОМПАРАТОРА**

**IMPROVEMENT OF VERIFICATION METHODS FOR TOTAL STATIONS  
BY COMPARISON WITHOUT A COMPARATOR**

**Аннотация.** Для обеспечения единства геодезических измерений необходимо, согласно требованию соответствующих локальных поверочных схем, с определенной периодичностью выполнять поверки применяемых приборов, к которым относятся и тахеометры. Согласно этой схеме поверка тахеометров может производиться методом прямых измерений с применением базисных приборов БП-1, а также методом сличения с применением высокоточных фазовых светодальномеров (тахеометров). Из этих двух методов в настоящее время периодическая метрологическая поверка реализуется только метод прямых измерений с применением стационарных эталонных линейных базисов 2-го или 3-го разрядов, которые в свою очередь также поверяются с применением базисных приборов БП-1. Вместе с тем необходимо отметить, что в настоящее время реализация метода прямых измерений связана со значительными трудностями, так как значительное количество этих базисов утрачено. Например, на всю территорию Российской Федерации в настоящее время в надлежащем состоянии находятся всего 2-3 базиса. Это приводит к тому, что для выполнения метрологической поверки на этих базисах тахеометры необходимо перевозить на значительные расстояния.

В связи с этим возникла научно-техническая задача разработки способов поверки тахеометров без применения эталонных базисов. В основу этих способов лежит метод сличения без компаратора. Достоинством этих способов является отсутствие необходимости создания и поддержания в надлежащем виде стационарных линейных базисов.

В статье для решения данной задачи предлагаются способы поверки, основанные на одновременном измерении эталонным и поверяемым тахеометрами произвольно выбранных расстояний с последующим сличением полученных результатов. После этого вычисляются разности измеренных расстояний эталонным и поверяемым тахеометрами и по ним делается заключение о точности поверяемого тахеометра.

**Ключевые слова:** метрологическая поверка тахеометров, способы поверки, ошибка измерения расстояния, эталонный и поверяемый тахеометры, влияние температуры и влажности воздуха.

**Аңдатпа.** Геодезиялық өлшеулердің бірлігін қамтамасыз ету үшін тиісті жергілікті тексеру схемаларының талаптарына сәйкес белгілі бір кезеңділікпен тахеометрлер кіретін қолданылатын аспаптарды тексеру қажет. Осы схемаға сәйкес тахеометрлерді тексеру БП-1 базистік аспаптарын қолдана отырып, тікелей өлшеу әдісімен, сондай-ақ жоғары дәлдіктегі фазалық жарық өлшегіштерді (тахеометрлерді) қолдана отырып салыстыру әдісімен жүргізілуі мүмкін.

Осы екі әдістің ішінен қазіргі уақытта мерзімді метрологиялық тексеру 2-ші немесе 3-ші разрядтардың стационарлық эталондық сызықтық негіздерін қолдана отырып, тікелей өлшеу әдісі ғана жүзеге асырылады, олар өз кезегінде БП-1 базистік құралдарын қолдана отырып тексеріледі. Сонымен қатар, қазіргі уақытта тікелей өлшеу әдісін енгізу айтарлықтай қиындықтармен байланысты екенін атап өткен жөн, өйткені бұл негіздердің едәуір бөлігі жоғалды. Мысалы, қазіргі уақытта Ресей Федерациясының бүкіл аумағында тек 2-3 негіз бар. Бұл осы негіздерде метрологиялық тексеруді орындау үшін тахеометрлерді едәуір қашықтыққа тасымалдау қажет екендігіне әкеледі.

Осыған байланысты эталондық негіздерді қолданбай тахеометрлерді тексеру тәсілдерін әзірлеудің ғылыми-техникалық міндеті туындады. Бұл әдістердің негізі компараторсыз салыстыру әдісі болып табылады. Бұл әдістердің артықшылығы-стационарлық сызықтық негіздерді дұрыс құру және сақтау қажеттілігінің болмауы.

Мақалада бұл мәселені шешу үшін алынған нәтижелерді кейіннен салыстыра отырып, ерікті таңдалған қашықтықты эталондық және тексерілетін тахеометрлермен бір мезгілде өлшеуге негізделген тексеру әдістері ұсынылады. Осыдан кейін өлшенген қашықтықтардың айырмашылықтары анықтамалық және тексерілетін тахеометрлермен есептеледі және олар бойынша тексерілетін тахеометрдің дәлдігі туралы қорытынды жасалады.

**Түйін сөздер:** тахеометрлерді метрологиялық тексеру, тексеру әдістері, қашықтықты өлшеу қателігі, анықтамалық және тексерілетін тахеометрлер, ауа температурасы мен ылғалдылығының әсері.

**Abstract.** In order to ensure the uniformity of geodetic measurements it is necessary, in accordance with the requirements of the respective local verification schemes, to perform verification of the used instruments, which include total stations, at certain intervals. According to this scheme, total stations can be calibrated using the direct measurement method with the use of BP-1 basing devices as well as the comparison method with the use of high-precision phased light-dial meters (total stations). Nowadays the periodic metrological verification is fulfilled only by direct measurements with the application of stationary reference linear bases of the 2nd and 3rd categories that in their turn are also verified with the use of basic instrument BI-1. At the same time it should be noted that there are considerable difficulties in implementing the direct measurement method because a significant number of these bases have been lost. For example, only 2-3 bases for the whole territory of the Russian Federation are currently in proper condition. This leads to the fact that, in order to perform metrological verification on these bases, total stations must be transported over considerable distances.

This has raised the scientific and technical challenge of developing methods of verifying total stations without the use of reference bases. These methods are based on the method of comparison without a comparator. The advantage of these methods is that it is not necessary to create and maintain stationary linear bases.

In the article the suggested methods of verification are based on simultaneous measurement of arbitrarily chosen distances by the reference and verifiable total stations followed by comparison of the results. Afterwards the differences between the measured distances of the reference and verifiable total stations are calculated and the accuracy of the verifiable total station is evaluated.

**Keywords:** metrological verification of total stations, methods of verification, error of distance observation, reference and verifiable total stations, effects of temperature and humidity.

**Введение.** При выполнении геодезических измерений должно соблюдаться единство измерений [1, 2]. Как известно, под единством измерений понимается такое выполнение измерений, в результате которых полученные результаты будут выражены в принятых и законных единицах, а также с известными величинами ошибок этих измерений. В геодезии обеспечение единства измерений, например, линейных, соблюдается путем осуществления ряда требований изложенных в нормативных документах [1-8]. Обеспечение единства измерений (поверка, аттестация) производится с применением стационарных эталонных базисов 1, 2 и 3 разрядов [1-6, 8], которые, в свою очередь, также должны проходить метрологическую поверку. Эта поверка может производиться комплектом базисного прибора БП-1 или высокоточными фазовыми светодальномерами (тахеометрами). Как правило, способы метрологической поверки геодезических приборов разрабатываются с учетом многих факторов, влияющих на результаты измерений [9-12].

Следует отметить, что в настоящее время стационарные линейные базисы, которые ранее были практически в каждом регионе не могут использоваться, за редким исключением, для проведения поверок тахеометров по следующим причинам:

- с течением времени часть центров эталонного базиса утрачивается по различным причинам;

- точность измерения линейных отрезков между центрами базиса базисным прибором БП-1 сравнима и даже ниже точности измерения при помощи высокоточных фазовых светодальномеров (тахеометров), например, ТМ30, что не позволяет выполнить требование метрологии – эталонное средство должно быть точнее поверяемого минимум в три раза;

- вследствие отсутствия финансирования не производится периодическая поверка самих базисов и тем самым не обеспечивается подтверждение и сохранение эталонной длины линий, а также длины базиса в течение межповерочного интервала в целом.

С учетом этого на повестку дня встает вопрос об полноценном использовании в качестве эталонной длины отрезка, измеренного высокоточным фазовым светодальномером (тахеометром). Данная методика метрологической поверки разрешается ведомственным нормативным документом [8]. Кроме того, исследования, выполненные авторами работ [13-15] показали возможность замены стационарного линейного базиса на высокоточный фазовый светодальномер (тахеометр).

Такая метрологическая поверка может производиться следующими двумя способами.

1. Измерением произвольно выбранного одиночного расстояния (или нескольких расстояний) эталонным и поверяемым тахеометрами, которые поочередно устанавливаются на один штатив с трегером и производят измерение на один отражатель.

2. Одновременным измерением (с использованием одного отражателя) двух произвольно выбранных расстояний (или также нескольких расстояний) эталонным и поверяемым тахеометрами, которые устанавливаются на два штатива с трегерами, расположенных рядом друг с другом (на расстоянии 35-40 см) с последующей перестановкой тахеометров в трегерах.

Важной особенностью данных способов поверки является возможность ее выполнения при установке штатива с отражателем произвольно, а также при последовательной установке отражателя на заранее установленные штативы вдоль измеряемой линии.

Кроме штативов эталонный и поверяемый тахеометры могут устанавливаться также на стационарные тумбы, которые должны обеспечить принудительное центрирование тахеометров.

Если будут применяться штативы, то они должны соответствовать следующим требованиям:

- конструкция штативов должна быть в обязательном порядке без люфтов в местах соединения, а для обеспечения их устойчивости подвешивают груз весом до 5-6 кг к станковому винту;

- при производстве поверки штативы с тахеометрами, как правило, необходимо устанавливать на бетонное основание, либо на твердый грунт;

- при осуществлении поверки в зимний период место установки штативов в обязательном порядке очищают от снега и льда;

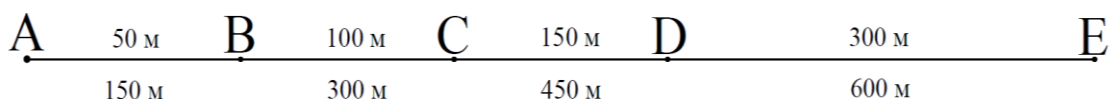
- при выполнении измерений отражатель также устанавливается на штатив.

Особенностью рассматриваемых способов проведения метрологической поверки необходимо отметить производство измерений с использованием одного отражателя. Следовательно, на полученные результаты не влияет величина поправки отражателя.

При реализации первого способа метрологической поверки возможно использование двух методик измерений:

– с произвольной установкой штатива с отражателем вдоль измеряемых линий;  
 – с заранее установленными штативами по длине измеряемой линии, где последовательно будут устанавливаться отражатели.

При производстве измерений по первой методике на штативах А и В устанавливают эталонный тахеометр и отражатель (рис. 1). Расстояние между штативами можно использовать любое, например, 50 м. При производстве измерений в солнечную погоду над тахеометром необходимо устанавливать геодезический зонт. Расстояние АВ измеряется не менее двадцати раз, это составляет одну серию измерений (таких серий выполняют не менее трех). После выполнения измерений эталонный тахеометр снимается с трегера и вместо него устанавливается поверяемый электронный тахеометр. Далее расстояние АВ измеряется тремя сериями.



**Рисунок 1.** Схема выполнения поверки измерением одиночных расстояний

Для проведения поверки прибора на различных расстояниях длину эталонной линии увеличивают. Для этого штатив с трегером переносится и устанавливается в произвольной точке С с последующим выполнением рассмотренных выше измерений. Такие же измерения выполняются при последующей установке штатива с отражателем в точках D и E (табл. 1).

**Таблица 1.** Сводная таблица средних значений расстояний, измеренных при установке штатива с отражателем произвольно

Измеряемая линия	Направление хода				$D_{пр}$ , мм	$D_{обр}$ , мм	$D_{ср}$ , мм
	прямо		обратно				
	Leica TM30	TCR405	Leica TM30	TCR405			
AB	60 м 623,8	50 м 623,0	60 м 682,2	60 м 681,0	0,8	1,2	1,0
AC	110 м 282,4	110 м 281,0	110 м 291,8	110 м 281,0	1,4	0,8	1,1
AD	156 м 380,2	156 м 382,0	156 м 373,6	156 м 376,0	-1,8	-2,4	-2,1
AE	307 м 748,7	307 м 751,0	307 м 731,4	307 м 734,0	-2,3	-2,6	-2,4
							/1,6/

Описанные действия относятся к прямому ходу, обратный ход выполняется аналогичным образом после измерений в прямом ходе. При выполнении обратного хода не обязательно точно устанавливать (центрировать) над точками прямого хода E, D, C и B штатив с отражателем, т.е. их можно устанавливать с отклонением на 0,5-1,0 м.

После измерений вычисляют:

– для прямого и обратного ходов среднее значение длин линий, измеренных как эталонным, так и поверяемым электронными тахеометрами, их разности  $\Delta_{пр}$  и  $\Delta_{обр}$ ;  
 а также  $\Delta_{ср}$  – среднее значение разности длин каждой линии;

– величины среднеквадратической ошибки (СКО) измерений в каждом приеме измерений для всех измеренных эталонным и поверяемым тахеометрами линий, вычисленные по формуле Гаусса.

Для указанных в табл. 1 длинам линий величины СКО в трех приемах измерений составили следующее:

- для линии  $AB$  величина СКО равна  $m_{AB} = 0,7$  мм;
- для линии  $AC$  величина СКО равна  $m_{AC} = 0,7$  мм;
- для линии  $AD$  величина СКО равна  $m_{AD} = 1,4$  мм;
- для линии  $AE$  величина СКО равна  $m_{AE} = 1,2$  мм.

При использовании второй методики штативы предварительно расставляются вдоль измеряемой линии с отклонением от створа не более чем 100 мм. После этого на первом штативе в точке  $A$  устанавливается эталонный тахеометр, а в точках  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $E$  на штативах поочередно устанавливается отражатель и выполняется измерение расстояния  $AB$  двадцатью приемами аналогично, что будет составлять одну серию измерений. Далее эталонный тахеометр бережно снимается из трегера, а вместо него устанавливается поверяемый тахеометр, с помощью которого расстояние  $AB$  измеряется также двадцать раз (одна серия). Таких серий выполняют не менее трех (табл. 2).

**Таблица 2.** Сводная таблица средних значений расстояний, измеренных установкой отражателя на стационарные штативы

Измеряемая линия	Направление и длина хода, м				Среднее, м		$D_{пр}$ , мм	$D_{обр}$ , мм	$D_{ср}$ , мм
	прямо		обратно						
	Leica TM30	TCR405	Leica TM30	TCR405	Leica TM30	TCR405			
$AB$	51,2384	51,237	51,2386	51,237	51,2385	51,237	1,4	1,6	1,5
$AC$	101,6257	101,627	101,6255	101,627	101,6256	101,627	-1,3	-1,5	-1,4
$AD$	152,1342	152,136	152,1347	152,138	152,1344	152,137	-1,8	-3,3	-2,6
$AE$	304,4723	304,470	304,4728	304,471	304,4726	304,470	2,3	1,7	2,6
									/2,1/

Далее измерения производят, устанавливая отражатель в трегера штативов в точках  $C$ ,  $D$  и  $E$ , что составляет прямой ход. Указанные действия выполняют и в обратном ходе, устанавливая аккуратно отражатель в трегер штативов в точках  $E$ ,  $D$ ,  $C$  и  $B$ .

Отличительная особенность указанной методики от первой состоит в том, что здесь полученные разности длин линий между стационарно установленными штативами (тумбами), которые вычислены из измерений в прямом и обратном ходах, будут дополнительным контролем качества выполнения метрологической поверки.

После выполненных измерений вычисляют:

– для прямого и обратного ходов среднее значение всех длин линий в каждой серии, измеренных как эталонным, так и поверяемым электронными тахеометрами, а также из трех серий;

– величины СКО измерений для всех линий, измеренных как эталонным, так и поверяемым тахеометрами, значения которых вычислены по формуле Гаусса, их разности  $\Delta_{пр}$  и  $\Delta_{обр}$  средних значений всех длин линий, а также среднее значение  $\Delta_{ср}$  разности длин

каждой линии;

– среднее значение  $\Delta_{\text{ср}}$  разностей всех длин линий по абсолютной величине.

В рассматриваемом варианте величины СКО измерений из трех серий следующие:

– для линии  $AB$   $m_{AB} = 1,1$  мм;

– для линии  $AC$   $m_{AC} = 1,4$  мм;

– для линии  $AD$   $m_{AD} = 1,6$  мм;

– для линии  $AE$   $m_{AE} = 1,8$  мм.

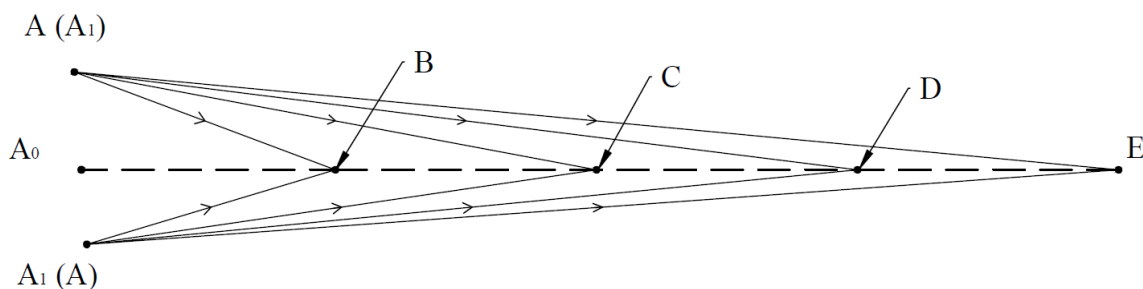
При реализации второго способа метрологической поверки возможно использование двух методик измерений:

– с произвольной установкой штатива с отражателем вдоль измеряемых линий;

– с заранее установленными вдоль измеряемой линии штативами, на которые последовательно устанавливается отражатель.

Сущность методик заключается в одновременном измерении расстояний эталонным и поверяемым тахеометрами.

При производстве измерений по первой методике на штативах в точках  $A$  и  $A_1$ , расположенных на расстоянии 60-70 см друг от друга (рис. 2, 3), устанавливают эталонный и поверяемый тахеометры, а на штативе в точке  $B$  на произвольном расстоянии устанавливают отражатель.



**Рисунок 2.** Схема поверки тахеометра одновременным измерением расстояний

После этого наведя на отражатель зрительные трубы тахеометров, наблюдатель производит поочередно, с интервалом 5-10 сек (либо одновременно), измерение расстояния  $AB$ . Например, расстояние  $AB$  измеряется эталонным тахеометром, а расстояние  $A_1B$  – поверяемым.

Расстояние каждым тахеометром измеряется двадцать раз и это составляет одну серию измерений, количество которых должно быть выполнено не менее трех. Затем тахеометры аккуратно снимаются из треггетов и переставляются местами и снова тремя сериями измеряются расстояния  $A_1B$  и  $AB$  (табл. 3). После этого аналогичным образом измеряются расстояния  $AC$  и  $A_1C$ ,  $AD$  и  $A_1D$  и  $AE$  и  $A_1E$ .



**Рисунок 3.** Схема установки эталонного и поверяемого тахеометров

**Таблица 3.** Сводная таблица результатов измерений с двумя штативами при установке отражателя произвольно (ход прямо)

S, м	Leica TM30		Leica TCR405		Разность $\Delta_1$		Сумма расстояний (1+2)		Разность $\Delta_2, \Delta_3$ TM30 – TCR405
	1	2	1	2	1-1	2-2	Leica TM30	Leica TCR405	
50	60045,7	60297,4	60046,8	60298,1	-	-	120343,1	120344,9	-1,8
					1,1	0,7	60171,6	60172,4	-0,8
100	99652,2	99905,4	99653,0	99905,7	-	-	199557,6	199558,7	-1,1
					0,8	0,3	99778,8	99779,4	-0,6
150	160310,4	160562,8	160310,0	160562,3	0,4	0,5	320873,2	320872,3	0,9
							160436,6	160436,2	0,4
300	300840,2	300589,2	300840,0	300588,8	0,2	0,4	601429,4	601428,8	0,6
							300714,7	300714,2	0,5
500	499070,7	499320,9	499069,8	499320,0	0,9	0,9	998391,6	998389,8	1,8
							499195,8	499194,9	0,9

В указанных действиях поправки отражателя не оказывают влияние на полученные результаты, потому что измерения производятся обоими тахеометрами на один отражатель.

Выполненные измерения составляют прямой ход и соответственно выполняется обратный ход, устанавливая отражатель на штативах в точках E, D, C и B. При этом в обратном ходе над точками E, D, C и B прямого хода штатив с отражателем также не центрируется.

После измерений в прямом ходе вычисляют:

– средние значения длин линий АВ и АВ<sub>1</sub>, АС и АС<sub>1</sub>, АД и АД<sub>1</sub>, АЕ и АЕ<sub>1</sub> при установке на штативах А и А<sub>1</sub> эталонного и поверяемого электронных тахеометров до перестановки тахеометров и после перестановки;

– величины СКО измерений в каждом приеме измерений для всех измеренных эталонным и поверяемым тахеометрами линий, вычисленные по формуле Гаусса, а также разности  $\Delta_1$  средних значений расстояний;

– суммы  $A_0 = (A+A_1)$  и среднее  $A_0 = (A+A_1)/2$  значение условных линий А<sub>0</sub>В, А<sub>0</sub>С, А<sub>0</sub>Д и А<sub>0</sub>Е, измеренных эталонным и поверяемым тахеометрами, а также их разности  $\Delta_2$  и  $\Delta_3$ .

Такие же вычисления производятся и в обратном ходе.

При использовании второй методики штативы с трегерами заранее устанавливаются вдоль измеряемой линии и во время выполнения измерений отражатель поочередно переставляется между ними. Отличительная особенность второй методики от первой состоит в том, что здесь имеется возможность выполнить контроль результатов полевых измерений (расстояний) между штативами. При нарушении стабильности штатива измеренные расстояния в прямом и обратном ходах будут отличаться.

*Заключение.* Таким образом предлагаемые способы метрологической поверки тахеометров позволяют с точностью стационарного эталонного базиса 2-го разряда обеспечить передачу единицы длины. Их применение не требует наличие стационарного эталонного базиса. Важным достоинством метрологической поверки тахеометров данными способами является возможность ее проведения одним высокоточным комплектом фазового тахеометра в нескольких регионах страны.

#### Список литературы

1. ГОСТ 8.129-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты. – М.: Стандартинформ, 2013. – 8 с.
2. ГОСТ 8.503-84. Государственная система обеспечений единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от 24 до 75 000 м. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 7 с.
3. ГОСТ Р 51774-01. Тахеометры электронные. Общие технические условия. – Москва: Издательство стандартов, 2001. – 10 с.
4. Методика института 40-03. Базисы эталонные. Методы поверки. Методика института. – М.: ЦНИИГАиК, 2003. – 6 с.
5. Методика института 30-94. Применение светодальномера СП-2 (Топаз) для аттестации базисов. Методика института. – М.: ЦНИИГАиК, 1995. – 8 с.
6. Методика института 15-03. Светодальномеры. Методика и средства поверки. Методика института. – М.: ЦНИИГАиК, 2003. – 12 с.
7. Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ (ред. от 8.12.2020). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. РД 68-8.17-98. Локальные поверочные схемы для средств измерений топографо-геодезического и картографического назначения. – М.: ЦНИИГАиК, 1999. – 26 с.
9. Уставич Г.А. К вопросу создания эталонных базисов для аттестации спутниковой аппаратуры и светодальномеров // Геодезия и картография. – 1999. – № 9. – С. 7-14.
10. Уставич Г.А., Косарев Н.С., Мезенцев И.А., Баранников Д.А., Бирюков Д.В. Совершенствование методики аттестации тахеометров и светодальномеров // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 4. – С. 146-159.
11. Ustavich G.A., Rakhymberdina M.Ye., Toguzova, M.M. Investigation and Improvement of



- Metrological Calibration Tests of the "Digital Level – Barcode Rod" System // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11. – No. 8. – Pp. 5397-5403, ISSN 1819-6608 (Online).
12. Ustavich, G.A., Nevolin, A.G., Padve, V.A., Salnikov, V.G., Nikonov, A.V. Analysis of technological schemes for creating a geodetic control at the industrial site // Journal of Mining Institutethis link is disabled, 2021, 249(5). – Pp. 366-376.
  13. Ямбаев Х.К. Инженерно-геодезические инструменты и системы: учебное пособие для вузов / Х.К. Ямбаев. – Москва: Издательство МИИГАиК, 2012. – 462 с.
  14. Уставич Г.А., Косарев Н.С., Мезенцев И.А., Баранников Д.А., Бирюков Д.В. Разработка универсального полевого стенда для поверки геодезических приборов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2021. – Т. 65. – № 4. – С. 379-387.
  15. Баранников Д.А. Разработка и совершенствование способов метрологической поверки светодальномеров и тахеометров: автореф... дис. кан. тех. наук, Новосибирск: 2022. – 24 с.

#### References

1. GOST 8.129-99. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij. Gosudarstvennaya poverochnaya skhema dlya sredstv izmerenij vremeni i chastoty. – M.: Standartinform, 2013. – 8 s.
2. GOST 8.503-84. Gosudarstvennaya sistema obespechenij edinstva izmerenij. Gosudarstvennaya poverochnaya skhema dlya sredstv izmerenij dliny v diapazone ot 24 do 75 000 m. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1984. – 7 s.
3. GOST R 51774-01. Taheometry elektronnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – Moskva: Izdatel'stvo standartov, 2001. – 10 s.
4. Metodika instituta 40-03. Bazisy etalonnnye. Metody poverki. Metodika instituta. – M.: CNIIGAiK, 2003. – 6 s.
5. Metodika instituta 30-94. Primenenie svetodal'nomera SP-2 (Topaz) dlya attestacii bazisov. Metodika instituta. – M.: CNIIGAiK, 1995. – 8 s.
6. Metodika instituta 15-03. Svetodal'nomery. Metodika i sredstva poverki. Metodika instituta. – M.: CNIIGAiK, 2003. – 12 s.
7. Ob obespechenii edinstva izmerenij [Elektronnyj resurs]: Federal'nyj zakon ot 26.06.2008 № 102–FZ (red. ot 8.12.2020). – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
8. RD 68-8.17-98. Lokal'nye poverochnye skhemy dlya sredstv izmerenij topografo-geodezicheskogo i kartograficheskogo naznacheniya. – M.: CNIIGAiK, 1999. – 26 s.
9. Ustavich G.A. K voprosu sozdaniya etalonnnyh bazisov dlya attestacii sputnikovoj apparatury i svetodal'nomerov // Geodeziya i kartografiya. – 1999. – № 9. – S. 7–14.
10. Ustavich G.A., Kosarev N.S., Mezentsev I.A., Barannikov D.A., Biryukov D.V. Sovershenstvovaniye metodiki attestatsii takheometrov i svetodal'nomerov // Vestnik SGUGiT. – 2021. – Т. 26, № 4. – S. 146–159.
11. Ustavich, G.A., Rakhymberdina, M.Y., Toguzova, M.M. Investigation and Improvement of Metrological Calibration Tests of the "Digital Level – Barcode Rod" System // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. - Vol. 11, No. 8, pp. 5397-5403, ISSN 1819-6608 (Online).
12. Ustavich, G.A., Nevolin, A.G., Padve, V.A., Salnikov, V.G., Nikonov, A.V. Analysis of technological schemes for creating a geodetic control at the industrial site // Journal of Mining Institutethis link is disabled, 2021, 249(5). – Pp. 366-376.
13. Yambayev KH.K. Inzhenerno-geodezicheskiye instrumenty i sistemy: uchebnoye posobiye dlya vuzov / KH. K. Yambayev. - Moskva: Izdatel'stvo MIIGAiK, 2012. – 462 s.
14. Ustavich G.A., Kosarev N.S., Mezentsev I.A., Barannikov D.A., Biryukov D.V. Razrabotka universal'nogo polevogo stenda dlya poverki geodezicheskikh priborov // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'yemka. – 2021. – Т. 65, № 4. – S. 379-387.
15. Barannikov D.A. Razrabotka i sovershenstvovaniye sposobov metrologicheskoy poverki svetodal'nomerov i takheometrov: avtoref... dis. kan. tekhn. nauk, Novosibirsk: 2022. – 24 s.