

Данная статья посвящена рассмотрению проблем обеспечения единства измерений в России. В ней рассмотрены недостатки некоторых Государственных поверочных схем, а также приведены фрагменты из предыдущих статей и даны ссылки на них. Также в статье приведен краткий анализ причин возникновения перечисленных недостатков.

## **Введение**

Армия. Какую прибыль приносит государству армия? Она защищает страну и ее граждан от внешних врагов? Военные заказы развивают промышленность и науку и дают новые рабочие места? Но прибыль... Какую армия приносит прибыль? Никакой? Но почему же тогда государство беспрестанно вкладывает в армию огромные средства? Армия защищает страну и в нужный момент военные оплатят свои долги кровью и жизнью своей, сохранив суверенитет страны, не дав внешнему врагу уничтожить и поработить население? Но это неизбежность, диктуемая условиями войны. А в мирное время? В мирное время армия только потребляет. Ее оснащают танками и самолетами, кораблями и ракетами, стрелковым и холодным оружием, высокоточными системами наведения, снарядами, минами и патронами, строят циклопические сооружения в виде различных бункеров и центров управления, обучают офицерский и командный составы. И эти вложения более чем оправданы. И будут оправданы еще очень и очень долго.

А какую прибыль приносит ФСБ или МВД? Тоже никакой? Но и в эти службы государство вкладывает огромнейшие средства. И траты эти тоже более чем оправданы. Ведь и эти структуры обеспечивают безопасность государства и безопасность граждан страны.

Но тогда возникает справедливый вопрос. Почему никто не считает, что обеспечение единства измерений является фактором обеспечения государственной безопасности? Почему поверка, калибровка и сертификация сегодня легкомысленно отданы на откуп частным фирмам и организациям? Почему во главу угла в этой отрасли поставлена прибыль? Хотя, если вдуматься, прибыль в данном случае не должна и не может считаться основной целью работы организации, занимающейся метрологическим контролем и сертификацией промышленной и сельскохозяйственной продукции.

Без обеспечения единства измерений ничего не будет работать. Не будет промышленности, не будет сельского хозяйства, не будет медицины, не будет науки, не будет боеспособной армии, не будет полетов в космос, не будут работать правоохранительные органы... Мы очень быстро деградируем до уровня пещерных людей. Единство измерений — это основа успешного развития государства и основа безопасности во всех сферах деятельности. Обеспечение единства измерений является основой суверенитета нашего государства, а это значит, что оно должно быть исключительно государственным делом и государство должно уделять ему столько же, если не больше, внимания, чем оно уделяет силовым структурам, стоящим на страже нашей страны.

Но что же мы видим в реальности? В реальности происходит тотальное выхолащивание науки об измерениях, насаждаются правила, не имеющие ничего общего с реальным положением дел, внедряются практически не работающие программные продукты, вроде «Единой метрологической платформы», проводятся некие «испытания» средств измерений с целью утверждения их типа, в ходе которых «разрабатываются» методики поверки, абсолютно невыполнимые на практике, противоречащие здравому смыслу и практическому опыту, накопленному людьми за столетия. В Федеральном информационном фонде насчитывается уже почти 115 000 типов средств измерений, хотя в реестре МОЗМ насчитывается всего около 500 типов средств измерений. Государственная поверочная схема для координатно-временных средств измерений полностью перерабатывается уже в третий раз, но так и не избавилась от своих ошибок, при том, что каждое из изменений только ухудшает и без того нездоровую обстановку. Государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла подлежит почти полному

пересмотру из-за содержащихся в ней фундаментальных ошибок. И подобное положение дел наблюдается во всех сферах обеспечения единства измерений. Если раньше специалист-метролог думал над тем, как более качественно и правильно провести измерения, то сегодня он думает над тем, как правильно заполнить ворох никому не нужных бумаг, которые по мнению аккредитующих органов должны обязательно сопровождать каждое измерение. Появляются новые эталоны с громкими, но несуразными характеристиками, наподобие эталона первого разряда беззапросной дальности в диапазоне измерений от 0 до 90 000 000 метров, созданного ФГУП «ВНИИФТРИ» и увязанного с поверхностью геоида. И где у этого эталона ноль, и что подразумевается под расстоянием в 90 000 000 метров? - остается только догадываться. Чтобы не быть голословным рассмотрю некоторые из перечисленных недостатков в области обеспечения единства измерений в нашей стране.

### **Замечания к Государственной поверочной схеме для средств измерений плоского угла**

В соответствии с РМГ 29-2013 «Метрология. Основные термины определения» поверочная схема — это иерархическая структура, устанавливающая соподчинение эталонов, участвующих в передаче единицы или шкалы измерений от исходного эталона средствам измерений (с указанием методов и погрешностей при передаче), утверждаемая в установленном порядке в виде нормативного документа.

Поверочные схемы используются для установления метрологической прослеживаемости результатов измерений и являются основой для создания методик поверки средств измерений. В связи с этим к их структуре и содержанию должен применяться взвешенный, четко выверенный, вдумчивый подход, позволяющий однозначно определить взаимосвязь между средствами измерений и эталонами и при этом строго выдерживать требования к точности передачи единицы величины по иерархической цепочке от самого верха до самого низа. Поэтому разработчик поверочной схемы должен знать не только нюансы работы с высшими эталонами, но и хотя бы иметь представление о принципах работы средств измерений и их точности, что позволит ему (разработчику) грамотно выбрать эталоны и методы для передачи единицы величины от эталонов к средствам измерений.

Развитие измерительной техники и повышение точности измерений, а также появление новых методов измерений привели к тому, что Государственная поверочная схема, содержащаяся в ГОСТ 8.016-81 по ряду положений перестала отвечать современным требованиям и экстренно нуждалась в пересмотре.

19 января 2016 года приказом №22 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии была введена в действие новая Государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла (далее ГПС 22-16). Этот приказ вместе с поверочной схемой утратил силу с 30 апреля 2019 года в соответствии с приказом №2482 Федерального агентства по техническому регулированию от 26 ноября 2018 года, который вводит в действие новую Государственную поверочную схему для средств измерений плоского угла (далее ГПС 2482-18). Столь короткий промежуток в сроках действия ГПС 22-16 был обусловлен целым рядом недостатков, содержащихся в ней.

Пришедшая ей на замену ГПС 2482-18 содержит намного более подробную информацию о соподчинении эталонов и средств измерений, разбитую на четыре части. В ней наконец-то нашли отражение ранее абсолютно нигде не представленные геодезические приборы — нивелиры оптические. И тем не менее данная поверочная содержит целый ряд ошибочных положений.

Во-первых. Во второй части схемы почему-то отсутствуют оптические линзовые компенсаторы, с помощью которых поверяются автоколлиматоры в соответствии с ГОСТ Р 8.874-2014, хотя они (компенсаторы) совмещают в себе функции нашедших место в поверочной схеме поворотного стола, используемого для поверки горизонтальной шкалы, и

экзаменатора, используемого для поверки вертикальной шкалы.

Во-вторых. Автоколлиматоры с погрешностью 1" в соответствии со схемой являются эталонами второго разряда, в то время как автоколлиматоры с погрешностью 0,5" таковыми не являются и отнесены к средствам измерений.

В-третьих. Эталонами 2-го разряда в четвертой части схемы являются теодолиты и тахеометры с СКП измерений угла одним приемом 0,5"-1", а эталонами 4-го разряда теодолиты и тахеометры с СКП угловых измерений 5". Логично было бы предположить, что где-то между ними будет размещаться теодолит с СКП равным 2" (типа Т2, 2Т2, 2Т2К, 2Т2КА, 3Т2КП, 3Т2КА). Но они отнесены в разряд средств измерений.

В-четвертых. Теодолиты 2-го разряда с погрешностью 1" используются при поверке установок 3-го разряда для поверки тахеометров теодолитов и нивелиров. В то же время автоколлиматоры такой же точности для тех же работ использовать нельзя, хотя именно с помощью таких и более точных автоколлиматоров следует определять неисключенную погрешность выведения в горизонтальное положение визирной оси автоколлимационных установок для поверки нивелиров. Кроме того следует учитывать тот факт, что габариты секундных теодолитов не позволяют использовать их для поверки установок коллиматорных типа УК-1, так как точка пересечения вертикальной оси теодолита и оси вращения его трубы находится намного выше точки пересечения визирных осей коллиматоров установки и поля зрения теодолита и коллиматоров не перекрываются совершенно, в следствие чего провести какие-либо измерения невозможно.

В-пятых. Не смотря на то, что в рассматриваемой поверочной схеме наконец-то появились нивелиры, они совершенно не могут выступать в качестве хоть какого-нибудь эталона (только в качестве СИ), хотя в ряде методик поверки высокоточные нивелиры (типа Н-05) выступают как-раз в этом качестве. Кроме того (и это главное) точностные характеристики нивелиров в поверочной схеме указаны в угловых секундах. И это отнюдь не угловое разрешение трубы нивелира, что было бы вполне логично, а значение средней квадратической погрешности. Значения погрешности нивелиров, по логике поверочной схемы, получены, исходя из прямой функциональной зависимости линейной погрешности нивелирования от расстояния нивелирования (1 км). Так для нивелиров с вкладом в погрешность нивелирования равным 0,3 мм на 1 километр двойного хода (для нивелиров цифровых типа DiNi 0.3 mm) указывается угловая погрешность 0,06" ( $\text{atan}(0,3/1\ 000\ 000) = 0,0619''$ ), а для нивелиров с вкладом 10 мм на 1 километр двойного хода (нивелиры оптические типа Н-10) указывается погрешность 2" ( $\text{atan}(10,0/1\ 000\ 000) = 2,063''$ ). Для поверки высокоточных и точных нивелиров в соответствии с ГПС используется некий высокоточный компаратор с СКП измерений 0,28". Что же это будет означать на практике?

Предположим, что используются нивелир Н-3 и нивелирная рейка РН-3-3000. Длина нивелирной рейки, исходя из обозначения, равна 3 м. Нетрудно посчитать, что угловой размер рейки на расстоянии 1 км будет составлять 10,3'. Угол поля зрения нивелира Н-3 по вертикали составляет 1° 20', что почти в восемь раз больше углового размера рейки, расположенной на расстоянии 1 км от нивелира. То есть, реализуя на деле принцип вычисления погрешности нивелира, заложенный в рассматриваемой поверочной схеме, в поле зрения нивелира мы увидим картину, приведенную на рисунке 1.

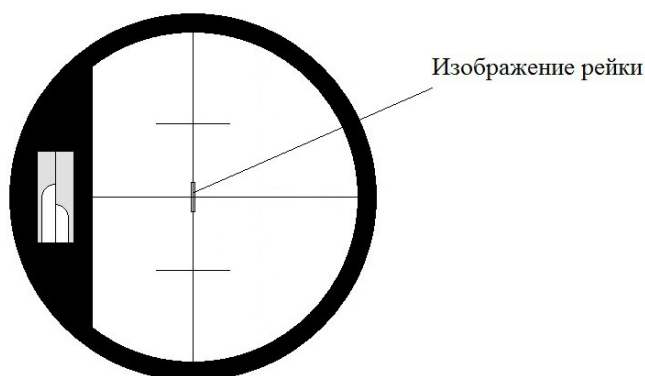


Рисунок 1 — Поле зрения нивелира Н-3 и изображение в нем нивелирной рейки, расположенной на расстоянии 1 км от нивелира

Нетрудно догадаться, что провести какие-либо отсчеты по рейке в данном случае не представляется возможным, что полностью опровергает требования, предъявляемые к нивелирам рассматриваемой поверочной схемой. Работа по более подробному рассмотрению указанной проблематики выходит далеко за пределы данного курсового проекта. Но уже только сказанного достаточно для того, чтобы сделать выводы об абсолютной непригодности рассматриваемой поверочной схемы к применению в отношении нивелиров оптических.

В-шестых. При передаче единицы величины от эталона 4-го разряда (теодолиты и тахеометры с погрешностью 5") теодолитам и тахеометрам с погрешностью 15"-30" и 60" (теодолиты с погрешностью измерений 60" давно сняты с производства, а тахеометров такой точности никогда и не производилось) используется некий компаратор. Но подобных компараторов не существует как таковых, как не существует и методов подобной передачи единицы величины.

В-седьмых. В качестве рабочего эталона 1-го разряда применяется некий компаратор для проверки нивелиров с диапазоном измерений 0...10' и погрешностью измерений 0,28". Остается непонятным, что это за компаратор и почему он применяется для проверки нивелиров с погрешностью 0,06"? Кроме того указанный диапазон измерений (0...10') является явно излишним, так как предельно-допустимое значение угла между визирной осью нивелиров любых типов и моделей и плоскостью горизонта составляет 10".

Перечисленные выше недостатки являются системными и требуют скорейшего устранения во-избежание пагубных последствий для метрологического обеспечения средств измерения плоского угла в общем и геодезических средств измерений в частности.

### **Замечания к Государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений**

В 2012 году был введен в действие ГОСТ Р 8.750-2011 «Государственная поверочная схема для координатно-временных средств измерений». С тех пор данная поверочная схема неоднократно редактировалась, хотя надо заметить, что с каждой новой редакцией в ней появлялось все больше новых ошибок, но старые при этом не исправлялись. И вот сегодня появился проект очередной переработки данной поверочной схемы. И на мой взгляд каких-либо коренных изменений в проекте нет

1. В текстовой части повсеместно к координатам и приращениям координат применяется термин «измерение», хотя координаты не могут быть измерены, а могут быть только лишь вычислены по результатам измерений так называемых псевдодальностей от спутников до пунктов, в которых располагаются приемники спутниковых сигналов, а приращения координат, опять же, вычисляются как разность координат конечного и

начального пунктов отрезка. Более корректно в данном случае было бы использовать термин «определение», а не «измерение».

2. В пункте 3.5.2 указывается, что *ГПСЭД обеспечивает воспроизведение длины линии 3000 м с СКО результата измерений не превышающим (0,03 - 0,7) мм при 50 независимых измерениях, а неисключенная систематическая погрешность результата измерений составляет 0,2 мм.*

Если принять во внимание, что точностные характеристики светодальномеров выражаются формулой зависимости погрешности измерения от значения измеряемого расстояния, имеющей вид:

$$m = \pm(a + b \cdot L), \quad (1)$$

где  $L$  – значение длины измеряемого расстояния, выраженное в километрах, то несложно вычислить, что коэффициент « $b$ » будет равен **0,025 мм/км (25 мкм/км)**. В связи с этим возникает справедливый вопрос: какое средство измерений может обеспечить указанную точность измерений?

3. В пункте 3.5.3 указывается, что *ГПСЭД обеспечивает воспроизведение длины линии 4000 км с СКО результата измерений не превышающим 20 мм, а неисключенная систематическая погрешность результата измерений составляет 26 мм.*

Указанное расстояние не может быть измерено напрямую с применением светодальномера или тахеометра по вполне очевидным причинам. Таким образом это расстояние может быть определено либо проложением геодезического хода, либо с применением спутниковых геодезических систем, путем вычисления расстояния между пунктами, исходя из определенных координат. Первый вариант отпадает из-за его колоссальной трудоемкости и низкой для решения данной задачи точности получаемых результатов. Если же говорить о втором варианте, то необходимо отметить, что точностные характеристики спутниковых геодезических систем, как и в предыдущем пункте, выражаются формулой зависимости погрешности определения координат от значения расстояния между базовой станцией и ровером, имеющей вид (1), где  $L$  – значение длины расстояния между приемниками, выраженное в километрах. Несложно вычислить, что коэффициент « $b$ » будет равен **0,005 мм/км (5 мкм/км)**. В связи с этим снова возникает тот же вопрос: какая спутниковая система может обеспечить указанную точность определения координат и расстояний между пунктами?

4. В пункте 4.4 указывается, что *диапазон значений координат потребителя ГНСС в системах координат WGS-84, ПЗ-90.11, ГСК-2011, ITRF, воспроизводимый ГПСЭК, составляет до 40000 км от поверхности геоида.*

Таким образом речь идет о нормальных высотах потребителя ГНСС, то есть о высотах отсчитываемых от поверхности геоида по нормали к нему. Это в свою очередь означает, что геоцентрическое расстояние до потребителя ГНСС будет составлять порядка 46500 км, в то время как даже до геостационарных спутников Земли геоцентрическое расстояние составляет порядка 36000 км, а геоцентрическое расстояние до навигационных спутников системы ГЛОНАСС составляет порядка 19100 км. Каким образом ГПСЭК воспроизводит высоту потребителя ГНСС, превышающую высоту расположения геостационарных спутников Земли?

5. В то же самое время в пункте 4.4 указано, что *диапазон значений измерения приращения координат в системах координат WGS-84, ПЗ-90.11, ГСК-2011, ITRF составляет до 1 км*, что противоречит изложенному в п. 3.5.3.

6. Пункт 4.7. гласит, что *ГПСЭК применяют для передачи разрядным рабочим эталонам и СИ:*

*координат местоположения потребителя ГНСС, беззапросной дальности по фазе дальномерного кода и по фазе несущей частоты, скорости изменения беззапросной дальности, скорости потребителя ГНСС, углов пространственной ориентации,*

### ***астрономического азимута методом прямых измерений.***

Но координаты местоположения в данном случае не передаются, а воспроизводятся. А если речь идет о прецизионном имитаторе сигналов ГНСС, то координаты местоположения формируются и, опять же, воспроизводятся посредством моделирования спутниковой группировки и сигналов от спутников. То же относится к псевдодальностям и скорости их изменения, а так же и к скорости перемещения потребителя ГНСС.

7. В пункте 6.1.1.1 в частности указано, что ***предел допускаемой абсолютной погрешности измерения приращений координат, прямоугольных координат  $\Delta_{np}$  в диапазоне до 80 м составляет  $(0,02+0,003 \cdot 10^{-3}L)$  мм, где  $L$  -измеряемая длина, мм.***

Данный текст не дает абсолютно никакого представления, о каких координатах идет речь - о пространственных прямоугольных геоцентрических или же плоских прямоугольных координатах в проекции Гаусса-Крюгера. Кроме того непонятно само упоминание координат пунктов, если речь идет о линейных эталонных базисах, предназначенных для хранения и воспроизведения длин линий. То же относится и к пункту 6.1.1.2, который в частности гласит, что ***предел допускаемой абсолютной погрешности измерения приращений координат  $\Delta_{np}$  в диапазоне до 6000 м составляет  $(0,2+0,5 \cdot 10^{-6}L)$  мм, где  $L$  — измеряемая длина, мм.***

8. Пункт 6.1.1.2 также гласит, что ***базисы должны обеспечивать сохранение взаимного положения пунктов со стабильностью, необходимой при передаче единицы величины нижестоящим эталонам и средствам измерений (требования к базисам определяются в рамках поверки/аттестации эталонных комплексов в зависимости от конструкции базисов).***

***Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения длины  $\Delta_L$  ... в диапазоне от 1 до 4000 км составляет  $(1 \div 100)$  мм.***

Указанное расстояние не может быть измерено напрямую с применением светодальномера или тахеометра по вполне очевидным причинам. Таким образом это расстояние может быть определено либо проложением геодезического хода, либо с применением спутниковых геодезических систем, путем вычисления расстояния между пунктами, исходя из определенных координат. Первый вариант отпадает из-за его колоссальной трудоемкости и низкой для решения данной задачи точности получаемых результатов. Если же говорить о втором варианте, то необходимо отметить, что точностные характеристики спутниковых геодезических систем, как и в пунктах 2 и 3, выражаются формулой зависимости погрешности определения координат от значения расстояния между базовой станцией и ровером, имеющей вид (1), где  $L$  – значение длины расстояния между приемниками, выраженное в километрах. Несложно вычислить, что коэффициент «b» будет равен **0,025 мм/км (25 мкм/км)**. В связи с этим снова возникает тот же вопрос: какая спутниковая система может обеспечить указанную точность определения координат и расстояний между пунктами?

9. В пункте 6.2.1.2. утверждается, что ***комплексы базисные эталонные в диапазонах длин до 5000 м, от 1 до 4000 км состоят из линейного базиса или нескольких линейных базисов и фазового светодальномера или дальномера или тахеометра.***

В контексте сказанного непонятно, каким образом с помощью светодальномеров или тахеометров можно измерить расстояние 4000 км и какова метрологическая ценность этого расстояния?

В этом же пункте указано, что ***предел допускаемой абсолютной погрешности измерения длины  $\Delta_L$  в диапазоне длин от 1 до 4000 км составляет от 2 до 200 мм.***

Указанное расстояние не может быть измерено напрямую с применением светодальномера или тахеометра по вполне очевидным причинам. Таким образом это расстояние может быть определено либо проложением геодезического хода, либо с применением спутниковых геодезических систем, путем вычисления расстояния между пунктами, исходя из определенных координат. Первый вариант отпадает из-за его колоссальной трудоемкости и низкой для решения данной задачи точности получаемых

результатов. Если же говорить о втором варианте, то необходимо отметить, что в состав эталона не включены спутниковые геодезические приемники. А если бы даже и были включены, то их точностные характеристики, как и в пунктах 2, 3 и 8, выражаются формулой зависимости погрешности определения координат от значения расстояния между базовой станцией и ровером, имеющей вид (1), где  $L$  – значение длины расстояния между приемниками, выраженное в километрах. Несложно вычислить, что коэффициент « $b$ » будет равен **0,010 мм/км (10 мкм/км)**. В связи с этим снова возникает тот же вопрос: какая спутниковая система может обеспечить указанную точность определения координат и расстояний между пунктами?

Те же вопросы можно задать и в отношении рабочих эталонов 3-го разряда — эталонных линейных базисов.

10. В графической части поверочной схемы вызывает сомнение возможность передачи координат пунктов методом прямых измерений от ГПСЭД к сетям спутниковых геодезических и измерительных систем и сетям опорных станций непрерывно действующих.

11. В пункте 7.1.3 для светодальномеров с диапазоном измерений до 10000 м указано, что *при проведении периодической поверки СИ, имеющих в своём составе светодальномер и прошедших испытания в целях утверждения типа средств измерений до введения в действие настоящей ГПС, диапазон измерений которых больше, чем диапазон измерений соответствующих эталонов, допускается проводить передачу единицы только в диапазоне длины, составляющем не менее 2/3 от предела измерений СИ. Во всех остальных случаях допускается проводить передачу единицы только в полном диапазоне длины.* Необходимо отметить, что при создании современных методик поверки дальномерного канала тахеометров и светодальномеров не учитываются требования инструкций по топографической съёмке, регламентирующие максимальное значение измерительного плеча при проведении тахеометрической съёмки, а также не берётся в расчет тот факт, что для измерений расстояний используются гармонические электромагнитные колебания формируемые несколькими генераторами, на основе модуляции которых формируются периодические электромагнитные импульсы. Следствием этого является периодическая повторяемость значений погрешности измерений, а соответственно нет абсолютно никакой необходимости проводить поверку на всем заявленном диапазоне измерений. Ведь если произойдет сбой в работе хотя бы одного из генераторов, то точность измерений расстояний упадет сразу во всем диапазоне. А если точность измерений соответствует установленным требованиям в диапазоне, установленном инструкцией по тахеометрической съёмке, то она будет соответствовать требованиям и во всем заявленном производителем диапазоне измерений. Кроме того, «ГКИНП-02-033-82. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500» регламентирует максимальную длину измерительного плеча в тахеометрических ходах даже при развитии опорных геодезических сетей 2600 м, а при тахеометрической съёмке всего 300 м, а в исключительных случаях 450 м. И это не удивительно. Ведь визуально навестись на отражатель, расположенный на больших расстояниях крайне затруднительно. Кроме того, следует учесть, что конечным результатом тахеометрической съёмки являются координаты съёмочных пунктов и на точность их определения оказывают влияние не только дальномерные, но и угловые измерения. Именно поэтому длина измерительного плеча ограничивается определенными значениями, превышение которых приведет к тому, что влияние угловой погрешности на точность определения координат превысит влияние линейной погрешности, что приведет к получению недостоверных результатов даже в том случае, если точность дальномерных измерений будет высочайшей. В связи с этим диапазон дальномерных измерений при поверке светодальномеров и тахеометров может быть ограничен значением 3000 метров для прецизионных тахеометров, применяемых для развития опорных геодезических сетей и значением 450 — 500 метров для тахеометров и светодальномеров, применяемых при топографической съёмке местности.

12. В пункте 7.1.4 в качестве средств измерений длины указаны *нивелиры цифровые в диапазоне длин до 500 м. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения длины  $\Delta_L$  составляет от 1 до 500 мм.*

Диапазон измеряемых расстояний, указанный в ГПС излишне большой. В соответствии с требованиями, установленными в ГКИНП (ГНТА)-03-010-03 «Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов», разработанной ФГБУ «ЦНИИГАиК», предельная длина измерительного плеча при нивелировании равна 100 метров. В исключительных случаях допускается увеличить длину плеча до 150 метров. Диапазон же измерения расстояний цифровыми нивелирами ограничен 100 метрами в силу разрешающей способности ПЗС-детектора, так как на больших расстояниях штрихи кодовой рейки уже не могут быть прочитаны нивелиром. Технология определения расстояния от нивелира до нивелирной рейки основывается на разнице масштабов изображения рейки, хранящегося в памяти нивелира, и изображения рейки, полученного в процессе измерения. Данная технология абсолютно подобна определению расстояния из отсчетов по шкале рейки производимых дальномерными штрихами сетки нитей, хранящими масштабный коэффициент (коэффициент дальномера). Поэтому в процессе поверки для контроля этого масштабного коэффициента нет никакой необходимости проводить измерения не только на расстоянии 500 метров, но даже и на расстоянии 100 метров. Достаточно провести измерения на расстоянии порядка 10-ти метров и вычислить масштабный коэффициент. При этом нет абсолютно никакой необходимости применять для этого эталонные базисные комплексы, а можно ограничиться обычной десятиметровой рулеткой или же лазерным дальномером, а предел погрешности измеряемого эталонного расстояния не должен превышать  $\pm 30$  мм.

13. В пункте 7.1.6 в качестве средства измерений указана **аппаратура потребителя геодезическая в диапазоне длин от 0,01 до 50 км с пределом допускаемой абсолютной погрешности измерения длины  $\Delta_L$  составляет  $(2+0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$  мм, где  $L$  – измеряемая длина в мм.**

Но спутниковые геодезические системы не измеряют длину, а предназначены для определения координат точек. Расстояние (длина) между точками получается в результате вычислений, а не измерений. Кроме того в тексте остается неясным, относятся ли к средствам измерений спутниковые геодезические системы с более грубой точностью определения координат?

14. В графической части эталоны 2-го разряда — имитаторы сигналов ГНСС, комплексы средств измерений и устройства записи-воспроизведения сигналов ГНСС имеют более грубые точностные характеристики, чем поверяемые с помощью них Высокоточные НАП ГНСС и НАП ГНСС, которые согласно ГПС могут быть в 40 раз точнее, чем эталоны.

15. В пункте 7.1.13 в качестве средства измерений указаны **НАП ГНСС с пределом допускаемой абсолютной погрешности измерения абсолютных координат потребителя  $\Delta_{коор}$  составляет 1 м.**

Исходный текст не проясняет, относятся ли к средствам измерений НАП ГНСС с более грубой точностью определения координат?

16. В тексте ГПС допускаются разные форматы представления однородных по сути точностных характеристик эталонов и средств измерений, что вносит путаницу в понимании структуры ГПС. Примеры форматов представления точностных характеристик:

... со средним квадратическим отклонением  $S_{пр}$  результата измерений, не превышающим  $(0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$  м, где  $L$  – приращение координат в м;

... Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений приращений координат  $\Delta_{пр}$  составляет  $(1+0,5 \cdot 10^{-6} \cdot L)$  мм,  $L$  — измеряемая длина, мм;

... предел допускаемой абсолютной погрешности измерения приращений координат в системах координат WGS-84, ПЗ-90.11, ГСК-2011  $\Delta_{пр}$  составляет  $(0,003+0,5 \cdot 10^{-3} \cdot L)$  м, где  $L$  – приращение координат в км

Я более чем уверен, что в поверочных схемах для других видов измерений обнаружатся

подобные недостатки, носящие определяющий и системный характер и подлежащие безусловному устранению! Но для этого необходимо много и вдумчиво работать, а не просто осваивать выделяемые для этого средства!

О проблемах, связанных с некорректными методиками поверки можно прочитать в предыдущих статьях, опубликованных мною на сайте:

<https://metrologu.ru/blogs/entry/229-о-государственной-поверочной-схеме-для-силового-угла-и-о-нивелирах/>

<https://metrologu.ru/blogs/entry/230-о-теодолитах-и-тахеометрах/>

<https://metrologu.ru/blogs/entry/233-проблемы-возникающие-при-реализации-методов-измерений-содержащихся-в-гост-8570-2000-«гси-резервуары-стальные-вертикальные-цилиндрические-методика-поверки»-и-пути-их-решения-геометрический-метод/>

Можно сколь угодно долго перечислять недостатки поверочных схем и методик поверки, разработанных в России. Их действительно очень и очень много. Но исправить эти недостатки не получится до тех пор, пока не будут внесены коррективы в сам фундамент системы обеспечения единства измерений в России. И это даже не Закон об обеспечении единства измерений. Это — термины и определения, используемые в метрологии, а вернее фатальные ошибки, допущенные в них сознательно или несознательно.

### **Причины создавшейся ситуации в системе обеспечения единства измерений**

В научной и технической литературе, в том числе в методиках поверки часто можно встретить примерно такую фразу: «Данная методика (данное требование) распространяется на рассматриваемое средство измерений и на однотипные ему средства измерений отечественного и зарубежного производства». Фраза абсолютно правильная как по построению, так и по смыслу, содержащемуся в ней. Но, тем не менее, данная фраза не имеет права на существование в современных условиях. Все дело в том, что РМГ 29-2013 «Метрология. Основные термины и определения», а также его предшественник РМГ 29-99 определяют тип средства измерений как *совокупность средств измерений одного и того же назначения, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации*. Таким образом к одному типу средств измерений могут относиться только те, что изготовлены по одной и той же технической документации. Все остальные части этого определения в данном контексте теряют всякий смысл. И не может быть однотипных приборов не только зарубежного, но даже и отечественного производства, ибо изготовлены они совсем по другой технической документации, хоть и являются средствами измерений того же самого назначения, основанными на том же принципе действия, имеющими одинаковую конструкцию, порой до полного совпадения. Но все эти средства измерений в строгом соответствии с определением будут относиться к разным типам. А это значит, что не может быть в принципе какой-то «типовой» методики поверки. Типовая методика поверки может распространяться только на один конкретный тип средства измерений. А другая типовая методика поверки будет распространяться на другой конкретный тип средства измерений. Таким образом на однотипные по своей сути (но не по логике построения ФИФ) средства измерений существует огромное количество методик. И ладно бы они дословно повторяли друг друга, но ведь зачастую они кардинальным образом отличаются друг от друга. Но и это еще только полбеда. Ведь типы средств измерений в соответствии с ФИФ имеют еще и градацию по времени утверждения типа. В связи с чем даже на полностью

идентичные средства измерений, но выпущенные в разное время могут быть совершенно разные методики поверки.

Так к примеру тахеометр СХ-105L, зарегистрированный в ФИФ под № 49708-12 подлежит поверке в соответствии с МИ 2798-03 «Тахеометры электронные. Методика поверки», разработанной ФГУП «ВНИИФТРИ», а точно такой же тахеометр, но зарегистрированный в ФИФ под № 67610-17 поверяется уже по МП АПМ 14-17 «Тахеометры электронные СХ, ФХ. Методика поверки», разработанной метрологическим центром ООО «Автопрогресс-М». Методы обработки результатов измерений, приведенные в этих методиках, отличаются друг от друга самым кардинальным образом. И если в методике МИ 2798-03 метод обработки результатов измерений описан словесно с расчетом на то, что поверитель знаком с формулами Бесселя и Гаусса для определения стандартного отклонения единичного измерения, то в МП АПМ 14-17 приведена совершенно непонятная методика вычисления неизвестно чего. Чтобы снова не быть голословным, приведу цитату из этой методики поверки.

*Абсолютная погрешность и СКП измерений, углов определяется на эталонном коллиматорном стенде путем многократных измерений (не менее четырех циклов измерений, состоящих из измерений в положении «Круг право» (КП) и «Круг лево» (КЛ)) горизонтального угла ( $90 \pm 30$ )° и вертикального угла (более +20°).*

*Абсолютная погрешность измерений (при доверительной вероятности 0,95) горизонтального и вертикального углов вычисляется по формуле:*

$$\Delta_{vi} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{ji}}{n} - V_{0j} \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( V_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}}{n} \right)^2}{n-1}},$$

где  $\Delta_{vi}$  — абсолютная погрешность измерений горизонтального (вертикального) угла, ... ";

$V_{0j}$  — значение горизонтального (вертикального) угла по эталонному коллиматорному стенду, взятое из свидетельства о поверке на него, ... ";

$V_{ij}$  — значение горизонтального (вертикального) угла по поверяемому тахеометру, ... ";

$n$  — число измерений.

*СКП измерений горизонтального и вертикального углов вычисляется по формуле:*

$$m_{vi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n}},$$

где  $m_{vi}$  — СКП измерений горизонтального (вертикального) угла, ... ";

$V_i$  — разность между измеренным поверяемым тахеометром значением  $i$ -го горизонтального (вертикального) угла, и значением  $i$ -го горизонтального (вертикального) угла по эталонному коллиматорному стенду, взятое из свидетельства о поверке на него... ";

$n$  — число измерений.

Рассматриваемый текст не только не раскрывает сути и методики измерений, он, кроме того, просто вводит поверителей в заблуждение. Начать следует с того, что в тексте совершенно не описан эталонный коллиматорный стенд. А ведь конструкция стенда или же установки напрямую влияет на порядок измерений углов. Кроме того, абсолютно непонятно

что имеется в виду под «абсолютной погрешностью» измерений углов, если для теодолита таковой является коллимационная погрешность и место нуля (зенита) при измерении горизонтальных и вертикальных направлений и углов соответственно. И под абсолютным их значением может пониматься только их среднее арифметическое значение, а отклонения их значений от среднего на каждом участке лимба обусловлены эксцентриситетами лимбов и алидады теодолита. Да и формула определения этих погрешностей значительно отличается от той, что предлагается рассматриваемой методикой для вычисления абсолютной погрешности измерений углов. Предложенная формула теряет всякий смысл, так как в ней одновременно присутствуют систематическая погрешность измерений, выраженная через среднее арифметическое из ряда результатов, и средняя квадратическая погрешность (стандартное отклонение) единичного измерения, хотя речь должна идти о стандартном отклонении среднего арифметического. Также необходимо отметить, что описанный метод позволяет определить скорее личностную погрешность исполнителя, чем инструментальную погрешность теодолита, так как не предполагает перестановку лимба (алидады) горизонтального круга между приемами измерений и не регламентирует метод наведения на визирную цель с одной и той же стороны. Этот метод необходим для исключения погрешности наведения из результатов измерений, так как погрешность наведения у каждого исполнителя всегда имеет свой определенный знак (кто-то не доводит визирную ось до цели, а кто-то переводит) и носит систематический характер. А это в свою очередь позволяет получить значение угла, как разность отсчетов двух направлений, свободную от влияния погрешности наведения.

То же самое можно сказать практически обо всех методиках поверки, разработанных в ООО «Автопрогресс-М».

Подобные примеры носят массовый характер и все это обусловлено только лишь одной строчкой в определении термина «Тип средства измерений», устанавливающей различие в типах СИ технической документацией, в соответствии с которой они были изготовлены. Я не буду гадать над тем, сознательно ли в определении типа СИ появилась эта фраза, но главное — это невообразимая путаница, возникающая в Федеральном информационном фонде и препятствующая полноценному обеспечению единства измерений в нашей стране.

Следующая причина создавшейся ситуации, на мой взгляд, кроется в непонимании практических вопросов (особенно вопросов низового уровня) теми, кто создает поверочные схемы и разрабатывает невыполнимые на практике методики поверки. Если бы это было не так, то в поверочных схемах и методиках поверки не появлялись бы вышеописанные грубейшие ошибки. Один из наиболее характерных примеров таких ошибок, которые касаются метрологических характеристик нивелиров был рассмотрен выше. Если же продолжать разговор о нивелирах, то можно привести еще один пример ошибки, которая возникла из-за непонимания составителями методик поверки принципов геометрического нивелирования и факторов, влияющих на погрешность нивелирования. Более подробно с данной проблематикой можно ознакомиться в моей статье по ссылке:

<https://metrologu.ru/blogs/entry/229-о-государственной-поверочной-схеме-для-си-плоского-угла-и-о-нивелирах/>

## **Заключение**

Как уже было отмечено, подобные примеры носят массовый характер. И я более, чем уверен, что что-то похожее можно обнаружить не только в вопросах обеспечения единства измерений, связанных с геодезией, но и в других областях, где применяются самые разнообразные средства измерений. Так в статье я не затронул обширный пласт проблем и затруднений при поверке геодезических коллиматорных установок, вызванных банально тем,

что эталоны, указанные в методиках поверки, физически не сопрягаются с поверяемыми установками, хоть и подходят по точности для проведения поверки. Почему так случилось, и кто несет за это ответственность? - судить не берусь. Но знаю одно: до тех пор, пока все перечисленные и подобные им недоработки и недостатки не будут устранены, система обеспечения единства измерений в России полноценно работать не будет, а все попытки ее перевода на цифровую основу будут наткнуться на нелогичность построения Федерального информационного фонда, обусловленную фундаментальными ошибками в метрологической терминологии. Ведь если вдуматься, то требования к средствам измерений устанавливаются не по результатам испытаний, а условиями измерительной задачи, при решении которой необходимо использовать то или иное средство измерений. И уже на основе этих требований изготавливаются средства измерений. И не типы средств измерений должны утверждаться в процессе испытаний, а модели и модификации средств измерений должны относиться к тому или иному их типу, разработанному в соответствии с условиями измерительной задачи. Это конечно не отменяет испытаний с целью утверждения новых типов СИ, но проводить их следует только и исключительно тогда, когда действительно появится новое средство измерений, основанное на совершенно новых принципах и имеющее абсолютно новую конструкцию. И только тогда можно будет говорить об однотипных СИ отечественного и зарубежного производства и о типовых методиках поверки, разработкой которых должны заниматься соответствующие государственные структуры, а не частные компании и фирмы. Только так система обеспечения единства измерений будет полноценно работать и станет системой обеспечения метрологического суверенитета нашей страны.

### **Список использованной литературы**

1. Приказ №2821 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.12.2023 г.;
2. Приказ №2482 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.11.2018 г.;
3. ГОСТ 10528-90 Нивелиры. Общие технические условия;
4. ГОСТ 10529-96 Теодолиты. Общие технические условия;
5. ГОСТ 22268-76 Геодезия. Основные термины и определения;
6. ГОСТ 8.570-2000 ГСИ. Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика поверки;
7. ГОСТ Р 8.876-2014 ГСИ. Теодолиты. Методика поверки;
8. РМГ 29-2013 ГСИ Метрология. Основные термины и определения;
9. МИ БГЕИ 07-90 Нивелиры. Методика поверки;
10. МИ БГЕИ 08-90 Теодолиты. Методика поверки;
11. МИ 08-00 Теодолиты. Методика поверки;
12. МИ 2798-03 Тахеометры электронные. Методика поверки;
13. МП АПМ 05-16 Тахеометры электронные Leica FlexLine TS02plus, Leica FlexLine TS06plus, Leica FlexLine TS09plus. Методика поверки;
14. МП АПМ 14-17 Тахеометры электронные CX, FX. Методика поверки;
15. МП АПМ 15-17 Тахеометры электронные ES, OS. Методика поверки;
16. Электронный теодолит VEGA TEO5/TEO10/TEO20 Руководство по эксплуатации;
17. Теодолит электронный 56-DGT2, 56-DGT10 Руководство по эксплуатации;
18. Поклад Г. Г., Гриднев С. П. Геодезия: Учеб. пособие для вузов — 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Академический проект, 2013. - 538 с. - (Фундаментальный учебник);