

ПРИШЛА БЕДА «ОТКУДА НЕ ЖДАЛИ»

Не так давно попалась мне в руки очередная методика поверки, разработанная в ООО «Автопрогресс-М» - МП АПМ 12-22 «Нивелиры оптические SOUTH. Методика поверки». Сказать, что эта методика ни на что не годна — значит ничего не сказать! Не буду уже заострять внимание на том, что эта методика, как и многие другие, при периодической поверке регламентирует такую операцию, как определение средней квадратической погрешности измерения превышений. Данный вопрос подробнее рассмотрен в моей статье «О Государственной поверочной схеме для СИ плоского угла и о нивелирах» (<https://metrologu.ru/blogs/entry/229-о-государственной-поверочной-схеме-для-си-плоского-угла-и-о-нивелирах/>). Хотелось бы остановиться на самой методологии определения СКП измерения превышений, приведенной в данной методике. Дословно приведу данную методологию с сохранением орфографии и стилистики автора.

9.1 Определение средней квадратической погрешности измерений превышений

Определение средней квадратической погрешности превшений на 1 км двойного хода проводится на полевом стенде. Пример схемы полевого стенда и методика проведения измерения превышений на 1 км двойного хода приведены в приложении 5 к ГОСТ 10528-90. Размеры сторон полевого стенда выбирают таким образом, чтобы длина визирного луча составляла 25 метров. Расстояние измеряется рулеткой. Вершины стенда закрепляются реперами или нивелирными башмаками. Вместо использования нескольких станций допускается использование одной при условии изменения высоты прибора не менее чем на 0,1 м.

Проложить замкнутый нивелирный ход прокладывая прямой ход длиной около 1 км. Затем проложить обратный нивелирный ход. Необходимо проложить не менее 3 замкнутых прямых и обратных нивелирных ходов.

После проложения нивелирных ходов получают невязки в прямом $f_{пр}$ и в обратном $f_{обр}$ ходах.

10. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Среднюю квадратическую погрешность измерений превышений на 1 км двойного хода $\bar{m}$ вычисляют по формуле

$$\bar{m} = \sqrt{\frac{\sum (f_{пр}^2 - f_{обр}^2)}{4n}},$$

где n – количество нивелирных двойных ходов...

Приведенный фрагмент методики просто-таки изобилует (как впрочем и методика в целом) искажающими смысл написанного стилистическими и пунктуационными ошибками. Но главное — методология, изложенная в данном фрагменте, абсолютно и в корне не верна и извращает само понятие средней квадратической погрешности нивелирования.

Начать, на мой взгляд, следует с того, что ГОСТ 10528-90 «Нивелиры. Общие технические условия» регламентирует приемо-сдаточные испытания нивелиров при их выпуске с производства, а также программу испытаний нивелиров перед выездом на геодезические полигоны в соответствии с ГКИНП (ГНТА)-03-010-02 «Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов», а не программу периодической поверки, как это пытаются представить разработчики МП АПМ 12-22. Кроме того, данный ГОСТ устанавливает требования, предъявляемые к нивелирам различных типов. Именно ГОСТ, а не испытания с целью утверждения типа СИ, устанавливает требования, которым должны соответствовать нивелиры. Кроме того, как я уже писал в статье «О Государственной поверочной схеме для СИ плоского угла и о нивелирах», трудоемкость испытаний, в общем, и определения СКП измерения превышения на 1 км двойного хода, в частности, очень велика и поэтому они проводятся либо выборочно, как часть производственного цикла, либо силами геодезического предприятия, производящего работы по развитию нивелирных сетей на геодезических полигонах. Геометрические же характеристики полевого полигона таковы, что разместить его в лаборатории совершенно невозможно, что делает полевую поверку в осенне-

зимне-весенний период абсолютно невыполнимой. Но даже все это, применительно к приведенному фрагменту методики, оказывается сущей мелочью, если принять во внимание тот факт, что указанная формула неверна и абсолютно не соответствует той, что приведена в ГОСТ 10528-90. Чтобы не быть голословным, я не буду даже перепечатывать текст и формулу, содержащиеся в п. 4.3. ГОСТа, а приведу скан всей страницы, содержащей методологию измерений и расчетов:

С. 4 ГОСТ 10528—90

оптическим микрометром), 2.12, 2.17—2.20, цены деления уровня при зрительной трубе (табл. 1), номинальной длины рейки и длины деления шкалы рейки (табл. 2) проводят визуальным осмотром, опробованием, сличением с технической и конструкторской документацией на нивелиры и нивелирные рейки.

4.3. Испытания нивелиров на соответствие требованиям к допустимой средней квадратической погрешности измерения превышения на 1 км двойного хода (табл. 1, пп. 2.6 и 2.8) проводят на полевом стенде. Схема полевого стенда и методика определения средней квадратической погрешности измерения превышений на 1 км двойного хода $m_{\text{км}}$ приведена в приложении 5.

Значение $m_{\text{км}}$ вычисляют по формуле

$$\overline{m}_{\text{км}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (f_{\text{пр}j}^2 + f_{\text{обр}j}^2)}{4n}}, \quad (1)$$

где $f_{\text{пр}j}$, $f_{\text{обр}j}$ — наводки в прямом и обратном ходах j -го двойного хода ($j = 1, n$);
 n — количество двойных ходов ($n \geq 10$).

Результаты испытаний считают удовлетворительными, если выполняется условие

$$\overline{m}_{\text{км}} \leq m_{\text{км}},$$

где $m_{\text{км}}$ — допустимая средняя квадратическая погрешность измерения на 1 км двойного хода в соответствии с табл. 1.

4.4. Увеличение зрительной трубы Γ и диаметр входного зрачка d (табл. 1) определяют совместно. При этом значение Γ вычисляют по формуле

$$\Gamma = \frac{d}{d'}, \quad (2)$$

где d' — диаметр выходного зрачка, мм.

Диаметр входного зрачка d измеряют штангенциркулем любого типа и класса точности по ГОСТ 166, со значением отсчета по нониусу или ценой деления круговой шкалы 0,1 мм.

Диаметр выходного зрачка d' измеряют диаметрмером с ценой деления сетки 0,1 мм.

4.5. Наименьшее расстояние визирования (табл. 1) определяют измерением отрезка горизонтальной линии от оси вращения нивелира до объекта, расположенного на предельно минимальном от нивелира расстоянии, т.е. на таком расстоянии, когда объект через зрительную трубу нивелира еще четко виден. Указанный отрезок измеряют рулеткой 3-го класса точности по ГОСТ 7502 и номинальной длиной не менее 10 м.

4.6. Значение коэффициента нитяного дальномера K (табл. 1) определяют по результатам измерений нитяным дальномером отрезка линии образцового базиса длиной (50 ± 10) м. Угол наклона линии базиса должен быть не более $0,5^\circ$. Относительная погрешность длины отрезка базиса должна быть не более $1/1500$.

Для измерений нивелир центрируют над начальной точкой отрезка базиса. Погрешность центрирования — не более 1 см. На конечной точке отрезка устанавливают нивелирную рейку. После приведения нивелира и рейки в рабочее положение наводят зрительную трубу нивелира на рейку и отсчитывают по ее шкале верхним «в» и нижним «н» штрихами сетки нитей, что составляет один прием измерений. Каждый новый прием выполняют после изменения высоты нивелира.

Значение коэффициента K вычисляют по формуле

$$K = \frac{S_0 - c}{d l_{\text{сп}}}, \quad (3)$$

где S_0 — образцовое значение длины отрезка базиса, мм;

c — значение постоянного слагаемого нитяного дальномера, выбираемого из паспорта на прибор, мм;

Рисунок 1 — Скан страницы из ГОСТ 10528-90

Сравним формулу (1), приведенную в ГОСТ 10528-90 с формулой для вычисления СКП нивелирования, приведенной в методике. Между этими формулами существует небольшое отличие, которое коренным образом меняет весь смысл проводимых работ и влечет за собой

абсолютно некорректное нормирование метрологических характеристик в случае использования методики МП АПМ 12-22 для проведения первичной поверки нивелиров при выпуске их из производства или же при их ввозе на территорию России. И отличие это состоит всего в одном математическом операторе, содержащемся в числителе подкоренного выражения. В ГОСТ 10528-90 применяется сложение, а в МП АПМ 12-22 — вычитание. Чтобы разобраться, к чему может привести подобная подмена, необходимо понимать, что сумма превышений в замкнутом нивелирном ходу в идеальном случае равна нулю, а отклонение от нуля суммы измеренных превышений и есть так называемая невязка. И значение невязки не зависит от того, какой производился нивелирный ход — прямой или обратный. В замкнутом полигоне значение невязки вообще не зависит от конфигурации и направления нивелирного хода. На самом деле мне совершенно непонятна цель разделения нивелирных ходов на прямой и обратный в замкнутом полигоне. Но как бы то ни было, в выражении, приведенном в ГОСТ 10528-90, производится суммирование квадратов значений невязок, что в конечном итоге и приводит нас к значению средней квадратической погрешности нивелирования.

В методике же МП АПМ 12-22 суммируются разности квадратов значений невязок в прямых и обратных ходах. Если учесть, что при равных условиях нивелирования значения невязок в прямом и обратном ходах будут очень близки друг к другу, то легко можно прийти к выводу, что значение средней квадратической погрешности нивелирования будет или очень близко к нулю при любом значении невязок в замкнутых нивелирных ходах, или под корнем в некоторых случаях даже может получиться отрицательное значение. Видимо поэтому пределы допускаемой средней квадратической погрешности нивелирования для нивелиров NL32 (к примеру) ограничены диапазоном ± 1 мм/ км дв. хода, что в два раза точнее, чем у аналогичного нивелира отечественного производства 4Н-2КЛ и всего лишь в два раза уступает показателям прецизионного нивелира Н-05. И это при том, что отсчеты по шкале инварной рейки, производящиеся нивелиром Н-05, снимаются при определенном опыте и сноровке с точностью до 0,001 мм, а отсчеты, производящиеся нивелиром NL32, снимаются по шашечной рейке в лучшем случае с точностью 0,5 мм, а в худшем — 1,0 мм.

Что стало причиной подобного положения дел? Опечатка? Сознательная подмена? Некомпетентность разработчика методики в вопросах геодезии? На самом деле все это не столь уж и важно. Важно другое! Меня интересует более животрепещущий вопрос: до каких пор на свет будут появляться подобные методики? Ведь это не единичный пример. Таких методик, разработанных в ООО «Автопрогресс-М» и в других компетентных организациях, огромное количество. Это и методики поверки нивелиров, и методики поверки теодолитов и электронных тахеометров. Это также и Государственные поверочные схемы, по сути являющиеся фундаментом, на который необходимо опираться при разработке методик поверки, аттестации и испытаний эталонов и средств измерений. Возникает стойкое ощущение, что уровень метрологической грамотности, да и не только метрологической, но и обычной грамотности разработчиков методик поверок и поверочных схем год от года снижается все сильнее и сильнее.

В чем, на мой взгляд, содержится решение проблемы, заключающейся в разработке методик поверки на по сути однотипные приборы, так это в том, что необходимо навсегда отказаться от порочной практики утверждения новых типов СИ, на деле являющихся всего лишь моделями и модификациями средств измерений одного и того же типа. Для этого необходимо на фундаментальном уровне изменить. Я бы даже сказал, сломать устоявшийся порядок, построенный на неверных терминах и определениях. Типы средств измерений должны быть унифицированы в соответствии с их назначением, видовой принадлежностью, общностью и схожестью конструкции и точностными характеристиками, которые диктуются выполняемыми измерительными задачами, а отнюдь не тем фактом, что эти средства измерений изготовлены якобы по одной и той же технической документации. Методики поверки должны разрабатываться в первую очередь профессионалами своего дела, а не лицами, имеющими метрологическое образование и при этом не разбирающимися в специфике работ, выполняемых этими средствами измерений. Кроме того, методики поверки должны ориентироваться не на те эталоны, которые имеются у разработчиков этих методик, а на эталоны, которые в реальности могут применяться при поверке. И в зависимости от этого методики поверки могут в значительной мере отличаться друг от друга в части методологии проведения измерений, но не в части требований, на соответствие которым проводится поверка. К примеру выполнение главного условия нивелира можно

проконтролировать, как минимум, пятью способами. Все зависит от того, какое средство контроля применяется в каждом конкретном случае. Это может быть выверенный и настроенный теодолит типа Т2, или поверенный и отъюстированный нивелир. Это могут быть нивелирные рейки, если используется метод полевого контроля. Это могут быть коллиматоры, визирная ось которых выведена в горизонтальное положение, или же специализированные автоколлимационные установки, горизонтальное положение визирной оси которых обеспечивается поверхностью жидкого масла. И все эти методы служат одной цели — контролю главного условия нивелира. Но в методиках поверки обычно описывается только один метод. При этом дается примечание о допустимости применения других средств поверки, удовлетворяющих требованиям методики. Но почему-то никто не пишет, что при выборе другого средства поверки зачастую кардинально меняется сам метод измерений, хотя этот факт более чем очевиден даже для не очень сведущего в вопросах метрологии человека.

Можно также рассмотреть другую методику поверки, разработанную опять же в ООО «Автопрогресс-М» - МП АПМ 10-14 «Нивелиры лазерные ротационные LEICA RUGBY серий 600, 800. Методика поверки». И снова все то же самое! Методы измерений при поверке не описаны совершенно. Хотя было бы очень любопытно ознакомиться с методологией наведения лазерного луча, имеющего ширину свыше пяти миллиметров на верхнюю точку нитяного отвеса, расположенную на высоте десять и более метров. А так же хотелось бы ознакомиться с методологией измерения расстояния между отвесом и лазерным лучом. Но ответов на поставленные вопросы в данной методике нет. Поверителю просто в приказном порядке говорится "провести измерения". Как их проводить? - неизвестно, похоже, даже самому разработчику методики.

7.3.3 Определение погрешности задания вертикальной плоскости

Для определения погрешности задания вертикальной плоскости, на высоте не менее 10 м относительно нивелира подвешивается нитяной отвес, при этом нивелир расположен на расстоянии (10-20) м от подвешенного отвеса. Нивелир устанавливается в вертикальное положение таким образом, чтобы лазерный луч по оси Y проходил точно через точку крепления отвеса. Измеряется высота инструмента, и на этом же уровне замеряют смещение лазерного луча относительно нити отвеса. Затем нивелир поворачивают вокруг вертикальной оси на 180° таким образом, чтобы лазерный луч проходил точно через точку крепления отвеса, и проводят аналогичное измерение расстояния, на которое смещён лазерный луч относительно нити отвеса. Полученные значения расстояний суммируются и вычисляется погрешность задания вертикальной плоскости по следующей формуле:

$$i = \arctg\left(\frac{\sum_{j=1}^n A_j / 2}{nS}\right) \cdot 3600, \text{ где}$$

i - погрешность задания вертикального направления, [..."];

A_j – сумма величин смещений лазерного луча, задающего вертикальную плоскость, относительно отвеса, до и после поворота нивелира на 180° при j измерении, [мм];

n – число измерений;

S – вертикальное расстояние между фиксированной точкой крепления отвеса и уровнем установки нивелира, на котором производится замер смещения лазерного луча, [мм].

Следует выполнить не менее 10 раз измерений при установке нивелира по уровню. За окончательный результат принять наибольшее значение погрешности.

Погрешность задания вертикальной плоскости не должна превышать:

- для модели Leica Rugby 610 – ±15", что соответствует ±2,2мм/30м;
- для всех остальных моделей – ±10", что соответствует ±1,5мм/30м.

Рисунок 2 — Скан страницы из МП АПМ 10-14

Все, что написано в методике совершенно невразумительно, методологически неверно и практически абсолютно невыполнимо. А ведь методика поверки в первую очередь должна подробнейшим образом рассматривать именно методологию измерений, результаты которых потом

используются для оценки пригодности средств измерений к применению. Но ничего этого в реальности нет. В связи с этим возникает справедливый вопрос: а при утверждении типа средства измерений вообще проводятся какие-либо испытания? Или все, связанное с этим процессом, просто сочиняется и затем без какой-либо проверки кем-то утверждается (то есть в соответствующих строчках ставятся красивые и не очень автографы неких ответственных лиц)? И вот тут возникает еще один не менее справедливый вопрос: а эти ответственные лица за что-нибудь вообще отвечают? Или ответственность лежит уже исключительно на поверителях, которые ежедневно вынуждены сталкиваться с подобной ахинеей? А ведь еще в 1972 году в СССР была изобретена призма, позволяющая развернуть лазерный веер, строящий вертикальную плоскость, на 90° и тем самым перевести его в положение близкое к горизонтальному (в силу отклонения веера от вертикали) и контролировать отклонение развернутой плоскости от горизонтали с помощью того же теодолита или даже обычной линейки по контрольным точкам. Но ведь чтобы прийти к подобному решению, надо было бы подумать головой, поискать информацию, практически "обкатать" метод измерений. Куда ведь проще написать в методике откровенную глупость! И главное - никто эту глупость не проконтролирует. А зачем? Бумага есть - она все стерпит. Подписи в наличии. Запись в ФИФ имеется. Все довольны! А завтра хоть трава не расти! Правда же?!

Дамы и господа! А может уже довольно делать из метрологии дойную корову? Может быть хватит уже получать деньги из воздуха? Может быть уже стоит задуматься, что даже такая живучая наука, как метрология, имеет свой предел живучести? Убьете вы своими выкрутасами метрологию, так вам и вашим потомкам от этого лучше не станет. Или вы действительно искренне считаете, что все это игра в детские лошадки? Думаете, что ваши художества ни на чем не отразятся? Отразятся и уже отражаются! Но когда все это превратится в лавину, мало никому не покажется!

Остановитесь, дамы и господа!
Остановитесь!



Геометр