

Штативы геодезические – White Paper



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

March 2010

Daniel Nindl, Mirko Wiebking
Heerbrugg, Switzerland

Геодезические штативы – характеристики и тонкости

Daniel Nindl, Mirko Wiebking

Общее

Зачастую, в ежедневной работе геодезист не задумывается о влиянии геодезических аксессуаров на точность измерений. Тем не менее, при проведении точных съемок и измерений в течение длительных периодов времени, влияние аксессуаров становится значительным. Поэтому необходимо иметь немного знаний об этом влиянии.

В этом документе оценивается влияние геодезического штатива на точность установленного инструмента. Требования к геодезическим штативам задаются Международным Стандартом (ISO 12858-2). В данном Международном Стандарте определены стабильность высоты под нагрузкой и торсионная жесткость. В дополнение к описанным выше требованиям, Leica Geosystems также оценивает горизонтальное смещение. В этом документе описывается процесс тестирования этих трех параметров для различных геодезических штативов. Основываясь на результатах тестирования, даны рекомендации для верного выбора штатива в зависимости от используемого инструмента и решаемой задачи.

Тесты были проведены в стабильных лабораторных условиях для достижения наиболее объективных результатов. Влияние температуры и влажности не учитывались. Чтобы получить сравнимые результаты, все защелки были затянуты с одинаковым усилием, используя специальный инструмент.

Оценивались по два штатива каждого вида. Для получения сравнимых результатов для фибerglassовых штативов, во все тесты были включены два штатива Trimax (произв. Crane Enterprises). Результаты тестов были очень близки для штативов A и B (каждого типа). Поэтому в данном документе показаны рез-ты только для штатива A.

К документу применена следующая структура:

- Критерий качества – описывает актуальные параметры тестов
- Результаты тестов – результаты тестов просуммированы и оценены
- Рекомендации для пользователей

Критерий качества – Стандартизированная оценка качества в соответствии со стандартом ISO 12858-2

В соответствии со стандартом ISO 12858-2, геодезические штативы могут быть классифицированы как тяжелые и легкие. Тяжелые штативы должны иметь массу более 5.5 кг. Такой тип штативов может использоваться с инструментами до 15 кг. Легкие штативы подходят только для инструментов, которые весят менее 5 кг. Из оборудования Leica Geosystems на легкие штативы могут быть установлены тахеометры Builder, GPS-антенны и призмы.

Стабильность по высоте

В соответствии со стандартом ISO положение головки штатива не должно сместиться вертикально более чем на 0,05 мм (под двойным максимальным весом инструмента). Таким образом, тяжелые штативы GST120-9, GST101 и Trimax должны быть протестированы при весе 30 кг. GST05, GST05L и GST103 классифицируются как легкие, поэтому они испытывались при нагрузке 10kg.



Рисунок 1: Процесс оценки качества продукции Leica Geosystems

Определяемая вертикальная деформация в 0.05 мм является настолько маленькой, что не оказывает значительного влияния на угловую точность тахеометра. Тем не менее, для высокоточного нивелирования, стабильность высоты под нагрузкой для штатива должна быть учтена.

Для измерения величины смещения использовался электронный нивелир Leica DNA03. Измерения производились на инварную рейку GWCL60, прикрепленную к станковому винту штатива (рис. 1) Сначала были произведены 100 измерений без нагрузки на штатив. Затем была добавлена нагрузка и проведены еще 400 измерений. После нагрузки была снята.

Торсионная жесткость

При вращении инструмента, сила также влияет на горизонтальное вращение головки штатива. Торсионная жесткость – характеристика штатива, поглощающая горизонтальное вращение и позволяющая вернуться в первоначальное положение, когда инструмент стабилен. Точность, с которой штатив возвращается в первоначальное положение – есть гистерезис.

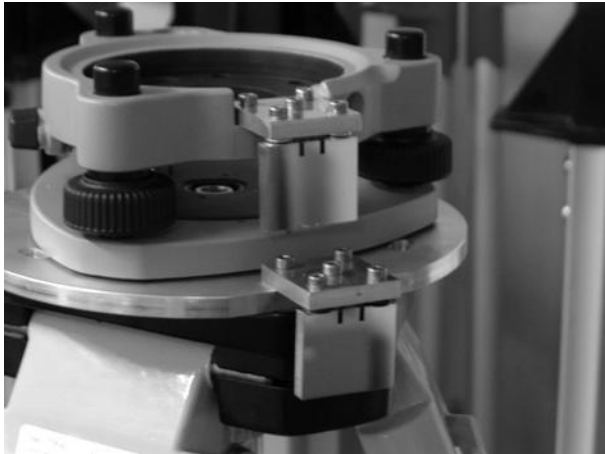


Рисунок 2 - Автоколлимационные зеркала, установленные на штатив и трегер для оценки вращательных деформаций.

В соответствии со стандартом ISO при повороте головки штатива на 200 сс (примерно 70°) максимально допустимый гистерезис для тяжелых штативов – 10 сс (3"), для легких штативов – 30 сс (10"). Для получения более практичных результатов, был применен эффект вращения моторизированных инструментов. Использовался тахеометр TPS1200, который обеспечивал момент силы в 56N*см в момент ускорения.

Используя приложение «Угловые приемы», были произведены серии автоматических наблюдений на 2 призмы. Это обеспечило вращение в двух направлениях на протяжении промежутка времени, в течение которого проводилось исследование. Измерения записывались минимум 200 секунд. Для оценки торсионной жесткости использовался электронный коллиматор. Мониторинг деформаций обеспечивался по принципу автоколлимации. Частота в 16 Hz обеспечила максимально быстрое наблюдение за деформациями. Специально созданная платформа была вмонтирована между головкой штатива и трегером. Измерения выполнялись на зеркало, закрепленное на платформе. На рисунке выше, можно заметить зеркало, закрепленное на трегере. Это позволяет выполнять дополнительные измерения для наблюдения за совместными деформациями трегера и штатива.

Горизонтальное смещение

Горизонтальное смещение штатива – это результат изменения ориентации штатива в течение времени. Это не требование ISO, но Leica Geosystems проверяет все свои штативы на соответствие данного параметра заданным допускам. Использовался метод измерений, схожий с методом исследования торсионной жесткости, но в данном случае период наблюдений был продлен до 3 часов. Для уменьшения объема собранных данных, частота коллиматора была урезана до 0.5 Hz.

Тахеометр TPS1200 был опять установлен на трегер. Тем не менее, в течение процесса измерений инструмент остался неподвижным.

Модель штатива	GST120-9	GST101	Trimax	GST05	GST05L	GST103
Материал	Бук	Сосна	Фибергласс	Сосна	Алюминий	Алюминий
Покрытие поверхности	Масло и краска	Краска	Нет	ПВХ	Нет	Нет
Зажимной механизм	Зажимные винты	Зажимные винты	Клипсы	Зажимные винты	Зажимные винты	Клипсы
Страна пр-ва	Венгрия	Китай	США	Венгрия	Венгрия	Китай
Вес	6.4 kg	5.7 kg	7.4 kg	5.6 kg	4.6 kg	4.5 kg
Макс. высота	180 cm	166 cm	175 cm	176 cm	176 cm	167 cm
Класс по ISO	Тяжелый	Тяжелый	Тяжелый	Легкий	Легкий	Легкий

Таблица 1 – Исследованные модели штативов

Таким образом, инструмент не оказывает вращательной силы на штатив. Смещение штатива вызывается только нагрузкой. В таблице 1 отображены различные характеристики штативов, использованных в данном исследовании.

Результаты тестов – Стабильность по высоте

GST120-9 обеспечивает наилучшие результаты в стабильности по высоте - 0.02 мм.

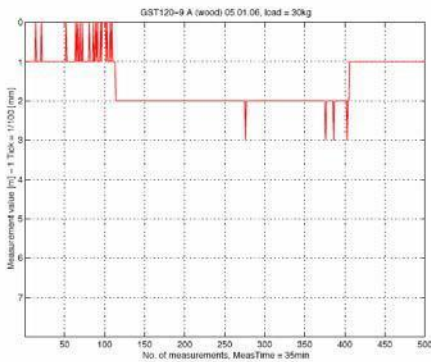


Рисунок 3а - Штатив Leica GST120-9

GST101 имеет ножки на 14 см короче, чем у GST120-9, что также позволяет назвать его устойчивым штативом.

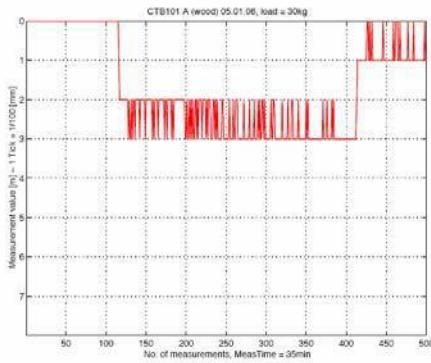


Рисунок 3б – Штатив Leica GST101

Trimax имеет максимальное отклонение в 0.05 мм. Это значение находится в пределах допусков ISO. Тестируемый штатив имеет быстрозажелкивающиеся клипсы, по сравнению со всеми штативами Leica Geosystems, которые имеют зажимные винты. Клипсы могли оказать некоторое влияние на стабильность высоты под нагрузкой.

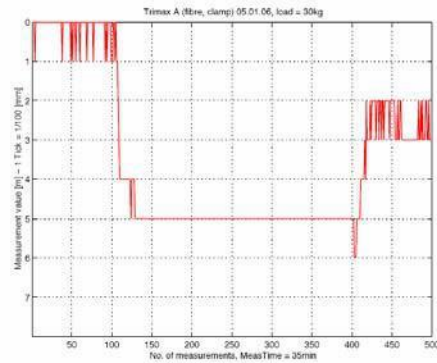


Рисунок 3с – Фибerglassовый штатив Trimax

Легкие штативы

GST05 показывает лучший результат среди легких штативов. После нагрузки в 10 кг, головка штатива изменила положение максимум на 0.02 мм.

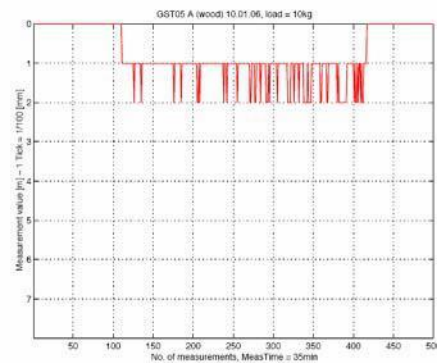


Рисунок 4а - Штатив Leica GST05

GST05L имел несколько более высокую вертикальную деформацию 0.03 мм по сравнению с деревянным GST05.

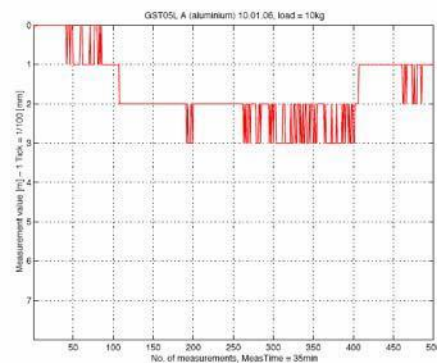


Рисунок 4б - Штатив Leica GST05L

GST103 показывает схожие с GST05L результаты - максимальное вертикальное смещение 0.03 мм. Несмотря на то, что это дешевый продукт, рекомендуемый для инструментов с низкой точностью, все требования ISO по-прежнему соблюдены.

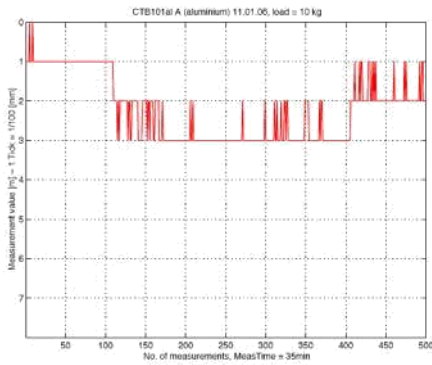


Рисунок 4с – Штатив Leica GST103

Результаты тестов – Торсионная жесткость

Большие изменения амплитуды происходят во время ускорения и замедления вращающегося инструмента. Пока инструмент не может измерить и записать значения углов, это влияние может быть проигнорировано. Значение гистерезиса исследуется как максимальное значение амплитуды (не считая пиков).

Результаты отчетливо показывают, что имеются большие расхождения в стабильности между тяжелыми и легкими штативами. Легкие штативы показывают большее искажение. В дополнение, фиберглассовый и алюминиевый штативы показывают линейную зависимость. Это означает, что инструмент теряет ориентацию с течением времени.

Тяжелые штативы

Среди всех протестированных штативов GST120-9 показал самое низкое значение гистерезиса - 2^{CC} ($0.7''$). В течение всего процесса измерений головка штатива остается стабильной.

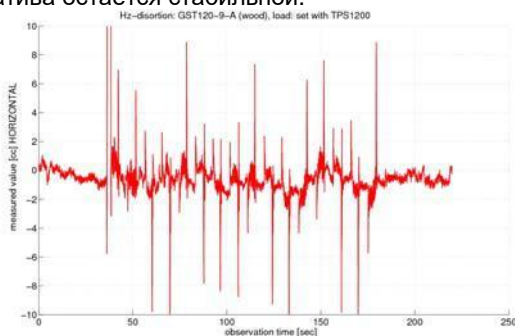


Рисунок 5а – Штатив Leica GST120-9

GST101 показывает достаточно низкую амплитуду - 3^{CC} ($1''$). Trimax показал амплитуду в два раза больше, чем другие тяжелые штативы - 6^{CC} ($2''$).

Линейная зависимость показывает, что, чем дольше установлен инструмент, тем больше возрастает значение гистерезиса.

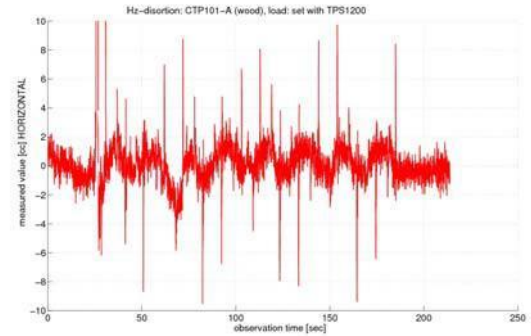


Рисунок 5b - Штатив Leica GST101

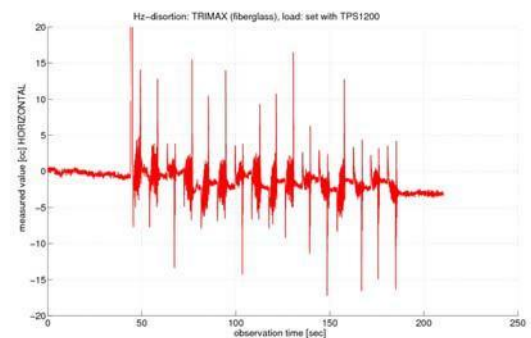


Рисунок 5с – Фиберглассовый штатив Trimax

Легкие штативы

Из легких штативов деревянный GST05 показал наилучшие результаты - 8^{CC} ($2.7''$). Оба алюминиевых штатива показали большие отклонения в течение времени испытаний. После 200 секунд GST05L имел гистерезис 11^{CC} ($3.7''$), а GST103 достиг гистерезиса 30^{CC} ($10''$). Значение 30^{CC} ($10''$) – это предел допуска в соответствии со стандартом ISO.

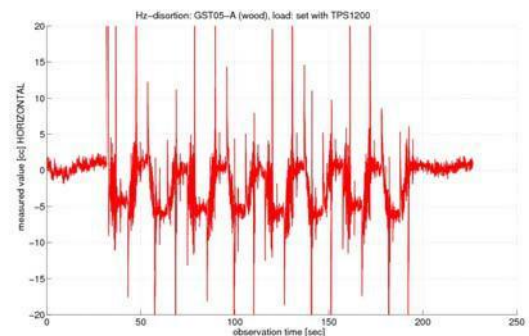


Рисунок 6а – Штатив Leica GST05

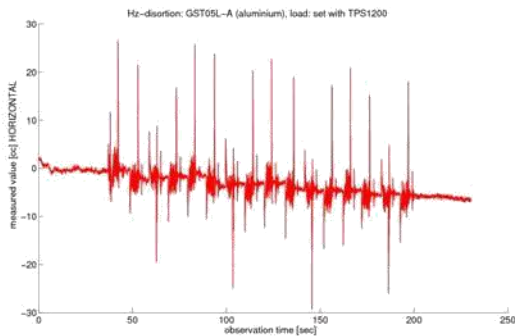


Рисунок 6b – Штатив Leica GST05L

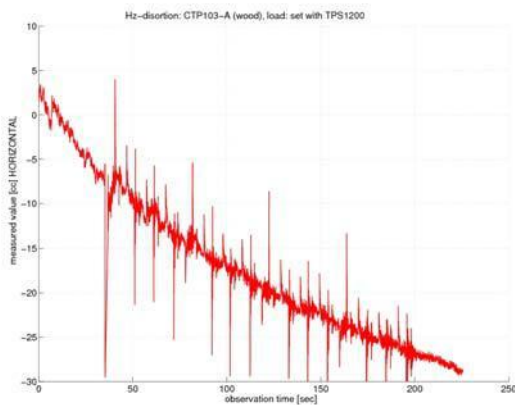


Рисунок 6с – Штатив Leica GST103

Результаты – Горизонтальное смещение

Как и в исследовании торсионной жесткости, фибerglassовые и алюминиевые штативы теряют ориентацию с течением времени. Это продолжается примерно в течение первых 1200 секунд. После этого времени фибerglassовый штатив Trimax становится стабильным. Алюминиевые штативы продолжают вращаться, но с меньшим шагом.

Тяжелые штативы

Для GST120-9 наблюдается постоянное линейное изменение в течение периода измерений. Тем не менее значение смещения после 3 часов осталось небольшим - 7^{cc} (2.3").

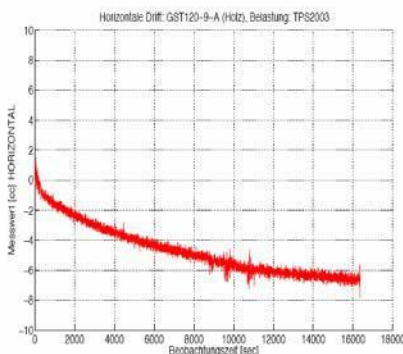


Рисунок 7a - Штатив Leica GST120-9

СТР101 показал максимальное смещение 4^{cc} (1.3").

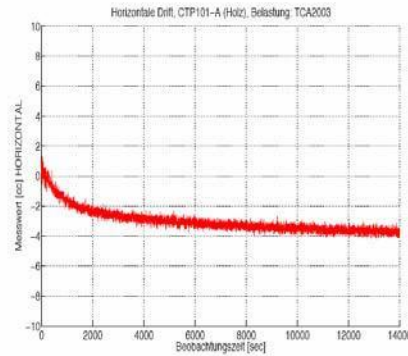


Рисунок 7b - Штатив Leica GST101

Trimax изменил положение сразу после установки: 12^{cc} (4") – в течение первых 600 сек. Однако, после примерно 20 минут штатив остался стабильным - 14^{cc} (4,7").

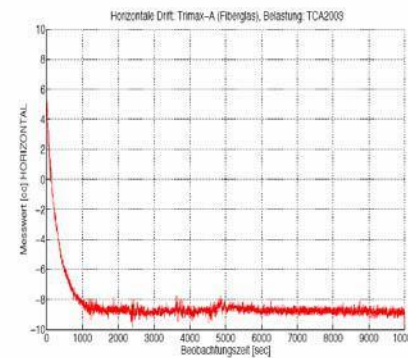


Рисунок 7с – Штатив Trimax

Легкие штативы

Штатив GST05 оказался самым стабильным среди тестируемых с результатом 3^{cc} (1"). Алюминиевые штативы продолжали деформироваться в течение всего периода наблюдений. После 3 часов GST05L развернулся на 23^{cc} (7,7"), а GST103 - на 9^{cc} (3").

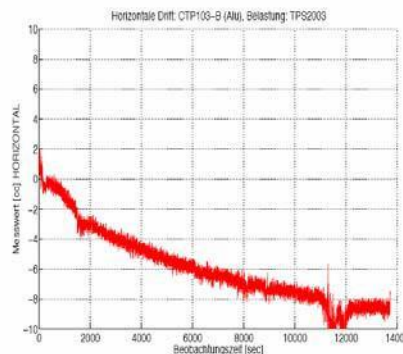


Рисунок 8a – Штатив Leica GST103

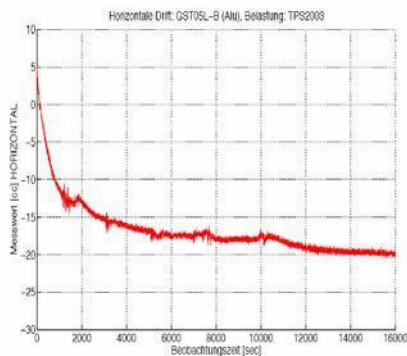


Рисунок 8b - Штатив Leica GST05L

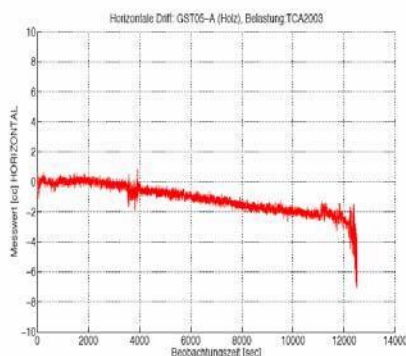


Рисунок 8с - Штатив Leica GST05

Оригинал Leica vs. Копий Leica

Различные копии штативов Leica доступны на сегодняшнем рынке геодезического оборудования. Используйте только оригинальные геодезические штативы Leica Geosystems.

 <p>What you get is a „Black-Box“ purchase. Something that looks similar as a genuine Leica accessory but ultimately you just don't know what you have got ...</p>	
	Supplier qualification for a sustainable product quality
	Material and process qualification
	Tripod wood or
	Tripod aluminium
	Surface structure of tripod head plate
	Tripod tips - special steel
	Torsional Rigidity
	Height Stability
	Horizontal Drift
Monitor assembly process	
Fulfill national testings and regulations	
Requalification of technical specification in certain intervals	
Finetuning of tripods to the instruments for maximum stability and lifetime.	

Таблица 2 – Этапы контроля качества при производстве штативов Leica Geosystems

Зачастую штативы Leica Geosystems используя для производства низкокачественных копий. Таким образом, некоторые производители начали зарабатывать, наводя рынок копия штативов Leica, при этом не заботясь о соответствии стандартам. Правая колонка в таблице 2 описывает обязательные этапы производства оригинальных штативов Leica Geosystems. Потребитель зачастую не видит многие из этих шагов, но опираясь на строгий контроль качества производимой продукции, мы гарантируем поставку лучших продуктов для наших клиентов.

Рекомендации к использованию

В таблице 3 отображены всех проведенных тестов в данном исследовании. Показанные значения – это максимальные ошибки, полученные во время измерений. Для определения влияния ошибок на угловую точность тахеометров, значения гистерезиса трегеров также включены в таблицу. Leica Geosystems рекомендует GDF321 (1") использовать с тяжелыми штативами и GDF311 (3") с легкими штативами. Из всех возможных влияний на угловую точность тахеометра наибольшее оказывают штатив и трегер. Очевидно, что наиболее устойчивые штативы изготавливаются из дерева. GST120-9 имеет наилучшие результаты в стабильности по высоте и в торсионной жесткости и, таким образом, подходит для всех тахеометров Leica Geosystems. Горизонтальное смещение показывает, что штатив GST05 имеет наименьшее смещение в течение времени. Это делает этот штатив идеальным для GPS – антенн, установки призм, которые обычно устанавливаются на длительные периоды времени.

Алюминиевые штативы обеспечивают отличную стабильность по высоте, но плохо выдерживают горизонтальное ориентирование. Поэтому следует избегать использования алюминиевых штативов совместно с угломерными инструментами. Так как алюминиевые штативы дешевле деревянных, имеют малый вес и долговечны, рекомендуется использовать их для нивелирных работ.

Из таблицы видно, что алюминиевый и фиброглассовый штативы испытывают значительные горизонтальные смещения в течение первых 20 минут после установки. Для достижения наиболее надежных результатов необходимо учитывать данный временной период перед началом наблюдений. Помимо этого необходимо проверять ориентацию инструмента в течение всего процесса измерений.

Все исследования штативов были проведены в лабораторных условиях. Однако, следует понимать, что в полевых условиях на стабильность установки значительно влияют температура, влажность, тип поверхности, ветер и другие факторы. С течением времени устойчивость штатива может меняться. Таким образом, необходимо учитывать влияние штатива и трегера при расчете угловой точности, которую необходимо достигнуть.

Используя таблицу ниже, возможно подобрать геодезический штатив в соответствии с решаемой задачей. Для высокоточных измерений в течение длительных периодов времени рекомендуется использовать пункты принудительного центрирования. В качестве альтернативы возможно использовать методы измерений, которые компенсируют описанные ошибки.

Модель	GST120-9	GST101	Trimax	GST05	GST05L	GST103
Подходит для	Все TPS	Все TPS	TPS >5"	GPS – антенна Призмы	Призмы и нивелиры	Призмы и нивелиры
Материал	Бук	Сосна	Фиброгласс	Сосна	Алюминий	Алюминий
Классификация ISO	Тяжелый	Тяжелый	Тяжелый	Легкий	Легкий	Легкий
Стабильность по высоте	0.02 mm	0.03 mm	0.05 mm	0.02 mm	0.03 mm	0.03 mm
Гистерезис штатива	1" (2 ^{cc})	1" (3 ^{cc})	2" (6 ^{cc})	3" (8 ^{cc})	4" (11 ^{cc})	10" (30 ^{cc})
Гистерезис трегера	1" (3 ^{cc})	1" (3 ^{cc})	1" (3 ^{cc})	3" (10 ^{cc})	3" (10 ^{cc})	3" (10 ^{cc})
Макс. возм. влияние	2" (5 ^{cc})	2" (6 ^{cc})	3" (9 ^{cc})	6" (18 ^{cc})	7" (21 ^{cc})	13" (40 ^{cc})
Hz смещение после 3 ч	2" (7 ^{cc})	1" (4 ^{cc})	5" (14 ^{cc})	1" (3 ^{cc})	8" (23 ^{cc})	3" (9 ^{cc})

Таблица 3 – Результаты и рекомендации.

Источник

Данный документ является кратким изложением и переводом научной работы *Genauigkeitsanalyse von Vermessungsstativen und Dreifüssen unter der Belastung verschiedener Instrumente*. Исследование было проведено в 2006 году под руководством Даниэля Ниндля (Daniel Nindl) с факультета инженерной геодезии Технического Университета Вены совместно с Мирко Вибкигом (Mirko Wiebking) из Leica Geosystems AG, Heerbrugg. Целью данного исследования являлось изучение влияния штативов и трегеров на точность инструментов. Анализ влияния трегеров не включен в данный документ, но существует отдельный документ, где изучено это влияние.

Whether you want to monitor a bridge or a volcano, survey a sky-scraper or a tunnel, stake out a construction site or perform control measurements – you need reliable equipment. With Leica Geosystems original accessories, you can tackle demanding tasks. Our accessories ensure that the specifications of the Leica Geosystems instruments are met. Therefore you can rely on their accuracy, quality and long life. They ensure precise and reliable measurements and that you get the most from your Leica Geosystems instrument.

When it has to be right.

Illustrations, descriptions and technical specifications are not binding and may change.
Printed in Switzerland–Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2019.
VII.10 –INT