

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»**



Кафедра философии

Реферат по дисциплине: «История и философия науки»

на тему: «История развития промышленной геодезии»

Выполнил: _____

асп. Бузик Г.Б.

Научный руководитель:

проф. Мустафин М.Г.

Проверил:

проф. Микешин М.И.

Санкт-Петербург
2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Предмет промышленной геодезии и ее место среди наук об измерениях..	5
История развития прикладной геодезии.....	7
Заключение – к вопросу о точности измерений.....	23
Список литературы.....	28

Введение

С какой точностью обычно выполняется измерение геометрических величин?

Глаз человека, при наблюдении без увеличительного стекла или микроскопа с расстояния 20 – 25 см, способен четко различить точку диаметром 0.05 мм. Для различения же объектов друг от друга их размер должен составлять не менее 0.1 — 0.3 мм.

Большинство инженеров, не связанных с геодезией и метрологией, привыкли выполнять измерение геометрических величин с точностью до нескольких миллиметров. Погрешность измерения линейной геометрической величины объекта в один миллиметр считается во многих отраслях инженерной науки очень низкой. Все, что лежит за пределами одного миллиметра, часто не уделяется внимания - подобная точность считается избыточной.

Однако в практике промышленного производства, допуски, устанавливаемые конструктором на тот или иной параметр, часто могут составлять десятые, сотые, а в отдельных случаях и тысячные доли миллиметра (микрометры).

В качестве примера отраслей промышленности можно рассматривать машиностроение и металлообработку.

Примерами таких параметров являются диаметр отверстия в изделии, межцентровое расстояние и соосность отверстий, неплоскостность поверхности и прочие.

Для контроля качества изготовления изделий необходима проверка соответствия этих параметров допускам, заданным конструктором. При этом для обеспечения надежности контроля необходим запас точности измерений. Согласно эмпирическому правилу, точность производства измерений должна

тремякратно превышать допуск на контролируемый параметр. Таким образом, для контроля диаметра отверстия с допуском 0.1 мм, необходимо выполнить измерения с точностью около 33 микрометров.

Большинству ученых и инженеров, даже связанных с классическими направлениями геодезии, сложно помыслить даже такой порядок геометрических величин как одна сотая доля миллиметра, тем более, микрометр – одна тысячная доля миллиметра. Не говоря уже о том, что геометрические параметры можно надежно измерять с подобной точностью.

Тем не менее, существует область деятельности инженеров и ученых, в которой решаются задачи выполнения измерений объектов различных габаритов и формы с высочайшей точностью. Эта область инженерной науки называется промышленная (прикладная) геодезия.

На картинке ниже приведены примеры объектов, размеры которых измеряются в микрометрах.

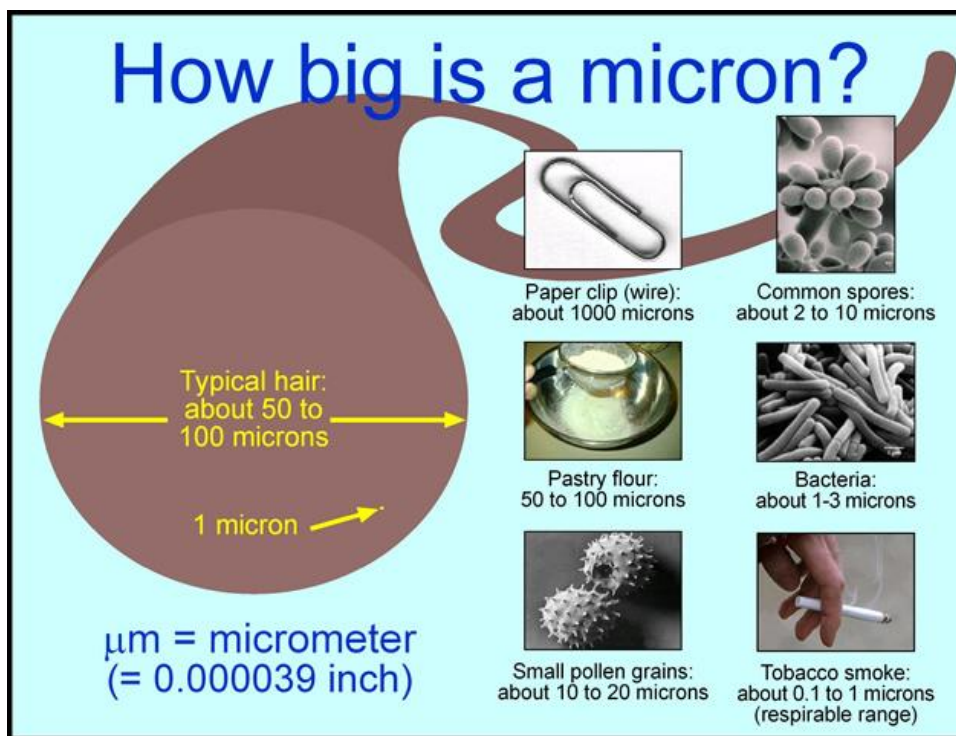


Рис. 1. “Микрометр – сколько это?”. Толщина человеческого волоса – 50-100 мкм, толщина скрепочной проволоки 1000 мкм, мука – 50-100 мкм,

пыльца – 10-20 мкм, споры растений – 2-10 мкм, бактерии 1-3 мкм, табачный пепел – 0.1-1 мкм.

Предмет промышленной геодезии и ее место среди наук об измерениях

Традиционно, вопросами размерного контроля изделий с высокими точностями занималась метрологическая наука, глобальная цель которой – обеспечить единство измерений во всех отраслях деятельности человека.

Существенным ограничением метрологических измерений являются габариты контролируемых объектов. На практике, измерение линейных размеров больше одного метра весьма затруднительно и требует применения особых инструментов и опыта.

Другой важнейшей наукой об измерениях является непосредственно геодезия.

Большинство источников дают геодезической науке такое определение:

Геодэзия (греч. γεωδαισία — деление земли, от γῆ — Земля и δαίζω — делю) — одна из наук о Земле, точная наука о фигуре, гравитационном поле, параметрах вращения Земли и их изменениях во времени.

Упрощенно, геодезия определяется как наука, изучающая формы и размеры Земли и занимающаяся измерением земельных площадей.

Большинство инженеров – не геодезистов, определяют геодезию как в первую очередь науку о Земле, науку изучающую параметры Земли, технологии, методы и средства измерения этих параметров.

На деле, геодезия как наука имеет несколько направлений - разделов:

1. Высшая геодезия — изучает методы и средства создания астрономогеодезической сети, методы и способы высокоточных геодезических измерений, астрономических наблюдений применительно к созданию астрономогеодезической сети:

2. Геодезическая астрономия — обеспечивает определение данных пунктов из астрономических наблюдений;
3. Геодезическая гравиметрия — распределение силы тяжести на земной поверхности, сдвигание горных пород и земной поверхности, горные удары, гравиметрических определений на части пунктов;
4. Космическая геодезия (спутниковая геодезия) — использование наблюдений за искусственными спутниками Земли и космическими аппаратами для изучения формы и размеров Земли и её внешнего гравитационного поля.
5. Топография — описание земной поверхности в локальных масштабах.
6. Картография — описание земной поверхности в глобальных масштабах.
7. Аэрофотогеодезия — изучает методы создания топографических карт по материалам аэрофотосъёмки, определение размеров, формы и положения объектов по их изображениям на фотоснимках.
8. Морская геодезия — методы для картографирования и производства других работ в морях и океанах.
9. Инженерная геодезия (прикладная геодезия) — методы, техника и организация геодезических работ для решения инженерных задач[1].

Подобная классификация рассматривает промышленную геодезию как часть инженерной геодезии, что не совсем точно отражает суть этой инженерной науки. Прикладная геодезия, безусловно, заслуживает свое отдельное место в классификации.

Промышленная геодезия, как направление, находится на стыке двух других отраслей деятельности – координатной метрологии и высокоточной инженерной геодезии, со значительным смещением в сторону метрологии.

Определяя предмет изучения промышленной геодезии, можно утверждать, что она занимается изучением и разработкой новых принципов, методов, технических средств и технологий высокоточных геодезических измерений объектов промышленности.

Основным отличием прикладной геодезии от других направлений геодезической науки и практики является уровень точности, на котором выполняются измерения. Если в инженерной геодезии типичные точности составляют единицы миллиметров и грубее, то для прикладной геодезии принят субмиллиметровый порядок точности – десятые, сотые и тысячные доли миллиметра.

При выполнении измерений с подобной точностью, во внимание необходимо принимать значительно большее количество факторов, оказывающих влияние на все аспекты процесса выполнения измерений.

Описание влияние подобных факторов снижения точности и разработка методов минимизации их влияния на измерительный процесс – отдельное направление исследований промышленной геодезии.

История развития прикладной геодезии

Временная шкала развития прикладной геодезии в целом жестко связана с временной шкалой развития техники и технологий выполнения точных измерений.

Длительное время, инженеры и ученые, выполняющие измерения, были ограничены в средствах и величинах, которые возможно было измерить с высокой точностью.

В частности, задолго до начала активного применения геодезических измерений в промышленности, специалисты – геодезисты и навигаторы - умели точно измерять угловые размеры объектов с помощью прецизионных

угломерных приборов – секстантов, квадрантов и теодолитов – до десятых долей угловой секунды.



Рис. 2. Угломерные приборы – теодолиты.

В распоряжении геодезистов также имелся такой инструмент как геометрическое нивелирование, позволявшее с относительно высокой точностью – до 1 мм определять превышения объектов друг относительно друга вдоль отвесной линии или нормали.

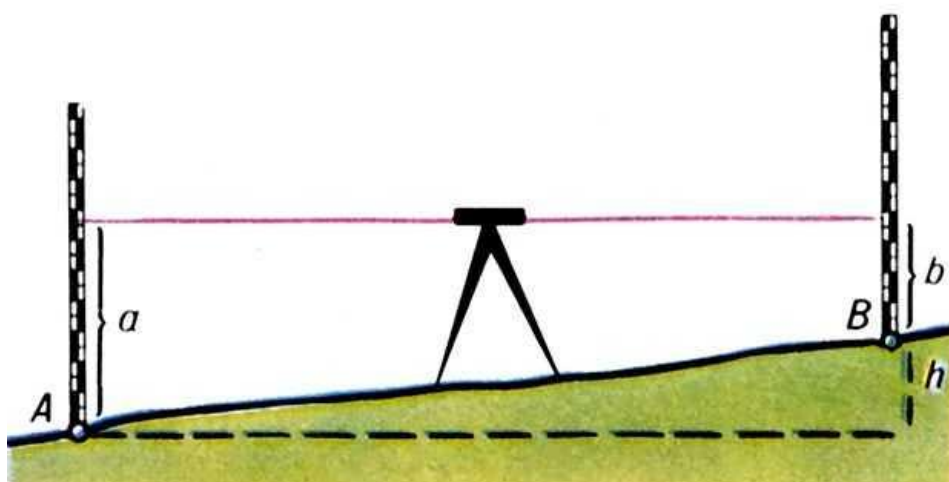


Рис. 3. Нивелирование.

Для контроля планового положения объектов также широко применялся створный метод.

Вышеуказанные методы и средства измерений на протяжении многих лет успешно применялись для решения задач в практике геометрического контроля в машиностроении и металлообработке. Однако продолжал существовать обширный класс задач, решить которые имеющимися методами, не представлялось возможным.

Длительное время для контроля взаимного положения объектов и элементов объектов в пространстве, инженеры опирались только на точные угловые измерения. При помощи прецизионных теодолитов создавались пространственные угловые сети. Угловое положение измеряемой цели при этом контролировалось с нескольких точек наблюдения.

С другой стороны, длительное время не существовало надежного и применимого для промышленных измерений метода измерения наклонных расстояний.

В классической геодезии, при создании опорных сетей, для измерения расстояний широкое применение получили инварные мерные ленты и проволоки. Подобные инструменты ограниченно применялись и для промышленных измерений, но они накладывали существенные ограничения на время выполнения измерений и, самое важное, на их точность. Весьма затруднительным также было измерение с помощью мерных лент и проволок наклонных расстояний под крутыми углами.

Говоря о технологиях измерений в целом, признанной и наиболее эффективной технологией выполнения измерений является координатоопределяющая технология.

Сущность технологии заключается в применении особых средств (координатоопределяющих систем) и методов для определения на поверхности контролируемого объекта пространственных координат точек с проведением последующих необходимых геометрических построений и анализа.

В частности, методы координатоопределяющей технологии является значительно более эффективными, чем методы классической метрологии, предполагающие непосредственное измерение значения контролируемого параметра.

К примеру, соответствие фактического диаметра отверстия проектному в метрологии осуществляется с помощью калибров. Измерение линейных габаритов объектов – с помощью линеек и штангенциркулей.

Координатоопределяющая технология предполагает вычисление значения контролируемого параметра на основании полученных координат, а не измерение его напрямую. Подобная схема обмера обладает высокой гибкостью, позволяя однообразно определять такие геометрические параметры сложных объектов, как длина, ширина, радиус кривизны, ориентация в пространстве, перемещение, соответствие заданной форме и др.

Также, с помощью одной координатоопределяющей системы можно контролировать целый ряд параметров, для контроля которых прямым методом потребовалось бы несколько измерительных инструментов.

На протяжении большого промежутка времени, основной координатоопределяющей системой, применяемой на практике, была мульти-теодолитная система, т.е. система, состоящая из 2х и более теодолитов, при помощи которых осуществляется одновременное наблюдение одной цели и определение ее углового положения.

Применение подобных систем, безусловно, позволило сделать рывок развития точных измерений в промышленности, но в координатоопределяющей технологии по прежнему существовал большой нераскрытый потенциал.

В частности, сохранялась проблема точного масштабирования пространственной угловой сети, необходимого для определения абсолютных

координат целей. Очевидно, что существенным ограничением в развитии полноценной координатоопределяющей технологии, было отсутствие возможности измерения наклонных расстояний до цели с необходимо высокой точностью.

В качестве примера мульти – теодолитной координатоопределяющей системы можно привести KERNECDS1, 2 и 3 (ElectronicCoordinateDeterminationSystem – Электронная координатоопределяющая система) на базе теодолитов KernE1 и E2, которая в 80х годах стала активно внедряться в различных отраслях промышленности.



Рис. 4. Общий вид координатоопределяющей системы KERNECDS



Рис. 5. Практика применения KERNECDS при измерении объекта.

Переход к современным координатоопределяющим системам не был бы возможен без применения новых открытий в области лазерной техники. Основным вкладом лазерных технологий в науку и практику геодезических измерений стал светодальномер (лазерный дальномер) – прибор, позволяющий измерять наклонное расстояние до объекта.

Первые светодальномеры представляли собой устройства с большими габаритами и относительно невысокой точностью – до 1 см, что временно ограничивало область их использования задачами классической геодезии. К примеру, светодальномеры, как отдельные приборы, применялись для измерения длины базисных линий при построении геодезических сетей на местности.



Рис. 6. Светодальномер 2СТ10 и отражатель.

Важнейшей вехой развития координатоопределяющей технологии в частности и прикладной геодезии в целом, стало уменьшение габаритных размеров лазерных дальномеров настолько, что появилась возможность устанавливать их в одном корпусе с угломерным прибором. Основной прибор, реализующий такую схему, получил название электронный тахеометр.



Рис. 7. Применение электронных тахеометров в практике промышленных измерений.

Расширив свой арсенал методов (в котором уже имелись точные угловые измерения)точным измерением расстояния, геодезист получил возможность определять все 3 координаты цели в пространстве одновременно, за одно измерение.

Координаты точки в полярной системе координат (горизонтальный угол β , вертикальный угол ν и наклонное расстояние S)легко переводятся в более привычную в конструировании и инженерном деле, прямоугольную Декартову систему координат XYZ .

Такое представление результатов измерений открыло широкие возможности для обработки и анализа результатов измерений. В частности, данные легко можно представить в удобной конструктору системе координат самого изделия.

Возможность и необходимость сложных геометрических построений и анализа на основании результатов измерений диктовало необходимость увеличения мощности применяемой вычислительной техники – персональных компьютеров.

В практике инженерной геодезии - сбор данных (непосредственно сами измерения) и обработка данных четко разграничены во времени и пространстве. Инженер - геодезист, работающий на строительной площадке, может выполнять измерения всю рабочую смену, сохраняя результаты измерений в памяти прибора. Далее, в удобное ему время и в удобных ему условиях, данные передаются на персональный компьютер, выполняется их обработка, анализ, необходимые построение и подготовка отчетной документации.

Подобный подход зачастую неприемлем в практике высокоточных промышленных измерений. К примеру, при решении задач юстировки и регулировки крупных астрономических инструментов - радиотелескопов, результаты измерений должны быть проанализированы как можно скорее и

на их основании составлены рекомендации по регулировке для монтажной бригады.

После каждой итерации регулировки необходима проверка результата – новые измерения, построения, анализ и рекомендации.

В большинстве случаев, точные промышленно-геодезические измерения выполняются в условиях, позволяющих применять персональный компьютер – стационарного типа или ноутбук (в большинстве случаев). Конфигурация, при которой координатоопределяющая система постоянно подключена к управляющему компьютеру, имеет очевидные преимущества при решении вышеупомянутых задач регулировки.

Таким образом, постепенно была почти полностью стерта временная грань между процессами сбора данных и их обработки. Однако подобное разделение продолжает сохраняться в некоторых областях применения промышленной геодезии, таких как судостроение.

Важнейшей составной частью системы измерений всегда было программное обеспечение, позволяющее принимать данные с прибора, оперативно выполнять построения, анализировать результаты и составлять отчеты. С момента начала активного распространения координатоопределяющих систем на рынке прикладного программного обеспечения существовало несколько крупных компаний, сохраняющих свои позиции до настоящего времени. Плотная работа программистов этих компаний с производителями оборудования и инженерами – геодезистами позволила создать надежные и функциональные продукты.

В настоящее время, признанными лидерами в данной области являются компании NewRiverKinematics (основана в 1994 году)с ПО SpatialAnalyzer(США) и компания Innovmetric(основана также в 1994 году)с ПО Polyworks (Канада).

Эти два программных продукта также представляют две различные концепции представления данных, которые во многом формируют мышление инженеров, занимающихся высокоточными измерениями и их подход к решению задач.

В ПО SpatialAnalyzer основным блоком (элементом) данных является точка с пространственными прямоугольными координатами XYZ. На основании набора точек могут выполняться различные геометрические построения (по автоматизированным алгоритмам) – построение плоскостей, окружностей, линий, цилиндров. Одной из самых важных функций является построение системы координат (СК), т.е. однозначное определение положения СК в общем координатном пространстве. Именно СК отвечает за представление данных в удобной форме.

После выполнения построений, геометрические примитивы становятся самостоятельными элементами, не имеющими никаких функциональных зависимостей с точками. Тем не менее, эти зависимости можно установить при необходимости.

Другой подход реализован в ПО Polyworks. Основа данного программного пакета – параметрический интерфейс, предполагающий изначально установленные зависимости между объектами, сохраняющиеся на протяжении всего жизненного цикла объектов. Чаще всего, пользователь вначале указывает, какой геометрический примитив он хочет построить и только затем приступает к выполнению измерений – координированию точек в пространстве.

Параметрический интерфейс предполагает мгновенное изменение состояния всех зависимых элементов при внесении изменений в элементы верхнего уровня.

В Polywork также принят немного другой взгляд на вопрос представления данных. Процесс создания СК предельно упрощен и лишен

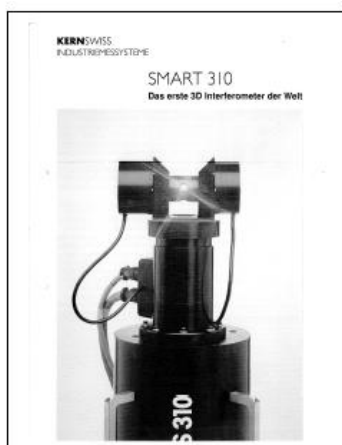
многих функций, присутствующих в SpatialAnalyzer. Большой упор делается на концепцию базирования т.е. определения взаимного положения измерительного прибора и измеряемого объекта.

Следующим крупным этапом в развитии прикладной геодезии стало повышение уровня автоматизации и роботизации приборов. Связано это с тем фактом, что одним из существенных источников случайных ошибок измерений являются ошибки оператора прибора.

Логично, что минимизация непосредственного взаимодействия инженера с прибором (исключение таких действий как наведение на цель с помощью оптической системы и наводящих винтов для электронных тахеометров), позволила бы существенно повысить точность измерительной системы в целом.

Координатоопределяющие системы стали развиваться именно в этом направлении.

В марте 1992 году компанией LeicaGeosystems был выпущен первый прибор совершенно нового класса – лазерный трекер (англ. Track - следить). Принцип работы данного прибора заключался в автоматическом распознавании цели (трипельпризменного отражателя), наведении на цель, постоянном отслеживании ее перемещения в пространстве и сопровождении.



SMART 310



LTD 300/500



LTD 600/700/800

Рис. 8. Лазерные трекеры Leica

Помимо интеграции систем наведения, слежения и электрических приводов, измерительная часть прибора по прежнему состояла из двух угловых датчиков и дальномерно устройства – интерферометра.

Измерение координат, т.е. фиксирование текущих значений углов и наклонного расстояния осуществлялось по команде оператора управляющей программе. Оператор при использовании трекера непосредственно взаимодействовал только с отражателем (перемещая его по поверхности измеряемого объекта) и управляющим компьютером. Именно подобный подход позволил достичь порядка точности измерения координат точек в сотые доли миллиметра при существенной скорости выполнения измерений.

Технология стала настолько популярной и широко применяемой в практике промышленных измерений, что на протяжении прошедших 25 лет получила серьезное развитие в нескольких направлениях.

Говоря об этих направлениях развития, отдельно стоит остановиться на устройствах, предназначенных для измерения расстояний. Условно их можно разделить на 2 класса – абсолютные дальномеры и интерферометры.

Ключевое отличие заключается в принципе выполнения измерений.

Измерений дистанции абсолютным дальномером основано на способности электромагнитного излучения распространяться с постоянной скоростью. Зная скорость и время прохождения электромагнитного импульса от дальномера до отражателя и обратно, можно вычислить дистанцию от дальномера до цели. Хотя данный метод и позволяет определить абсолютное расстояние, он имеет ряд ограничений по точности и по скорости.

Интерферометрия – другой принцип измерения расстояний, при котором определяются относительные перемещения цели – отражателя. Абсолютная дистанция, на которой расположен отражатель в момент начала

измерений может быть неизвестна. Однако при перемещении отражателя, расстояние, на которое он приблизился к интерферометру или отдалился от него, определяется с очень высокой точностью и очень высокой скоростью.

Действие данного прибора основано на явлении интерференции. Принцип действия интерферометра заключается в следующем: пучок электромагнитного излучения (света, радиоволн и т. п.) с помощью того или иного устройства пространственно разделяется на два или большее количество когерентных пучков. Каждый из пучков проходит различные оптические пути и направляется на экран, создавая интерференционную картину, по которой можно установить разность фаз интерферирующих пучков в данной точке картины. Основным недостатком данного метода является отсутствие информации об абсолютном расстоянии до цели. Для обхода этого ограничения технологии в лазерных трекерах применялись так называемые “домашние точки” – точка в корпусе трекера, предназначенные для установки отражателя, абсолютное расстояние до которых было определено заранее с помощью специальной процедуры.

Таким образом, трекеры, оборудованные только интерферометром в качестве дальномерного устройства позволяли получить очень высокую точность измерений, но одновременно предъявляли очень высокие требования к квалификации оператора. Требовалось особое искусство для выполнения измерений в непрерывном режиме, не допуская пересечения лазерного луча посторонними объектами. В случае такого пересечения оператор был вынужден возвращаться к трекеру, устанавливать отражатель на “домашнюю точку” и только после этого продолжать измерения.

Подобные неудобства и ограничения остались в прошлом с интеграцией в корпусе трекера одновременно интерферометра и абсолютного дальномера, расположенных в одном оптическом канале, но работающих на разных длинах волны. Измерение расстояния при этом проводилось в два этапа:

1. Измерения абсолютной дистанции до отражателя с помощью абсолютного дальномера.
2. Передача управления интерферометру и измерение относительных перемещений отражателя в пространстве с помощью него.

В случае же прерывания лазерного луча интерферометра, в работу снова включался дальномер, определяя новое абсолютное расстояние инициализации для интерферометра. Данная технология получила свое название – абсолютный интерферометр, как нельзя лучше отражающее ее суть.

Совершенствование этой технологии продолжается до настоящего времени. В трекерах последних поколений применяется настолько быстрый и точный абсолютный дальномер, что оператор практически не замечает момента передачи управления от одной системы к другой. Также почти не происходит снижения точности измерений при прерывании луча.

Другой важной для прикладной геодезии задачей стало измерение элементов объектов, скрытых от непосредственной видимости для системы наведения прибора. Другими словами, до начала 2000х годов, координатоопределяющие системы могли измерять только те точки на поверхности объекта, на которые существовала непосредственная прямая видимость.

В начале 2000х компания Leica представила концепцию T-устройств – новых измерительных аксессуаров, обладающих рядом беспрецедентных преимуществ. Внедрение этих устройств в практику производства промышленно геодезических работ можно сравнить по значимости с внедрением самих трекеров.

Суть концепции заключалась в оснащении трекера измерительной видеокамерой, а отражателя – специальным корпусом, на котором

располагались инфракрасные светодиоды и также был закреплен измерительный щуп.

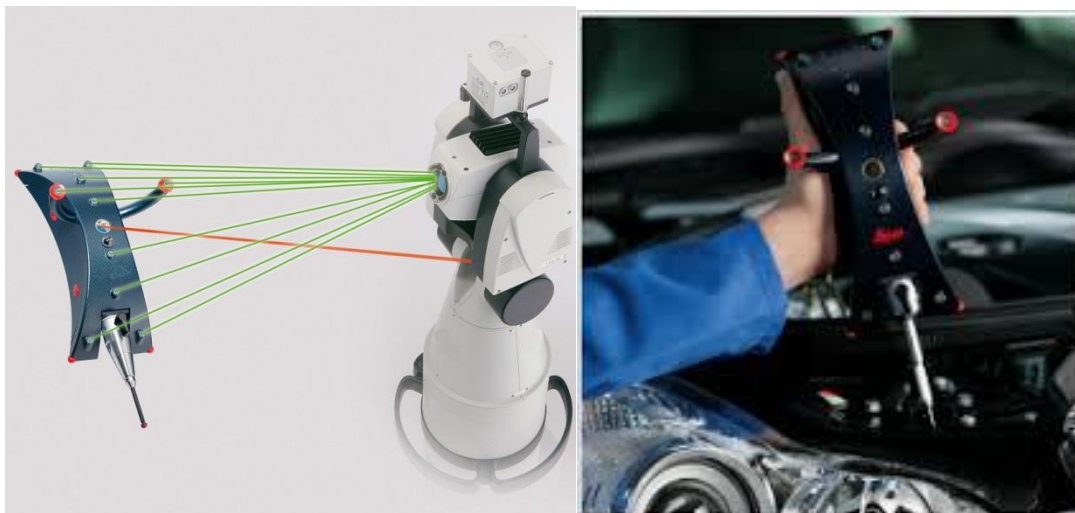


Рис. 9. Беспроводной контактный щуп LeicaT-Probe.

Трекер продолжал выполнять постоянные измерения пространственных координат отражателя, а измерительная камера, наблюдая группу светодиодов, позволяла определить ориентацию устройства в пространстве. Таким образом, в любой момент времени, системе было известно, где находится T-устройство и как оно ориентировано в пространстве. Зная длину измерительного щупа и его положение на корпусе T-устройства, легко можно рассчитать координаты наконечника щупа, которым оператор касался измеряемого объекта.

Революционность данного принципа заключалась в том, что больше не требовалась прямая видимость на сам объект измерений – достаточно было наблюдать за корпусом T-устройства. Сам щуп и его наконечник могли быть скрыты и использованы для измерения во внутренних полостях объекта – действие, ранее недоступное ни одной портативной координатоопределяющей системе.

Создание и внедрение подобной концепции стало возможным благодаря адаптации достижений фотограмметрии – инженерной науки об

измерении по фотографиям. Развиваясь все это время параллельно с координатоопределяющими системами, методы фотограмметрии, изначально нацеленные на создание аэрофотопланов, постепенно стали применяться и для наземных измерений.

Именно технологии и алгоритмы фотограмметрии сделали возможным появление Т-устройств.

Стоит также отметить, что фотограмметрические системы в настоящее время широко применяются как самостоятельные координатоопределяющие системы и занимают свою большую нишу в практике прикладной геодезии.



Рис. 10. Фотограмметрическая координатоопределяющая система.

Отдельно стоит рассмотреть сканирующие системы, принцип действия которых основан на высокоскоростном измерении многих тысяч и даже миллионов точек непосредственно на поверхности объекта (объектов).

С учетом объема данных измерений, в практику был внедрен термин – “облако точек”. Сканирующие системы имеют два основных направления использования – контроль формы объектов и реверс – инжиниринг объектов.

Контроль форму подразумевает сравнение полученного в результате сканирования облака точек с идеальной моделью, построенной конструктором. Наложение облака точек на модель позволяет увидеть все отклонения от идеальной формы, проанализировать их и внести при необходимости измерения в производственные процессы.

С другой стороны реверс – инжиниринг – обратная процедура – позволяет создать на основе полученного облака точек модель изделия, для которого отсутствует идеальная электронная модель или чертежи.

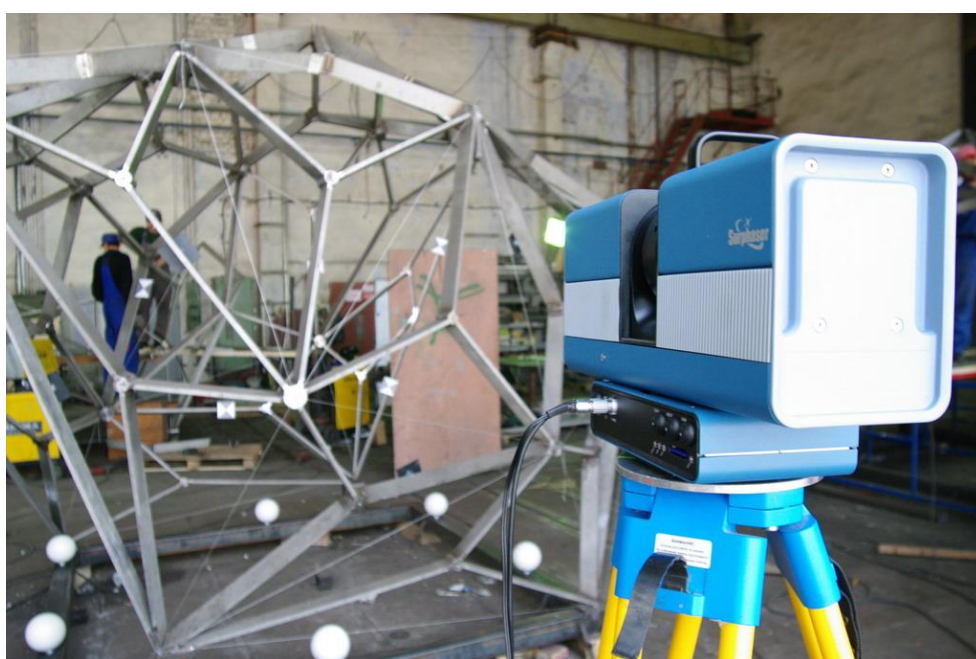


Рис. 11. Лазерная сканирующая система.

Заключение – к вопросу о точности измерений

Существует один вопрос, находящийся на границе философии и прикладной геодезии.

Это вопрос о точности в целом. Понятие точности весьма обширно. Люди привыкли говорить о ней совершенно свободно, не задумываясь о том, что стоит за этим понятием.

Применительно к точности измерений в геодезии, обычно употребляется такое определение:

Точность средства измерений (ассурасу) — степень совпадения показаний измерительного прибора с истинным значением измеряемой величины.

Ключевое понятие в данном определении – истинное значение измеряемой величины. Согласно определению, для того чтобы оценить точность средства измерений (измерительного прибора) необходимо знать это истинное значение.

На практике, истинное значение измеряемой величины никогда не бывает известно! Отсюда следует вопрос – можно ли на самом деле объективно и надежно оценить точность средства измерений?

Возвращаясь к определению, более логично было бы говорить о вероятнейшем значении измеряемой величины. Также всегда необходимо знать порядок точности, которую мы планируем оценивать.

Обратимся за ответом к науке, для которой точность – базовое понятие, метрологии.

В метрологической практике для обеспечения единства измерений используется принцип эталонирования.

Эталон (англ. measurement standard, etalon, фр. étalon) определяется как средство измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы, а также передачу её размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утверждённое в качестве образца в установленном порядке.

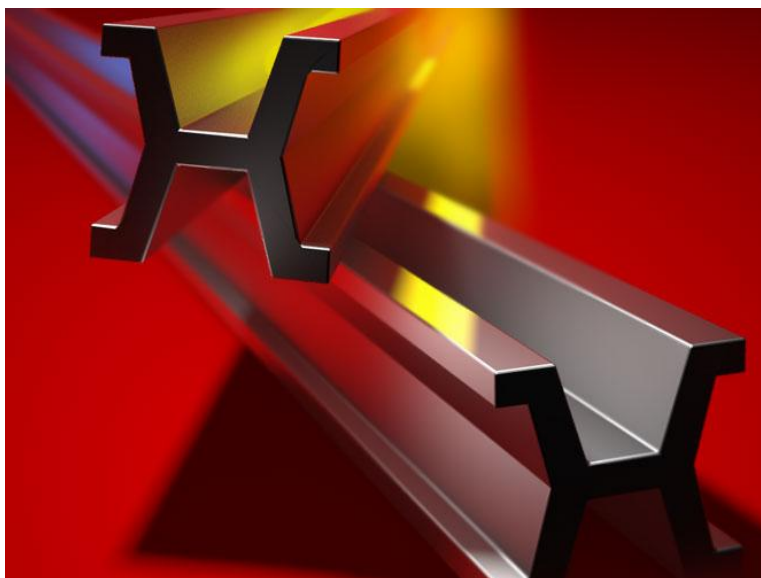


Рис. 12. Эталон метра. Брусок из платино-иридиевого сплава. Применялся с 1889 по 1960 год. В настоящее время, согласно действующему определению, метр равен расстоянию, которое проходит свет в вакууме за промежуток времени, равный $1/299\,792\,458$ секунды.

Кратко принцип можно сформулировать таким образом: “Точность менее точного средства измерений оценивается с помощью более точного средства измерений”. Это означает, что при оценке точности для прибора А (порядок точности которого составляет десятые доли миллиметра) за истинное (вероятнейшее) значение измеряемой величины будет принято значение, полученное с помощью средства измерения В (порядок точности которого составляет сотые доли миллиметра).

Рассмотрим данный принцип, применительно к координатоопределяющим системам. В мировой практике, в качестве средств для оценки точности подобных систем применяются масштабные жезлы.



Рис. 13. Масштабный жезл 1.5LTE-1000ММ производства компании BrunsonInstruments. Материалы – инвар, алюминий и пластик.

Масштабный жезл, не всегда являясь эталоном с юридической точки зрения и не всегда имея класс или разряд, по своей сути является эталоном с точки зрения принципа, сформулированного выше.

Длина масштабного жезла, вычисляемая как расстояние между точками на концах жезла, известна заранее. В большинстве случаев, она измеряется с помощью стационарных координато-измерительных машин (КИМ) – лабораторных средств измерений, точность измерения координат точек для которых составляет 1-2 микрометра и точнее.

С учетом того, что порядок точности измерений для большинства портативных координатоопределяющих систем (лазерные трекеры, прецизионные тахеометры) составляет 10-20 мкм и грубее, значение длины масштабного жезла, полученное в результате измерений с помощью стационарной КИМ, можно принять за истинное значение измеряемой величины применительно к вопросу оценки точности координатоопределяющей системы.

Перемещаясь вниз по схеме, возникает вопрос – как проверяется точность стационарных КИМ. Они проверяются с помощью эталонов брускового типа, длина которых сравнивается (принято говорить о компарировании эталонов) с эталонами более высокого класса, с применением более точных метрологических методов измерения (сравнения), таких как интерферометрия и измерения с помощью электронных микроскопов.

Если продолжая размышления над данным вопросом, взглянуть на всю картину развития практики измерений, можно прийти к выводу, что предел доступной человеку точности будет меняться. Изменения эти будут происходить по функциональному закону, зависящему от уровня технологического прогресса.

Список литературы

1. Петров В. В. Обмер объектов крупного машиностроения в пространственных высотно-угловых сетях / В. В. Петров // Полезные ископаемые России и их освоение сб. тр. науч.-практич. конф.- Санкт - Петербург: Санкт-Петербургский государственный горный институт, 1996. – С. 165 - 175.
2. Описание типа средств измерений 60403-15 Системы лазерные координатно-измерительные LeicaAbsoluteTracker AT960, LeicaAbsoluteTrackerAT930
3. Описание типа средств измерений Сканеры лазерные трехмерные Surphazer 25HSXER/IR
4. Сайт <http://promgeo.com/>
5. Сайт <http://ru.wikipedia.org/>