**ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТГР**

Современное понятие «комплексная автоматизация» в геодезии

Автоматизация занимается созданием и применением технических средств, проведением комплекса мероприятий, которые позволяют осуществлять некоторый замкнутый технологический процесс в соответствии с заранее запланированной программой без непосредственного вмешательства человека (он лишь может контролирует и направляет процесс).

Перечислим основные задачи автоматизации.

1. Повышение эффективности производительности (за счет снижения доли  
   труда человека и роста производительности техники и оборудования).
2. Проведение безопасности работ (без участия человека).
3. Повышение объективности результатов измерений (за счет исключения субъективного (человеческого) фактора).
4. Включение данного технологического процесса в сложный комп­лекс других процессов, образующих единое производство.

Автоматизация может быть

1. частичной - автоматизации подлежат отдельные операции технологического процесса.

2. полной и - автоматизируются все опера­ции.

3. комплекс­ной - автоматизация объединяет несколько процессов, кото­рые составляют основу данного производства и связаны друг с другом логически и организационно (это высший уровень развития производ­ства).

В геодезии автоматизируются следующие процессы:

1. прямая и обратная (общая) геодезические задачи (задача формирования геометрии (разбивка) и задача контроля геометрии (съемка).

2. Автоматизация основных измерительных операций (измерения углов, расстояний, наведения и т.д.)

3. Автоматизация вспомогательных операций (центрирование, нивелирование и т.д.)

Принципы построения и классификация автоматизированных систем и устройств

Одним из основных признаков автоматизированной системы (АС) является частичная автоматизация всех процессов, входящих в кон­кретный вид производства. АС целесообразно разделить по функцио­нальному назначению на следующие классы: для определения положе­ния точек по высоте; для определения положения точек в плане; для определения положения точек в пространстве; для разбивочных ра­бот; для контроля и управления работой машин и механизмов; для специальных работ в негеодезических областях (медицина, машино­строение и т. д.). Основная задача АС — определение координат (или одной координаты) точек местности, объекта, машины и т. д. Коорди­наты используются для составления топографических планов, профи­лей, сравнения с проектными координатами с целью контроля работ или управления машинами, проведения проверочно-разметочных работ в судо- и самолетостроении и других областях.

Для систематизации способов определения координат точек вве­дем следующий признак — поле, в котором работает АС и свойства которого используют для решения поставленной задачи. Существует множество полей, свойства которых могут быть использованы для получения информации о положении точки в пространстве: материаль­ное механическое, электромагнитных колебаний (светового и звукового диапазонов), тяготения, магнитное, угловой скорости вращения Земли, атмосферы Земли, тепловое, излучений небесных тел, нейтрино излучений. АС, как и вообще геодезические приборы, могут использовать свойства не одного, а нескольких полей, т. е. могут работать комбинированно и относиться к определенному классу (рис. 6). Все поля можно условно разделить на естественные и создаваемые искусственно. Существуют поля с переменной во времени структурой (полями колебаний) и со структурой, более или менее постоянной. Как первое, так и • второе подразделения условны, поскольку поля можно создать искусственно.

Всю совокупность АС можно разделить на три группы в зависи­мости от характера параметров полей, измеряемых системой и исполь­зуемых для решения задачи: физические, геометрические и физико-геометрические (или комбинированные). В первой группе требуемая геодезическая информация получается после измере­ния и обработки физических величин, характеризующих данное поле, например, разности фаз электромагнитных волн, атмосферного давле­ния, индукции магнитного поля и т. д. Во второй группе задача реша­ется после измерения и обработки параметров геометрических фигур (направления лучей, углы между направлениями, длины). В комбини­рованном типе АС измеряют части физических величин и параметров геометрических фигур.

Основное качество АС — необходимость (или отсутствие) поиска и сопровождения определяемой цели (см. рис. 6)-

Для технической реализации принципов, положенных в основу лю­бой из АС, работающей в одном из полей или в их комбинации, необ­ходимо выполнить определенные условия.

*Первое условие* вытекает из того, что для определения положения любой точки в пространстве необходимо иметь какую-либо систему отсчета, иными словами, систему координат. Эта система либо уже существует на местности, либо создается в процессе определения поло­жения точек пространства и содержит всю необходимую исходную ин­формацию. Вид системы координат и объем исходной (начальной) ин­формации полностью зависят от вида и объема информации, которую необходимо получить для характеристики точек местности. Например, для получения информации об абсолютной отметке точки методом гео­метрического нивелирования на местности необходимо иметь систему координат в виде горизонтальной плоскости, имеющей как минимум одну известную точку, и вертикальных прямых (отвесных линий), про­ходящих через известную и определяемую точки- Объем исходной ин­формации ограничивается знанием только абсолютной отметки извест­ной точки, как составной части системы координат. Если же требу­ется получить информацию об общегосударственных прямоугольных координатах точки, то на местности в районе определяемой точки не­обходимо создать систему координат в виде двух взаимно перпендику­лярных осей с началом отсчета в точке их пересечения. Ввиду невозмож­ности создания такой системы координат в любом месте, ее задают с помощью совокупности нескольких точек, несущих информацию об ориентировании и положении всей координатной системы и допускаю­щих получение информации о координатах определяемых точек в этой системе. На практике система координат на местности может быть

1. Приведенная общая классификация АС не ограничивается только терминологическими задачами. Только правильный выбор основных признаков классификации позволяет выявить общие законы построения и конкретные свойства, характерные для того или иного типа прибора, устройства, системы. Это создает предпосылки для углубленной научной работы по отдельным типам систем, облегчает конструкторский поиск при конкретных условиях работы прибора и тем самым предотвращает ошибочность решений, экономит силы и средства.
2. Обобщение принципов построения АС и требований к ним приво­дит к выводу о необходимости автоматизации в едином комплексе таких основных процессов, характерных для геодезических измерений, как установка приборов и систем в рабочее положение, измерение углов, линейных величин, визирование, считывание и засылка в определенные адреса информации со шкал, рабочих мер, баз, взаимный обмен информацией между узлами и блоками АС, накопление, хранение и передача (транслирование) информации.

**ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ.**

ГОСТ 28441—99 даёт такое определение: «Цифровая карта (ЦК) — цифровая картографическая модель, содержание которой соответствует содержанию карты определенного вида и масштаба.»

Классификация цифровых карт по содержанию и назначению соответствует общей классификации карт, например: цифровая топографическая карта, цифровая авиационная карта, цифровая геологическая карта, цифровая кадастровая карта и другие

Цифровая карта является основой информационного обеспечения автоматизированных картографических систем (АКС) и географических информационных систем (ГИС) и может являться результатом их работы.

Цифровые карты могут непосредственно восприниматься человеком, при визуализации электронных карт (на видеоэкранах) и компьютерных карт (на твёрдой основе), а могут использоваться как источник информации в машинных расчётах без визуализации в виде изображения.

Цифровые карты создаются следующими способами или их комбинацией (фактически способы сбора пространственной информации):

оцифровка (цифрование) традиционных аналоговых картографических произведений (например, бумажных карт);

фотограмметрическая обработка данных дистанционного зондирования;

полевая съёмка (например, геодезическая тахеометрическая съёмка или съёмка с использованием приборов систем глобального спутникового позиционирования);

камеральная обработка данных полевых съёмок и иные методы.

[править]

Т. к. модели, описывающие пространство (цифровые карты), весьма нетривиальны (в отличие, например, от растровых изображений), то для их хранения часто используют специализированные базы данных (БД, см. пространственная база данных), а не одиночные файлы заданного формата.

Для обмена цифровыми картами между различными информационными системами используют специальные обменные форматы. Это могут быть или популярные форматы каких-либо производителей программного обеспечения (ПО) (например, DXF, MIF, SHP и др.), ставшие стандартом «де-факто», или международные стандарты (например, такой стандарт Open Geospatial Consortium (OGC), как GML).

Сущность и содержание топографических работ определяет метод моделирования, при котором данному реальному физическому объекту – местности – ставится в соответствии некоторый объект, называемый моделью. С позиции топографо-геодезического производства эти модели представляют собой некоторую информационную систему свойств местности и могут быть как моделями различных совокупностей объектов, начиная от аспектов набора объекта (гидрография, растительность и др.) и кончая моделью всей системы объектов (местности).

Расширение области применения цифровых моделей местности (ЦММ), принятие ЦММ в качестве информационной основы автоматизированного картографирования и информационных систем накопления топографической информации в банках данных определили сущность ЦММ как совокупности информации обо всех элементах местности – рельефе, ситуации, топографических объектах. [2]

ЦММ ориентирована на отображение топографических свойств местности. Следовательно, ЦММ – топографическая модель, которая содержит топографическую информацию.

Важной особенностью ЦММ является наличие структуры в виде упорядоченного множества точек или чисел, совокупности взаимосвязанных точек и элементов. Также можно отметить ряд свойств ЦММ, которые обеспечивают решение топографических и инженерных задач: адекватность модели исходному объекту – местности, непрерывность, точность, однозначность и реальность модели.

ЦММ является первичной моделью местности.

Базовым понятием цифрового картографирования является «цифровая (топографическая) модель местности». Составными частями ЦММ являются «цифровая модель рельефа» и «цифровая модель ситуации». Следующими по уровню детализации будут «цифровая модель топографической поверхности» и «цифровая модель топографического объекта ».

Исходя из того, что топографическая ЦММ является базовым понятием цифрового картографирования местности, и определяется ее принципиальная сущность: содержание модели составляет топографо-геодезическая информация; модель представляет собой некоторую систему данных, поэтому характеризуется определенной структурой; модель обладает рядом свойств и может быть описана набором параметров; модель создается по средствам сбора и преобразования топографической информации по определенным математическим законам в соответствии с некоторым алгоритмом.

ЦММ можно представить в виде сочетания абстрактной математической модели с интерпретацией этой модели на конкретной предметной области. Абстрактная математическая модель представляет собой конечное множество переменных и констант с явно заданными отношениями, т.е. может рассматриваться как некоторая знаковая система с конечным набором символов и строго определенными правилами оперирования этими символами. Интерпретацию модели можно понимать как установление соответствия между символами и отношениям абстрактной модели и реальными данными, т.е. как процесс наполнения некоторой математической схемы фактической информацией. Т.о. содержание ЦММ составляют некоторая служебная информация, формально отображающая абстрактную математическую модель местности, и интерпретирующая эту модель топографическая информация о топографических свойствах местности. [2]

Служебная информация – совокупность понятий и данных, характеризующих содержание и свойства ЦММ: заданные признаки топографических свойств местности; степень абстрагирования и детализации съемки ситуации и рельефа (масштаб, точность и т.д.); систему идентификации топографических элементов (номер точки, название участка); математическую основу (систему координат и высот). Т.о. служебная информация не зависти то свойств конкретной местности и характеризуется только «модельными» представлениями о ней.

Топографическая информация включает в себя комплекс формализованных сведений об элементах местности, полученных геодезическими и фотограмметрическими методами.

В состав ЦММ входят модели самостоятельных элементов местности. Рассмотрим модели, начиная с последнего уровня детализации – модели точек.

Модель точки характеризуется самым простым содержанием и структурой. В большинстве случаев реализаций это двухмерный (для точек контуров) или трехмерный (для точек поверхности) вектор.

Модель контура представляет собой некоторую структуру элементарных дуг и (или) линий отрезков, заданных набором моделей точек местности, связанных некоторыми отношениями.

По характеру распределения точек все модели топографических поверхностей можно отнести к четырем типам:

- геометрически упорядоченная (регулярная) модель, в которой поверхность задана точками, являющимися в плане вершинами геометрически правильных фигур;

- геоморфологически упорядоченная (аналоговая) модель, содержащая точки, расположенные на структурных линиях, на горизонталях, в местах локальных экстремумов поверхности (характерные точки поверхности);

- полурегулярная модель, представляющая собой комбинацию первых двух типов моделей;

- хаотическая (случайная) модель, в которой поверхность задана точками, расположенными произвольным образом.

Модели местного предмета (все расположенные на местности объекты и как естественного, так и искусственного происхождения) являются описанием картографируемого объекта, создающим понятие (код), идентифицирующий вид объекта, и совокупность свойств этого объекта.

Модель топографического объекта представляет собой совокупность модели контура и модели местного объекта, причем в качестве объекта здесь могут выступать как объекты ситуации, так и объекты рельефа, образующие отдельные его формы.

Выделяют три формы модели объекта:

- площадная модель, отображающая пространственное положение объекта линий его контура;

- линейная модель, отображающая положение объекта линий симметрии контура;

- точечная модель, отображающая положение объекта точкой «центр тяжести» контура.

ЦММ имеет определенную структуру. Соответственно объектному подходу, где в качестве информационного ядра ЦММ приняты модели топографического объекта и топографической поверхности, в ЦММ выделяют пять уровней.

Первый уровень иерархии ЦММ соответствует элементарным информационным частям моделей топографического объекта и топографической поверхности – моделям точек контуров и поверхности.

На втором уровне абстрагирования ЦММ представляет совокупность цифровых моделей контуров ситуации и отдельных форм рельефа, цифровых моделей самих местных предметов и форм рельефа, а также системных параметров, определяющие соответствие контуров предметам ситуации и формам рельефа.

Третий уровень описания ЦММ содержит цифровые модели ситуации и рельефа местности, модели топографической поверхности и объединяющие их параметры для ситуации и для рельефа. [2]

Четвертый уровень иерархии моделей ЦММ составляют цифровые модели ситуации и рельефа. Объединение их в соответствии с системными параметрами (единая система координат, одна степень подробности отображения рельефа) образует последний, пятый уровень абстрагирования цифровую модель местности. [2]

В соответствии с рассмотренным содержанием и структурой ЦММ алгоритм моделирования местности можно представить совокупностью процессов сбора и последовательного обобщения топографической информации от исходных данных до ЦММ. Анализ содержания информации по степени ее обобщения позволяет представить информационные массивы моделирования в виде четырехуровневой системы:

уровень 1 – съемочная информация, характеризующая отдельные свойства элементов местности, формирующаяся в процессе топографической съемки;

уровень 2 – информация, характеризующая простые элементы местности (объекты наблюдений) и представляющая собой упорядоченную совокупность наблюдаемых свойств этих элементов;

уровень 3 – информация, характеризующая сложные элементы местности (объекты съемки) и представляющая собой совокупность свойств этих элементов, систематизированных в пределах каждого снимаемого элемента;

уровень 4 – информация, характеризующая местность (объект картографирования) и представляющая собой совокупность всех отображаемых при съемке совокупность местности, упорядоченных в пределах заданного участка картографирования.

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.**

Проектирование – это процесс создания описания, необходимого для построения в заданных условиях еще несуществующего объекта. Проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в объекте проектирования.

В основе действий проектировщика лежит некий способ или принцип. И если способ действия машины (компьютера) удается предвидеть достаточно точно, то выбор способа действия человека не является столь же определенным. В настоящее время, когда в проектировании все более активно применяются компьютерная техника и технология, можно говорить о способах и действиях "человеко-машинных" систем. В основе осознанного рационального способа действия человека лежит метод.

Для существования метода необходимы:

· правила поведения как описание способа действия;

· осознание использования метода как основы действия;

· строгое подчинение правилам поведения;

· описание ситуаций, в которых целесообразен данный метод.

В зависимости от того, какие средства для реализации творческих действий применяет проектировщик, различают:

· эвристические методы;

· алгоритмические методы.

В эвристических методах определяющее значение имеют:

· ассоциативные способности;

· интуитивное мышление;

· способы управления мышлением.

Эвристические методы основаны на использовании общих правил и рекомендаций. Они помогают при поиске различных понятий и утверждений, которые позволяют благодаря случайным или логическим ассоциациям открыть или создать абстрактное соотношение, способное дать решение задачи.

Алгоритмические методы основываются на алгоритме, который можно определить как последовательность указаний, касающихся процедур (операций), позволяющих решить задачу. Можно выделить логические алгоритмы и математические алгоритмы.

Проектирование может быть:

· ручным – без применения компьютера;

· автоматизированным – на основе взаимодействия человека и компьютера, когда эвристические действия проектировщика дополняются вычислительным возможностями компьютера, реализованными посредством определенных алгоритмов;

· автоматическим – без участия человека на промежуточных этапах проектирования.

Проектирование сложных технических объектов, к которым относятся и автомобильные дороги, выполняется, как правило, автоматизировано, то есть с помощью САПР – систем автоматизированного проектирования (CAD – Computer Aided Design).

При проектировании автомобильных дорог применяют блочно-иерархический подход, который заключается в декомпозиции проектных задач на иерархические уровни и установлении связей между этими уровнями. На данном этапе развития существующие САПР автомобильных дорог включают, как правило, следующие уровни:

· формирование цифровых моделей местности зоны проектирования;

· трассирование автомобильной дороги;

· проектирование продольного профиля;

· проектирование поперечных профилей и дорожных одежд;

· проектирование искусственных сооружений и инженерно-сервисного обустройства дороги;

· оценка проектных решений.

1.2. Стадии процесса проектирования

В практике дорожного проектирования установлены следующие стадии работ.

Программа (концепция) развития сети автомобильных дорог, которая разрабатывается для определенной территории (региона, страны) и определяет последовательность развития дорог для обеспечения транспортной потребности населения на период 5-10 и более лет. При разработке программ используются специальные методики, базирующиеся на возможностях, в первую очередь, ГИС – геоинформационных систем (GIS – Geographic Information Systems). В настоящий момент развитие автомобильных дорог в Российской Федерации планируется на основе положений Программы "Транспортная стратегия Российской Федерации на 2002-2010 г.г.".

Обоснование инвестиций (ОИ) является основным предпроектным документом, обосновывающим целесообразность строительства (реконструкции) автомобильной дороги, ее техническую категорию с учетом прогнозируемой интенсивности движения, выбор оптимального проложения трассы и сроков ее строительства, а также стадийность и очередность этого строительства (реконструкции). Разработка ОИ осуществляется, как правило, на объекты, включенные в утвержденные федеральные и региональные целевые программы развития сети автомобильных дорог. При разработке ОИ широко применяют геоинформационные технологии: как ГИС, так и САПР.

ОИ в строительство или реконструкцию дорог включает следующий комплекс инженерных работ:

· сбор исходных данных;

· рекогносцировочные обследования;

· анализ и прогноз транспортных потоков;

· проектные проработки с необходимым объемом инженерно-изыскательских работ;

· экономические и экологические (ОВОС) расчеты;

· определение социально-экономической и экологической эффективности проекта;

· текстовые, табличные и графические материалы по обоснованию проектных решений.

Последующее проектирование выполняется на основании решений, принятых и утвержденных в ОИ, обосновывающих хозяйственную необходимость и экономическую целесообразность строительства (реконструкции) автомобильной дороги.

Порядок разработки проектно-сметной документации в одну стадию – инженерный проект или в две стадии – проект и рабочая документация, также определяется в ОИ. В одну стадию проектируют технически не сложные и не капиталоемкие объекты, а также объекты, сооружение которых будет осуществляться по типовым и повторно применяющимся проектным решениям.

Рабочая документации для строительства (реконструкции), как правило, содержит:

· рабочие чертежи, разрабатываемые в соответствии с государственными стандартами системы проектной документации (СПДС);

· ведомости объемов строительных и монтажных работ;

· сборники спецификаций оборудования, необходимого для реализации проекта;

· сметная документация.

Основанием для выполнения проекта служит Задание на его разработку. В Задании должны быть отражены следующие положения:

· основание для проектирования (перечень целевых программ и ОИ);

· начало и конец проектируемого участка дороги;

· перечень и объем инженерных изысканий, полнота проектно-технических решений, перечень согласующих проект государственных и общественных органов;

· основные технические параметры проектируемого объекта (категория дороги, расчетная нагрузка, параметры земляного и проезжей части, тип дорожной одежды, специальные и особые требования;

· требования к составу работ, содержанию и оформлению проекта.

Если речь идет о новом объекте проектирования, то выполняется проект строительства автомобильной дороги. В то же время для действующих дорог, в процессе их эксплуатации периодически возникает потребность повторного проектирования с целью их реконструкции, модернизации или ремонта. Следует отметить, что в зависимости от стадии проектирования, капитальности объекта проектирования и глубины проектных преобразований объекта, методы и информационно-инструментальные средства проектирования могут существенно различаться.

Рассматриваемая в данном пособии технология автоматизированного проектирования относится, в первую очередь, к этапу проекта (инженерного проекта) строительства (реконструкции) автомобильных дорог.

1.3. Системы автоматизированного проектирования и их место среди других информационных технологий

Система автоматизированного проектирования – организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимосвязанного с подразделениями проектной организации и выполняющая автоматизированное проектирование.

Таким образом, САПР следует понимать и как компьютерную программу, и как организационно-техническую систему в широком смысле.

Автоматизация проектирования занимает особое место среди информационных технологий, являясь собственно синтетической дисциплиной, включающей множество информационных элементов: от вычислительных сетей и телекоммуникационных технологий до передовых методов вычислительной математики и средств моделирования трехмерной виртуальной реальности.

Классификацию САПР осуществляют по разным признакам, например, по приложению, целевому назначению, комплексности решаемых задач, характеру базовой подсистемы.

По приложениям наиболее актуальными и широко развитыми являются:

· САПР машиностроения;

· САПР радиоэлектроники;

· САПР архитектуры и строительства.

САПР автомобильных дорог можно классифицировать как архитектурно-строительная САПР. В тоже время САПР АД необходимо рассматривать как самостоятельную ветвь (подкласс) в этом классе.

Специфика проектирования дорог заключается в том, что это – линейно-протяженные объекты. Очертания дороги, с одной стороны, существенно зависят от рельефа, грунтово-геологических и гидрологических условий местности. С другой стороны, геометрические характеристики проектируемой дороги тесно связаны с планируемой интенсивностью и составом транспортного движения.

Основой формообразования будущей дороги является ее трасса, которая проектируется с учетом физических законов движения транспортных средств. И очертания этой трассы во многом предопределяют технические и транспортно-эксплуатационные качества будущей дороги.

К подклассу линейно-протяженных проектируемых строительных объектов, наряду с автомобильными дорогами, можно также отнести: аэродромы, железные дороги, трубопроводы, каналы, линии электропередач.

По целевому назначению различают подсистемы САПР, обеспечивающие разные аспекты проектирования. Так, например, под термином CAD обычно подразумевают процедуры геометрического проектирования.

Расчеты прочности, устойчивости, долговечности и других аспектов функциональности объектов проектирования выполняют в подсистеме СAE (Computer Aided Engineering). При проектировании дорог к задачам CAE следует отнести: расчеты дорожных одежд на прочность, морозоустойчивость, сдвиг и изгиб; расчеты осадки земляного полотна на слабых основаниях и устойчивости откосов; гидрологические расчеты отверстий искусственных сооружений; моделирование транспортных потоков и др.

Расчеты, связанные с технологической подготовкой производства, реализуют в подсистеме САМ (Computer Aided Manufacturing). К задачам CAM в дорожной отрасли можно отнести: подготовку разбивочных ведомостей, технологических карт производства работ; разработку схем организации движения транспорта при производстве работ, составление линейно- календарных графиков работ и др.

По комплексности решаемых задач различают отдельные подсистемы и комплексы из изложенных выше подсистем: CAD/CAE/CAM.

Важным компонентом комплексных систем в последнее время становятся подсистемы управления данными PDM (Product Data Management), которые обеспечивают коллективную работу над проектами, целостность данных и способствуют реализации эффективных систем управления качеством.

Способность компьютерных технологий поддерживать функционирование объектов от стадии проектирования до их утилизации в единой информационной системе породила концепцию PLM (Product Lifecycle Management), которая является чрезвычайно перспективной и для будущего дорожной отрасли.

Наиболее точно сущность этой концепции приведена в следующем определении: "PLM – это стратегический подход к ведению бизнеса, который использует набор совместимых решений для поддержки общего представления информации о продукте в процессе его создания, реализации и эксплуатации, в среде расширенного предприятия – начиная от концепции создания продукта и заканчивая его утилизацией – при интеграции людских ресурсов, процессов и информации". Следуя логике этого определения, PLM – это не система (типа CAD) и не класс систем (типа CAD/CAM/CAE), а стратегия производства с применением комплексной компьютеризации, которая базируется на едином представлении информации об изделии (продукте) на всех стадиях его жизненного цикла. Эта информация может (и должна) совместно использоваться всеми участниками расширенного предприятия, к которым относятся основной производитель, поставщики, субподрядчики, заказчики и потребители.

По характеру базовой подсистемы различают:

· САПР на базе подсистем машиной графики. К таким САПР можно отнести Plateia (Словакия) на базе AutoCAD, InRoads (США) на базе MicroStation;

· САПР, в основе которых лежат собственные программные графические ядра, учитывающие специфику задач конкретной области проектирования. Примером таких САПР можно считать MXRoad (США), Pythagoras (Бельгия), IndorCAD/Road (Россия).

1.4. САПР и ГИС: отличие, сходство, единство

В последние годы, в связи с бурным развитием геоинформационных систем (ГИС), рассматривается вопрос их применимости, наряду с САПР, в автоматизированном проектировании автомобильных дорог.

При значительном внешнем сходстве ГИС и САПР имеют принципиальные различия:

Различия по моделям данных

В ГИС выделяются несколько основных типов данных: точки, линии, полигоны, поверхности и растры. Смешение этих данных в пределах одного слоя, как правило, недопустимо. Исключение составляют модели данных типа "сеть" (состоит из узлов, которые соединены дугами) и "покрытие" (как и сеть, состоит из узлов, которые соединены дугами; кроме того, имеются регионы, границы которых задаются дугами).

Одной из причин небольшого числа графических примитивов в ГИС является также то, что исторически они развивались как мелкомасштабные картографические системы, в которых не требуется большого разнообразия графики.

Небольшое число типов данных позволяет строго определить различные пространственные операции: пространственный поиск (в заданном регионе, поиск смежных или пересекаемых объектов), построение оверлеев (объединения, пересечения и разности полигонов), построение буферных зон, зон близости (зон ближайшего обслуживания).

Из-за того, что реальные электронные карты могут содержать тысячи и миллионы графических объектов, в ГИС значительно развиты различные алгоритмические методы для хранения больших объемов данных, быстрого поиска объектов, упрощения данных для быстрого вывода на экран.

В САПР, в отличие от ГИС, используется большое число различных графических примитивов, так как одной из главных задач САПР является получение качественных чертежей. Сложность структуры чертежей САПР не позволяет хранить чертежи в базах данных (а если они и хранятся, то целиком, в виде единого большого поля), а поэтому они хранятся в виде отдельных файлов.

В дорожной отрасли ГИС используются для представления сети дорог на электронных мелкомасштабных картах, для анализа транспортного обеспечения районов, для получения оперативной информации по объектам дорожной сети.

При проектировании дорог ГИС применяются для выбора наилучшего из возможных коридоров варьирования проектируемой трассы с учетом существующей цифровой модели местности (ЦММ).

Различия по атрибутной поддержке

В ГИС, как правило, в одном слое графических данных представляются графические объекты одного типа (например, здания, дороги или реки), имеющие одинаковый набор атрибутов. Таким образом, слой графических данных совместно с наборами атрибутов можно представить как таблицу реляционной базы данных, а, следовательно, и адаптировать соответствующий аппарат баз данных для анализа атрибутов графических объектов. Например, в ГИС можно выделить все дорожные знаки, расположенные на консолях, или дорожные трубы, находящиеся в неудовлетворительном состоянии.

Идеологическая близость моделей данных ГИС и реляционных баз данных позволила создать соответствующие надстройки над различными СУБД для хранения и анализа графических (ГИС) данных.

Одним из принципиальных различий между ГИС и САПР является то, что графический примитив в ГИС является самостоятельным объектом, имеющим свои атрибуты, а в САПР – только изобразительным средством, т.е. частью объекта, а поэтому своих атрибутов, как правило, не имеет.

В САПР же объекты образуются обычно из нескольких графических примитивов, выстраиваясь в иерархии с помощью группировки. Глубокое отличие модели САПР от реляционной модели данных не позволяет полноценно сохранять чертежи САПР в современных базах данных и не позволяет анализировать атрибуты объектов.

В дорожной отрасли наличие атрибутивной поддержки является наиболее важным при решении задач диагностики, паспортизации, инвентаризации, кадастра дорог. В связи со скудностью возможностей атрибутного описания САПР представляется наиболее целесообразным создание информационных систем автомобильных дорог на основе ГИС.

Различия по методам визуализации

В САПР, как правило, графические объекты сразу создаются такими, как они выглядят на экране и печати. В ГИС же понятия модели объекта и его внешнего вида специально разнесены.

Одной из сильнейших функций ГИС является возможность "тематического картографирования", когда для имеющихся геоинформационных данных задаются "визуализаторы", отображающие данные в зависимости от их геометрических и атрибутивных характеристик.

Наиболее распространенными являются:

· отрисовка одинаковым условным знаком всех графических объектов;

· отрисовка разными знаками в зависимости от значений некоторого атрибута;

· отрисовка подписями из атрибутов (автоматическое подписывание объектов);

· отрисовка точками плотности (случайное размещение некоторого числа точек в полигоне, например, чтобы показать плотность населения страны);

· отрисовка диаграмм на объектах, показывающих распределение некоторых атрибутных характеристик объектов;

· отрисовка линий сплайнами, различная декоративная отрисовка.

В САПР внешний вид объекта обычно уже жестко зафиксирован. Иногда проектировщику предоставляется несколько предопределенных вариантов отрисовки.

Еще одной особенностью ГИС является возможность задания немасштабируемых условных знаков и надписей. Этот способ визуализации применяются в основном для отображения на экране компьютера, когда важно быстрое получение информации без изменения текущего масштаба изображения.

В связи с тем, что ГИС и САПР в чистом виде имеют свои сильные и слабые стороны, в последнее время всё большее распространение получают интегрированные графические системы, обладающие возможностями как ГИС, так и САПР. В дорожной отрасли такие комбинированные возможности необходимы, например, для представления комплексных проектов автомобильных дорог на плане местности, когда в мелком масштабе пользователь на экране компьютера видит общую схему сети дорог, а при постепенном увеличении появляются детальные чертежи автомобильных дорог.

Технология автоматизированного проектирования автомобильных дорог представляет собой совокупность правил, определяющих действия инженерно-технического персонала по высококачественному решению проектной проблемы в фиксированные сроки и с минимальными затратами при комплексном использовании всех компонентов обеспечения САПР-АД: методического, программного, информационного, технического и организационного.

Технология автоматизированного проектирования автомобильных дорог определяется рядом факторов, основные из которых следующие:

- стадия проектирования (ТЭО- технико-экономическое обоснование; ИП — инженерный проект; РД — рабочая документация или РП — рабочий проект). Проектирование автомобильных дорог на разных стадиях различаются кругом решаемых экономических и проектных проблем; составом, объемом и точностью исходной изыскательской информации; степенью детализации проектных проработок и их оценки по основным показателям; шириной полосы варьирования и, наконец, конечной целью проектирования. Характерными особенностями проектирования автомобильных дорог на разных стадиях являются постепенное сужение полосы поиска наилучшего положения трассы, возрастание точности исходной изыскательской информации (увеличение масштабов топографических планов, детализация ЦММ и т. д.) и возрастание детализации проектных проработок;

- категория проектируемой дороги. С категорией дороги связаны параметры плана и продольного профиля, размеры земляного полотна, конструкции дорожных одежд и искусственных сооружений, требования по обеспечению уровней удобства и безопасности движения, требования по охране окружающей среды и решение других экологических проблем;

- административно-хозяйственное значение проектируемой дороги (дороги общегосударственного, республиканского, краевого и областного значения, курортные дороги, подъездные пути, городские и сельскохозяйственные дороги) имеет свои специфические особенности, что нахо\* дит отражение в методах и технологии их проектирования;

- природные условия района проектирования. На те или иные проектные решения оказывают существенное влияние: дорожно-климатическая зона района изысканий и проектирования дороги, категория рельефа, инженерно-геологические, гидрогеологические и почвенно-грунтовые и другие условия района проектирования;

- вид, качество и объем исходной изыскательской информации для проектирования (материалы тахеометрических, фототеодолитных, аэрофотосъемок, наземно-космических съемок, материалы инженерно-геологических и инженерно-гидрологических обследований, данные экономических изысканий и т. д.). Все это во многом определяет различия в технологии и методах автоматизированного проектирования и прежде всего, на начальных этапах проектного процесса при создании цифровых и математических моделей рельефа и геологического строения местности на

- вид проектируемого объекта и его размеры (протяженность). Круг решаемых проектных задач, а также этапная последовательность оказываются несколько различными при проектировании объектов нового строительства, при разработке проекта реконструкции, при разработке проекта титульного мостового перехода и т. д. При этом проектирование новой автомобильной дороги принято рассматривать как частный случай ре-

- состояние средств обеспечения САПР-АД, находящихся в процессе непрерывного развития и совершенствования, влияют на соответствующие изменения технологии и методов автоматизированного проектиро-

Таким образом, технология и методы автоматизированного проектирования автомобильных дорог в каждом конкретном случае определяются множеством разнообразных факторов. Однако есть и общие черты автоматизированного проектирования, отличающие его от традиционного и присущие всем известным САПР-АД. Это прежде всего:

- комплексная автоматизация сбора, регистрации и обработки данных изысканий и представление их в виде крупномасштабных топографических планов в координатах и ЦММ в той же системе координат на полосу варьирования конкурирующих вариантов трассы автомобильной дороги;

- многовариантная проработка принципиальных направлений трассы (в рамка САПР-АД рассматривают, как правило, несколько десятков вариантов и подвариантов трассы) с получением исходных данных для проектирования по каждому варианту (черный продольный профиль, поперечные профили земли, почвенно-грунтовые и инженерно-геологические разрезы, данные по размерам поверхностного стока, экономические показатели местности и т. д.) с использованием ЦММ и МММ;

- автоматизированное проектирование с использованием систем прикладных программ всех элементов автомобильной дороги (план трассы, варианты проектной линии продольного профиля, поперечные профили земляного полотна, варианты конструкции дорожных одежд, искусственные сооружения, система дорожного водоотвода, транспортные развязки движения, обстановка и принадлежности дороги, здания и сооружения автотранспортной службы, подсчеты объемов строительных работ и т.д.);

- системное использование средств автоматизации и вычислительной техники;

- проектирование в интерактивном режиме (взаимодействие в ходе выработки проектных решений инженера-проектировщика и компьютера); четкая этапность выполнения основных проектных процедур; широкое использование методов математического моделирования (цифровое и математическое моделирование рельефа и инженерно-геологического строения местности, моделирование полотна автомобильной дороги в трехмерном пространстве, моделирование стока ливневых и талых вод с малых водосборов, моделирование работы малых водопропускных труб и мостовых переходов, моделирование транспортных потоков и т. д.);

- использование математических методов оптимизации проектных решений (проектирование оптимального продольного профиля, оптимальных дорожных одежд, искусственных сооружений и т.д.);

- многовариантная проработка тех элементов проектируемых дорог, для которых еще не созданы целевые функционалы и математический аппарат аналитического поиска их экстремумов;

- всесторонняя, глубокая оценка проектных решений по каждому из вариантов трассы и их соответствующая корректировка по многим критериям: объемы строительных работ, сметная стоимость, транспортно-экс-плуатационные расходы, приведенные затраты, стоимость отчуждения земель, затраты на зимнее содержание дороги, обеспечение видимости, оценка зрительной ясности и плавности трассы и вписывания ее в окружающий ландшафт, время сообщения, уровни удобства и безопасность движения, пропускная способность, степень загрязнения окружающей среды транспортным шумом, тяжелыми окислами свинца, отработанными маслами и т. д.;

- полная автоматизация подготовки, оформления и тиражирования проектно-сметной документации.

На каждой стадии проектирования выполняют согласования проектных решений с заказчиком, землепользователями, заинтересованными организациями, ведомствами и министерствами. Согласования — это весьма трудоемкий и длительный процесс. В связи с этим на современном этапе все чаще согласования проектов автомобильных дорог осуществляют в автоматизированном режиме в рамках геоинформационных систем (ГИС).

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА СБОРА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ.**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**Измерение угловых величин одна из основных задач геодезии.**

Анализируя научно-техническую литературу, можно сделать вывод, что к настоящему времени теоретически разработан, экспериментально опробован и применяется на практике ряд средств и методов автоматизации угловых измерений.

Вся совокупность средств и методов автоматизации угловых изме­рений по принципу считывания направлений или углов подразделяется на две группы:

1. позиционные (абсолютными) отличаются тем, что с диска (лимба) может быть считано любое направление (позиция) в градусной (градовой) мере. Горизонтальный угол получается как разность отсчетов (позиций) двух направлений визирования по анало­гии с классическим методом полуприемов.

2. накопительные. (относительными) средства автоматизации представляют измеряемый угол как накопленную сумму импульсов, заключенных между левой (начальной — стартовой) и правой (конечной — стоповой) сторонами угла, и символизирует классический способ круговых прие­мов измерения углов. В то же время на их основе может быть реали­зован и способ полуприемов. В этом случае угол получают как разни-*,0* цу накопленной суммы импульсов до правой стороны угла и накоплен­ной суммы импульсов до левой стороны угла от какого-либо исходного положения диска (лимба). Отметим также, что некоторые блоки авто­матизированных устройств, предназначенные для измерения углов, иногда называют преобразователями угол — код.

**Все методы автоматизации угловых измерений подразделяются на:**

1. кодовые диски с масками числовых кодов;

2. комбинаторные шкалы;

3. штриховые кодовые шкалы;

4.интерференционный метод.

5. импульсные (инкрементальные) диски;

6. электроиндуктивные способы (частотный, амплитудный, фазовый, емкостной);

7. временной способ;

8. комбинированный (импульсно-временной) способ;

В геодезических приборах, устройствах и системах оперируют обычно числовыми отсчетами. Все ЭВМ работают на основе электриче­ских сигналов. Поэтому основная задача автоматизации измерений — представление числовой информации в форме электрических импульсов. В специальной литературе [3] построение совокупности сигналов по определенным правилам для выражения чисел называют числовым кодированием, а сами совокупности — числовыми кодами.

Числовые коды можно реализовать на основе любой системы счис­ления и, как и сами системы счисления, разделить на символические и позиционные. В символических системах (например, римская система счисления) перемещение символов не допускается. В пози­ционных, наоборот, перемещение какого-либо символа в ряде осталь­ных разрешается. Система счисления, положенная в основу кода, опре­деляет его название.

**Кодовые диски с масками числовых кодов**

*Двоичный код.* Основанием этого кода служит двоичная система счисления. Это объясняется тем, что двоичные цифры — биты — 0 и 1 можно очень легко реализовать физически: темно — светло, напряже­ние есть — нет, реле включено — выключено и т. д. Название «бит» происходит от английских слов *«Blnarydigi T»,* что означает «двоич­ное число». Точно так же очень просты в этой системе числовые и логические операции.

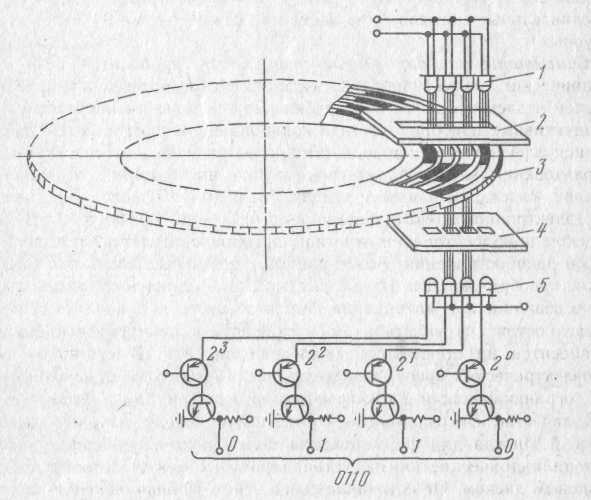
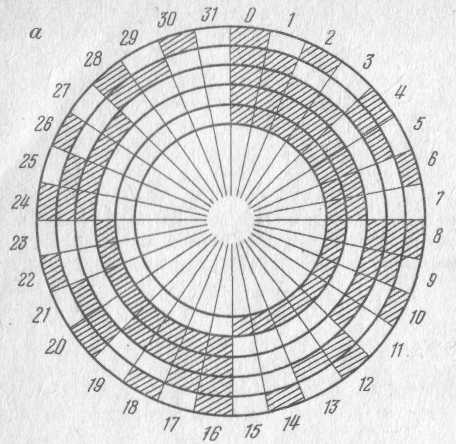


Рис. 1. Двоичная кодовая шкала. Схема считывания закодированной информации с кодового диска

В геодезических приборах информация снимается с кругов или линейных мер; при этом наиболее распространенной системой подразделения и последующего считывания на окружностях и прямых линиях являются шкалы: градусные, градовые, миллиметровые или сан­тиметровые, функциональные (синусные, тангенсные, логарифмические и т.д.). Эти же шкалы можно выразить двоичным кодом и тогда они будут называться кодовыми. Для построения двоичной кодовой шкалы все ее поле разбивают (в зависимости от того, преобразуется линейное или угловое механическое перемещение) на линейные или концентрические дорожки и соответственно на колонки или секторы (рис. 11), при этом коду нуля соответствуют темные участки, коду единицы — светлые. Элементы, считывающие информацию, распола­гаются в первом случае поперек колонки, во втором случае — по радиу­су. При перемещении шкалы считывающие элементы фиксируют появ­ляющиеся под ними коды нулей и единиц и выдают их на выход. Таким образом, каждому положению кодовой шкалы на выходе со­ответствует вполне определенное двоичное число.

Недостатками двоичного кода является потребность в большем числе разрядов по сравнению с десятичной системой счисления для выражения одного и того же числа и чрезвычайно жесткие требова­ния к точности изготовления кодовых шкал (масок) и расположению считывающих элементов по одной прямой. Например, если для выра­жения числа 725 в десятичной системе требуется трехразрядный знак, то для выражения того же числа в двоичном коде потребуется т. е. 725 = 1011010101. Соответственно ЭВМ, работающая в двоич­ном коде, должна иметь вместимость в 3,3 раза большую, чем ЭВМ в де­сятичном коде. Второй недостаток приводит к тому, что на границах кодовых участков за счет неточности конструктивных элементов могут возникнуть ошибки в считывании, так как коды соседних чисел могут различаться в нескольких разрядах: считываемый код может иметь часть разрядов от одного из пограничных кодов, а часть от другого из пограничных кодов. Так, например, на границе кодов 01111 (цифра 15) и 10000 (цифра 16) могут быть считаны коды 11111 (цифра 31) и 00000 (цифра 0) за счет перекоса осевой линии отсчетных устройств (рис. 12, а). Этот недостаток можно устранить различными методами. Первый из них заключается в том, что считывание кодов на границах переходов с одного уровня на другой не допускается (ограничивается). Реализуется этот метод введением дополнительной (внешней) дорож­ки с зонами, определяющими границы считывания (рис. 12,6). Счи­тывание кодов разрешается только в пределах светлых участков этой дорожки. Ширина темных участков определяется допусками на изго­товление кодовой маски и установку считывающих элементов и дол­жна перекрывать суммарное поле допусков. Второй метод исключения погрешности считывания двоичного кода заключается в расположении считывающих элементов по форме написания латинской буквы *V*.

**Комбинаторные и штриховые кодовые шкалы**

Учитывая сложность изготовления кодовых дисков с масками числовых кодов, громоздкость блоков считывания и другие недостатки, а также необходимость выполнения разнообразных геодезических работ, при раз­работке АС целесообразно использовать комбинаторные шкалы, имеющие только одну кодовую дорожку, вокруг которой расположены несколько считывающих элементов. Преимуществами таких шкал являются просто­та изготовления и юстировки, компактность, малая стоимость надеж­ность в работе и достаточная точность, определяемая числом кодовых комбинаций на считывающих элементах.

Приведем схему кодового датчика с комбинаторной шкалой. Он состоит из кодовой шкалы К и блока считывания Б с четырьмя элементами. На дорожке шкалы нанесены активные и пассивные участки, длины которых кратны одному интервалу деления *i,* называемому элементарным. При взаимодействии считывающего элемента (контактные щетки, фотодио­ды, магнитные головки и т. п.) с активным участком (обозначен штри­ховкой) он замыкается, а при взаимодействии с пассивным — размы­кается. Так что каждому дискретному углу поворота шкалы соответ­ствует определенная комбинация состояний считывающих элементов, т. е. кодовая комбинация.

Комбинаторная шкала строится при помощи матрицы совпадений. Основу матрицы составляют *р* горизонтальных и *р* верти­кальных линий, пронумерованных слева направо и сверху вниз от 0 до *(р*—1) и проведенных через интервал 2. Вертикальные линии соответст­вуют местам расположения считывающих элементов (обозначены стрел­ками), горизонтальные—отсчету по шкале, выраженному своей кодо­вой комбинацией из 0 и 1.

Кодирование информа­ции на комбинаторной шкале можно осуществить с помощью различных кодов: код на одно сочетание, однопеременный код, код с минимальной избыточностью и др. Преобразование комбинаторного кода в любой другой после считывания информации со шкалы ведется с использова­нием дешифраторов, шифраторов и кодопреобразователей, которые конструктивно и технологически не сложнее подобных устройств для других кодов.



Рис. 2. Штриховые кодовые шкалы

**Способ штриховых кодовых шкал** отличается простотой изготовления кодонесущих элементов, их небольшой стоимостью и высокой точностью считывания информации. В настоящее время можно выделить два типа штриховых кодовых шкал: шкалы, работающие в статическом и в динамическом режимах.

Первый тип представляет собой кодовый диск с двумя штриховыми дорожками, наносимыми на обычной делительной машине, используемой для изго­товления лимбов оптических теодолитов. Одна из дорожек предназна­чена для ГО, вторая — для ТО. Полный отсчет направления складывается из грубого и точного отсчетов. Описанная ко­довая штриховая шкала обеспечивает реальную точность измерения углов 2—3" в статическом режиме.

Второй тип кодовой штриховой шкалы, называемый сериальным, базируется на том, что информация кодируется следующими друг за другом сериями (пачками) штрихов и считывается при движении кодо­вой шкалы, т. е. в динамике.

Недостатком способа является чувствительность к другим помехам, например, к загрязнению диска.

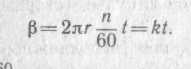
Принцип сериального кодирования угломерной информации условно можно отнести и к рассмотренным выше комбинаторным шкалам, если отождествить серии импульсов данного случая с пачками импульсов на комбинаторной шкале.

**Импульсный (инкрементальный) способ**

Идея импульсного способа измерения углов состоит в том, что величи­на угла определяется числом импульсов (квантов, элементов кода, инкрементов), укладывающихся на дуге окружности, заключенной между двумя сторонами угла. Размер (цена деления) одного импульса зависит от числа импульсов, рас­положенных по окружности диска, и равен т = ЗбО°/h. Практически диск, реализующий импульсный способ, несет на себе маску последова­тельно чередующихся элементов «да» и «нет», имеющих одинаковый размер и подсчитываемых электронными счетчиками. Иногда этот способ автоматического измерения углов называют накопительным, имея в виду тот факт, что величина угла получается как сумма импуль­сов (инкрементов), заключенных в его дуге. Возможны два варианта измерения углов, идентифицируемых с классическими: способ приемов (угол получается как разность числа импульсов от произвольно рас­положенного нуля до правого направления угла и числа импульсов до левого направления) и способ повторений (нуль диска, соответствую­щий началу счета импульсов, совмещают с левой стороной угла, а его величину получают с помощью подсчета импульсов, уложившихся между левой и правой сторонами горизонтального угла). При этом импульсы могут быть световыми (оптическими), звуковыми (магнит­ными) и электрическими. Первые два вида импульсов в конечном счете преобразуются в электрические.

**Временной способ**

В качестве меры угла можно использовать время. Для этого достаточно в вершине измеряемого угла поместить равномерно вращающуюся марку с определенной скоростью вращения или периодом *Т* и измерить время *t* прохождения этой марки от левой до правой стороны угла. Тогда с учетом радиуса rи числа оборотов *п* в минуту

, 

Устройство, реализующее этот способ, называемый временным, состоит из четырех основных частей: равномерно вращающейся марки, узла ограничения измеряемого угла или соответствующего ему вре­менного интервала *t,* счетчика импульсов, который является мерой вре­мени, и зрительной трубы. В качестве вращающейся марки служит щель, вырезанная во вращающемся диске. Марка при своем вращений проходит с одной стороны фотодиод, определяющий основное направ­ление, и с другой стороны — фотодиод, жестко соединенный со зритель­ной трубой и задающий направление визирования. В случае прохожде­ния щели над основным направлением (совпадающим собственно с нулевым диаметром лимба) в фотодиоде возникает импульс, который включит одновременно часы и счетчик импульсов. После прохождения щели над измеряемым направлением возникнет другой импульс, который выключит часы.

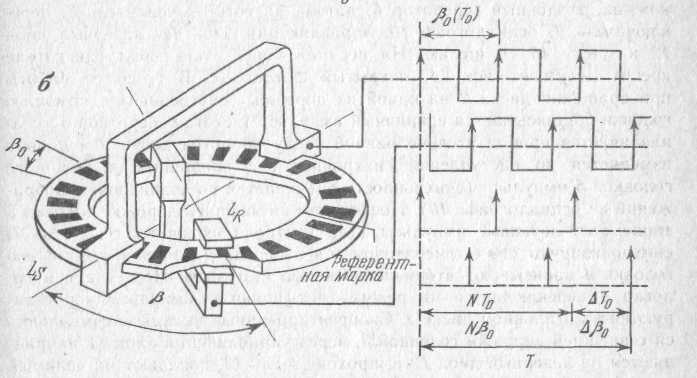


Рис. 3. Временной и импульсно-временной способы измерения углов:

1 — кварцевый генератор; *2* — синхронный двигатель; *3* — источник света; *4* — вращающийся диск со щелью; *5* — фотодиоды; *6* — усилитель и преобразователь импульсов; *7* — электронные часы; *8* — блок команд и счета; *9 -* преобразователь.

**Поляризационный и интерференционный методы**

Известная взаимосвязь угла поворота плоскости поляризации в лазер­ном пучке с углом поворота самого пучка составила основу принци­пиально новой возможности автоматизации угловых измерений.

Основными составляющими частями поляризационного угломера являются лазер 1 с коллиматором *2* (рис. 34), цилиндрическая линза *3,* передающие зеркала *4* (полупропускающие) и 5, микроэлектродвигатель (МЭД) *6* с двусторонним валом 7 для крепления зеркал, приемные зеркала *8* и *9* (полупропускающие), фильтр *10,* объектив *11,* диафрагма *12,* поляризатор-анализатор *13,* фотоприемник *14,* усилитель *15,* алфа­витно-цифровой преобразователь (АЦП) *16,* миниЭВМ *17* и отражатель *18,* устанавливаемый на определяемой точке *С.*

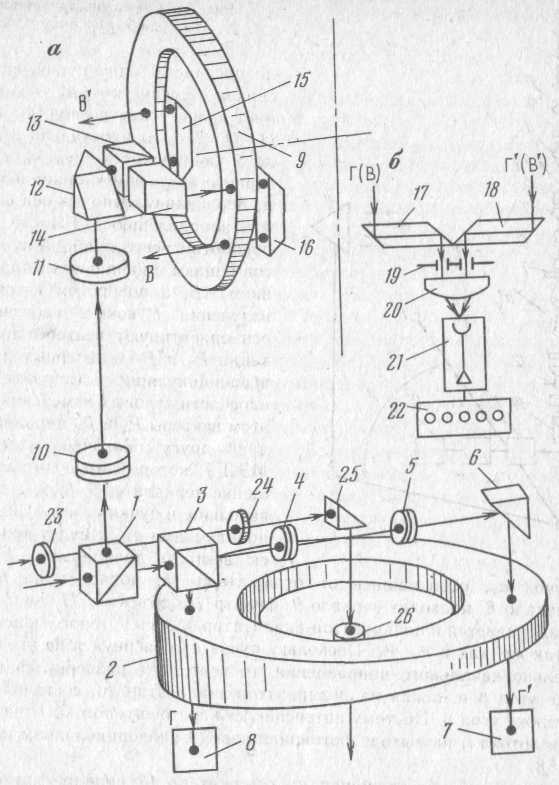


Рис. 4. Оптическая *(а)* и электронная (б) схемы интерференционного теодолита

**МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ.**

**ВЫСОКОТОЧНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КООРДИНИРОВАНИЯ.**

**Области применения систем**

Трудно назвать отрасль промышленности, требующую проведения подобных замеров и обходящуюся без измерительных систем Leica Geosystems AG. Назовем основные из них — авиастроение (только на заводах BOIENG их более 500 таких систем), космическая отрасль, автомобиле- и вагоностроение, энергетика (в особенности ядерная), судостроение, бумажная промышленность, энергетическое и точное машиностроение (проверка станков, монтаж оборудования, входной и выходной контроль), научные исследования (антенны в астрономии, ускорители и термоядерные реакторы в ядерной физике), металлургия (контроль заготовок и настройка оборудования).

Распространению подобной техники в России мешает определенная инерционность (в СССР измерительные системы не поставлялись из-за ограничений на поставку высоких технологий по КОНКОМ), сравнительно высокая стоимость (начальный уровень от $100000), низкая культура производства

**Общая характеристика метрологических средств измерений**

Классическими измерительными системами (метрология в машиностроении) являются механические контактные измерительные машины, позволяющие определять координаты точек с точностью до нескольких единиц и десятков микрон. Однако применение этих машин ограничено по следующим причинам:

• условиями, близкими к лабораторным (как правило, эти машины являются стационарными и требуют стабильности окружающих условий: отдельное помещение со своим внутренним микроклиматом, тяжелая гранитная плита, подвешенная на пневматической подушке, служащая основой измерений и т.д.);

• габаритами замеряемого объекта, малый диапазон измерений

• стоимостью ($1000000);

• необходимостью прямого контакта;

• необходимостью перемещать объект к измерительной машине, а не наоборот.

**Координатно-измерительная машина (КИМ) модели GLOBAL**

КИМ GLOBAL представляет собой измерительную машину нового поколения, предназначенную для решения самого широкого круга задач размерного контроля в промышленности.  
Важнейшими потребительскими качествами КИМ GLOBAL являются: чрезвычайно высокая производительность и надежность, повышенная точность и неограниченная универсальность применения

Особенностью КИМ GLOBAL является то, что направляющая, по которой происходит перемещение портала, выполнена внутри гранитного основания (см. фото). По сравнению с традиционной схемой крепления направляющей (когда она просто приклеивается сверху плиты основания), данная схема имеет ряд существенных преимуществ:  
   - абсолютно ровная поверхность рабочего стола (без выступающей сбоку стола направляющей портала);  
   - возможность загрузки и выгрузки деталей с любой стороны рабочего стола КИМ;  
   - удобство измерения детали с любой стороны;  
   - стойки измерительного портала имеют одинаковую длину, за счет этого при изменении температуры окружающей среда не происходит перекоса портала.  
(При традиционной схеме, когда направляющая находится сверху рабочего стола, стойки имеют разную длину и, соответственно, удлиняются на разную величину при температурном расширении. При этом произойдет неизбежный перекос траверсы портала).

При требуемых точностях в несколько сотых долей миллиметра в последние десятилетия все большее применение находят измерительные системы, основанные на других принципах. *Наибольшее распространение при этом получили* ***теодолитные измерительные системы*** *(например,* ***Axyz MTM-STM****),* ***интерферометрические*** *(например,* ***Axyz LTD****),* ***фотограмметрические*** *(например,* ***V-STARS****), бесконтактного определения координат (например: основанный на лазерно-акустической эмиссии).*

**Теодолитная измерительная система**, позволяющая конфигурировать измерительную систему на базе высокточных теодолитов или тахеометров.

Стандартная схема измерений при использовании системы теодолитов:

► приборы ориентируются относительно друг друга (минимум необходимо 2 прибора причем на одном из приборов стоит лазерная насадка);

► определяются координаты базовых точек объекта;

► осуществляется переход в систему координат объекта (по отдельным точкам или геометрии объекта);

► определяется положение объекта или взаиморасположение его частей;

**Системы тахеометров**

В данных системах используют высокоточные роботизированные тахеометры (конфигурации Autolock или Robotic). Они позволяют автоматические наводится на трипельпризменный отражатель по максимуму сигнала. За счет этого исключается ошибка наведения являющейся основной при таких точностях.

Такие приборы выпускают **Leica Geosystems AG - т**ахеометры серии TCA1800 / TCA2003 / TC2003 0,5” и до 0.2мм; SOKKIA - NET1100M 1” 0,6 мм; Trimbl - 1” 0,8 мм.

Эти тахеометры имеют самые высокие показатели по точности измерений. Инженерные изыскания, строительство туннелей, мониторинг и другие задачи над или под поверхностью земли - тахеометры этой серии будут всегда надежно измерять с самой высокой точностью!

**Измерение углов и расстояний**

Втахеометрах размещена специально спроектированная система для измерений углов, точность которой составляет 0.15mgon (0.5") для TC2003 и TCA2003. Ключевыми элементами здесь являются прецизионные приводы и четырехкратное считывание по кругам.  
Все тахеометры снабжены коаксиальными прецизионными дальномерами. В тахеометрах TC2003 и TCA2003, благодаря специально разработанным компонентам, точность измерения расстояний составляет 1мм+1ppm.

**Надежность**

Технология проверялась много тысяч раз по всем уголкам мира и доказала свою исключительную надежность. Благодаря высокой стабильности и длительному сроку между сервисными проверками для редукторов автоматических инструментов тахеометры отлично подходят для постоянных измерений при мониторинговых работах или контроля машин. Тахеометры защищены по IP54.

**Автоматический поиск визирной марки**

Автоматическое наведение на цель (ATR) продемонстрировало свои преимущества при повторяющихся измерениях, например, в мониторинговых задачах, круговых измерениях и измерениях при двух кругах. Наблюдателю необходимо только грубо навести тахеометр на марку и нажать на клавишу измерений расстояний. Тахеометр автоматически наведется на центр призмы, измерит расстояние и скорректирует угол на 1мм (отклонение от центра призмы).

* Высокая точность, независящая от наблюдателя
* Отсутствие ошибок от усталости и постоянная большая скорость измерений
* Нет необходимости фокусировать на каждую точку
* Измерения ведутся на любой тип призмы (кроме активных)

**Автоматическое слежение за призмой**

В режиме LOCK инструмент автоматически отслеживает местоположение отражателя после первого измерения. Все измерения записываются автоматически без необходимости останавливать слежение или отражатель.   
При использовании призмы, отражающей сигнал на 360°, то не надо заботится о развороте призмы на тахеометр.   
Режим LOCK особенно подходит для:

* Топографических съемках
* Съемках с применением кодов различной сложности для LIS/GIS
* Разбивочных работ
* Слежения за пермещениями строительной и другой техники

**Пульт дистанционного управления RCS**

Применяя Пульт дистанционного управления (Remote Control System - RCS), в который вмонтирован радиомодем, вы можете измерять с вехи также как и стоя у самого инструмента. Дисплей и клавиатура на пульте полностью совместимы с тахеометром. Все функции и программы вызываются также как и в самом тахеометре. Прекрасно подходит для роботизированных съемок!

**Лазерный трекер (Axyz LTD)**

Лазерный трекер (или следящая система) основана на использовании в качестве измерителя лазерной интерферометрии. Следящая головка помимо измерителя расстояния снабжена видеокамерой. Подобная система имеет уникальные возможности отслеживания любых перемещений одной точки в пространстве. Скорость получения данных — до 1000 измерений в секунду. Можно установить способ записи точек — например, по расстоянию (через 0.1мм), или по времени (через 0.01сек.). Исключительно удобным становится и исследование динамических процессов – например, движение руки манипулятора (отслеживаются движения со скоростями до 100 километров в час). Пользователю достаточно при помощи встроенной видеокамеры (по изображению на экране компьютера) направить головку на визирную цель (щелкнув по цели мышкой) и процесс измерения начнется. В процессе измерения ведется постоянное слежение за состоянием атмосферы встроенными датчиками. Все изменения температуры и влажности, влияющие на точность измерений, тут же вносятся в виде поправок в измерения.

Лазерный трекер представляет собой оборудование для высокоточного пространственного (3D) координирования измерений на расстоянии до нескольких десятков метров м.

Общий вид лазерного трекера

Измерительная система лазерного трекера включает в себя следующие элементы Измерительная система лазерного трекера включает в себя следующие элементы:

• Датчики углов

• Сервоприводы

• Интерферометр

• Абсолютный дальномер

• Измерительная сфера (с уголковым отражателем)

•Основание

Принцип работы лазерного трекера основан на том, что луч лазера, установленного в неподвижном основании трекера, отражается от зеркал уголкового отражателя, смонтированного в корпусе переносной измерительной сферы. Параметры отраженного луча анализируются компьютерной системой трекера и (на основании данных, полученных от датчиков углов, интерферометра и абсолютного дальномера) вычисляются координаты центра измерительной сферы в абсолютной системе координат трекера.   
После того, как оператор трекера вручную установит измерительную сферу на поверхность измеряемой детали, трекер считывает координаты центра сферы и, соответственно, координаты точки на измеряемой детали. Полученные значения координат могут быть использованы для расчета отклонений геометрии детали от номинала (в том числе, от значений, заданных CAD моделью), для вычисления параметров стандартных геометрических элементов детали (диаметры окружностей, цилиндров и т.д.), а также для оцифровки неизвестных поверхностей. Стандартные задачи измерения, которые можно решать с использованием лазерного трекера:

Стандартные задачи измерения, которые можно решать с использованием лазерного трекера:

**1. Cборка деталей.**

Трекер может эффективно использоваться для сборки крупногабаритных трехмерных деталей. При этом оператор трекера при помощи измерительной сферы фиксирует номинальное пространственное положение собираемых элементов, производя непрерывный контроль непосредственно на экране компьютера.

**2.Контроль крупногабаритных изделий.**

За счет большого диапазона измерения (радиус рабочей зоны до 40м), Трекер может использоваться для контроля крупногабаритных изделий: фюзеляжи самолетов, корпуса судов, вагонов, автомобилей, станины тяжелых станков, прессов и т.д.

**3. Сравнение детали с ее CAD моделью**.

Трекер может использоваться для проведения измерений с целью сравнения геометрии детали с ее номинальными значениями, заданными CAD моделью.

**4. Автоматическое измерение детали.**

Трекер может работать в автоматическом режиме, по предварительно составленной программе. При этом в контрольных точках измеряемой детали заранее устанавливается (в специальных креплениях) несколько измерительных сфер, снабженных уголковыми отражателями. Трекер, перемещая в автоматическом режиме луч лазера от одной измерительной сферы к другой, производит контроль отклонений геометрии детали в контрольных точках.

**5. Настройка оснастки, сборочных линий и стапелей.**

Трекер может эффективно использоваться для настройки сборочных приспособлений, стапелей и объемных калибров. При этом оператор трекера использует измерительную сферу для того, чтобы задавать номинальное пространственное положение отдельных элементов сборочного приспособления, производя непрерывный контроль непосредственно на экране компьютера.

6. Калибровка станков, координатно-измерительных машин и манипуляторов.   
Трекер может быть использован для контроля кинематики металлорежущих станков и манипуляторов различного типа. При этом измерительная сфера закрепляется в исполнительном устройстве станка или манипулятора и трекер в непрерывном режиме фиксирует координаты точек траектории перемещения исполнительного устройства.

Лазерные трекеры Leica выпускаются в исполнениях LT (упрощенное исполнение, без абсолютного дальномера) и LTD (стандартное исполнение, с абсолютным дальномером).

Компания [FARO](http://www.faro.com/) была основана в 1981 г. Изначально FARO являлась научно-производственной компанией, занимавшейся разработкой высокоточного диагностического и хирургического медицинского оборудования. В начале 90-х компания FARO начала вести активную разработку координатно-измерительных машин и пакета программного обеспечения САМ2, предназначенных для использования в различных отраслях производства измерений, контроля и диагностики линейно-угловых параметров объектов. Копания FARO создала целый ряд новых разработок в данной области и владеет более чем 75 патентами. Центральный офис Компании [FARO](http://www.faro.com/) находится в CША.

Оборудование FARO используют крупнейшие производственные компании, такие как Boeing, General Motors, Johnson Controls, DaimlerChrysler, Ford, British Aerospace, Caterpillar, Honda и многие другие.

FARO имеет разветвленную дистрибьюторскую сеть по всему миру. В России официальным представителем FARO является компания [Йена Инструмент](http://www.jena.ru/).

Компанией [FARO](http://www.faro.com/) представлен широкий спектр высокоточных координатно-измерительных машин, включающий в себя несколько серий измерительного оборудования - FARO Laser Tracker, FARO Gage, FARO Arm, FARO Laser Scan Arm. Данное оборудование обладает разными классами точности, что позволяет подобрать координатно-измерительную машину под конкретные задачи заказчика.

FARO Laser Tracker - это высокоточная лазерная координатно-измерительная система, которая производит измерения линейно-угловых параметров крупногабаритных объектов на расстоянии до 35 м от лазерной головки.

С помощью FARO Laser Tracker можно производить высокоточные измерения объектов, прямо на месте проведения какой-либо технологической операции (не снимая объект измерений со станка или конвейера), что весьма удобно, если объект обладает большими габаритами и массой. Благодаря компактности и небольшому весу FARO Laser Tracker может использоваться в труднодоступных местах с ограниченным рабочим пространством (например, где нельзя применить КИМ типа "рука" из-за ее конструктивных особенностей).

FARO Laser Tracker применяется в различных отраслях производства, таких как судостроение, авиастроение, тяжелое машиностроение и др. Например, при помощи данного трекера можно определить точность центрирования составных частей корпуса самолета относительно друг друга.

FARO Laser Tracker состоит из трех основных частей:

* Измерительного блока, непосредственно производящего измерения;
* Блока Контроллера, осуществляющего обработку информации и связывающего измерительный блок с компьютером (к блоку контроллера также можно подключать внешние температурные датчики);
* Компьютера с программным обеспечением CAM2 Measure, осуществляющего управление измерительной системой и анализ полученных данных.

При его разработке FARO Lаser Tracker было запатентовано несколько изобретений таких как:

* XtremeADM (Abcolute Distance Measurement) - технология, позволяющая быстро находить потерянный отражателем лазерный луч без необходимости прерывать работу, что существенно облегчает и ускоряет процесс измерения.
* Smart Warm-Up - технология, сокращающая время настройки механизмов трекера к условиям окружающей среды вдвое по сравнению с предыдущими моделями FARO Laser Tracker. Данное приспособление запускается автоматически, при подключении трекера к электросети.
* Active Termal Compensation - технология позволяющая уменьшить влияние перепадов температуры окружающей среды на точность измерения.

Измерения, проводимые FARO Laser Tracker, основаны на отражении лазерного луча от специальных зеркальных призменных отражателей, заключенных в стальную сферу, которые в дальнейшем мы будем называть сферическими отражателями. Особенностью изготовления сферических отражателей является точное совпадение вершины зеркального конуса с центром сферы. Сферические отражатели бывают трех размеров: 1,5, 7/8 и 0,5 дюйма. Выбор сферического отражателя не влияет на точность измерений и осуществляется исходя из специфики работы. Широкий перечень всевозможных насадок на сферические отражатели позволяет проводить измерения в труднодоступных местах.

Принцип действия FARO Laser Tracker следующий - Tracker отслеживает положение сферического отражателя при помощи лазерного луча. Первоначально мишень помещается в специальную точку на корпусе трекера (гнездо), координаты которой известны, откуда мишень перемещается в контролируемые точки. Вычисление трехмерных координат заданных точек производится путем измерения углов поворота измерительной головки трекера по горизонтали и вертикали и измерения расстояния до мишени при помощи лазерного дальномера.

FARO Laser Tracker может работать в двух режимах измерения: Interferometer и Super ADM. Разница между этими режимами заключается в том, что при прерывании или потере луча в режиме Super ADM не нужно возвращать сферический отражатель в гнездо, можно продолжить измерения поймав луч там где он был потерян, но при использовании режима Super ADM происходит потеря точности. Линейная точность в режиме Interferometer cоставляет 2 + 0,4 мкм/м, а в режиме Super ADM 10 + 0,4 мкм/м.

На каждое изделие в производстве существует конструкторская документация, представленная в виде обычного чертежа (на бумаге) или компьютерной CAD модели. CAD модель, независимо от того в какой конструкторской программе она была создана, может быть экспортирована в специализированную программу CAM2 Measure, которая осуществляет управление трекером и занимается обработкой и анализом данных, полученных при проведении измерений.

Программа CAM2 Measure специально создана компанией FARO для работы с координатно-измерительными машинами. В экспортированной модели выбираются определенные точки с заданными параметрами, затем при помощи трекера измеряются действительные значения этих параметров и определяется соответствие или несоответствие объекта измерений конструкторской документации, а также автоматически высчитывается отклонение измеренного значения от заданных параметров.

CAM2 Measure - универсальный пакет программного обеспечения, предназначенный для работы с координатно-измерительными машинами FARO Arm, FARO Laser Tracker, FARO Scan Arm.

CAM2 Measure позволяет измерять простые элементы (плоскости, окружности, линии, слоты и т.д.), определять положение измеряемого элемента относительно других объектов изделия, автоматически вычислять отклонение измеренных значений от номинальных, инспектировать сложные криволинейные поверхности методом сравнения их с CAD-моделями, рассчитывать отклонение от плоскостности, цилиндричности, соосности и т.д. Функция сканирования дает возможность получать точки, линии, сплайны, полилинии и т.д., по которым в дальнейшем строится CAD-модель. В CAM2 Measure при помощи модуля SPC Graph можно создавать разнообразные графические и текстовые отчеты, в которых будут отображены все аспекты проведенных измерений, а также программировать последовательность измерительных операций для измерения параметров конкретных объектов, используя модуль Softcheck Tool. Вышеперечисленные возможности CAM2 Measure способны решить широкий спектр метрологических задач, связанных с линейно-угловыми измерениями. Программа устанавливается на базе Windows 2000, Windows XP.

Таким образом можно выделить следующие отличительные особенности FARO Laser Tracker:

* Высокая точность и дальность измерений
* Возможность использования на производственных участках с ограниченным рабочим пространством
* Возможность использования дистанционного пульта управления для удобства работы с FARO Laser Tracker
* Автоматическая температурная компенсация
* Широкий спектр вспомогательного оборудования.

# Лазерный трекер TRACKER3

Компания API с самого начала задумывалась, как метрологическая, и продолжает ею оставаться. API берет на себя ответственность за то, чтобы дать пользователям возможность ощутить преимущества применения здравых принципов в метрологии. Основной "изюминкой" этого продвинутого трекера является крепление лазерной головки прямо на валу. Конструкция фирмы API предусматривает размещение блока лазерного интерферометра, датчика положения и ADM-оптики в одном устройстве. В следствие лазерный луч выходит из головки трекера, не преломляясь через зеркало. В результате такого новаторского подхода к конструкции снизились до минимума погрешности измерения, вызванные тепловыми факторами, обеспечив тем самым чрезвычайную стабильность и точность показаний прибора.

**Лазерный трекер TRACKER3**

Простота в использовании - важнейшее требование для работы с Tracker3™. Подготовить к работе его можно в два счета: достаточно лишь подключить 2 кабеля. А если еще подключить его через локальную сеть Ethernet или по беспроводной сети к компьютеру, то вы уже давно будете работать на нем к тому времени, когда большинство других приборов еще только будут на стадии распаковки. В то время как другие приборы нуждаются в длительной процедуре калибровки непосредственно перед измерением с последующим обратным визированием (как требует стандарт В89), Tracker3™ может выполнить и то, и другое в одном сеансе измерения.

API понимает, что потребителю приходится решать две задачи: справляться с текучестью кадров и обучать вновь принятых работников. С учетом этого API добавила несколько функций в новую систему T3™, упрощающих ее использование в цеху и при этом еще и повышающих производительность. Такие особенности, как калибровка при измерениях при двух кругах при наблюдении на одну точку; ПО, позволяющее одновременно, причем одному оператору, работать с несколькими приборами; удобная система кабельного подключения приборов - все это обеспечивает простоту интеграции в технологический процесс.

**Эти системы были с успехом использованы в:**

* механообработке, сварке и шлифовке
* измерениях вне помещений
* условиях холодной погоды
* условиях жаркой погоды.

Трекер T3™ фирмы API устанавливает в промышленной метрологии новый стандарт удобства использования, портативности, диапазона и точности измерений. Конструкция нашей системы слежения, обкатанная в промышленных условиях, дополненная целым набором новых существенных особенностей, дает самую совершенную в мире лазерную систему слежения. Теперь вы можете выверять, измерять и сканировать быстрее и проще, чем когда-либо раньше, да еще и с невиданной доселе точностью и стабильностью показаний.

* Измерение параметров инструментов, приспособлений и машин
* Регистрация погрешностей перемещения станков и роботов
* Юстировка расточных станков, зубчатых передач, тележек и транспортеров
* Измерение контуров поверхностей
* Исследование элемента конструкции с целью повторения

**Измерения в режиме "Turbo"**  
Благодаря новинке API - устройству TurboADM - еще более упрощается работа с трекером в цеховых условиях, и к тому же обеспечивается возможность проверки выдаваемых им данных благодаря наличию встроенного интерферометра. Благодаря используемой в системах Tracker3™ "технологии быстрого переключения" - Fast-Switching Technology, при возвращении луча в систему она с быстротой молнии переключается снова на интерферометр, что обеспечивает максимальную целостность данных.

**Устойчивая к неблагоприятным воздействиям окружающей среды конструкция, работа в любых условиях**

Испытанная конструкция трекера Tracker3™ выдержала самые суровые условия эксплуатации, причем как при установке внутри помещения, так и снаружи. Это - единственный из трекеров, имеющий адаптивный контроль температуры, позволяющий расширить диапазон рабочих температур до -10°C - > 40°C (14°F - > 104°F) с сохранением точности измерений при самых разных производственных условиях. Полностью пылезащищенная, жесткая конструкция трекера Tracker3™ позволяет выполнять с его помощью измерения на опилках, стружке, на замасленной поверхности, при электрических помехах и экстремальных температурах. Более того, как и у его предшественника, II+, основные блоки системы T3™ сконструированы из механически обработанного алюминия, что обеспечивает максимальную прочность и устойчивость всей конструкции.

**Возможность установки в таких местах, в каких другие приборы просто не установишь**  
Чрезвычайном легкая и портативная конструкция Tracker3™ идеально подходит для выполнения работы на любых участках, как малых, так и больших. Его можно устанавливать боком, в перевернутом виде, и даже непосредственно на саму измеряемую деталь. В то время как для других приборов необходимы тяжелые и дорогие треноги с многочисленными удлинителями для обеспечения доступа к измеряемому участку, Tracker3™ зачастую можно установить в таком положении, в каком другие приборы работать не смогут. При весе всего лишь 8,5 кг (18,8 фунтов) и высоте 36 см (14 дюймов) это -самый удобный портативный трекер.

Возможность замены во время измерений отражающих визирных целей SMR 1/2", 7/8" или 3/4" друг на друга без использования каких-либо переходников. Новая функция ПО "Multi-birdbath" (многогнездность) облегчает выбор визирной цели, максимально подходящей для ваших целей.

Никакой другой трекер не имеет такого огромного сегмента измерения, как Tracker3™ с вертикальным диапазоном от +80° дo -60° и дальностью измерения свыше 120 метров (400 футов)! Никакой другой трекер не подходит лучше для выполнения масштабных задач.

Конструкция трекера Tracker3™ продолжает проверенную временем линейку приборов фирмы API, в которой лазерные измерительные устройства крепятся на основном валу. Интерферометр (IFM), абсолютный дальномер (TurboADM), и цифровая электроника установлены в одном корпусе. При таком запатентованном способе установки на валу лазерный луч выходит из головки трекера напрямую, не проходя через корректирующие зеркала или деформируемую волоконную оптику. Разработанная API конструкция сводит к минимуму систематические ошибки измерения, что позволяет достичь непревзойденных результатов по стабильности, диапазону и точности измерений.

Системы лазерного слежения API стали эталоном, по которому определяется эффективность других систем. Сегодня эти системы работают по всему миру в нескольких отраслях промышленности, где не обойтись без крупномасштабной метрологии и юстировок.  
**Вот некоторые из них:**

* Аэрокосмическая
* Строительная
* Механообрабатывающая
* Измерения
* Судостроительная
* Инструментальная
* Калибровка роботов

**Сегодня фирма API имеет клиентов по всему миру, которые спользуют наши трекеры ля выполнения следующих задач:**

* проверка положения крепления
* измерения крупногабаритной конструкции после сборки
* калибровка станков
* контроль соосности узлов в агрегате
* дистанционные измерения
* калибровка координатно-измерительных машин
* калибровка роботов
* модернизация оборудования
* контроль при монтаже крепления
* технологический контроль
* контроль металлорежущих инструментов и штампов
* коррекция объемной погрешности
* выставка антенны

# Бесконтактная мобильная измерительная система на базе лазерного радара серии MV200

Система на базе лазерного радара является дальнейшим развитием технологий в области бесконтактных мобильных измерительных систем для контроля геометрии и настройки крупногабаритных изделий.

Объединяя в себе лучшие качества систем на базе лазерных теодолитов (тахеометров) и лазерного трекера и являясь их аналогом по выполняемым функциям и по точностям, данная система приобрела набор дополнительных функций, расширяющих область применения техники. Основное развитие связано с внедрением новых методов определения расстояний - новый тип дальномера позволяет определять расстояния практически до любых поверхностей с точностями 10 мкм + 2.5мкм/м.   
  
Внедрение нового дальномера

* упростило кинематическую схему измерительного прибора,
* позволило отказаться от дорогостоящих и крайне капризных отражателей,
* уменьшило количество специалистов, обслуживающих систему
* резко повысило возможность автоматизации процессов сборки и измерения .

# дало возможность прямого сканирования объектов (без отражателей и переходников).

[**Описание бесконтактной мобильной измерительной системы на базе лазерного радара серии MV200**](http://www.nevatec.ru/mv200/files/MV200.doc)

Фирма Metris (Бельгия) специализируется на производстве и внедрении лазерных измерительных оптических систем и специализированных измерительных головок для координатно-измерительных машин.  
Лазерный радар производится на предприятии фирмы Metris в США (Metris Virginia).   
В основе работы лазерного радара лежат следующие компоненты:

* датчики вертикального и горизонтального углов
* высокоточный безотражательный лазерный дальномер (запатентованная технология частотно-модулированного лазерного когерентного радара), сравнимый по точности (единицы микрон) с лазерным интерферометром.

**Принцип работы лазерного радара: угловые и дальномерные измерения**

#### Состав системы

* Сенсор
* Стойка с блоком питания и UPS
* Соединительные кабели
* Ноутбук
* Подвижное основание.
* Цилиндрическая вставка
* Металлические сферы (различных диаметров)
* Штативы и подставки
* Специальные бумажные марки

В состав системы также входит набор для проведения калибровочных работ.

#### Уникальные возможности системы

1. В сенсор встроена видеокамера. Оператор имеет возможность очертить на экране компьютера сканируемую область, выбрать необходимые для измерения марки (цели) или провести измерение точек на CAD модели, высвечиваемой на экране. Таким образом, для управления системой достаточно одного оператора.

2. В сенсор встроен климатический датчик, позволяющий автоматически корректировать измеренные данные при изменении температуры, давления и влажности.

3. Наряду с инфракрасным измерительным (для определения дальности) лучом в сенсор встроен красный лазер для разметки и наведения на конкретную точку. Диаметр пятна составляет 0.17 мм на 2м, 0.6мм на 10м.

4. Система является полностью автоматизируемой: возможно задать любую последовательность действий. Например - измерить базовые сферы, привязаться к ним, замерить часть поверхности, отверстия, ребра, замерить сферы в новом положении, выдать отчет.

5. Возможно размещение сенсора на подвижных штативах, работа при произвольных поворотах (наклонах) радара.

6. Исключительно мощным средством является измерение через зеркало. Подобным образом можно измерить не только крупногабаритные изделия с разных сторон, но и внутренние полости. При измерении крупногабаритных изделий устраняются дополнительные погрешности, связанные перестановкой прибора.

7. Возможно проведение измерений нагретых объектов (в данном случае - свыше 1000 С), что принципиально невозможно выполнить контактными методами. Аналогичная ситуация с сетчатыми, гибкими и шлифованными поверхностями.