

М. Б. ЛЕОНОВ, И. Т. РАЗУМОВСКИЙ

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ТРЕХКООРДИНАТНОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ЦЕЛЕУКАЗАТЕЛЯ

Рассматривается концепция разработки трехкоординатного оптико-электронного целеуказателя. Показано, что использование в измерительных каналах целеуказателя типовых электронных датчиков позволяет значительно повысить оперативность измерений, снизить габариты прибора, а также себестоимость его разработки и изготовления.

**Ключевые слова:** целеуказатель, топографические приборы, тахеометры, дальномеры, энкодеры, датчик угла наклона.

В настоящее время для определения координат объектов используются такие измерительные инструменты, как светодальномеры, буссоли, гироазимуты, тахеометры.

Для целеуказания на равнинной местности достаточно знать в полярной системе координат две координаты объекта — дальность до объекта  $D$  и его азимут  $A$ . В случае холмистой или горной местности для целеуказания может потребоваться третья координата объекта, а именно угол его места  $\varepsilon$  над уровнем горизонта. Схема целеуказания наблюдаемого объекта приведена на рис. 1.

Применяемые для целеуказания топографические инструменты обладают высокой точностью измерения углов и дистанций, однако характеризуются значительными временными затратами при определении координат объекта и имеют высокую стоимость. Для обеспечения оперативности измерений в 2001 г. был предложен наблюдательный оптико-электронный прибор „NORD“ [1]. Функция определения дальности в этом приборе совмещена с указанием направления на „Север“, но поставленную задачу — целеуказания трех координат — прибор, тем не менее, не выполняет.

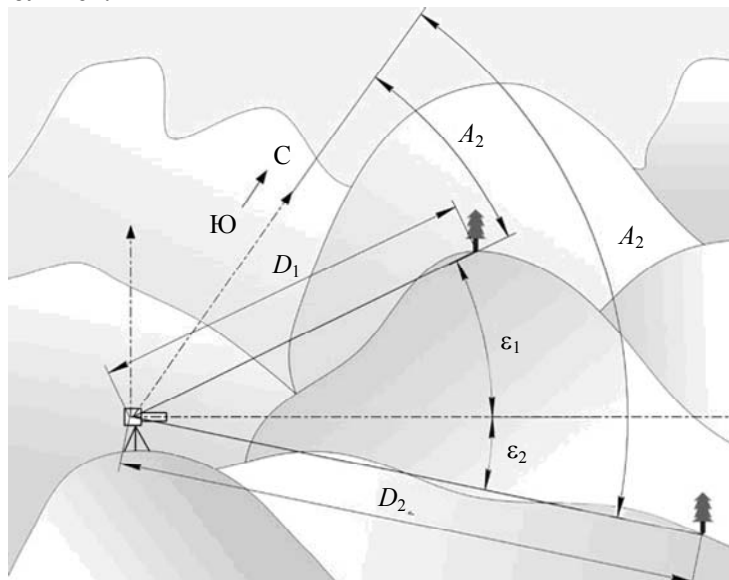


Рис. 1

Современные достижения в электронике обусловили возможность создания компактного и вместе с тем быстродействующего универсального трехкоординатного целеуказателя, способного оценивать не только дальность до объекта, но и вычислять его азимут синхронно с измерением угла места. Концептуальная модель такого устройства, предлагаемого авторами настоящей статьи, показана на рис. 2, где 1 — визирная труба; 2 — лазерный дальномер; 3 —

ПЗС-приемник, передающий изображение визирного канала дальномера на экран; 4 — цифровой компас; 5 — цифровой датчик угла наклона; 6 — экран отображения визуальной информации и данных измерений; 7 — пузырьковый шаровой уровень для выверки датчика угла наклона; 8 — привод визира; 9 — поворотный столик; 10 — наблюдаемый объект.

Модель конструируется из функционально законченных готовых модулей.

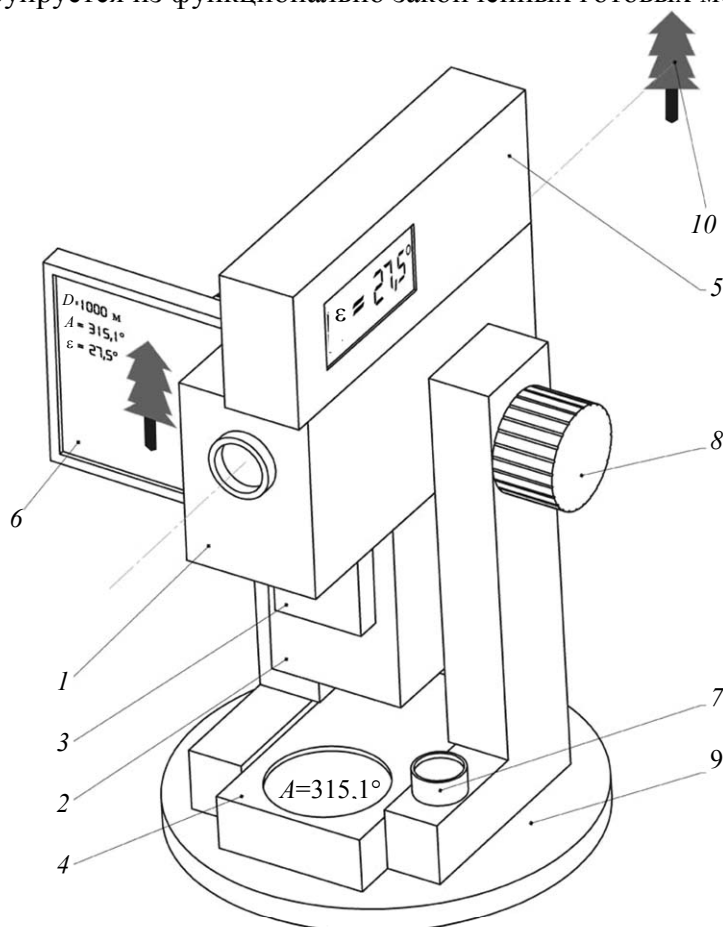


Рис. 2

В список возможных функций разрабатываемого прибора входят:

- 1) контроль окружающего пространства;
- 2) измерение дальности до объекта;
- 3) азимутальное ориентирование на местности;
- 4) определение угла места;
- 5) проведение геологических (поисково-съёмочных) маршрутов;
- 6) ориентировочное определение мест залегания выходов пластов горных пород для создания геологических карт.

Следует отметить, что ранее задачи 5, 6 решались с использованием горно-геологических компасов, которые не обеспечивают синхронное измерение угла места и дальности до объекта, а также не позволяют выполнять работы с удаленными объектами в связи с отсутствием визирной трубы.

Таким образом, предлагаемый прибор будет представлять собой многоцелевой инструмент, способный определять три координаты объекта и который можно применять как для ориентирования на местности, так и для решения специальных задач. Прибор является аналогом горно-геологического компаса с расширенными функциональными возможностями, что

делает его также и аналогом многофункциональных измерительных приборов (тахеометров, буссолей).

В модели трехкоординатного целеуказателя для определения дальности  $D$  предлагается использовать штатный импульсный лазерный дальномер (например, Yukon Extend LRS-1000), структурная схема которого представлена на рис. 3 [2]. Принцип его работы основан на измерении времени прохождения светового импульса до цели и обратно.

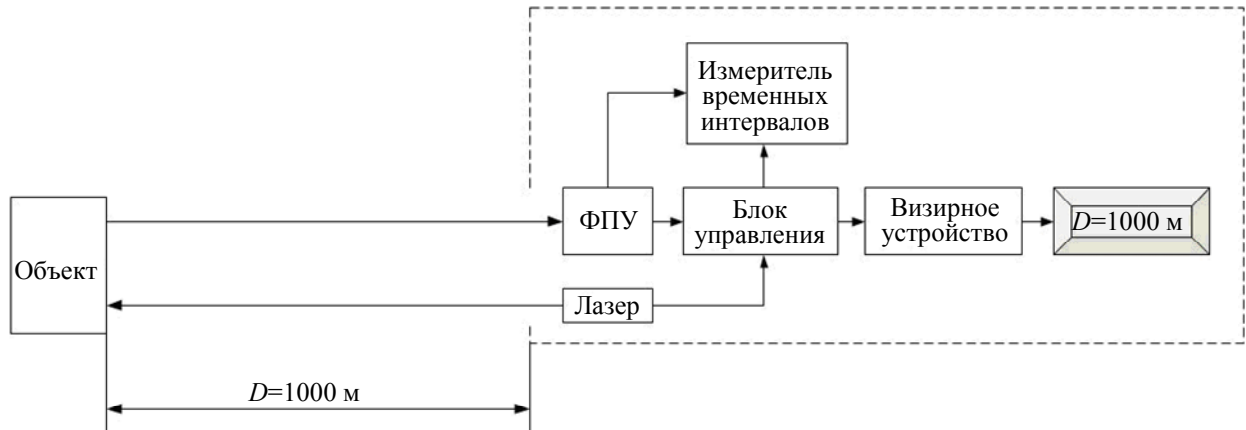


Рис. 3

Для определения азимута  $A$  в целеуказателе намечено применить готовый цифровой компас “Adrenalin DC-01” на основе магнитного энкодера. Система измерения угла поворота в нем представляет собой поворотный микромагнит (рис. 4), размещенный над однокристальной микросхемой (например, AS5030) [3].

Структурная схема цифрового компаса на основе магнитного энкодера приведена на рис. 5. Внутри микросхемы на кристалле расположены четыре датчика Холла  $H_1—H_4$ , которые фиксируют значения напряженности магнитных полей по двум ортогональным направлениям. Электрические сигналы датчиков  $H_1$  и  $H_3$ , пропорциональные напряженности магнитных полей, поступают на дифференциальный усилитель  $ДУ_1$ , а сигналы датчиков  $H_2$  и  $H_4$  — на дифференциальный усилитель  $ДУ_2$ . Сигналы датчиков  $H_1$  и  $H_3$  определяют значение синуса угла поворота микромагнита, а сигналы датчиков  $H_2$  и  $H_4$  — значение косинуса угла поворота.

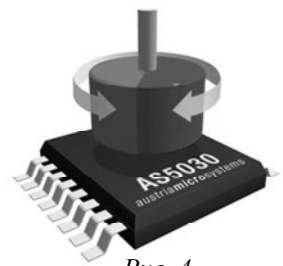


Рис. 4

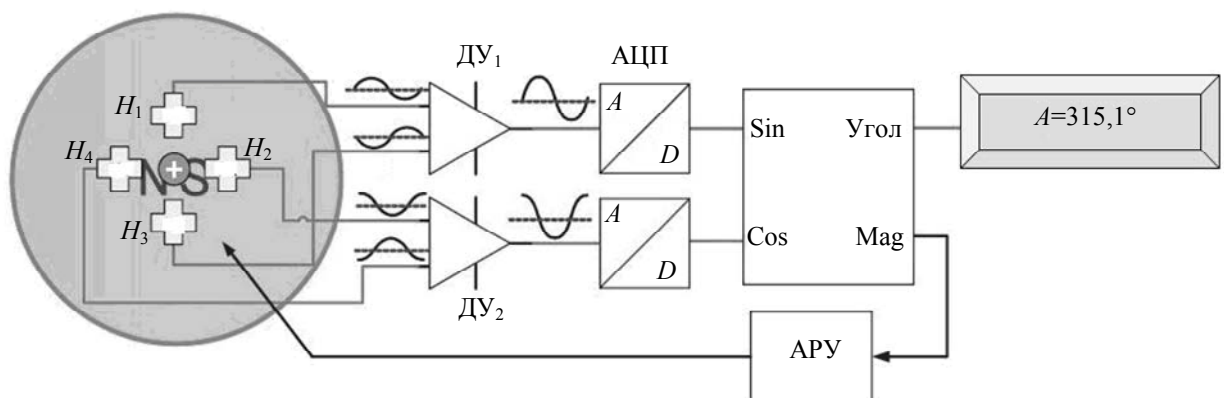


Рис. 5

Далее сигналы с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) переводятся в двоичную форму, а с помощью сигнального процессора (ЦСП) пересчитываются в абсолютный угол поворота микромагнита — азимут — по формуле  $A = \arctg[(H_1 - H_3)/(H_2 - H_4)]$ . Модуль автоматической регулировки усиления (АРУ), используя измеренное значение напряженности магнитного поля “Mag” (в блоке ЦСП), позволяет обеспечить компенсацию отрицательных

воздействий внешней температуры и вариаций расстояния между магнитом и микросхемой на сигналы датчиков  $H_1—H_4$  [4].

Погрешность измерения азимута, приводимая в паспорте на компас, составляет 30—60' при угловой чувствительности самого энкодера 5—6'.

Для определения угла места  $\varepsilon$  объекта целесообразно использовать цифровой датчик угла наклона “S-Digit Mini”, устанавливаемый на визирную поворотную трубу. Чувствительным элементом такого датчика является двухкоординатный (в плоскости горизонта  $X$  и  $Y$ ) акселерометр. Упрощенная структурная схема датчика угла наклона представлена на рис. 6.

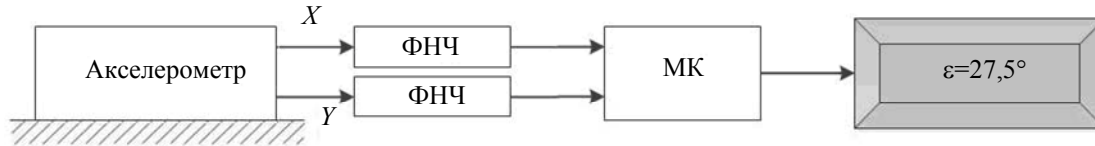


Рис. 6

Широтно-импульсные сигналы (ШИМ-сигналы) с выходов  $X$  и  $Y$  акселерометра проходят через фильтры низких частот (ФНЧ) и поступают на дискретные входы микроконтроллера (МК). Микроконтроллер с помощью соответствующих алгебраических и тригонометрических преобразований измеряет длительность и период импульсов ШИМ-сигналов, далее определяет текущий угол наклона акселерометра относительно плоскости Земли и выводит значение измеренного угла на цифровой индикатор [5]. Для начальной выверки и периодической проверки датчика угла наклона требуется наличие в устройстве шарового пузырькового уровня.

Двухкоординатный акселерометр представляет собой датчик линейного ускорения по типу, например, датчика ADXL202; его структурная схема приведена на рис. 7.

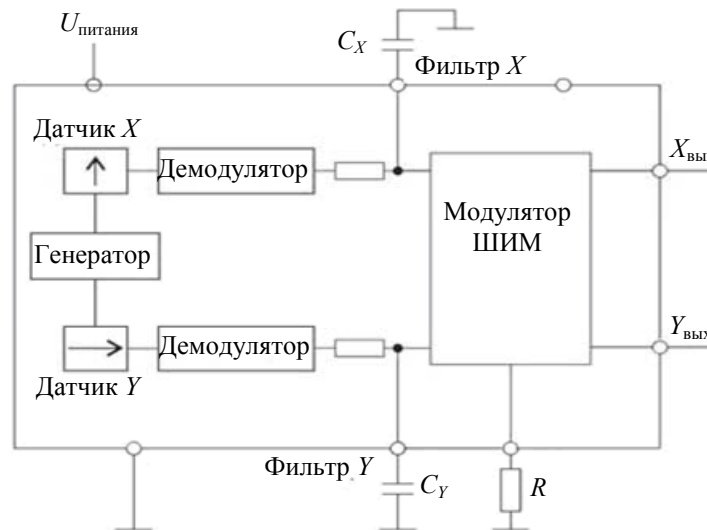


Рис. 7

Датчик линейного ускорения представляет собой совокупность дифференциальных конденсаторов, каждый из которых состоит из подвижной и неподвижной частей. Неподвижная часть является базой, относительно которой измеряется ускорение. Подвижная часть связана с неподвижной посредством полисиликоновой пружины. При приложении внешней силы подвижная часть перемещается относительно неподвижной, соответственно изменяя емкость конденсаторов. Сигнал датчика по каждой координате ( $X$  и  $Y$ ) подается на контроллер обработки, который преобразует его в широтно-импульсный сигнал [6].

Функциональные возможности датчика угла наклона “S-Digit Mini” позволяют оценивать углы в вертикальной плоскости вплоть до  $90^\circ$  от горизонта, что является весомым достоинством при проведении целеуказаний в горных районах.

Основной проблемой при разработке оптико-электронного трехкоординатного целеуказателя остается создание конструкции визуального канала прибора с увеличением, достаточным для опознавания объекта ( $3\text{—}6\times$ ), а также создание оптических или оптико-электронных систем ввода информации, поступающей с трех измерительных каналов, в одно поле зрения.

В результате планируется получить переносной универсальный прибор для определения координат объектов, более простой, компактный и эффективный, чем используемые в настоящее время.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев А. В., Гринкевич А. В., Попов А. Г., Кисляков А. В.* Оптико-электронный наблюдательный прибор // Оптич. журн. 2002. Т. 69, № 8. С. 73—75.
2. *Старовойтов Е.* Лазерные системы для управления транспортными средствами и робототехникой // Современная электроника. 2010. № 6. С. 30—35.
3. *Щерба А.* Магнитный датчик угла поворота AS5030 производства Austriamicrosystems // Компоненты и технологии. 2007. № 4. С. 28—32.
4. *Щерба А.* Магнитные энкодеры производства Austriamicrosystems // Там же. 2008. № 7. С. 36—38.
5. *Ковшов В. Д., Хакимьянов М. И., Сакаев А. Ф.* Датчик угла наклона на основе интегрального акселерометра: реализация и исследование характеристик // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий: Межвуз. сб. науч. статей. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005.
6. *Бузыкканов С.* Датчик наклона на основе твердотельного акселерометра // Современная электроника. 2004. № 12. С. 42—45.

#### *Сведения об авторах*

**Михаил Борисович Леонов**

— магистрант; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов

**Игорь Тимофеевич Разумовский**

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов; E-mail: itraz@rambler.ru

Рекомендована кафедрой  
компьютеризации и проектирования  
оптических приборов

Поступила в редакцию  
07.02.13 г.