электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

 # 11, ноябрь 2015

УДК 623.466.33

Моделирование движения вращающегося объекта с двухканальным датчиком цели

Фоменко Е.Ю., *студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Автономные информационные и управляющие системы»

Научный руководитель: Лихоеденко К.П., д.т.н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Автономные информационные и управляющие системы»
kafsm5@bmstu.ru

Введение

Главным параметром качества любого технического устройства является безотказное выполнение поставленной перед ним задачи. В данной работе осуществляется оптимизация начальных параметров движения вращающегося объекта с двухканальным координатором (обнаружителем) цели для улучшения характеристик обнаружения цели, то есть безотказного выполнения его задачи. Для этого проведено моделирование движения вращающегося объекта и траектории поля зрения датчика цели по поверхности земли.

Основная часть

1 Описание системы прицеливания

Вращающийся объект включает два датчика обнаружения цели:

- инфракрасный датчик (ИК-датчик), работающий в диапазоне длин волн от 7 до 14 мкм;
- радиолокационный датчик, работающий в миллиметровом диапазоне длин волн (ММДВ).

ИК-датчик цели содержит двухкомпонентную зеркальную оптическую систему, фотоприёмное устройство и схему предварительного усиления. В процессе сканирования земного ландшафта тепловое излучение объектов, находящихся в поле зрения оптической системы фокусируется на чувствительной площадке фотоприёмного устройства. Фотоприёмное устройство является также фильтром с полосовой амплитудно-частотной характеристикой и пропускает излучение в диапазоне от 7 до 14 мкм.

Использование ММДВ при проектировании радиолокационных трактов систем принятия решений позволяет реализовать ряд преимуществ этого диапазона, к которым можно отнести увеличение точности по дальности и углу места, улучшение устойчивости к воздействию активных и пассивных помех, возможность существенного уменьшения антенно-фидерных трактов.

Датчик цели ММДВ представляет собой активный радиолокационный канал, работающий в непрерывном режиме с частотной модуляцией зондирующего сигнала.

Основным параметром активного датчика ММДВ является радиолокационный потенциал, характеризующий уровень сигналов, отражённых как от подстилающей поверхности, так и поверхности цели, который определяется по формуле (1) радиолокации

$$П = \frac{P_{пер}}{P_{пр}} = \frac{(4\pi)^2 D^4}{G_a^2 \lambda^2 S_{эфЦ}}, \quad (1)$$

где $P_{пер}$ – мощность зондирующего сигнала на выходе передающей антенны;

$P_{пр}$ – мощность отражённого сигнала на входе приемной антенны;

D – расстояние до подстилающей поверхности или цели;

G_a – коэффициент усиления антенны;

$S_{эф.Ц}$ – эффективная площадь отражения подстилающей поверхности или цели;

$Л$ – длина волны зондирующего сигнала.

Системы ближней локации ММДВ обладают повышенной надежностью при функционировании в запыленной и задымленной атмосфере, в отличии от датчиков цели инфракрасного диапазона.

2 Закон движения

Получив команду на срабатывание, двухканальный координатор цели начинает движение от поверхности земли по баллистической траектории, представленной на рисунке 1.

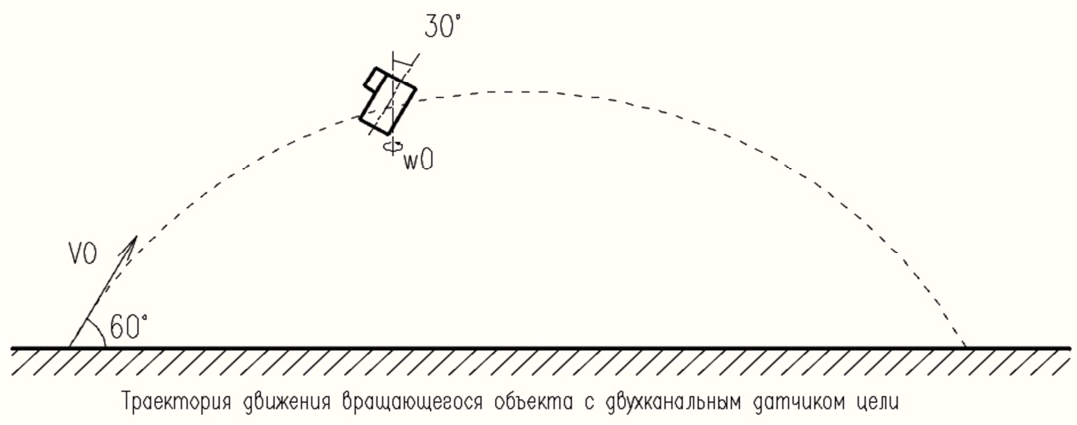


Рис. 1. Постановка задачи

На земле траектория пятна поля зрения координатора цели представляет собой некую сложную спираль, являющуюся результатом сложения горизонтального, вертикального и вращательного движения объекта.

При движении пятна поля зрения по поверхности земли зависимость координат его центра от времени x(t) и y(t) определяется следующим образом:

$$x(t) = V_0 t\cos(\alpha) - (V_0 t\sin(\alpha) - \frac{gt^2}{2})tg\beta\cos(\omega_0 t), \quad (2)$$

$$y(t) = (V_0 t\sin\alpha - \frac{gt^2}{2})tg\beta\sin(\omega_0 t).$$

Структура программы расчета представлена на рисунке 2.

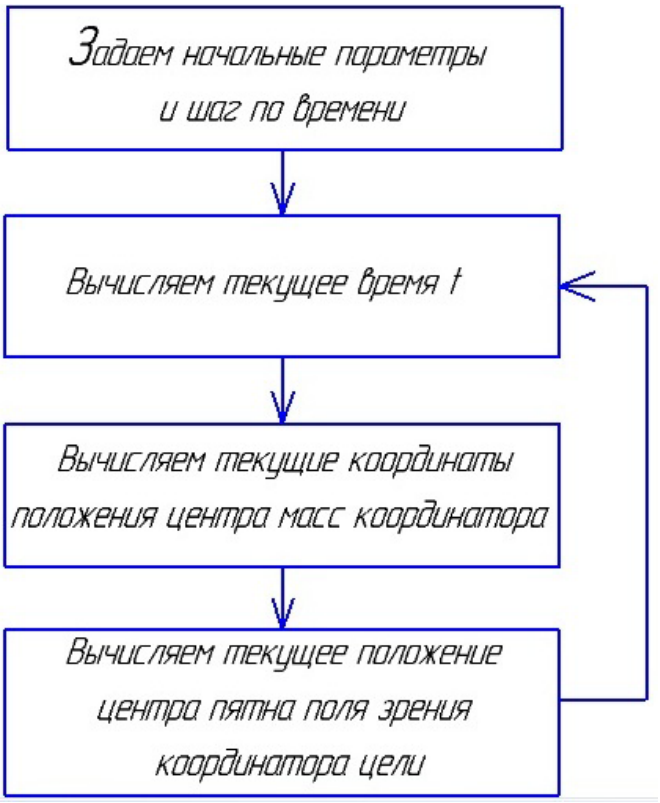


Рис. 2. Блок-схема алгоритма программы

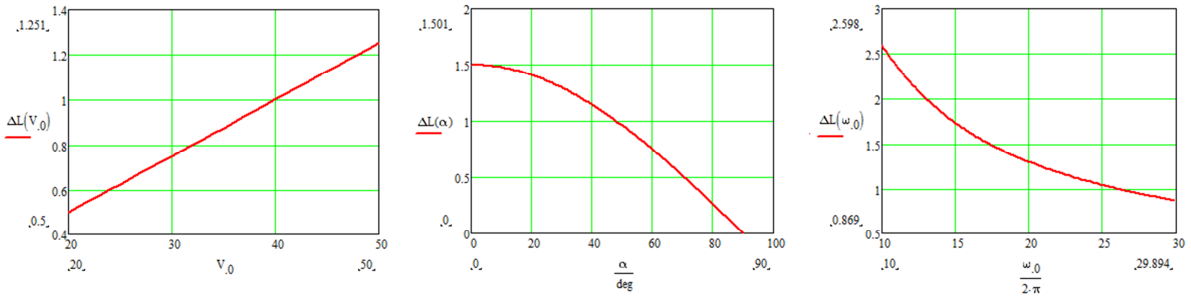
3 Моделирование

В процессе моделирования необходимо исследовать зависимость параметров траектории движения координатора цели и его пятна поля зрения (дальность до цели, расстояние между соседними витками, количество проходов по поверхности цели, наличие пропусков цели при сканировании) от изменений начальных параметров полета объекта.

Для оптимизации параметров движения вращающегося объекта необходимо провести сравнительный анализ результатов, полученных путем моделирования движения пятна поля зрения координатора цели с различными начальными данными.

Основным параметром оптимизации для исследуемого объекта является высокая вероятность распознавания цели. Необходимо провести исследования зависимости шага спирали от начальной скорости, угла запуска и скорости вращения объекта. Для достижения высокой вероятности обнаружения цели расстояние между витками спирали должно быть в интервале от 0,5 м до 1,2 м. Это связано с тем, что ИК-датчик срабатывает по двигателю цели, при этом цель находится в движении со скоростью не больше 60 км/ч. Габаритные размеры двигателя цели в среднем 2100 мм на 1105 мм. Минимальная стартовая скорость координатора цели – 20 м/с.

Для выбора начальных параметров было проведено моделирование зависимости расстояния между витками траектории движения пятна поля зрения координатора цели от начальной скорости (рис. 3, а) при угле запуска 60^0, от угла запуска (рис.3, б) при скорости 30 м/с, от частоты вращения объекта (рис. 3, в).



а) б) в)

Рис. 3. Графики зависимости расстояния между витками: а) от начальной скорости; б) угла запуска объекта; в) от частоты вращения объекта

Анализ полученных результатов позволяет сформулировать следующие требования к начальным параметрам:

- начальная скорость: V_0= от 20 до 40 м/с;
- угол запуска: α= от 40^0 до 75^0;
- частота вращения ограничена максимально допустимой величиной ω_0=20 Гц, что объясняется существенным воздействием центробежных сил на объект.

Моделирование траектории движения пятна поля зрения координатора цели проведено с помощью пакета Mathcad. Анализ результатов моделирования позволяет определить оптимальные значения начальных параметров (рис. 4).

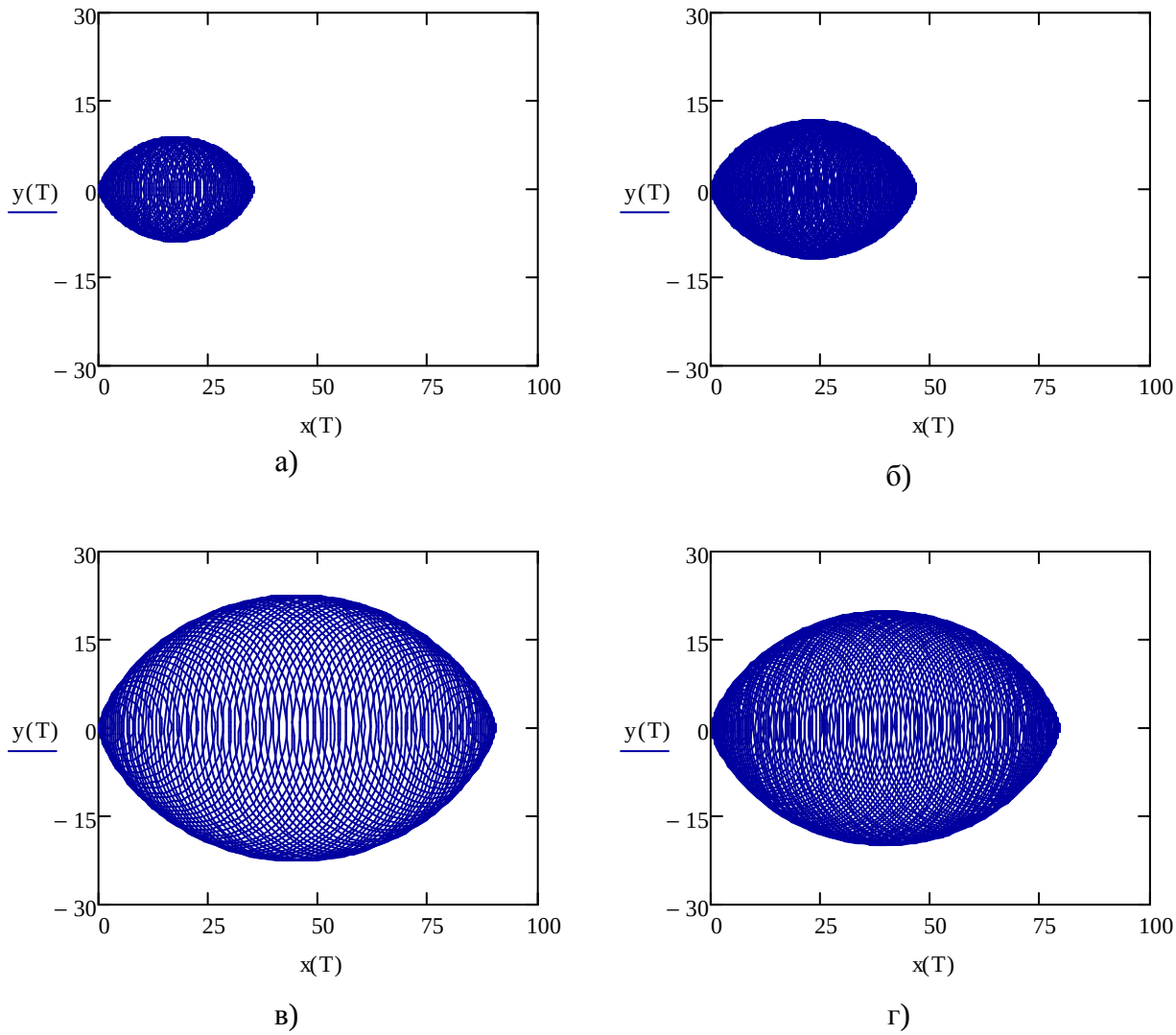


Рис. 4. Траектории движения пятна поля зрения координатора цели:
а) при малой начальной скорости; б) при большом угле запуска; в) при малом угле запуска;
г) при оптимальных параметрах

На рисунке 4, а график траектории движения пятна поля зрения координатора цели относительно земли построен со следующими начальными параметрами:

начальная скорость – $\mathbf{V_0=20}$ **м/с**;

частота вращения – $\omega_0=20$ Гц;

угол запуска – $\alpha=60^0$;

угол наклона объекта относительно вертикали – $\beta=30^0=(90^0-\alpha)$.

В данном случае не обеспечивается необходимая дальность обнаружения цели из-за низкой скорости движения объекта.

На рисунке 4, б график траектории движения пятна поля зрения координатора цели представлен с измененными параметрами: начальная скорость – $V^0=30$ м/с; угол запуска –

α=75^0; угол наклона объекта относительно вертикали **– β=15^0**=(90^0-α). Исследовав данный график, можно сделать вывод, что при увеличении угла запуска уменьшается радиус обзора вращающегося объекта и дальность обнаружения, что как и в первом случае значительно уменьшает дальность обнаружения цели, так как траекториия объекта становтся более крутой.

На рисунке 4, в изображен график траектории движения пятна поля зрения координатора цели с измененным углом запуска – **α=40^0** и углом наклона объекта относительно вертикали – **β=50^0**=(90^0-α). Такие параметры не являются оптимальными, так как при малом угле запуска увеличивается шаг спирали и снижается вероятность попадания.

Таким образом, для достижения дальности порядка 80 м и шага спирали не более 1,2 м необходимо скорректировать величину угла запуска α до величины 60^0 и соответственно β=30^0. График с такими параметрами изображен на рисунке 4, г. При увеличении угла запуска на 20^0 относительно параметров графика на рисунке 4, в уменьшается шаг спирали, повышается точность попадания объекта в движущуюся цель без существенного сокращения дальности.

Таким образом, наиболее оптимальными для решения поставленной задачи, являются следующие начальные параметры:

начальная скорость – V_0=30 м/с;

частота вращения – ω_0=20 Гц;

угол запуска – α=60^0;

угол наклона объекта относительно вертикали – β=30^0=(90^0-α).

На рисунке 5 изображена оптимальная для решения поставленной задачи траектория движения пятна поля зрения координатора цели с шагом спирали около 1,2 м, дальностью 81 м, шириной раскрыва 35 м.

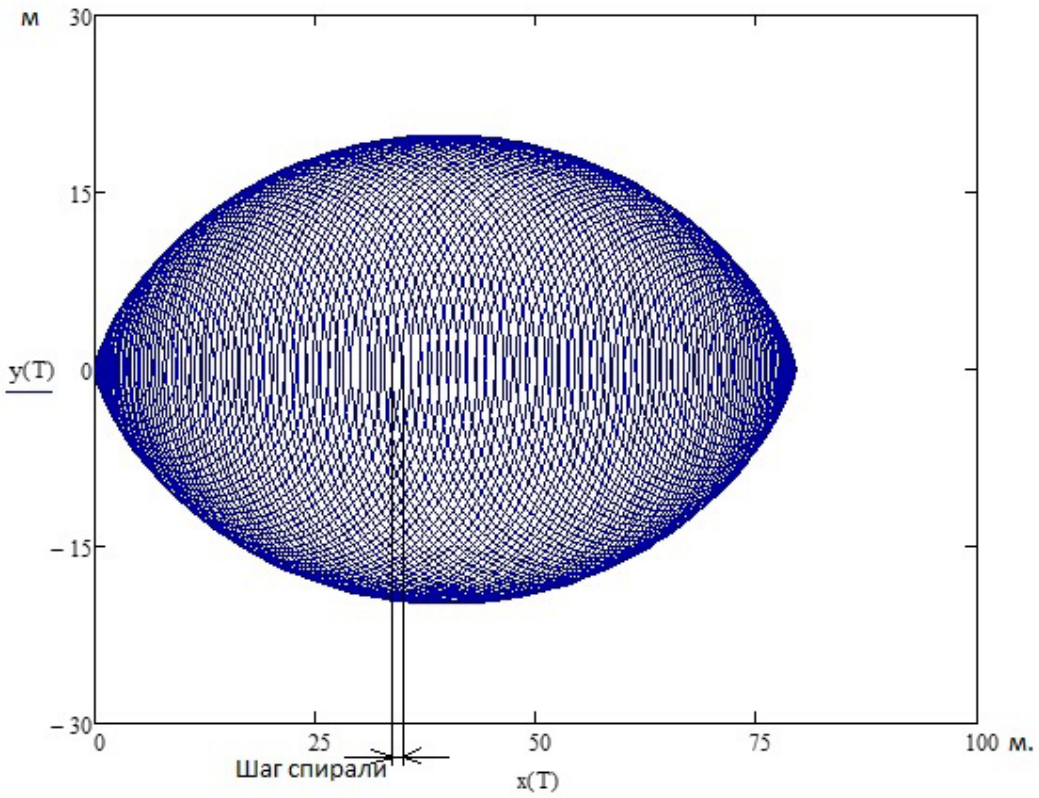


Рис. 5. Траектории движения пятна поля зрения координатора цели с наиболее приемлемыми для решения поставленной задачи начальными условиями

Данные параметры позволяют снизить максимальное расстояние между витками до 1,2 м, что обеспечивает достаточно точное обнаружение цели и своевременную подачу команды на поражение.

На рисунке 6 представлена траектория движения объекта и пятна поля зрения координатора цели в трехмерном измерении.

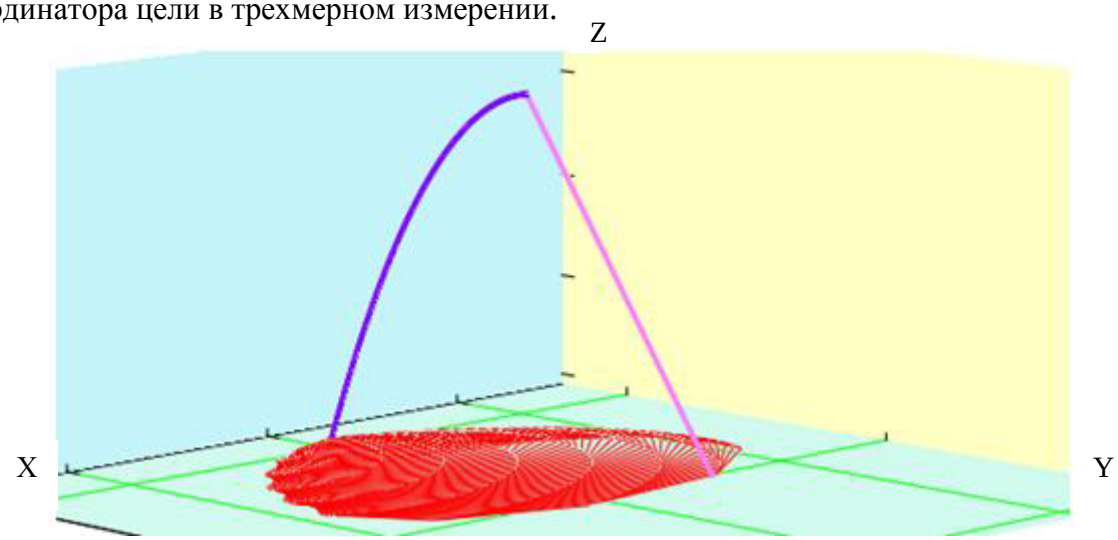


Рис. 6. Траектория движения объекта и след пятна поля зрения датчиков в момент времени t=2.6 с: текущая координата объекта X=39 м, текущая высота Z=35 м

Трехмерное моделирование дает возможность расчета не только траектории движения пятна по поверхности земли, но также позволяет анализировать движение всей системы обнаружения в пространстве.

Заключение

Оптимизация параметров движения вращающегося объекта, оснащенного двухканальным датчиком цели, в состав которого входят ИК- и ММДВ- датчики, в значительной мере увеличивает вероятность попадания объекта в движущуюся цель.

Список литературы

1. Борзов А.Б., Быстров Р.П., Засовин Э.А., Лихоеденко К.П., Муратов И.В., Павлов Г.Л., Соколов А.В., Сучков В.Б. Миллиметровая радиолокация: методы обнаружения и наведения в условиях естественных и организованных помех. М.: Радиотехника, 2010. 374 с.
2. Глазков В.В., Лихоеденко К.П. Алгоритм обнаружения подвижных объектов автотранспортной техники в миллиметровом диапазоне длин волн // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2010. № 2. С. 80-91.
3. Муратов И.В., Лихоеденко К.П., Хохлов В.К. Моделирование бортового радиолокационного координатора цели миллиметрового диапазона радиоволн // Электромагнитные волны и электронные системы. 2014. Т. 19, № 11. С. 18-22.
4. Лихоеденко К.П., Сучков В.Б., Глазков В.В. Цифровое моделирование входных сигналов доплеровских радиолокационных систем миллиметрового диапазона длин волн от моторизованных объектов // Электромагнитные волны и электронные системы. 2011. Т. 16, № 6. С. 43-52.
5. Лихоеденко К.П., Хохлов В.К. Специфика синтеза алгоритмов систем принятия решений в автономных информационных системах ближней локации // Электромагнитные волны и электронные системы. 2013. Т. 18, № 12. С. 16-24.