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

УДК 681.518.3

Имитационная модель обработки траекторных данных в оптико-электронной системе слежения за целью

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

Научный руководитель: Микаэльян С.В., ассистент кафедры
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauma@bmstu.ru

Основной задачей данной работы было создание имитационной модели обработки траекторных данных в оптико-электронной системе слежения за целью, позволяющей исследовать и отработать алгоритмы работы. Структурная схема системы слежения представлена на рис. 1. Система включает в себя 2 канала измерения: телевизионный приемник с системой обработки информации (СОИ), позволяющей выделить объект слежения на телевизионном изображении и получить его экранные координаты и лазерный дальномер (ЛД), позволяющий определить дистанцию до него. Для определения полного набора пространственных координат и компонентов скорости наблюдаемого объекта требуется совместная обработка данных обоих измерительных каналов, для чего в системе реализуется соответствующий алгоритм оценивания этих параметров – траекторный фильтр, выполняемый в процессоре обработки данных и управления. Помимо решения задачи оценивания параметров движения объекта слежения, данный процессор обеспечивает также управление аппаратными средствами измерительных каналов.

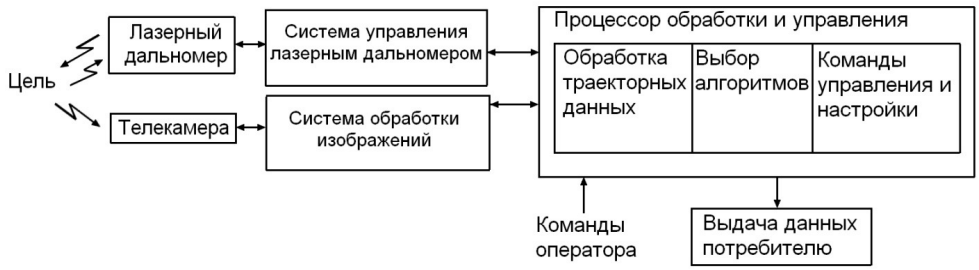


Рис. 1. Структурная схема системы слежения

При создании имитационной модели данной системы требовалось учесть ряд важных особенностей, оказывающих существенное влияние на ее поведение:

- Приборы функционируют в дискретном времени.
- Такты работы приборов различны (лазерный дальномер работает с малой частотой, период получения информации от которого может составлять от десятых долей, до единиц секунд, что связано с особенностями работы ЛД, а телекамера (ТК) работает с достаточно высокой кадровой частотой, пригодной для нормального восприятия картинки человеком).
- Сигналы поступают от приборов измерений несинхронно, могут пропадать, либо быть ложными (например, в случае промаха лазерного дальномера по маневрирующей цели).
- Передача и обработка сигналов сопровождается задержками.
- Выдача результатов обработки потребителям производится в моменты времени, не совпадающие, в общем случае с моментами получения данных измерения и выполнения собственно их обработки.

Указанные особенности системы делают задачу создания ее имитационной модели нетривиальной и требуют применения специфических подходов и средств моделирования.

Естественной средой для реализации имитационных моделей является пакет MATLAB Simulink, сочетающий высокую вычислительную мощность с удобством визуальной разработки и исследования моделей. Существенным преимуществом данного пакета является возможность легкого преобразования разработанных в нем моделей в программное обеспечение для реальной аппаратуры на основе кода C++. Однако базовых возможностей этого пакета недостаточно для полноценной имитации указанных выше особенностей поведения системы, поэтому при создании модели были задействованы такие инструменты, как пакет SimEvents, позволяющий моделировать динамику поведения системы, управляемой потоком событий, и пакет StateFlow, обеспечивающий возможность описания поведения системы в терминах конечных автоматов.

Общий состав компонентов разработанной имитационной модели представлен на рис. 2.

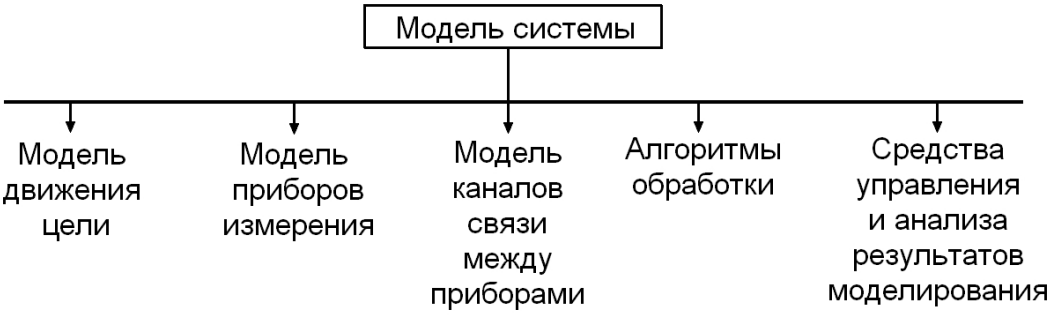


Рис. 2. Структура модели системы

Модель построена по иерархическому принципу с разделением на подсистемы, в основном соответствующие реально существующим компонентам реальной системы. Схема модели на верхнем уровне представленная средствами пакета Simulink изображена на рис. 3.

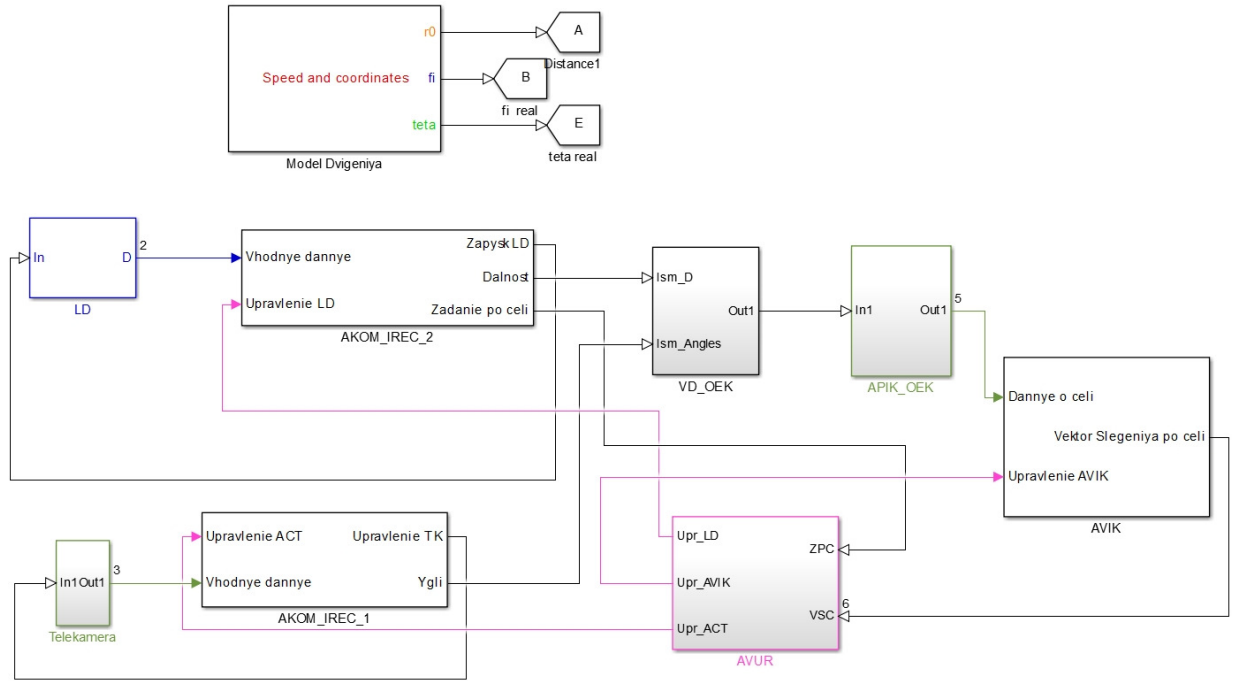


Рис. 3. Схема имитационной модели

В модель входят блок, задающий движение цели, приборы измерения дальности цели и углов, буферы (АКОМ ИРЕК), блоки обработки данных (АПИК), включающих экстраполяцию данных, фильтрацию их в блоке АВИК при помощи фильтра Калмана (ФК) для выдачи информации адекватной реальному положению цели на момент поступления информации оператору.

Многорежимность поведения модели (включая этапы захвата цели и выработки начальных данных для инициализации фильтра сопровождения цели, сброса, реакции на

команды оператора) обеспечивается средствами пакета StateFlow. На рис. 4 представлен элемент пакета - Chart. Среда StateFlow представляет собой автомат, но с многомерными возможностями переходов, условий, и циклов. Переходы между блоками осуществляются по определенным факторам: условно и безусловно, по событиям или без них. Это позволяет реализовать различные циклы или триггерную работу. Так, первый переход осуществляется по условию неравенства нулю данных (d!=0), а другие переходы представляют собой триггерный переход по событию «eve» на триггерном входе блока из пакета StateFlow, в который можно вложить смысл прихода данных на вход блока. Каждый блок имеет свое название, которое также можно использовать. Внутри блоков можно задавать условия для выполнения действий по входу в блок, выходу из него, в течение нахождения в нем на каждый такт сигнала на триггерном входе, по выполнению какого – либо события и т.д. Так, например, в крайнем правом блоке верхняя часть, отделенная маркером абзаца выполняются действия по входу в данный блок (далее после обозначения en⇔entry), а в нижнем – происходят действия на каждый последующий такт сигнала, поступающего на триггерный вход (после обозначения du⇔during).

Применение методологии конечных автоматов позволяет при необходимости легко модифицировать модель, преобразовывать поведение отдельных блоков, не изменяя общей структуры, например, реализовать различное по сложности движение цели, дополнить систему новыми измерительными средствами и т.п.

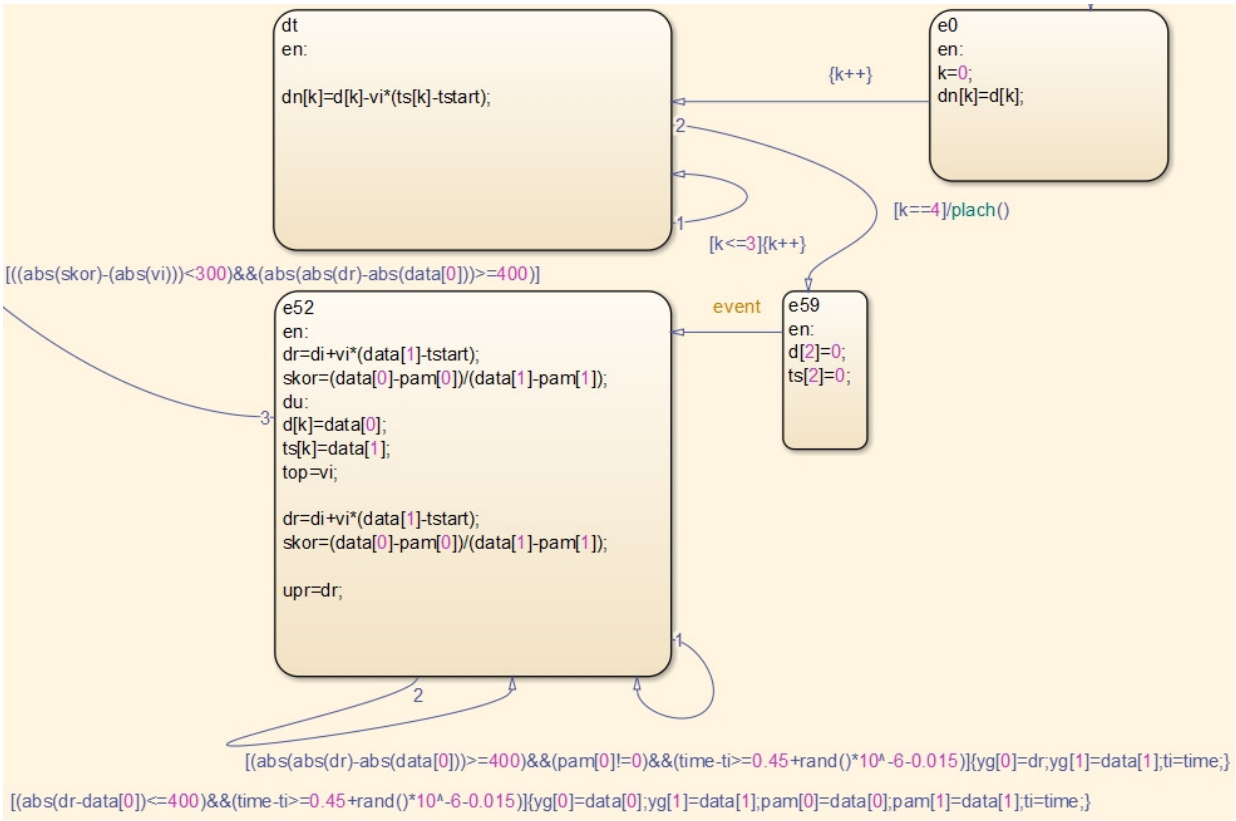


Рис. 4. Среда работы пакета StateFlow в элементе типа Chart

На рис. 5 показан пример данных обработанных данных в подсистеме блока АПИК, показанной на предыдущем рисунке. Он организован преимущественно при помощи пакета StateFlow. На данном рисунке показан пример данных поступивших с ЛД, который трижды промахнулся по цели (осуществлена фильтрация от выбросов, которые появляются в случае промаха ЛД по цели, т.к. они могут вызвать выход фильтра Калмана из стационарного состояния).

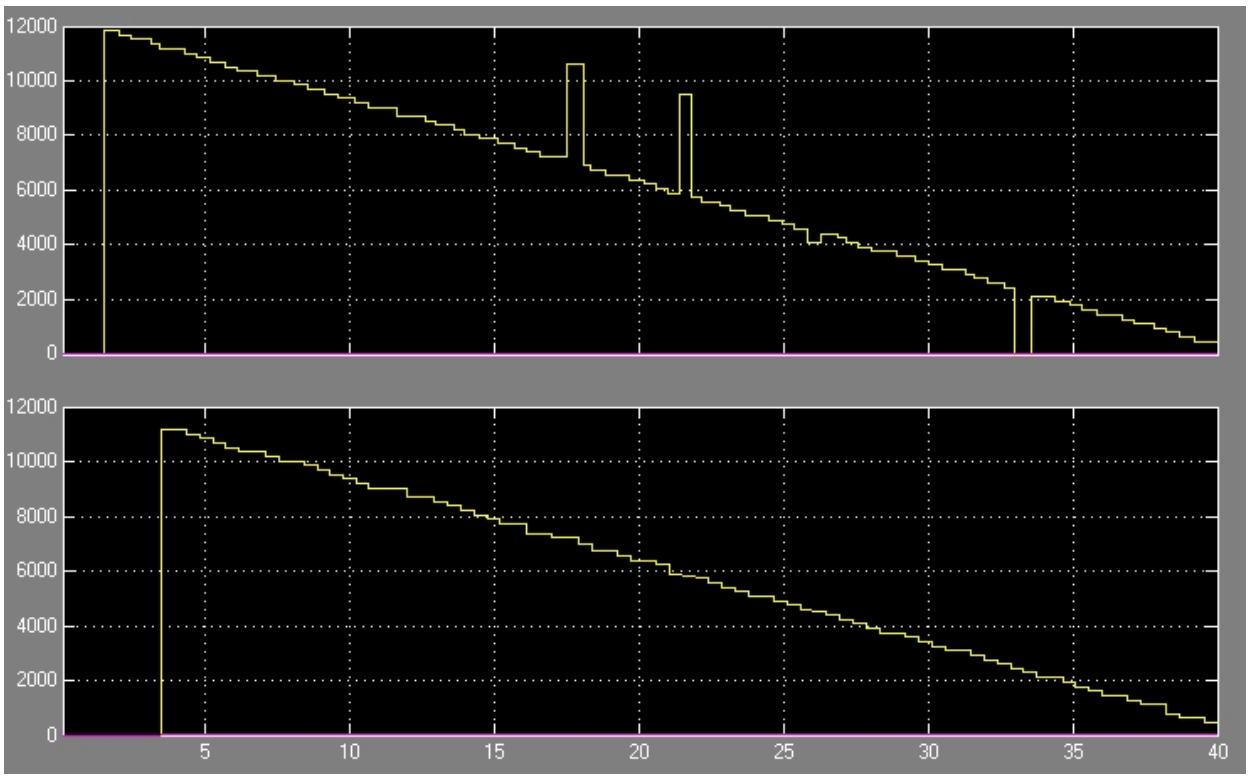


Рис. 5. Пример данных обработанных данных в подсистеме блока АПИК

Моделирование дискретной работы, несинхронности поступления данных обеспечивается при помощи пакета SimEvents, входящего в Matlab Simulink. На рис. 6 представлен пример реализации дискретной работы ЛД. Дискретность обусловлена импульсной основой работы блоков SimEvents. Данные привязываются к импульсам, таким образом, производится дискретизация непрерывного процесса с заданным значением частоты, которым можно управлять, и для возможности работы с этими данными они отвязываются от импульсов и поступают на выход дискретизатора. Данный пакет предоставляет возможность реализовать одновременно регулируемую задержку и неравномерную работу приборов измерения и каналов связи. На рис. 7 представлен пример данных, поступающих с ЛД, в условиях сближения РЛС с целью.

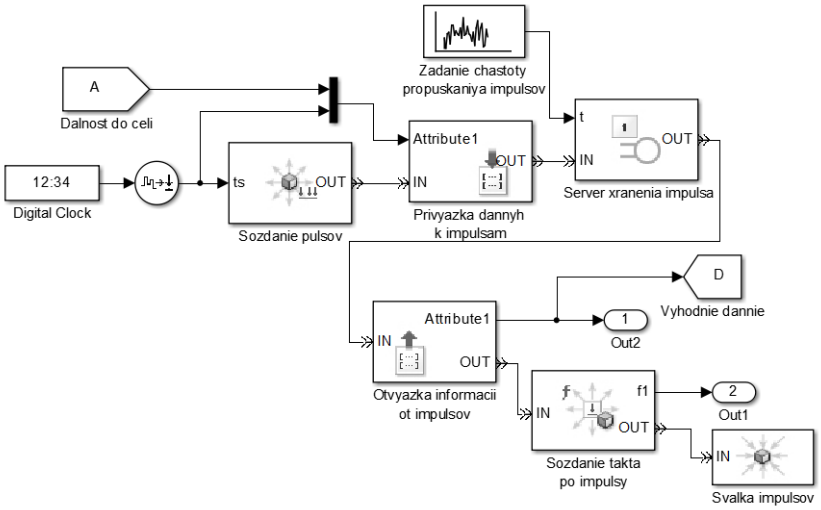


Рис. 6. Реализация дискретизатора в пакете SimEvents

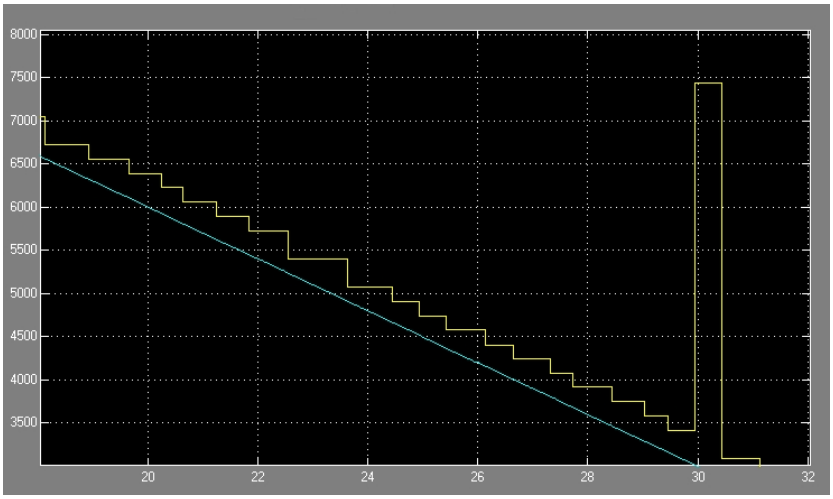


Рис. 7. Пример информации поступающей с ЛД

Более подробное описание работы дискретизатора представлено ниже.

Тактовая работа обеспечивается привязыванием данных к импульсам с помощью блока Set Attribute (на рис. 6 оно имеет название Sozdanie impulsov), которые создаются в блоке Event-Based Entity Generator (Sozdanie pulsov). У блока Set Attribute имеются два входа, на который поступают импульсы и непрерывные данные, привязываемые к этим импульсам. У него имеется возможность изменить количество атрибутов, т.е. он может привязать несколько данных к одному импульсу. Блок Event-Based Entity Generator способен производить импульсы по одному из 4 условий: одновременно с приходом данных на вход ts, триггером через порт tr (условием срабатывания может являться фронт, спад, либо оба условия), изменением сигнала на порте vc (аналогично по фронту, спаду,

либо обоим) или же сигналом function – call на порте fcn. В данном случае выбран 1-ый вариант, а на вход поступает сигнал с цифровых часов Digital Clock. Основной частью данной схемы является блок хранения импульсов Single Server (Server xranenia impulsa), работающий по принципу буфера, хранящий лишь один импульс. Имеются еще две вариации сервера: буфер на N импульсов, либо буфер бесконечной емкости. Последние два работают по схеме FIFO. Выход открывается по одному из трех условий: в момент поступления импульсов на вход t, с помощью диалога или же по спецификации атрибута (а точнее импульса с данными). с блока Event-Based Random Number (Zadanie chasoty propuskaniya impulsov). Он производит случайное число по выбранному закону распределения, с помощью которого можно задавать частоту множеством различных способов. В том числе и плавающая частота или же увеличивающаяся со временем (или ниспадающая) и т.д. Далее происходит отделение данных от импульсов в блоке Get Attribute (Otvyazka informacii ot impulsov), которые теперь дискретны по своей структуре. Блок Entity Departure Function Call Generator (Sozdanie impulsa po takty) производит сигнал типа function call, который может быть использован другими подсистемами. Сбор импульсов, которые более не нужны, происходит в стоке Entity Sink (Svalka impulsov).

Для оценки адекватности данных была реализована программа, осуществляющая многократный прогон системы при одинаковых параметрах и находящая среднее значение по каждой координате в декартовой СКО (математическое ожидание) и среднеквадратичное отклонение данных, получаемых пользователем. Мат. ожидания были также наложены на реальные данные (заданные в блоке имитации движения цели). На рис. 8-10 представлены результаты работы данной программы. Цель изначально находится в точке (12000; 100; 0) и движется со скоростями (-300; 0; 0) (т.е. встречный ракурс и промах 100 м).

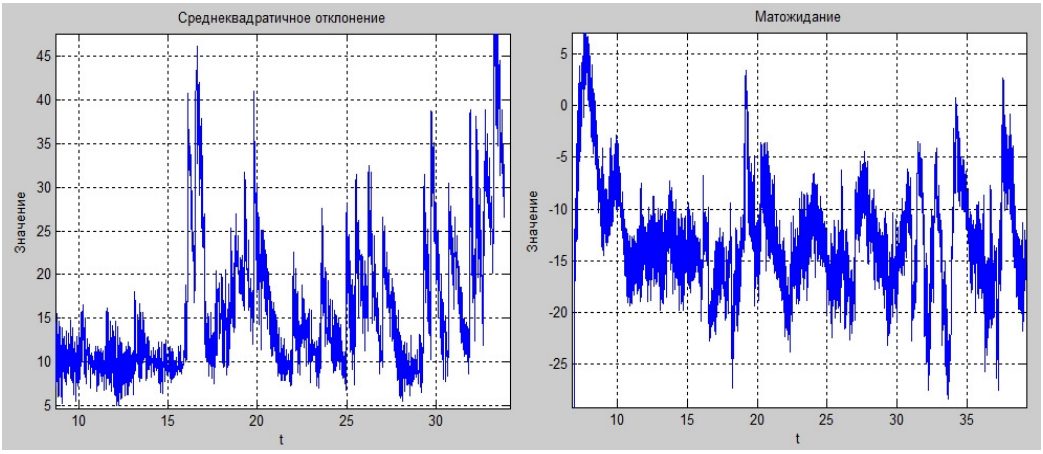


Рис. 8. СКО и МО ошибки разности между реальными данными и выданными оператору по координате X

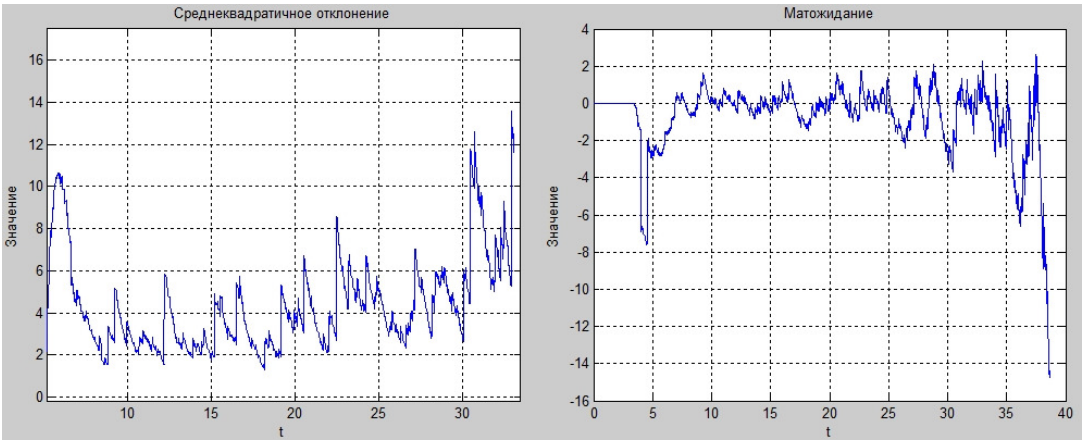


Рис. 9. СКО и МО ошибки разности между реальными данными и выданными оператору по координате Y

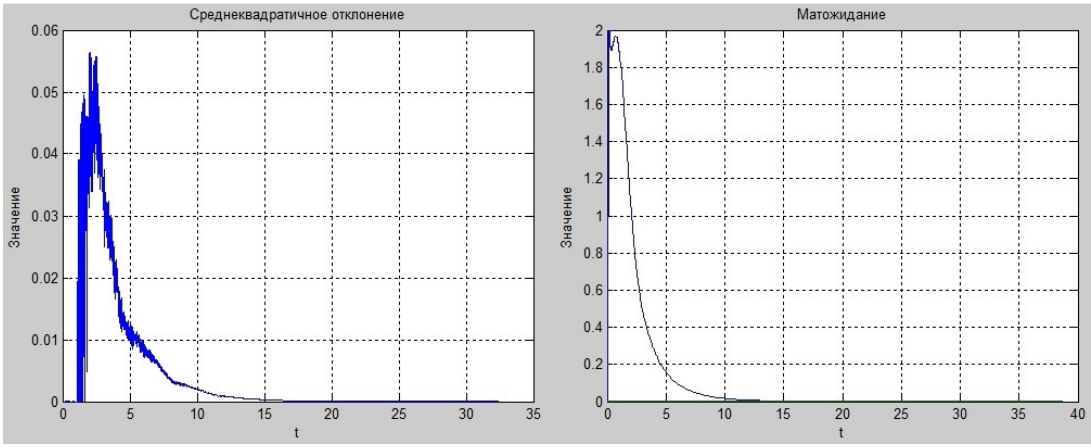


Рис. 10. СКО и МО ошибки разности между реальными данными и выданными оператору по координате Z

Данная модель удовлетворяет поставленной задаче – позволяет анализировать влияние задержек, пропаданию или несинхронности поступления данных на точность сопровождения цели. Помимо этого она также может служить основой для внедрения новых алгоритмов обработки данных, возможно даже полному перестроению системы, с целью улучшения качества выходных данных и увеличения точности. Так, например, ЛД может заменять ТК, в случае ее отказа, т.к. он имеет очень узкий телесный угол обзора, т.е. из наводки ЛД на цель можно получить информацию и об углах (в случае отказа ТК после захвата цели и начала сопровождения). Наоборот, ТК может заменить ЛД в случае промаха лучом по цели, т.к. в картинке, поступающей с ТК, заключена информация его касательной скорости, а также известны его предыдущие состояния.

В результате проведенной работы реализована имитационная модель оптико-электронной системы слежения за целями, отработана технология моделирования

особенностей ее поведения, связанных с дискретным и, в целом, несинхронным характером процесса обработки данных. Результаты моделирования подтверждают ее адекватность, что позволяет использовать данную модель для исследования, разработки и усовершенствования алгоритмов работы системы. Алгоритмы обработки данных, реализуемые в рамках данной модели, могут быть достаточно легко преобразованы в программный код для реального процессора обработки данных и управления, что является дополнительным положительным качеством данной модели.

Список литературы

1. Бар-Шалом Я., Ли Х.Р. Траекторная обработка. Принципы, способы и алгоритмы. В 2-х ч. Ч. 2.: пер. с англ. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 240 с. [Bar-Shalom Y., Li X.R. Estimation and Tracking: Principles, Techniques and Software. Deham, MA: Artech House, 1993. 485 p.].
2. Студер Ф., Фарина А. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 320с. [Farina A., Studer F.A. Radar Data Processing. Vol. 1: Introduction and Tracking. Research Studies Press. N.Y.: John Wiley & Sons, 1985. 348 p.].
3. Материалы по продуктам MATLAB & Toolboxes. Режим доступа: http://matlab.exponenta.ru/index.php (дата обращения 20.03.2014).