

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОНФЛИКТА СЛОЖНЫХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ: ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

М. В. Павловский*, Н. А. Тюкачев**

* Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

** Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 19.06.2015 г.

Аннотация. В статье проанализированы способы задания исходных данных, сформулированы и описаны в виде обобщенных таблиц, пригодных для программирования, система исходных данных для осуществления имитационного моделирования радиоэлектронного конфликта сложных эргатических систем. Приведены сведения о реализации отдельных таблиц в виде редактируемых баз данных.

Ключевые слова: радиоэлектронный конфликт, распределенная система связи и передачи данных, информационно-управляющая система, система вооружения радиоэлектронной борьбы, справочник, таблица, исходные данные, имитационная модель.

Annotation. The article analyzes the methods of defining the source data as defined and described in the summary tables, suitable for programming the system data source for the implementation of the simulation of electronic conflict complex ergatic systems. Provides information on the implementation of individual tables as editable databases.

Keywords: electronic conflict, distributed system communication and data transmission, information management system, weapon system electronic warfare, directory, table, raw data, simulation model.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема оценки функциональных зависимостей эффективности конфликтного взаимодействия двух сложных эргатических систем может быть решена несколькими способами [1–3]. Однако, при рассмотрении радиоэлектронного конфликта (РЭК) распределенной системы связи и передачи данных (РССПД) и системы вооружения радиоэлектронной борьбы (СВРЭБ), как было показано в [4] и доказано в [5], наиболее приемлемым и экономически обоснованным способом является способ имитационного моделирования. При этом, как показывает анализ теоремы Тьюринга [1, 6], для каждой модели существует порог сложности, задаваемый исходными данными и применяемыми программными средствами, выше которого любое описание

модели становится сложнее имитируемой системы. Поэтому, целью статьи является описание исходных данных (ИД) имитационной модели (ИМ) моделируемого РЭК сложных эргатических систем (РССПД и СВРЭБ), которые не позволяют скатиться к усложнению модели, станут стандартным и универсальным перечнем ИД для любых уровней сложных эргатических систем.

Основным блоком ИМ, в котором осуществляется ввод ИД, является блок ввода и (или) коррекции [4], содержанием которого является заполнение массивов (справочников и таблиц), поля, содержание и размерности которых должны быть оговорены перед началом всего процесса моделирования и отвечать основной целевой установке моделирования. Формирование массивов ИД имеет преимущество перед введением разрозненных данных объясняемое тем, что в этом случае все ИД сразу будут приведены к

сопоставимому виду, для них будут соблюдены единицы размерности, будет исключена возможность потери части ИД. Кроме того, работа с упорядоченными ИД позволит программисту сократить время, используемое для отладки программы ИМ.

Основной целевой направленностью ИМ РЭК РССПД и СВРЭБ является получение функциональных зависимостей эффективности СВРЭБ в зависимости от состава и реализованных тактико-технических характеристик (ТТХ), осуществляющей подавление РССПД по обобщенному показателю эффективности. При этом РССПД может иметь различные структуру и порядок информационного обмена. Это накладывает требования на порядок ввода ИД. Рассмотрим его.

СПРАВОЧНИКИ ИМ

Первоначально необходимо ввести справочники (глоссарии), которые позволяют однозначно понимать все вводимые ИД. Общим требованием к таковым справочникам является указание всех возможных состояний объектов модели. Первый справочник «Обобщенные диапазоны РССПД» является глоссарием, в котором все возможные диапазоны работы образцов в составе РССПД и СВРЭБ приведены во взаимно-однозначное соответствие. Учитывая международное деление частотных диапазонов, а также различие принципов организации связи в РССПД в зависимости от звеньев управления, для рассматриваемой ИМ предлагается следующий обобщенный перечень частотных диапазонов:

- 1) радиосвязь на высоких частотах в тактическом звене управления;
- 2) радиосвязь на высоких частотах в высших звеньях управления;
- 3) наземная радиосвязь в диапазоне очень высоких частот и ультравысоких частот;
- 4) авиационная радиосвязь в диапазоне очень высоких частот и ультравысоких частот;
- 5) передача данных в диапазоне ультравысоких частот;

6) спутниковая связь в диапазоне очень высоких и ультравысоких частот;

7) спутниковая связь в диапазоне сверхвысоких частот;

8) спутниковая связь в диапазоне крайне высоких частот;

9) радиорелейная и тропосферная связь в диапазоне очень высоких и ультравысоких частот;

10) радиорелейная и тропосферная связь в диапазоне сверхвысоких частот;

11) радиорелейная и тропосферная связь в диапазоне крайне высоких частот.

Аналогичное разделение может быть указано и для элементов СВРЭБ «**Обобщенные диапазоны СВРЭБ**». Обобщенное разделение частотных диапазонов, кроме использования международных наименований частот, имеет еще одно преимущество, ощущимое при анализе РЭК на уровне систем: данное разделение позволяет не учитывать особенности частотного назначения, что снижает размерность вычислений и устраниет анализ РЭК на физическом уровне. При этом данное разделение позволяет учесть особенности распространения радиоволн в указанных диапазонах и звеньях управления.

Вторым справочником ИМ является глоссарий с указанием видов сигналов, учитываемых в указанных обобщенных диапазонах. Данный справочник «**Виды связи**» позволяет для каждого диапазона работы выбрать наиболее часто используемые виды сигналов, что в предположении назначения оптимальных видов помеховых воздействий позволяет определять значения коэффициентов подавления по соответствующей таблице. В справочнике «**Виды связи**» должны рассматриваться сигналы: 1) телефония и телеграфия с амплитудной модуляцией; 2) телефония и телеграфия с частотной модуляцией; 3) телефония и телеграфия с фазовой модуляцией; 4) передача данных; 5) телефония и телеграфия с относительной фазовой модуляцией; 6) адаптивная перестройка рабочей частоты; 7) быстрая программная перестройка рабочей частоты (ППРЧ); 8) средняя ППРЧ; 9) медленная ППРЧ.

Наиболее важным справочником, регулирующим адекватное формирование дуэльных пар, является глоссарий, в котором указываются наименование элементов в составе РССПД и СВРЭБ **«Названия»**. Особенностью данного глоссария является перечисление всех возможных наименований радиоэлектронных средств (РЭС) в составе РССПД (например, AN/GRC-, AN/PRC-, SINKGARS или JTRS) и в составе СВРЭБ (например, Р-, РП- или Акведук). Кроме того, данный справочник позволит при формировании радиосетей и радионаправлений в составе РССПД осуществлять выбор связанных между собой органов управления (ОУ) в составе РССПД по ранее введенным справочникам **«Название»** и **«Обобщенные диапазоны РССПД»**.

Для розыгрыша структуры РССПД необходимо заполнение справочников **«Рода войск»**, **«Типы организационно-штатных структур»** и **«Наименования ОУ»**. Данные справочники позволяют указать возможные роды войск, имеющие в составе РССПД свои ОУ (например, мотопехотные, танковые, артиллерийские, авиационные, зенитно-ракетные и другие соединения и части), типы организационно-штатных структур, учитываемых в составе РССПД (например, отделения, взвода, батареи, роты, дивизионы, батальоны, полки, бригады и дивизии), а также типы ОУ, подлежащих имитации в составе РССПД (например, основные и передовые командные пункты, тыловые пункты управления, командно-наблюдательные пункты и другие типы ОУ).

Для розыгрыша структуры СВРЭБ указываются подобные справочники:

«Виды СВРЭБ» (наземные, авиационные, смешанные, носимые, артиллерийские);

«Входимость СВРЭБ» (указывающие подчиненность и наименование СВРЭБ, например, отдельная рота РЭБ бригадного подчинения);

«Наименование элементов СВРЭБ».

При этом в справочнике **«Наименование элементов СВРЭБ»** указываются обобщенные наименования элементов, например, **«автоматизированная станция помех»**, или **«малогабаритный передатчик помех»**, или

«автоматизированный пункт управления», или другое обобщенное наименование образца техники РЭБ.

Таким образом, вводится десять справочников, которые при заполнении таблиц ИД позволяют пользоваться стандартными описаниями из указанных глоссариев. Общим свойством введенных справочников является отсутствие привязки свойств, указанных в справочниках, к конкретным объектам. Это позволяет использовать одни и те же описания для различных объектов, что существенно сэкономит задействованный ресурс памяти и временной ресурс программиста.

ТАБЛИЦЫ ИМ

После введения справочников осуществляется введение таблиц ИД. Основной таблицей ИД является таблица **«Общие свойства модели»**, которая определяет общесистемные характеристики ИМ. Данная таблица должна задавать:

1) **интервал моделирования**, измеряемый во временных единицах, равный длительности моделируемого эпизода военных действий;

2) **шаг моделирования**, который должен соответствовать минимальному времени изменения характеристик РЭК и измеряться в миллисекундах;

3) **интервалы цикла подавления**, которые должны включать

- интервал доразведки** (постоянная величина, определяемая видом комплекса РЭБ);

- интервал подавления** (переменная величина в пределах от минимального до максимального значения, изменяемого с **шагом подавления**, который не может быть меньше **шага моделирования**);

4) **скорость передачи информации** в каналах РССПД, которая должна задаваться в кбит/с, что позволит рассчитывать длительность передач в каналах РССПД.

Следующей таблицей, которая позволяет регламентировать порядок обмена информацией между абонентами РССПД, является таблица задания **«Категорий»** передаваемых сообщений и требований, предъявляемых к

указанным категориям. При этом в таблице «**Категорий**» задаются:

1) наименование категории, определяющую приоритетность сообщения в РССПД;

2) минимальную и максимальную длительность сообщения, указанной категории, измеряемую в секундах;

3) время оперативной ценности сообщения указанной категории, которой определяется максимальное время жизни сообщения в РССПД, после которого сообщение считается устаревшим и подлежащим автоматическому сбросу;

4) допустимый уровень потерь информационного сообщения, определяющий возможность «прочтения» сообщения при подавлении его части;

5) перечень обобщенных диапазонов, по которым может передаваться описываемая категория сообщения, который должен соответствовать справочнику «**Обобщенные диапазоны РССПД**», при этом должны быть предусмотрены выбор отдельных диапазонов и их совокупности.

Таблица «**Коэффициенты подавления**» задает для всех видов связи из соответствующего справочника минимальное значение отношения мощности помех на входе приемника к мощности сигнала на входе того же приемника, при котором РЭС не может выполнить свою задачу. Особенностью данной таблицы является указание коэффициентов подавления для различного числа каналов подавления соответствующего РЭС образцом из состава СВРЭБ.

Таблица «**Шаблоны средств связи**» завершает перечень исходных данных, не являющихся самостоятельными объектами, которые не должны иметь свои идентификационные номера (ID). Эта таблица позволяет задавать для объектов, учитываемых в модели, перечень РЭС, осуществляющих информационный обмен по каналам РССПД. При этом образцы из состава СВРЭБ должны рассматриваться также в качестве не самостоятельных объектов, а лишь в качестве образцов, создающих не полезную, а мешающую загрузку каналов РССПД. В данной таблице для РЭС указываются их ТТХ:

1) **название РЭС**, выбираемое из одноименного справочника;

2) **конкретизацию РЭС**, задаваемую в виде цифр и букв, позволяющую различать РЭС по их модернизациям и модификациям;

3) **вид связи**, задаваемый по одноименному справочнику;

4) **число каналов связи**, реализуемых данным РЭС без потери качества обслуживания, но влияющее на уровень мощности в одном канале;

5) **обобщенный диапазон**, выбираемый из одноименного справочника, причем у каждого РЭС может быть несколько (до трех) различных диапазонов;

6) **выходная мощность РЭС** для каждого числа используемых каналов связи (определяется ранее введенной ТТХ), указываемая в ваттах;

7) **коэффициент усиления антенны**, указываемый в разах, позволяющий вычислить энергопотенциал РЭС как произведение выходной мощности на этот коэффициент;

8) **высота поднятия антенны** над уровнем Земли, указываемая в метрах, определяющая дальность прямой связи без использования ретрансляторов по известной формуле в предположении знания высоты поднятия антенны абонента;

9) **чувствительность РЭС**, указываемая в микровольтах, позволяющая определить возможность установления связи между двумя абонентами, разнесенными на определенное расстояние при условии заданного энергопотенциала передающего РЭС;

10) **способность движения**, задаваемая в виде числа, причем если вводится число «0», то РЭС считается неподвижным, а если вводится число «1», то считается, что РЭС может работать в движении и для него задается функция движения в полярных координатах относительно центральной точки позиционного района и высота полета, что осуществляется после заполнения таблицы «**Органы управления противника**»;

11) **градации возможного уменьшения** выходной мощности РЭС, число которых не может превышать четырех.

Таким образом, завершается ввод ИД в виде справочников и таблиц, не имеющих самостоятельного значения в ИМ, что существенно облегчает анализ хода и исхода РЭК «РССПД в составе ИУС – СВРЭБ» вследствие существенного сокращения специфических правил рассмотрения РЭК на физическом уровне взаимодействия.

ТАБЛИЦЫ ОБЪЕКТОВ ИМ

Следующим шагом моделирования рассматриваемого РЭК является описание ОУ в составе РССПД и ИУС и позиционных районов в составе СВРЭБ. Для этого в ИМ представлены таблицы «Органы управления противника» и «Позиционные районы СВРЭБ», соответственно. При этом таблица «Органы управления противника» содержит:

1) **тип ОУ**, выбираемое из справочников «Наименования пунктов управления» и «Типы организационно-штатных структур», который в последующем, после розыгрыша структуры РССПД, позволит указать радиосети в составе РССПД;

2) **вид соединения**, выбираемое из справочника «Рода войск», который в последующем позволит указать направления руководства в составе РССПД;

3) **сокращенное название ОУ**, например, «РЭС первого бойца 1-2-3-4-5-6-7-8» (что соответствует наименованию РЭС первого бойца первого отделения второго взвода третьей роты четвертого батальона пятой бригады шестой дивизии седьмого корпуса восьмой армии) или «ОУ первой 152-СГ 1-2-3-4» (что соответствует наименованию первой 152-миллиметровой самоходной гаубицы первой батареи второго дивизиона третьего батальона четвертого артиллерийского полка). При этом автоматически данному объекту присваивается его идентификационный номер (ID), что в дальнейшем позволяет ЭВМ общаться только с указанным номером;

4) **минимальный радиус** на местности, в пределах которого не может быть других ОУ любых типов и рода войск, измеряемый в метрах;

5) **условное обозначение ОУ** на картографической основе, которое может быть введено в ИМ в виде возможных условных (графических) обозначений. При этом цвет обозначения, размер и условное начертание должны соответствовать общепринятым правилам;

6) **удаление ОУ от линии боевого соприкосновения**, указываемое в метрах;

7) **дальность перемещения ОУ**, указываемое в метрах, и показывающее на какое расстояние осуществляется перемещение ОУ;

8) **интенсивность перемещения ОУ**, указываемое как отношение количества перемещений к ранее введенному значению **длительности моделирования**. Данная характеристика в последующем позволит определять время, через которое автоматически ОУ считается перемещенным на величину **дальности перемещения**;

9) **наименование РЭС** на ОУ, которое выбирается из таблицы «Шаблоны средств связи»;

10) **количество РЭС** каждого наименования на ОУ, измеряемое в штуках;

11) **количество категорий** сообщений, которое может быть сгенерировано на данном ОУ, измеряемое в штуках;

12) **наименование категорий**, передаваемых с ОУ, которое выбирается из таблицы «Категорий», а их количество определяется ранее введенной характеристикой;

13) для каждой категории на ОУ указывается **максимальная длительность сообщения**, формируемая на данном ОУ, которая не должна выходить за рамки соответствующих ТТХ в таблице «Категорий»;

14) для каждой категории на ОУ указывается его **интенсивность генерирования** на длительности интервала моделирования, раз в единицу времени;

15) для каждого ОУ указывается **ширина** и **глубина** его подчиненного ОШС, указываемая в метрах. При этом для некоторых ОУ ОШС и, соответственно, их параметры ширины и глубины могут совпадать, но ОУ будут иметь различный «ID». Примером таких ОУ могут стать «основной командный пункт»,

«передовой командный пункт» и «тыловой пункт управления» одной и той же структуры;

16) для каждого ОУ разыгрывается координаты «X» и «Y», что осуществляется только во время ввода структуры РССПД в составе ИУС противника, одновременно с этим для каждого конкретного ОУ автоматически определяется (назначается очередной) идентификационный номер «ID»;

17) **максимальное время развертывания**, выражаемое в минутах.

Первое из сформированных описаний ОУ должно стать эталонным описанием ОУ, которое по трем первым характеристикам будет предлагать оператору ИМ характеристики вводимого ОУ, с которыми он может согласиться или изменить. Исключение будет составлять только идентификационный номер «ID», который будет уникальным у каждого объекта.

Таблица «Позиционные районы СВРЭБ», рассматриваемая с позиций ведения радиоэлектронной борьбы, представляет собой описание позиционных районов, в которых сосредоточены образцы техники РЭБ из состава СВРЭБ. При этом данная таблица подразделяется на подразделы, количество которых задается характеристикой **количество позиционных районов**. По количеству позиционных районов, для каждого из которых автоматически присваивается свой уникальный идентификационный номер «ID», осуществляется ввод ТТХ:

1) **сокращенное наименование позиционного района**, например «ПЗ №1» или «ПЗ ВЩ АСП», что соответствует рассмотрению «позиционного района первого взвода» или «позиционного района ведущих АСП»;

2) **удаление переднего края позиционного района** от линии боевого соприкосновения, выраженное в метрах и отсчитываемое от середины района;

3) **размах позиционного района по фронту**, также измеряемое в метрах;

4) **минимальное расстояние по фронту**, ближе которого не может быть других позиционных районов;

5) **количество АСП** в позиционном районе;

6) **наименование АСП** в позиционном районе по количеству, введенному в предыдущем шаге. При этом каждой АСП в позиционном районе автоматически присваивается свой уникальный идентификационный номер «ID», с помощью которого в ИМ происходит обращение ко всем формируемым таблицам;

7) координаты «X» и «Y» местонахождения каждого образца, которые, в отличие от ОУ не разыгрываются, а указываются на картографической основе ИМ.

Координаты каждого образца вводятся в таблицу «Позиционные районы СВРЭБ» обязательно во время указания структуры СВРЭБ, одновременно с этим для каждого конкретного образца автоматически определяется (назначается очередной) идентификационный номер «ID».

Исходную информацию для формирования справочников и таблиц можно почерпнуть из [7, 8]. При этом необходимо учитывать, что данные в материалах [7, 8] соответствуют идеальным условиям, что позволяет ожидать при рассмотрении реального РЭК «РССПД в составе ИУС – СВРЭБ» более высоких характеристик эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, цель статьи достигнута, сформированы стандартные описания исходных данных в виде справочников и таблиц, которые построены по универсальному принципу и могут быть применены при анализе РЭК с любыми оперативно-тактическими исходными данными. Особенностью сформированной системы ИД (справочников и таблиц) является их разделение на самостоятельные объекты и перечни, позволяющие раскрыть ТТХ самостоятельных объектов. В настоящее время по сформированному описанию получены первые результаты, которые позволяют задавать структуры сложных эргатических систем любого уровня сложности и подчинения. Научная новизна статьи заключается в разработке информационной технологии ввода перечня безусловно вводимых ИД [4], позволяющего осуществить в

далнейшем розыгрыш структур конфликтующих сторон любого уровня сложности с помощью модуля корректирующего ввода [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дружинин В. В. Основы военной системотехники / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов. – М. : МО СССР, войска ПВО, 1983. – 415 с.

2. Кузнецов В. И. «Радиосвязь в условиях радиоэлектронной борьбы» / В. И. Кузнецов. – Воронеж : ВНИИС, 2002. – 403 с.

3. Месарович М. «Теория иерархических многоуровневых систем» / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. Перевод с английского. – М. : «Мир», 1973. – 333 с.

4. Павловский М. В. Имитационное моделирование радиоэлектронного конфликта сложных эргатических систем: структура модели / М. В. Павловский. Материалы XV Международной научно-методической конферен-

ции «Информатика: проблемы, методология, технологии» 12-13 февраля 2015 года. – Т. 1. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. – С. 369 – 373.

5. Иващенко А. В. Основы моделирования сложных систем на ЭВМ. / А. В. Иващенко, Р. П. Сыпченко. – Л : ЛВВИУС им. Ленсовета, 1988. – 271 с.

6. Голубков Е. П. Использование системного анализа в принятии плановых решений / Е. П. Голубков. – М. : «Экономика», 1982. – 137 с.

7. Тарабрин В. К. Справочное пособие по вооруженным силам иностранных государств (по материалам открытой печати) / В. К. Тарабрин. – Тамбов : 1084 Межвидовой учебный центр по подготовке младших специалистов и частей РЭБ, 2004. – 330 с.

8. Учебник сержанта воинских частей радиоэлектронной борьбы. – М. : Военное издательство, 2008. – 448 с.

Павловский Максим Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры Бое-вого применения средств радиоэлектронной борьбы (с наземными системами управле-ния) Военного учебно-научного центра Воен-но-воздушных сил «Военно-воздушная ака-демия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж).

Тел.: 8-915-548-32-39

E-mail: pmv-160570@yandex.ru

Тюкачев Николай Аркадиевич – кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой программирования и информационных технологий факультета компьютерных наук ВГУ.

Тел.: 8-903-854-78-97

E-mail: nik.tuykchev@gmail.ru

Pavlovsky Maxim Viktorovich – Candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of Combat use of electronic warfare (with ground control systems) Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin» (Voronezh).

Tel.: 8-915-548-32-39

E-mail: pmv-160570@yandex.ru

Tkachev Nikolay A. – Candidate of Phys.-MD, Head of Programming and information technology Chair in computer science Department in Voronezh state University.

Tel.: 8-903-854-78-97

E-mail: nik.tuykchev@gmail.ru