



УДК 004.94:355.42  
ГРНТИ 37.21.77

## РАЗРАБОТКА ЕДИНОЙ БАЗЫ РЕАЛЬНЫХ ПОЛЕТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛОЖНОЙ ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКИ

*А.М. ШАПКАРИН*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

*Р.Р. ШАТОВКИН, доктор технических наук*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

*Д.В. МИТРОФАНОВ, кандидат педагогических наук*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В данной статье разработана единая база реальных полетных данных (в части модели представления данных и алгоритма управления базой данных) в интересах аналитико-имитационного моделирования ложной воздушной обстановки при создании имитационных помех радиолокационной станции самолета дальнего радиолокационного обнаружения и управления. Модель представления данных разработана на основе результатов натурного летного эксперимента и позволяет при минимально необходимом наборе исходных данных (значений параметров реальных полетов истребителя Су-27 при выполнении им типовых маневров) сформировать полетные данные летательных аппаратов различных типов и родов авиации, беспилотных летательных аппаратов путем пересчета исходных данных с использованием выведенных в результате проведенного исследования летно-технических характеристик рассматриваемых летательных аппаратов коэффициентов пересчета.

*Ключевые слова:* единая база реальных полетных данных, модель представления данных, алгоритм управления базой данных, летательный аппарат, ложная воздушная обстановка.

## DEVELOPMENT OF A REAL FLIGHT DATA UNIFIED DATABASE FOR MODELING A FALSE AIR ENVIRONMENT

*A.M. SHAPKARIN*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

*R.R. SHATOVKIN, Doctor of Technical sciences*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

*D.V. MITROFANOV, Candidate of Pedagogical sciences*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

In this article, a real flight data unified database (in terms of a data representation model and a database management algorithm) has been developed in the interests of analytical and simulation modeling of false air environment when creating simulated interference of the long-range radar detection and control aircraft radar station. The data representation model is developed based on the results of a full-scale flight experiment and allows for the minimum necessary set of initial data (the Su-27 fighter real flights parameters values when performing typical maneuvers) to form flight data of aviation various types and types aircraft, unmanned aerial vehicles by recalculating the initial data using the conversion coefficients derived from the study of the aircraft flight characteristics in question.

*Keywords:* real flight data unified database, data representation model, database management algorithm, aircraft, false air environment.



**Введение.** Известно, что местоположение носителя радиолокационной станции (РЛС) самолета дальнего радиолокационного обнаружения и управления (ДРЛОУ) необходимо определять для координатной привязки ложной воздушной обстановки, формируемой с использованием имитационных помех [1]. Моделирование ложной воздушной обстановки в интересах создания имитационных помех РЛС самолета ДРЛОУ подразумевает формирование ложных траекторий летательных аппаратов (ЛА) в пределах зоны обнаружения РЛС самолета ДРЛОУ. Для формирования траекторий ЛА необходимы соответствующие данные – параметры полета ЛА. Проведенные исследования показали, что наилучшим решением для моделирования траектории полета ЛА является использование реальных полетных данных, представленных в соответствующей базе данных (БД) [2, 3].

Под единой базой реальных полетных данных будем понимать совокупность связанных уравнениями пространственного движения полетных данных ЛА одного рода авиации при выполнении им реального полета, и являющихся информацией для получения полетных данных ЛА других родов авиации и беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Организация единой базы реальных полетных данных, в свою очередь, требует разработки соответствующей модели представления данных и алгоритма управления БД.

*Цель работы* – разработать единую базу реальных полетных данных (в части модели представления данных и алгоритма управления БД) для моделирования ложной воздушной обстановки при создании имитационных помех РЛС самолета ДРЛОУ.

**Актуальность. Разработка модели представления данных в единой базе реальных полетных данных.** В интересах формирования единой базы реальных полетных данных были рассмотрены типовые тактические приемы ЛА различных родов авиации Военно-воздушных сил (ВВС) РФ и подразделений беспилотной авиации Сухопутных войск (СВ). Интерес для исследования представляли типовые тактические приемы ЛА следующих родов авиации ВВС в составе Воздушно-космических сил (ВКС) Российской Федерации: оперативно-тактической авиации (ОТА), разведывательной авиации (РА), штурмовой авиации (ША), фронтовой бомбардировочной авиации (ФБА), истребительной авиации (ИА), военно-транспортной авиации (ВТА), дальней авиации (ДА), армейской авиации (АА).

Проведенное исследование показало, что траектории движения ЛА при выполнении любого тактического приема состоят из типовых маневров – фигур пилотажа и участков прямолинейного полета (без набора или с набором высоты, со снижением, с ускорением или без ускорения) [3].

В таблице 1 приведены результаты исследования траекторий движения ЛА различных родов авиации ВВС и подразделений беспилотной авиации СВ Российской Федерации в тактических приемах на предмет наличия того или иного типового маневра в их составе [3–6].

Анализ таблицы 1 позволяет сделать вывод о том, что:

маневры в горизонтальной плоскости «Виращ» и «Разворот» выполняются всеми ЛА в ходе тактических приемов. Отличие в выполнении заключается во временных и пространственных параметрах (самолетам ДА и ВТА требуется больше пространства и времени, чем истребителям для выполнения «Вираща» из-за различий в летно-технических характеристиках (ЛТХ) и решаемых задачах);

маневры вертикальной плоскости «Горка» и «Пикирование» выполняются самолетами РА, ША, ФБА, ИА, вертолетами АА и БЛА, «Петля» – самолетами ИА, а «Переворот» – самолетами ША, ФБА, ИА. Временные и пространственные параметры для выполнения этих маневров, а также параметры движения ЛА в каждом случае сходны в силу решения идентичных задач;

пространственный маневр «Боевой разворот» выполняется самолетами РА, ША, ФБА, ИА и вертолетами АА, «Полупереворот» – самолетами ИА и вертолетами АА, «Спираль» – всеми ЛА, а «Косая петля» – самолетами ИА. Существенное отличие в выполнении «Спирали» заключается во временных и пространственных параметрах для самолетов ДА и ВТА по сравнению с ЛА других родов авиации и БЛА.



Таблица 1 – Виды типовых маневров, выполняемых ЛА различных родов авиации ВВС и подразделений беспилотной авиации СВ Российской Федерации в тактических приемах

Вид полета		РА	ША	ФБА	ИА	ВТА	ДА	АА	БЛА
Прямолинейный полет (без набора или с набором высоты, со снижением)		+	+	+	+	+	+	+	+
Маневрирование в горизонтальной плоскости	«Виращ»	+	+	+	+	+	+	+	+
	«Разворот»	+	+	+	+	+	+	+	+
Маневрирование в вертикальной плоскости	«Горка»	+	+	+	+	-	-	+	+
	«Пикирование»	+	+	+	+	-	-	+	+
	«Петля»	-	-	-	+	-	-	-	-
	«Переворот»	-	+	+	+	-	-	-	-
Пространственное маневрирование	«Боевой разворот»	+	+	+	+	+	-	+	-
	«Косая петля»	-	-	-	+	-	-	-	-
	«Полупереворот»	-	+	-	+	-	-	+	-
	«Спираль»	+	+	+	+	+	+	+	+

Таким образом, только самолеты ИА способны выполнять все виды типовых маневров, что обуславливает использование траекторий и параметров движения истребителей для моделирования боевых полетов и тактических приемов, в целом, как самолетов ИА, так и ЛА других родов авиации ВВС и подразделений беспилотной авиации СВ. Типовые маневры, выполняемые истребителями, обозначим как исходные для моделирования маневров ЛА других родов авиации и БЛА, а их полетные параметры – исходными параметрами для моделирования ложной воздушной обстановки в части моделирования траекторий движения ЛА.

Исходные полетные данные истребителей были получены при проведении натурного летного эксперимента.

Целью эксперимента являлось измерение значений параметров полета истребителя, исследование их пригодности в качестве исходных данных при формировании единой базы реальных полетных данных в интересах аналитико-имитационного моделирования ложной воздушной обстановки при создании имитационных помех РЛС самолета ДРЛОУ.

В ходе натурного летного эксперимента выделялись следующие этапы:

проведение исследовательских полетов истребителя Су-27, маневрирующего в горизонтальной плоскости, вертикальной плоскости и пространстве;

регистрация на борту ЛА параметров полета, характеризующих его динамические свойства, при выполнении маневров в горизонтальной плоскости, вертикальной плоскости и пространстве;

первичная автоматизированная обработка регистрируемых параметров с целью получения массивов данных;

исследование результатов эксперимента на пригодность в качестве исходных данных при формировании единой базы реальных полетных данных в интересах аналитико-имитационного моделирования ложной воздушной обстановки при создании имитационных помех РЛС самолета ДРЛОУ.

Полученные результаты эксперимента позволяют сделать вывод, что значения параметров движения истребителя Су-27 регистрируются с точностью, достаточной для восстановления траектории его движения. Это обуславливает использование полученных данных в качестве исходных при формировании единой базы реальных полетных данных в интересах моделирования ложной воздушной обстановки при создании имитационных помех РЛС самолета ДРЛОУ.



Исходные данные для маневров можно представить реляционной моделью из нескольких таблиц, включающих зафиксированные с определенным интервалом времени  $T$  значения параметров полета истребителя Су-27 при выполнении им основных типовых маневров.

Проведенные исследования показали, что вычисление параметров полета ЛА других типов и родов авиации, а также БЛА возможно путем введения соответствующих коэффициентов пересчета для исходных данных – параметров полета истребителя Су-27:  $n_y(kT)$  – нормальной перегрузки,  $n_x(kT)$  – продольной перегрузки,  $n_z(kT)$  – боковой перегрузки,  $\gamma(kT)$  – угла крена,  $\vartheta(kT)$  – угла тангажа,  $\psi(kT)$  – угла рыскания,  $\alpha(kT)$  – угла атаки,  $\beta(kT)$  – угла скольжения,  $V(kT)$  – скорости и  $H(kT)$  – высоты, зафиксированных с определенным интервалом времени  $T$ .

Для получения коэффициентов пересчета полетных данных ЛА различных типов и родов авиации, а также БЛА был проведен анализ их ЛТХ.

На основе сравнения максимально допустимых значений параметров полета истребителя Су-27 со значениями параметров полета других типов ЛА были получены соответствующие коэффициенты пересчета (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициенты пересчета полетных данных ЛА различных типов и родов авиации, БЛА

Тип ЛА	$K_{ny}$	$K_{nx}$	$K_{nz}$	$K_{\vartheta}$	$K_{\psi}$	$K_{\gamma}$	$K_{\alpha}$	$K_{\beta}$	$K_V$	$K_H$
ИА										
Су-27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
МиГ-29М	1	1,056	1	1	1	1	1	1	0,6	0,973
МиГ-31БМ	0,556	1,333	1	1	1	1	0,625	0,818	1,2	1,162
Су-35С	1	1,111	1,5	1	1	1	7,5	1,636	1,44	1
Су-30СМ	1	1,111	1,5	1	1	1	7,5	1,636	0,84	1
РА										
Су-24МР	0,722	0,778	1	1	1	1	0,708	0,818	0,572	0,6
Ан-30	0,267	0,5	0,25	0,167	1	0,278	0,458	0,49	0,216	0,432
ША										
Су-25СМЗ	0,722	0,667	1	1	1	1	0,916	0,945	0,4	0,378
ФБА										
Су-24М2	0,667	0,778	1	1	1	1	0,708	0,818	0,6	0,595
Су-34	0,778	0,833	0,9	1	1	1	1	0,909	0,76	0,778
ДА										
Ту-22МЗ	0,222	0,611	0,6	0,278	1	0,278	0,5	0,636	0,92	0,757
Ту-95МС	0,222	0,444	0,3	0,138	1	0,194	0,458	0,4	0,252	0,649
Ту-160	0,278	0,556	0,5	0,111	1	0,278	0,404	0,636	0,88	0,865
ВТА										
Ан-26	0,267	0,5	0,25	0,167	1	0,278	0,458	0,49	0,216	0,395
Ан-124-100	0,167	0,222	0,2	0,111	1	0,194	0,5	0,364	0,346	0,654
Ил-76МД-М	0,222	0,333	0,275	0,111	1	0,25	0,5	0,436	0,34	0,649
АА										
Ми-8 МТВ5	0,389	0,333	0,15	0,111	1	0,25	0,25	0,818	0,1	0,324
Ми-24В	0,333	0,389	0,2	0,138	1	0,278	0,25	0,818	0,13	0,243
Ми-28Н	0,333	0,444	0,25	0,278	1	0,389	0,375	0,909	0,12	0,303
Ка-52	0,389	0,444	0,25	0,333	1	0,333	0,333	0,909	0,12	0,297
БЛА										
Орлан-10	0,167	0,444	0,075	0,222	1	0,333	0,75	0,545	0,06	0,324
Форпост	0,222	0,778	0,1	0,194	1	1	0,625	0,636	0,08	0,378
Мерлин-21Б	0,144	0,556	0,075	0,167	1	0,333	0,5	0,545	0,048	0,276





На рисунке 1 представлена иллюстрация разработанной по результатам проведенных исследований модели представления данных в единой базе реальных полетных данных.

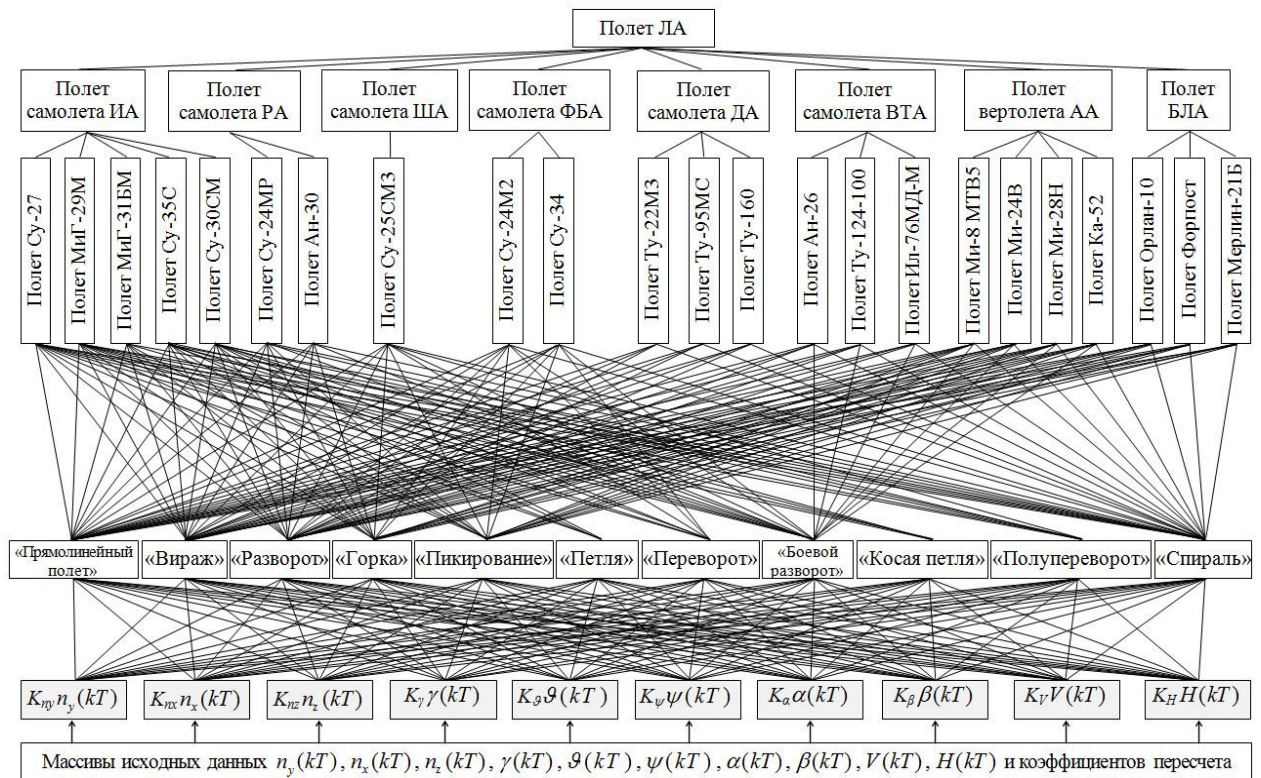


Рисунок 1 – Модель представления данных в единой базе реальных полетных данных

В таблице 3 обозначены виды типовых маневров, выполняемых конкретными рассматриваемыми типами ЛА различных родов авиации ВВС и подразделений беспилотной авиации СВ Российской Федерации.

Таблица 3 – Виды типовых маневров, выполняемых конкретными типами ЛА различных родов авиации ВВС и подразделений беспилотной авиации СВ Российской Федерации

Тип ЛА	«Прямой полет»	«Выраж»	«Разворот»	«Горка»	«Пикирование»	«Петля»	«Переворот»	«Боевой разворот»	«Косая петля»	«Полупереворот»	«Спираль»
ИА											
Су-27	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
МиГ-29М	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
МиГ-31БМ	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+
Су-35С	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Су-30СМ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
РА											
Су-24МР	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+
Ан-30	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+
ША											
Су-25СМЗ	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+
ФБА											
Су-24М2	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+
Су-34	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+



Продолжение таблицы 3

ДА											
Ту-22МЗ	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Ту-95МС	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Ту-160	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
ВТА											
Ан-26	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+
Ан-124-100	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+
Ил-76МД-М	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+
АА											
Ми-8 МТВ5	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+
Ми-24В	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+
Ми-28Н	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+
Ка-52	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+
БЛА											
Орлан-10	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+
Форпост	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+
Мерлин-21Б	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+

Таким образом, разработанная модель представления данных в единой базе реальных полетных данных является сетевой моделью, исходные данные для которой записываются в реляционной (табличной) форме. Модель позволяет при минимально необходимом наборе исходных данных (значений параметров реальных полетов истребителя Су-27 при выполнении им типовых маневров) сформировать полетные данные ЛА различных типов и родов авиации, БЛА путем пересчета исходных данных с использованием выведенных в результате проведенного исследования ЛТХ рассматриваемых типов ЛА коэффициентов пересчета.

**Разработка алгоритма управления единой базой реальных полетных данных.** Проведенный анализ показал, что моделирование ложной воздушной обстановки в интересах создания имитационных помех РЛС самолета ДРЛОУ с точки зрения выбора способа формирования БД является уникальной задачей. Поэтому формирование единой базы реальных полетных данных следует осуществлять на основе предлагаемой модели представления данных с использованием алгоритмических языков программирования путем разработки специальной программы. В свою очередь, программа управления БД обуславливает разработку соответствующего алгоритма.

На рисунке 2 представлена логическая схема алгоритма управления единой базой реальных полетных данных. Рассмотрим назначение каждого блока из представленных на логической схеме блоков.

**Блок 1.** Осуществляется выбор рода авиации или БЛА, что позволяет в соответствии с таблицей 1 ограничить массивы исходных данных по видам типовых маневров, выполняемых ЛА различных родов авиации ВВС и подразделений беспилотной авиации СВ Российской Федерации в тактических приемах.

**Блок 2.** Осуществляется выбор типа ЛА, что позволяет из ограниченных в блоке 1 массивов в соответствии с таблицей 3 выделить массивы исходных данных по видам типовых маневров, выполняемых конкретными типами ЛА различных родов авиации ВВС и подразделений беспилотной авиации СВ Российской Федерации, и определить коэффициенты пересчета исходных данных для конкретного типа ЛА.

**Блок 3.** Определяются коэффициенты пересчета  $K_{ny}$ ,  $K_{nx}$ ,  $K_{nz}$ ,  $K_{\theta}$ ,  $K_{\psi}$ ,  $K_{\gamma}$ ,  $K_{\alpha}$ ,  $K_{\beta}$ ,  $K_{V}$ ,  $K_H$  в соответствии с таблицей 2 для вычисления полетных данных конкретного типа ЛА с учетом проведенного выбора его типа в блоке 2.

**Блок 4.** Осуществляется выбор вида типового маневра ЛА, что позволяет из массивов исходных данных, ограниченных выбором в блоке 2, определить массивы исходных данных для конкретного типового маневра ЛА определенного типа.



Блок 5. Определяются массивы исходных данных:  $\{n_y(T), \dots, n_y(kT), \dots, n_y(KT)\}$ ;  $\{n_x(T), \dots, n_x(kT), \dots, n_x(KT)\}$ ;  $\{n_z(T), \dots, n_z(kT), \dots, n_z(KT)\}$ ;  $\{\gamma(T), \dots, \gamma(kT), \dots, \gamma(KT)\}$ ;  $\{\vartheta(T), \dots, \vartheta(kT), \dots, \vartheta(KT)\}$ ;  $\{\psi(T), \dots, \psi(kT), \dots, \psi(KT)\}$ ;  $\{\alpha(T), \dots, \alpha(kT), \dots, \alpha(KT)\}$ ;  $\{\beta(T), \dots, \beta(kT), \dots, \beta(KT)\}$ ;  $\{V(T), \dots, V(kT), \dots, V(KT)\}$ ;  $\{H(T), \dots, H(kT), \dots, H(KT)\}$  при заданном интервале дискретизации  $T$  для формирования полетных данных ЛА определенного типа при конкретном виде типового маневра, выбор которого осуществлен в блоке 4.

Операции в блоке 3, блоках 4 и 5 производятся параллельно.

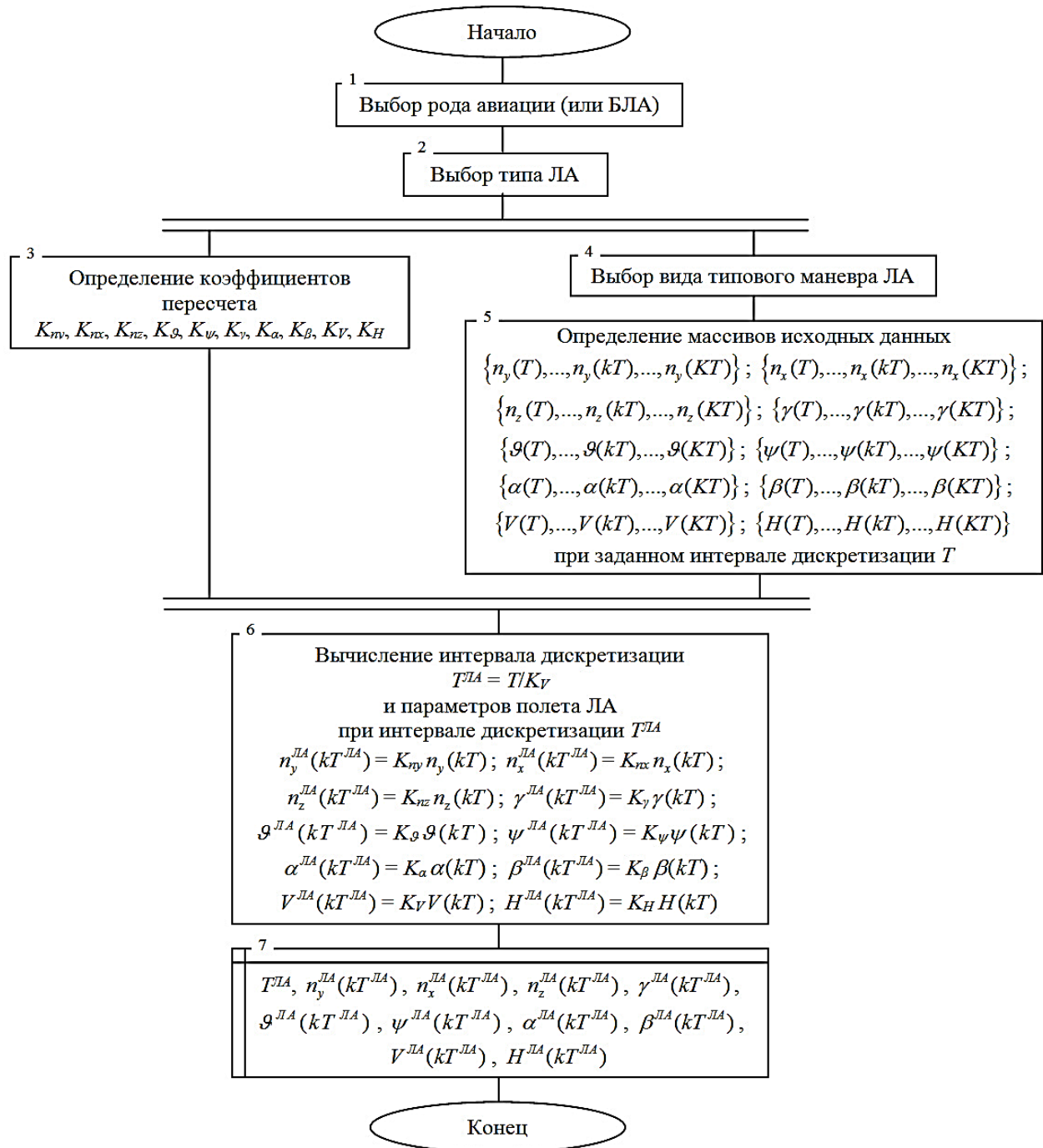


Рисунок 2 – Логическая схема алгоритма управления единой базой реальных полетных данных



Блок 6. Производится вычисление интервала дискретизации полетных данных ЛА определенного типа при конкретном виде типового маневра  $T^{ЛА}$  в соответствии с выражением:

$$T^{ЛА} = \frac{T}{K_v}, \quad (1)$$

что позволяет из исходной траектории полета истребителя Су-27 адекватно сформировать траекторию полета ЛА конкретного типа в пространстве и времени.

На основе массивов исходных данных, определенных в блоке 6, и значений коэффициентов пересчета, определенных в блоке 3, вычисляются параметры полета ЛА определенного типа при конкретном виде типового маневра для каждого  $k$ -го интервала времени  $T^{ЛА}$ .

$$n_y^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_{ny} n_y(kT); \quad (2)$$

$$n_x^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_{nx} n_x(kT); \quad (3)$$

$$n_z^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_{nz} n_z(kT); \quad (4)$$

$$\gamma^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_\gamma \gamma(kT); \quad (5)$$

$$\mathcal{G}^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_g \mathcal{G}(kT); \quad (6)$$

$$\psi^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_\psi \psi(kT); \quad (7)$$

$$\alpha^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_\alpha \alpha(kT); \quad (8)$$

$$\beta^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_\beta \beta(kT); \quad (9)$$

$$V^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_v V(kT); \quad (10)$$

$$H^{ЛА}(kT^{ЛА}) = K_H H(kT). \quad (11)$$

Блок 7. Вычисленные в блоке 6 значения параметров полета ЛА определенного типа при конкретном виде типового маневра для каждого  $k$ -го интервала времени  $T^{ЛА}$  сохраняются в памяти для дальнейшего использования при моделировании ложной воздушной обстановки.

**Выводы.** В результате проведенных исследований была разработана единая база реальных полетных данных (в части модели представления данных и алгоритма управления БД) в интересах аналитико-имитационного моделирования ложной воздушной обстановки при создании имитационных помех РЛС самолета ДРЛОУ.

Модель представления данных разработана на основе результатов натурного летного эксперимента и позволяет при минимально необходимом наборе исходных данных (значений параметров реальных полетов истребителя Су-27 при выполнении им типовых маневров) сформировать полетные данные ЛА различных типов и родов авиации, БЛА путем пересчета исходных данных с использованием выведенных в результате проведенного исследования рассматриваемых ЛА коэффициентов пересчета.





На основе предлагаемой модели разработан алгоритм управления единой базой реальных полетных данных, позволяющий сформировать массивы полетных данных для конкретного вида типового маневра ЛА определенного типа, адекватно определяющие траекторию полета этого ЛА в пространстве и времени.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихачев В.П., Саркисян А.П. Способ определения местоположения носителя бортового обзорного радара при двухпозиционной пассивной локации // Доклады XX Международной НТК «Радиолокация, навигация и связь». Т. 2, Воронеж: НПФ «Саквөө» ООО, 2014. С. 152–157.
2. Шапкарин А.М. Способ моделирования траектории движения маневренного летательного аппарата // Сборник тезисов докладов III Всероссийской научно-технической конференции «Моделирование авиационных систем», 21-22 ноября 2018 г. Москва: ГосНИИАС, 2018. С. 160–161.
3. Шапкарин А.М. Способ формирования базы реальных полетных данных // Сборник тезисов докладов III Всероссийской научно-технической конференции «Моделирование авиационных систем», 21-22 ноября 2018 г. Москва: ГосНИИАС, 2018. С. 350–351.
4. Шатовкин Р.Р., Антипенский Р.В., Ташков С.А., Шестаков П.А., Данилов С.Н. Моделирование траектории движения маневренного летательного аппарата // Электронное периодическое издание «Воздушно-космические силы. Теория и практика». 2017. № 1 (1). [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://академия-ввс.рф/images/data/zhurnal\\_vks/1-2017/15-28.pdf](http://академия-ввс.рф/images/data/zhurnal_vks/1-2017/15-28.pdf). (дата обращения 05.02.2020).
5. Шапкарин А.М., Шатовкин Р.Р. Обоснование методов, средств и этапов аналитико-имитационного моделирования ложной воздушной обстановки // Сборник научных статей по материалам VII Международной научно-практической конференции «Академические Жуковские чтения», 20-21 ноября 2019 г. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. С. 294–297.
6. Шапкарин А.М., Шатовкин Р.Р. Концепция моделирования ложной воздушной обстановки // Сборник научных статей по материалам VII Международной научно-практической конференции «Академические Жуковские чтения», 20-21 ноября 2019 г. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. С. 298–301.

#### REFERENCES

1. Lihachev V.P., Sarkisyan A.P. Sposob opredeleniya mestopolozheniya nositelya bortovogo obzornogo radara pri dvuhpozicionnoj passivnoj lokacii // Doklady XX Mezhdunarodnoj NTK «Radiolokaciya, navigaciya i svyaz'». T. 2, Voronezh: NPF «Sakvөө» ООО, 2014. pp. 152–157.
2. Shapkarin A.M. Sposob modelirovaniya traektorii dvizheniya manevrennogo letatel'nogo apparata // Sbornik tezisov dokladov III Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Modelirovanie aviacionnyh sistem», 21-22 noyabrya 2018 g. Moskva: GosNIAS, 2018. pp. 160–161.
3. Shapkarin A.M. Sposob formirovaniya bazy real'nyh poletnyh dannyh // Sbornik tezisov dokladov III Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Modelirovanie aviacionnyh sistem», 21-22 noyabrya 2018 g. Moskva: GosNIAS, 2018. pp. 350–351.
4. Shatovkin R.R., Antipenskij R.V., Tashkov S.A., Shestakov P.A., Danilov S.N. Modelirovanie traektorii dvizheniya manevrennogo letatel'nogo apparata // `Elektronnoe periodicheskoe izdanie «Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika». 2017. № 1 (1). [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: [http://akademiya-vvs.rf/images/data/zhurnal\\_vks/1-2017/15-28.pdf](http://akademiya-vvs.rf/images/data/zhurnal_vks/1-2017/15-28.pdf). (data obrascheniya 05.02.2020).



5. Shapkarin A.M., Shatovkin R.R. Obosnovanie metodov, sredstv i `etapov analitiko-imitacionnogo modelirovaniya lozhnoj vozdushnoj obstanovki // Sbornik nauchnyh statej po materialam VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Akademicheskie Zhukovskie chteniya», 20-21 noyabrya 2019 g. Voronezh: VUNC VVS «VVA», 2019. pp. 294–297.

6. Shapkarin A.M., Shatovkin R.R. Koncepciya modelirovaniya lozhnoj vozdushnoj obstanovki // Sbornik nauchnyh statej po materialam VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Akademicheskie Zhukovskie chteniya», 20-21 noyabrya 2019 g. Voronezh: VUNC VVS «VVA», 2019. pp. 298–301.

© Шапкарин А.М., Шатовкин Р.Р., Митрофанов Д.В., 2020

Шапкарин Алексей Михайлович, адъюнкт 203 кафедры, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, shapkarin1990@mail.ru.

Шатовкин Роман Родионович, доктор технических наук, старший преподаватель 203 кафедры, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Митрофанов Дмитрий Викторович, кандидат педагогических наук, заместитель начальника отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, mitrofanovd@mail.ru.