



УДК 355.01  
ГРНТИ 78.19.13

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ С ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОЗИЦИЙ

*В.А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, доцент  
ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
П.А. ФЕДЮНИН, доктор технических наук, профессор  
ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
М.П. БЕЛЯЕВ, кандидат технических наук  
ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
А.В. ВАСИЛЬЕВ  
ФГБУ «ГНМЦ» МО РФ (г. Мытищи)*

В статье рассмотрены проблемы организации информационного обеспечения процесса управления авиацией при непосредственной поддержке тактических воинских формирований. На примере типового сценария управления ударным авиационным комплексом на наземную цель представлено описание алгоритма функционального моделирования системы управления авиацией с информационных позиций.

*Ключевые слова:* система управления авиацией, функциональное моделирование, целеуказание, наведение, информационное обеспечение управления.

## FUNCTIONAL SIMULATION OF THE AVIATION MANAGEMENT SYSTEM FROM INFORMATION POSITIONS

*V.A. VASIL'EV, Candidate of Technical Sciences  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
P.A. FEDYUNIN, Doctor of Technical Sciences, Professor  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
M.P. BELYAEV, Candidate of Technical Sciences  
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
A.V. VASIL'EV  
FSBI «MSMC» of the Ministry of Defence of the Russian Federation (Mytishchi)*

The article deals with the information support organization problems of the aviation management process with the direct support of tactical military formations. The aviation management system functional modeling algorithm description from the information positions is presented on the example of a typical scenario of management of a shock aviation complex on a ground target.

*Keywords:* aviation management system, functional modeling, target designation, guidance, information support management.

**Введение.** Особенности настоящего момента, связанные с новой доктриной государственной безопасности, с изменением характера военных конфликтов, с новыми возможностями оружия, требуют уточнения и совершенствования алгоритмов управления средствами непосредственной авиационной поддержки тактических воинских формирований (ТВФ). Именно эффективное управление, организованное на основе применения информационных технологий и современных средств управления, является важнейшим условием максимального использования боевых возможностей ударных авиационных комплексов. Все это, с учетом развития теории и практики автоматизации процесса управления войсками (силами), предопределяет необ-



ходимость исследования таких проблем как создание (модернизация) систем управления авиацией и обеспечение их устойчивого функционирования; развитие и внедрение эффективных комплексов средств автоматизации управления, обеспечивающих высокую оперативность в работе лиц боевых расчетов (ЛБР) пунктов управления авиацией; поиск новых методов исследования систем управления авиацией и оценки их эффективности. При этом особенное внимание в исследованиях указанных проблем уделяется вопросам организации информационного обеспечения процессов управления.

**Актуальность.** Законы (закономерности) процессов управления, организации и функционирования систем управления являются предметом исследования теории управления войсками (силами) [1]. Важнейшим элементом предмета теории управления войсками (силами) считается закон зависимости эффективности решения задач управления от наличия времени, объема и качества используемой информации. Закон отражает устойчивые связи, которые объективно существуют в процессах управления между результатами выполнения задач управления и объемом информации, обработанной при их решении [1]. Актуальность изучения закона и поиска механизмов его практического применения заключается в возможности получения научно обоснованных ответов на сложные вопросы, касающиеся организации информационного обеспечения процессов управления авиацией [2] как на этапе подготовки к боевым действиям, так и непосредственно в ходе боевых действий.

Особенности построения и процесса функционирования системы управления авиацией.

Известно, что свойствами информации в управлении определяется ее способность быть средством отражения текущей обстановки. В связи с этим возникает необходимость создания систем сбора, обработки, хранения и передачи информации, централизованного ее использования органами управления всех звеньев управления. С этой целью внедряется в войска автоматизированная система управления тактического звена (АСУ ТЗ), в которую структурно входит подсистема управления авиацией (ПУА), автоматизированная, работающая в реальном масштабе времени и позволяющая обеспечить управление средствами авиационной поддержки и функциональное взаимодействие с сопряженными структурами АСУ ТЗ на всех этапах боевых действий.

Структурно ПУА состоит из пунктов управления группы боевого управления (ПУ ГБУ) и авиационного наводчика (ПУ АН).

ПУ ГБУ предназначен для поддержания взаимодействия авиации с ТВФ, ее оперативного вызова в район боевых действий, непосредственного управления (в отдельных случаях) экипажами в воздухе, обеспечения безопасного пролета в полосе действий соединения.

ПУ АН предназначен для поддержания взаимодействия с подразделениями, действующими в полосе ответственности батальона, непосредственного управления экипажами самолетов (вертолетов), выполняющих боевые задачи по их авиационной поддержке, обеспечения безопасности войск от ударов своей авиации. Передовой авиационный наводчик (ПАН) предназначен для управления экипажем воздушного судна (ВС) на завершающем этапе полета к цели.

Анализ и синтез ПУА как сложной системы многопланов и возможен при решении многих частных задач. Среди них – рассматриваемая в данной работе проблема функционального моделирования системы с информационных позиций. Решение этой задачи позволит в дальнейшем выработать методологию описания систем управления, инвариантную к условиям и объектам применения. Проблему соотношения в ПУА структурных компонентов (средств связи, автоматизации и др.) также возможно решить посредством анализа информационного взаимодействия.

На рисунке 1 представлен вариант структурной схемы информационного взаимодействия объектов ПУА в составе АСУ ТЗ на этапах подготовки и в ходе боевых действий.

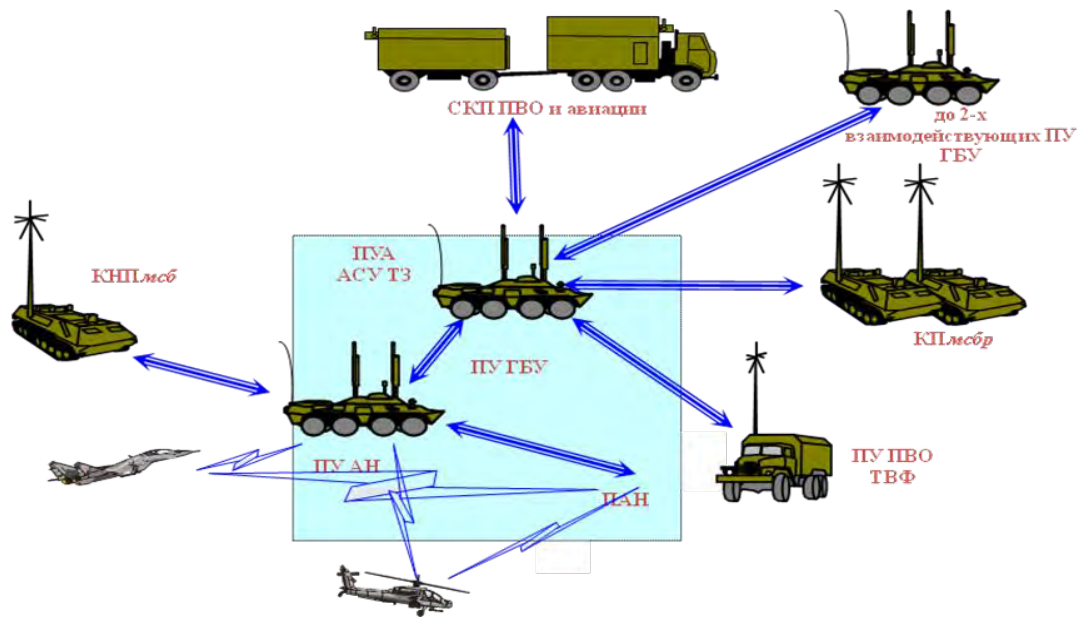


Рисунок 1 – Вариант структурной схемы информационного взаимодействия объектов ПУА

Очевидно, что для выполнения целевых функций подсистемы важно, чтобы в каждом цикле управления поступала только необходимая (ценная) информация и в достаточном объеме. Это означает, что для эффективного и согласованного с другими элементами АСУ ТЗУ управления экипажами ВС над полем боя, прежде всего, должна быть эффективной (рациональной) организация информационного обеспечения управления. Сложность формирования в ПУА информационного поля, необходимого для выполнения подсистемой основных функций управления (принятия решения, планирования, генерирования команд управления, решения задач взаимодействия и т.д.) обусловлена рядом особенностей ее построения и функционирования. Отметим из них наиболее важные.

Силы, входящие в тактическую группировку войск, работают в тесном взаимодействии под управлением командира и штаба группировки. В то же время, в специальном отношении ЛБР ПУА руководствуются указаниями и задачами, получаемыми от вышестоящего авиационного пункта управления. Следовательно, ПУА является одновременно неотъемлемой частью АСУ ТЗУ и такой же неотъемлемой частью системы управления авиационной группировкой. В соответствии с этой особенностью структуры подчиненности ПУА работает как в интересах общевойсковой (разнородной и разноведомственной) группировки войск, обеспечивая действия авиации по целям, находящимся в полосе группировки, так и в интересах вышестоящего авиационного командования, осуществляя, совместно с другими авиационными пунктами управления, контроль и обеспечение безопасности полетов авиации в тактической зоне.

Известно, что исходными посылками в алгоритме принятия решения по организации обеспечения боевых действий и управления их ходом являются два основных элемента: поставленная боевая задача и результаты анализа данных об обстановке. Очевидно, что первый элемент является субъективным и определяется замыслом командира. Таким образом, для обеспечения принятия решений и планирования в этой части, достаточным условием является наличие надежного канала связи между КП мсбр и ПУ ГБУ.

С учетом второго элемента, необходим целый комплекс мероприятий.

Во-первых, для реализации процедуры сбора данных существенной является временная идентификация поступающей информации, поскольку именно она позволяет соотнести и синхронизировать сроки выполнения задачи авиационной поддержки с быстро меняющейся обстановкой на поле боя.



Во-вторых, получаемые из информационного поля данные должны формировать единую картину тактической обстановки (местоположение своих сил и средств, характеристики мероприятий по планированию и управлению их действиями, известное и предполагаемое расположение сил и средств противника, его ресурсы, намерения и возможные действия, графические представления текущей обстановки на поле боя). Для полной и объективной оценки обстановки ЛБР помимо боевой информации необходимы подробные сведения об условиях рельефа местности, метео- и гидрологические данные.

В третьих, для обеспечения получения данных об обстановке необходимым условием является наличие надежных каналов связи между ПУА и источниками информации, т.е. пунктами управления авиацией и ТВФ. Естественно, что отображение и обработка такого объема информации возможна только при наличии специально оборудованных рабочих мест ЛБР, снабженных средствами автоматизированной обработки информации и развитой сетью внутриобъектовой связи.

Следующим этапом алгоритма управления является доведение задач до объектов управления и контроль их выполнения. Учитывая иерархическую структурированность ПУА, указанная задача разбивается на два подэтапа.

Во-первых, решение командира-начальника ГБУ должно быть доведено до ПУ АН. Таким образом, ГБУ выполняет роль дистрибутивного центра системы, инициализирующего работу виртуальных колец управления, связывающих периферийные элементы подсистемы, т.е. ПУ АН с экипажами ВС.

Во-вторых, уточненная боевая задача должна быть доведена непосредственно до исполняющих элементов системы, т.е. до экипажей ВС. На данном этапе достаточным условием для выполнения функций управления является наличие надежных каналов связи, увязывающих все объекты пункта управления авиацией тактического звена и ВС.

К особенностям функционирования ПУА, следует отнести следующее:

во-первых, самолеты (вертолеты), осуществляющие непосредственную авиационную поддержку ТВФ, находятся под управлением системы в течение незначительного времени, порядка 3-10 минут, в зависимости от характера задачи и режима полета. Однако этот скоротечный этап чрезвычайно важен, так как именно на завершающем участке полета к цели решается задача вылета, успех которого в значительной мере определяется качеством функционирования ПУА;

во-вторых, предполагается функционирование ПУА в условиях высокой динамичности и сложности обстановки на земле и в воздухе. Вследствие чего, информационная нагрузка на ее структурные элементы и объекты может существенно меняться во времени.

Все представленные выше обстоятельства дополнительно подчеркивают актуальность задачи поиска эффективного инструментария для исследования процессов функционирования ПУА с информационных позиций.

**Функциональное моделирование ПУА.** Известно, что исследование любой системы в большинстве случаев предполагает создание модели системы, позволяющей произвести анализ и предсказать ее поведение в определенном диапазоне условий. При этом в зависимости от целей и задач моделирования оно может проводиться на различных уровнях абстракции.

Для функционального описания ПУА предлагается использовать методологию SADt [3], отражающую такие характеристики, как управление, обратную связь и ресурсы. Описание системы с помощью SADt называется моделью. Задача функционального моделирования состоит в представлении системы в виде совокупности взаимосвязанных функций. Модель составляется из иерархического ряда диаграмм, которые постепенно отображают уровни все более подробных описаний функций. Диаграмма, находящаяся на вершине модели, обобщает всю рассматриваемую систему. Диаграммы первого уровня представляют важнейшие подсистемы с их взаимосвязями, а диаграммы самого нижнего уровня представляют детализированные функции, с помощью которых, собственно, и работает система.



Целью предлагаемой функциональной модели является получение ответов на совокупность подлежащих исследованию вопросов, а именно:

представление информационной структуры управления (порядка получения, обработки и использования информации) в границах каждого уровня абстракции для анализа процесса движения информации в системе;

оценка эффективности распределения выделенных ресурсов (информационных, временных, ресурсов связи и др.) для выполнения ПУА функций управления;

оценка уровня информационной загруженности ЛБР ПУА.

С учетом вышесказанного разработан вариант функциональной модели ПУА АСУ ТЗ, первый уровень которой представлен на рисунке 2.

В основе «Управления» лежит реализация принятого командиром ТВФ решения на бой ( $C_1$ ) и боевые задачи в форме боевых распоряжений с СКП ПВО и авиации.

Обеспечивающая функции управления «Входная информация» (рисунок 2) включает в себя три объектно-ориентированных направления: данные о своих войсках ( $I_1$ ); данные о противнике ( $I_2$ ) и данные о специальных характеристиках обстановки ( $I_3$ ). Объекты анализа ПУА при сборе данных и источники данных сведены в таблицу 1.

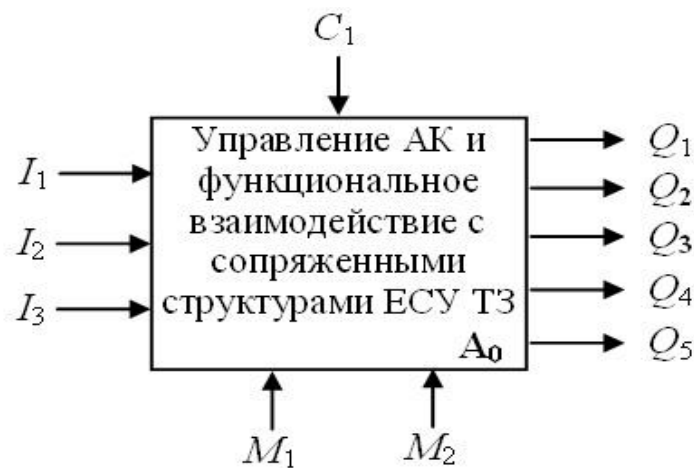


Рисунок 2 – Первый уровень функциональной модели ПУА

Таблица 1 – Объекты анализа ПУА и источники данных

Входная информация	Объекты анализа	Источники данных
$I_1$	1. Положение, состав, задачи и характер действия ТВФ	КПмсбр, КНПмсб, КП соответствующих видовых подразделений
	2. Задачи и порядок действий авиации, РВ и артиллерии, войскового ПВО	
	3. Характер и объем ресурсов выделенной авиационной поддержки	СКП ПВО и авиации
$I_2$	1. Положение группировки и характер действия СВ	КПмсбр, КНПмсб, КП соответствующих видовых подразделений
	2. Объекты боевых действий	
	3. Ожидаемое противодействие средств ПВО	
	4. Реальная воздушная обстановка контролируемого региона	Сеть радиолокационного оповещения ПВО, информация от АК, результаты визуальных наблюдений
$I_3$	1. Рельеф местности и его влияние на эффективность средств поражения, ориентировку, выбор маршрута и профиля полета	Результаты штурманского расчета
	2. Ожидаемые погодные условия в районе базирования и в районе боевых действий, их влияние на выполнение боевого полета	Метеосводки от СКП ПВО и авиации и КПмсбр, информация от АК, результаты визуальных наблюдений



«Выходная информация» включает в себя:  
 команды боевого управления ( $Q_1$ );  
 тактическая информация для СКП ПВО и авиации о наземной и воздушной обстановке в полосе ответственности ( $Q_2$ );  
 информация для СКП ПВО и авиации о выполнении задач ( $Q_3$ );  
 доклады на КП *мсбр* и КНП *мсб* о выполнении боевых задач ( $Q_4$ );  
 информация для КП ПВО *мсбр* и ПУ ПВО*мсб* о времени влета авиации в зону ответственности *мсб*, о маршрутах полета авиации, о полосах и коридорах пролета авиации ( $Q_5$ ).

К «Механизмам», изображающим физические аспекты функции  $A_0$  можно отнести ЛБР ПУА ( $M_1$ ), каналы и средства связи, автоматизации и др. ( $M_2$ ).

Для конкретизации результатов функции  $A_0$  осуществляется ее декомпозиция (рисунок 3).

При необходимости дальнейшей детализации модели следует придерживаться следующих рекомендаций:

цели нижележащего уровня модели можно рассматривать как средства достижения целей вышестоящего уровня, при этом они же являются целями для уровня нижележащего по отношению к ним;

в модели по мере перехода с верхнего уровня на нижний происходит смещение целевой (главной) функции ПУА к конкретным целям и функциям, которые на нижних уровнях модели могут выражаться в виде ожидаемых результатов конкретной работы ЛБР с указанием критериев оценки ее выполнения, в то время как на верхних уровнях указание критериев может быть выражено в общих требованиях (например, поразить цель, объект);

для того чтобы структура целей была удобной для анализа число уровней иерархии и число компонентов в каждом уровне должно быть  $K = 5 \pm 2$  (предел восприятия человеком).

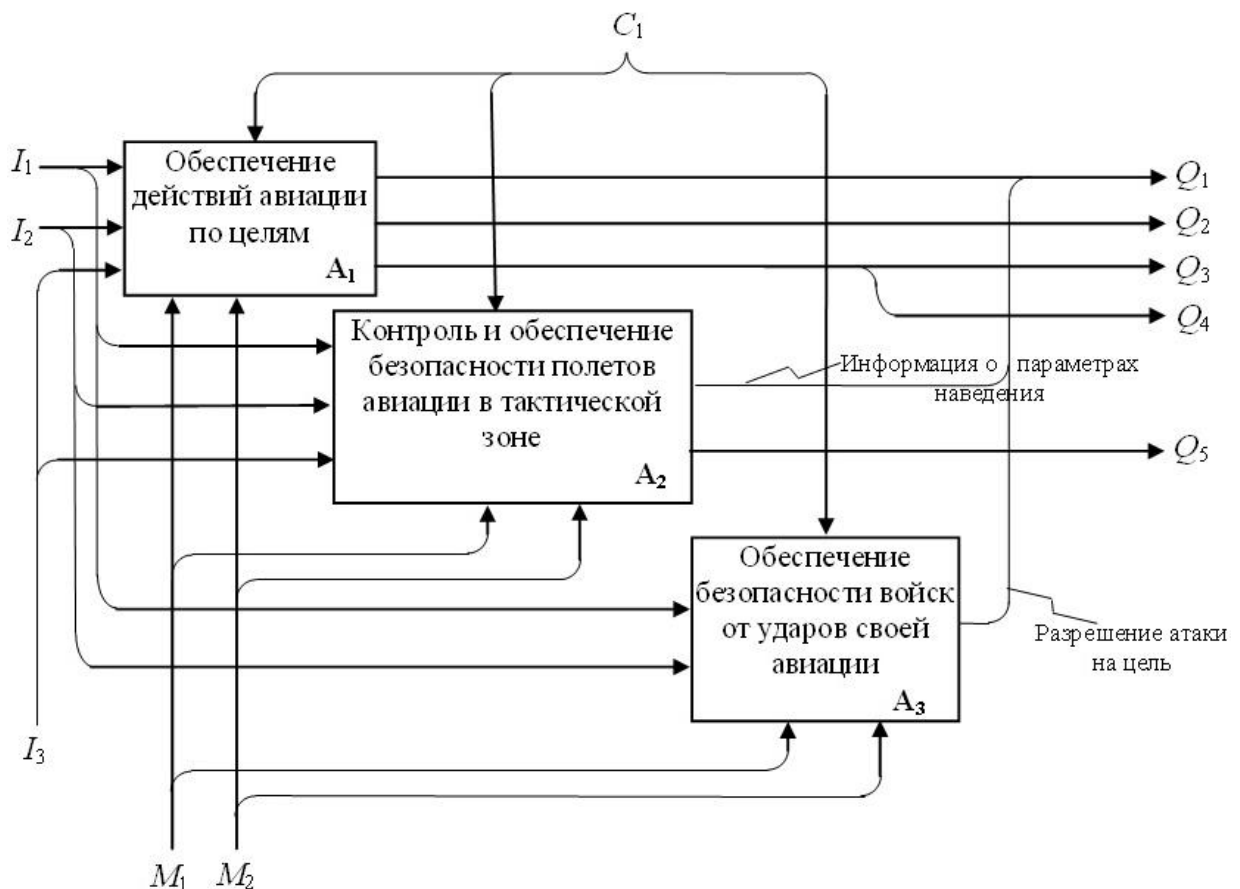


Рисунок 3 - Декомпозиция функции  $A_0$



На рисунке 4 представлена декомпозиция блока  $A_1$ , реализующего основную подфункцию ПУА – обеспечение действий авиации по целям. Данная диаграмма детализирует функции, выполняемые ЛБР ПУА.

На данном уровне иерархии возможен анализ свойств ПУА исходя из информационных позиций (на которых рассматривается система), целей и выполняемых функций ЛБР ПУА, анализа влияния внешней среды на элементы подсистемы, а также ожидаемых результатов работы ЛБР на основе выбранных критериев оценки ее выполнения.

Для конечной детализации функций  $A_{11} - A_{14}$  целесообразно использовать IDEF3-моделирование с последующим анализом имитационными методами [3]. Как и в любой технологии моделирования действий SADt, главной организационной единицей IDEF3 является диаграмма, построение которой основывается на вербальном описании процесса. Рассмотрим пример построения диаграммы IDEF3 на типовом сценарии целеуказания и наведения экипажа (группы) ВС на наземную цель.

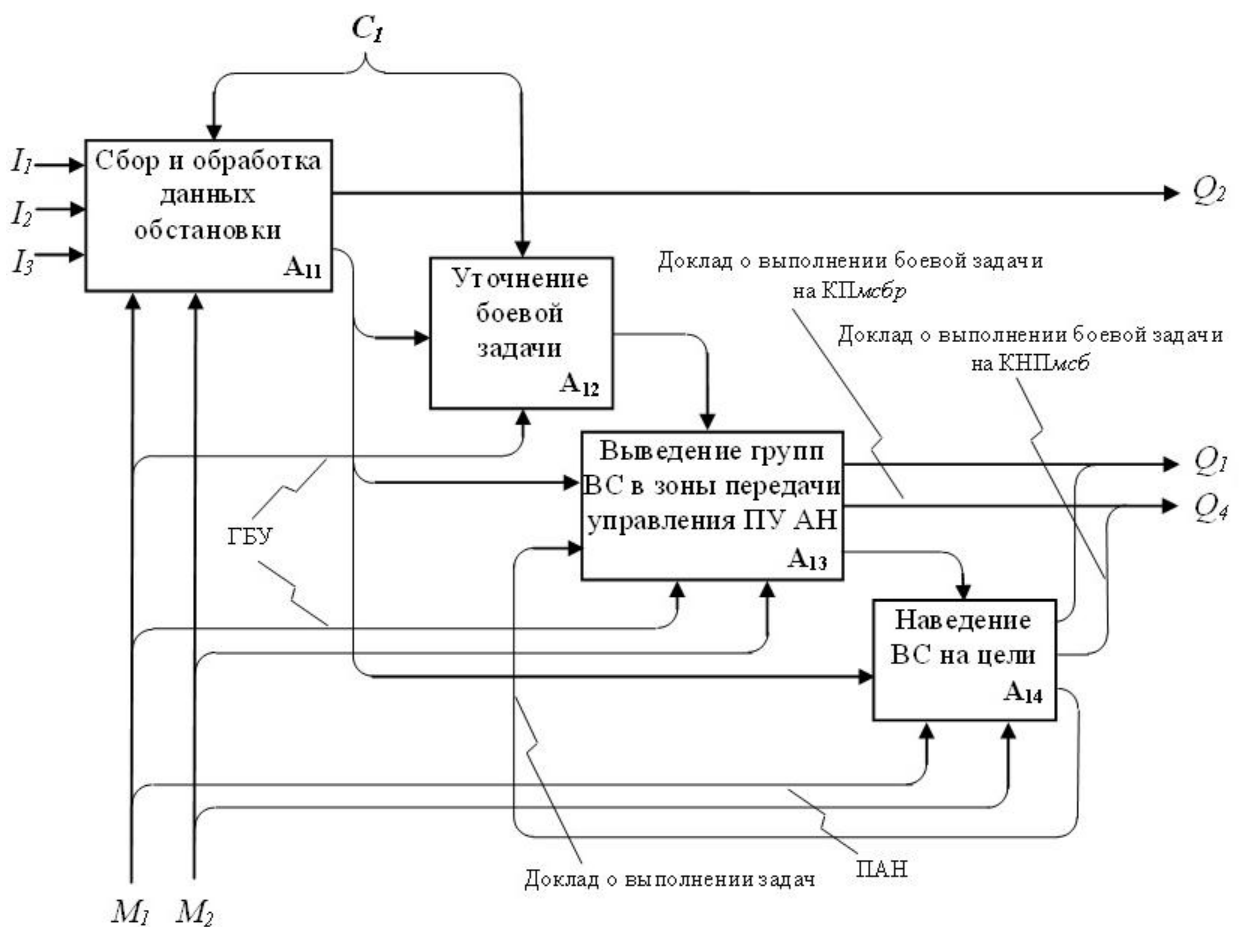


Рисунок 4 - Декомпозиция блока  $A_1$

Согласно [4] процесс целеуказания и наведения начинается с момента передачи управления (левая граница моделирования во временной области) с ПУ ГБУ на ПУ АН (рисунок 5). При этом на рубеже передачи управления ведущий группы (ВГ) устанавливает связь с авианаводчиком, сообщает свои координаты, курс следования и высоту и переходит под его управление.

Процесс наведения заканчивается (правая граница моделирования), когда при выходе на боевой курс и обнаружении заданной для поражения цели, ведущий группы докладывает об этом ПАН, который в результате визуальной оценки правильности захода на цель дает разрешение на атаку цели.



На рисунке 5 разворачивающее соединение J1 обозначает тот факт, что в определенный момент времени, соответствующий завершению действия A<sub>14.9</sub>, одно (например, A<sub>14.10</sub>) или оба конечных действия (A<sub>14.10</sub> и A<sub>14.11</sub>) инициируются. Сворачивающее соединение J2 инициирует выполнение действия A<sub>14.12</sub>, при этом действия, присоединенные к J2 должны обязательно завершиться.

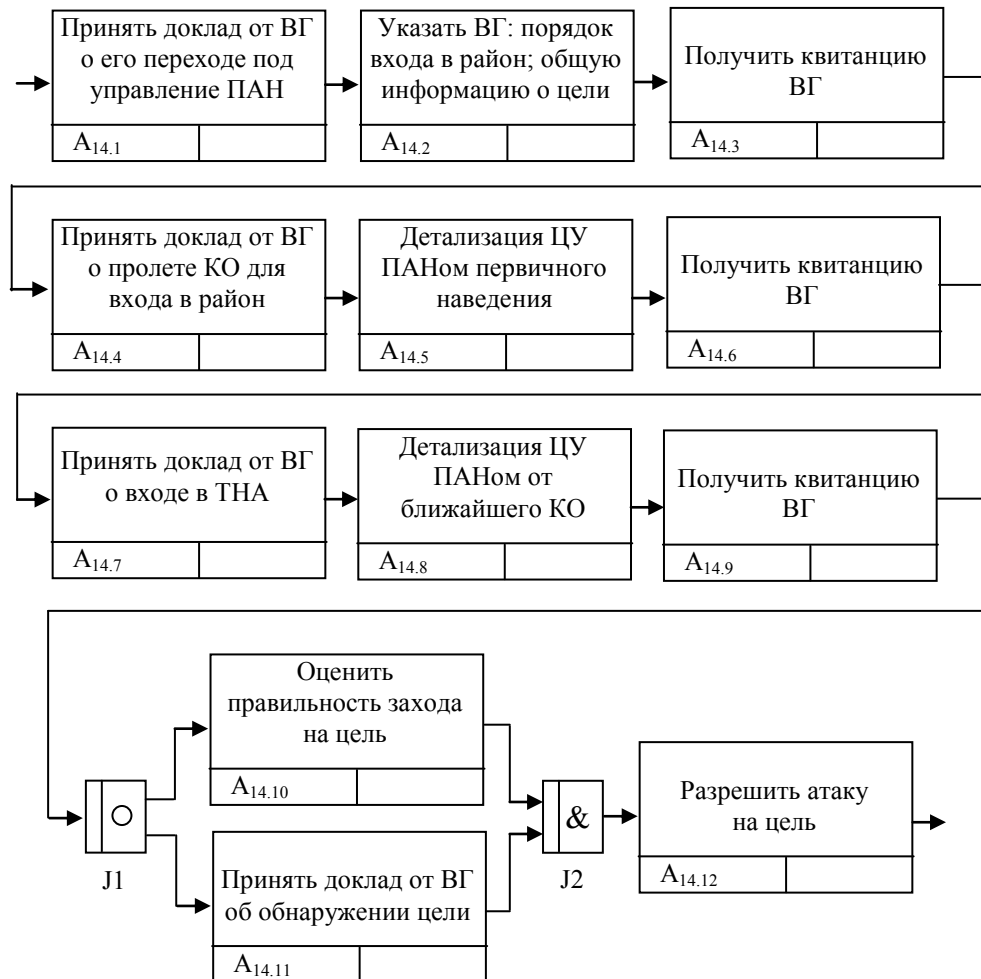


Рисунок 5 – Диаграмма модели целеуказания и наведения ВС на цель:  
 КО – контрольный ориентир; ТНА – точка начала атаки

Соответствующая диаграмме (рисунок 5) временная шкала управления представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Временная шкала процесса целеуказания и наведения:  
 $t_{BP}$  – период времени от начала управления до входа группы в район цели;  
 $t_{TNA}$  – период времени от начала управления до входа группы в ТНА





**Выводы.** Совокупное использование стандартов IDEF0 и IDEF3 представляется авторам статьи эффективным способом описания целевых функций системы управления с информационных позиций. Главным достоинством предложенного подхода является возможность увязки во времени процессов выполнения функций и обеспечивающей их выполнение информационной структуры управления. Следует лишь отметить, что для получения полной и объективной картины информационного поля, формируемого в ПУА, требуется разработка IDEF3-диаграмм всех выполняемых в подсистеме функций и соответствующих им временных шкал. Совместный анализ диаграмм и временных шкал позволит при выполнении данного условия оценить качественный и (или) количественный состав циркулирующих в ПУА информационных потоков потребностям выполняемых функций для нижнего уровня абстракции.

Результаты имитационного моделирования можно использовать для анализа технологических возможностей «Механизмов» по обеспечению эффективной обработки и использованию информационного ресурса согласно принципу информационной ценности [5]. При этом величины  $t_{IV}$ ,  $t_{BP}$  и  $t_{THA}$  (рисунок 5) являются примерами варьируемых временных параметров в имитационной модели, которые при необходимости могут быть дополнены исходя из целей модели.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савченко В.Ф. Теория военного управления: история и современность // Военная мысль. № 11. 2007. С. 50–58.
2. Васильев В.А., Федюнин П.А., Стафеев М.А., Васильев А.В. Научно-методический аппарат для оценки возможностей системы управления авиацией по информационному обеспечению процессов целеуказания и наведения // Теория и техника радиосвязи. № 4. 2018. С. 5–14.
3. Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С. Структурный анализ систем: IDEF – технологии. М.: Финансы и статистика, 2003. 232 с.
4. Бут Д.В., Васильев В.А. Типовые алгоритмы работы должностных лиц пунктов управления средствами авиационной поддержки тактических воинских формирований // Материалы. XXI межвузовской научно-практической конференции. Воронеж: ВАИУ (г. Воронеж), 2012. С. 65–69.
5. Горский Ю.М. Системно-информационный анализ процессов управления. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1988. 327 с.

#### REFERENCES

1. Savchenko V.F. Teoriya voennogo upravleniya: istoriya i sovremennost' // Voennaya mysl'. № 11. 2007. pp. 50–58.
2. Vasil'ev V.A., Fedyunin P.A., Stafeev M.A., Vasil'ev A.V. Nauchno-metodicheskij apparat dlya ocenki vozmozhnostej sistemy upravleniya aviaciej po informacionnomu obespecheniyu processov celeukazaniya i navedeniya // Teoriya i tehnika radiosvyazi. № 4. 2018. pp. 5–14.
3. Cheremnyh S.V., Semenov I.O., Ruchkin V.S. Strukturnyj analiz sistem: IDEF – tehnologii. M.: Finansy i statistika, 2003. 232 p.
4. But D.V., Vasil'ev V.A. Tipovye algoritmy raboty dolzhnostnyh lic punktov upravleniya sredstvami aviacionnoj podderzhki takticheskikh voinskih formirovanij // Materialy. XXI mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Voronezh: VAIU (g. Voronezh), 2012. pp. 65–69.
5. Gorskiy Yu.M. Sistemno-informacionnyj analiz processov upravleniya. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie, 1988. 327 p.

© Васильев В.А., Федюнин П.А., Беляев М.П., Васильев А.В., 2019



Васильев Валерий Александрович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, 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, vashome60@mail.ru.

Федюнин Павел Александрович, доктор технических наук, профессор, начальник 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.

Беляев Максим Павлович, кандидат технических наук, начальник 23 отдела научно-исследовательского 2 управления научно-исследовательского 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, e-mail: belyaev\_mp@mail.ru.

Васильев Антон Валерьевич, младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, Главный научный метрологический центр Минобороны России, 141002, г. Мытищи, ул. Комарова, 13.