

УДК 004.91

**А. Г. Додонов, В. Г. Путятин, С. А. Куценко,  
Б. И. Низиенко, А. А. Юрасов, Е. А. Додонов**  
Институт проблем регистрации информации НАН Украины  
ул. Н. Шпака, 2, 03113 Киев, Украина

## **Компьютерное моделирование системы организационного управления авиационным комплексом**

*Рассмотрены принципы построения, структура компьютерной модели и технология компьютерного моделирования, ориентированные на создание системы организационного управления авиационным комплексом.*

**Ключевые слова:** авиационный комплекс, задача, моделирование, система, структура, сценарий, функция.

### **1. Вводные положения**

Для систем организационного управления авиационными комплексами (СОУ АК), расположенными на стационарных или подвижных аэродромах [1, 2], присущ ряд характерных особенностей: большое количество многофункциональных управляемых объектов (комплексов) различной природы, сложности и назначения, что порождает интенсивные потоки информации, разнообразной и неоднородной по составу, назначению и объему; действия (полеты) авиации в сложных условиях обстановки; функционирование АК в реальном масштабе времени; одновременное решение комплекса функциональных задач (КФЗ); высокий уровень автоматизации задач, решаемых в процессе деятельности; принятие решений руководителями всех степеней в ограниченные сроки и при недостаточной информации об обстановке.

СОУ АК относится к категории систем специального назначения с переменной структурой (функционирование в режиме живучести) и представляет собой сложный функциональный комплекс (ФК), составные части которого можно рассматривать также как сложные ФК, закономерно объединенные в единое целое в соответствии с определенными принципами или связанные между собой заданными отношениями (функциями, задачами).

СОУ АК создается как система специального назначения и характеризуется как сложностью, так и повышенной ответственностью информационного обеспечения принятия решений, а также дополнительными требованиями к живучести —

© А. Г. Додонов, В. Г. Путятин, С. А. Куценко, Б. И. Низиенко, А. А. Юрасов, Е. А. Додонов

свойству системы адаптироваться к новой ситуации и противостоять любым воздействиям, выполняя свою целевую функцию за счет соответствующего изменения структуры и поведения системы, даже при серьезных повреждениях ее частей [3].

Рассматриваемая СОУ АК предназначена для повышения эффективности управления авиацией за счет автоматизации процессов учета, планирования, анализа и контроля, обеспечения оперативной информационно-аналитической поддержки процессов выработки и принятия решений при управлении авиационным комплексом.

Основной метод исследования СОУ АК — математическое моделирование, в том числе имитация процессов ее функционирования на ЭВМ (компьютерный эксперимент). Для моделирования СОУ АК необходимо формализовать процессы ее функционирования, т.е. представить эти процессы в виде последовательности четко определяемых событий, явлений или процедур, и затем построить математическое описание системы [2].

Создание разного рода систем моделирования стало уже традиционным подходом к решению многих прикладных задач, связанных с проведением дорогостоящих экспериментов. В данной работе рассматриваются вопросы структурного построения и организации компьютерной модели (КМ) ФК АК и технологии ее применения в различных ситуациях. Создаваемая КМ должна обеспечить возможность создания СОУ АК, реализующей эффективное управление применением АК в реальном масштабе времени.

При описании СОУ АК и КМ используется следующая терминология [1–4].

*Авиационная техника* (АТ) — совокупность технических средств (ТС), предназначенных для выполнения транспортных, учебных и других задач. АТ включает: летательные аппараты (ЛА); средства, обеспечивающие применение, техническое обслуживание (ТО) и ремонт техники, управление ею; учебно-тренировочные средства.

*Авиационный комплекс* — совокупность совместно используемых ЛА с их системами и оборудованием и средств наземного управления, обслуживания и контроля индивидуального назначения; это сложная иерархическая структура, состоящая из множества элементов, взаимодействующих между собой в процессе подготовки и управления действиями авиации, полетами ЛА, инженерно-авиационным и аэродромно-техническим обеспечением полетов.

*Аэродромно-техническое обеспечение (АТО) полетов* — комплекс мероприятий, проводимых на аэродромах и посадочных площадках и направленных на обеспечение исправности и готовности всех видов авиационно-технических средств (АТС) к применению, снабжения ЛА необходимыми материальными средствами авиационного назначения в количестве, потребном для выполнения полетного задания.

*Дивизион АТО* — подразделение АТО, отвечающее за техническое обслуживание и эксплуатацию определенной группы АТС обеспечения полетов.

*Инженерно-авиационное обеспечение полетов (ИАО)* — комплекс мероприятий, осуществляемых силами инженерно-технического состава (ИТС) и направленных на содержание АТ, средств ее эксплуатации и ремонта в постоянной исправности и готовности к работе, достижение безотказности и высокой надежности их применения.

*Органы управления (ОУ)* — руководство различного уровня, предназначенное для выполнения функций по управлению АК на соответствующих уровнях.

*Подвижный (мобильный) аэродром* — технический комплекс, предназначенный для обеспечения взлета и посадки ЛА, а также для выполнения технологических операций по их предполетному и послеполетному обслуживанию [1, 2].

*Процедура* — действия ОУ, направленные на получение информации в виде документа или группы взаимосвязанных документов, необходимых для выполнения работы.

*Пункты управления* — специально оборудованные и оснащенные ТС места групп операторов (специалистов), с которых осуществляется управление АК. Пункты управления (ПУ), как правило, оснащаются комплексами средств автоматизации и управления (КСА).

*Система управления* — упорядоченная совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, подсистем (ФК), образующих единое целое в целях достижения в процессе функционирования определенного (заданного) результата.

*Структура системы организационного управления* — целостная совокупность соединенных между собой информационными связями элементов объекта и органа управления; определяет состав системы, порядок расположения элементов (подсистем) относительно друг друга и совокупность устойчивых связей между всеми ее элементами, обеспечивающих целостность системы при изменении внутренних и внешних факторов. Структура СОУ АК определяется организационно-штатной структурой подразделений АК и представляет собой совокупность специализированных функциональных подразделений, взаимосвязанных в процессе обоснования, выработки, принятия и реализации управленческих решений.

*Функциональная задача ФК* — задача, связанная с основным назначением функционирования соответствующего ФК или его части. Функциональные задачи (ФЗ) каждого ФК могут быть условно подразделены на служебные, т.е. ориентированные на внутрисистемные функции или операции, и пользовательские, ориентированные на обслуживание пользователей ФК.

*Функциональный комплекс (подсистема)* — выделенная по определенным признакам (свойствам, качествам, функциям и т.д.) часть СОУ, выполняющая одну или несколько функций, присущих данной СОУ.

## **2. Назначение, функции и структура СОУ АК**

СОУ АК представляет собой комплекс взаимосвязанных организационных управленческих структур и технических средств и сил, предназначенных для управления силами и средствами АК при выполнении ими поставленных задач. СОУ АК относятся к классу современных автоматизированных информационных систем, выполняющих свои функции посредством сбора, хранения и обработки информации на основе интеграции возможностей человека-пользователя, компьютеров, программных средств и средств связи.

Основной целью создания СОУ АК является автоматизация управления АК для повышения надежности, качества и оперативности управления в ходе повседневной деятельности, подготовки и выполнения полетов.

Объектом автоматизации в СОУ АК является процесс управления АК, осуществляемый органами управления АК. Статус, права и сфера деятельности ОУ определены и регламентированы соответствующими нормативными и правовыми актами. Общие свойства и различия конкретных ОУ определены на основе результатов комплексного анализа их структурного построения и решаемых функциональных задач.

Функциональная структура СОУ АК представляет собой совокупность взаимосвязанных функциональных подсистем (комплексов), которые, в свою очередь, делятся на модули, решающие отдельные задачи или группы задач. Подсистемы включают в свой состав программные и технические средства, функциональные группы должностных лиц (ДЛ), соответствующие автоматизированные рабочие места (АРМ). В системе на основе комплексной оценки обстановки принимаются решения по выдаче информации потребителям, осуществляется управление функционированием СОУ АК в целом.

## **2.1. Назначение СОУ АК**

СОУ АК создается для управления АК в целом, а также для управления подготовкой и ведением запланированных действий (полетов) авиации. Основное назначение СОУ АК — предоставление информационно-технологической поддержки деятельности органов управления АК, а также автоматизация задач управления ИАО и АТО полетов. В состав СОУ АК включены следующие ФК (подсистемы) [2]: ФК Командного пункта АК (ФК КП АК); ФК командно-диспетчерского пункта (КДП); ФК ИАО; ФК АТО.

ФК КП АК предназначен для: управления АК в целом, планирования и непрерывного централизованного управления подготовкой и ведением запланированных действий авиации, непосредственного управления полетами авиации. ФК КП АК представляет собой совокупность функционально связанных ПУ АК, средств связи, а также подсистем, обеспечивающих сбор, обработку и передачу информации.

ФК КДП предназначен для руководства полетами, ближней навигации, управления взлетом и посадкой ЛА согласно наставлениям и инструкциям по производству полетов. ФК КДП представляет собой составную часть СОУ АК, оснащенную необходимыми ТС освещения, отображения и документирования обстановки, автоматизированными средствами управления и связи, обеспечивающими управление полетами авиации в зоне аэродрома (ближняя зона), а также операциями взлета и посадки ЛА. ФК КДП обеспечивает реализацию процессов сбора, обработки, хранения и анализа информации о воздушной обстановке (ВО) в зоне полетов аэродрома, о состоянии и готовности ЛА, АТС обеспечения взлета и посадки, состоянии и готовности личного состава для решения основных ФЗ управления полетами авиации, организации информационного взаимодействия между должностными лицами АК.

ФК ИАО предназначен для управления ИАО полетов авиации при повседневной деятельности (выполнение регламентных, планово-профилактических работ по периодическому ТО АТ), а также при подготовке и проведении полетов (выполнение работ по планированию, управлению и контролю предполетной подготовки, подготовки к повторному вылету и послеполетной подготовки АТ). ФК

ИАО представляет собой составную часть СОУ АК, оснащенную средствами управления ИАО полетов.

Основными задачами ИАО являются: содержание АТ в постоянной исправности и готовности к выполнению поставленных задач; восстановление в минимальные сроки авиационной техники, получившей эксплуатационные повреждения.

При решении задач управления ИАО полетов выполняются следующие функции: учет; обработка, анализ и оценка информации о наличии и состоянии АТ, средств ТО АТ, инженерно-технического состава; планирование; организация и руководство ИАО; информационное взаимодействие; контроль выполнения технического обслуживания АТ; документирование.

ФК АТО предназначен для управления АТО полетов при повседневной деятельности (выполнение регламентных, планово-профилактических работ по периодическому ТО АТС; участие в проведении регламентных и ремонтных работ на АТ), а также при подготовке и проведении полетов (выполнение работ по обеспечению предполетной подготовки, взлета, посадки ЛА, подготовки к повторному вылету и послеполетной подготовки АТ). ФК АТО представляет собой составную часть СОУ АК, оснащенную средствами управления АТО полетов.

Основными задачами АТО являются: содержание АТС и оборудования помещений авиационного назначения в постоянной исправности и готовности к применению по назначению; своевременное пополнение, выдача и доставка на технические позиции материальных средств, энергии, необходимых для подготовки и выполнения полетов; обеспечение взлетно-посадочных операций и транспортировки ЛА; организация и проведение работ по дегазации и дезактивации АТ и АТС; организация эвакуации аварийных ЛА с взлетно-посадочной полосы; участие в оперативных видах ТО, проведении регламентных и ремонтных работ на АТ.

При решении задач управления АТО полетов выполняются следующие функции: учет; обработка, анализ и оценка информации о наличии и состоянии АТС, материальных средств авиационного назначения, личного состава; планирование; организация и руководство АТО; информационное взаимодействие; контроль выполнения работ по АТО полетов; документирование.

## **2.2. Автоматизируемые задачи и функции**

Создание СОУ АК обеспечивает повышение эффективности деятельности органов управления АК за счет предоставления им информационно-технологической поддержки путем решения задач: обеспечения их своевременной, достаточной, достоверной и непротиворечивой информацией на основе единых методов и способов создания, сбора, хранения, передачи и обработки информации (сведений) о конкретной предметной области; обеспечения своевременной подготовки и визуального представления прогнозной и аналитической информации по вопросам управления АК; обеспечения взаимодействия ОУ между собой. Задача управления АК включает в себя комплекс задач (группу функций) управления полетами и комплекс задач (группу функций) управления обеспечением полетов.

*Функция* — совокупность работ, выполняемых органами управления, обеспечивающая формирование определенного воздействия на объект управления, направленного на достижение заданной цели управления.

*Функция управления* — вид деятельности, работы, процесса, реализуемых системой в соответствии с ее назначением на множестве элементов. Последовательность функций во времени порождает целенаправленные процессы функционирования СОУ. Функция управления включает некоторую группу, совокупность однородных и взаимосвязанных актов деятельности, приводящих к разрешению определенной задачи.

При автоматизации процессов управления в ФК КП АК, ФК КДП, ФК ИАО и ФК АТО выполняются функции управления, включающие следующие КФЗ: информационное обеспечение управления, планирование, расчетные задачи, контроль, оперативное управление, документирование, графическую визуализацию.

### **2.3. Функциональная структура СОУ АК**

Функциональная структура организационного управления ФК АК в процессе решения комплекса задач представлена и описана в работе [3].

Структура управления АК реализует следующие функции управления: управление АК при повседневной деятельности; управление АК при подготовке, проведении полетов и после полетов.

При данной структуре системы обеспечивается: реализация принципа единоначалия; управление ФК различной природы (неоднородных по своим функциям) с большим количеством разнообразных задач; достаточно высокая эффективность достижения поставленной цели на любом уровне управления; адаптивность системы к широкому спектру изменений состояния внешней среды.

## **3. Описание компьютерной модели СОУ АК**

### **3.1. Назначение КМ СОУ АК**

Под компьютерной моделью СОУ АК понимается совокупность математических методов, аналитических и имитационных моделей, программных алгоритмов, ТС и программных модулей (ПМ), реализующих ФК (подсистемы), комплексы задач и отдельные функциональные задачи СОУ АК. Компьютерная модель СОУ АК представляет собой многоуровневую адаптивную систему взаимосвязанных математических моделей информационных процессов в ходе функционирования СОУ АК.

Компьютерная модель СОУ АК предназначена для обеспечения возможности моделирования СОУ АК в интересах поддержки принятия решений в части проектирования (сопровождения), отработки базовых системных, конструкторских, программных и технологических решений, отработки и предварительной оценки эффективности функциональных компонент СОУ АК, подготовки специалистов по организации автоматизированного управления АК. КМ СОУ АК позволяет обеспечить отработку предварительных проектных решений по созданию СОУ АК путем моделирования процессов сбора, обработки, хранения и анализа информации для управления полетами ЛА, ИАО и АТО полетов, организации информационного взаимодействия между должностными лицами (ДЛ) АК при повседневной деятельности и выполнении полетов, а также обучения и подготовки специалистов АК за счет внедрения в процесс управления современных компьютерных, информационных, коммуникационных и аудиовизуальных технологий.

КМ позволяет моделировать технологию обмена информацией между структурными подразделениями АК с учетом уже наработанных в СОУ АК моделей информационного взаимодействия и полномасштабной имитацией информационных ресурсов, которые формируются структурными подразделениями АК по своим направлениям деятельности.

Компьютерная модель СОУ АК создана как ФК, объединяющий на общих принципах построения входящие в него автоматизированные рабочие места должностных лиц и специалистов (операторов).

### **3.2. Основные технические решения, реализованные в КМ СОУ АК**

Основными техническими решениями, реализованными в КМ СОУ АК, являются: реализация архитектуры системы реального времени с синхронизацией одновременно решаемых задач; обеспечение генерации требуемого АРМ на любой рабочей станции (РС) КМ с заданным набором ФЗ; обеспечение заданного уровня оперативности решения ФЗ; обеспечение заданного уровня надежности функционирования КМ; возможность расширения состава решаемых ФЗ; возможность коллективного (многопользовательского) доступа к информации с соблюдением требований стандартов безопасности и целостности данных; реализация простого, удобного, наглядного пользовательского интерфейса; автоматическое протоколирование, регистрация и последующее воспроизведение основных событий в системе.

### **3.3. Основные задачи КМ СОУ АК**

Анализ задач, решаемых в СОУ АК, позволил объединить их в функциональные группы и, исходя из этого, в КМ СОУ АК реализованы следующие группы ФЗ (ГФЗ): 1) ГФЗ «Информационное обеспечение управления»; 2) ГФЗ «Планирование»; 3) ГФЗ «Расчетные задачи»; 4) ГФЗ «Контроль»; 5) ГФЗ «Оперативное управление»; 6) ГФЗ «Документирование»; 7) ГФЗ «Графическая визуализация».

### **3.4. Функциональная структура КМ СОУ АК**

Функциональная структура КМ — структура, элементами которой являются функции, реализуемые уровнями управления АК, а отношениями — связи, обеспечивающие передачу информационных и управляющих воздействий. Функциональная структура КМ обеспечивает выполнение: разработки сценариев моделирования процессов управления, обучения и тренировки личного состава АК; конфигурирования, администрирования и управления работой КМ; информационного обеспечения процессов моделирования; реализацию алгоритмов моделирования процессов управления АК; анализа результатов моделирования; объединения в рамках единой информационной среды всех информационных потоков; оперативного получения необходимых данных (потребителями) за счет создания гибкой структуры вертикальных и горизонтальных информационных связей в структуре КМ СОУ АК.

В соответствии с функциями, реализованными в КМ СОУ АК, каждый уровень управления АК представлен отдельным ФК: ФК КП АК; ФК КДП; ФК ИАО; ФК АТО. Для имитации внешних источников информации об обстановке в КМ СОУ АК реализован ФК имитации входной информации (ИВИ).

### **3.5. Организационная структура КМ СОУ АК**

Организационная структура — логические соотношения уровней управления и функциональных областей, организованное таким образом, чтобы обеспечить эффективное достижение целей.

Организационная структура модели — иерархическая структура подчинения подразделений и персонала (организационных единиц). Назначение моделирования организационной структуры применительно к СОУ АК заключается в распределении автоматизируемых функций по ДЛ подразделений и определении полномочий доступа к системе.

Организационная структура КМ обеспечивает выполнение функциональных задач управления АК, а также задач, обеспечивающих функционирование КМ, и включает: ФК КП АК; ФК КДП; ФК ИАО; ФК АТО; ФК ИВИ; ФК администрирования и управления в составе: группа разработки сценария моделирования и анализа результатов моделирования, группа администрирования и управления КМ СОУ АК, группа эксплуатационной поддержки КМ СОУ АК.

Важным звеном организационной структуры КМ СОУ АК является группа разработки сценария моделирования и анализа результатов моделирования, состоящая из экспертов и аналитиков, которая формирует задачу и передает исходные требования группе администрирования и управления КМ СОУ АК.

Группа администрирования и управления КМ СОУ АК конфигурирует КМ для выполнения задач и передает сценарий моделирования функциональным комплексам КМ СОУ АК. Каждый ФК КМ СОУ АК моделирует свой КФЗ и выдает результаты моделирования.

### **3.6. Логическая структура КМ СОУ АК**

Под логической структурой КМ СОУ АК понимается структура связей и взаимодействия между элементами КМ. Данная структура полностью отображает работу КМ по логической цепочке от поступления задачи до конечного результата моделирования. Обобщенная логическая структура КМ СОУ АК представлена на рис. 1.

Поставленная задача поступает в группу разработки сценария и анализа результатов моделирования, которая готовит сценарий моделирования (с учетом возможности создания и отработки нештатных ситуаций — в случае необходимости), определяет состав АРМ, их функции, порядок взаимодействия для выполнения поставленной задачи и готовит распоряжение на формирование КМ СОУ АК в соответствии с разработанным сценарием.

Подготовленное распоряжение передается группе администрирования и управления КМ, которая формирует функциональные комплексы и АРМ, участвующие в выполнении сценария, а затем, в процессе моделирования выполняемой задачи, осуществляет мониторинг их работы.

Процесс и результаты моделирования протоколируются, документируются, сохраняются в БД КМ и передаются в группу разработки сценария и анализа результатов моделирования для детального рассмотрения, анализа и дальнейшего учета при подготовке последующих вариантов сценариев.



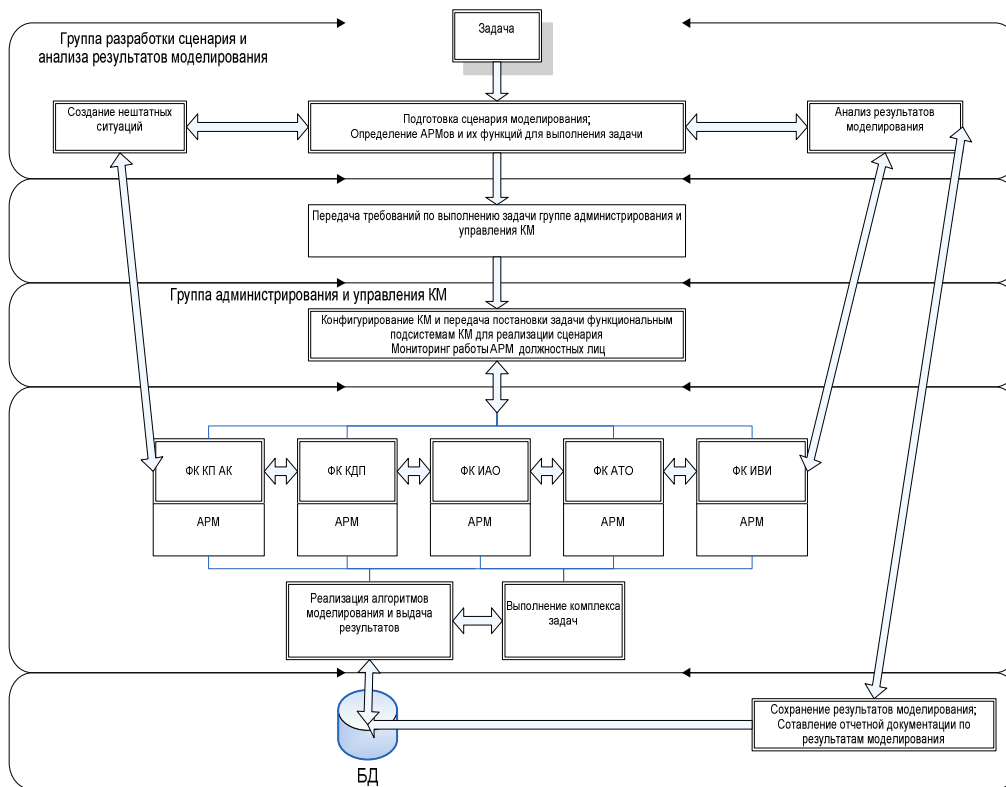


Рис. 1. Обобщенная логическая структура КМ СОУ АК

### 3.7. Архитектура компьютерной модели СОУ АК

КМ СОУ АК представляет собой интегрированную многоуровневую, территориально-распределенную автоматизированную систему. Архитектурные решения в КМ СОУ АК разработаны исходя из требования сбалансированного распределения задач и функций между уровнями системы и подсистемами.

Архитектура КМ СОУ АК базируется на следующих основных принципах: максимального использования коммуникаций и оборудования; комплексности, унификации и совместимости реализуемых технических и технологических решений; открытости; унификации программного и методического обеспечения; резервировании каналов передачи информации; обеспечении возможности разграничения доступа пользователей к различным сетевым ресурсам; применении единого пользовательского интерфейса.

Для обеспечения информационного взаимодействия с различными источниками и потребителями информации, а также другими сопряженными системами архитектура КМ основана на использовании стандартных протоколов, интерфейсов сопряжений и коммуникационных средств стандарта OSI, имеет возможности для расширения перечня функций, подключения дополнительных рабочих станций, на базе которых можно создавать новые АРМы, с применением современных программных средств и их последующих версий, совместимых с программно-техническими средствами, которые используются в системе.

Основными компонентами архитектуры КМ СОУ АК являются: ФК КП АК, ФК КДП, ФК ИАО, ФК АТО — для обеспечения автоматизации основных функ-

ций управления по уровням управления АК; ФК ИВИ — для моделирования (имитации) работы технических средств, обеспечивающих полеты, источников информации о воздушной обстановке и т.д.; ФК администрирования и управления — для выполнения задач администрирования и управления КМ; база данных и база знаний; общесистемное, сетевое и прикладное ПО; сервер приложений — для обеспечения работы функционального ПО КМ; сервер баз данных — для хранения и осуществления доступа к данным КМ; коммуникационное и техническое оборудование компьютерной сети, объединяющей отдельные компоненты КМ в единую систему; средства ввода, вывода, отображения и документирования информации.

Основу каждого ФК составляют АРМ должностных лиц, которые формируются, в соответствии с их функциональным назначением и заданным сценарием моделирования, как набор программных модулей реализации отдельных функций и соответствующих этим функциям задач. В состав ФК ИАО и ФК АТО, кроме АРМ должностных лиц, входят пульта ввода информации — мобильные устройства, предназначенные для ввода оперативной информации о состоянии и местонахождении на аэродроме АТ, АТС, а также о ходе выполнения работ по ТО АТ и АТС.

Сервер приложений реализован в виде двух аппаратных серверов — один находится в рабочем режиме, другой — в режиме ожидания. В случае сбоя рабочего сервера, сервер, находящийся в режиме ожидания, переходит в рабочий режим. Это повышает надежность прикладной части КМ. Задачи, решаемые сервером приложений — это задачи планирования и перепланирования, моделирования графиков выполнения технологических процессов и др.

Сервер баз данных реализован в виде кластера, что обеспечивает его отказоустойчивость. Для хранения данных используется дисковый массив с организацией RAID 5 уровня с возможностью «горячей» замены дисков, что повышает отказоустойчивость сервера БД.

На рис. 2 представлена обобщенная архитектура КМ СОУ АК.



Рис. 2. Обобщенная архитектура КМ СОУ АК

## **4. Описание компьютерных моделей функциональных комплексов СОУ АК**

### **4.1. Компьютерная модель ФК КП АК**

Компьютерная модель ФК КП АК предназначена для моделирования процессов управления деятельностью АК как при повседневной деятельности, так и при организации и проведении полетов, а также для тренажа должностных лиц КП АК в ходе отработки различных сценариев руководства и управления АК.

В КМ ФК КП АК реализованы следующие АРМ: АРМ руководителя АК; АРМ начальника штаба АК; АРМ заместителя руководителя АК по летной подготовке; АРМ операторов по ведению общей обстановки и управления; АРМ оператора пункта управления планированием действий авиации; АРМ штурмана АК; АРМ оператора связи АК; АРМ разведки АК; АРМ управления полетами и перелетами; АРМ метеорологического обеспечения; АРМ оператора по управлению видами авиации; АРМ оператора оперативной группы взаимодействующей авиации.

### **4.2. Компьютерная модель ФК КДП**

Компьютерная модель ФК КДП предназначена для моделирования процессов организации и управления взлетом, посадкой и полетами ЛА в ближней зоне (в зоне аэродрома), тренажа ДЛ Группы руководства полетами в ходе отработки различных сценариев руководства и управления полетами ЛА. В ФК КДП реализованы следующие АРМ: АРМ руководителя полетов; АРМ помощника руководителя полетов; АРМ руководителя ближней зоны; АРМ руководителя зоны посадки; АРМ оператора поста управления движением ЛА; АРМ оператора поста завода на посадку; АРМ оператора выносного поста управления взлетом самолетов; АРМ оператора авиационного поисково-спасательного поста; АРМ оператора выносного поста управления посадкой.

### **4.3. Компьютерная модель ФК ИАО**

Компьютерная модель ФК ИАО предназначена для моделирования процессов управления ИАО полетов при повседневной деятельности (выполнение регламентных, планово-профилактических работ по периодическому техническому обслуживанию АТ), а также при организации и проведении полетов (выполнение работ по планированию, управлению и контролю предполетной подготовки, подготовки к повторному вылету и послеполетной подготовки авиационной техники).

В ФК ИАО реализованы следующие АРМ: АРМ заместителя руководителя АК по ИАО; АРМ старшего инженера полетов; АРМ старших инженеров по специальностям; АРМ заместителя руководителя авиаэскадрильи (АЭ) по ИАО (инженеров АЭ); АРМ начальника технико-эксплуатационной части (ТЭЧ); АРМ начальников ТЭЧ отрядов (звеньев); АРМ начальника группы средств объективного контроля; АРМ оператора учета данных ИАО; АРМы дежурных ИАО по аэродрому; Пульты техников ЛА для ввода информации о состоянии, местонахождении АТ, а также о ходе выполнения технологических процессов подготовок ЛА.

#### **4.4. Компьютерная модель ФК АТО**

Компьютерная модель ФК АТО предназначена для моделирования процессов управления АТО полетов как при повседневной деятельности (выполнение регламентных, планово-профилактических работ по периодическому техническому обслуживанию АТС), так и при организации и проведении полетов (выполнение работ по обеспечению предполетной подготовки, взлета, посадки ЛА, подготовки к повторному вылету и послеполетной подготовки авиационной техники).

В компьютерной модели ФК АТО реализованы следующие АРМ: АРМ руководителя АТО; АРМы руководителей дивизионов АТО; АРМы дежурных АТО по аэродрому; АРМ оператора управления эксплуатацией и ремонтом АТС; АРМ оператора учета данных АТО; Пульты ввода информации начальников расчетов АТО для ввода информации о состоянии АТС, местонахождении подвижных АТС, а также о ходе выполнения технологических процессов по ТО АТС.

#### **4.5. Компьютерная модель ФК ИВИ**

Компьютерная модель ФК ИВИ предназначена для имитации процессов полета ЛА и выдачи на АРМ должностных лиц ФК КП АК и ФК КДП данных о воздушной обстановке (ВО), метеорологической обстановке, координатах местоположения ЛА, траекториях движения ЛА на различных этапах полетов и т.д.

Компьютерная модель ФК ИВИ обеспечивает: имитацию полета ЛА на различных этапах полета (взлет, ближняя зона, дальняя зона, зона посадки) в соответствии с заранее разработанным сценарием; имитацию действий воздушных объектов различного типа в пространстве и времени в соответствии с заранее разработанным сценарием — формирование ВО в зоне полетов авиации; имитацию данных о метеорологической обстановке в районе полетов авиации; ввод сценария полета ЛА разной принадлежности с указанием класса воздушного объекта (самолет, вертолет) и типа каждого объекта, точек изменения параметров движения (скорости, курса, высоты) с привязкой к электронной карте; создание базы данных ВО и метеорологической обстановки; выдача синхронизированного по времени (с заданным темпом обновления информации) потока входных данных (кодограмм) о ВО для АРМ ФК КП АК и ФК КДП, в том числе в режиме «наложения» нескольких заранее разработанных сценариев действий воздушных объектов для создания различных вариантов комплексной ВО обстановки; отображение ВО с использованием картографической информации.

Организационно компьютерная модель ФК ИВИ реализована в виде одного АРМ — оператора ФК ИВИ, на котором обеспечивается возможность предварительного ввода, запуска процесса моделирования и корректировки в ходе моделирования сценариев полета ЛА, а также сценариев воздушной обстановки.

#### **4.6. Компьютерная модель ФК администрирования и управления**

Компьютерная модель ФК администрирования и управления предназначена для управления ПО и программно-техническими средствами КМ при обработке всего спектра функциональных задач на КМ СОУ АК.

ФК администрирования и управления КМ позволяет сконфигурировать программный профиль пользовательского АРМ (из множества функциональных модулей (сервисов), загрузить его в АРМ, подключить к информационным ресурсам

КМ и обеспечить выполнение сценария моделирования. Кроме того, под управлением ФК администрирования и управления выполняется протоколирование действий пользователей АРМ, а также протоколирование и обработка нештатных ситуаций (НС), возникающих в процессе моделирования. Это позволяет выявлять закономерности и своевременно вносить коррективы в выполняемые задачи.

#### **4.6.1. Основные задачи ФК администрирования и управления**

Основными задачами ФК администрирования являются: 1) подготовка сценария моделирования; 2) формирование КМ в соответствии с заданным сценарием — для выполнения решения КФЗ с использованием КМ СОУ АК; 3) управление моделированием и обеспечение функционирования КМ в ходе решения КФЗ; 4) обеспечение воспроизведения действий ДЛ по окончанию моделирования — с целью разбора и анализа.

#### **4.6.2. Технологический процесс развертывания и формирования КМ**

Исходным для развертывания КМ СОУ АК является программно-технический комплекс (ПТК) КМ с установленным стандартным ПО и функциональное ПО КМ на носителях информации. В процессе развертывания и формирования КМ выполняются следующие группы технологических операций:

1) развертывание КМ: развертывание БД КМ — установка на Сервер БД реализации концептуально-логической базы данных КМ, выполняется с использованием стандартных программных средств СУБД Oracle 10g; установка функционального ПО КМ — выполняется установка функционального ПО КМ на Сервер приложений и клиентского ПО на рабочие станции, используемые в качестве АРМ;

2) формирование функциональности КМ: создание АРМ Администратора — инициализация описания АРМ Администратора в БД КМ и настройка его функциональности с использованием sql-скриптов средствами СУБД Oracle 10g; формирование Реестра программных модулей (ПМ) — списка программных модулей, реализующих отдельные функции на АРМ в рамках решения ФЗ; формирование Реестра ФЗ — списка ФЗ, решаемых на КМ, с указанием их взаимосвязи и взаимного порядка их решения, со ссылками на реализующие их программные модули; ввод информации об организационно-функциональной структуре — перечень и структура ФК КМ СОУ АК;

3) формирование КМ для решения КФЗ: формирование Реестра АРМ — списка АРМ по ФК КМ СОУ АК, с конфигурированием АРМ должностных лиц — на основании реестра программных модулей; регистрация пользователей АРМ — назначение логина/пароля для доступа к АРМ и информационным ресурсам КМ; формирование списка нештатных ситуаций — перечня НС по ФК, с заданием списка АРМ для оповещения; загрузка исходных данных для решения ФЗ — загрузка в БД КМ входных данных контрольных примеров для ФЗ, подлежащих моделированию; настройка параметров протоколирования — перечня АРМ, на которых будут протоколироваться действия должностных лиц и прав их доступа на воспроизведение протоколирования; задание параметров моделирования — начальное значение модельного времени; синхронизация времени КМ — синхронизация модельного времени между сервером приложений, сервером БД и РС, участвующими в моделировании.

По окончании выполнения всех технологических операций по формированию КМ СОУ АК модель готова к проведению моделирования решения сконфигурированных КФЗ.

#### **4.7. Общее описание процесса моделирования комплексных задач на КМ**

Процесс формирования задания включает в себя выработку сценария действий должностных лиц при моделировании комплексной задачи. В частном случае — это может быть указание вызова уже сконфигурированной комплексной задачи (например, «Постановки задачи на полеты»). В этом случае администратор КМ из таблицы «Программный модуль» БД администрирования выбирает ссылку на DLL библиотеку с описанием соответствующей задачи, сценарий решения которой четко регламентирует действия должностных лиц на КМ.

Этап подготовки начальных условий для моделирования КЗ включает подготовку данных, содержащих начальные условия. Например, имитацию распоряжения с указанием целей и задач полетов или организацию полетов при заданных метеоусловиях в ночную смену.

#### **4.8. Управление процессом моделирования**

Особенность коллективной обработки (создания) документов заключается в том, что ни одно ДЛ не обладает правами доступа к информационным ресурсам (ИР) КМ (базам данных, функциям, задачам, процедурам), достаточными для самостоятельного формирования конечного документа. Поэтому решение такого класса задач выполняется коллективом исполнителей с разными ролями и правами доступа к ИР.

Роль и права доступа АРМ пользователей (должностных лиц КМ) к ИР устанавливает администратор КМ перед началом моделирования на основании сценария. Топология и состав АРМ КМ для решения КЗ формируется в соответствии с функциональными обязанностями ДЛ АК.

Управление процессом моделирования при отработке комплексной задачи включает: конфигурирование функционального ПО — формирование профиля функционального ПО для каждого АРМ (набор задач, функций, процедур) из множества функциональных ПМ (сервисов); назначение прав доступа к ИР и ролей пользователей (ДЛ), участвующих в решении КЗ на КМ; загрузка ПО в АРМ должностных лиц, участвующих в решении КЗ; конфигурирование комплекса технических средств (серверов и АРМ должностных лиц), БД и синхронизация времени на всех АРМ КМ; выбор задачи (из списка КЗ) и ее активация; управление процессом моделирования КЗ (пуск, прерывание, обмен сообщениями, ожидание подтверждения о получении/отправке сообщений); протоколирование действий АРМ должностных лиц в процессе решения КЗ (действия операторов, системные нарушения, обмен сообщениями, НС); анализ журналов отчетности с результатами выполнения процедур и функций в процессе решения КЗ (действия операторов, системные журналы, обмен сообщениями, нештатные ситуации).

## **5. Технология (сценарий) моделирования СОУ АК**

### **5.1. Суть компьютерного моделирования**

Суть компьютерного моделирования заключается в создании компьютерной программы (пакета программ), описывающей поведение элементов исследуемой системы в процессе ее функционирования, учитывающей их взаимодействие между собой и внешней средой, и проведении на ЭВМ серии экспериментов. Это делается с целью изучения природы и поведения объекта, его оптимизации и структурного развития, прогнозирования новых явлений.

### **5.2. Сценарий компьютерного моделирования**

Сценарий — это последовательность действий (комплекс мероприятий), которые могут влиять на развитие ситуации. Сценарий для моделирования — это совокупность исходных данных и предположений, используемых при моделировании системы. Сценарий является описанием конкретных случаев использования системы, связанных во времени, и содержит описания среды, данных, пользователей и реакции системы, с определением условий их начала и завершения [5].

### **5.3. Сценарий компьютерного моделирования задачи «Принятие решения Руководителем АК и разработка постановки задачи на полеты»**

В качестве примера выполнения процедур сценария приведем и опишем структуру сценария моделирования задачи «Принятие решения Руководителем АК и разработка постановки задачи на полеты». Эта задача является КЗ и относится к классу задач с «коллективной обработкой (созданием) документов». Результатом решения этой задачи является формирование конечного документа «Постановка задачи на полеты», в котором содержатся интегрированные данные из многих информационных ресурсов КМ. В процессе решения КЗ должностные лица ФК АК, участвующие в сценарии, взаимодействуют между собой.

Для отработки задачи на КМ выполнена декомпозиция КЗ. Цель декомпозиции — разбиение КЗ на ряд отдельных составляющих (подзадач). Эти подзадачи должны отражать реальное распределение ролей ДЛ при коллективном решении КЗ на КМ. Конечной целью декомпозиции является оформление подзадач в виде отдельных программных модулей, которые должны вводиться в состав ФПО АРМ ДЛ. Именно с помощью этих ПМ производится решение комплексной задачи на КМ.

Конечным результатом решения КЗ является создание документа «Постановка задачи на полеты». Этот документ содержит достаточно большое количество различных полей, заполняемых в процессе его формирования из разных информационных ресурсов. Процесс решения КЗ можно представить в виде последовательно-параллельных этапов. В свою очередь, каждый из этапов может быть описан в виде набора процедур или команд, с указанием последовательности их выполнения, функциональных зависимостей и условий реализации. Детальная проработка общего алгоритма решения задачи «Принятие решения Руководителем АК и разработка постановки задачи на полеты» позволила представить каждый этап в виде определенной последовательности процедур  $V_j^i$ .

Функциональный граф  $FG$  сценария решения задачи «Принятие решения Руководителем АК и разработка постановки задачи на полеты» представлен на рис. 3. Каждый ярус  $FG - i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ) соответствует этапу решения КЗ.

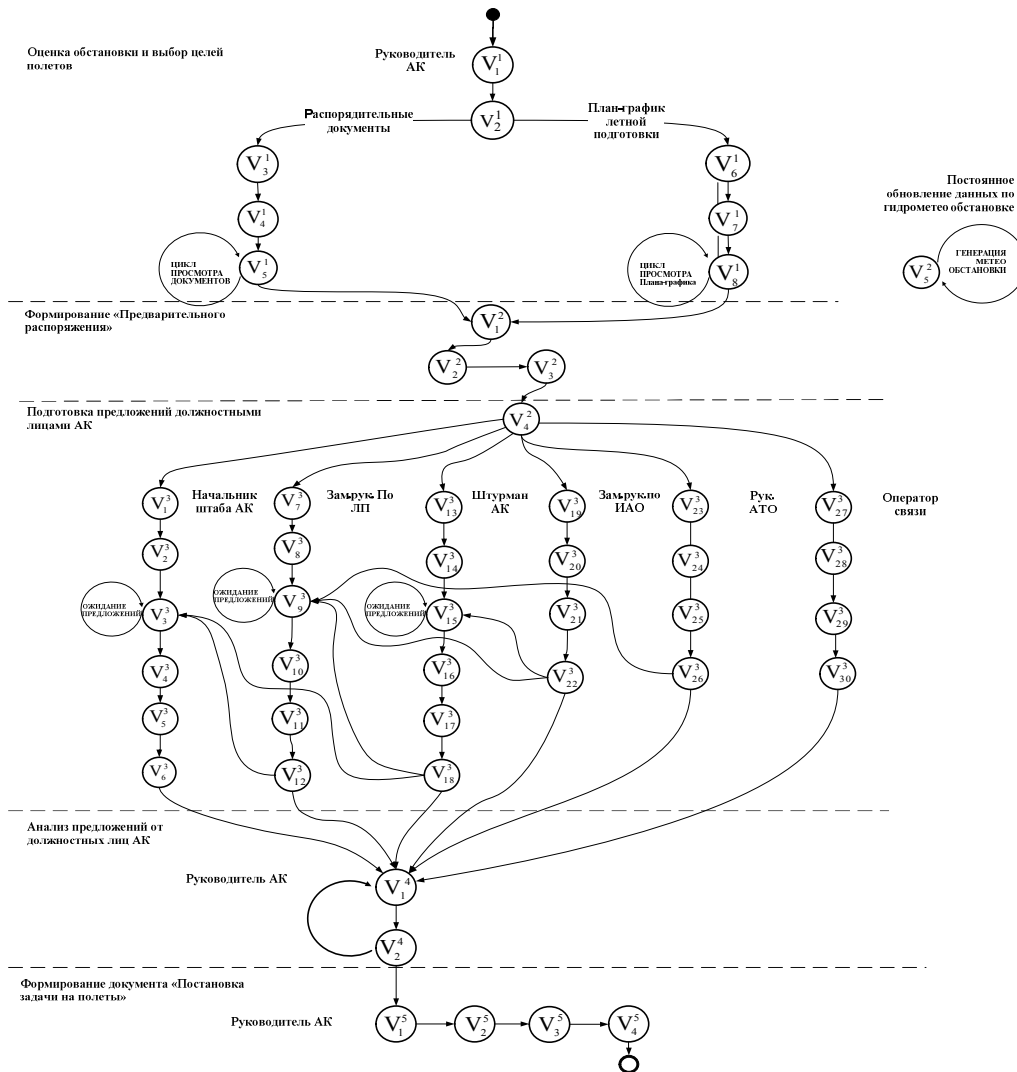


Рис. 3. Функциональный граф сценария решения задачи «Принятие решения Руководителем АК и разработка постановки задачи на полеты»

В таблице приведен набор процедур  $V_j^i$ , с помощью которых выполняется решение КЗ, а также условия их выполнения.

Обозначение процедуры	Наименование процедуры (команды) $V_j^i$	Условия выполнения процедуры
$V_1^1$	Выбор из меню АРМ Рук. АК (функция «Планирование») подпункта «Постановка задачи на полеты» и активация задачи на экране	Начало решения задачи на КМ
$V_2^1$	Оценка наличия распорядительных документов (РД) в входной почте («ФКЗ оперативного взаимодействия»)	Переход по условию



Продолжение таблицы		
$V_3^1$	Выбор пункта меню «Прием распорядительных документов» на АРМ Рук. АК	В почтовом ящике есть РД
$V_4^1$	Активация процедуры «Просмотр РД» на АРМ Рук. АК («ФКЗ оперативного взаимодействия»)	Чтение почты
$V_5^1$	Просмотр РД с целью формирования оперативной задачи на полеты	Цикл просмотра документов
$V_6^1$	Вызов подпункта меню на АРМ Рук. АК «План-график летной подготовки»	План-график летной подготовки
$V_7^1$	Отображение «План-графика летной подготовки» с целью формирования задачи на полеты	
$V_8^1$	Выбор плановой задачи на полеты из «Плана-графика летной подготовки» (номер задачи, наименование задачи, дата полетов, содержание задачи)	Цикл просмотра плана-графика
$V_1^2$	Выбор пункта меню «Прогноз метеорологической обстановки» на АРМ Рук. АК	Обращение к сервису ГМО
$V_2^2$	Оценка метеорологических данных в районе полетов с целью уточнения условий полетов	
$V_3^2$	Заполнение шаблона формы «Предварительное распоряжение» (дата, время, задачи на полеты, характер полетов, срок подготовки предложений) из РД или «План-график летной подготовки» на АРМ Рук. АК	Обращение к БД
$V_4^2$	Рассылка «Предварительного распоряжения» ДЛ, участвующим в решении КЗ «Постановка задачи на полеты»	По списку — в соответствии с регламентом
$V_1^3$	Прием сообщения «Предварительное распоряжение» от Рук. АК на АРМ начальника штаба АК	Индикация о поступлении сообщения
$V_2^3$	Выбор в меню «Планирование» подзадачи «Подготовка предложений Руководителю АК» и подтверждение получения сообщения	На АРМ начальника штаба АК
$V_3^3$	Ожидание предложений от Зам.рук. АК по ЛП, штурмана АК	
$V_4^3$	Оценка ГМО в районе полетов	Обращение к сервису ГМО
$V_5^3$	Заполнение шаблона формы «Подготовка предложений Руководителю АК» с использованием БД, доступных Начальнику штаба АК	Шаблон с привязкой к функциям ДЛ
$V_6^3$	Отправка предложений Руководителю АК	По регламенту
$V_7^3$	Прием сообщения «Предварительное распоряжение» от Руководителя АК на АРМ Зам.рук. АК по ЛП	Индикация о поступлении сообщения
$V_8^3$	Выбор в меню «Планирование» подзадачи «Подготовка предложений Руководителю АК» на АРМ Зам.рук. АК по ЛП и подтверждение получения сообщения	
$V_9^3$	Ожидание предложений от штурмана АК, Зам. рук. АК по ИАО, Рук. АТО	
$V_{10}^3$	Оценка метеорологической обстановки в районе полетов	Обращение к сервису ГМО
$V_{11}^3$	Заполнение шаблона формы «Подготовка предложений Руководителю АК» с использованием БД, доступных Нач. штаба АК	
$V_{12}^3$	Завершение отработки «Подготовка предложений Руководителю АК» и отправка предложений с АРМ Зам.рук. АК по ЛП	По списку — в соответствии с регламентом
$V_{13}^3$	Прием сообщения «Предварительное распоряжение» от Руководителя АК на АРМ штурмана АК	Индикация о поступлении сообщения
$V_{14}^3$	Выбор в меню «Планирование» подзадачи «Подготовка предложений Руководителю АК» на АРМ штурмана АК и подтверждение получения сообщения	
$V_{15}^3$	Ожидание предложений от Зам. рук. АК по ИАО	
$V_{16}^3$	Оценка уточненных метеорологических данных в районе полетов	Обращение к сервису ГМО

Продолжение таблицы		
$V_{17}^3$	Заполнение шаблона формы «Подготовка предложений Руководителю АК» с использованием БД, доступных штурману АК	Шаблон с привязкой к функциям ДЛ
$V_{18}^3$	Завершение обработки и отправка предложений с АРМ штурмана АК	По списку — в соответствии с регламентом
$V_{19}^3$	Прием сообщения «Предварительное распоряжение» от Руководителя АК на АРМ Зам. рук. АК по ИАО	Индикация о поступлении сообщения
$V_{20}^3$	Выбор в меню «Планирование» подзадачи «Подготовка предложений Руководителю АК» на АРМ Зам. рук. АК по ИАО и подтверждение получения сообщения	
$V_{21}^3$	Заполнение шаблона формы «Подготовка предложений Руководителю АК» с использованием БД, доступных Зам. рук. АК по ИАО	Шаблон с привязкой к функциям ДЛ
$V_{22}^3$	Завершение обработки и отправка предложений в соответствии с регламентом	По списку в соответствии с регламентом
$V_{23}^3$	Прием сообщения «Предварительное распоряжение» от Руководителя АК на АРМ Рук. АТО	Индикация о поступлении сообщения
$V_{24}^3$	Выбор в меню «Планирование» подзадачи «Подготовка предложений Руководителю АК» на АРМ Рук. АТО и подтверждение получения сообщения	
$V_{25}^3$	Заполнение шаблона формы «Подготовка предложений Руководителю АК» с использованием БД, доступных Рук. АТО	Шаблон привязкой к функциям ДЛ
$V_{26}^3$	Завершение обработки и отправка предложений с АРМ Рук. АТО	По списку — в соответствии с регламентом
$V_{27}^3$	Прием сообщения «Предварительное распоряжение» от Руководителя АК на АРМ оператора связи	Индикация о поступлении сообщения
$V_{28}^3$	Выбор в меню «Планирование» подзадачи «Подготовка предложений Руководителю АК» на АРМ оператора связи и подтверждение получения сообщения	
$V_{29}^3$	Заполнение шаблона формы «Подготовка предложений Руководителю АК» с использованием БД, доступных оператору связи	Шаблон привязкой к функциям ДЛ
$V_{30}^3$	Завершение обработки и отправка предложений с АРМ оператора связи	По списку в соответствии с регламентом
$V_1^4$	Анализ предложений от ДЛ Руководителю АК (на АРМ Рук. АК)	По мере поступления предложений
$V_2^4$	Утверждение Руководителем АК предложений от должностных лиц	На АРМ Рук. АК
$V_1^5$	Выбор на АРМ Рук. АК подпункта меню «Формирование документа «Постановка задачи на полеты»	
$V_2^5$	Выполнение процедуры автоматического формирования документа «Постановка задачи на полеты»	На АРМ Рук. АК Шаблон документа
$V_3^5$	Утверждение документа «Постановка задачи на полеты» и запись в БД документов	Утвержденный документ
$V_4^5$	Рассылка документа «Постановка задачи на полеты» с АРМ Рук. АК	По списку в соответствии с регламентом
$V_5^2$	Сервис — Постоянное обновление данных по ГМО	Динамическая генерация ГМО

По мере внедрения в состав КМ новых программных компонент список ДЛ, участвующих в решении КЗ, может расширяться.

#### 5.4. Организация информационного взаимодействия в КМ СОУ АК

Информационное взаимодействие (ИВ) — отражение маршрутов движения информации, ее объектов, мест возникновения первичной информации и использования результатов информации. ИВ составляет основу совместного функциони-

рования элементов КМ СОУ АК, организуется и поддерживается с целью обмена информацией между ФК КМ СОУ АК.

Информационное взаимодействие реализовано путем информационных технологий, представляющих совокупность методов, протоколов обмена и программно-технологических средств, обеспечивающих сбор, хранение, обработку и выдачу информации в согласованном виде и форматах. Информационное взаимодействие в КМ СОУ АК реализовано за счет обеспечения совместимости всех элементов КМ между собой и взаимодействующими объектами; поддержания элементов КМ в состоянии информационной идентичности; обеспечения обмена информацией различных видов и требуемых объемов между информационно-взаимосвязанными элементами КМ.

Для организации информационного взаимодействия разработаны протоколы и регламент обмена данными, как для информации, которая обрабатывается автоматически, так и для информации, которая подлежит обработке экспертами (в автоматизированном режиме). Протоколы и регламент обмена данными устанавливают порядок и форматы обмена данными. Порядок обмена данными определяет состав и объем информации при обмене. Формат обмена данными определяет структуру сообщений, посредством которых передается информация.

## **6. Информационное обеспечение КМ СОУ АК**

Информационное обеспечение КМ — совокупность единой системы классификации и кодирования информации, унифицированных систем документации, схем циркулирующих информационных потоков, а также методология построения баз данных.

Система классификации и кодирования поддерживает процесс накопления и сохранения информации, а также решение функциональных задач с минимальными затратами памяти и в заданном масштабе времени.

Базы данных и знаний являются одним из главных звеньев архитектуры КМ и выступают в качестве основного источника для обработки и анализа всей имеющейся информации.

Предметные базы данных отражают информационную среду взаимодействия совокупности предметно-ориентированных ФЗ. Предметные базы данных включают: БД администрирования; БД документов; БД личного состава; БД летного состава; БД освещения общей обстановки; БД инженерно-оперативных расчетов по ИАО; БД инженерно-штурманских расчетов; БД ЛА; БД авиационных двигателей; БД бортового оборудования ЛА; БД материальных средств ИАО; БД технического обслуживания АТ; БД объективного контроля; БД АТС; БД материальных средств АТО; БД работ АТО; БД ГМО; БД КП АК; БД оперативного взаимодействия; БД перебазирования; БД плановой таблицы полетов; БД поисково-спасательных средств; БД справочников.

База знаний КМ СОУ АК представляет собой информационную систему, содержащую систематизированные сведения о процессе управления АК, модель управления АК, алгоритмы моделирования процессов управления АК, программы, варианты реализации ФЗ, сценарии моделирования процессов управления, обучения и тренировки личного состава АК, анализ результатов моделирования, а

также необходимую информацию и рекомендации для лиц, принимающих решения.

## Выводы

Компьютерное моделирование системы организационного управления авиационным комплексом позволяет произвести всестороннее исследование функционирования системы (как в полной комплектации, так и в сокращенной конфигурации, соответствующей заданному сценарию) в различных ситуациях и определить возможные пути совершенствования СОУ АК.

1. *Построение* системы организационного управления авиационным комплексом / Додонов А.Г., Ландэ Д.В., Путятин В.Г., Куценко С.А. // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2014. — Т. 16, № 1. — С. 28–43.

2. *Додонов А.Г.* Методы принятия решений в автоматизированной системе управления предполетной подготовкой летательных аппаратов / А.Г. Додонов, А.Е. Литвиненко, М.Г. Луцкий. — К.: НАУ, 2011. — 340 с.

3. *Додонов А.Г.* Живучесть информационных систем / А.Г. Додонов, Д.В. Ландэ. — К.: Наук. думка, 2011. — 256 с.

4. *Компьютерные* информационно-аналитические системы. Толковый словарь / А.Г. Додонов, С.Р. Коженевский, Д.В. Ландэ, В.Г. Путятин. — К.: Феникс, 2013. — 554 с.

5. *Markus Mannio.* Requirements Elicitation Using a Combination of Prototypes and Scenarios / Markus Mannio, Uolevi Nikula. — Telecom Business Research Center Lappeenranta, Lappeenranta University of Technology. — Lappeenranta, 2001. — Режим доступа: <http://www2.lut.fi/~unikula/Publications/TBRCRR5.pdf>

Поступила в редакцию 05.06.2014