

## СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ НА КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРУЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ

\*Институт проблем регистрации информации НАН Украины, Киев, Украина

**Анотація.** У статті розглянуто функціональні можливості комп'ютерного моделюючого комплексу при моделюванні процесів автоматизованого управління авіаційним комплексом на прикладі рішення комплексної функціональної задачі «Виконання планової таблиці польотів».

**Ключові слова:** авіаційний комплекс, завдання, моделювання, планова таблиця польотів, система, структура, сценарій, функція.

**Аннотация.** В статье рассмотрены функциональные возможности компьютерного моделирующего комплекса при моделировании процессов автоматизированного управления авиационным комплексом на примере решения комплексной функциональной задачи «Выполнение плановой таблицы полетов».

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

**Abstract.** The article describes functional capabilities of the computer modeling complex under process modeling of automated control of aviation complex on the example of solution of complex functional task “Flight plan realization”.

**Keywords:** aviation complex, task, modeling, flight plan, system, structure, scenario, function.

### 1. Введение

Высокая интенсивность использования авиации различного назначения, трудности планирования ее применения и использования больших групп летательных аппаратов (ЛА) при решении поставленных перед ними задач определяют необходимость создания системы организационного управления авиационным комплексом (СОУ АК), предназначенной для управления действиями авиации, полетами ЛА, ближней навигацией и посадкой ЛА, инженерно-авиационным обеспечением (ИАО) и материально-техническим обеспечением (МТО) полетов [1–4].

Авиационный комплекс корабля (aviation complex) – комплекс вооружения корабля, включающий корабельные летательные аппараты с их оборудованием и вооружением и авиационно-технические средства корабля.

Для обучения летного и личного состава авиационных подразделений, базирующихся на подвижном аэродроме (авианесущем корабле (АНК), платформе, площадке), необходима новая материально-техническая база, создаваемая на основе современных максимально унифицированных технических средств обучения, разработанных с использованием современных информационно-коммуникационных технологий. Обеспечение высокого уровня подготовленности летного и личного состава от уровня отдельных авиационных подразделений (звена, эскадрильи) до высших звеньев управления (авиационного полка или крыла) с одновременным снижением материальных и финансовых затрат является весьма актуальной задачей для подготовки авиационных подразделений и их органов управления.

Авианесущий корабль (АНК) (aviabearing ship) – боевой надводный корабль, оборудованный для группового базирования, взлета и посадки корабельных самолетов (вертолетов), являющихся его основным боевым средством. АНК имеет оборудование для управления полетом и посадкой; ангар; полетную палубу или площадку, а также технические средства для обслуживания. К авианесущим кораблям относятся авианосцы, вертолето-

носцы, крейсера, десантные корабли, противолодочные и др. корабли, имеющие на вооружении палубные самолеты и вертолеты. АНК предназначены для участия в массированных ракетно-авиационных ударах; прикрытия группировок разнородных сил Военно-морских сил (ВМС) от ударов с воздуха и моря; поиска и уничтожения корабельных сил; обеспечения высадки десанта. В зависимости от боевого предназначения, водоизмещения и мощности силовых установок АНК подразделяются на ударные, тяжелые, противолодочной обороны, легкие, конвойные, десантных вертолетов.

Необходимость решения данной задачи сегодня обусловлена постоянным изменением характеристик средств вооруженной борьбы вероятного противника; возрастающей динамикой боевых действий; участием разнородных и разновидных сил и средств при решении поставленных перед АНК задач; ограниченными возможностями используемого типажа воздушных мишеней по созданию воздушной и помеховой обстановки при проведении тактических учений с боевой стрельбой на морских полигонах; возрастающей стоимостью проведения полномасштабных учений и совместных тренировок боевых расчетов различных уровней управления; ограниченными возможностями существующих тренажерных средств по интеграции их в тренажерные комплексы и тренажные системы в интересах комплексной подготовки авиационного персонала АНК.

Возможным подходом к решению этой задачи, связанной с организацией и проведением мероприятий боевой и оперативной подготовки, может быть использование современных технологий моделирования, применяемых в технических средствах обучения для подготовки персонала и органов управления авиационной группой (авиационным крылом).

В ИПРИ НАН Украины в период 2005–2007 гг. проводились работы по созданию современного компьютерного моделирующего комплекса автоматизированной системы управления авиационным комплексом (АСУ АК) и разработке перспективных технологий моделирования боевых действий и тренажа специалистов АК и органов управления соединений, объединений АК [1–15].

В статье [1] рассмотрены принципы построения, структура компьютерной модели (КМ) и технология компьютерного моделирования функционирования системы СОУ АК в различных ситуациях, ориентированные на поддержку работ по СОУ АК, обеспечение возможности создания СОУ АК, реализующей эффективное управление применением АК в реальном масштабе времени. Показано, что основным методом исследования СОУ АК – математическое моделирование, в том числе имитация процессов ее функционирования на ЭВМ. Для моделирования СОУ АК необходимо формализовать процессы ее функционирования, то есть представить эти процессы в виде последовательности четко определяемых событий, явлений или процедур, и затем построить математическое описание системы [2].

Цель настоящей статьи – описание сценария моделирования комплексной функциональной задачи (КФЗ) управления выполнением плановой таблицы полетов (ПТП) на компьютерном моделирующем комплексе, а также описание действий пользователей с использованием экранных форм (ЭФ) автоматизированных рабочих мест (АРМ) и порядка информационного взаимодействия между АРМ должностных лиц (ДЛ) функциональных подсистем КМК автоматизированной системы управления (АСУ) АК в соответствии с решаемыми функциональными задачами (ФЗ). Здесь функциональная задача (functional problem) – задача, связанная с основным назначением функционирования АК или его части (функциональной подсистемы).

Сценарий [16–21] – последовательность событий во времени, конкретное вербальное описание деятельности, которой занимается пользователь, когда выполняет задание; детальное описание деятельности, позволяющее обосновать и определить ее результаты. Сценарии позволяют анализировать и планировать нестандартные ситуации. Они позволяют понять, при каких условиях может возникнуть благоприятная или неблагоприятная ситуация. Сценарий помогает оценить, как можно и как нужно воздействовать на процес-

сы, приводящие к приемлемым и неприемлемым для организации исходам. Сценарии дают возможность четко формулировать и сопоставлять между собой различные вероятные или желательные перспективы развития.

Для моделирования реализации этой КФЗ используется так называемый сценарный подход [19, 21], позволяющий проводить многовариантный ситуационный анализ моделируемой задачи. Сценарный подход – эффективный метод прогнозирования комплексной ситуации, позволяющий определять неожиданные пути решения проблемных задач в управлении сложными системами; это описание логически последовательного процесса изменения в пространстве и времени объекта прогнозирования, исходя из сложившейся или возможной ситуации. Описание сценариев ведется с учетом временных оценок. Сценарный подход (сценарное моделирование) подразумевает проведение альтернативных расчетов с данными, соответствующими различным вариантам развития ситуации, а также разработку логически и методологически обоснованной поливариантной картины будущего с последующей оценкой вероятностей реализации того или иного варианта развития событий.

Суть сценарного подхода состоит в том, что экспертами составляются возможные сценарии изменения внешней среды и предлагаются варианты стратегий организации, наиболее приемлемые в данных условиях.

Сценарный подход реализуется путем моделирования возможных вариантов будущего развития событий, что позволяет не только выявить возможные риски, но и дать количественные оценки их параметров.

Сценарии организованы в единую иерархическую структуру. Вершиной иерархии является сценарий реализации комплексной задачи, определяемой целевой функцией системы, в которую в качестве дочерних элементов входит множество самостоятельных сценариев, реализующих менее сложные задачи. Иерархическая структура сценариев обеспечивает механизм построения сложных сценариев с использованием набора более простых. При этом сложность генерируемого сценария определяется поставленной задачей и глубиной моделирования. В основе сценария может лежать как частная ФЗ, решаемая в автономном режиме, так и комплексная функциональная задача (КФЗ), решаемая группой специалистов и объединяющая АРМ различных уровней управления.

В каждой функциональной подсистеме компьютерного моделирующего комплекса сформирован базовый набор АРМ, обеспечивающих выполнение целевой функции системы. Каждому АРМ поставлена в соответствие базовая функциональность, позволяющая решать задачи, определяемые местом пользователя АРМ в структуре управления. В то же время для отработки и моделирования процессов организационного управления в КМК реализована возможность гибкого и масштабируемого формирования каждого АРМ. Это означает, что АРМ, в соответствии с модульным принципом построения системы, формируется как совокупность программных модулей реализации отдельных функций и соответствующих этим функциям задач (с определением полномочий пользователей и их прав доступа к различным базам данных). Любое рабочее место может быть развернуто на любой рабочей станции (РС) КМК.

## **2. Подготовка КМК к выполнению сценария моделирования**

Выполнение любого из множества сценариев моделирования процессов управления АК начинается с формирования организационной и функциональной структуры КМК под заданный конкретный сценарий. Формирование КМК выполняется на АРМ администратора КМК на основании утвержденного документа «Распоряжение на формирование КМК», который содержит всю необходимую информацию для моделирования указанной в документе задачи:

– требуемый перечень АРМ и их функциональный состав;

- входное имя и пароль для доступа к АРМ должностных лиц;
- перечень нештатных ситуаций (НС);
- параметры протоколирования для каждого АРМ.

Нештатная ситуация (НС) (emergency situation): 1) (worst case situation) – сочетание условий и обстоятельств при эксплуатации технических систем, отличающихся от предусмотренных проектами, нормами и регламентами и ведущих к возникновению опасных состояний в технических системах. В число НС входят ситуации с отклонением от нормальных (штатных) условий эксплуатации, проектные и запроектные аварийные ситуации. НС анализируются при построении сценариев возникновения и развития техногенных катастроф, при анализе рисков; 2) любое событие, кроме авиационного происшествия, связанное с использованием летательного аппарата, которое влияет или могло бы повлиять на безопасность эксплуатации.

После конфигурирования КМК выполняется установка параметров сеанса моделирования:

- из реестра функциональных задач выбирается задача для моделирования;
- устанавливаются дата, время начала и окончания сеанса моделирования (для выполнения протоколирования действий должностных лиц (пользователей АРМ) в течение сеанса моделирования).

Задаются начальные условия моделирования:

- загружаются исходные данные;
- выполняется синхронизация времени (устанавливаются начальные значения модельного времени и выполняется синхронизация времени на серверах и рабочих станциях, используемых в качестве АРМ).

В качестве примера рассмотрим типовой сценарий моделирования одной из ключевых задач в процессе управления АК – комплексной функциональной задачи (КФЗ) «Выполнение Плановой таблицы полетов», реализованный на КМК.

Разработка, согласование и утверждение Плановой таблицы полетов (ПТП) являются обязательным условием проведения полетов. Плановая таблица полетов (planned table flight; flight plan) – это документ установленного образца, определяющий условия, порядок выполнения полетов, виды полетных заданий экипажам и очередность их выполнения. В ПТП графически и текстуально изложены (отображены) решение командира на порядок проведения полетов и задания экипажам, участвующим в них.

ПТП содержит следующие данные:

- дата, время суток и метеоусловия проведения полетов;
- состав летательных аппаратов, задействованных на полетах, с указанием их типа, бортового номера и требуемой массы топлива;
- время взлета и посадки летательных аппаратов; состав экипажей и их позывные;
- запланированные маршруты и полетные задания экипажей;
- время выполнения полётных заданий;
- состав должностных лиц, назначенных в группу руководства полетами (ГРП) и группу обеспечения полетов (ГОП);
- порядок проведения разведки погоды.

ПТП – это документ, составленный на основе задач, поставленных командиром АГ, в котором для каждого экипажа определяется количество и вид упражнений по курсу боевой подготовки на летный день, последовательно указываются тип и бортовой номер самолета; фамилия командира экипажа (летчика); позывной самолетной радиостанции; время взлета, полета и посадки; задание на полет; время на подготовку к повторному полету; состав групп руководства полетами и обеспечения полетов; дежурные экипажи поисково-спасательных самолетов (вертолетов), выделенных из состава АГ; гидрометеоусловия; минимальные высоты полета, при которых разрешается вести поиск и спасение экипажей;

экипажи – доразведчики погоды, экипажи – ретрансляторы; номера резервных самолетов. ПТП составляется, как правило, в двух вариантах: один вариант – на ожидаемые по прогнозу метеоусловия, второй вариант – на случай их изменения.

Плановая таблица полетов разрабатывается накануне дня проведения полетов.

Пример документа «Плановая таблица полетов» приведен на рис. 1.

№ п/п		Тип	№ ЛАК	Фамилия командира экипажа	Позиция	Последний планируемый полет		Когда последний раз летал в данных условиях		1 час		2 час		3 час		4 час		5 час		6 час		7 час		8 час		Количество полетов	налет	Примечание	
день	ночь	день	ночь	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	25:00	26:00	27:00	28:00	29:00	30:00					
	01	Иванов	101	200к2	15.6																					1	0.50		
1	01	Галкин	116	100к1	100к1	4.6	4.5																				1	1.10	
2	02	Бормотов	117	100к1	100к1	4.6	4.5																				1	1.10	
3	03	Дылев	118	300к3		4.6	4.5																				1	1.10	
4	04	Лактаев	119	300к3		4.6	4.5																				1	1.10	
5	05	Зайцев	121	300к3	350к3,5	11.5	11.10																				1	0.20	
6	06	Зарьев	122	300к3	350к3,5	11.5	11.10																				1	0.40	
7	07	Гижа	123	300к3	инстр.	11.5	11.10																				1	0.20	
8	11	Даниленко-Жук	274	100к1	100к1	4.6	4.5																						

<b>Группа руководства полетами:</b>			<b>Группа обеспечения полетов:</b>			Планировалось: полетов <u>8</u> налет <u>6.50</u>
Руководитель полетов	п/л-к Загоруйко	Старший инженер полетов	м-р Бескровный	Выполнено: полетов	налет	
Пом. руководителя полетов	м-р Ряткин	Оператор ПМО	к-н Болышев			
Дежурный штурман	к-н Пулюкин	Дежурный АБЧ по ПП	к-н Сидорев	Правильность составления плановой таблицы проверил:		
Руководитель ближней зоны	ст.л-т Шуткин	Дежурный ИАС по ПП	ст.л-т Полищук	Зам. командира по ПП	п/л-к Д. Земляков	
Руководитель дальней зоны	м-р Соколов	Дежурный врач	ст.л-т Грабо	Зам. командира по ИАС	п/л-к А. Панченко	
Руководитель зоны посадки	п/л-к Галанов	Оператор ПСС	м-р Васильева	Старший штурман	п/л-к К. Галанов	
Руководитель посадки	м-р Петров					
Руководитель виз. посадки	м-р Сидоров					
			Начальник штаба: м-р Н. Карпенков			

Рис. 1. Пример документа «Плановая таблица полетов»

Сценарий моделирования задачи «Выполнение ПТП» можно рассматривать как сложный сценарий, состоящий из набора более простых сценариев<sup>1</sup> моделирования основных процессов, обеспечивающих проведение полетов:

- выполнение инженерно-штурманских расчетов;
- планирование инженерно-авиационного обеспечения полетов (ИАО);
- планирование материально-технического обеспечения полетов (МТО);
- контроль выполнения планов ИАО полетов;
- контроль выполнения планов МТО полетов;
- управление взлетом летательных аппаратов (ЛА);
- управление полетом летательных аппаратов;
- управление посадкой летательных аппаратов на корабль.

В соответствии с хронологией реального процесса управления АК при организации и выполнении полетов сценарий «Выполнение ПТП» состоит из двух частей:

1. Первая (подготовительная) часть состоит в моделировании организации обеспечения полетов и включает моделирование процессов выполнения инженерно-штурманских расчетов, планирования ИАО и МТО полетов в соответствии с ПТП и выполняется до начала полетов.

2. Вторая часть сценария состоит непосредственно в моделировании выполнения полетов и включает моделирование процессов выполнения, контроля и управления реали-

<sup>1</sup> Каждый из этих сценариев, в свою очередь, может быть представлен как сложный сценарий, состоящий из набора более простых.

зацией разработанных планов (ИАО, МТО, ПТП) на всех основных этапах проведения полетов:

- при предполетной подготовке;
- при взлете;
- полете в ближней зоне (БЗ);
- полете в дальней зоне (ДЗ);
- посадке;
- при послеполетной подготовке;
- по окончании полетов.

### **3. Основные этапы подготовительной части – моделирование организации обеспечения полетов**

1. Началом реализации моделирования процессов управления выполнением ПТП является информирование должностных АК об утверждении ПТП. Сообщение отправляется с АРМ командира АК руководящему составу функциональных подсистем (ФП) командно-диспетчерского пункта (КДП), ФП инженерно-авиационной службы (ИАС) и ФП материально-технического обеспечения (МТО).

2. После получения сообщения в ФП КДП моделируется выполнение штурманских задач:

- расчет и отображение схем сбора ЛА в группы;
- расчет и отображение схем по роспуску групп ЛА;
- расчет и отображение схем захода ЛА на посадку;
- расчет взлетной массы каждого ЛА, на основании которой определяется номер его стартовой позиции (СП).

Моделирование штурманских задач выполняется на АРМ дежурного штурмана КДП. Штурманские расчеты выполняются с учетом предполагаемых метеорологических условий на основании данных ПТП и полетных заданий для каждого ЛА. После выбора из предлагаемого перечня конкретных схем сбора ЛА в группы, роспуска групп ЛА и схем захода ЛА на посадку вводятся необходимые параметры и производится расчет выбранных схем.

Параллельно на АРМ помощника руководителя полетов (ПРП) выполняется моделирование расчетной задачи по определению взлетной массы каждого ЛА (в зависимости от запланированной массы заправленного топлива и массы боевого снаряжения) и номера стартовой позиции для выполнения взлета ЛА с корабля. Решение задачи завершается формированием и рассылкой доклада «№ СП определены». Доклады поступают на АРМ руководителя полетов (РП) и АРМ заместителя командира АГ по ИАС.

3. Получение доклада является событием, инициирующим выполнение следующего этапа подготовительной части сценария. Результаты расчетов по определению номера стартовой позиции для каждого ЛА являются последним звеном в исходных данных, необходимых для решения в ФП ИАС задачи планирования ИАО полетов. Особенности корабля, как подвижного аэродрома, определяют необходимость выбора рационального варианта расстановки и маршрутов передвижения авиационной техники (АТ) по палубам корабля при выполнении технического обслуживания ЛА до взлета и после посадки. Задача является как одной из самых сложных, так и одной из самых важных, поскольку без ее решения невозможно добиться высоких показателей интенсивности вылетов с корабля, что является решающим фактором при выполнении боевых задач корабельной авиации.

Разработанная математическая модель [1] позволяет автоматически сформировать планы всех видов подготовок ЛА с учетом особенностей их выполнения в условиях корабля, располагаемых человеческих, материальных и технических ресурсов, типовых технологий технического обслуживания и исходного размещения авиационной техники на па-

лубах корабля, а также ключевых временных точек – времени взлета и посадки каждого ЛА на корабль, задаваемых в ПТП.

Результатом моделирования этого этапа являются планы ИАО полетов различной степени детализации от сводного плана выполнения подготовок группы ЛА до пооперационного плана технического обслуживания каждого ЛА, предназначенного для непосредственных исполнителей работ.

Важной расчетной величиной является время начала предполетной подготовки. В состав планов ИАО, кроме планов расстановки и перемещения ЛА и планов технического обслуживания ЛА, входят также планы занятости личного состава (руководящего и дежурного состава, состава технических расчетов) ИАС при обеспечении полетов. Решение задачи завершается формированием и рассылкой доклада «Планы ИАО полетов сформированы». Доклады поступают на вышестоящий уровень (ФП КП АК) и на АРМ командира МТО.

4. Получение доклада командиром МТО инициирует выполнение следующего по хронологии этапа – этапа разработки планов материально-технического обеспечения полетов. Исходными данными для этого процесса являются результаты моделирования, полученные на предыдущем этапе. Работы по материально-техническому обеспечению полетов (транспортные, заправочные, обеспечивающие готовность технических средств и систем взлета и посадки и др.) планируются, исходя из рассчитанного времени начала предполетной подготовки, маршрутов передвижения и технологических графиков подготовки авиационной техники с учетом наличия собственных ресурсов и типовых технологий МТО. В результате формируются планы МТО полетов, согласованные по временным показателям и последовательности выполнения работ с планами ИАО и обеспечивающие как подготовку авиационной техники, так и готовность авиационно-технических средств и систем корабля к проведению полетов.

Для специалистов различных уровней управления планы МТО формируются в различной степени детализации. Для непосредственных исполнителей работ – технических расчетов МТО, каждый из которых отвечает за свою группу авиационно-технических средств корабля (АТСК), формируются пооперационные планы с указанием места и времени выполнения каждой технологической операции. Для руководства МТО формируются, кроме того, сводные планы, которые, в соответствии с технологией, задающей необходимую последовательность работ, определяют и время начала МТО полетов.

В состав планов МТО, кроме планов выполнения работ, входят также планы занятости личного состава (руководящего и дежурного состава, состава технических расчетов) МТО при обеспечении полетов.

Завершают этап и подготовительную часть сценария формирование и рассылка докладов о готовности планов МТО: «Планы МТО полетов сформированы».

Таким образом, результатами подготовительной части выполнения сценария моделирования являются.

Функциональная подсистема КДП:

- схемы сбора групп ЛА;
- схемы по роспуску групп ЛА;
- схемы захода ЛА на посадку;
- расчетная взлетная масса ЛА;
- номер стартовой позиции ЛА.

Функциональная подсистема ИАС:

- планы расстановки и движения ЛА (до полетов, во время полетов, после полетов);
- сводные планы ИАО и планы-графики всех видов подготовок ЛА;
- планы назначения дежурного и руководящего состава ИАС;
- состав технических расчетов по подготовке ЛА.

Функциональная подсистема МТО:

- сводные планы МТО и планы-графики работ расчетов МТО;
- планы назначения дежурного и руководящего состава МТО;
- состав технических расчетов МТО.

Функциональная схема и состав КМК при выполнении подготовительной части сценария моделирования КФЗ «Выполнение ПТП» представлены на рис. 2.

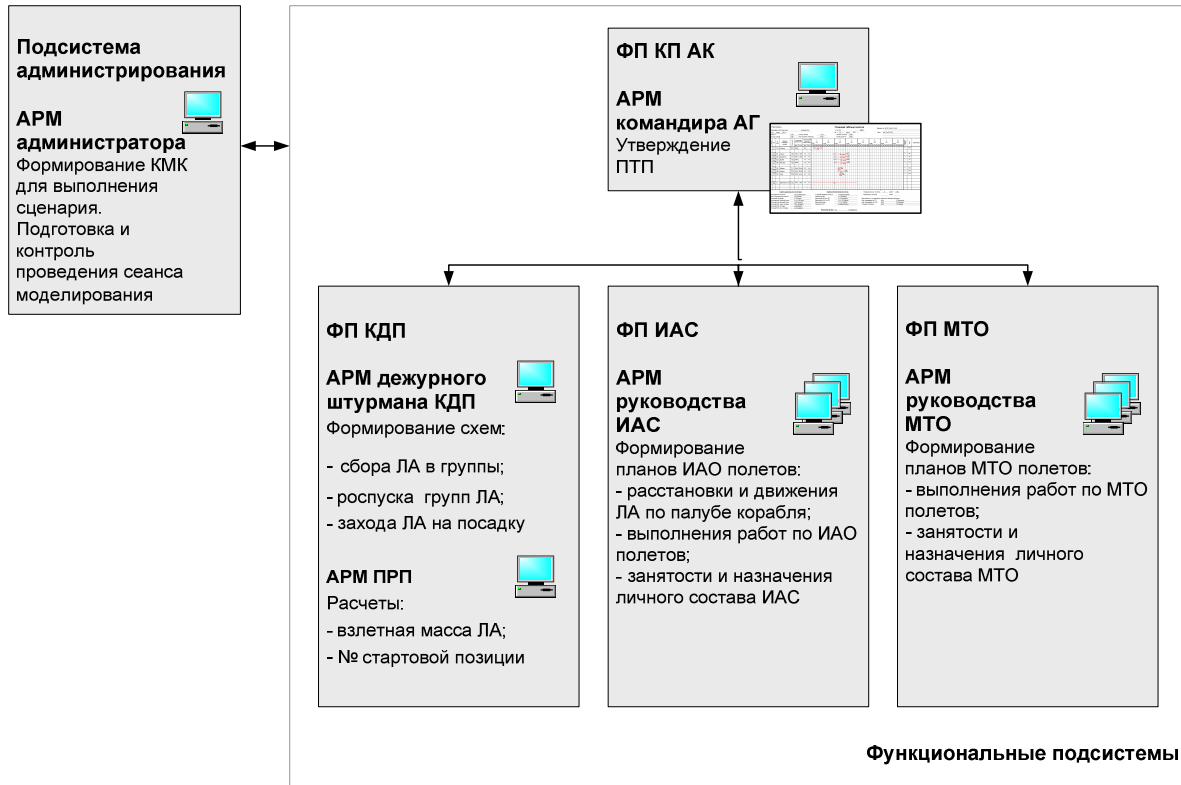


Рис. 2. Функциональная схема и состав КМК при выполнении подготовительной части сценария моделирования задачи «Выполнение ПТП»

#### 4. Подготовка КМК к реализации второй части сценария – моделирования выполнения полетов

В реальной обстановке день проведения полетов организуется в соответствии с определенным расписанием, который обеспечивает требуемое время начала полетов согласно ПТП, с учетом времени предполетной подготовки ЛА, подготовки и контроля состояния авиационно-технических средств и систем корабля, прибытия на рабочие места инженерного, технического, летного и руководящего состава.

Для реализации сценария выполнения полетов на КМК дата и время начала моделирования устанавливаются администратором непосредственно перед началом выполнения второй части сценария.

В течение всего сеанса моделирования администратором КМК выполняется контроль работоспособности основных компонентов программно-технического комплекса КМК.

#### 5. Основные этапы моделирования выполнения полетов

1. Согласно реальному расписанию и разработанным планам, процесс моделирования выполнения полетов начинается с прибытия на рабочие места специалистов МТО, которые выполняют работы по подготовке всей задействованной для проведения полетов инфра-



структуры корабля (сюда относятся работы по подготовке служебно-технических помещений, командных пунктов, авиационно-технических средств, систем транспортировки, взлета и посадки).

По прибытии на рабочие места личный состав МТО докладывает о готовности к выполнению работ. В КМК этот процесс моделируется с помощью мобильных рабочих мест – пультов ввода информации, которыми оснащаются технические расчеты. На пульт каждого расчета выводится пооперационный план-график запланированных для него работ. С помощью пульта вводятся временные отметки о готовности к выполнению работ и о выполнении каждой технологической операции. Кроме того, пульта являются источниками оперативной информации о состоянии технических средств и систем, которые находятся в ведении расчета. Схема связи пульта и компонентов КМК представлена на рис. 3.

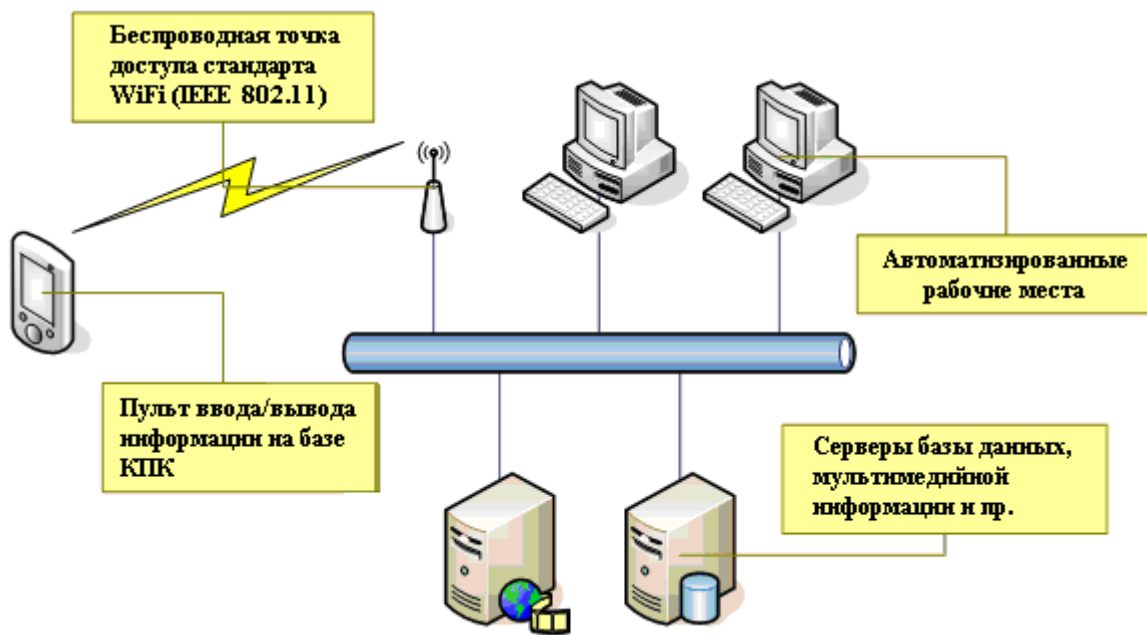


Рис. 3. Схема связи пульта с компонентами КМК АК

Контроль готовности личного состава МТО осуществляется следующим образом: поступающие доклады о готовности отображаются на АРМ руководящего состава МТО и АРМ старшего инженера полетов (СИП) в сводной таблице готовности с указанием фактического времени поступления доклада. Цветовая индикация позволяет оценить состояние своевременности поступления докладов (поступил вовремя / поступил с опозданием/не поступил). Сценарием моделирования предполагается отработка всех возможных состояний.

Для обеспечения контроля за ходом выполнения работ на экраны АРМ руководящего состава МТО и АРМ СИП выводятся планы и планы-графики выполнения работ, где отображаются плановые временные параметры начала-завершения каждой работы и поступающие от пультов фактические параметры. Планы отображаются как в виде таблиц, так и в виде диаграмм Ганта, что обеспечивает дополнительную наглядность при контроле за ходом выполнения технологического процесса.

Контроль выполнения работ по МТО полетов начинается на первом этапе, продолжается в течение всего процесса моделирования и завершается после окончания полетов. Кроме того, в течение всего процесса моделирования руководство МТО имеет возможность осуществлять контроль реального состояния авиационно-технических средств, наблюдать расположение и перемещение подвижных транспортных средств с помощью функции визуализации обстановки на палубе корабля.

2. В течение всего сеанса моделирования все процессы управления обеспечением полетов (МТО и ИАО) моделируются на АРМ СИП, отвечающего за подготовку авиационной техники к полетам, своевременное информирование руководства АК о состоянии и ходе подготовки авиационной техники, оказание помощи руководителю полетов (по его запросу) по руководству действиями летного состава в особых случаях в полете, связанных с отказами авиатехники, а также за организацию четкого взаимодействия с руководящим составом МТО.

3. На верхнем уровне управления (ФП КП АК), согласно сценарию, моделируются функции оценки обстановки и контроля выполнения ПТП:

- отображение утвержденной ПТП;
- отображение фактических данных гидрометеорологической обстановки (ГМО) в день полетов;
- отображение данных о воздушной обстановке (ВО) в зоне управления полетами;
- отображение состояния авиационной техники и авиационно-технических средств на палубе корабля при подготовке, взлете и посадке ЛА.

4. Моделирование процессов выполнения и управления выполнением технического обслуживания авиационной техники при предполетной подготовке осуществляется на АРМ ФП ИАС. Пульты технических расчетов ИАС являются источниками оперативной информации о состоянии ЛА и ходе выполнения планов их подготовки.

Контроль выполнения планов ИАО на АРМ руководящего состава КП ИАС выполняется по группе ЛА в целом и отдельно по каждому ЛА. Отображение обстановки на палубе корабля обеспечивает визуальный контроль расположения и состояния ЛА.

5. Этап предполетной подготовки заканчивается моделированием информационного взаимодействия между СИП, РП и командиром АК.

Старший инженер полетов докладывает РП о готовности ЛА к полетам.

Руководитель полетов, в свою очередь, докладывает Командиру АК о готовности авиационного комплекса в целом к выполнению полетов.

Командир АК уточняет обстановку и дает команду на начало полетов.

6. Этап выполнения взлета моделируется как последовательность действий, выполняемых летчиком (действия летчика в КМК имитируются на АРМ летчика-оператора) и должностными лицами Группы руководства полетами.

Последовательность действий включает:

- информационный обмен между АРМ летчика-оператора и АРМ лиц ГРП;
- запуск двигателя;
- руление на стартовую позицию;
- управление средствами взлета ЛА с корабля;
- взлет ЛА.

Информационный обмен командами, докладами и сообщениями между летчиком-оператором и лицами ГРП в КМК реализуется в режиме голосовой связи.

Разрешение на запуск двигателя летчик-оператор запрашивает у руководителя полетов. При взлете первого ЛА РП запрашивает разрешение на запуск двигателя у командира корабля (применительно к КМК – командира АК) и, получив разрешение, дает команду на запуск двигателя, с доведением до летчика-оператора атмосферного давления на уровне полетной палубы, температуры наружного воздуха, состояния полетной палубы.

Перед выруливанием летчик (летчик-оператор) запрашивает разрешение на выруливание у руководителя полетов.

Руководитель полетов указывает летчику номер стартовой позиции и дает команду на руление.

Помощник руководителя полетов (ПРП) дает команду оператору Выносного поста управления взлетом (ВПУВ) о приеме ЛА на СП. После установки ЛА на СП оператор

ВПУВ имитирует автоматическое поднятие газоотбойного щита (ГОЩ). Установка ЛА на СП и положение ГОЩ контролируются с помощью функции визуализации обстановки на палубе корабля.

Летчик-оператор докладывает РП о готовности к взлету. Руководитель полетов выдает команду «Взлет по готовности». По этой команде ПРП формирует команду «Старт разрешен», что означает отключение блокировки удерживающего устройства. При выходе двигателя на режим «Полный форсаж» (формирование летчиком-оператором команды «Форсаж» (рис. 4)) оператор ВПУВ опускает удерживающее устройство.

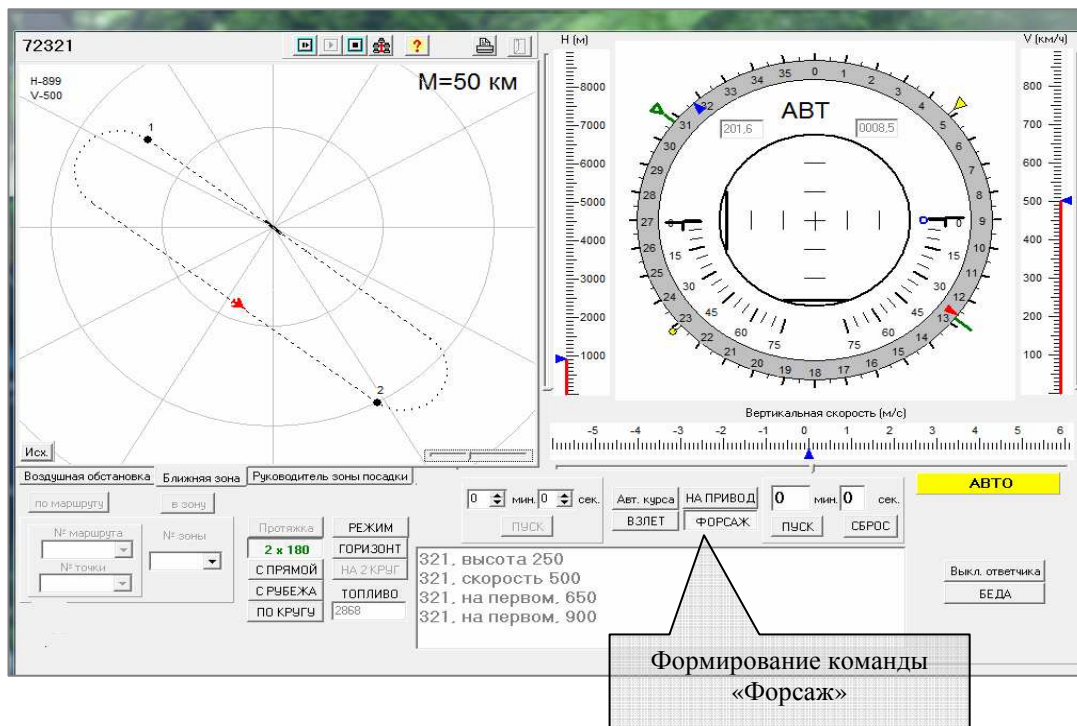


Рис. 4. Экранная форма АРМ летчика-оператора при имитации взлета ЛА

7. От момента взлета и до посадки пространственно-временные координаты местоположения ЛА (синтетическая отметка на экране) формируются на АРМ летчика-оператора в процессе непрерывного решения задачи имитации процесса управления взлетом, полетом и посадкой ЛА в ручном, автоматизированном и автоматическом режимах.

На АРМ летчика-оператора моделируются следующие процессы:

- задание исходного местоположения ЛА;
- автоматическая отработка полетного задания;
- прием и отображение данных о фактическом местоположении ЛА в зонах ответственности лиц ГРП от имитатора воздушной обстановки (ИВО);
- отображение схем захода на посадку, а также линий курса и глиссады;
- ввод команд управления летательным аппаратом (курс, скорость, высота, крен);
- исправление ошибок пилотирования ЛАК на глиссаде снижения (ввод команды «горизонт», «режим»);
- автоматический полет по выбранной схеме захода на посадку;
- управление вертикальной скоростью при изменении высоты полета;
- отображение местоположения ЛАК относительно схем захода, а также линий курса и глиссады;
- ведение радиобмена с должностными лицами ГРП.

8. Основные функции по управлению полетами ЛА в ближней зоне выполняются на АРМ руководителя ближней зоны (РБЗ), который принимает управление ЛА от РП после взлета и набора высоты.

На АРМ РБЗ моделируются задачи:

- контроля хода выполнения ПТП (РБЗ вводит отметки о времени пролета контрольных точек полетного задания);
- радиолокационного контроля полета ЛА в ближней зоне;
- отображения текущей информации о параметрах полета ЛА («Полный формуляр»);
- имитации радиообмена с летчиком-оператором и лицами ГРП по приему-передаче управления.

9. Моделирование процессов управления полетами ЛА в дальней зоне осуществляется на АРМ Руководителя дальней зоны (РДЗ) и АРМ оператора по управлению авиацией. Руководитель дальней зоны принимает управление ЛА от РБЗ при обнаружении отметки ЛА на экране АРМ в зоне передачи управления (60 – 80км), в режиме реализации функции «Контроль полетов ЛА». Оператор по управлению авиацией принимает на себя управление полетом ЛА в дальней зоне на период выполнения поставленной задачи.

10. После выполнения полетного задания и возвращения в ближнюю зону управление ЛА снова принимает РБЗ. В начале разворота ЛА на посадочный курс в пределах зоны посадки (зона посадки – воздушное пространство, ограниченное сектором  $\pm 25$  градусов относительно посадочного курса, и дальностью от 2 до 40км от палубы корабля) управление принимает Руководитель зоны посадки (РЗП).

На АРМ РЗП моделируются процессы управления движением ЛА на этапе выхода на посадочный курс и движения ЛА с заданными снижениями и расстояниями на глиссаде посадки (рис. 5).

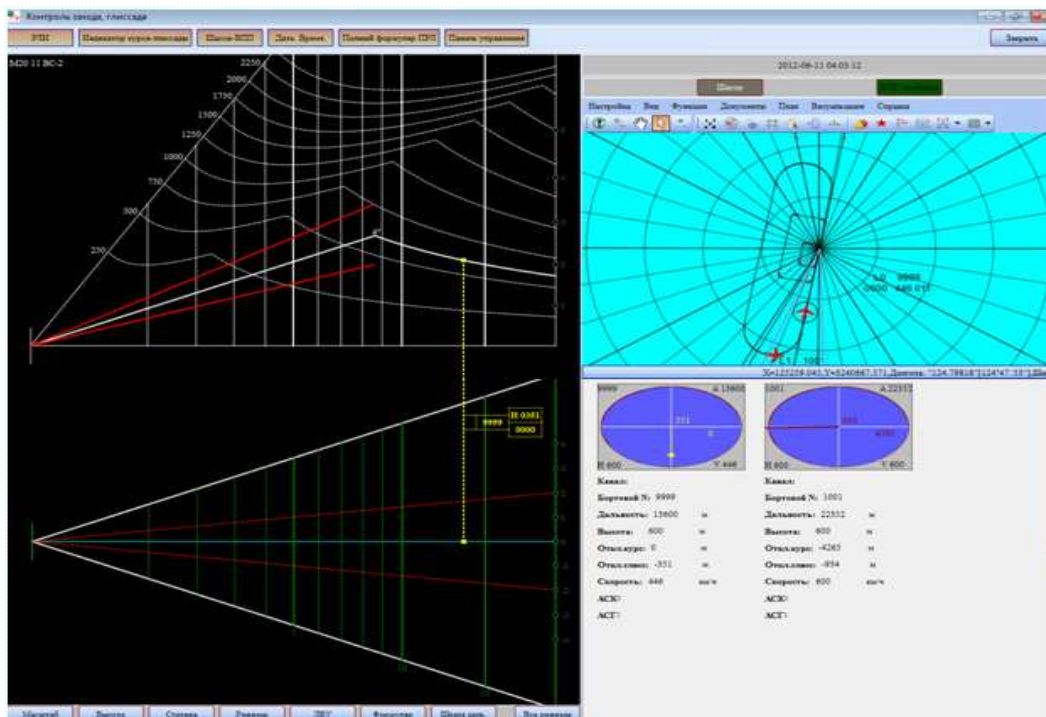


Рис. 5. Экранная форма АРМ РЗП при контроле захода ЛА на посадку и местоположения на глиссаде

11. При дальности 15 км управление передается Руководителю посадки (Рпос.), на АРМ которого моделируется процесс управления движением ЛА по глиссаде снижения (рис. 6).

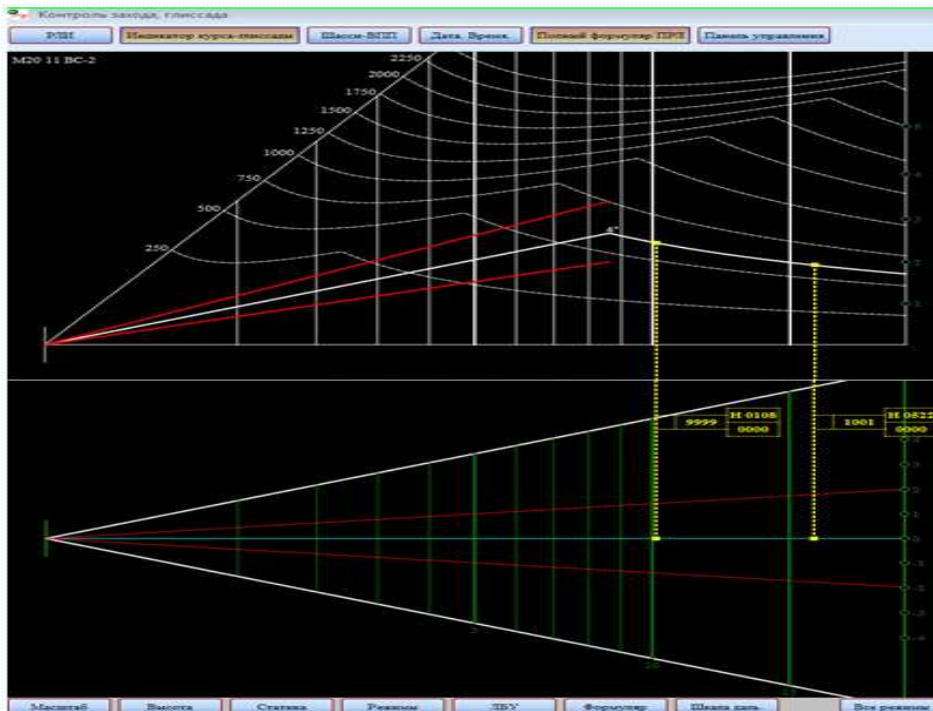


Рис. 6. Экранная форма АРМ РП при контроле местоположения ЛА на глиссаде

11. При выходе ЛА на посадочный курс летчик-оператор докладывает ПРП об остатке топлива и вооружения. По этим данным ПРП рассчитывает посадочную массу ЛА, определяет установочную массу селекторов тормозных машин и сообщает ее оператору тормозных машин для подготовки системы посадки ЛА.

12. Рпос. управляет движением ЛА до рубежа обнаружения отметки ЛА на АРМ руководителя визуальной посадки (РВП) (с дальности 5 км). На АРМ РВП моделируется процесс визуального управления посадкой ЛА, а также управление системами посадки (рис. 7). На экране АРМ РВП отображается изображение совершающего посадку ЛА относительно горизонтальных цветowych меток оптической системы посадки. Процесс сопровождается цифровой информацией параметров движения ЛА и корабля.

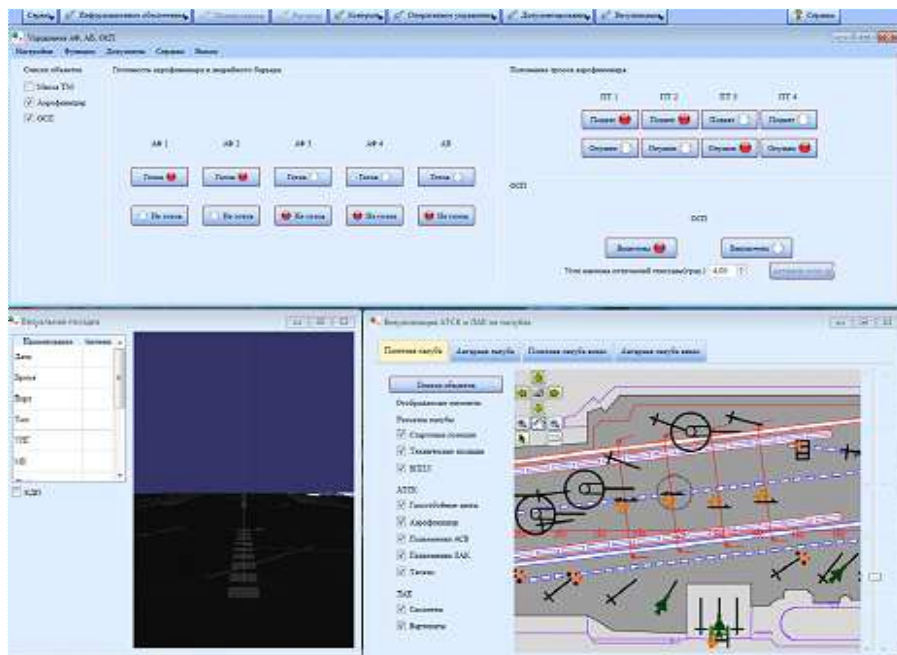


Рис. 7. Экранная форма АРМ РВП при контроле и управлении визуальной посадкой ЛА



Перед посадкой ПРП дает команду РВП на управление системой посадки ЛА на палубу. РВП со своего АРМ осуществляет имитацию управления системой посадки.

Процесс визуальной посадки контролируется РП. После посадки РП вводит отметку о времени посадки ЛА. С этого момента полет считается завершенным.

13. После посадки и за руливания последнего ЛА руководитель полетами докладывает Командиру АК о завершении полетов.

14. После завершения полетов на АРМ РП решается задача формирования отчета и замечаний о выполнении ПТП. Руководитель полетов (как и все руководящие должностные лица АК) имеет возможность воспроизвести и оценить действия своих подчиненных при выполнении ПТП, поскольку в течение всего сеанса моделирования все основные события в системе, включая действия пользователей АРМ, протоколируются и сохраняются для последующего анализа.

15. В ФП ИАС после окончания полетов моделируются следующие процессы:

- выполнение послеполетного обслуживания с использованием пультов технических расчетов ИАО;

- контроль выполнения послеполетного обслуживания и расстановки ЛА после полетов на АРМ руководства КП ИАС;

- воспроизведение и оценка действий должностных лиц КП ИАС по обеспечению выполнения ПТП.

На АРМ СИП завершается формирование Журнала летной смены, в котором фиксируются все основные события ИАО и МТО полетов и замечания по их выполнению (при необходимости).

16. В ФП МТО моделируются аналогичные процессы:

- выполнение и контроль выполнения работ по МТО послеполетного обслуживания ЛА и завершающих работ по обслуживанию авиационно-технических средств и систем корабля с использованием пультов технических расчетов МТО;

- воспроизведение и оценка действий должностных лиц подразделений МТО по обеспечению выполнения ПТП.

17. Завершающим этапом сценария является подведение итогов выполнения ПТП руководящим составом КП АК на основании отчета РП и Журнала летной смены. При наличии замечаний по проведению полетов выполняются воспроизведение и анализ нужных фрагментов записей действий должностных лиц КП АК при выполнении ПТП.

Функциональная схема и состав КМК при выполнении второй части сценария моделирования КФЗ «Выполнение ПТП» представлены на рис. 8.

Вышеприведенные процессы управления рассмотрены для полета одного ЛА (с учетом полета в дальнюю зону). Аналогичные процессы управления моделируются для полета каждого ЛА, предусмотренного ПТП, с учетом индивидуального полетного задания летчику, в котором перечисляются упражнения, номера бортов самолетов, на которых будут выполняться упражнения, уровень заправки самолетов, составы экипажей, их позывные, планируемое время взлета, посадки, время обслуживания взлетно-посадочной полосы, время захода, восхода солнца и протяженность сумерек, время разведки погоды, дежурства поисково-спасательной команды и т.д.

Связи между структурными элементами КМК, возникающие в процессе моделирования, определяются организационной структурой КМК и выполняемыми функциями (информационное взаимодействие или обмен информацией между АРМ должностных лиц функциональных подсистем КМК в процессе моделирования функциональных задач, в том числе и при моделировании комплексной функциональной задачи «Выполнение ПТП» в части выполнения полетов), реализуются посредством информационных технологий, представляющих совокупность методов, протоколов обмена и программно-

технологических средств, обеспечивающих сбор, хранение, обработку и выдачу информации в согласованном виде и форматах.

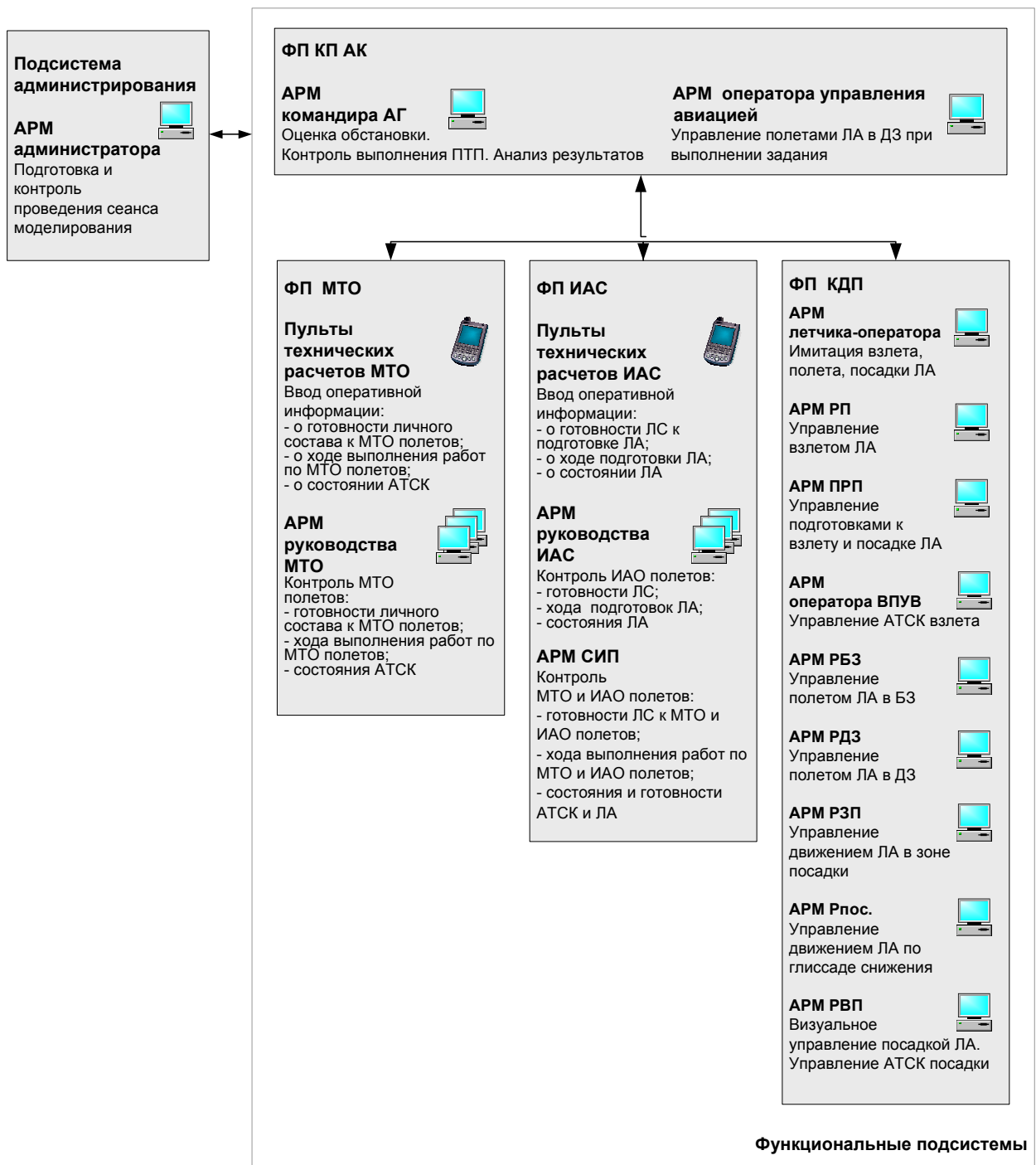


Рис. 8. Функциональная схема и состав КМК при выполнении сценария моделирования задачи «Выполнение ПТП» в части выполнения полетов

## 6. Заключение

Приведено описание сценария моделирования комплексной функциональной задачи КМК АК и процедур его формирования. При формировании сценария определены требования к конфигурации КМК, составу АРМ должностных лиц, участвующих в организации и проведении заданного технологического процесса управления. Для каждого АРМ назначен

состав реализуемых функциональных программных модулей, установлены права доступа пользователей АРМ и программных приложений к информационным ресурсам КМК, определен регламент информационного взаимодействия, обеспечивающий решение поставленной задачи.

Рассмотренные процедуры метода сценарного подхода к моделированию процессов управления АК апробированы при проведении исследований в области управления выполнением ПТП. Использование сценарного подхода позволило проиграть различные варианты стратегий по организации процессов выполнения ПТП, отработать организационно-функциональную структуру, обеспечивающую эффективность и согласованность действий должностных лиц при выполнении ПТП, смоделировать взаимодействие всех участников сценария как в штатном режиме, так и в режиме возникновения различных нештатных ситуаций, требующих принятия адекватных и обоснованных управленческих решений. Рассмотренный сценарий является одним из множества сценариев, разработанных для моделирования процессов управления АК и составляющих набор (базу данных) сценариев (шаблонов), обеспечивающих выполнение полного цикла процесса управления.

Апробация подтвердила эффективность предлагаемого подхода и показала, что разработанные процедуры метода сценарного подхода к моделированию комплексной задачи «Выполнение ПТП» могут быть рекомендованы при поддержке принятия решений в области построения как военно-технических, так и иных сложных организационно-технических систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Додонов А.Г. Методы принятия решений в автоматизированной системе управления предполетной подготовкой летательных аппаратов / Додонов А.Г., Литвиненко А.Е., Луцкий М.Г. – К.: НАУ, 2011. – 340 с.
2. Додонов А.Г. Компьютерное моделирование системы управления мобильным авиационным комплексом / А.Г. Додонов, В.Г. Пуятин // Математичні машини і системи. – 2014. – № 4. – С. 156 – 170.
3. Построение системы организационного управления авиационным комплексом / А.Г. Додонов, Д.В. Ландэ, В.Г. Пуятин [и др.] // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 28 – 43.
4. Компьютерное моделирование системы организационного управления авиационным комплексом / А.Г. Додонов, В.Г. Пуятин, С.А. Куценко [и др.] // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2014. – Т. 16, № 3. – С. 25 – 44.
5. Бойко Ю.Д. Архитектура для построения компьютерной модели информационно-аналитической системы / Ю.Д. Бойко // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової наукової конференції, (Київ, 27–28 лютого 2013 р.). – К.: ІПРІ НАН України, 2013. – С. 61 – 67.
6. Додонов В.О. Моделювання організаційних структур управління на базі моделюючого комплексу АСУ спеціального призначення / В.О. Додонов, О.О. Юрасов // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової наукової конференції, (Київ, 27–28 лютого 2013 р.). – К.: ІПРІ НАН України, 2013. – С. 79 – 84.
7. Куценко С.А. Використання можливостей моделюючого комплексу для організації підготовки та тренажу фахівців авіаційного комплексу / С.А. Куценко // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової наукової конференції, (Київ, 27–28 лютого 2013 р.). – К.: ІПРІ НАН України, 2013. – С. 101 – 107.
8. Валетчик В.О. Структура інформаційного ресурсу автоматизованої системи управління авіаційним комплексом / В.О. Валетчик // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової наукової конференції, (Київ, 27–28 лютого 2013 р.). – К.: ІПРІ НАН України, 2013. – С. 67 – 70.
9. Додонов В.А. Концепция компьютерного моделирующего комплекса / В.А. Додонов // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової наукової кон-



- ференції ІПРІ НАН України, (Київ, 24–26 лютого 2010 р.). – К.: ІПРІ НАН України, 2010. – С. 35 – 36.
10. Бойко Ю.Д. Вопросы формирования и администрирования моделирующих комплексов АСУ / Ю.Д. Бойко // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової конференції ІПРІ НАН України, (Київ, 24–25 лютого 2011 р.). – К.: ІПРІ НАНУ, 2011. – С. 41 – 42.
11. Куценко С.А. Разработка функциональной подсистемы управления материально-техническим обеспечением авиационного комплекса / С.А. Куценко // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової наукової конференції ІПРІ НАН України, (Київ, 24–26 лютого 2010 р.). – К.: ІПРІ НАНУ, 2010. – С. 30 – 31.
12. Додонов Е.А. Описание системы администрирования компьютерного моделирующего комплекса / Е.А. Додонов // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової наукової конференції ІПРІ НАН України, (Київ, 24–26 лютого 2010 р.). – К.: ІПРІ НАНУ, 2010. – С. 38 – 40.
13. Додонов Е.А. Основы организации информационного обмена в имитационном комплексе автоматизированной системы управления / Е.А. Додонов // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової конференції ІПРІ НАН України, (Київ, 24–25 лютого 2011 р.). – К.: ІПРІ НАНУ, 2011. – С. 49.
14. Валетчик В.А. Разработка моделирующего комплекса АСУ сложным объектом специального назначения / В.А. Валетчик // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової наукової конференції ІПРІ НАН України, (Київ, 24–26 лютого 2010 р.). – К.: ІПРІ НАНУ, 2010. – С. 31 – 34.
15. Додонов В.А. Тренажер для отработки процессов управления полетами летательных аппаратов / В.А. Додонов, А.А. Юрасов // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами щорічної підсумкової конференції ІПРІ НАН України, (Київ, 24–25 лютого 2011 р.). – К.: ІПРІ НАНУ, 2011. – С. 50.
16. Вишнякова Л.В. Имитационное операционное моделирование процессов функционирования сложных авиационных систем и комплексов управления / Л.В. Вишнякова, О.В. Дегтярев, А.В. Слатин // Имитационное моделирование. Теория и практика: сб. докладов пятой юбилейной всероссийской научно-практ. конф. ИММОД-2011. – СПб.: ОАО «ЦТСС», 2011. – Т. 1. – С. 30 – 41.
17. Резяпов Н. Имитационная система моделирования боевых действий JWARS ВС США / Н. Резяпов, С. Чеснаков, М. Инюхин // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – № 11. – С. 27 – 32.
18. Королев В.В. Применение имитационного моделирования в автоматизированных системах военного назначения // Имитационное моделирование. Теория и практика: сб. докладов пятой юбилейной всерос. научно-практ. конф. «ИММОД-2011». – СПб.: ОАО «ЦТСС», 2011. – Т. 1. – С. 194 – 202.
19. Имитационное моделирование боевых действий на основе сценарного подхода / В.В. Попович, Я.А. Ивакин, Р.П. Сорокин [и др.] // Труды 6-ой всерос. научно-практ. конф. «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2013, Казань). – Казань: Изд-во "Фэн" Академии наук РТ, 2013. – Т. 2. – С. 231 – 239.
20. Вишнякова Л.В. Задачи анализа и синтеза сложных авиационных систем и комплексов управления на основе имитационного моделирования // Сб. докл. шестой всерос. научно-практ. конф. «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2013). – Казань: Издательство «ФЭН» Академии наук РТ, 2013. – Т. 1. – С. 46 – 53.
21. Попов С.А. Сценарное моделирование: методика из восьми шагов [Электронный ресурс] / С.А. Попов. – Режим доступа: [http://www.elitarium.ru/2008/10/20/scenarное\\_modelirovanie\\_metodika.html](http://www.elitarium.ru/2008/10/20/scenarное_modelirovanie_metodika.html).

*Стаття надійшла до редакції 18.02.2015*