

УДК629.7

**СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АВИАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

© 2017 В.Н. Писаренко

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 15.11.2017

В статье проведено исследование состояния и управление авиационной транспортной системы как объекта выполнения авиационного транспортного процесса. Рассмотрено представление летной и технической эксплуатации воздушных судов и службы организации воздушного движения. Выделены главные компоненты системы, обеспечивающие надежное состояние системы и безопасность полетов.

*Ключевые слова:* системы, структура, надежность, перевозки, авиация, полет, авиационная безопасность.

Авиационная транспортная система (АТС) - это совокупность совместно действующих воздушных судов, комплекса наземных средств по подготовке и обеспечению полетов, личного состава, занятого летной эксплуатацией, техническим обслуживанием, ремонтом ВС и наземных средств, а также подсистемы управления процессом летной и технической эксплуатации.

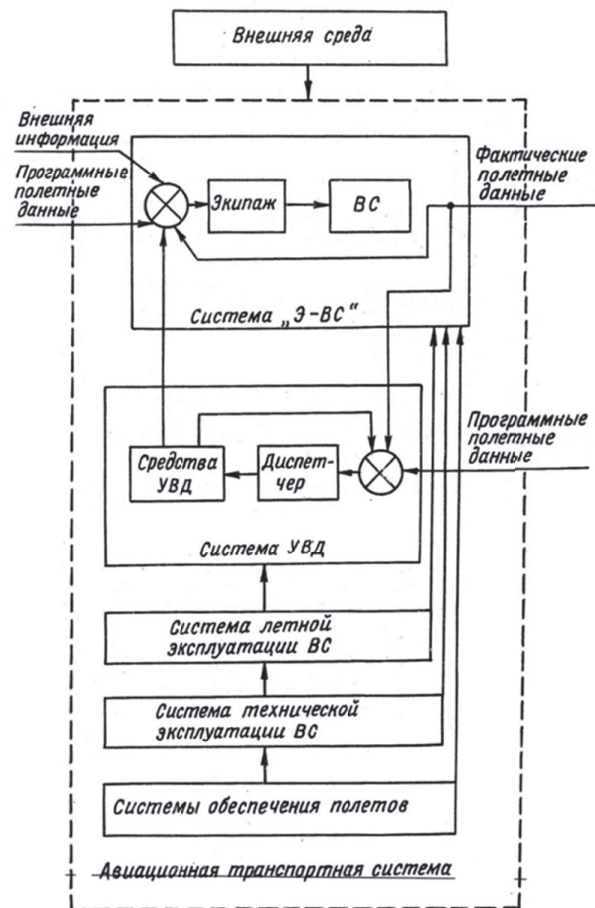
Структурно АТС включает следующие элементы (рис. 1.): экипаж, ВС, систему летной и технической эксплуатации, систему обеспечения полетов, систему УВД. Применяя далее системный подход к рассмотрению проблемы безопасности полетов, отдельные элементы АТС или их сочетание, в свою очередь, можно рассматривать как самостоятельную систему, например «Экипаж - ВС», которая в течение всего времени полета находится в тесной взаимосвязи с системой «Э - ВС»,

Для решения поставленной задачи исследования управления АТС [2] [1] модель допустимого традиционного управления АТС представим в виде многоканальной структуры управления АТС, изображенной на рис. 2.

Техническая сложность современной АТС, многочисленность личного состава служб, участвующих в организации, подготовке, выполнении и обеспечении полетов, эксплуатация самолетов в широком диапазоне погодных и климатических условий порождают многообразие факторов, влияющих на конечный исход полета.

АТС может рассматриваться как сложная система, каждый элемент (подсистема) которой включает машинные и человеческие звенья, то есть является типичной человеко-машинной подсистемой с ее специфическими свойствами. Практически для всех элементов АТС могут быть названы общие факторы, определяющие на-

*Писаренко Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации авиационной техники. E-mail:victornpisarsnko@gmail.com*



**Рис. 1.** Структура авиационной транспортной системы

дежность функционирования этих элементов, а следовательно, и влияющие на безопасность полетов. К ним относятся: · уровень технической оснащенности службы (подсистемы); функциональная эффективность технических средств; надежность технических средств; уровень организации функционирования службы; · профессиональная подготовка пилотов, авиационных инженеров, авиатехников и авиадиспетчеров; уровень

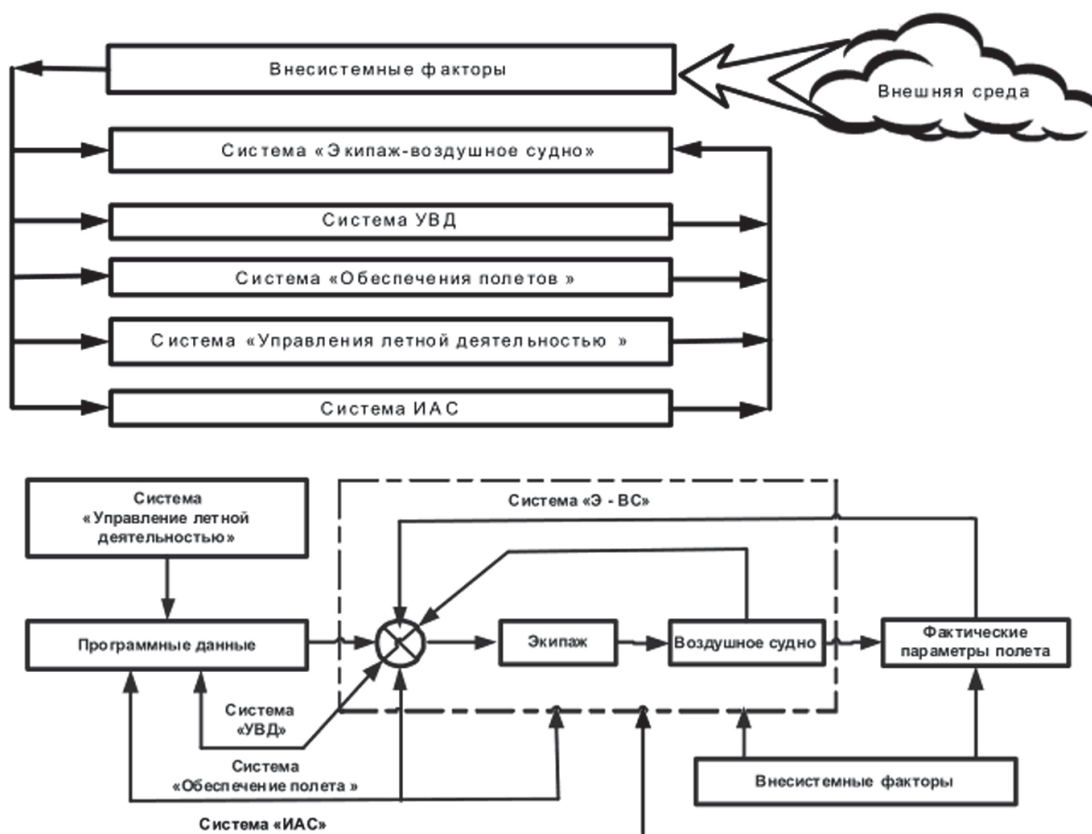


Рис. 2. Традиционная структура управления авиационной транспортной системой

дисциплины личного состава; психофизиологическое состояние пилотов; уровень контроля качества функционирования элементов и службы в целом.

Многочисленную совокупность факторов, влияющих на безопасность полетов, можно представить тремя группами: технические, человеческие и внесистемные.

Эти факторы, соответственно, обеспечивают надежность полета [2, 3], и определяются отказами авиационной техники, ошибками авиационного персонала и неблагоприятными внешними условиями полета.

Все подсистемы АТС вносят определенный вклад в обеспечение безопасности полетов. Но вместе с тем в этом обеспечении нужно учитывать особую, определяющую роль подсистемы «Э - ВС». Это обусловлено тем, что, во-первых, эта подсистема непосредственно обеспечивает выполнение полета и она самая сложная в техническом отношении из всех подсистем; во-вторых, все остальные подсистемы (службы) в своем влиянии на безопасность полетов опосредствованы в действия летного экипажа.

Вторую группу системных факторов - человеческие - можно определить, как нарушения действий экипажа под влиянием ошибочных действий или бездействий авиационного персонала, связанного с организацией и выполнением полета, планированием, подготовкой и обеспе-

чением полетов. В таком отношении эти неблагоприятные факторы выступают как следствие вполне конкретных причин, заложенных в индивидуальных характеристиках людей. Применительно к подсистеме «Э - ВС», в соответствии с общей схемой подхода к установлению факторов, в качестве этих причин рассматриваются такие возможности членов экипажа успешного управления ВС, а именно - достаточный профессиональный уровень, навыки и опыт летной работы, хорошее психофизиологическое состояние, натренированность и дисциплинированность.

К внесистемным факторам- факторам внешней среды - приняты такие факторы, которые не зависят от внутренних свойств АТС. Это особые условия полета:

- сильный ветер, гроза, кучево-дождевая облачность, град, туман, пыльная буря, обледенение самолета, атмосферная турбулентность, сдвиг ветра и др.;

- наличие в воздушном пространстве выполнения полета птиц, радиозондов, летательных аппаратов, других инородных тел, создающих опасность столкновения.

Следует отметить, что во многих случаях выделить строго, где произошел отказ авиатехники, провоцирующий ошибки человека, а где действия человека привели к отказу техники, не представляется возможным. Поэтому все авиационные происшествия, произошедшие

из-за ошибок эксплуатационного персонала, классифицируются по категории человеческого фактора, то есть часть неисправностей техники возлагается на человека, а в настоящее время большинство событий классифицируется по организационным факторам: недостаткам в организации летной и технической работы авиаспециалистов, примером этого, является посадка самолета Beechcraft King Air 350i авиакомпании «Эйр Самара» в аэропорту Курумоч 25 ноября 2014 г. с убранными опорами шасси под управлением командира воздушного судна Андрея Троицкого [4]. К сожалению, это не единственный случай. Пилот австралийской авиакомпании Jetstar забыл выпустить шасси на самолете Airbus A320 при подготовке к посадке в аэропорту Сингапур 27 мая 2010 года. 22 августа 2017 г. командир частного самолета «Sierra» компании «Скаймир» совершил посадку в аэропорту Чебоксары с убранными шасси [5], посадка с убранными опорами шасси 1 октября 2008 года самолета Boeing 737-300 авиакомпании «КД авиа» в усложненных условиях полета в аэропорту Храброво города Калининграда, что еще раз подчеркивает повторяемость ошибок авиационного персонала и необходимость строгого соблюдения в авиации принципов «самоконтроля» и «взаимоконтроля». [3],

Авиационное происшествие происходит в результате возникновения в полете нескольких неблагоприятных факторов, последовательно усложняющих ситуацию и приводящих к аварии или катастрофе [1].

Таким образом, авиационное происшествие является в большинстве случаев сложным событием, возникающим и замыкающим событием в цепочке причинно-следственных нарушений и их связей [1].

Поэтому безопасность полетов формулируется следующим образом: безопасность полетов возникает в процессе полета и вне его и обеспечивается людьми [3].

Категория «вне полета» описывается как подготовка ВС и экипажа к полету, устранение отказов и неисправностей в работе материальной части АТ, брифинг летного и технического состава, бесконфликтным предварительным планированием полета, организацией воздушного движения.

АТС - это совокупность подсистем, которые взаимодействуют в процессах подготовки и выполнения полетов. Каждая подсистема имеет признаки сложных систем и в процессе анализа может рассматриваться как самостоятельная система, в состав которой входят авиационная техника, авиационный персонал, нормативно-техническая и эксплуатационная документация, места стоянок ВС, взлетно-посадочные полосы, рулежные дорожки, здания и сооружения, аэро-

дромный и аэровокзальный комплекс, а также авиационная транспортная инфраструктура обеспечения полетов ВС, различные авиационные службы подготовки и обеспечения полетов, планирования и организации авиационных перевозок пассажиров, почты и грузов.

Интенсивное развитие гражданской авиации в связи с ростом авиационных перевозок на воздушном транспорте обуславливает разработку методов комплексной оценки влияния АТС на безопасность полетов, которые позволили бы количественно оценить степень влияния различных факторов на безопасность полетов. Для этой оценки необходимо прежде всего рассмотреть структуру и характеристики АТС.

Структура модели АТС, традиционное представление которой приведено на рис. 2 [4] как системы, состоящей из отдельных подсистем, представляющих летную службу, службу технического обслуживания ВС, службу наземного обеспечения полетов, службу организации воздушного движения, вместе со своими программами управления функциональной части АТС.

В произведенном исследовании образа АТС, выполненном автором данной статьи [2], выявлен центральный компонент АТС, представляющий собой образ человека: пилота, авиационного инженера, авиатехника, авиадиспетчера ОрВД, которые назовем субъектом управления.

На втором месте находится воздушное судно, вместе с его компонентами, которые назовем объектом управления.

На третьем месте находится аэропорт с аэродромом, местами стоянок ВС, местами обслуживания пассажиров и рабочими местами персонала служб, которые назовем как производственная и административная база или аэропортовая инфраструктура. Для АТС характерна особенность технических систем: единая цель (эффективность и безопасность полетов); управляемость системы, которая имеет иерархическую структуру; взаимосвязь подсистем, которые состоят из большого количества взаимодействующих элементов; наличие разнообразных источников информации; уязвимость во время действия случайных факторов; черты самоорганизации.

Особое место в АТС занимает многоуровневая система управления авиационным транспортным процессом.

Таким образом, можно представить структуру АТС в современном исполнении, показанном на рис. 3.

Произведем сравнительный анализ надежности описанных структур АТС по [6]. Общая надежность может быть определена как сумма входящих в ее состав наборов состояний, так и путем перемножения показателей надежности узлов, образующих выбранный путь:



Рис. 3. Современная обновленная структура авиационной транспортной системы

$$R_{ATC} = R_{1-2-4...n} = R_1 \times R_2 \times R_4 \dots \times R_n, \quad (1)$$

где  $R_i$  – надежность  $i$ -го узла.

Для упрощения анализа примем, что узлы структуры могут быть только в рабочем или не рабочем состоянии, других промежуточных состояний не бывает. Современная обновленная структура АТС имеет наименьшее число узлов и, следовательно, наивысшую степень надёжности. Надежность АТС можно повысить за счет повышения надежности узлов структуры.

Авиационная транспортная работа происходит за счет расхода энергетических ресурсов: топлива на работу авиадвигателей и частичной выработки ресурса материальной части ВС за время полета.

Для предложенной структуры АТС характерны:

- общность систем;
- единая цель (эффективность и безопасность полетов); управляемость системы, которая имеет жесткую иерархическую структуру;
- взаимосвязь подсистем, которые состоят из взаимодействующих элементов;
- наличие однородных источников информации;
- отсутствие уязвимости во время действия случайных событий и факторов;
- черты самоорганизации,
- единая информационную база реального масштаба времени:
- единое расписание движения ВС и план полетов ВС, единая авиационная автоматизированная наземная сеть передачи данных и телеграфных сообщений «АНС ПД и ТС», единая автоматизированную система контроля и организации воздушного движения – АС «Альфа», единая система планирования воздушного движения и диспетчеризации служб – АСПВД

«Планета», единая система зависящего от ВС наблюдения воздушного движения «ADS», или «ADS-B»,

Единая авиационная транспортная система (АТС) Российской Федерации является производственно-техническим комплексом, от эффективности и безопасности которой зависит бесперебойное обеспечение потребностей населения и предприятий в авиационных перевозках при минимизации вредного воздействия на окружающую среду, исключения аварий и катастроф.

Произведем энергетическое исследование АТС [2]. При авиационной транспортной работе происходит движение материи (М). Материя описывается массой, энергией, информацией  $M(m, E, I)$ , которые назовём компонентами системы. Всё множество систем, входящих в АТС, классифицируем по признаку перемещаемого компонента (m, I, E) на три одноцелевых класса:  $S(m)$  – обрабатывающий (транспортировка массы оснащенного ВС (самолет, топливо, пассажиры, груз, багаж);  $S(I)$  – информационный (получение, обработка, хранение, доставка информации о транспортном полете);  $S(E)$  – энергетический - процесс изменения характеристик топлива (E), отражающий расход топлива (Q) и параметры изменения ресурса ВС, t – наработка ВС за рейс (л.час), тарифное расстояние авиaperевозок(L), масса израсходованного топлива (m), и амортизационные отчисления (A), а также информация I – сводно-загрузочные данные, центровочный график ВС [1, 3, 4]. Энергетический процесс изменения характеристик авиационного транспортного процесса может быть описан следующей функциональной зависимостью [3]

$$E = f(m, Q, E, t, L). \quad (2)$$

Одновременно обрабатывается масса, энергия и информация

$$S(m-E-I) = S(m). \quad (3)$$

Под влиянием комплекса технических средств переработки материи Кр ВС авиационного транспортного процесса и расхода ресурсов исходные начальные ресурсы (масса топлива, количество отправленных пассажиров и местоположение ВС), представленные нулевыми векторами количественных характеристик авиационного транспортного процесса масса, энергия и информация  $M(m_0, E_0, I_0)$ , переходят в конечные результаты авиационных перевозок, характеризуемые векторами информации о произведенной продукции авиационного транспортного процесса  $M(m_{тр}, E_{тр}, I_{тр})$  перевезенных пассажиров, багажа и груза, выполненного тонно-километража и пассажирооборота, (пкм), затраченного топлива -  $Q$ , времени полета ВС  $t$  (л. час), аэропорта посадки ВС.

В данной системе в качестве базового элемента выделим комплекс технических средств выполнения полета и переработки материи, основной функцией которого является проведение операций над массой, энергией и информацией. Комплексы технических средств обозначим символом Т. Для управления всей АТС созданы комплексы средств управления (Z), которые на основе анализа информационных потоков  $I_1, I_2, \dots, I_n$  выдают управляющие воздействия  $U_1, U_2, \dots, U_n$  на соответствующие комплексы обработки информации.

Для прогнозирования процессов управления АТС и оценки эффективности управления произведем декомпозицию АТС на целевые системы и комплексы [9] (рис. 4). Целевая декомпозиция – системы  $S(m), S(E)$  и  $S(I)$ ; техническая декомпозиция – комплексы транспортировки ресурсов ( $K_{T1}$ ), комплексы перерабатывающих средств ( $K_P$ ), комплексы доставки результатов ( $K_{T2}$ ), и комплексы средств управления ( $K_Z$ ); организационная декомпозиция – на схеме рис. 4 не показана.

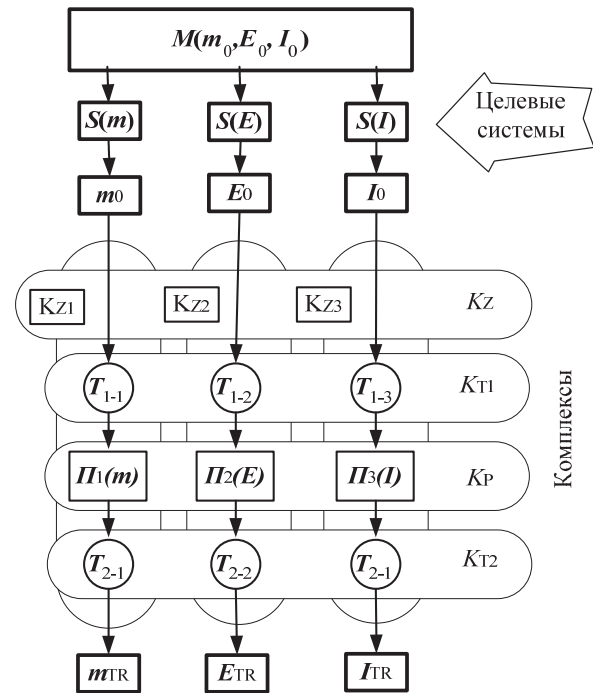


Рис. 4. Декомпозиция АТС на целевые системы и комплексы

Система управления АТС

$S_{АТС} = (S_A \cup S_{PS} \cup S_{TS}) = S_{ЦПДУ} + S_{ЦДСУ} + S_{ЦДСП}, \quad (3)$  где взаимодействие систем и комплексов АТС при авиационной транспортной работе представлено на рис. 5 трехуровневой схемой.

$S_{коорд}(I)$  – система координации и управления верхнего уровня иерархии управления - ЦПДУ - центральное производственно-диспетчерское управление, отраслевое.  $S_{коорд}(I)$  является системой информационного класса.  $S_{произв}(m)$  представляет обрабатывающий класс. Система  $S_{экспл}(I)$  относится к информационному классу. Система  $S_A$  является аналогом технической системы,  $S_{PS}$  – производственная система,  $S_{TS}$  – система эксплуатации технических средств.

Цикл системы управления АТС:

$$S_{АТС} = (S_A \cup S_{PS} \cup S_{TS}) = S_{ЦПДУ} + S_{ЦДСУ} + S_{ЦДСП}. \quad (4)$$

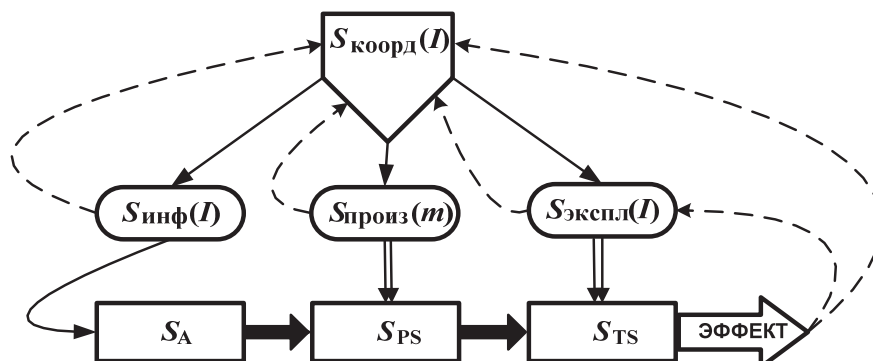


Рис. 5. Схема взаимодействия систем АТС

Здесь управление АТС представлено трех-уровневой системой: верхний иерархический отраслевой уровень – Центральное производственно-диспетчерское управление (ЦПДУ) ОАО «Агентство воздушного транспорта «Росавиация», средний уровень управления –  $S_{\text{ПДСУ}}$  – Производственно-диспетчерская служба «территориального управления гражданской авиации (ЦПДУ)», нижний уровень управления –  $S_{\text{ПДСП}}$  – производственно- диспетчерские службы предприятий гражданской авиации (авиакомпаний и аэропортов) (ПДСП). Знак дизъюнкции  $\cup$  подчёркивает возможность пересечения функциональных обязанностей, то есть системы не суммируются, а объединяются.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зубков Б.В., Минаев Е.Р.* Основы безопасности полетов М.: Воздушный транспорт, 1987. 143с.
2. *Писаренко В.Н.* Обеспечение безопасности полетов при управлении воздушным движением: Учебное пособие. Самара: Изд-во Самарского гос. аэрокосм. ун-та, 2009, 68с.
3. *Писаренко В.Н.* Управление безопасностью полетов. Монография. Самара: СамНЦ РАН, 2014. 226 с.
4. Пилот «Эйр Самары» забыл выпустить шасси. URL: <http://samara.ru/read/73952> (дата обращения 14.11.2017).
5. *Писаренко В.Н.* Надежность полета // Вестник МАИ, 2016. Т. 23. № 1. С. 115-121.
6. *Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М.* Современные проблемы технической эксплуатации воздушных судов Часть I. М.: МГТУ ГА, 2007. 83 с.
7. *Ратобильская Д.В.* Вероятностная оценка надежности структуры сложной системы // Математичні машини і системи. 2012. № 2. С. 177-187.

## MODERN REALIZATION OF THE AVIATION TRANSPORT SYSTEM

© 2017 V. N. Pisarenko

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

The article is devoted to the study of the state and management of the aviation transport system as an object of carrying out the aviation transport process. the presentation of flight and technical operation of aircraft and air traffic management service was considered. The main components of the system that ensure a reliable state of the system and safety of flights are identified.

*Keywords:* systems, structure, reliability, transportation, aviation, flight, aviation security.