

УДК 519.8

СПОСОБ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

© 2020 М.А. Ковалев¹, И.В. Поддубный²

¹ Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

² Авиационный технический центр ОАО АК «Уральские Авиалинии», г. Екатеринбург

Статья поступила в редакцию 16.06.2020

Построение производственной организационной структуры технического обслуживания воздушных судов сегодня не ограничивается созданием иерархической структуры подчиненности подразделений со множеством связей в системе предприятия. Важными условиями эффективного осуществления обслуживающим предприятием своей деятельности являются: правильно выстроенная организационная структура, оптимальное построение структуры функциональных связей и эффективное кадровое наполнение. И если вопросы построения иерархической организационной структуры решаются тем или иным способом и существуют методологии построения, требования к персоналу сформулированы в достаточно полной мере и удовлетворяют сегодняшним потребностям авиационных предприятий в рамках норм государственных авиационных администраций, то проблема построения функциональной структуры остается актуальной. Основная проблема заключается в отсутствии универсального способа описания функциональной структуры, лежащей в основе множества специфических задач технического обслуживания. На решение данной проблемы нацелена данная работа.

Ключевые слова: авиапредприятие, техническое обслуживание, авиационная техника, исправность, работоспособность, образ, образующая, опорное пространство, пространственно-временная конфигурация, универсальный оператор, принятие решения

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-4-10-20

1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

Создание модели организационной структуры предприятия, отражающей иерархическую структуру подчиненности подразделений, является необходимой, но недостаточной частью для полного описания организации обслуживающего производства. Для полного описания организации необходима модель организационной структуры, реализующая в структурной части организации технического обслуживания (ТО) действия и взаимодействия между всеми компонентами этой организации.

Так же, как и состав структуры, действие и взаимодействие компонентов организационной структуры строится на базе основополагающих документов гражданской авиации, определяющих требования к организации ТО.

В основе этих требований лежит структура исходных данных, подлежащих интерпретации для построения организационной структуры по техническому обслуживанию в авиакомпаниях:

Ковалев Михаил Анатольевич, доктор технических наук, доцент, проректор по общим вопросам, заведующий кафедрой эксплуатации авиационной техники.

E-mail: kovalev.ma@ssau.ru

Поддубный Игорь Владимирович, заместитель генерального директора по инженерному авиационному обеспечению – директор авиационного технического центра.

E-mail: i.poddubniy@u6.ru

- рекомендованные практики ИКАО (гибкие общие требования, основанные на накопленном всестороннем опыте эксплуатации ВС гражданской авиации в различных странах мира, регулярно уточняемые и обновляемые), и

- основанные на рекомендованных практиках ИКАО нормы EASA, представляющие собой вербальное описание свойств компонентов, которые должны составлять и наполнять организационную структуру ТО.

По существу, данные описания, выполненные на естественном языке, оформленные в виде межгосударственных и государственных нормативных актов, покрывают абсолютно все аспекты технического обслуживания, предусмотренные требованиями к поддержанию летной годности воздушных судов и представляющие концепцию структуры, отражающей понятийную структуру предметной области ТО и функциональной структуры, моделирующей схему взаимодействий.

Помимо этого, известно, что организационное обслуживающее производство представляет собой систему знаний, охватывающую структуры государственной авиационной администрации, структуры производителей ВС, двигателей и комплектующих агрегатов, узлов, с авиакомпаниями и аналогичными обслуживающими организациями по вопросам аутсорсинга. Данные взаимодействия являются постоянными и

носят обязательный характер. Воздействия со стороны перечисленных структур имеют очень важное значение, так как формируют требования к наличию определенных структурных звеньев внутри авиационно-технического центра (АТЦ), а также к определенному функционалу, осуществляемому этими звеньями. Воздействие и взаимодействие со стороны внешних организаций носит контролирующий, информационный характер и аутсорсинг (отдача или принятие функций по ТО, необходимых для выполнения программы ТО, но отсутствующих по ряду причин – ограничений внутри организации по ТО, либо у смежной, запрашивающей услуги организации).

В частности, авиационная администрация (EASA, либо администрация одной из европейских стран по решению EASA) формирует требования к наличию конкретных структурных звеньев в организации, отвечающих за выполнение функций по обеспечению ТО и обслуживанию [1]. Затем на регулярной периодической основе производятся проверки деятельности обслуживающей организации на соответствие своим требованиям. Таким образом производится контролирующее взаимодействие. Указание выполнить директиву летной годности является воздействием.

Информационное взаимодействие осуществляется между обслуживающей организацией и производителем АТ. Производитель обеспечивает авиакомпанию основными эксплуатационными документами – базовой программой ТО (Maintenance Program Data), базовым перечнем минимально исправного оборудования (Master Minimum Equipment List), а также руководствами по летной и технической эксплуатации (ЛЭ и ТЭ), директивами и бюллетенями. Организация по ТО, в свою очередь, обеспечивает производителя отчетами о выполнении директив и бюллетеней, а также различной эксплуатационной статистикой.

Аутсорсинг производится в интересах как обслуживающей организации по ТО ВС, так и самой организацией по ТО в интересах смежных обслуживающих организаций, обслуживающих аналогичные ВС других авиакомпаний.

В реальных условиях построение идеальной структуры-эталона, охватывающей все аспекты ТО для всего спектра существующей АТ в рамках одного авиационного предприятия, отвечающего за обеспечение летной годности своего парка ВС, эксплуатирующего гражданские воздушные суда коммерческой авиации, и имеющего в структуре подразделение по техническому обслуживанию, практически нереализуемо ввиду существования ограничительных факторов так или иначе влияющих на реализацию построения структуры обслуживающих производств.

Таковыми факторами могут быть ограниченные финансовые возможности предприятий, кадровая недоступность, недостаточные инфраструктурные возможности, а также ограниченная возможность к освоению и принятию на ТО видов (самолеты, вертолеты) и типов ВС.

Данные ограничения формируют виды и количество внешних воздействий на внутренние структурные компоненты обслуживающего предприятия, а также их возможный облик – численность, уровень подготовки и опыт работы специалистов, квалификационные требования, наличие необходимого инструмента и оборудования, их номенклатура и правила хранения, распределение функций и обязанностей.

Решение задачи формирования компонентов организационных структур по ТО может быть реализовано различными путями, что, в идеальном случае, так же отчасти формализовано в виде вербального описания множества рекомендованных практик в дополнение к базовому описанию элементов структуры ИКАО и EASA, упомянутому выше. Формализация вариантов решения вышеописанных задач обслуживающего производства – авиационного технического центра – в рамках самого предприятия значительно детализированы и имеют вид внутренних нормативных документов (Maintenance Organization Exposition, Maintenance Control Manual).

Подробная детализация, а также внутренние взаимодействия и взаимодействия системы АТЦ с внешними системами описаны вербально во внутренних документах предприятия на языках, принятых международной конвенцией, как правило русском и английском. Недостатком описания структуры и системы взаимодействий вербально естественным языком являются громоздкость и сложность изложения, многозначность понятий, что делает его сложным для понимания и выполнения, а также возможности модернизации.

Таким образом в настоящий период существует проблема создания рационального описания организационной структуры предприятия, эксплуатирующего парк ВС, которое учитывает действия и взаимодействия подразделений внутри этого предприятия, а также связи элементов его структуры с внешними организациями по правилам, по которым должно функционировать обслуживающее производство – АТЦ.

Выражаясь математическим языком, необходимо разработать операционную модель знаний $P=(I, M, O)$ на основе структурных данных (ИКАО и EASA), выраженных вербально. Здесь I – исходная информация, O – обработанная информация, M – модель.

Причем модель будет содержать концептуальную S_k и функциональную S_ϕ составляющие, т.е. $M=(S_k, S_\phi)$.

Задачей данной работы является синтез способа представления функциональной части S_{ϕ} модели организационной структуры обслуживающего производства, в рамках точного формализма, являющегося концептуальной основой этой структуры, и показывающей действия, и взаимодействия элементов структуры на основе теоретико-множественной модели [2].

Для решения этой задачи сначала опишем простейшую форму оперативного ТО ВС и представим ее в виде функциональных взаимодействующих блоков. Затем представим функциональные блоки виде пространственно-временных образующих, из которых можно составить образ функциональной структуры ТО, и опишем процесс выполнения оперативной формы ТО при помощи пространственно-временных конфигураций.

2. ОПИСАНИЕ ПРОСТЕЙШЕЙ ОПЕРАТИВНОЙ ФОРМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В качестве примера возьмем выполнение простейшей формы оперативного ТО воздушных судов иностранного производства типа A320F - Daily-check.

Daily-check (Dc), выполняется каждые 48-60 календарных часов (в зависимости от возраста ВС, интенсивности его эксплуатации и уровня доверия государственной системы поддержания летной годности).

Данная форма предусматривает сбор информации о ВС путем визуального осмотра по маршруту, включающему 21 зону осмотра (рис. 1), считывания данных об отказах и отклонениях в работе систем с бортовой системы обслуживания ВС, а также ознакомления с замечаниями

экипажа, отмеченных в бортовой документации – в бортовом журнале воздушного судна.

В процессе ТО происходит взаимодействие специалиста с элементами ВС, а также с массивом информации в течение времени. Опишем процессы, происходящие при таком взаимодействии, и составим таблицу пространственно-временных образующих с их описанием.

Специалист производит внешний осмотр элементов ВС. Осмотр производится поэлементно от одного к другому, в процессе чего производится оценка:

- состояния обшивки, целостности соединительных элементов и швов, и лакокрасочного покрытия;
- состояния остекления кабины экипажа и пассажирского салона;
- состояния механизации крыла и герметичности гидроприводов;
- состояния самого крыла и герметичности топливных баков;
- состояния пневматиков колес и тормозной системы;
- состояния гидравлических шлангов в нишах шасси;
- состояния лопаток двигателей и чистота капотов;
- состояния рулевых поверхностей;
- состояния элементов салона, кухонь и туалетов внутри самолета.

Помимо осмотра производятся измерения:

- давления кислорода в кислородной системе;
- глубины индикационных канавок в шинах колёс;
- остаточной длины индикатора износа тормозов;
- давления в шинах колес.



SINGLE AISLE TECHNICAL TRAINING MANUAL

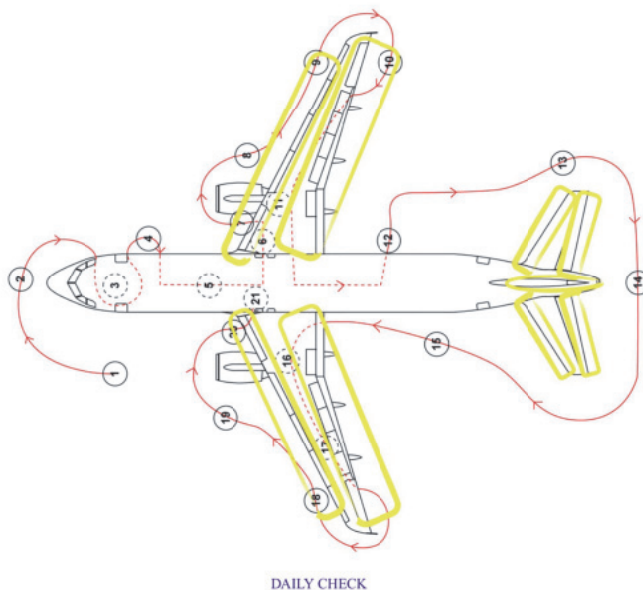


Рис. 1. Визуальный осмотр ВС по маршруту в процессе выполнения Daily-check

Кроме того, производится считывание бортовой информации и анализ бортовой документации.

В процессе выполнения осмотров, измерений и считывания информации обнаруживаются и устраняются возможные дефекты.

Согласно действующим нормативам ВС, допускаемое к полету, должно быть полностью исправно или при наличии отказов или неисправностей они должны входить в перечень допустимых отказов и неисправностей (MMEL/MEL). Однако в обоих случаях для принятия решения о допуске ВС к полету требуется информация о техническом состоянии ВС, получаемая по результатам контроля [3].

Воздушное судно может находиться либо в исправном, либо в неисправном состоянии. Согласно ГОСТ Р 53863-2010 существуют еще два технических состояния ВС: работоспособное и неработоспособное. Исправное состояние – состояние ВС, при котором оно соответствует всем требованиям технической и эксплуатационной или ремонтной документации. В полет допускается только исправное ВС. Неисправное состояние – состояние, при котором ВС не соответствует хотя бы одному из требований технической и эксплуатационной или ремонтной документации. Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации. Это значит, что ВС в исправном состоянии всегда работоспособно. Однако работоспособное ВС не всегда исправно и в ряде случаев оно неисправно. Неработоспособное ВС всегда находится в неисправном состоянии.

Работоспособность систем ВС в отдельности определяется проявлением определенных факторов δ , свойства которых могут влиять на состояние (исправность/неисправность) ВС в целом своим наличием (есть или нет), либо характеризоваться набором параметров x . Данный набор определяющих состояние факторов и присущих им параметров, характеризующий работоспособность систем ВС в состоянии летной годности и описанный в технической документации разработчиком, будем называть идеальным образом исправного ВС или образом – эталоном исправного состояния. Текущий набор факторов и параметров, присущий индивидуально каждому ВС в данный момент, будем называть оригинальным состоянием.

Осмотр ВС по маршруту при выполнении оперативной формы ТО Daily-check (рис. 1) согласно требованиям разработчика делит ВС на 21 зону, в каждой из которых предусмотрен визуальный контроль параметров систем и элементов конструкции ВС. Пример описания раз-

личных зон, систем, элементов конструкции и контролируемых факторов и параметров на ВС А320 приведен в таблице 1.

Работоспособное состояние элементов в каждой зоне n из всех 21 зон ВС будем описывать некоторым вектором

$$S_n^o = \{x_i\}, \quad (1)$$

представляющим собой множество значений параметров x_i в этой зоне, как это отражено в примерах таблицы №1 (индекс «о» означает оригинальное ВС, $i=1, \dots, N$, где N – количество контролируемых параметров в n -й зоне).

Факторы δ , влияющие на работоспособность объекта и описываемые признаком «есть/нет» в таблице 1, не подлежат измерению. Само их появление уже приводит агрегат или систему в неработоспособное состояние. Как пример – течь жидкости по цилиндру уборки-выпуска стойки шасси, сквозной прокол пневматика, трещины стекол форточки пилота. Для описания факторов δ , можно применить булевы функции [4]. При этом признаку «есть» будет соответствовать символ 0, а признаку «нет» - 1.

Следует учесть, что в одной зоне может быть несколько факторов, как например в зонах 6 и 16 (рисунок 1) – четыре фактора (таблица 1): течь гидрожидкости по штоку гидроцилиндра уборки-выпуска, сквозной прокол протектора, боковой порез колеса и разрушение тормозного диска. Применительно к этим зонам булева функция будет определяться выражением:

$$\Delta_{6,16}^o = \Lambda_{j=1}^4(\delta_j) = (\delta_1 \wedge \delta_2 \wedge \delta_3 \wedge \delta_4) \rightarrow \{0,1\}, \quad (2)$$

где символ \wedge – логическая операция конъюнкции «и». Соответственно проявление любого из четырех факторов на стойке шасси переводит взлетно-посадочное устройство самолета в неработоспособное состояние.

Очевидно, что основываясь на контроле факторов, состояние основной ноги шасси будет работоспособным только в том случае, когда булева функция будет принимать значение 1. При любых других вариантах распределения значений переменных булева функция будет принимать значение 0, что соответственно будет говорить о неработоспособном состоянии основной стойки шасси.

Итак, булева функция для произвольной n -ой зоны будет выглядеть, как

$$\Delta_n^o = \Lambda_{j=1}^M(\delta_j) \rightarrow \{0,1\}. \quad (3)$$

Здесь $j=1, \dots, M$, где M – количество контролируемых факторов в n -й зоне.

Данную методику можно применить ко всем 21 зонам осмотра и далее, для упрощения, ВС будем рассматривать как неделимый объект и не будем детализировать на зоны, системы и элементы конструкции. Целью данной работы является синтез способа представления организации работ в ходе ТО ВС на основе понятий

Таблица 1. Пример описания зон, систем, элементов конструкции и контролируемых факторов и параметров на ВС А320

№ зоны	Зона, система, элемент конструкции	Фактор δ_i	Измеряемый параметр x_i
1	Зона левой передней части фюзеляжа		
	Обшивка	Повреждения лако-красочного покрытия (ЛКП), ослабление заклепок, вмятины, царапины.	Площадь повреждения ЛКП, глубина вмятин, площадь вмятин, глубина и длина царапин
		Коррозия обшивки	Есть/нет
		Сквозные пробоины	Есть/нет
	Левое стекло кабины, форточка	Отслоение стекол, следы перегрева	Площадь отслоения, перегрева
		Трещины на стекле	Есть/нет
	Иллюминаторы	Серебро, трещины	Площадь серебрения, длина и количество трещин
	Входная левая передняя дверь	Прилегание входной двери к фюзеляжу	Зазор выхода двери из проема в закрытом положении
	2	Зона носовой части фюзеляжа	
	Обтекатель локатора	Повреждения ЛКП, Расслоение композита, пробоины	Площадь повреждения ЛКП, площадь отслоения
	Лобовые стекла пилотов	Отслоение стекол, трещины, следы перегрева	Площадь отслоения, длина трещин, количество трещин
	Обшивка носовой части фюзеляжа	Повреждения ЛКП, ослабление заклепок, вмятины, царапины,	Площадь повреждения ЛКП, глубина вмятин, площадь вмятин, глубина и длина царапин
		Коррозия обшивки	Есть/нет
		Сквозные пробоины	Есть/нет
6/16	Зона правой/левой основной стойки шасси		
	Гидроцилиндр уборки-выпуска	Течь гидрожидкости	Есть/нет
	Зеркало штока гидроцилиндра	Зарядка амортизатора	Величина видимого зеркала
		Отслоение и трещины хромового покрытия	Площадь отслоения, длина трещин
	Пневматики колес	Обжатие пневматика	Давление азота в пневматике
		Состояние резины пневматика	Глубина протектора, величина порезов и проколов
		Сквозной прокол протектора	Есть/нет
		Сквозной порез боковины колеса	Есть/нет
	Тормоза колес	Износ тормозных дисков	Величина видимого индикатора износа
		Разрушение тормозного диска	Есть/нет

«теории синтеза образов» [5,6] и аппарата дискретной математики [2].

Для всего ВС, условно разбитого на 21 зону булева функция будет выглядеть функцией первого порядка от объединения всех булевых функций, имеющих результат либо 0, либо 1

$$\Delta^0 = \bigwedge_{n=1}^{21} (\Delta_n^0) \rightarrow \{0,1\}. \quad (4)$$

Таким образом анализ значений всех параметров и факторов во всех 21 зонах дает возможность классифицировать состояние ВС как исправное P_u или неисправное P_n .

Исправное состояние ВС:

$$P_u = \begin{cases} \sum_{n=1}^{21} (S_n^0) = \{x_i\} \in S_n^i \\ \Delta^0 = \bigwedge_{n=1}^{21} (\Delta_n^0) = 1 \end{cases}, \quad (5)$$

здесь S_n^i – область допустимых значений параметров эталона в зоне осмотра.

Неисправное состояние:

$$P_n = \begin{cases} \sum_{n=1}^{21} (S_n^0) = \{x_i\} \notin S_n^i \\ \Delta^0 = \bigwedge_{n=1}^{21} (\Delta_n^0) = 0 \end{cases}, \quad (6)$$

условие, при котором множество оригинальных значений параметров соответствуют множеству эталонных, но присутствует хотя бы один фактор неработоспособности;

$$P_n = \begin{cases} \sum_{n=1}^{21} (S_n^0) = \{x_i\} \notin S_n^i \\ \Delta^0 = \bigwedge_{n=1}^{21} (\Delta_n^0) = 1 \end{cases}, \quad (7)$$

условие, при котором отсутствуют факторы неработоспособности, но хотя бы значение одного параметра не соответствует области допустимых значений эталона.

ВС в связи со специалистом, выполняющим ТО, можно представить в виде образующих ВС и А/В1/В2, которые формируют конфигурацию [5] (рис. 2).

А/В1/В2 – это образующая, обладающая конкретными признаками. Здесь А, В1 и В2 обозначения специализации специалиста в соответ-

ствии с международными классификаторами (в частности EASA или ФАП-147). Специалисты получают значения параметров и оценивают наличие факторов неработоспособности, а также производят их оценку, путем сравнения с эталонными значениями.

С целью принятия решения об исправности объекта результаты оценки доводятся до инженера-бригадира, который оценивает ситуацию в целом. При этом возможны три варианта развития событий.

1. Образ оригинала, зарегистрированный во время выполнения работ, соответствует идеальному. В этом случае инженер оформляет сертификат исправного состояния (CRS – certificate release to service), ВС готовится к вылету в рейс по расписанию. Это самый идеальный вариант, и конфигурация, описывающая процесс сертификации исправного состояния, будет выглядеть, как это показано на рис. 3.

2. Во время осмотра обнаружены незначительные отклонения в техническом состоянии объекта (на идеальный образ накладываются незначительные деформации). В этом случае возможны три подварианта событий:

- устранение дефекта возможно в рамках времени простоя ВС, предусматривающего выполнение Dc, инженер принимает решение об устранении, образ исправного ВС возвращается к идеальному, инженер оформляет сертификат исправного состояния, ВС готовится к вылету в рейс по расписанию;

- устранение дефекта невозможно в рамках времени простоя ВС, предусматривающего выполнение Dc, инженер принимает решение об откладывании его устранения, если это предусмотрено документацией разработчика ВС, появляется новый образ исправного ВС, с допустимой деформацией, накладывающей ограни-

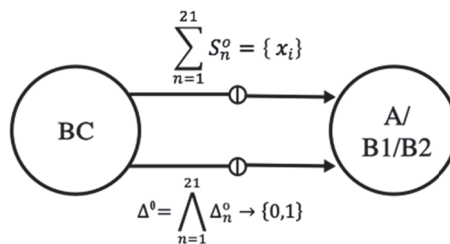


Рис. 2. Конфигурация системы «ВС-специалист»

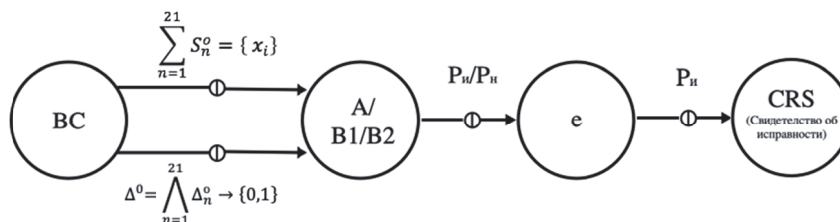


Рис. 3. Конфигурация, описывающая процесс ТО исправного ВС

чение на его эксплуатацию, инженер оформляет сертификат исправного состояния, ВС готовится к вылету в рейс по расписанию;

- устранение дефекта невозможно в рамках времени простоя ВС, предусматривающего выполнение Дс, но откладывание не предусмотрено документацией разработчика ВС, инженер принимает решение о его устранении, образ исправного ВС возвращается к идеальному, инженер оформляет сертификат исправного состояния, ВС готовится к вылету в рейс с задержкой времени, необходимой на устранение деформации.

Во время осмотра обнаружены значительные отклонения в техническом состоянии (на идеальный образ исправного состояния ВС накладываются недопустимые деформации). Инженер принимает решение об отклонении ВС от рейса. В этом случае задача выполнения рейса по расписанию должна быть решена другими методами.

На рисунке 3 представлена плоская модель простейшего технического обслуживания с идеальным исходом событий. Чтобы предусмотреть многовариантность развития событий при ТО и выявить функциональные связи, необходимо построить более сложную пространственно-временную модель ТО.

3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ КОНФИГУРАЦИЙ

Как уже было отмечено выше, специалист производит оценку состояния работоспособности элементов и систем ВС, контролируя факторы и сравнивая значения параметров зарегистрированных на ВС в момент обслуживания, с эталонными значениями, установленными разработчиком ВС. Другими словами, производится сравнение параметрической картины, полученной путем считывания значений параметров с бортовых систем регистрации и путем визуальной оценки, с образом-эталонном исправного состояния. Значения параметров должны быть в рамках разрешенных допусков, и параметрическая картина не должна отличаться от образа-эталона более чем это разрешено документацией производителя.

Во время ТО выполняются также профилактические работы: дозаправка двигателей маслом, гидросистем жидкостью, дозаправка систем азотом и кислородом по необходимости.

Следует отметить, что ТО ВС предполагает выполнение набора регулярных процессов – осмотров, замеров и считываний, которые обладают определенными чертами, некоторые из которых повторяются. Учитывая то, что про-

цессы являются типовыми, неизменяющимися в каждый новый промежуток времени, их можно представить в виде множества формальных регулярных конфигураций $\mathcal{L}(\mathcal{R})$, построенных по определенным правилам \mathcal{R} . Для визуализации и представления конфигурации каждый процесс можно представить в виде символа и в каждом случае необходимо задать время исполнения процесса. Это позволит получить множество пространственно-временных образующих, которые будут составлять набор дискретных функций.

В таблице 2 каждому из возможных при ТО процессов дано описание, присвоен конкретный символ и задано время исполнения. Эти элементы таблицы составляют описательный язык процессов, который необходим для упорядочивания функций и построения пространственно-временных образующих процессов ТО.

При составлении таблицы учитываются последовательность построения и особенности некоторых процессов, описанные ниже, что в совокупности является правилами \mathcal{R} построения необходимых конфигураций $\mathcal{L}(\mathcal{R})$.

Для упрощения описания и формализации процессов, с учетом того, что осмотры зон конструкции ВС на ТО Daily-check по сути являются совершенно типовыми, т.е. похожи один на другой и занимают сравнительно одинаковые промежутки времени (выполняются с земли без применения специального наземного оборудования), опишем осмотры по маршруту как «осмотр элемента ВС», подразумевая здесь выявление факторов δ_j .

Так же поступим с измерением различных индикаторов износа, описав их как процесс - «измерение параметра», определение значения параметра x_i

Время перехода t_v от элемента к элементу и от завершения одного процесса к началу следующего зависит от различных факторов – опыта исполнителя, доступности оборудования и инструмента, внешних условий (освещенность, температура воздуха, осадки) может принимать различные значения: от нескольких секунд до нескольких минут. В идеальном случае время перехода должно стремиться к 0.

Считывание информации подразумевает под собой обращение к бортовой системе диагностирования ВС. При считывании информации с бортового компьютера исполнитель имеет возможность получить значения x_i и δ_j агрегатов систем ВС.

«Обращение к информации об эталоне» – это может быть либо мыслительный процесс, при котором исполнитель обращается к своим знаниям, выискивая необходимый диапазон параметров, либо обращается непосредственно к нужному разделу технической документации

Таблица 2. Описание процессов

№	Описание процесса	Название	Символ	Время перехода
1	Осмотр элемента ВС	Осмотр	⊙	t1
2	Измерение параметра	Измерение	△	t2
3	Считывание информации	Считывание	⊞	t3
4	Обращение к информации об эталоне	Информирование	⊞	t4
5	Сравнение оригинального элемента с эталоном	Оценка	≤	t5
6	Переход от зоны к зоне	Переход	П	t6
7	Заправка системы (жидкостями, газами)	Заправка	⊖	t7
8	Принятие решения о выполнении работ	Оценивание возможности	±	t8
9	Поиск причины дефекта	Поиск	⊗	t9
10	Формализация технологии устранения	Описание	∇	t10
11	Анализ склада инструментов	Подготовка 1	I_{St}	t11
12	Анализ склада запчастей	Подготовка 2	Z_{St}	t12
13	Анализ состава исполнителей	Подготовка 3	B_{Se}	t13
14	Выполнение работ по восстановлению параметров оригинала	Восстановление	⊕	t14
15	Выполнение процедуры откладывания устранения дефекта	Перенос	~	t15
16	Принятие решения об исправности или о продолжении работ	Оценивание состояния	⊙	t16

разработчика с целью поиска необходимых данных. Время выполнения процесса зависит от индивидуальных качеств исполнителя.

Образующая «оценка» - является универсальным оператором, которая может иметь множество входов и множество выходов. Для каждой зоны оценка описана формулами (1) и (3). В нашем случае по два входа и выхода. Входы – это информация, полученная об оригинале (результат осмотра или измерения), и информация об эталоне. Выходы – описывают ситуации, когда оригинальные значения параметров и факторов систем и элементов конструкции ВС соответствуют и не соответствуют эталонным. Во второй ситуации необходимо предусмотреть процесс восстановления параметров оригинала S_n^o до разрешенного интервала эталона, либо устранения выявленных факторов неработоспособности элемента конструкции или системы Δ_n^o в данной зоне.

Алгоритм поиска причины и определения величины отклонения параметров оригинальной системы, либо описания фактора неработоспособности - это мыслительный процесс, при котором используются знания и личный опыт исполнителя, логика поиска дефекта, а также рекомендации разработчика ВС, выраженные в технологиях поиска и устранения дефекта или неисправности. Образующую, отражающую этот

процесс, назовем «Поиск».

После определения причины и величин отклонения параметров и/или выявления факторов неработоспособности должен быть произведен процесс оценивания возможности выполнения работ.

Оценивание возможности выполнения работ включает в себя осмысление вариантов восстановления параметров S_n^o или устранения факторов Δ_n^o , а также оценку ресурсов – человеческих, инструмента, материалов и запасных частей, а также времени, и принятие последующих решений, т.к. отсутствие или недостаток любой из составляющих делает выполнение дефектации невозможным. Образующая «оценивание возможности» является универсальным оператором, в него вводятся данные об имеющихся ресурсах – данные о содержании склада инструментов, запчастей, информация о квалификации и численности исполнителей, и о времени, в рамках которого должны быть выполнены все работы по ТО. Из документации выбирается эталонная информация – данные о необходимом инструменте и применимых запчастях и материалах. Выходные параметры должны выражать принятые решения и дальнейшие действия:

а) начало выполнения восстановительных работ;

б) откладывание устранения дефектов.

Откладывание устранения дефектов «перенос» производится случае, если хотя бы одно из условий не выполняется (либо отсутствует необходимый инструмент, либо нет запасной части, либо недостаточно персонала с необходимой квалификацией), и возможно применение временных условий деградации системы без изменения ее нового состояния, но в рамках допуска эталона, предусмотренного так же документацией разработчика ВС, другими словами провести процедуру откладывания устранения дефекта на определенный срок с выполнением ограничивающих условий эксплуатации.

Однако, если документация разработчика не предусматривает эксплуатацию ВС с деградировавшей системой, то в обязательном порядке будет применяться вариант а). При этом должен быть проведен комплекс мероприятий (закупка либо аренда и доставка инструмента или запчастей, командирование специалиста либо приглашение по контракту), что значительно превысит планируемое время ТО. Подобный сценарий выходит за рамки решения задачи оперативного ТО, и должен осуществляться в рамках других видов обслуживания, в частности периодического ТО.

Разработка алгоритма устранения дефекта – это описание комплекса мероприятий приведения величины отклонения параметров S_n^o оригинальной системы к идеальному значению, либо составление технологии устранения фактора неработоспособности S_n^o , т.е. описание подконфигураций последовательных действий, приводящих к восстановлению системы или элемента конструкции до параметров эталона. Это мыслительный и описательный процессы. Данную образующую назовем «Описание».

Далее происходит, собственно, сам процесс восстановления – выполнение комплекса мероприятий.

После восстановления происходит очередной этап оценки, который должен показать восстановлены ли параметры оригинала до диапазона эталонных показателей, либо устранены ли факторы неработоспособности. Если да, то производится переход к следующей зоне - $n+1$. Если нет – все процессы восстановления повторяются заново.

Переход – физический переход исполнителя поэтапно от зоны 1 к зоне 21.

Заправка систем жидкостями и газами – это технологические операции.

Принятие решения об исправности или о продолжении работ – «оценивание состояния» – осуществляется на основе формул (5) - (7). Соответственно, если состояние признается исправным, работы по обслуживанию завершаются. Если нет, то работы по обслуживанию должны быть продолжены.

Подставляя образующие так, чтобы их последовательность представляла собой непрерывную технологическую цепь, получим пространственно-временную конфигурацию – от момента начала подготовки специалиста к ТО - «Start» до момента окончания ТО – оформления сертификата об исправности ВС - «CRS».

Идеальное изображение выполнения оперативного ТО Daily-check, в процессе которого зарегистрированные значения всех параметров систем и элементов ВС совпали с эталонными, представлено на рисунке 4.

Конфигурация, учитывающая описанные выше варианты развития событий и отражающая процесс работы по приведению системы в исправное состояние при оперативном ТО от момента начала осмотра какого-либо элемента до момента перехода к следующему элементу, представлена на рисунке 5.

Данная конфигурация является макроконфигурацией $\mathcal{L}(\mathcal{R})$ – частью конфигурации,

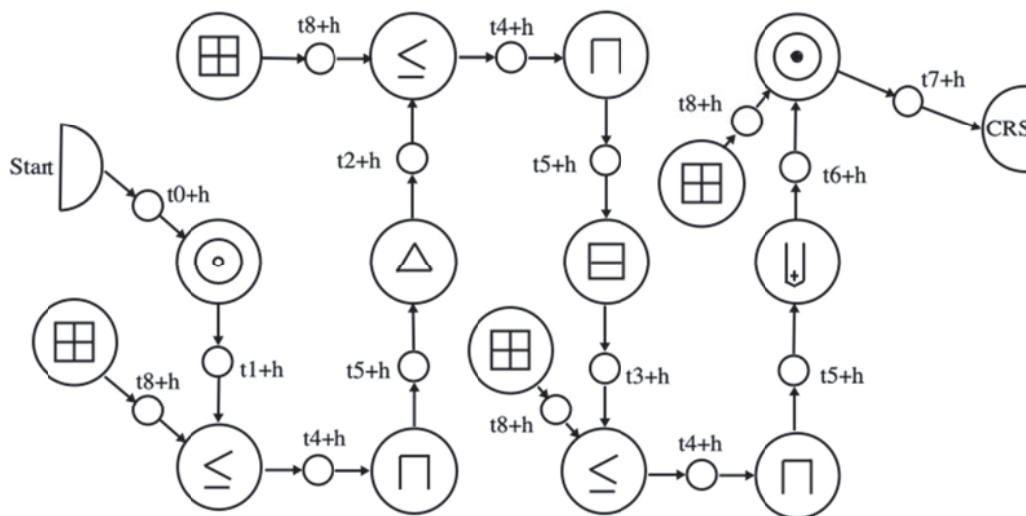


Рис. 4. Идеальное изображение оперативной формы ТО Daily-check

**PRESENTATION METHOD OF THE AIRCRAFT LINE
MAINTENANCE PERFORMING PROCESS**

© 2020 M.A. Kovalev¹, I. V. Poddubniy²

¹Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

²Aircraft Technical Center of Ural Airlines, Yekaterinburg

The creation of the aircraft maintenance production organizational structure is not restricted to the building of unit hierarchical subordinate structure with many unit's bonds in the enterprise system. There important conditions for the maintenance company activities effective implementation are the properly built organizational structure, optimal construction of the functional structure relations and effective staffing policy. The issues of hierarchical organizational structure constructing are solved in one or another way and there construction methodologies are formalized, the personnel requirements are formulated in sufficient details and satisfy today's needs of aviation enterprises within the framework of the state aviation administration rules, but the problem of the functional structure creation remains relevant. The main problem is the lack of universal way of the functional structure describing that underlies many specific maintenance tasks. This work is aimed to solve this problem.

Keywords: air company, maintenance, aviation equipment, serviceability, operability, pattern, support space, space-time configuration, universal operator, decision making.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-4-10-20

*Mikhail Kovalev, Doctor of Technics, Associate Professor,
Vice-Rector for General Matters, Head of the Aircraft
Maintenance Department. E-mail: kovalev.ma@ssau.ru
Igor Poddubniy, Deputy General Director, JSC for Aviation
Engineering - Director of Aviation Technical Center.
E-mail: i.poddubniy@u6.ru*