

**РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРИ СОЗДАНИИ РЕАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ
ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

Развитие авиационного бизнеса и увеличение спроса на расширение объема региональных перевозок в России влечет потребность в создании в различных городах страны авиационных технических организаций, оказывающих услуги по техническому обслуживанию (ТО) воздушных судов (ВС). При этом возможности регионов индивидуальны, поэтому создание структуры ТО должно нести нешаблонный характер. Для этого необходимо применение методики, дающей возможность смоделировать структуру до ее создания, учитывая ограничения и индивидуальные особенности каждой технической организации. В настоящей работе предлагается на примере авиационного технического центра (АТЦ) ОАО Авиакомпания «Уральские Авиалинии» рассмотреть методику создания рациональной структуры технического обслуживания ВС на основе использования методологии системного подхода путем введения понятия организации, состоящей из двух главных составляющих: структурной и функциональной частей.

Методология системного подхода, реализованная при глубокой модернизации существующей инфраструктуры организации АТЦ «Уральские Авиалинии», потребовала постановки задачи в замкнутой форме, имеющей следующую формулировку: найти в заданном множестве структур существующей организации X структуру x , удовлетворяющую множеству ограничений $K(x)$.

В качестве общего подхода в этой работе был предложен алгоритм синтеза образа организационной структуры в рамках точного формализма, предложенного Ульфом Гренандером [1], с учетом специфики исходной организации.

Опираясь на основополагающие международные документы ИКАО и государственные стандарты, созданы предикаты, описывающие основные элементы структуры технического обслуживания, образующие, представляющие из себя множества. Данные множества в теоретико-множественном представлении образуют конфигурации, которые в совокупности описывают подразделения технической организации. Для примера рассмотрим структурное описание цеха технического обслуживания ВС. Цех ТО состоит из участков и бригад. Каждое подразделение наполнено авиационными специалистами.

Используя теоретико-множественный подход [2], цех ТО представляется в виде системы уравнений:

$$\text{инженер} - e; e \in B_1 \cap B_2 \cap C;$$

$$\text{авиатехник СиД} - b_1; b_1 \in B_1;$$

$$\text{авиатехник АиРЭО} - b_2; b_2 \in B_2;$$

$$\text{авиамеханик} - m; m \in M,$$

где B_1, B_2, C, M – категории авиационных специалистов: авиатехник-механик, авиатехник-электрик, инженер, авиамеханик соответственно.

Каждая категория авиаспециалистов является членом множества всех однотипных специалистов и описывается системой уравнений, которая позволяет выделить их в отдельные категории:

$$\begin{cases} B_1 = \{b_1 | F(145, a35)\}; \\ B_2 = \{b_2 | F(145, a35)\}; \\ M = \{m | F(145, a30)\}. \end{cases} \quad (1)$$

При этом $M \neq B_1; B_1 \neq B_2; M \neq B_2$, но $M \subseteq B_1$. Здесь $F(145, a35)$ и $F(145, a30)$ – обобщенное описание булевой функции [3], предусматривающей все требования к авиаспециалисту в рамках авиационного законодательства [4].

Бригада состоит из множества авиаспециалистов различных специальностей, возглавляется бригадиром из числа авиатехников $b_1 - b^*$.

Бригада может быть представлена в виде:

$$B = \{b^*, b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1n}, b_{21}, \dots, b_{2m}, \dots, m_1, \dots, m_k, \emptyset\} = \{B_1 \cap B_2 \cap M\}. \quad (2)$$

Участок состоит из множества бригад и возглавляется инженером. Соответственно по аналогии с бригадой участок **Se (Sector)** можно описать:

$$S_e = \{e, B\} = \{e, \{b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1n}, b_{21}, \dots, b_{2m}, \dots, m_1, \dots, m_k, \emptyset\}\} = \{b_1^*, B_1 \cap B_2 \cap M\}. \quad (3)$$

Цех ТО **W (WorkShop)** состоит из самостоятельных участков, управляемых руководителем цеха e^* – инженером, обладающим достаточным опытом работы, навыками и необходимыми для руководителя цеха свойствами и образует конфигурацию:

$$W = \{e^*, S_e\} = \{e^*, \{e \{b^*, \{b_1\}, \{b_2\}, \{m\}\}\}\} = \{e^*, \{e, \{b_1^*, \{B_1 \cap B_2 \cap M\}\}\}\}. \quad (4)$$

Аналогичным образом созданы математические модели, описывающие информационное обеспечение, цеха и помещения, инструмент и оборудование.

Идеальный образ технического обслуживания ВС включает в себя обслуживание всех его элементов и компонентов: планера, двигателей, шасси, ВСУ, всех элементов систем, блоков авионики. Объединение всех составляющих конфигураций представляет собой теоретико-множественную модель АТЦ и показывает структурную часть ТО ВС:

$$АТЦ = ДПЛГ \cup ДТО \cup ДУК \cup ДБПиМТП, \quad (5)$$

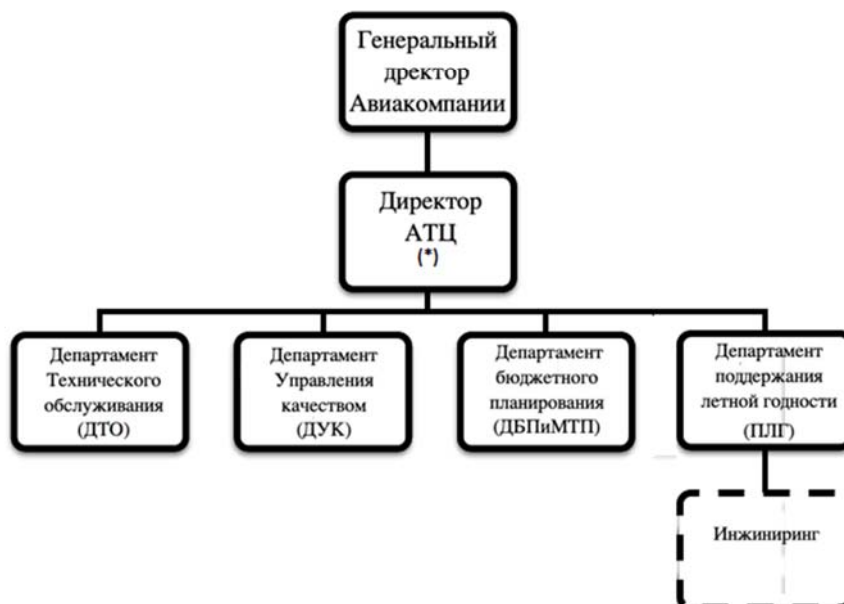
где ДПЛГ – департамент поддержания летной годности, ДТО – департамент технического обслуживания, ДУК – департамент управления качеством, ДБПиМТП – департамент бюджетного планирования и материально-технической поддержки.

Основа структуры АТЦ авиакомпания «Уральские Авиалинии», выраженная формулой из обобщенной модели (5), в реальности получила вид базовой производственной структуры (рис. 1), что было отражено в Руководстве по организации ТО – МОЕ (Maintenance Organisation Exposition) АТЦ «Уральские Авиалинии» [5].

1.5 MAINTENANCE ORGANISATION CHART

(Ref.: 145.A.70(a)5)

Структура организации технического обслуживания



Внимание: инжиниринг выполняет некоторые функции (в соответствии с МОЕ 1.4.14) для технической организации, но структурно не является ее частью.

Note: Engineering Department performs some functions (iaw MOE 1.4.14) for the Maintenance Organization, but structurally is not part of it.

Рис. 1. Структура АТЦ в соответствии с теоретико-множественной моделью

Функциональная часть структуры ТО ВС строится так же в рамках точного формализма. Основным объемом работ для поддержания ВС в исправном состоянии в АТЦ является выполнение работ по ТО, состав и периодичность которых четко определен в программе ТО [6], устранение дефектов, как правило, является частью ТО. Формирование работ по ТО структурировано и строится на основе программы ТО и ряда руководств по эксплуатации разработчика ВС (рис. 2).

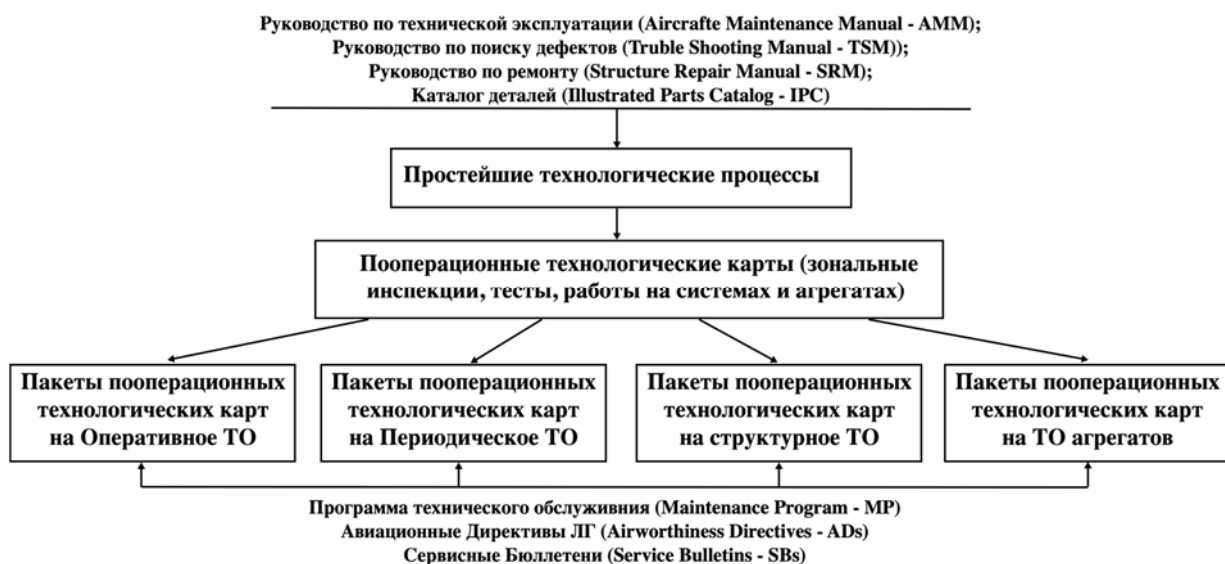


Рис. 2. Структура поддержания ВС в исправном состоянии

С целью построения индивидуального образа функциональной структуры подразделений оперативного и периодического ТО для исследования были взяты следующие факторы:

1) для формирования сменности подразделений:

- расписание полетов самолетов авиакомпании;
- нормы трудового законодательства о режиме работы и отдыха;
- мнение профсоюзных органов;

2) для формирования численности подразделений:

- технологические карты ТО элементов ВС;
- критерии оценки норм времени выполнения технологических операций для каждой категории авиационных специалистов;
- пиковость нагрузки ТО в зависимости от времени суток, дней недели и сезона.

Для создания пространственно-временного образа технического обслуживания ВС, создана математическая модель процессов, для чего вербальное описание ТО переведено в математический аппарат, используя синтаксический подход распознавания образов [7]. Данный математический аппарат будет являться языком описания ТО и с его помощью

будут описаны правила и последовательности построения технологических цепочек и многовариантность функционального взаимодействия внутри организационной структуры.

Для описания используем порождающую грамматику (грамматика Хомского) [2]

$$G = (N, V, S, P), \quad (6)$$

где N – нетерминальный алфавит; V – терминальный алфавит; S – выделенный символ нетерминального алфавита, называемый аксиомой; P – конечное множество правил вывода.

Язык описания ТО, как множество всех терминальных цепочек технологических операций, формируется путем установки правил вывода последовательных действий исполнителей в цепочках технологических операций при различных вариантах перехода ВС из одного состояния в другое, и приводящих к принятию решения о летной годности/оформлению сертификата исправного состояния. При этом используются все возможные варианты.

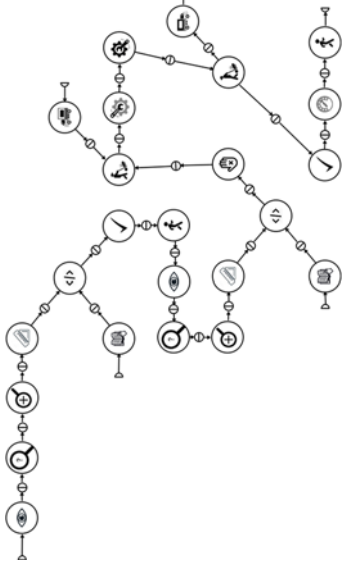
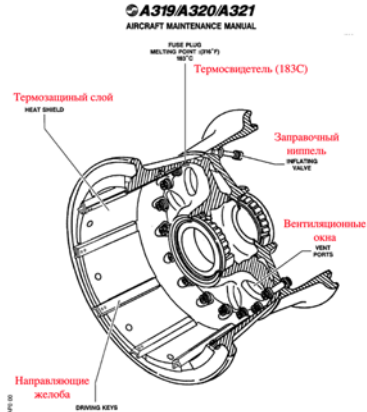
$$\mathcal{L}(G) = \{\ell: M \vdash^*_G \ell, \ell \in \mathcal{L}^*\}, \quad (7)$$

где $\ell = \{\ell_1, \ell_2, \dots, \ell_n\}$, – возможные «слова» из предложенных индексов. Данные слова будут частью всего множества \mathcal{L}^* слов в алфавите, отражающие ТО. Слова состоят из цепочек – образующих, каждой из которых соответствует пространственно-временной индекс (табл. 1).

Таблица 1 – Пример создания пространственно-временных образующих

Описание процесса		Название процедуры	Символы	Индекс (буква)	Время
Получение информации об объекте	In	Осмотр		vi (view)	t_1
		Поиск		re (research)	t_2
		Нахождение		de (determination)	t_3
		Измерение		me (measurement)	t_4

Таблица 2 – Соответствие пространственно-временной модели технологической карте разработчика ВС

Язык описания	Полученная конфигурация	Соответствующая технологическая карта
<p>$L_k = \langle l_1 l_2 \rangle$</p> <p>$\langle l_1 \rangle \rightarrow$ $\langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle$ – элемент исправен;</p> <p>$\langle l_2 \rangle \rightarrow$ $\langle vi \rangle \langle re \rangle \langle de \rangle \langle me \rangle \langle id \rangle \langle a \rangle \langle r \rangle \langle pr \rangle$ $\langle bu \rangle \langle d \rangle \langle as \rangle \langle n \rangle \langle tb \rangle \langle crs \rangle \langle p \rangle$ – обслуживание элемента ВС с его отбраковкой и заменой на исправный</p>		<p>Технологическая операция 32-41-00-210-074 А. Проверьте основное колесо</p> <p>(1) Убедитесь в отсутствии повреждений на стяжных болтах барабана колеса. Если повреждения есть, снимите колесо.</p> <p>(2) Проверьте половины барабана колеса на повреждения. Никакие повреждения не допускаются.</p> 

Пространственно-временное моделирование позволяет создать из отдельных конфигураций (табл. 2) различные варианты форм ТО (рис. 3).

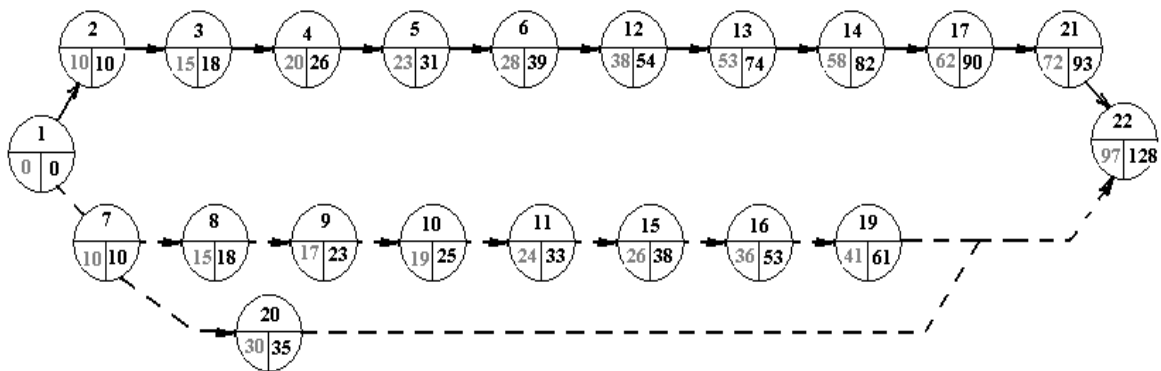


Рис. 3. Пример модели ТО для двух специалистов на участке при оперативном ТО Daily-check

Полученные варианты позволяют определить желаемые результаты расхода времени и ресурсов при выполнении конкретных форм ТО, заданных программой ТО для конкретного ВС. Кроме того, появляется возможность выбора оптимального варианта функциональной структуры. В АТЦ ОАО АК «Уральские Авиалинии» применение метода функционального моделирования дало возможность наполнить подразделения обслуживающего производства, сформировать численность состава смен, участков и цехов, а также установить режим их работы, определить количество потребного оборудования и инструмента.

Таким образом, использование методов структурного и функционального моделирования позволило создать рациональную структуру обслуживающего производства авиакомпании ОАО АК «Уральские Авиалинии» и усовершенствовать процессы ТО ВС, тем самым повысить их эффективность. Это в последствии даёт положительный экономический эффект: сокращение расходов материнской авиакомпании на обслуживание ВС и использование избытка производственных мощностей позволяет получать дополнительный доход от оперативного и периодического обслуживания ВС сторонних авиакомпаний. В результате совершенствования структуры ТО при одинаковой себестоимости работ и обслуживаемом флоте 50 ВС экономический эффект за три прошедших года составил более 350 млн. Р.

Библиографический список

1. Grenander Ulf «Pattern Synthesis» Volume 1 of Lectures in Pattern Theory. Springer-Verlag New York «Heidelberg» 1976.
2. Белоусов А.И., Ткачев, С.Б. Дискретная математика. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015 г.
3. Супрун В.П. Основы теории булевых функций. М.: ЛЕНАНД. 2017. – 208с.
4. Официальный сайт Администрации Гражданской Авиации Европейского Союза. Commission Regulation (EU) No 1321/2014:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02014R1321-20190305&from=EN/> (дата обращения 27.05.2020).
5. Maintenance Organization Exposition (MOE) «Уральские Авиалинии» выпуск 10, ревизия 2 от 12.02.2020.
6. Программа технического обслуживания воздушных судов ОАО АК «Уральские Авиалинии» ревизия 31 от 09.10.2018.
7. Фу К. «Структурные методы в распознавании образов». Издательство «МИР». Москва 1977 г.