

УДК 629.735

ГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

С.В. ДАЛЕЦКИЙ¹, С.С. ДАЛЕЦКИЙ¹

¹Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации,
г. Москва, Россия

Техническая эксплуатация воздушных судов (ВС) реализуется последовательной сменой организационных и технических состояний процесса эксплуатации, исследование и анализ которого выполняются статистическими методами. Процесс эксплуатации включает технические состояния ВС, связанные с объективными закономерностями изменения технических качеств ВС как объекта эксплуатации, и организационные состояния, определяющие субъективный процесс организации и планирования использования ВС. Объективный процесс технической эксплуатации реализуется в системе ТОиР, которая не включает организацию и планирование эксплуатации и представляет совокупность взаимосвязанных элементов: ВС, средств ТОиР, исполнителей и устанавливающей правила их взаимодействия документации для поддержания надежности и готовности ВС к полетам. Рассмотрены организационные и технические состояния ВС, даны их характеристики и эвристические оценки связей в узлах и дугах графов и организационных состояний ВС в процессе регулярной эксплуатации и при нарушениях технического состояния.

Показано, что в реальных условиях эксплуатации ВС плановое управление техническим состоянием ВС, а через него и процессом технической эксплуатации, определяется только режимами ТОиР при заданной структуре видов и форм ТОиР и, соответственно, принципами назначения видов работ ТОиР к выполнению, обусловленных технологическим обслуживанием, методами эксплуатации и стратегиями восстановления ВС в целом и всех его изделий в совокупности. Реализация планового процесса ТОиР определяет и реализацию постоянной составляющей процесса технической эксплуатации. Предложенные графические модели позволяют выявить количественные взаимосвязи между узлами графов для совершенствования процессов технической эксплуатации статистическими методами исследования, что обеспечивает сокращение затрат труда, времени и средств на обеспечение безопасной эксплуатации воздушных судов гражданской авиации.

Ключевые слова: воздушное судно, техническая эксплуатация, процессы эксплуатации, эффективность, граф состояний, техническое обслуживание и ремонт, формы обслуживания, исправность, надежность.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность системы технической эксплуатации (ТЭ) определяется затратами труда, времени и средств, необходимыми для обеспечения требуемых уровней надежности и готовности ВС в ожидаемых условиях эксплуатации [1–3]. Таким образом, для анализа системы ТЭ необходимо из системы и соответствующего ей процесса эксплуатации (ПЭ) выделить объективный процесс технической эксплуатации (ПТЭ), параметры которого и определяют эффективность системы ТОиР.

В системе ТЭ ВС реализуются два процесса:

- 1) процесс изменения технического состояния АТ на последовательных этапах жизненного цикла ВС с начала эксплуатации и до списания;
- 2) процесс последовательной смены организационных состояний ВС в эксплуатации ПТЭ.

Задача заключается в определении количественных характеристик указанных процессов и формировании информационного процесса (Пиу), устанавливающего соответствие между техническими и организационными состояниями ВС [4]:

$$P_{иуij} = P_{ТCi} \in P_{ТЭj} \text{ при } i \in \{j\}. \quad (1)$$

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Техническим состоянием ВС в процессе эксплуатации возможно управлять следующими способами:

- изменением условий эксплуатации (уровней функциональных и региональных факторов) – $П_{ТС(У)}$;
- изменением конструкции систем, изделий и оборудования – $П_{ТС(Д)}$;
- изменением режимов ТОиР – $П_{ТС(ТОиР)}$.

Изменение реальных условий эксплуатации ВС и, соответственно, их систем, изделий и оборудования связано с введением эксплуатационных ограничений, что сужает эксплуатационные допуски и область применения ВС по назначению. Такое направление по управлению техническим состоянием ВС принимается в исключительных случаях как временная внеплановая мера на период исследования обстоятельств и условий появления в эксплуатации нерасчетных изменений технического состояния конкретных изделий, которые привели к особым ситуациям полетов в реальных условиях эксплуатации данного типа ВС. Процесс $П_{ТС(У)}$ в этом случае изменяется скачкообразно и управляющим воздействием $П_{ТЭ}$ возвращается к положению до скачка.

Изменение конструкции проводится с целью адаптации ВС к реальным условиям эксплуатации таким образом, чтобы расширить область применения ВС и устранить причины появления нерасчетных изменений технического состояния конкретных изделий. Такое управление процессом $П_{ТС(Д)}$ также является неплановым и выполняется либо после временного изменения условий эксплуатации до их возвращения к начальным, либо для придания изделию лучших эксплуатационных качеств и повышения надежности [5–7].

В системе ТЭ [1, 2] управление ТС реализуется путем выполнения работ ТОиР в i -х состояниях технической эксплуатации $\{\Phi_i\}$. Любая последовательность технических состояний ВС между полетами описывается простыми путями ориентированных графов S и S_1 (рис. 1 и 2). Узлы (Φ_i) графа S представляют плановые состояния ТОиР ВС, а узлы (Φ_{1i}) графа S_1 представляют внеплановые технические состояния ВС.

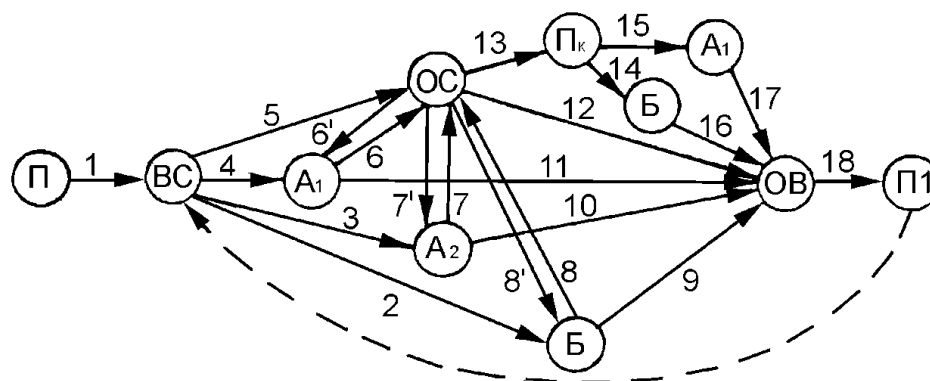


Рис. 1. Граф плановых состояний ТОиР самолета S :

BC – работы по встрече; OC – работы по обеспечению стоянки; A_1 – транзитное обслуживание; A_2 – суточное обслуживание; B – базовое обслуживание; $П_k$ – периодическое обслуживание или плановый ремонт; OB – работы по обеспечению вылета, $П$ и $П1$ – состояния «полет»

Fig. 1. Scheduled maintenance and overhaul procedures diagram S :

BC – meeting procedures; OC – parking maintenance procedures; A_1 – transit maintenance; A_2 – daily service; B – basic maintenance; $П_k$ – scheduled maintenance and overhaul; OB – departure maintenance, $П$ and $П1$ – condition «airborne»

Процесс технической эксплуатации полностью определяется множеством $\{\Phi_i, \Phi_{1i}\}$ узлов графов S и S_1 , каждый из которых описывается параметрами распределения множеств $\{t_i\}$,

$\{t_{i_i}\}$ времени нахождения ВС в i -м техническом состоянии, а также вложенной цепью, определяющей вероятность (P_i) нахождения ВС в i -м состоянии и частотой (π_i) попадания ВС в i -е состояние на рассматриваемом интервале времени.

В реальных условиях эксплуатации ВС плановое управление техническим состоянием ВС, а через него и процессом технической эксплуатации, определяется только режимами ТОиР при заданной структуре видов и форм ТОиР и, соответственно, принципами назначения видов работ ТОиР к выполнению, обусловленных технологическим обслуживанием, методами эксплуатации и стратегиями восстановления ВС в целом и всех его изделий в совокупности. Реализация планового процесса ТОиР определяет и реализацию постоянной составляющей процесса $\Pi_{ТЭ}$ [6, 8, 9].

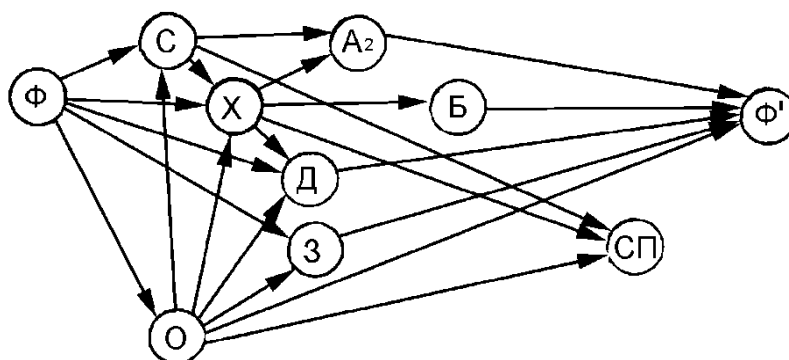


Рис. 2. Граф неплановых состояний ТОиР самолета S_1 :

С – специальное ТО; О – осмотр; Х – хранение; Д – доработки; З – замена агрегатов; СП – списание.

Fig. 2. Aircraft non-scheduled/ incident maintenance and overhaul conditions graph S_1 :

С – special technical maintenance; О – visual inspection; Х – storage;
Д – modification; З – units replacement; СП – decommission

В общем случае в эксплуатации реализуется процесс $\Pi_{ТЭ}$:

$$\Pi_{ТЭ} = \Pi_{ТЭ(У)} + \Pi_{ТЭ(Д)} + \Pi_{ТЭ(ТОиР)}. \quad (2)$$

Переменные составляющие $\Pi_{ТЭ(У)}$ и $\Pi_{ТЭ(Д)}$ определяют случайные отклонения процесса $\Pi_{ТЭ}$ от его стационарного значения $\Pi_{ТЭ(ТОиР)}$, тогда процесс $\Pi_{ТЭ}$ в целом можно описать моделью

$$\Pi_{ТЭ} = \Pi_{ТЭ(ТОиР)} t^\alpha + z \{ \Pi_{ТЭ(У)}(t); \Pi_{ТЭ(Д)}(t) \}. \quad (3)$$

Значение функции $z(u)$ и ее характеристики определяются случайными моментами времени τ_i появления опасных неисправностей ВС при развивающихся повреждениях или их мгновенном появлении при эксплуатации за пределами j -мерной $\{D_{uj}\}$ области определения условий эксплуатации [1].

Стационарный процесс $\Pi_{ТЭ(ТОиР)}$ описывается графом связей S , в узлах $\{\Phi_i\}$ которого осуществляется мгновенный переход ВС из одного состояния в другое. Узлы графа S в общем случае имеют вид, представленный на рис. 1.

Процесс $\Pi_{ТЭ(ТОиР)}$ осуществляется реализацией простых путей ориентированного графа S через $\{\Phi_i\}$ от состояния выполненного полета Π к последующему полету Π_1 .

Реализация функции $z(u)$ определяется ее параметрами (3) и приводит к дополнению от любого узла графа S (кроме Π_k) простого пути ориентированного графа S_1 . Причем если граф S_1 реализуется по пути, заканчивающемуся A_2 или B , то путь графа S продолжается от соответствующих состояний, если S_1 реализуется окончанием КП, то граф S реализуется полным по-

вторением, а в остальных случаях после реализации графа S_1 граф S реализуется от узла ОС (рис. 2).

Таким образом, процесс Π_{TC} характеризуется семью плановыми организационными состояниями, определяющими последовательную подготовку ВС к использованию по назначению (причем состояние Π_K определяет целый комплекс периодических форм, различных по объемам работ, но общих по назначению), шестью внеплановыми состояниями, определяющими процесс нарушения регулярной эксплуатации по техническим или организационным причинам, и состоянием использования по назначению. Исследование процесса Π_{TC} , выполняемое статистическими методами, показывает эргодичность и стационарность процесса на небольших интервалах времени, однако эвристическая оценка параметров процесса Π_{TC} позволяет сделать вывод о его нестационарности на протяжении срока службы с начала эксплуатации и до списания ВС на основе следующих результатов опыта эксплуатации.

Состояние полета (Π). Частота и параметры состояний «полет» (состояний Π) изменяются по годам эксплуатации ВС, авиапредприятиям, в зимний и летний периоды эксплуатации, соответственно, изменяются и параметры P_i и π_i , вложенной цепи состояний графа S . Так, интенсивность попадания самолета Ил-96 в состояние Π изменяется в два и более раз по годам эксплуатации и сезону. Поскольку реализованные пути графа S соединяются состояниями Π , то параметры $P_{(\Pi)}$ и $\pi_{(\Pi)}$ этого состояния определяют и параметры остальных состояний графа S . Продолжительность нахождения ВС в отдельном состоянии Π относительно конкретного j -го маршрута имеет эффективную оценку среднего ($\bar{t}_{\Pi j}$) при $\sigma(t_{\Pi j}) \leq 0,05\bar{t}_{\Pi j}$, однако относительно всех маршрутов полета для каждого авиапредприятия $\sigma(t_{\Pi}) \geq 0,2\bar{t}_{\Pi}$, соответственно, при уровне значимости 0,99 вероятность нахождения ВС в состоянии Π_i заданной продолжительности ($t_i = T$) будет $P_{\Pi}(t_i = T) \leq (0,05 \div 0,1)P_{\Pi}$, причем $P_{(\Pi)}$ изменяется от 0,05 до 0,3 в зависимости от этапа эксплуатации, сезона года и авиапредприятия базирования ВС [1].

В реальных условиях эксплуатации ВС, определяемых маршрутами полетов, расписанием и количеством ВС в данном авиапредприятии, оптимизация ПТЭ может быть достигнута путем локальной оптимизации параметров каждого состояния Φ_i , в жестких связях ориентированных графов S и S_1 .

ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЙ Φ_i

Состояния ВС и ОВ взаимосвязаны между собой через состояние Π и имеют равную частоту $\pi_{BC} = \pi_{OC}$ появления, а $P_{(OB)}$ и $P_{(BC)}$ определяются распределениями $\{t_{OB}\}$ и $\{t_{BC}\}$, значением π_{Π} и параметрами нормального распределения $\{t_{\Pi}\}$. Распределения $\{t_{OB}\}$ и $\{t_{BC}\}$ имеют эффективную оценку средних \bar{t}_{OB} и \bar{t}_{BC} при $\sigma \leq 0,05$, поэтому $P_{(OB)}$ и $P_{(BC)}$ с достоверностью $P = 0,99$ могут быть получены через параметры состояния Π . Состояния ВС и ОВ не связаны с техническим состоянием конкретного ВС и определяются постоянным составом работ ТОиР. При обнаружении на ОВ повреждения, воздушное судно переводится из состояния ОВ в состояние ВС с частотой, равной отменам вылета по техническим причинам с изменением вероятностей перехода из состояния ОВ в Π . Поскольку состояние Π в производственной деятельности АТБ считается от начала загрузки ВС до окончания выгрузки, а ОВ и ВС выполняются именно в эти периоды, то продолжительность ОВ и ВС не включается в продолжительность реализации простых путей графа S .

Состояние ОС является промежуточным между ОВ и ВС, причем частота этого состояния определяется организацией и планированием ТОиР ВС парка, их использованием по назна-

чению и ограничениями на применение по назначению, по климатическим и техническим причинам [10]. Состояние ОС определяет ожидание неисправным ВС ТОиР или ожидание ОБ в исправном состоянии.

Состояния «оперативное техническое обслуживание А₁, А₂, и Б» связаны с продолжительностью полетов ВС каждого авиапредприятия и количеством полетов, т. е. годовой наработкой на каждый экземпляр ВС данного типа. Частота появления состояний А₁, А₂ и Б в сумме всегда равна частоте состояний ВС или ОБ при регулярной эксплуатации ВС. При перерывах в эксплуатации частота состояний А₁, А₂ и Б увеличивается на величину, определяемую качеством планирования ВС к использованию по назначению, сроками перерывов в эксплуатации и сроками действия форм А₁, А₂ и Б.

Состояния А₁, А₂ и Б определяются параметрами распределения $\{t_{II}\}$ и π_{II} . При регулярной эксплуатации и правильном планировании использования ВС $\pi(A_1) + \pi(A_2) + \pi(B) = \pi(II)$, так как в пределах диспетчерского планирования ПТЭ является стационарным. Трудоемкость работ ТОиР, выполняемых в состояниях А₁, А₂ и Б, определяется постоянной и переменной составляющими. Поскольку около 80 % всех неисправностей ВС устраняется в состояниях А₁, А₂ и Б, в том числе все неисправности, приводящие к задержкам вылета, переменная составляющая трудоемкости ТОиР в этих состояниях составляет примерно 30 % от постоянных работ ТОиР и определяет параметры распределения времени $\{t_i\}$ нахождения ВС в этих состояниях.

Частота появления состояний П_к (к = 1, 2 ..., n) полностью определяется наработкой ВС, т. е. параметрами $\{t_{II}\}$ и $\pi_{(II)}$, прямо связана с интенсивностью эксплуатация ВС и их количеством. Трудоемкость работ ТОиР, выполняемых в состояниях П_к, также определяется постоянной и переменной составляющими, однако относительная величина переменной составляющей не более 10 % от постоянной и не определяет параметры распределения $\{t_{ПК}\}$.

Для дуг графа S по количеству передаваемых состояний справедливы соотношения (см. рис. 1):

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 + \pi_5 = \pi_9 + \pi_{10} + \pi_{11} + \pi_{12} + \pi_{13} = \pi_{18}; \\ \pi_5 &= \pi_6 + \pi_7 + \pi_8 = \pi_{13} + \pi_{12} + \pi_{8'} + \pi_{7'} + \pi_{6'}; \pi_4 + \pi_{6'} = \pi_6 + \pi_{11}; \\ \pi_{3'} + \pi_{7'} &= \pi_7 + \pi_{10}; \pi_2 + \pi_{8'} = \pi_8 + \pi_9; \pi_{14} = \pi_{16}; \pi_{15} = \pi_{17}; \pi_{13} = \pi_{14} + \pi_{15}, \end{aligned}$$

из которых при известных $P_{(II)}$, $\{t_{II}\}$ и $\pi_{(II)}$ определяются частоты π_i всех состояний графа S.

При регулярной установившейся эксплуатации с выполнением каждым ВС хотя бы одного полета в сутки частота некоторых состояний определится следующим образом:

$$\begin{aligned} \pi_{(ПК)} &= \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^n t_{Pi}; \quad \pi_{(Б)} = \frac{T_p n}{T_B} - \pi_{(ПК)}; \\ \pi_{(A_2)} &= T_p n - \pi_{(Б)}; \quad \pi_{(A_1)} = \pi_{(II)} - \pi_{(A_2)} - \pi_{(Б)}, \end{aligned} \quad (4)$$

где T_p – рассматриваемый календарный интервал времени (в пределах действия расписания);
 τ – периодичность выполнения формы;
 t_{Pi} – наработка i -го ВС за период;
 n – количество ВС типа;
 T_B – установленная календарная периодичность формы Б.

Среднее время нахождения некоторых отечественных типов ВС в состояниях Φ_i (в процентах от годового фонда времени) за 1985 г. приведено в табл. 1, причем состояние П включает время загрузки-выгрузки ВС. (Примечание: статистические данные приведены за 1985 г. в период интенсивного развития отрасли ГА. После 1991 г., в связи с резким снижением интенсивности использования ВС, статистический анализ состоятелен только для зарубежных типов ВС. Частота попадания ВС в состояния графа S_1 в 1,5–3 раза меньше частоты задержки вылетов, что не позволяет с требуемой достоверностью прогнозировать эти состояния в плановой деятельности авиапредприятия.)

Таблица 1
Table 1

Распределение времени нахождения ВС в состояниях технической эксплуатации
(в % от годового фонда времени)
A/C Time-in-Maintenance (in % from the annual amount of time)

Тип ВС	Состояния технической эксплуатации								
	П	ОВ+А ₁ +А ₂ +ВС	ОС	П _к +Б	С	Д	З	СП	О+Х
Як-40	27,5	5,2	52,7	8,0	0,4	1,2	1,9	0,5	1,8
Ту-134	41,5	6,8	34,2	11,2	1,2	1,1	1,0	0,2	2,6
Ил-62	35,3	4,8	28,1	17,2	0,2	2,4	7,9	0,1	3,2
Ту-154	39,0	6,7	23,3	13,2	1,0	5,0	9,3	0,1	1,7
Як-42	27,2	6,3	35,9	17,2	3,8	1,9	0,2	–	7,5
ИЛ-96	23,5	7,8	26,3	14,8	0,5	14,6	8,4	–	3,1

Основными параметрами состояний графа S для авиапредприятий являются продолжительность и трудоемкость работ ТООР. Продолжительность каждого состояния определена технологическими графиками, т.е. является величиной постоянной для планирования, а дополнительная продолжительность работ по устранению повреждений сказывается только на форме А₁, не имеющей резерва времени. Аналогичное положение и по трудоемкости работ, которая постоянна для состояний ОВ, ОС и ВС, для состояний А₁, А₂ и Б в среднем выше плановой на 30 %, а для П_к – на 10 %.

В общем случае вероятность попадания ВС в Φ_i -е состояние графа S определяется выражением

$$P(\Phi_i) = Kf_i \int_{T_1}^{T_2} \lambda_{II}(t) dt, \quad (5)$$

где f_i – функция связи i -го состояния с состоянием П;

$\lambda_{II}(t)$ – интенсивность попадания ВС в состояние П;

$\Delta T = T_2 - T_1$ – календарный интервал времени;

K – региональный коэффициент для t_i ,

а полная вероятность реализации процесса ПТЭ между полетами равна сумме вероятностей $P(S)$ и $P(S_1)$ реализации графов S и S₁.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Таким образом, ПТЭ допустимо рассматривать как заданную последовательность реализации простых путей графа S с детерминированными параметрами продолжительности и трудоемкости работ каждого состояния, а параметры вложенной цепи процесса полностью определяются состояниями Π , узлами графов S и S_1 и расписанием полетов данного типа ВС в авиапредприятии.

2. Попадание ВС в организационные состояния графа S полностью определяется частотой и параметрами состояний «полет» и не зависит от процесса изменения технического состояния ВС. Продолжительность каждого организационного состояния узлов графа S определяется технологическим графиком подготовки одиночного ВС и является постоянной при условии отсутствия внеплановых работ по устранению повреждений. При выполнении работ по устранению повреждений, продолжительность состояний узлов графа S увеличивается, но только из-за работ большей продолжительности, чем плановая продолжительность соответствующего состояния. При таком условии продолжительность B и Π_K не изменяется, продолжительность OB , OC , BC также не изменяется, а число состояний A_1 и A_2 увеличенной продолжительности, приводящих к задержкам вылета, составляет не более 1 %, что примерно на порядок меньше, чем задержки вылета по организационным причинам и по метеоусловиям, поэтому данной величиной можно пренебречь.

3. В общем случае суммарная продолжительность нахождения ВС в состояниях графа S (кроме Π , Π_1) составляет 10÷25 %, в том числе в состояниях B и Π_K 10÷15 % календарного фонда времени. Продолжительность нахождения ВС в состояниях графа S_1 составляет 5÷10 % календарного фонда времени, причем половина этого времени приходится на внешние организационные причины (отсутствие запчастей, хранение в неисправном состоянии и т. д.), не связанные с изменением технического состояния ВС в процессе эксплуатации.

4. Из изложенного следует, что управление техническим состоянием ВС осуществляется в плановом порядке в узлах B и Π_K графа S реализацией стратегий восстановления изделий и в узлах A_1 и A_2 внепланово, реализацией графа S_1 по устранению выявленных отказов и повреждений.

5. Эффективность процесса управления определяется соответствием плановых режимов ТОиР фактической потребности в их выполнении и объемами внеплановых работ ТОиР по устранению отказов и повреждений, т. е. соответствием предлагаемой модели (3) реальному физическому процессу изменения технического состояния ВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М. Основы теории технической эксплуатации летательных аппаратов: учебник. М.: МГТУ ГА, 2015. 505 с.
2. Далецкий С.В. Проектирование системы ТОиР воздушных судов ГА. М.: Изд-во МАИ, 2001. 364 с.
3. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М. Современные проблемы технической эксплуатации воздушных судов. Часть 1. М.: МГТУ ГА, 2007. 81 с.
4. Далецкий С.В. Оптимизация режимов технического обслуживания и ремонта самолетов местных воздушных линий. М.: ФГУП ГосНИИ ГА, 2000. 152 с.
5. Далецкий С.В. Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации. М.: Воздушный транспорт, 2005. 416 с.
6. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. М.: Транспорт, 1987. 272 с.
7. Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания самолетов / Смирнов Н.Н. и др. М.: Транспорт, 1974. 304 с.

8. **Чинючин Ю.М.** Методология и современные научные проблемы технической эксплуатации летательных аппаратов. М.: МГТУ ГА, 1999. 64 с.

9. **Ицкович А.А., Файнбург И.А.** Управление системами и процессами эксплуатации авиационной техники. М.: МГТУ ГА, 2014. 88 с.

10. **Чинючин Ю.М., Далецкий С.В., Маклаков В.В.** Нормативная база технической эксплуатации и поддержания летной годности воздушных судов. М.: МГТУ ГА, 2015. 80 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Далецкий Станислав Владимирович, доктор технических наук, доцент, начальник отдела ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, lmcga222@yandex.ru.

Далецкий Станислав Станиславович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, lmcga222@yandex.ru.

GRAPHICAL MODELS OF THE AIRCRAFT MAINTENANCE PROCESS

Stanislav V. Daletskiy¹, Stanislav S. Daletskiy¹

¹*The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Moscow, Russia*

ABSTRACT

The aircraft maintenance is realized by a rapid sequence of maintenance organizational and technical states, its research and analysis are carried out by statistical methods. The maintenance process concludes aircraft technical states connected with the objective patterns of technical qualities changes of the aircraft as a maintenance object and organizational states which determine the subjective organization and planning process of aircraft using. The objective maintenance process is realized in Maintenance and Repair System which does not include maintenance organization and planning and is a set of related elements: aircraft, Maintenance and Repair measures, executors and documentation that sets rules of their interaction for maintaining of the aircraft reliability and readiness for flight. The aircraft organizational and technical states are considered, their characteristics and heuristic estimates of connection in knots and arcs of graphs and of aircraft organizational states during regular maintenance and at technical state failure are given. It is shown that in real conditions of aircraft maintenance, planned aircraft technical state control and maintenance control through it, is only defined by Maintenance and Repair conditions at a given Maintenance and Repair type and form structures, and correspondingly by setting principles of Maintenance and Repair work types to the execution, due to maintenance, by aircraft and all its units maintenance and reconstruction strategies. The realization of planned Maintenance and Repair process determines the one of the constant maintenance component. The proposed graphical models allow to reveal quantitative correlations between graph knots to improve maintenance processes by statistical research methods, what reduces manning, timetable and expenses for providing safe civil aviation aircraft maintenance.

Key words: aircraft, maintenance, operations, efficiency, graph of states, maintenance and repair, forms of service, operability, reliability.

REFERENCES

1. **Smirnov N.N., Chinyuchin Yu.M.** *Osnovy teorii tehniceskoy jekspluatacii letatel'nyh apparatov. Uchebnyk* [The Foundations of the Airplane Technical Exploitation Theory. Student's book]. Moscow, MSTUCA, 2015. (in Russian)

2. **Daleckiy S.V.** *Proektirovanie sistemy TOiR vozdushnyh sudov GA* [System design aircraft MRO Aviation courts]. Moscow, Publishing house of Moscow Aviation Institute, 2001, 364 p. (in Russian)

3. Smirnov N.N., Chinyuchin Yu.M. *Sovremennye problemy tehnicheckoj jekspluatacii vozdushnyh sudov. Chast' 1* [Modern problems of technical operation of the aircraft. Part 1]. Moscow, MSTUCA, 2015. (in Russian)

4. Daleckiy S.V. *Optimizacija rezhimov tehnicheckogo obsluzhivaniya i remonta samoletov mestnyh vozdushnyh linij* [Optimization of maintenance and repair modes of local airlines aircraft]. Moscow, State Research Institute of Civil Aviation, 2000, 152 p.

5. Daleckiy S.V. *Formirovanie ekspluacionno-tehnicheckih harakteristik vozdushnyh sudov grazhdanskoj aviacii* [Formation of operational-technical characteristics of aircraft of civil aviation]. M., Air transport, 2005, 416 p. (in Russian)

6. Smirnov N.N., Ickovich A.A. *Obsluzhivanie i remont aviacionnoj tehniki po sostojaniju*. [Maintenance and repair of aviation equipment according to the situation]. M., Transport, 1987, 272 p. (in Russian)

7. Jekspluacionnaja nadezhnost' i rezhimy tehnicheckogo obsluzhivaniya samoletov [Operational reliability and aircraft maintenance schedules]. Smirnov N.N. et al. Moscow, Transport, 1974, 304 p. (in Russian)

8. Chinyuchin Yu.M. *Metodologija i sovremennye nauchnye problemy tehnicheckoj jekspluatacii letatel'nyh apparatov. Uchebnoe posobie* [Methodology and modern scientific problems of technical exploitation of flying machines. Textbook]. Moscow, MSTUCA, 2015. (in Russian)

9. Ickovich A.A., Fajnborg I.A. *Upravlenie sistemami i processami jekspluatacii aviacionnoj tehniki. Uchebnoe posobie* [Management systems and processes of operating aircraft. Tutorial]. Moscow, MSTUCA, 2015. (in Russian)

10. Chinyuchin Yu.M., Daleckiy S.V., Maklakov V.V. *Normativnaja baza tehnicheckoj jekspluatacii i podderzhanija letnoj godnosti vozdushnyh sudov* [The regulatory framework of technical operation and maintenance of the airworthiness of aircraft]. Moscow, MSTUCA, 2015. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Daletskiy Stanislav Vladimirovich, Associate Professor, Doctor of Science, Head of Department at The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Imcga222@yandex.ru.

Daletskiy Stanislav Stanislavovich, PhD, Senior Researcher at The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Imcga222@yandex.ru.