

УДК 658.5.012.1

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПОСЛЕПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ С ЦЕЛЬЮ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© 2020 С.А. Зрячев¹, С.Н. Ларин²

¹ ООО «АК ЭйрБриджКарго», г.Москва, Россия

² ООО «Региональный инжиниринговый центр», г.Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 14.09.2020

Авторами предложены модели участников послепродажного обслуживания гражданской авиационной техники и их взаимодействия, сформированы потоки данных между предложенными моделями. При помощи предложенных моделей и потоков данных создан алгоритм автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта авиационной техники. На основе алгоритма и моделей созданы интерфейсные решения автоматизации процессов послепродажного обслуживания авиационной техники.

Ключевые слова: самолетостроение, послепродажное обслуживание авиационной техники, система поддержки принятия решений, сокращение затрат.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-54-59

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время как производство авиационной техники (АТ), так и эксплуатация, подвергается существенным изменениям [1, 2]. Хотя производители АТ и делают большой упор на цифровизацию процессов технического обслуживания и ремонта (ТОиР) АТ, [3] ТОиР АТ является наименее автоматизированным процессом [4].

Автоматизация процессов ТОиР АТ и постоянное взаимодействие участников послепродажного обслуживания (ППО) АТ повысят качество ТОиР АТ существующих типов, помогут в совершенствовании новых типов АТ еще на стадии проектирования и предоставят конкурентные преимущества при выходе на международные рынки, которые являются высококонкурентным как в сфере производства [5], так и в сфере послепродажного обслуживания [6].

Ключевыми причинами низкой автоматизации процессов ППО АТ являются:

1. Отсутствие введенных в эксплуатацию рабочих моделей взаимодействия участников ППО АТ.

2. Без моделей взаимодействия нет возможности создания «единого информационного поля» между всеми участниками ППО АТ.

3. Без «единого информационного поля» ускоренное решение проблем, возникающих в ходе ППО АТ, а также автоматизация заказов запасных частей и элементов (ЗИП), затруднены.

Зрячев Сергей Александрович, инженер по надежности. E-mail: Sergeyzryachev@outlook.com

Ларин Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, директор. E-mail: larinmars@rambler.ru

Для успешного внедрения систем автоматизации процессов ТОиР АТ и в дальнейшем систем интеллектуализации ППО АТ необходимы обобщенные модели участников ППО АТ, а также взаимодействие данных участников.

Для решения поставленной задачи необходимо:

1. Сформировать модели участников ППО АТ.
2. Сформировать модели документации АТ.
3. Сформировать потоки данных между представленными моделями.
4. Создать интерфейсное решение взаимодействия с предложенными моделями.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Базисом является обобщенная математическая модель $M_{\text{общ}}$, представляющая из себя множество включенных подмножеств (Рис. 1). Для описания взаимодействия участников ППО АТ в модель $M_{\text{общ}}$ вводятся модели участников, а именно:

$M_{\text{изг}}$ — модель завода изготовителя.

$M_{\text{ОКБ}}$ — модель опытно-конструкторского бюро.

$M_{\text{АК}}$ — модель авиакомпаний, эксплуатантов типа АТ.

Для описания процессов, происходящих между участниками ППО АТ, вводятся модели:

1. $T_{\text{общ}} = \{T_{\text{КД}}; T_{\text{ТД}}; T_{\text{РЛЭ}}; T_{\text{РТО}}; T_{\text{РЭ}}; T_{\text{фаа}}; T_{\text{ИКАО}}; T_{\text{РФ}}; T_{\text{ГОСТ}}\}$. Текстовая модель представляет собой множество текстовых данных и состоит из текстовой части конструкторской ($T_{\text{КД}}$), технологической ($T_{\text{ТД}}$), эксплуатационной информации ($T_{\text{РЛЭ}}; T_{\text{РТО}}; T_{\text{РЭ}}$), используемой для проектирования, производства и эксплуатации АТ, а также информации из

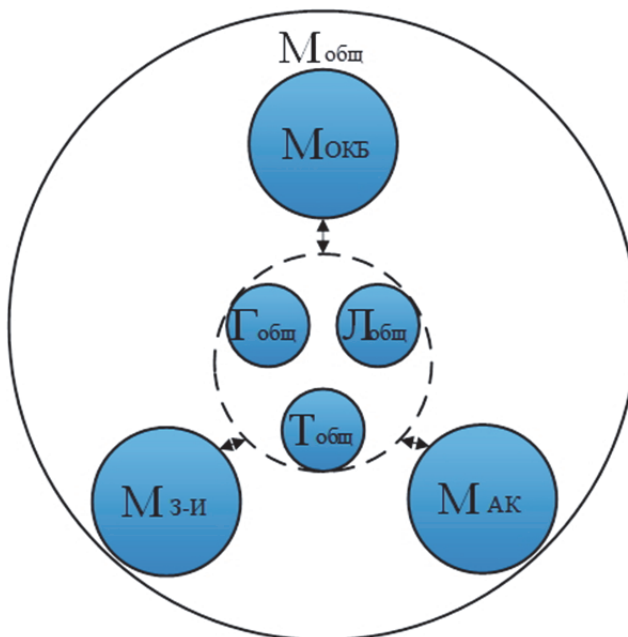


Рис. 1. Взаимодействие моделей ОКБ, АК и заводов-изготовителей

государственной и межгосударственной документации, регулирующей производство, ремонт и эксплуатацию АТ (T_{faa} , T_{ICAO} , T_{RF} , $T_{ГОСТ}$).

- $G_{общ} = \{G_{КД}; G_{ТД}; G_{РЛЭ}; G_{РТО}; G_{РЭ}; G_{кат}; G_{faa}; G_{ICAO}; G_{RF}; G_{ГОСТ}\}$. Графическая модель состоит из эскизов, чертежей, альбомов, моделей, необходимых для проектирования, производства и эксплуатации АТ. Источником моделей является та же документация, что и для текстовой модели.
- $L_{общ} = \{L_1, L_2, \dots, L_n\}$ Логическая модель представляет собой общее множество, состоящее из единичных элементов алгоритмов. Алгоритмы напрямую зависят от текстовой информации находящихся в $T_{РЛЭ}; T_{РТО}; T_{РЭ}; T_{faa}; T_{ICAO}; T_{RF}; T_{ГОСТ}$, так как на основе информации, требованиях и инструкциях из данных источников формируется алгоритм проведения работ ТОиР АТ.

Рассмотрим алгоритм формирования задач ТОиР АТ, используя предложенные модели (Рис. 2).

Рассмотрим потоки данных, возникающие между ранее представленными моделями (Рис. 2):

- Потоки данных между ОКБ и заводом-изготовителем. Обмен информацией производится на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ) АТ. Передаются все типы информации, в том числе все изменения, представленные такими документами как: конструкторские извещения, разрешения на отклонения и конструкторско-технологические отработки производства, представленные множествами $T_{доп}$ (технологические дополнительные данные) и $K_{доп}$ (конструкторские дополнительные данные).
- От завода изготовителя и ОКБ передается

эксплуатационная информация эксплуатантам АТ такая как: руководство по летной эксплуатации, регламент технического обслуживания, руководство по технической эксплуатации, бюллетени промышленности и паспорта на изделия.

- Эксплуатанты типа АТ передают информацию, возникающую в ходе эксплуатации типа АТ, представленную множествами $T_{эксpl_общ}$ и $G_{эксpl_общ}$, представляющие собой всю информацию возникающую в ходе эксплуатации АТ. Сюда входит полетная информация, отчеты по проведению работ ТОиР АТ, замечания и предложения как летного, так и технического состава эксплуатанта АТ.
- На основе множеств $T_{эксpl_общ}$ и $G_{эксpl_общ}$ специалисты ОКБ и завода-изготовителя производят экспертный анализ, результатом которого являются множества $T_{эксpl_общ}$ и $G_{эксpl_общ}$, где $T_{эксpl_общ}$ – множество текстовых решений, рекомендаций и отчетов, а $G_{эксpl_общ}$, соответственно, множество сопровождающей графической информации.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Далее рассмотрим использование созданные модели и потоков данных между моделями для использования эксплуатантом при создании заданий по проведению работ ТОиР АТ (Рис. 3).

Наличие элемента X проверяется в множествах эксплуатационной документации. В первую очередь проверяется необходимость проведения работ над элементом X. Если параметры элемента X такие как: время наработки, количество циклов или отклонения, выявленные в ходе предыдущего проведения работ ТОиР АТ,

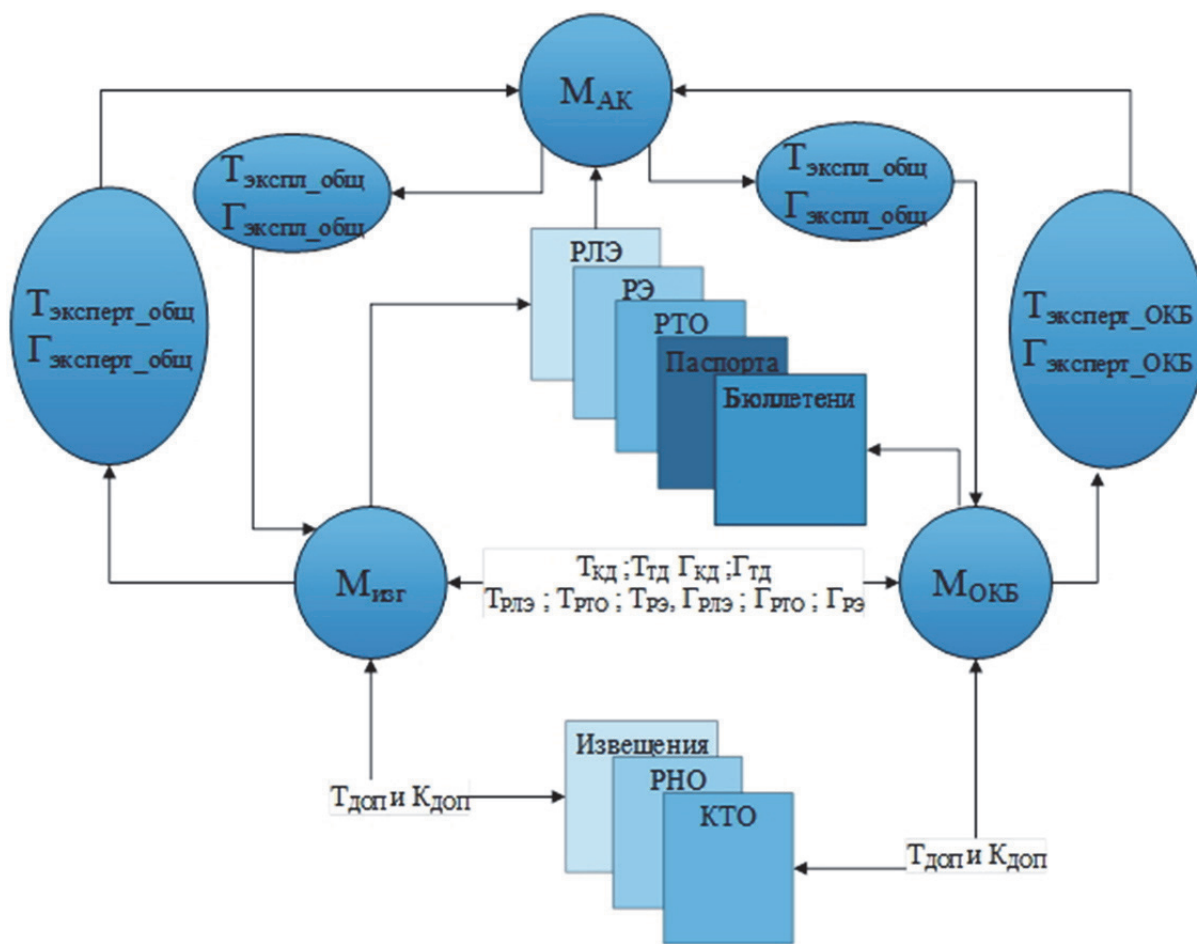


Рис. 2. Поток данных между участниками ППО АТ

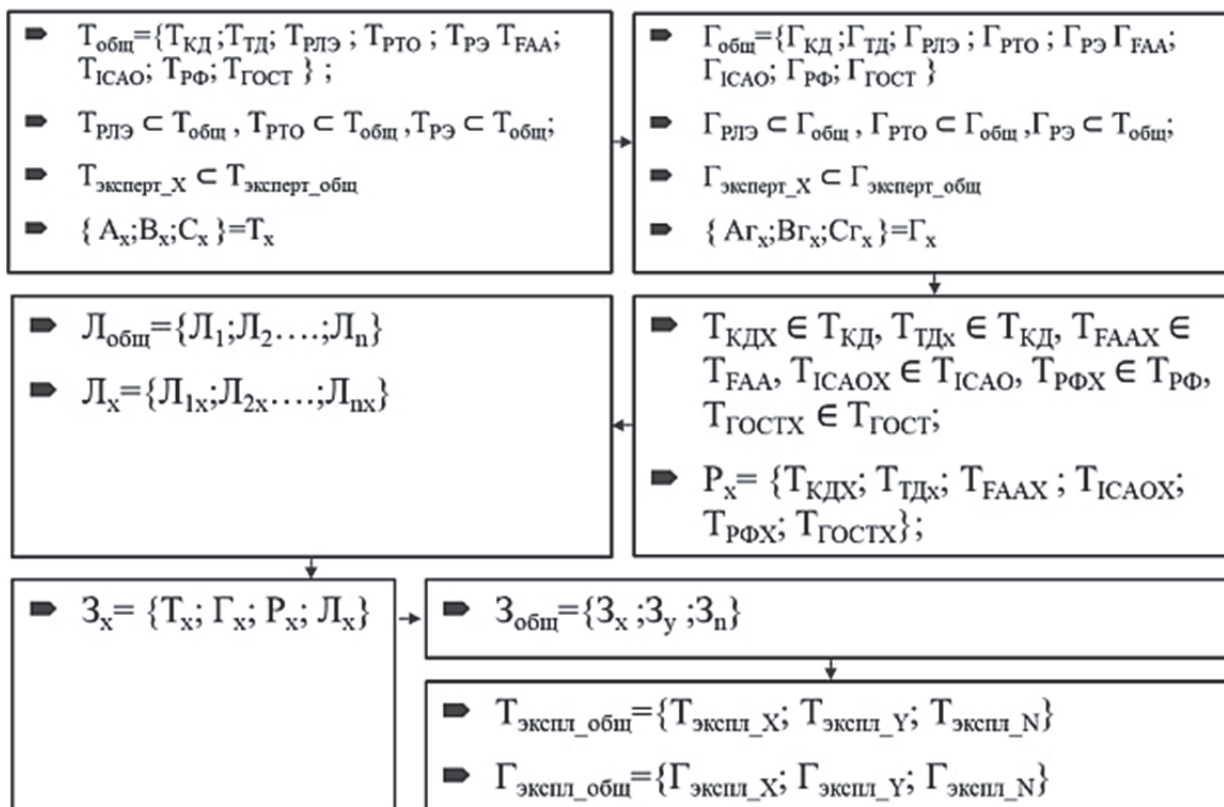


Рис. 3. Алгоритм создания задания ТОИР АТ

превышают параметры, входящие в множества $T_{рлэ}$; $T_{рто}$; $T_{рэ}$, то формируется список текстовых задач T_x . При наличии текстовых экспертных данных в множестве $T_{эксперт_общ}$ для элемента X, в задание добавляются экспертные данные, полученные в ходе анализа предыдущего проведения работ ТОиР элемента X.

Графические данные формируются, соответственно, текстовой информации.

Для заданного элемента X формируются ограничения, представленные в конструкторской, технологической, эксплуатационной документации, а также в государственных и межгосударственных стандартах P_x .

Для элемента X формируется логический список работ L_x , представляющий из себя как алгоритм проведения работ, так и алгоритм последовательности предоставления информации участникам ППО АТ при проведении работ ТОиР.

Во время проведения работ ТОиР АТ проверке, обслуживанию, замене или ремонту подвергается не единственный элемент АТ, а группа из n элементов. Соответственно, формируется список задач для N элементов, для которых необходимо выполнить заданные работы ТОиР АТ в данный момент времени.

После выполнения работ создаются потоки данных $T_{экспл_общ}$ и $G_{экспл_общ}$ от эксплуатанта АТ к ОКБ и заводу-изготовителю, представляющие собой всю информацию, возникшую в ходе проведения работ ТОиР АТ.

Рассмотрим интерфейсные решения автоматизации работ ТОиР АТ, работа которых ос-

нована на предложенных моделях и потоках данных.

На заглавном экране программы автоматизации ТОиР АТ (Рис. 4) приведен календарный план обслуживания отечественного типа АТ. При активации каждой из задач ТОиР на представленном экране происходит алгоритм, представленный на Рис. 3.

Рассмотрим задачу «Ф1 Механизация крыла. Проверить спойлеры» (Рис. 5).

Задача сформирована благодаря данным, полученным из множества $T_{экспл_общ}$ и $G_{экспл_общ}$, параметры количества летных часов и количества циклов сравнены с требованиями в эксплуатационной документации (ЭД) $\{T_{рлэ}; G_{рто}; T_{рэ}\}$. В данном случае параметр количества циклов вышел за лимиты требований, представленных в ЭД. Формируются текстовые и графические данные для элемента «механизация крыла», также была добавлена информация из множества $T_{эксперт_мех.крыла}$, так как ранее был произведен экспертный анализ и предложено усовершенствование процесса ТОиР АТ.

Благодаря множеству алгоритмов $L_{мех.крыла}$ задачи формируются в последовательность операций.

При активации кнопки «Замечания» формируется список замечаний к данному элементу, а также к операциям ТОиР, которые необходимо выполнить. Оператором вводятся графические и текстовые данные, которые входят в множества $T_{экспл-мех.крыла}$ и $G_{экспл_мех.крыла}$. Потоки данных передаются ОКБ и заводу-изготовителю для последующего экспертного анализа.

Срок выполнения	форма ТОиР	% выполнения
20.09.2020	Плановое оперативное обслуживание по прилету	100
21.12.2020	Ф.1 Механизация крыла. Проверить спойлеры	0
22.01.2021	Ф.2 Планер	0
23.02.2021	Ф.1 Планер	0

Рис. 4. Интерфейсное решение автоматизации работ ТОиР АТ

Карта-наряд № 00001 RA 00001

Осмотр спойлеров. КРЫЛО

№	Содержание операции и ТТ	ссылка
1	Выпустите закрылки о помощью гидропривода на угол 43°	★
2	Выпустите тормозные щитки, спойлеры	★
3	Осмотрите обшивку спойлеров и убедитесь в том, что на ней нет механических повреждений (трещин, деформации), ослабленных, разрушенных или выпавших заклепок и болтов. При наличии деформации, вмятин, прогибов и вспучивания обшивки панелей определите характер и метод устранения неисправности.	
4	Осмотрите антикоррозийное покрытие и убедитесь в том, что оно неповреждено.	
5	Осмотрите резиновые уплотнения между секциями спойлеров, междуконцевой нервюрой и хвостовой частью ОЧК, между лонжероном спойлера и панелями хвостовой части ОЧК и убедитесь в том, что на них нет порывов и потертостей, а также отсутствует процесс старения резины ПРИМЕЧАНИЕ: 0 старении резины свидетельствуют многочисленные трещины выкрашивание краев резины по торцам профилей.	
6	Уберите закрылки ,если дальнейшие работы не требуют их выпущенного положения	★
7	Уберите тормозные щитки и спойлеры, если дальнейшиеработы не требуют их выпущенного положения.	★

Контроль- поверочная аппаратура	Инструмент и приспособления	Расходные материалы
Не требуется.	Линейка 300 ГОСТ 427-35 Пояс страховочный Троссы	Не требуется.

Работу выполнил:

Работу проверил:

Замечания: Перейти к форме замечания



Рис. 5. Список задач ТОиР АТ для механизации крыла

ВЫВОДЫ

1. Использование предложенных моделей и потоков данных позволит:

2. Использовать их в автоматизации процессов ТОиР АТ;

3. Создать единое информационное поле для всех участников процессов ППО АТ;

4. Формировать базы данных типа АТ при помощи формализации предложенных множеств в виде электронных данных;

Предложенные потоки данных позволят создать постоянную обратную связь между участ-

никами ППО АТ, что позволит ускорить экспертный анализ, а также повысить его качество за счет сохранения и подбора информации по всем этапам ЖЦ АТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jørgensen N. The Boeing 777: Development Life Cycle Follows Artifact // Integrated Design and Process Technology. - 2006.
2. Ng, K. K. H., Tang, M. H. M., Lee, C. K. Design and development of a performance evaluation system for the aircraft maintenance industry // IEEE International

- Conference on Industrial Engineering and Engineering Management . - Singapore: IEEE, 2015.
3. As Airbus and Boeing make efforts to grow their aftermarket business – particularly through new support activities based on digital services – a key question is: who controls and has access to the data required to develop those services? // Flight Global URL: <https://www.flightglobal.com/news/articles/analysis-how-mros-respond-to-oem-aftermarket-ambiti-453634/> (дата обращения: 16.06.2020).
 4. Big data; the race is on, but what is the end goal? // The International Air Transport Association (IATA) URL: <https://www.iata.org/contentassets/f03b1a4b79534b99802f10cd23b19ec2/1100-1130-mro-forecast-market-trend-icf.pdf> (дата обращения: 15.06.2020).
 5. Irwin D., Pavcnik N. Airbus versus Boeing revisited: international competition in the aircraft market // Journal of International Economics. - 2004.
 6. Darli Rodrigues Vieira, Paula Lavorato Loures Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Fundamentals and Strategies: An Aeronautical Industry Overview // International Journal of Computer Applications. - 2016. - №12.

**DEVELOPMENT OF MODELS OF AFTER-SALES SUPPORT OF AIRCRAFT
FOR THE PURPOSE OF AUTOMATION OF THE PROCESSES
OF MAINTENANCE, REPAIR AND OVERHAUL OF AIRCRAFT**

© 2020 S.A. Zryachev¹, S.N. Larin²

¹ AirBridgeCargo AL, LLC, Moscow, Russia

² Regional Engineering Center, Ulyanovsk, Russia

The authors proposed the models of participants of after-sales support of civilian aircraft and their cooperation. Data streams between models have been proposed. The algorithm of automation of the processes of maintenance, repair and overhaul of aircraft has been proposed by means of models and data streams. Interface solutions of automation of the processes of maintenance, repair and overhaul of aircraft has been proposed by means of the algorithm and the models.

Keywords: Aircraft construction, after-sales support of aircraft, decision support system, cost reduction.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-54-59

Sergey Zryachev, Reliability Engineer.

E-mail: Sergeyzryachev@outlook.com

*Sergey Larin, Candidate of Technics, Associate Professor,
Director. E-mail: larinmars@rambler.ru*