

УДК 656.07; 658,7

Чурилин Григорий Павлович,

студент магистратуры,
кафедра технология испытаний и эксплуатации (ТИЭ),
технологии эксплуатации и послепродажного обслуживания авиационной техники,
ФГБОУ ВО «Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет)»
г. Москва, Российская Федерация

Илюхина Светлана Сергеевна,

кандидат технических наук, доцент,
кафедра технология испытаний и эксплуатации (ТИЭ),
ФГБОУ ВО «Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет)»
г. Москва, Российская Федерация

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБМЕННОГО ФОНДА КОМПОНЕНТОВ, КАК ИНСТРУМЕНТ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРКА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Аннотация:

В статье рассматриваются вопросы послепродажного обслуживания воздушных судов, в частности, материально-технической поддержки заказчиков. Далее рассматриваются проблемы связанные со сроками поставки запасных частей, низким уровнем доступности воздушных судов. В работе представлена методика по определению оптимальной номенклатуры запасных частей на складе. В результате определены шаги по совершенствованию отечественной системы материально-технической поддержки заказчиков.

Ключевые слова:

Обменный фонд, поддержка материально-технического обеспечения; послепродажное обслуживание; доступность воздушного судна; сервисный уровень; время оборачиваемости компонента в ремонте.

На сегодняшний день успех любой авиационной программы определяется не только её летно-техническими, но и эксплуатационными характеристиками, которые в свою очередь зависят от качества предоставляемых оригинальным разработчиком-изготовителем (ОЕМ – Original Equipment Manufacturer) сервисных услуг. Грамотно выстроенная система по послепродажному обслуживанию (ППО) позволит OEM существенно снизить стоимость владения изделием для эксплуатантов (авиакомпаний/лизинговые компании), тем самым повысить эффективность его эксплуатации и привлекательность на рынке [1]. На рисунке 1 представлены основные элементы системы ППО изделия, например, воздушного судна (ВС) или силовой установки (СУ). Наиболее уязвимыми элементами данной системы являются организация технического обслуживания и ремонта (ТОиР), а также материально-техническая поддержка (МТП). Именно эти элементы, в основном, напрямую влияют на общую стоимость эксплуатации изделия (ТОС – Total Operational Cost), поэтому следует обратить на них особое внимание.



Рисунок 1 – Структура послепродажного обслуживания

Рассмотрим подробнее вопросы, касающиеся МТП эксплуатантов, а именно снабжения запасными частями (ЗЧ), которые требуются для поддержания исправности парка ВС. Для эксплуатантов важно минимизировать время простоя ВС на земле (AOG – Aircraft on the Ground), так как авиакомпании получают прибыль только тогда, когда ВС находится в воздухе и выполняет коммерческий полет. В коммерческой авиации выделяют два основных параметра, по которым оценивают эффективность ВС:

– Надежность отправки/ вылета (DR – Dispatch Reliability) – определяется как процент запланированных отправок, которые начинаются и завершаются без перерывов, вызванных известными или предполагаемыми техническими неисправностями, связанными с отменой или задержкой более чем на 15 минут (формула 1). Показатели DR зависят от надежности ВС, ГПМО (главный перечень минимального оборудования), наличия складских запасов и оперативности поставки запасных частей и комплектующих и др. Расходы на задержки/отмены вылета приводят к высоким репутационным потерям авиакомпании, так как надежность авиакомпании является одним из ключевых показателей имиджа авиакомпании.

$$DR(\%) = 100 \times \left\{ 1 - \frac{\text{Задержки_вылета} + \text{Отмены_вылета}}{\text{Запланированные_вылеты}} \right\}, \quad (1)$$

– Доступность ВС (AA – Aircraft Availability) – определяется как процентное соотношение часов рабочего дня, в течение которых ВС доступно для полетов, к часам AOG, вызванными известными или предполагаемыми техническими неисправностями (формула 2). Показатели AA зависят от способа проведения регламентных работ (block/equalized check), а также от уровня надежности ВС, ГПМО (главный перечень минимального оборудования), наличия складских запасов и оперативности поставки запасных частей и комплектующих и др.

$$AV(\%) = 100 \times \left\{ 1 - \frac{\text{Часы_неисправности_в_рабочее_время}}{\text{Полный_рабочий_день}} \right\}, \quad (2)$$

Показатели DR и AA носят вероятностный характер, так как внеплановые отказы трудно предсказуемы, поэтому в качестве наиболее вероятных значений используются те значения DR и AA, которые прописываются в договорах (лизинга/поставки). С одной стороны, OEM крайне невыгодно завышать эти значения (в этом случае он будет нести издержки, вызванные несоответствием ВС условиям договора, с другой стороны крайне невыгодно занижать эти значения, так как в данном случае спрос на данное ВС будет существенно ниже и необходимо будет существенно снижать стоимость ВС, или сумму лизинговых платежей. Таким образом, прописанные в договоре значения DR и AA будут считаться наиболее вероятными и будут использоваться в расчетах.

В рамках реализации «Комплексной программы по развитию авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.06.2022 № 1693-р отечественным OEM предстоит произвести и поставить несколько десятков ВС и СУ различным авиакомпаниям нашей страны [3]. Для поддержания их уровня исправности понадобится выстроить эффективную систему ППО, в том числе наладить цепочку поставки ЗЧ в необходимом объеме. Опыт SSJ-100 показал, что неподготовленная система ППО может привести к провалу всей программы [6].

Своевременное обеспечение эксплуатанта ЗЧ – одна из важнейших задач отечественных OEM при организации ППО [2]. Создание собственного склада ЗЧ — затратный процесс для авиакомпаний, поэтому оптимальным решением этой задачи является формирование складов силами OEM (создание обменного фонда) и его заказчиком, посредством заключения сервисных контрактов с услугой доступа к обменному фонду.

Одной из целей обменного фонда является исключение простоя ВС в рамках действующих договоров с эксплуатантами. На начальном этапе эксплуатации новой техники высока вероятность проявления «детских болезней», чтобы снизить их влияние на режим эксплуатации ВС (минимизировать простои ВС), OEM придется обеспечивать заказчиков необходимыми ЗЧ, объем которых будет существенно больше, чем на «зрелом» этапе эксплуатации. Поэтому в текущей ситуации данная услуга носит стратегический характер.

Управлением обменного фонда занимается оператор, который может являться подразделением OEM, так и дочерней или сторонней организацией. Оператор обменного фонда определяет номенклатуру ЗЧ, которой необходимо наполнить склад, исходя из различных факторов, которые мы рассмотрим ниже. Также оператор обменного фонда через Web-портал принимает заявки от эксплуатантов на предоставление ЗЧ, обрабатывает заказы, осуществляет доставку ЗЧ (компонента) до адресата и производит денежные расчеты за аренду компонента (ЗЧ). Получив доступ к обменному фонду ЗЧ, авиакомпания сможет получать исправные ЗЧ в аренду на период ремонта отказавших, а

также услугу по восстановлению ее неисправного компонента. В качестве дополнительной услуги может служить стандартный обмен (Standard exchange) компонентов, который подразумевает собой предоставление исправного компонента OEM взамен неисправного компонента эксплуатанта с последующим переходом права собственности между сторонами сделки. Это положительно сказывается на времени восстановления исправности ВС.

Существуют различные варианты платежей за пользование обменного фонда, среди которых самым простым вариантом является оплата по фактической стоимости за аренду, обмен и ремонт компонента, наиболее сложным – оплата по ставке, входящую в летный час, которая включает все возможные платежи за аренду, ремонт и обмен компонентов. Как правило, во втором случае дополнительно взимается платеж за использование (оплата за доступ) обменного фонда (Pool gate), учитывающий затраты оператора обменного фонда на обеспечение работы фонда, логистику и информационное сопровождение эксплуатанта.

Одним из ключевых показателей эффективности (КПЭ) работы обменного фонда можно выделить оперативность поставки (JIT). Соответствующий перечень заявок эксплуатантов, а также сроки ответа и готовности к поставке ЗЧ из состава обменного фонда представлены в таблице 1 [5].

Таблица 1 – Виды заявок заказчика

Статус заявки на ЗЧ	Время ответа на заявку	Время готовности ЗЧ к поставке
ВС на земле (AOG)	до 30 минут	до 4 (четырёх) часов
Критический (Imminent AOG)	до 30 минут	до 12 часов
Остановка работы (Work stoppage)	до 4 (четырёх) часов	до 2 (двух) дней
Обычный (Routine)	до 24 часов	до 7-90 дней

Для эффективного управления запасами необходимо учитывать следующие параметры (рисунок 2):



Рисунок 2 – Перечень параметров

Для определения оптимального состава и количества ЗЧ в обменном фонде необходимы следующие эксплуатационные данные [4]:

- среднегодовая наработка на один компонент (среднегодовое количество летных часов - Flight Hours) – $T_{сгк}$;
- количество данных компонентов на одном ВС (Quantity per Aircraft) – n_k ;
- численность парка ВС (Fleet Size) – $N_{вс}$;
- средняя наработка между непланируемыми съемами компонента (MTBUR) – $T_{нск}$;
- время оборачиваемости компонента в ремонте (учитывается время транспортировки туда-обратно и время ремонта - Turnaround Time) – $T_{об}$.

В случае заключения сервисного договора с эксплуатантом на доступ к обменному фонду значения данных параметров фиксируются на время исполнения договорных обязательств (за исключением $T_{НСК}$). После истечения срока контракта при заключении нового значения данных параметров могут быть пересмотрены.

Прогнозируемый годовой спрос в компонентах обменного зависит от количества внеплановых снятий, ожидаемых в течение 1 (одного) года, у выбранного типа компонента.

Расчет годового спроса ($N_{ГС}$) производится по формуле (3).

$$N_{ГС} = \frac{T_{СГК} \times N_{ВС} \times n_{К}}{T_{НСК}}, \quad (3)$$

где $T_{СГК}$ – среднегодовая наработка на один компонент (ч.);

$n_{К}$ – количество данных компонентов на одном ВС (шт.);

$N_{ВС}$ – численность парка ВС (шт.);

$T_{НСК}$ – средняя наработка между неплановыми съемами компонента (ч.).

Для поддержания работы обменного фонда на случай дополнительных неплановых отказов в период восстановления компонента эксплуатанта по формуле (4) определяется потребность во время пополнения запасов ($N_{П}$):

$$N_{П} = N_{ГС} \times \frac{T_{ОБ}}{365}, \quad (4)$$

где $N_{ГС}$ – годовой спрос (шт.);

$T_{ОБ}$ – время оборачиваемости компонента в ремонте (количество дней).

При заключении сервисного договора между OEM и эксплуатантом, включающим услугу доступа к обменному фонду, согласовывается и устанавливается значение сервисного уровня (PL – Protection Level) для поддержания складских запасов OEM. Например, если значение данного коэффициента равно 95%, то из 100 незапланированных отказов во время пополнения запасов компонент будет доступен в подменном фонде 95 раз.

Для определения рекомендованного количества компонентов (РКК) в обменном фонде с учетом сервисного уровня применяется математическая модель (распределение Пуассона) по формуле (5):

$$P(X \leq R) = \frac{N_{П}^m \times e^{-N_{П}}}{m!}, \quad (5)$$

где R – количество потенциальных съемов во время пополнения запасов (от 0 до ∞);

m – рекомендованное количество компонентов (от 0 до R_{max});

X – случайная величина, которая принимает целые неотрицательные значения (0, 1, 2, ..., m);

e – число Эйлера;

P – вероятность;

$N_{П}$ – потребность во время пополнения запасов.

Рассмотрим пример расчета РКК, в качестве эксплуатационных данных возьмем следующие значения (Таблица 2):

Таблица 2 – Эксплуатационные данные

Параметр	Условное обозначение	Значение
Среднегодовая наработка на один компонент (ч.)	$T_{СГК}$	150
Численность парка ВС (шт.)	$N_{ВС}$	15
Количество данных компонентов на одном ВС (шт.)	$n_{К}$	2
Средняя наработка между неплановыми съемами компонента (ч.)	$T_{НСК}$	1500
Время оборачиваемости компонента в ремонте (кол-во дней)	$T_{ОБ}$	365
Сервисный уровень (%)	PL	90

После применения математической модели (распределение Пуассона) получаем следующие значения РКК (Таблица 3).

Таблица 3 – Результаты расчета

РКК, шт	$P(X = \text{РКК})$	$P(X \leq \text{РКК})$	Фактический Сервисный уровень, %	Установленный Сервисный уровень, %
0	0,049787068	0,05	5,0	90
1	0,149361205	0,20	19,9	
2	0,224041808	0,42	42,3	
3	0,224041808	0,65	64,7	
4	0,168031356	0,82	81,5	
5	0,100818813	0,92	91,6	
6	0,050409407	0,97	96,6	
7	0,021604031	0,99	98,8	
8	0,008101512	1,00	99,6	

На рисунке 3 представлен пример распределения, получившегося входе расчетов.

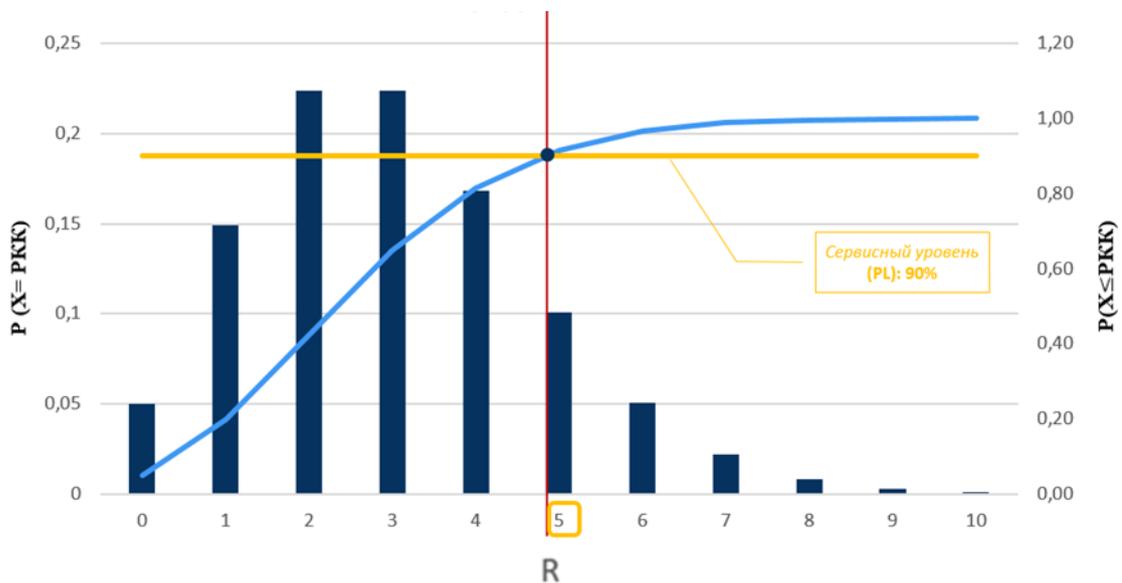


Рисунок 3 – Диаграмма «Определение РКК с учетом сервисного уровня»

В итоге, для обеспечения сервисного уровня, составляющего 90 %, при заданных эксплуатационных параметрах, необходимо сформировать обменный фонд из 5 (пяти) компонентов.

Таким образом, обменный фонд позволяет эксплуатантам снизить количество простоев ВС, тем самым повысить общий налет на своих ВС. Это достигается благодаря тому, что все риски, связанные с поставкой, наличием ЗЧ на складе и т.д. берет на себя оператор обменного фонда. Эксплуатант сосредотачивается на своем основном виде деятельности. Установив значение сервисного уровня эксплуатант, снимает еще один риск, связанный с повторным обращением в обменный фонд. Подключение к обменному фонду существенно экономит средства авиакомпаний, ведь им не приходится закупать ЗЧ и хранить их у себя на складе, тем самым замораживая свой капитал. Оператор обменного фонда может предложить свои услуги на взаимовыгодных условиях (по ставке летного часа), так как начинает работать «эффект от масштаба». Создать запасы ЗЧ на одно ВС намного затратнее, чем на парк ВС (Рисунок 4).

Отечественным OEM потребуются сформировать план по организации МТП перед поставкой эксплуатантам новых типов ВС, таких как SSJ – NEW, MC-21, Ил-114. Создание обменного фонда позволит поддерживать доступность ВС на общемировом уровне не ниже 90 % как на ранних, так и на зрелом этапах эксплуатации.

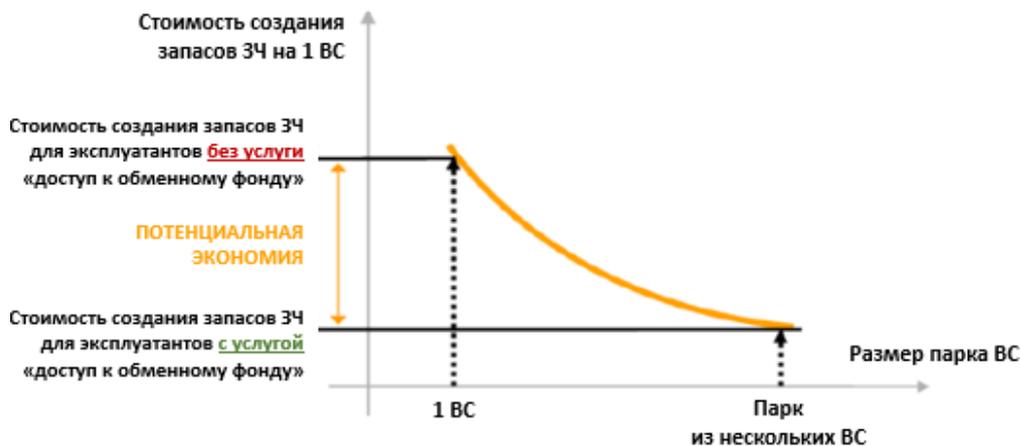


Рисунок 4 – Экономический эффект от использования обменного фонда

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ логистической поддержки: теория и практика // Судов Е. В. [и др.]. - Москва: ИнформБюро, 2014. - 258 с.
2. Судов Е.В., Петров А.Н., Петров А.В., Осяев А.Т., Серебрянский С.А. // Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники. // Учебное пособие. – М.: Эдитус, 2018. – 174 с.
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.06.2022 г. № 1693-р, 2022. - 47 с. [Электронный ресурс] // URL: <http://government.ru/docs/all/141773/>
4. Guidance Material and Best Practices for Inventory Management. // International Air Transport Association (IATA). 2015 г. – 155 с.
5. WASG-2015 World Airlines and Suppliers Guide. // The Air Transport Association of America (ATA), 2015 г. – 46 с.
6. «Мало летает, часто ломается»: почему авиакомпании отказываются от «Суперджета» [Электронный ресурс] // URL: <https://www.kp.ru/daily/26974.3/4031146/>.

Churilin Gregory P.,

Master's degree student,
Department of Testing and Operation Technology
Technologies of customer support services,
Moscow Aviation Institute (National Research University)
Moscow, Russian Federation

Research Advisor: Plyukhina Svetlana S.,

Candidate of Technical Sciences, Associate professor
Department of Testing and Operation Technology
Technologies of customer support services,
Moscow Aviation Institute (National Research University)
Moscow, Russian Federation

COMPONENT POOL ORGANIZATION AS A KEY TO IMPROVE THE LEVEL OF AIRCRAFT UTILIZATION AND AVAILABILITY

Abstract:

This article discusses the issues of spares supply and logistics of components as an element of customer support system of the aircraft. The article reveals the problems related to the delivery time and low aircraft availability. The article presents a methodology for inventory management. As the result, we can see the methods, which helps to improve the domestic spare supply and provisioning system.

Keywords:

Component pool; spares provisioning and logistics; customer support services; aircraft availability; protection level; turnaround time.