

## ТРАНСПОРТ

УДК 629.735

DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-2-143-152

**КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ****А.Р. АЛЕКСАНИЯ<sup>1</sup>, И.А. ФАЙНБУРГ<sup>2</sup>, А.Д. ЕВДОКИМОВА<sup>2</sup>**<sup>1</sup>АО «Гражданские самолеты Сухого», г. Москва, Россия<sup>2</sup>Московский государственный технический университет гражданской авиации  
г. Москва, Россия

В условиях современного мирового рынка процесс технической эксплуатации для поддержания требуемого уровня исправности парка воздушных судов в авиакомпаниях должен быть экономически выгодным в отношении трудовых, временных и материальных затрат. Решение данной задачи может быть достигнуто путем планирования и управления деятельностью авиапредприятий с целью повышения эффективности процесса технической эксплуатации воздушных судов гражданской авиации. Планирование и осуществление мероприятий, связанных с деятельностью авиапредприятий по улучшению показателей безотказности авиационной техники, безопасности и регулярности полетов, интенсивности использования воздушных судов и экономичности их процесса технической эксплуатации, требует организации совместной работы и взаимодействия разработчика, изготовителя и эксплуатанта воздушных судов. В данной статье обоснована необходимость в разработке технологии планирования и осуществления мероприятий, связанных с деятельностью авиапредприятий, позволяющей поэтапно по направлениям деятельности разработчика, изготовителя и эксплуатанта воздушных судов установить взаимосвязь и влияние на уровень исправности парка, тем самым повышая эффективность процесса технической эксплуатации путем всех возможных управляющих воздействий. Разработана комплексная технология повышения эффективности процесса технической эксплуатации воздушных судов, включающая мероприятия по направлениям «Надёжность воздушного судна», «Технология», «Персонал», «Оборудование», «Материалы», с целью повышения уровня исправности парка ВС. Комплексная технология представлена в виде маршрутной технологии с сокращенным описанием комплекса мероприятий по направлениям в маршрутной карте, с указанием входов и выходов на каждом этапе. Показаны преимущества применения комплексной технологии на примере улучшения одного из целевых показателей эффективности процесса технической эксплуатации воздушных судов.

**Ключевые слова:** эффективность процесса технической эксплуатации воздушных судов, исправность парка воздушных судов, комплексная технология, маршрутная технология, маршрутная карта повышения эффективности процесса технической эксплуатации воздушных судов.

**ВВЕДЕНИЕ**

Решение важнейшей проблемы науки и техники обеспечения эффективности эксплуатации воздушных судов (ВС) гражданской авиации (ГА) на основе интенсификации их использования при опережающем росте конечных результатов по сравнению с ростом затрат требует постоянных усилий специалистов авиапредприятий по выявлению и рациональному использованию резервов производства [1–3].

Важное место в решении этой задачи принадлежит подразделениям, занятым технической эксплуатацией ВС. Конечными результатами их работы является полное и своевременное обеспечение потребностей авиапредприятий в исправных ВС, повышение безопасности и регулярности полетов при минимальных затратах времени, труда и средств на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) ВС. Снижение этих затрат является важнейшей задачей науки и производства, поскольку они составляют заметную часть эксплуатационных расходов [4].

*Процесс технической эксплуатации (ПТЭ) ВС* – последовательная во времени смена состояний эксплуатации в соответствии с принятой стратегией. К состояниям эксплуатации относятся: использование по назначению, различные виды ТОиР, транспортирование, хранение, ожидание поступления в каждое из этих состояний и др.

*Эффективность* ПТЭ ВС – наиболее общее, определяющее свойство любой целенаправленной деятельности, которое раскрывается через категорию цели, объективно выражается степенью достижения цели с учетом затрат ресурсов и времени.

*Показатель эффективности* ПТЭ ВС – количественная характеристика одного или нескольких свойств эффективности ПТЭ ВС.

*Управление* ПТЭ ВС – выработка и осуществление целенаправленных управляющих воздействий на процессы (объект) ПЭ ЛА, ориентированных на сохранение соответствия ЛА действующим требованиям.

Объектом управления по эффективности является ПТЭ парка однотипных ВС соответствующего уровня: отрасли, региона, предприятия. Условия управления эффективностью ПТЭ ВС реализуются через установленные входные управляющих воздействий и выходные параметры, а также назначение методов управления эффективностью ПТЭ ВС (рис. 1).

Входными управляющими воздействиями при управлении эффективностью ПТЭ ВС являются внутренние резервы времени, труда и средств, используемые для совершенствования производства с целью повышения его эффективности.

Выходными параметрами являются показатели безопасности и регулярности полетов, безотказности авиационной техники, интенсивности использования, экономичности процесса их технической эксплуатации.

Взаимосвязь входных управляющих воздействий и выходных параметров устанавливается моделью ПТЭ ВС и аналитическими зависимостями показателей эффективности от сокращения числа отказов, простоев самолетов, трудовых и материальных затрат на ТОиР.

Целевой подход к управлению эффективностью ПТЭ ВС позволяет расчленить генеральную цель системы технической эксплуатации ВС на ряд подцелей путем построения многоуровневой структуры целей. При управлении эффективностью на каждом уровне используется свой локальный критерий, не противоречащий глобальному (общему) критерию и соответствующий целям задач, решаемых на верхнем уровне. Существенным в целевом подходе является то, что при формировании целей управления на низших уровнях уже учитывается генеральная цель в виде подцели своего уровня.

Управление эффективностью ПТЭ ВС предусматривает эффективное и планомерное использование всех технических, экономических, организационных и социальных возможностей для достижения целей системы технической эксплуатации ВС [5, 6].

Главной целью системы технической эксплуатации ВС является полное и своевременное удовлетворение потребностей в исправных самолетах, обеспечение их безотказности и интенсивности использования по назначению при минимальных затратах времени, труда и средств на ТОиР.

Для достижения главной цели системы технической эксплуатации самолетов необходимо обеспечить осуществление совокупности взаимосвязанных основных целей, определяющих области и целевую направленность деятельности предприятий и их подразделений по повышению эффективности ПТЭ ВС.

Степень достижения главной цели управления ПТЭ ВС характеризуется системой показателей эффективности, включающей показатели:

- безотказности авиационной техники и безопасности полетов ВС;
- регулярности отправления ВС в рейсы;
- эффективности использования ВС по времени;
- экономичности ПТЭ ВС [7].

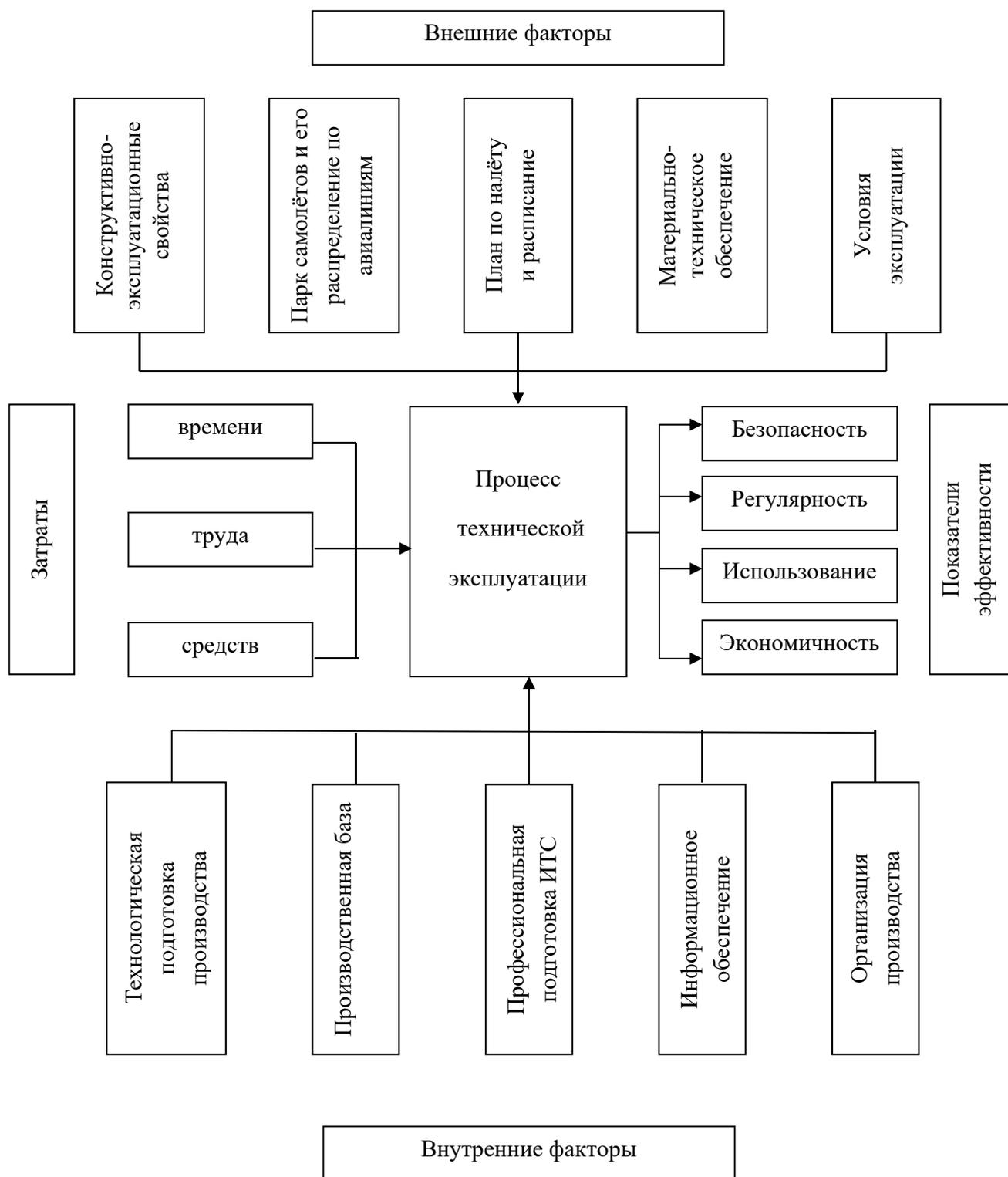


Рис. 1. Управляемый по эффективности ПТЭ ВС  
Fig. 1. Managed according to aircraft technical operation process efficiency

В процессе ПТЭ ВС ГА выполняется разнообразный комплекс мероприятий по поддержанию летной годности, связанных с их ТОиР, подготовкой к полетам. Комплекс мероприятий ТОиР ВС условно подразделяется на две группы: плановые профилактические работы, связанные с предупреждением отказов и повреждений, основной целью которых является поддержание работоспособного состояния; работы по обнаружению и устранению

внезапных отказов и повреждений, направленные на восстановление работоспособного состояния АТ [8].

Между данными группами работ на практике могут существовать различные соотношения в зависимости от принятых критериев оптимальности и стратегий проведения профилактики [1]. Но в условиях современного мирового рынка ПТЭ ВС помимо обеспечения заданного уровня безопасности и регулярности полетов должен быть экономическим выгодным в отношении затрат времени, труда и средств с целью поддержания парка ВС в исправном состоянии. Решение данного вопроса может быть достигнуто путем управления деятельностью авиапредприятий по повышению эффективности ПТЭ ВС.

Эффективность ПТЭ ВС является результатом работы авиапредприятия по поддержанию требуемого уровня безопасности полетов, регулярности полетов, интенсивности использования парка ВС, его исправности и экономичности эксплуатации [9].

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В процессе эксплуатации возникают отказы авиационной техники (АТ), приводящие к задержкам или отменам рейсов, заменам ВС, авиационным событиям (инцидентам) и простоям ВС по причине неисправности. Всё это и многое другое ведет к увеличению времени пребывания парка в неисправном состоянии.

Анализ данной информации и распределение ее по системам ВС позволяют определить не только наиболее уязвимые системы, но и компоненты ВС, часто вызывающие ситуации Aircraft on ground (AOG).

AOG-ситуация – это ситуация, когда по техническим причинам ВС не может эксплуатироваться и при этом не находится на плановом ТОиР. Встречаются такие ситуации, как AOG-дефект, AOG поставка компонентов, AOG ВС. Эти ситуации ведут к опозданиям, сбоям в графике и, как следствие, убыткам авиакомпаний, а сверхплановые простои ВС, как правило, связаны с большими расходами. Для восстановления ВС зачастую необходима замена определённого компонента или детали. Этот компонент должен быть доставлен как можно быстрее, и поэтому в логистике такая ситуация тоже рассматривается как AOG.

На основе проведенного анализа массива эксплуатационных сведений, взаимосвязей показателей эксплуатационной технологичности и с учетом аналитических практик эксплуатантов в качестве Целевого показателя эффективности ПТЭ принят показатель безотказности  $K_{1000}$ , представляющий собой количество отказов АТ на 1000 часов налета.

По результатам анализа статистической информации, предоставленной одной из российских авиакомпаний, эксплуатирующих самолет RRJ-95, обоснована и выбрана система оценки приоритетов ранжирования и формирования порядка проведения мероприятий по уменьшению показателя  $K_{1000}$  и систематически возникающих AOG ситуаций по компонентам.

Поскольку мы имеем дело с новым ВС, находящимся в эксплуатации всего 6 лет, и, учитывая то, что уровень исправности парка напрямую влияет на эффективность ПТЭ, особенно важно разработать комплексную технологию повышения эффективности ПТЭ.

Комплексная технология повышения эффективности ПТЭ представляет собой совокупность технологий, направленных на повышение уровня исправности парка ВС с учетом влияющих факторов.

Данная комплексная технология включает в себя маршрутную технологию повышения эффективности ПТЭ, которая предусматривает выполнение комплекса мероприятий с сокращенным их описанием в маршрутной карте и указанием входов и выходов на каждом этапе.

Каждый этап, прописанный в маршрутной карте (рис. 2), представляет собой один из основных факторов, влияющих на исправность парка ВС. Воздействовать на каждый из этих фак-

торов можно за счет определенных входных управляющих воздействий, характерных для каждого фактора. Выходными параметрами, являющимися результатом реализации управляющих воздействий, будут показатели безотказности АТ, безопасности полетов, регулярности вылетов, интенсивности использования, экономичности ПТЭ, т. е. показатели эффективности ПТЭ, по которым и определяется степень достижения главной цели.

Суть комплексной технологии повышения эффективности ПТЭ ВС состоит в организации и учете совместной деятельности разработчика, изготовителя и эксплуатанта ВС, направленной на повышение уровня исправности парка. Следует отметить, что ряд факторов, таких как «Надёжность ВС», «Технология» и «Материалы», находятся в совместной ответственности разработчика, изготовителя и эксплуатанта ВС, а ряд факторов, таких как «Персонал» и «Оборудование», находятся в зоне ответственности только эксплуатанта, осуществляющего ТОиР ВС.

Маршрутная карта предусматривает воздействие на уровень исправности парка ВС не только за счет конструктивных доработок и качества сборки, влияющих на надежность ВС, но и за счет: рационального планирования работ, качественной обработки поступающих запросов в Центр поддержки заказчиков (ЦПЗ), исправления ошибок в технической документации, наличия достаточного количества квалифицированного инженерно-технического персонала (ИТП), своевременного удовлетворения потребности и необходимого количества средств наземного обслуживания (СНО) и оборудования, нормирования времени нахождения ВС в ангаре и расширения номенклатуры подпитывающего склада и его наполненность достаточным количеством партийных номеров изделий во избежание простоя ВС при ожидании запасных частей. Данные факторы находятся во взаимодействии друг с другом, изменение одного из факторов может повлечь изменения других, и не всегда в положительную сторону, поэтому важно комплексно рассматривать их влияние на эффективность ПТЭ ВС.

Данная технология позволит не только повысить исправность парка, но и учитывать экономическую составляющую ПТЭ ВС.

Эффективность ПТЭ ВС – это сложное комплексное свойство, характеризующее работу авиапредприятия по обслуживанию самолетов. Оно разделяется на ряд отдельных свойств, называемых «критериями эффективности» [4, 10]. Каждому критерию соответствуют определенные показатели эффективности ПТЭ ВС.

Под показателями эффективности ПТЭ ВС [7] понимается количественная характеристика свойств, определяющих его способность обеспечить выполнение стоящих перед авиационным предприятием задач. Взаимосвязь критериев и показателей эффективности имеет следующий вид.

- Безопасность полетов:
  - количество отказов на 1000 часов налета  $K_{1000}$ .
- Регулярность вылетов:
  - коэффициент регулярности вылетов  $P_{100ТП}$ .
- Использование самолетов:
  - коэффициент использования самолетов по назначению  $K_{И}$ ;
  - коэффициент использования самолетов в рейсах  $K_{ИР}$ ;
  - коэффициент возможного использования самолетов в рейсах  $K_{Вир}$ .
- Исправность парка самолетов:
  - удельные суммарные простои на ТОиР  $K_{П}$ ;
  - коэффициент исправности  $K_{Испр}$ .
- Экономичность ТОиР:
  - удельная суммарная трудоёмкость ТОиР  $K_{Т}$ .

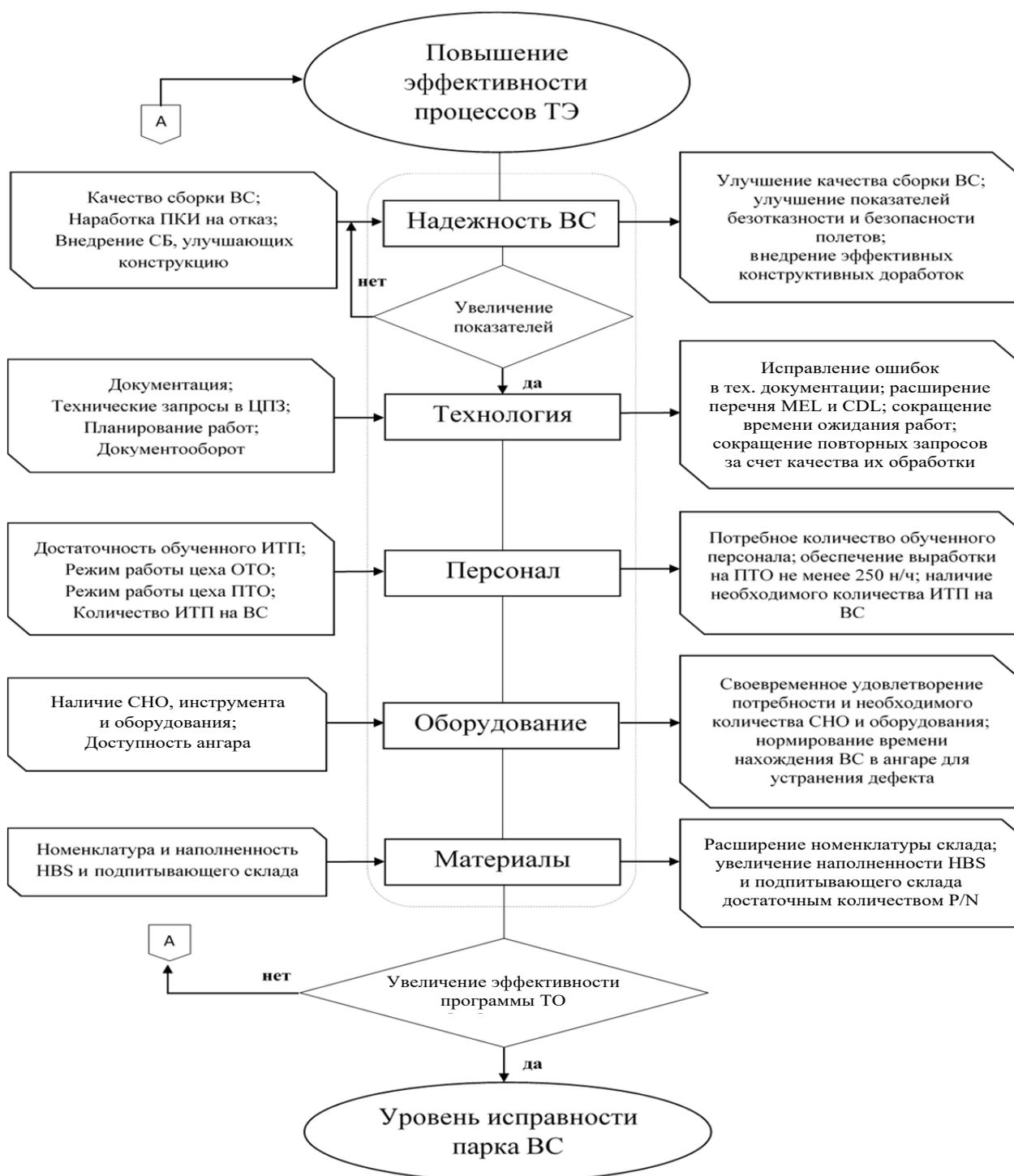


Рис. 2. Маршрутная карта повышения эффективности ПТЭ ВС  
Fig. 2. Road sheet of improvement of the process of aircraft technical operation efficiency

В общем виде влияние данных критериев на эффективность ПТЭ представим как зависимость

$$K_{ЭФ.ПТЭ} = f(K_{1000}; P_{100ТП}; K_{ИСП}; K_{ИСПР}; K_{ЭКОНОМ.ТОИР}). \quad (1)$$

В качестве целевого выбран критерий эффективности ПТЭ – исправность парка  $K_{ИСПР}$ , зависимость которого в соответствии с маршрутной картой имеет вид

$$K_{\text{ИСПР}} = f(K_{1000}; P_{\text{Технолог}}; P_{\text{Персонал}}; P_{\text{Оборуд}}; P_{\text{Матер}}). \quad (2)$$

Целевым показателем исправности парка выбран показатель  $K_{1000}$ , для которого анализ статистических данных, накопленных при эксплуатации парка самолетов RRJ-95 в авиапредприятии позволил выявить следующую зависимость  $K_{1000}(K_{\text{ИСПР}})$ .

Как видно из графика (рис. 3), зависимость носит линейный характер.

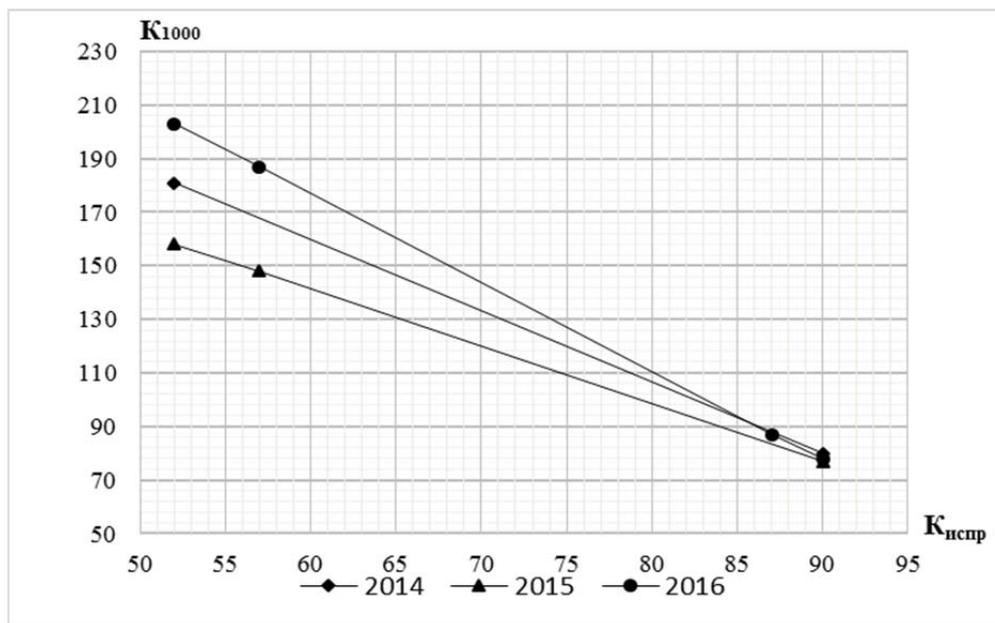


Рис. 3. График зависимости коэффициента  $K_{1000}$  от коэффициента  $K_{\text{ИСПР}}$   
Fig. 3. The graph of dependence of coefficient  $K_{1000}$  to  $K_{\text{ИСПР}}$

Улучшение каждого из показателей, входящих в зависимость (2), ведет к улучшению показателя  $K_{1000}$ , что в свою очередь приводит к повышению исправности парка.

В результате применения разработанной комплексной технологии по увеличению уровня исправности парка ко всем системам ВС диапазон показателя  $K_{1000}$  достигнет 110–126 при повышении уровня исправности парка до 75 %, что является минимальным целевым показателем [10].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье обоснована необходимость в разработке комплексной технологии повышения эффективности процесса технической эксплуатации путём управляющих воздействий с целью повышения уровня исправности парка ВС.

Разработана маршрутная карта комплексной технологии с сокращённым описанием комплекса мероприятий по направлениям взаимодействия и указанием входов и выходов на каждом этапе.

Показаны преимущества применения комплексной технологии на примере улучшения одного из целевых показателей эффективности процесса технической эксплуатации воздушных судов –  $K_{1000}$ .

Данная технология позволит не только повысить исправность парка, но и учитывать экономическую составляющую процесса технической эксплуатации воздушных судов.

Для организации совместной работы и взаимодействия разработчика, изготовителя и эксплуатанта ВС по повышению эффективности ПТЭ ВС, в том числе уровня исправности пар-

ка ВС, целесообразно использовать предложенную комплексную технологию повышения эффективности ПТЭ ВС.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники гражданской авиации. НТЭРАТ ГА-93. Приказ ДВТ 20.06.94 № ДВ. М.: ДВТ, 1994. 318 с.
2. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / под ред. В.С. Авдеевского (предисл.) и др. М.: Машиностроение, 1988. 328 с.
3. **Ицкович А.А., Файнбург И.А.** Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов. Ч. 1. Системный анализ процессов технической эксплуатации летательных аппаратов: учеб. Пособие. М.: МГТУ ГА, 2012. 84 с.
4. **Смирнов Н.Н., Ицкович А.А.** Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. М.: Транспорт, 1987. 272 с.
5. **Далецкий С.В.** Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации. М.: Воздушный транспорт, 2005. 417 с.
6. **Далецкий С.В., Деркач О.Я., Петров А.Н.** Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации. М.: Воздушный транспорт, 2002. 211 с.
7. **Ицкович А.А., Файнбург И.А.** Показатели эффективности процессов поддержания летной годности воздушных судов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2012. № 178. С. 21–26.
8. **Алексаян А.Р.** Маршрутная технология поэтапного формирования процедур поддержания летной годности воздушных судов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2012. № 178 (4). С. 78–84.
9. **Ицкович А.А.** Повышение эффективности технической эксплуатации самолетов. М.: ЦНТИ ГА, 1982. 46 с.
10. **Макаровский И.М.** Основы технической эксплуатации и диагностики авиационной техники: учеб. пособие. Самара: СГАУ, 2004. 115 с.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Алексаян Армен Размирович**, кандидат технических наук, главный специалист Инженерно-аналитического департамента АО «Гражданские самолёты Сухого», Armen-Aleksanyan@mail.ru.

**Файнбург Инна Александровна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей, innafayn@mail.ru.

**Евдокимова Анастасия Денисовна**, бакалавр МГТУ ГА по специальности «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и авиадвигателей», студент первого курса магистратуры МГТУ ГА, anastasiie.evdokimova@gmail.com.

### COMPLEX TECHNOLOGY OF IMPROVEMENT THE PROCESS OF AIRCRAFT MAINTENANCE EFFICIENCY

**Armen R. Aleksanyan<sup>1</sup>, Inna A. Fainburg<sup>2</sup>, Anastasiia D. Evdokimova<sup>2</sup>**  
<sup>1</sup>*Sukhoi Civil Aircraft Company, Moscow, Russia*  
<sup>2</sup>*Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

### ABSTRACT

In the conditions of contemporary world market, the maintenance process to keep the required level of aircraft serviceability in airlines should be economically efficient in relation to labour, time and material expenses. The

solution of the problem can be achieved by planning and managing the activity of airlines with the aim to improve the efficiency of civil aircraft maintenance process. Planning and implementation of activities for process improvement of aircraft maintenance efficiency in particular such factors as aircraft (A/C) reliability and safety, flight regularity and A/C timewise operation efficiency, A/C intensities and economy require collaboration and interaction of developer, manufacturer and operator. This work proves the need to develop the planning and performance technology of actions related to the airlines activity allowing step by step according to developer, manufacturer and operator activities to establish the cooperation and influence on aircraft serviceability, thereby increasing the maintenance process by all possible managing actions. The complex technology to improve the efficiency of aircraft maintenance process including activities on “A/C Reliability”, “Technology”, “Personnel”, “Equipment”, “Materials” has been developed with the aim to increase the A/C fleet serviceability level. The complex technology is represented as a route technology with brief description of destinations in the route chart with input/output indications at each stage. The advantages of complex technology application are shown in the example of improving one of the efficiency measures in aircraft maintenance process.

**Key words:** process of aircraft maintenance efficiency, fleet serviceability, complex technology, routing technology, route chart for increasing the efficiency of aircraft maintenance process.

## REFERENCES

1. *Nastavlenie po tehnicheckoy ekspluatatsii i remontu aviatsionnoy tehniki grazhdanskoj aviatsii. NTERAT GA* [Regulations on Technical Operation and Repair of Aircraft Equipment in Civil Aviation]. Order DAT of 20.06.94 № DV- M.: DAT, 1994, 318 p. (in Russian)
2. *Nadezhnost i effektivnost v tehnike* [Reliability and effectiveness in technology]. Reference in 10 volumes, vol.3. Efficiency of engineering systems. Ed. by V.S. Avduevsky and others. M.: Engineering, 1988, 328p. (in Russian)
3. **Itskovich A.A., Fainburg I.A.** *Upravlenie protsessami tehnicheckoy ekspluatatsii letatelnih apparatov. Chast 1. Sistemniy analiz protsessov tehnicheckoy ekspluatatsii letatelnih apparatov* [Management of aircraft technical operation processes. Part I. The system analysis of aircraft technical operation processes]. Moscow: MSTUCA, 2012, 84 p. (in Russian)
4. **Smirnov N.N., Itskovich A.A.** *Obsluzhivanie i remont aviatsionnoy tehniki po sostoyaniyu* [Maintenance and repair of aircraft based on the condition]. Moscow: Transport, 1987, 272 p. (in Russian)
5. **Daletsky S.V.** *Formirovanie ekspluatatsionno-tehnicheckih harakteristik vozdukhnyh sudov grazhdanskoj aviatsii* [Forming of technical and operational characteristics of civil aviation aircraft]. M.: Air transport, 2005, 417p. (in Russian)
6. **Daletsky S.V., Derkach O.Y., Petrov A.N.** *Effektivnost tehnicheckoy ekspluatatsii samoletov grazhdanskoj aviatsii* [Effectiveness of civil aircraft technical operation]. M.: Air Transport, 2002, 211 p.
7. **Itskovich A.A., Fainburg I.A.** *Pokazateli effektivnosti processov podderzhaniya letnoy godnosti vozdukhnyh sudov* [Indicators of the efficiency of process of maintenance of the aircraft airworthiness]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, 2012, no. 178, pp. 21–26. (in Russian)
8. **Aleksanyan A.R.** *Marshrutnaya tehnologiya poetapnogo formirovaniya protsedur podderzhaniya letnou godnosti vozdukhnyh sudov* [Routing technology of stage-by-stage formation of procedures of continuing airworthiness of aircraft]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, 2012, no. 178 (4), pp. 78–84. (in Russian)
9. **Itskovich A.A.** *Povyshenie effektivnosti tehnicheckoy ekspluatatsii samoletov* [Improving efficiency of aircraft technical operation]. Moscow, CSTI CA, 1982, 46p.
10. **Makarovsky I.A.** *Osnovi tehnicheckoy ekspluatatsii i diagnostiki aviatsionnoy tehniki* [The theoretical bases of technical operation and diagnostics of aircraft]. Tutorial. Samara: SSAU, 2004, 115p. (in Russian)

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Armen R. Aleksanyan**, Candidate of Technical Sciences, Chief Specialist of Engineering Analytics Department of JSC «Sukhoi Civil Aircraft», Armen-Aleksanyan@mail.ru.

**Inna A. Fainburg**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Aircraft and Aircraft Engines Maintenance Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, innafayn@mail.ru.

**Anastasiia D. Evdokimova**, Bachelor in Aircraft and Aircraft Engines Maintenance, Master Degree Student, Moscow State Technical University of Civil Aviation, anastasiie.evdokimova@gmail.com.

Поступила в редакцию  
Принята в печать

15.09.2017  
14.03.2018

Received  
Accepted for publication

15.09.2017  
14.03.2018