

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РИСКОВ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЁТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СЕРИЙНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 С.В. Сарычев¹, Т.Д. Кожина²

¹Научно-производственное объединение «Сатурн», г. Рыбинск

²Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва

SAFETY SYSTEM MANAGEMENT RISK ANALYSIS ON DEVELOPMENT AND SERIAL PRODUCTION OF AVIATION GAS-TURBINE ENGINES

Sarychev S.V. (PJSC “NPO “Saturn”, Rybinsk, Russian Federation),

Kogina T.D. (P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk, Russian Federation)

This publication presents methodology and bundled software for assessment, monitoring reliability and safety for development and serial production of aviation gas-turbine engines on requirement of Management System Safety (MSS).

Основой системы управления безопасностью полётов (СУБП) являются два определяющих принципа – управление факторами риска и гарантия безопасности полётов (БП) согласно 101 поправки к Приложению 8 Конвенции о международной гражданской авиации. Лётная годность воздушных судов (приложение к письму АН 3/5.6-09/21 от 03.04.2009, ИКАО) внедряется в РФ в соответствии с Руководством [1].

Технический риск, относящийся к состоянию *безопасности полётов*, определяется величиной интенсивности отказов (hazard rate) события с опасными последствиями (определён перечнем CS-E (п.510)[2] / АП-33 (п.75) [3]) и составляет *общие гарантии* или сертификационные требования к конструкции для маршевого газотурбинного двигателя (ГТД) силовой установки коммерческого летательного аппарата (ЛА).

Технический риск, относящийся к состоянию *безотказности*, - технико-экономическая составляющая эксплуатации парка ГТД, которая определяется величиной интенсивности отказов (hazard rate) ГТД, некритических по отношению к БП видов отказов (задержка / отмена рейсов, досрочный съём с эксплуатации, возврат в ремонтный цех) и составляет *специальные гарантии* для эксплуатанта. Нормативные требования к специальным гарантиям базируются на методологии её эксплуатации по надёжности, или с учётом концепции так называемой формы обслуживания RCM (Reliability Centered Maintenance) [4]. В

основу RCM положен принцип безопасного повреждения, который был сформулирован, в частности в работе [5]. Особенностью модели надёжности при организации эксплуатации по методологии RCM является допущение о возможности одновременности проявления случайных и детерминированных износных (или другого вида деградиционных) отказов на периоде стабильной эксплуатации.

Основным элементом СУБП является система управления надёжностью парка авиадвигателей, представляющая собой комплекс аппаратных, программных средств, группы методик и организационных мер на уровне разработчика и авиадвигателестроительного предприятия, взаимодействующая с отраслевой СУБП на жизненном цикле парка авиационных ГТД [6].

В представленной работе систематизированы и обобщены данные по основным причинам, влияющим на безопасность эксплуатации и безотказность парка ГТД, представлены способы и методы оценки и прогнозирования безотказности и безопасности, а также информационно-статистические критерии оценивания технических рисков и системные подходы к управлению надёжностью парков ГТД в РФ и за рубежом [7]. Выполнена унификация российских и зарубежных подходов к задаче управления техническими рисками на этапе жизненного цикла парка ГТД. Разработана и внедрена в практику ПАО «НПО «Сатурн» концептуальная модель системы управления техническим

риском, как параметром интенсивности отказа жизненного цикла парка ГТД, от разработки (модификации) конструкции до выво-

да из эксплуатации [6 - 8], которая представлена на рис.1.

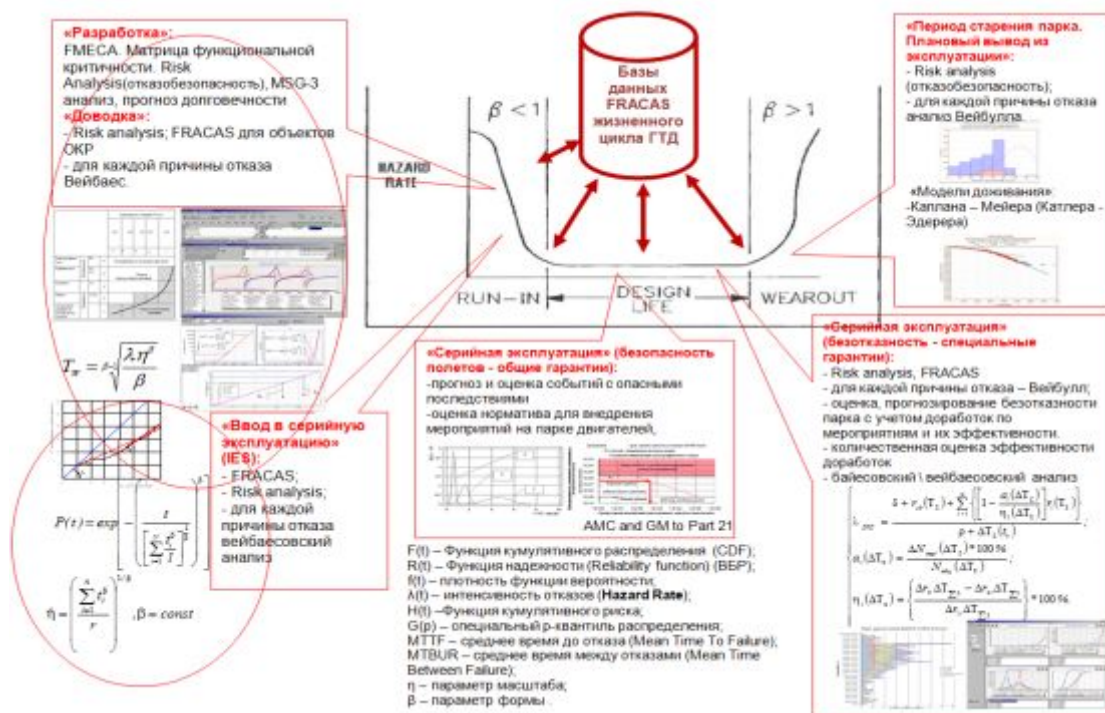


Рис. 1. Модель системы управления техническими рисками авиационных ГТД. Жизненный цикл парка ГТД в терминах надёжности

Модель основана на:

- методе формирования матрицы критичности допустимого уровня вероятности воздействия на эксплуатацию ГТД последствий отказов в составе объекта [9], разделяющей сертификационные требования (безопасность или общие гарантии в соответствии с АП для авиационных ГТД и Техническим регламентом безопасности для ПГТД) и технико-экономические требования (допустимый уровень безотказности или специальные гарантии для эксплуатанта в соответствии с достижением оптимального уровня надежности);
- способе доводки конструкции ГТД на этапе ОКР при ограниченном количестве испытаний ГТД окончательного конструктивного облика, основанной на оценке дробной зачетности результатов ресурсных испытаний с учетом эффективности последовательности конструктивно-производственных мероприятий, дополнительно к оценке величины вероятности безотказной работы [10];
- методе оценки уровня крайне маловероятных (маловероятных) событий, связанных с прямым отказом деталей группы особо ответственных деталей на основе вейбуловой

и вейбаусовой статистической модели, позволяющей реализовать метод назначения ограничительного периода принятия корректирующих действий для парка двигателей в соответствии с методологией, указанной в Part-21-GM21A.3B(d)(4) [11, 12].

- методе оптимизации состава и количества восстановительных ремонтов в пределах специальных гарантий авиакомпаниям, основанная на параметрической статистической модели ухудшения параметров с учетом обязательных требований по восстановлению ресурса деталей особо ответственной группы [13].

- методе непрерывной оценки и прогнозирования показателей безопасности и безотказности парка ГТД до уровня отдельных эксплуатирующих организаций, при малых значениях эксплуатационных данных по надежности, определенных байесовским и вейбаусовым онлайн модифицированием исходных распределений надежности [14].

- методе мониторинга безотказности по параметру эксплуатационной долговечности парка ГТД, основанной на идентификации зоны роста интенсивности отказов за счет

превалирования детерминированных видов отказов над случайными [15].

Библиографический список

1. Руководство по управлению безопасностью полётов (РУБП), DOC9859, AN/474, ИКАО, 2009, изд.2.
2. Certification Specifications for Engines. CS-E. EASA. ED Decision 2003/9/RM/24.10.2003.
3. Авиационные правила. Часть 33. Нормы летной годности двигателей воздушных судов – М.: МАК, 2012. 54с.
4. Moubray J. Reliability – centered Maintenance. 2nd rev. – Industrial Press, 2001. 448 p.
5. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций.- М: Машиностроение, 1984. 312с.
6. Свидетельство FIP № 12-378 от 20.02.2012 о регистрации ОИС. Анализ технических рисков. Типовой план программы обеспечения безопасности полётов ГТД гражданской авиации разработки ОАО «НПО «Сатурн». Тип ОИС: Производство науки (служебное). Правообладатель ПАО НПО «Сатурн». Авторы: С.В. Сарычев, А.А. Охотников.
7. Сарычев С.В., Кожина Т.Д. Оценка технических рисков системы безопасности полётов при проектировании и серийной эксплуатации ГТД. III МТФ Инновации. Технологии. Производство. Мини-конгресс ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, 4-6 апреля 2016 г. Рыбинск: Сборник материалов. С.25-34.
8. Сарычев С.В., Кожина Т.Д. Технологический форсайт. Методология прогнозирования технических рисков авиационных и промышленных ГТД. II МТФ «Инновации. Технологии. Производство». 23-25 марта 2015, г. Рыбинск. Программа Форума. Секция 4. с.53 (С.16). www.itp-forum.ru.
9. Сарычев С.В., Шепель В.Т., Кузнецов С.П. Основы методологии управления конфигурацией авиационных ГТД и классификации его деталей по степени критичности. Вестник двигателестроения. Запорожье. №2 2005, ISSN 1727-0219. С.20-25.
10. RU 2474804C1. Патент РФ на изобретение № 2474804 от 10.02.2013. Способ доводки двигателя. Правообладатель ПАО НПО «Сатурн». Авторы: С.В. Сарычев, А.А. Охотников.
11. Свидетельство FIP № 11-359 от 11.10.2011 о регистрации ОИС. Тип производство науки (служебное). Методика № 44-407713. Оценка наработки до отказа деталей группы особо ответственных на основе вейбуловой и вейбайесовой статистической модели. Оценка риска отказа. Статистическая модель отказа диска 1 ст. КНД двигателей Д-30КУ/КП/КУ-154. Ред.1, ОАО «НПО «Сатурн» - ЦИАМ, Рыбинск, 2009. Правообладатель ПАО НПО «Сатурн». Авторы: С.В. Сарычев, А.А. Охотников, А.О. Костенко.
12. Dec. # 2003/1/RM, 17.10.2003 EASA (“AMC and GM to Part 21”). AMC and GM to Part 21. Acceptable Means of Compliance and Guidance Material for the airworthiness and environmental certification of aircraft and related products, parts and appliances, as well as for the certification of design and production organizations.
13. Сарычев С.В., Логинова Н.Г., Охотников А.А. К вопросу о сопровождении безотказности парка ГТД при реализации методологии RCM. ВНТК «Авиадвигатели XXI века». Москва 24-27 ноября 2015 г. Сборник тезисов докладов. – М.: ЦИАМ, 2015. – С. 529-530.
14. Свидетельство FIP № 16-582 от 09.02.2016 о регистрации ОИС. Тип производство науки (служебное). Методика № 111/011-АГТД-ПМ-117/2015. Оценка уровня безотказности парка маршевых авиационных ГТД на этапе установившейся серийной эксплуатации при малых значениях эксплуатационных данных по надежности. Правообладатель ПАО НПО «Сатурн». Авторы: С.В. Сарычев, Н.Г. Логинова.
15. Сарычев С.В., Логинова Н.Г., Сарычев К.С. К вопросу об эксплуатационной долговечности парка авиационных ГТД. Наука и технологии. Материалы XXXIV Всероссийской конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика В.П. Макеева. Том 3. - М.: РАН, 2014. С. 65 – 71.