

УДК 629.7.05

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ

©2012 Н. В. Чекрыжев, А. Н. Коптев

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)

В статье рассматриваются принципы качественного подхода к перспективному методу проактивного обслуживания сложных систем бортового оборудования авиационной техники.

Безопасность полётов, управление рисками, развитие отказа, проактивное техническое обслуживание.

За последние 30 лет главной задачей развития авиационно-транспортной системы является поиск новых подходов в решении проблемы повышения безопасности полётов воздушных судов (ВС).

Очевидно, что традиционная ретроактивная (Reactive) идеология профилактики авиационных событий, построенная на строгом соблюдении нормативных требований и внедрении профилактических рекомендаций, разработанных по результатам расследования происшедших событий, себя исчерпала [1].

Поэтому ИКАО разработала принципиально новую идеологию профилактики авиационных происшествий и инцидентов, названную «управление безопасностью полётов».

Новая идеология предотвращения авиационных происшествий (АП) и инцидентов предполагает создание в авиакомпании системы управления безопасностью полетов (СУБП), которая:

- выявляет фактические и потенциальные угрозы безопасности;
- гарантирует принятие корректирующих мер, необходимых для уменьшения факторов риска/опасности;
- обеспечивает непрерывный мониторинг и регулярную оценку достигнутого уровня безопасности полётов.

СУБП акцентирована не на ожидании негативного события, а на выявлении

опасных факторов в авиационной системе, которые ещё не проявились, но могут стать причиной инцидентов, аварий и катастроф. Такой подход в профилактике авиационных происшествий получил наименование «проактивный» (Proactive).

По сути, проактивное обслуживание предполагает тот же реагирующий подход, как и обслуживание по состоянию с контролем параметров (ТЭП), но в качестве диагностических признаков выбираются такие параметры системы, наблюдение которых позволяет контролировать глубинные причины деградации факторов стабильности системы (рис. 1).

Накопленный опыт расследования авиационных событий показал, что каждое из них было обусловлено воздействием нескольких причин, которые долгое время скрывались в виде недостатков (опасных факторов или факторов риска) компонентов авиационной системы.

Пять базовых структурных элементов концепции безопасности полётов лежат в основе модели Ризона (рис. 2).

Меры по обеспечению безопасности полётов должны быть направлены на контроль за организационными процессами, содержащими скрытые условия в виде недостатков в конструкции оборудования, упущения в подготовке персонала и т.п., а также для улучшения условий на рабочем месте.

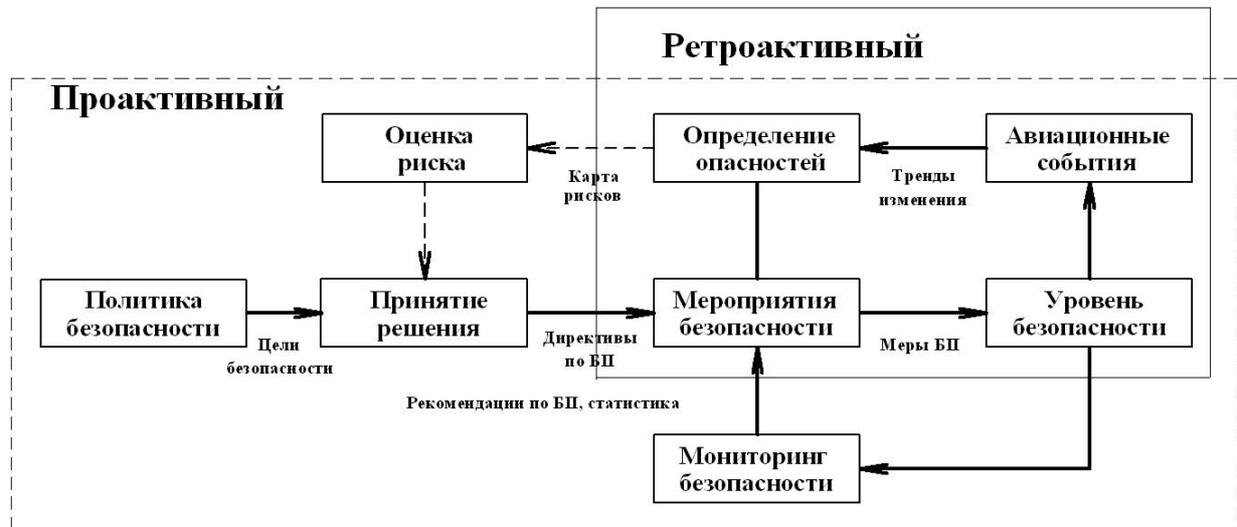


Рис. 1. Структура проактивного обслуживания

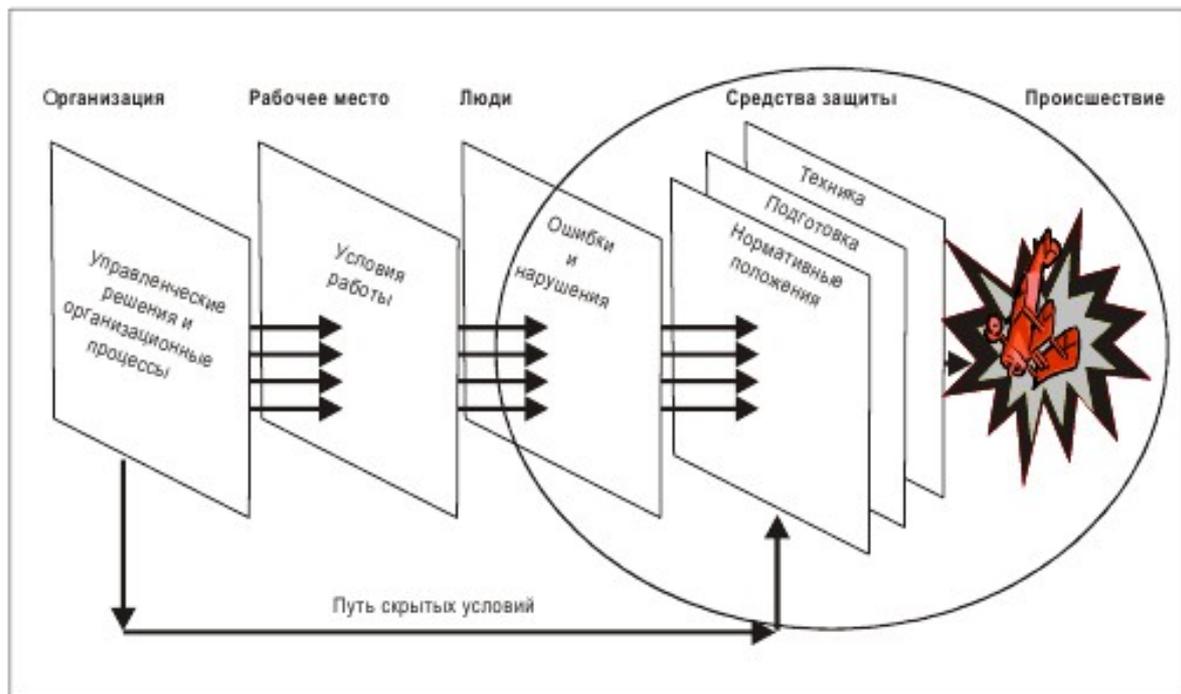


Рис. 2. Модель Ризона

Инструментом для анализа компонентов и особенностей эксплуатационных контекстов и их возможных взаимодействий с людьми является модель SHEL(L) (рис. 3), призванная дать общее представление о взаимосвязи индивидуумов с компонентами и особенностями рабочего места [2].

Рассмотренные выше стратегии и методы технического обслуживания авиационной техники направлены на устранение в основном очевидных неисправностей и отказов изделий функциональных систем (ФС) ВС.

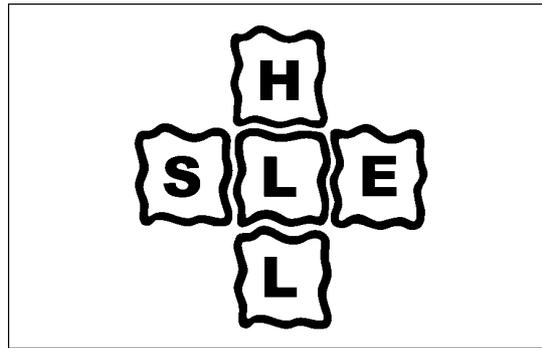


Рис. 3. Модель SHEL(L)

Накопленный опыт и практика расследования авиационных событий доказывают, что наличие любого скрытого недостатка в системе в виде опасного фактора или фактора риска может привести при определённых условиях к трансформации его в причину, которая и обуславливает последующее негативное событие.

Поэтому ИКАО предложила изменить содержание профилактических работ модели обеспечения безопасности полётов (ОБП) на проведение целенаправленной работы по выявлению и устранению

опасных факторов в каждом компоненте авиационной системы [1] модели управления безопасностью полетов (УБП) (рис. 4).

При внедрении управления БП (УБП) содержание профилактической работы определяется опасными факторами (ОФ) компонентов авиационной системы. Поэтому в соответствии с проактивным подходом в авиакомпаниях разрабатываются специальные методики, предназначенные для оценки степени риска прогнозируемых событий.

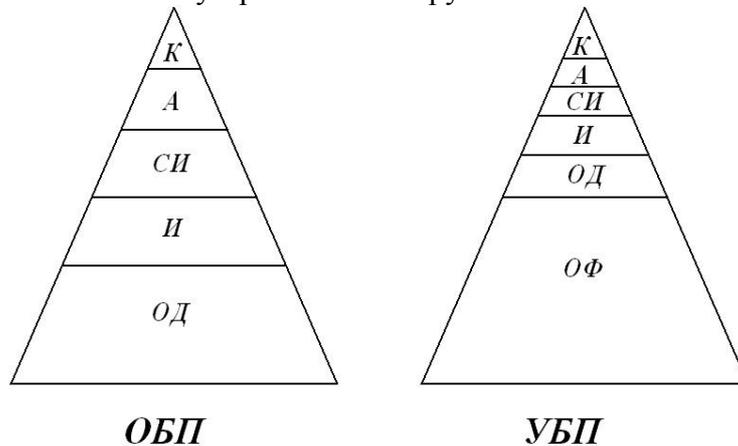


Рис. 4. Модели обеспечения (ОБП) и управления (УБП) безопасностью полетов: ОД – ошибочные действия, ОФ – опасные факторы, И – инциденты, СИ – серьезные инциденты, А – аварии, К – катастрофы

Практическая основа управления безопасностью – это управление рисками, методика которого изложена в «Программе управления рисками в отношении безопасности полётов». Переход от обеспечения (ОБП) к управлению безопасностью полётов (УБП) на практике означает проведение профилактических работ до развития авиационного события путём выявления и устранения источников

опасности (факторов риска) во всех компонентах авиационной системы.

В настоящее время расходы на техническое обслуживание составляют от 12 до 18% от прямых эксплуатационных расходов.

В соответствии с требованиями ИКАО на сегодняшний день одним из перспективных является метод упреждающего (проактивного) технического

обслуживания (Proactive Maintenance), основанный на использовании технологии прогнозирующего анализа (Predictive Analytics) компании Macsea.

Основанная на сборе и обработке информации технология позволяет прогнозировать дальнейшее развитие событий, реализована в пакете Macsea Dexter, который может осуществлять автоматический мониторинг и диагностику состояния любого оборудования. Система производит непрерывный анализ и обработку данных, оповещая оператора о появившихся или возможных проблемах, анализирует работу каждого компонента оборудования в реальном времени и прогнозирует его состояние и производительность в будущем [3].

По данным российской компании «Практическая Механика» при внедрении проактивного технического обслуживания время плановых остановов составляет не более 10% от общего времени работы оборудования, а среднее время между отказами по причине выхода из строя оборудования существенно увеличивается. По данным статистики прямые затраты на ТО при внеплановых ремонтах в 1,5 – 3 раза больше, чем при плановых, треть работ планово-предупредительных работ являются лишними, четверть запасных частей для ремонта лежит на складе без движения более двух лет.

Исследования компании Emerson Process Management показывают, что расходы на профилактическое обслуживание будут в 5 раз выше, а на обслуживание при необходимости - в 15 раз выше, чем в случае упреждающего подхода.

Основным направлением повышения эффективности работы авиакомпаний является увеличение налёта часов и снижение себестоимости единицы транспортной продукции.

Применение метода упреждающего обслуживания сокращает время вынужденных простоев ВС на техническом обслуживании (ТО), материальные и человеческие ресурсы, что повышает рентабельность авиакомпании.

Встроенные бортовые устройства регистрации информации самолётов последнего поколения позволяют получить дополнительные данные результатов диагностирования состояния и работы функциональных систем ВС вне аэропорта базирования, что повышает вероятность определения источника опасности (отказа) и уменьшает потребность в непосредственном осмотре оборудования.

В среднем незапланированное время простоя для типичного технологического процесса может стоить 1-3% дохода и 30-40% прибыли в год.

Мониторинг состояния ФС позволяет проводить ТО только тех изделий, которые этого требуют. Следовательно снижается общая трудоёмкость процедур технологического процесса, сокращаются расходы на материалы и объёмы запасного оборудования и сопутствующие затраты на его содержание, которые могут составлять 25% стоимости.

В процессе эксплуатации ВС его узлы и агрегаты подвергаются постоянному воздействию эксплуатационных факторов, влияющих на их техническое состояние, структурные параметры элементов изменяются, упорядоченность системы в целом и её функциональные качества ухудшаются, деградируют.

Работы теории старения машин Хрушова М. М., Зайцева А. К., Дьячкова А. К., Конвисарова Д. В. не дают полного анализа реального фактического состояния системы в целом, т.к. не учитывают случайного характера внешнего изменения условий работы отдельных её деталей и узлов (закономерностей ухудшения условий смазки во времени, нарушения регулировок в эксплуатации и т.д.) и не рассматривают работу изделий в комплексе.

Решение проблемы повышения надёжности ФС может быть получено только при комплексном подходе, предполагающем охват всех этапов эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла ВС.

Анализ надёжности функциональных систем ВС показывает, что большин-

ство эксплуатационных отказов носит постепенный характер, и связано это с нарастающим старением изделий системы [4].

Информацию о нарастающем старении систем можно получить из рассмотрения динамики некоторых определяющих параметров, как, например, количественная оценка механического износа элемента конструкции, расхода топлива, напряжения пружины, повышения вибрации вращающихся деталей; технологические и режимные параметры (температу-

ра, нагрузка, давление, влажность и др.); частицы износа в смазке и т.д.

Условия использования, приводящие к отклонению в параметрах источника отказа (условный отказ), вызывают разрушение материала объекта системы (начинающийся отказ), что является прямой причиной сбоев в работе (надвигающийся отказ), а это, в свою очередь, приводит к состоянию нарушения функционирования системы (крутому или катастрофическому отказу), как показано на рис. 5 [5].

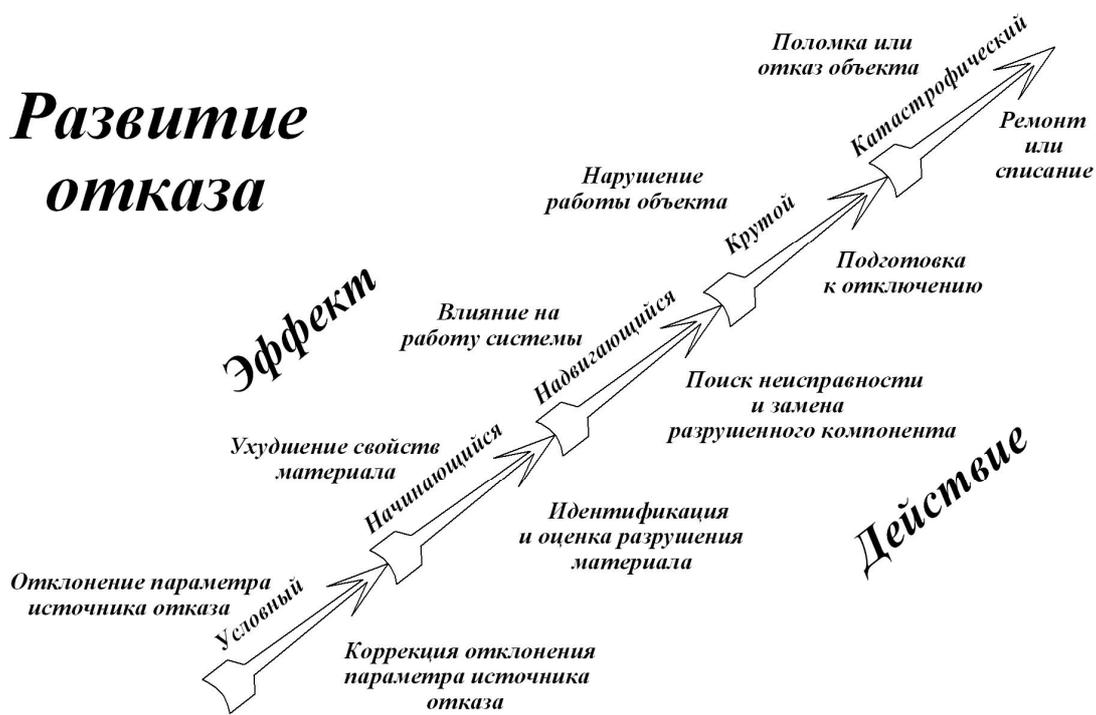


Рис. 5. Схема развития отказа

Идея проактивного технического обслуживания оборудования заключается в обеспечении максимально возможного межремонтного срока эксплуатации оборудования за счет применения современных технологий обнаружения и подавления источников отказов.

Основой проактивного технического обслуживания являются:

- идентификация и устранение источников повторяющихся проблем, приводящих к сокращению межремонтного интервала объекта;

- устранение или значительное снижение факторов, отрицательно влияющих на межремонтный интервал или срок эксплуатации объекта;

- распознавание состояния объекта с целью проверки отсутствия признаков дефектов, уменьшающих межремонтный интервал;

- увеличение межремонтного интервала и срока эксплуатации объекта за счет проведения монтажных, наладочных и ремонтных работ в точном соответствии с техническими условиями и регламентом.

По сути, проактивное обслуживание предполагает тот же реагирующий подход, как и обслуживание по состоянию с контролем параметров, но в качестве диагностических признаков выбираются такие параметры системы, наблюдение которых даёт возможность контролировать глубинные причины деградации факторов стабильности системы. Мониторинг изменения свойств материала на ранних стадиях отклонения параметра источника отказа позволяет путём предупредительного обслуживания данного источника предот-

вратить дальнейшую деградацию системы в целом.

Характерные качественные особенности влияния различных подходов к техническому обслуживанию на процесс эксплуатации и межремонтные интервалы исследуемого объекта проиллюстрированы на рис. 6.

Кривая 1 (С₀З) соответствует изменению состояния объекта эксплуатации при реактивном обслуживании (РО). Точка З соответствует поломке или отказу объекта или выработке ресурса, что предопределяет его замену или ремонт.

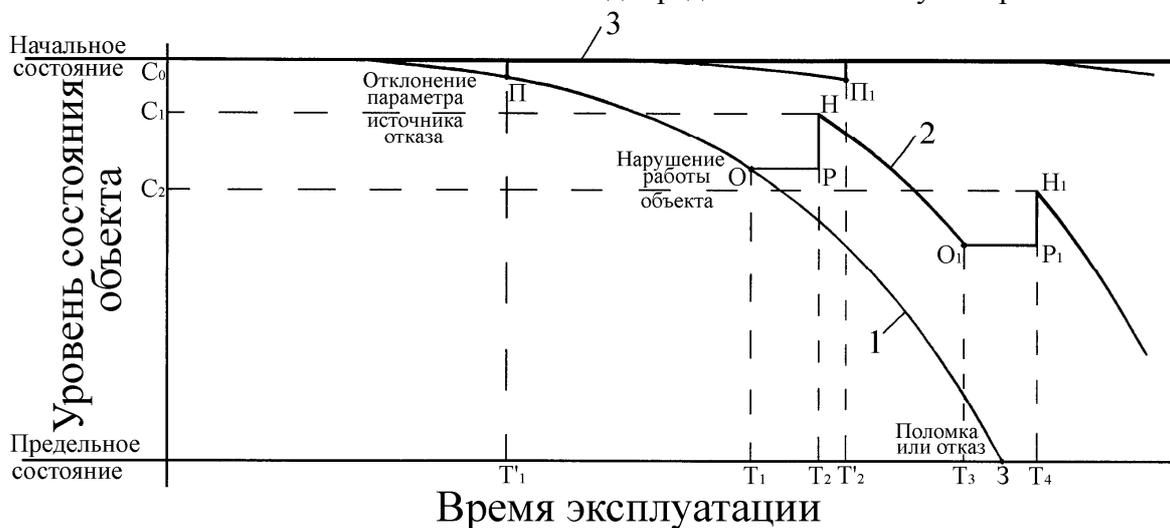


Рис. 6. Зависимость уровня технического состояния объекта от времени эксплуатации при различных видах обслуживания:

1 – реактивное обслуживание (РО), 2 – обслуживание по состоянию (ОС),
3 – проактивное обслуживание (ПО)

График 2 характеризует эксплуатацию объекта при обслуживании по состоянию (ОС) и состоит из трёх участков. Кривая С₀О соответствует изменению параметров объекта эксплуатации до достижения ими предельной величины в точке О. Горизонтальный участок ОР отражает время ремонта, а вертикальная линия РН – повышение уровня рабочего состояния объекта до величины С₁. При этом время развития последующих отказов до ремонта в диапазоне от Т₁ до Т₂, Т₃ и т.д. в среднем уменьшается, а начальный уровень состояния после проведения ремонта уже не достигает начального (С₁ < С₀), так как отказы одних агрегатов системы оказы-

вают отрицательное влияние на работоспособность остальных.

График 3 характеризует эксплуатацию объекта при проактивном обслуживании (ПО). Как было отмечено выше, данный вид обслуживания является следующей ступенью развития метода ОС, поэтому общий вид зависимости 3 аналогичен графику 2. Точка П соответствует отклонению параметра источника отказа от нормы.

Горизонтальный участок отсутствует, т.к. корректировка состояния объекта до начального уровня С₀, связанная с устранением глубинных причин отказов, как

правило, не требует временного выхода объекта из эксплуатации.

Данный рисунок наглядно отражает преимущества упреждающего подхода к ТО, основным из которых является отсутствие периодов вынужденного простоя объектов ТО, обусловленного ремонтом. Поэтому с некоторой долей идеализации для проактивного технического обслуживания характерен постоянный, не зависящий от времени эксплуатации уровень состояния S_0 "вечного" агрегата, срок службы которого поддерживается путём систематического устранения источников дефектов, приводящих к преждевременному выходу его из строя.

По данным независимых опросов, средние показатели производственной экономии, достигнутые благодаря применению упреждающего подхода, составляют: рентабельность инвестиций – десятикратная, сокращение расходов на обслуживание – 25-30%, сокращение количества аварий – 70-75%, уменьшение времени простоя – 35-45%, увеличение производительности – 20-25%.

В связи с этим можно ожидать значительного эффекта от внедрения упреж-

дающего подхода к ТО функциональных систем ВС, в том числе и увеличения сроков их эксплуатации.

Библиографический список

1. Doc. 9859 – AN/474. Руководство по управлению безопасностью полетов [Текст]. – ИКАО. - 2009.
2. Doc. 9859 – AN/460. Руководство по управлению безопасностью полетов [Текст]. – ИКАО. - 2006.
3. Хоске, М. Заботимся о «здоровье» оборудования [Текст] / М. Хоске // Control Engineering. - Россия. - Июль, 2006. - С.12-18.
4. Александровская, Л. Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем [Текст] / Л. Н. Александровская, А. П. Афанасьев, А. А. Лисов. – М.: Логос, 2001. – 208 с.
5. Fitch, E.C. Extending Component Service Life Through Proactive Maintenance / E.C. Fitch // An FES/BarDyne Technology Transfer Publication #2. Tribolics, Inc., 1998.

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF METHODS OF MAINTENANCE OF COMPLEX SYSTEMS OF AIRBORNE EQUIPMENT COMPLEX

© 2012 N. V. Chekrizhev, A. N. Koptev

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov
(National Research University)

The paper deals with the principles of a qualitative approach to a perspective method of proactive maintenance for complex systems of aircraft on-board equipment.

Flight safety, management of risks, development of failure (refusal), proactive maintenance.

Информация об авторах

Чекрыжев Николай Викторович, доцент кафедры эксплуатации авиационной техники, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: samaranik@yandex.ru. Область научных интересов: контроль и испытания ЛА и их систем.

Коптев Анатолий Никитович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации авиационной техники, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: eat@ssau.ru. Область научных интересов: контроль и испытания ЛА и их систем.

Nikolay Chekrizhev, associate professor of the aircraft maintenance department, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: samaranik@yandex.ru. Area of research: Control and testing of aircraft and their systems.

Anatoliy Koptev, doctor of technical sciences, professor, head of the aircraft maintenance department, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: eat@ssau.ru. Area of research: Control and testing of aircraft and their systems.