

(Слайд 1) Здравствуйте, уважаемые члены аттестационной комиссии! Тема моей ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ (ПРОЕКТА) – «Совершенствование методов расчета надежности функциональных систем самолетов гражданской авиации».

(Слайд 2) Цель – исследование методов расчета надежности функциональных систем самолетов гражданской авиации и способы их совершенствования.

Достижению цели способствовали задачи исследования, представленные на слайде презентации.

(Слайд 3) В настоящее время в традиционно сложившейся системе оценок надежности авиационной техники гражданской авиации (ГА) используются косвенные показатели оценки надежности. Численность аэродромов остается в 1,5 раза меньше, чем была в 2000 году. В то же время продолжают работы по реконструкции, аэродромной сети, что приводит к повышению качества аэропортового обслуживания. Количество перевезенных пассажиров и пассажирооборот российских авиакомпаний в 1995–2016 гг. по итогам 2016 г. уменьшилось на 3,8 % по сравнению с 2015 г. и составило 88,6 млн пассажиров. Пассажирооборот сократился на 5,1 % до 215,3 млрд.пасс.-км. Такое сокращение объемов работы обусловлено, в первую очередь, продолжавшимся в течение первых трех кварталов масштабным снижением международных перевозок, которые по итогам девяти месяцев 2016 г. уменьшились почти на 15 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года при фактической стагнации внутренних перевозок.

(Слайд 4) Функциональные системы самолетов состоят из большого числа агрегатов и комплектующих изделий, имеющих частичное и полное резервирование. Их влияние на безопасность полетов весьма значительна. В таблице на слайде приведено распределение доли отказов только из-за конструктивно-производственных недостатков по различным функциональным системам для отечественных самолетов приведших к предпосылкам к авиапроисшествиям. Следует иметь в виду, что, из-за архитектурной сложности, поиск отказов функциональных систем и их устранение сопряжено с существенными потерями времени и средств.

(Слайд 5) В среднем по всем типам самолетов доля отказов выявленных в полете составляет 44,3 %, а при оперативном техническом обслуживании 22,3 %. В первом случае отказы уменьшают безопасность полетов, во втором — их устранение сопровождается задержками рейсов и большими экономическими потерями. Естественно, что на функциональных системах самолетов в целом отражаются определенным образом и процессы старения и воздействия временных и циклических нагрузок. Приступая к изложению результатов исследования по проблеме, следует обратить

внимание на вопросы системного, терминологического и понятийного порядка, затрудняющие как решение поставленной задачи, так и обеспечение анализа надежности и безопасности полетов самолетов в практике их эксплуатации.

(Слайд 6) **Оперативный** - по ежедневной и ежемесячной информации. **Периодический** - по данным за квартал, полугодие и год. Обработка информации при оперативной оценке уровня надежности представляет собой, как правило, качественный анализ, а при периодической - количественный и качественный анализ надежности агрегатов, систем и ЛА в целом. **Качественный** анализ надежности АТ имеет целью определение причин отказов, неисправностей и повреждений, степени их влияния на работоспособность изделий и систем, а также последствий, к которым они могут привести. Результатом анализа должны быть конкретные предложения и мероприятия по предупреждению отказов, неисправностей и повреждений авиационной техники. По результатам качественного анализа можно судить о возможности изменения периодичности ТО. **Количественный** анализ позволяет определить фактический уровень надежности по показателям, вычисляемым по математическим зависимостям. Для этого используется установленная нормативными документами номенклатура ее показателей, их фактические, нормативные и контрольные значения. При статистическом анализе надежности сравнивают фактические значения показателей надежности с нормативными или контрольными, определяя влияние эксплуатационных факторов на динамику технического состояния АТ и ее надежности. **Технико-экономический** анализ надежности АТ имеет целую оценку экономических последствий отказов, неисправностей и повреждений, уменьшение соответствующих материальных и финансовых потерь, обоснование имущественных и иных претензий к поставщикам АТ, определение приемлемых условий приобретения и использования АТ и т. п.

(Слайд 7) Проведение анализа надежности АТ должно быть направлено:

- на выявление эксплуатационных недостатков, которые могут быть устранены эксплуатантом самостоятельно;
- на выявление недостатков конструктивно-производственного происхождения, по которым необходимо предъявлять требования разработчикам, изготовителям и поставщикам авиационной техники;
- на выявление недостатков ЭД и используемых при эксплуатации АТ наземных технических средств;
- на определение экономических последствий недостатков АТ, связанных с надежностью;
- на определение эффективности проводимых мероприятий по устранению недостатков АТ и ее эксплуатации, по обеспечению и повышению надежности всего комплекса объектов АТ и вспомогательных технических средств.

(Слайд 8) Во второй главе диплома показана некорректность построения и неприемлемость использования в качестве математической модели вероятности отказа агрегата-экспоненциального распределения. Рассмотрим процедуру построение математической модели вероятности отказа агрегата. Будем считать поток событий редким и простейшим, т.е. удовлетворяющим условиям ординарности, стационарности и отсутствия последействия, накладываемым на пуассоновский поток. Положим, что события реализуются через равные интервалы времени T . Тогда вероятность отказа (появления первого события) при $t \leq T$ выразится как

$$q(t) = t/T.$$

Перейдем вновь к Пуассоновскому потоку событий, зафиксированных на оси t . Для такого потока среднее значение T — величина обратная λ . Тогда предыдущая формула примет вид:

$$q(t) = \lambda \cdot t$$

Таким образом, для построения математической модели вероятности отказа агрегата предлагается использовать распределение с равномерной плотностью вероятности, как наиболее полно отвечающее условиям ординарности, стационарности и отсутствия последействия, наложенных Пуассоном на редкий поток событий.

(Слайд 9) Причина некорректности традиционно используемых методов расчета надежности систем заключается в подмене понятий, допущенной при использовании теоремы умножения вероятностей. Предлагается альтернативный подход к расчету надежности сложных систем, когда задача расчета надежности решается относительно вероятности отказа системы за единицу времени, например, за 1 час полета, как того требуют Нормы летной годности самолетов. Вероятность отказа системы за 1 час полета является дискретным событием. Рассмотрим альтернативный подход. Для этого положим время в формуле $t=1$ час ($q(t) = \omega \cdot 1 = \omega_1$), и определим по альтернативной методике вероятность отказа тестовой системы при общем резервировании в виде:

$$Q_{\text{ал.общ}}(1) = [1 - (1 - q(1))^4]^4 = [1 - (1 - \omega_1)^4]^4$$

Процедуру альтернативного определения вероятности отказа системы на отрезке τ начнем с того, что примем для математической модели надежности агрегатов функциональных систем, известное распределение с равномерной плотностью вероятности, представленной на рисунке, а параметр потока отказов ω постоянны.

(Слайд 10) Параметр потока отказов — величина обратная средней наработке на отказ, т. е. имеет место равенство

$\omega = 1/T_{\text{ср}}$. вероятность отказа агрегата на интервале τ , принятом за единицу времени будет иметь вид $q(\tau) = \omega \cdot \tau$ и вероятность отказа системы при общем резервировании будет $Q_{\text{ал.общ}}(1) = [1 - (1 - q(1))^4]^4 = [1 - (1 - \omega \cdot \tau)^4]^4$.

Так, рассмотренная в работе система в соответствии с традиционным подходом на отрезке t протяженностью 1000 часов имеет вероятность отказа равную:

- 0,014 в диапазоне времени 0 ч ÷ 1000 часов;
- 0,2 в диапазоне времени 4000 ч ÷ 5000 часов;
- 0,0256 в диапазоне времени 7000 ч ÷ 8000 часов;
- 0,0004 в диапазоне времени 9000 ч ÷ 10000 часов.

Таким образом, интегральная функция вероятности отказа системы теряет смысл как оценка надежности. С точки зрения предлагаемого метода, правомерным является определение вероятностей отказа системы на определенных отрезках времени t , значения которых остаются независимыми от начала отсчета времени.

(Слайд 11) Результаты и выводы

1. Показано, что математической моделью вероятности отказа для агрегатов, потоки отказов которых удовлетворяют условиям ординарности, стационарности и отсутствия последствия, является распределение с равномерной плотностью вероятности.

2. Показана некорректность использования теоремы умножения вероятностей, предусматривающей операции умножения вероятностей дискретных событий.

3. В разделе применен метод расчета надежности систем с общим резервированием. Показано, что единственно возможной оценкой надежности сложной системы является решение относительно вероятности ее отказа на произвольном, но дискретном отрезке времени t .

4. Показано, что традиционно применяемый метод расчета систем с индивидуальным (раздельным) резервированием, не учитывает возможных путей (сценариев) развития отказов в системе и неадекватно определяет их надежность.

5. Показано, что традиционно применяемый метод расчета систем, не учитывающий различных сценариев развития отказов в системе, может быть использован только для расчета систем с единственно возможным сценарием развития отказа в системе.

6. Применен метод расчета надежности систем с индивидуальным резервированием. Показано, что индивидуальное резервирование приводит к повышению надежности систем и недостаточно используется в технике.

7. Показано, что для обеспечения сходимости расчетных значений надежности агрегатов и систем со значениями, определяемыми эксплуатационной статистикой, необходимо испытания агрегатов проводить по программам соответствующим режимам их технической эксплуатации и технического обслуживания.

(Слайд 12) Таким образом, Цель работы достигнута.

Спасибо за внимание! Доклад окончен.