

## НАДЕЖНОСТЬ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА

д. т. н. Ю. В. Попов  
(МАК)

*В статье обсуждаются основные понятия теории безопасности и параметрической надежности, являющиеся методологическими основами для решения указанных задач. Рассмотрен вопрос о роли оценки рисков. Приведены сведения об опыте законодательного регулирования деятельности по обеспечению безопасности. Перечислены расчеты, направленные на обеспечения безопасности полетов.*

При конструировании воздушных судов (ВС) предсказание надежности нередко ведется в условиях неопределенности: отсутствуют в надлежащем количестве данные, возможность учета человеческого фактора, разрабатываемые модели противоречивы.

Надежность и безопасность полетов оказывает непосредственное влияние на величину затрат. Эти затраты связаны с гарантийным обслуживанием, организацией технической эксплуатации и ремонта, выработкой регулирующих мер, штрафами и компенсациями, обусловленные эксплуатацией некачественной техникой и авиационным происшествием.

Надежность и безопасность полетов ВС зависит от его конструкции, технологии изготовления, качества в процессе производства и методов эксплуатации. При проектировании ВС устанавливают предельную границу надежности и степень безопасности полетов. В процессе изготовления уровень надежности и безопасности полетов, который был задан тактико-техническим заданием на ВС, не выдерживается.

На стадии разработки конструкции эффективный количественный анализ может быть проведен только для отдельных деталей, компонентов и материалов. На его основе благодаря применению принципов логики и математических методов могут быть сделаны определенные выводы в отношении ВС, однако количественная оценка может быть получена только в процессе испытаний и эксплуатации готового изделия.

Прогнозирование показателей надежности и безопасности полетов на этапе проектирования позволяет выявить слабые места в конструкции и оборудовании ВС. Анализ конструкции и оборудования ВС является важнейшим элементом процесса прогнозирования. Для этого анализа следует использовать все доступные источники информации, которые позволяют оценить надежность и безопасность полетов. Прогнозирование надежности и безопасности полетов представляет собой процесс определения состояния ВС на этапе эксплуатации. Прогнозирование основано на применении методов экстраполяции явлений на будущее время по известным результатам наблюдений за соответствующими показателями [1].

Если изделие новое и часть элементов используется в нем впервые, то следует иметь данные об их поведении в аналогичных условиях использования в других изделиях и на основе их экстраполяции определить ожидаемую частоту отказов с учетом ожидаемых нагрузок.

Другим источником информации являются архивные данные о частоте отказов компонентов определенного типа. Такие архивы существуют и на базе этих данных можно приближенно оценить ожидаемую частоту отказов для проектируемого ВС.

Менее надежным методом является метод экстраполяции показателей надежности каких-то компонентов по данным для других компонентов, имеющих сходные характеристики и условия старения. Такого рода подход требует тщательного изучения природы поведения компонентов и материалов. В принципе, возможно также определить ожидаемую частоту отказов на базе анализа физических и химических процессов,

порождающих отказ. Анализом физики и природы отказов занимаются давно, наибольшие успехи достигнуты в отношении электронных устройств, однако подобные исследования пока еще носят ограниченный характер. Что касается природы механических отказов, то здесь не продвинулись дальше исследования усталости и износа.

Данные из всех этих источников характеризуются неопределенностью. В большинстве случаев они получены на базе выборок ограниченного объема. Заключение, принятое на базе модели процессов ограниченного применения, вводит дополнительную неопределенность. Даже для стандартных компонентов расхождения характеристик в компонентах разных партий или в компонентах, приобретенных у разных поставщиков, вносят существенные изменения в частоту отказов. Благодаря тому, что в расчете частоты отказов каждого компонента берут средние величины, неопределенность в отношении целого узла, блока или изделия имеет тенденцию к уменьшению.

Для расчета надежности используются блок-диаграммы, широко применяются такие формальные методы, как анализ типов отказов и их последствий и анализ методом «дерева ошибок». Результатом расчетов являются логические диаграммы, которые могут быть трансформированы в количественные модели непосредственно или с помощью булевой алгебры. Этот метод также удобен, когда необходимо рассмотреть несколько возможных ситуаций возникновения отказов с разной степенью серьезности последствий, что особенно важно при оценке уровня безопасности полетов.

Согласно Федеральному закону «О техническом регулировании» государство отвечает за безопасность продукции и процессов [2]. При этом техническое регулирование рассматривается как правовое управление в области установления и применения обязательных и добровольных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации. В Законе безопасность определяется как отсутствие недопустимого риска. Причем риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда. Риск и связанная с ним неопределенность постоянно окружают нас в реальной действительности. Поэтому мы интуитивно понимаем смысл этого понятия без дополнительного объяснения.

При проектировании и эксплуатации ВС все мероприятия направлены на достижение поставленной цели - надежность и безопасность полетов. Процесс движения к цели базируется на реализации принимаемых решений и осуществляется по сформулированным планам и замыслам. Объективно существуют неустранимая неопределенность, которая оказывает на получение количественных оценок надежности и безопасности полетов. Понятие «риск» характеризует возможность отклонения от намеченной цели. Анализ рисков при проектировании и эксплуатации позволяет не только изучать, но, в ряде случаев, количественно измерить случившиеся отклонения от намеченной цели и на основе полученных результатов предложить изменения, которые компенсируют указанные отклонения.

Таким образом, принятие решений различного уровня (стратегических, тактических и оперативных) должно происходить на основе осознанного отношения к риску. Причем риск для участников авиационно-транспортной системы будет различным. Риск разработчика будет отличаться от риска производителя, а риск экипажа будет отличаться от риска пассажиров и организации, которая зафрахтовала ВС для перевозки груза.

Наличие риска предполагает необходимость выбора одного из возможных вариантов решений, в связи с чем в процессе их принятия анализируются все возможные альтернативы, выбираются наименее рискованные. В конкретных ситуациях риск обладает разным уровнем ущерба, и связанный с ним выбор альтернативы решается различным способом. В простейших ситуациях возможна ориентация на своеобразную экспертную оценку, ориентирующуюся на интуицию и прошлый опыт. Но необходимость

оптимального решения задачи при проектировании и эксплуатации требует использования специальных методов анализа и прогнозирования риска. Для выбора решений, связанных с риском необходимо выбрать объективные критерии.

Оценка рисков заключается в определении величины (степени) риска. В настоящее время у нас в стране нет целостной теории оценки рисков при проектировании и эксплуатации ВС. Возможно причины этого кроются в том, что всякая теория основывается на концепции, которая является обобщением практики.

В настоящее время в исследования, посвященных проблеме риска, встречается несколько подходов к определению критерия количественной оценки риска, главные из них следующие:

- статистический метод оценки;
- метод экспертных оценок;
- метода аналогий;
- комбинированный метод.

Лучше всего риск описывается его структурными характеристиками, а также некоторыми другими дополнительными параметрами. Классификация риска по структурным характеристикам заключается в следующем:

- степень опасности;
- подверженность риску;
- уязвимость к риску;
- взаимодействия с другими рисками.

По другим дополнительным параметрам риск классифицируется следующим образом:

- имеющаяся информация о риске;
- величина риска;
- расходы, связанные с риском.

Критерий классификации по характеру опасности базируется на следующих положениях [3]:

- тип объекта;
- причина ущерба;
- негативные последствия.

Как тип объекта авиационно-транспортная система подвержена риску. Причем риски связаны с собственностью, с доходами, с пассажирами и экипажем. Все эти риски выражаются в денежной форме. Риски, связанные с собственностью и доходами, оцениваются на основе реальной стоимости. Риск, связанный с пассажирами и экипажем, оценивается в денежной форме согласно закону или постановлениям.

В соответствии с законом «О техническом регулировании» основными элементами технического регулирования являются нормирование требований, обеспечивающих безопасность, и подтверждение соответствия продукции установленным требованиям. В решении этой проблемы очень велика роль государственного регулирования деятельности руководителей авиационно-транспортных систем. Цель разрабатываемых технических регламентов – формирование у руководителей чувства ответственности за безопасность. Для этого на каждом жизненного цикла ВС руководитель (владелец) должен представить доказательства безопасности конкретного ВС, экипажа и что они соответствуют требованиям и нормам. Только в этом случае руководитель (владелец) должен получать лицензию на дальнейшую деятельность. В табл. приведены критерии, применяемые в зарубежных странах. Международный опыт иллюстрирует эффективность таких мероприятий [4].

Таблица

| Страна         | Определение приемлемости надзорными органами   | Требуемое обоснование   | Использование количественных оценок риска   |
|----------------|--|---|---|
| 1              | 2  | 3   | 4   |
| Великобритания | Риск должен быть так низок, как практически возможно   | Доклад о деятельности, определенной нормативами СИМАН   | Предлагаемый риск серьезных аварий $10^{-4}$ 1/год на границе приемлемости  |
| Германия       | Должен удовлетворять техническим правилам и не причинять ущерб окружающей среде или значительный ущерб населению | Анализ безопасности последнего состояния технологии   | Только как часть анализа безопасности. Никакие количественные показатели не могут быть удовлетворительно определены         |
| Франция        | Реальное арбитражное просвещение   | Оценка технического риска и экономический анализ  | Риск неприемлемых последствий, который не должен превышать $10^{-6}$ 1/год, рассматривается скорее как цель, чем требование |
| Дания          | Требования выражены в общих терминах   | Должен быть приемлем для Комитета соответствующей организации   | Риск, не превышающий $10^{-6}$ 1/год, приемлем  |
| Нидерланды     | Опасность должна быть квалифицирована настолько точно, насколько возможно  | Доклад по безопасности должен быть одобрен надзорными органами и Рабочим советом. Пригодность операционного персонала должна быть оценена | Анализ в терминах теории вероятности. Обеспечиваемый максимальный приемлемый индивидуальный риск смерти $10^{-6}$ 1/год     |

Доклады (отчеты) о безопасности должны основываться на результатах анализа опасности и рисков появления опасных ситуаций и их последствий.

Руководитель с помощью расчетов, экспериментов, моделирования и т.п. должен доказывать, что принимаются эффективные меры по предотвращению крупных аварий и катастроф. Поэтому приходится постоянно думать о путях обеспечения безопасности.

Эффективным фактором повышения безопасности функционирования авиационно-транспортной системы должно быть требование: все финансовые потери от авиационных происшествий должны возмещаться исключительно за счет владельца предприятия.

Расчеты являются действенным фактором обеспечения безопасности [5]. К ним относятся расчеты:

- предпосылок к возникновению опасных ситуаций: безотказности технических объектов, безошибочности действий персонала, возможности появления дестабилизирующих внешних воздействий, надежности услуг;
- рисков появления опасных ситуаций и различных катастроф, аварий, поломок;
- условных вероятностей перехода опасных ситуаций в безопасные;
- возможных потерь из-за различных видов производственных происшествий;
- своевременности выполнения работ по устранению последствий производственных происшествий.

Перечень и содержание необходимых расчетов должен расширяться. Направленность этих расчетов на обеспечение безопасности полетов определяется рядом методических особенностей их проведения.

Основной категорией теории безопасности является «ущерб» (аналог термина «вред» в Федеральном законе «О техническом регулировании»), который является более конструктивным для проведения исследований в конкретной предметной области. Под ущербом понимается относительная характеристика состояния авиационно-транспортной системы, отражающая процесс ухудшения ее качества. Часть источников опасности действует в объектах непрерывно во времени, т.е. возможность причинения ущерба присутствует всегда, и, следовательно, неправомерно связывать безопасное состояние с полным отсутствием ущерба. Поэтому необходимо определить величину ущерба, до которой общество или по его поручению орган государственного контроля рассматривает состояние объекта как безопасное по соответствующему критерию. Для этой цели вводится понятие «приемлемый ущерб», а опасное состояние характеризуется превышением ущерба приемлемого уровня.

#### **Литература**

1. *Савенков М. В.* Автоматизация управления технической эксплуатацией авиационных систем. - М.: Транспорт, 1992. – 285 с.
2. *Афолина А. В., Курноскина О. Г., Мизюн Н. В.* Комментарии к Федеральному закону «О техническом регулировании». - М.: Издательство - торговая корпорация «Дашков К°», 2005. – 252 с.
3. *Чернова Г. В., Кудрявцев А. А.* Управление рисками – М.: ТК Велби, Изд-во Проект, 2005. – 160 с.
4. *Елохин А. Н., Ченоплеков А. Н.* Проблемы правового регулирования безопасности в промышленности // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1993, вып. 2. – С. 7-11.
5. *Дружинин Г. В.* О расчетах безопасности Функционирования технологических систем. // Надежность и контроль качества. 1997.