Разработка автомата надежности техники (обоснование регулирования стандартизации)

Николай И. Плотников, Научно-исследовательский проектный институт гражданской авиации «АвиаМенеджер», Российская федерация, Новосибирск
am@aviatm.org

Николай И.
Плотников

Резюме. Цель. В настоящей работе представлена разработка автомата надежности. Разработка является концептуальным описанием автомата как структуры терминов фиксированной сложности, показывающей непротиворечивые взаимосвязи и четкие переходы состояний надежности объекта. Описание структуры состояний автомата предполагает последующую разработку вычислительного устройства наблюдения надежности объектов любой природы. В отличие от стандарта, надежность определяется как совокупность состояний – мера соответствия назначению объекта. Назначение определяется как свойство объекта, обусловленное естественным происхождением существования или создаваемого проектируемого применения. В соответствии с данными определениями разработаны альтернативные определения состояний надежности. Наблюдение состояний надежности объекта возможно описать общим алгоритмом. Для постановки задачи используется теория автоматов. **Методы.** Автоматом надежности будем называть детерминированный, полностью определенный автомат с конечным числом состояний. В теории автоматов свойства объектов рассматривается в пребывании и изменении состояний. Состояния надежности изменяются в мерах нарушения и восстановления назначения объекта. Данные изменения можно представить как ориентированный граф, вершины которого соответствуют состояниям, а дуги соответствуют переходам между состояниями. Поскольку состояния восстановления надежности являются детерминированными, их можно представить как процессы – планируемые, состоящие из работ, мероприятий, процедур, операций. Состояния нарушения надежности являются случайными, поэтому их можно рассматривать как события. Таким образом, наблюдение свойства назначения объекта осуществляется при наблюдении состояний надежности, которые меняются в событиях и процессах. Для описания автомата используются термины и символы стандартов и альтернативные определения состояний, разработанные автором настоящей работы. При соответствующей переработке стандартов должны использоваться другие термины. Работа автомата надежности отображает переходы и варианты переходов. Восстановление проектируется как заверченный и частично незавершенные процессы: а) переход из неработоспособного состояния в работоспособное состояние; б) переход из неработоспособного состояния в исправное состояние; в) переход из неработоспособного состояния в исправное состояние. Выполненная работа реализована в разработке теоретической и практической надежности организаций, социальных групп и человека. В концепции автомата надежности представлена разработка технического проектирования экспертной системы поддержки принятия решений в летной эксплуатации авиакомпании. **Заключение.** Технические стандарты требуют предварительной гуманитарной проработки: философской, филологической, логической. Результатом исследований должны быть логические доказательства и обоснования совокупности согласованных, непротиворечивых онтологических терминов: свойство, состояние, событие и других. Комплекс данных результатов после того используется в технических стандартах для формирования и обоснования специальных терминов. Теоретически и практически обоснована возможность переноса отдельных положений современной теории надежности техники для разработки теории надежности объектов нечисловой природы.

Ключевые слова: надежность, терминология, стандартизация, регулирование, автомат надежности.

Для цитирования: Плотников Н.И. Разработка автомата надежности и практика (обоснование регулирования стандартизации) // Надежность. 2020. №4. С. 21-24. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2020-20-4-21-24>

Поступила 25.10.2019 г. / После доработки 20.05.2020 г. / К печати 18.12.2020 г.

1. Введение

В настоящей работе, в отличие от стандарта [1], надежность определяется как совокупность состояний, как мера соответствия назначению объекта. Назначение определяется как свойство объекта, обусловленное естественным происхождением существования или создаваемого проектируемого применения. В соответствии с данными определениями разработаны альтернативные определения состояний надежности.

Наблюдение состояний надежности объекта возможно описать общим алгоритмом. Для постановки задачи используется теория автоматов [2]. Для решения задачи предлагается разработка автомата надежности (АН). Разработка является концептуальным описанием автомата как структуры терминов фиксированной сложности, показывающей непротиворечивые взаимосвязи и четкие переходы состояний надежности объекта. Описание структуры состояний АН предполагает последующую разработку вычислительного устройства наблюдения надежности объектов любой природы.

2. Разработка автомата надежности

Постановка задачи. Автоматом АН, далее обозначаемом как D (dependability), будем называть детерминированный, полностью определенный автомат с конечным числом состояний. АН задан множеством, состоящим из элементов:

$$D = \{X, S, Y, \delta, \lambda, s_0\},$$

где D – АН;

X – входной алфавит автомата (множество входных символов): $X = \{x_1, \dots, x_m\}$;

S – множество состояний автомата: $S = \{s_0, \dots, s_n\}$, s_0 – начальное состояние автомата;

Y – выходной алфавит автомата (множество выходных символов): $Y = \{y_1, \dots, y_p\}$;

δ – заданное отображение состояний на множестве входных сигналов, функция переходов автомата из одного состояния в другое: $s_j = \delta_i(s_i, x_k)$, где s_j – последующее состояние автомата, s_i – текущее состояние автомата; x_k – текущий входной символ;

λ – заданное отображение состояний на множестве выходных сигналов, функция выходов: $y_l = \lambda_i(s_i, x_k)$, где y_l – последующий выходной символ автомата, s_i – текущее состояние автомата; x_k – текущий входной символ.

Условия: множества X, S, Y – конечны; выходной символ ($y_l \in Y$) зависит от входного символа $x_k \in X$ и от текущего состояния автомата ($s_i \in S$); элементы описания автомата заданы в дискретные моменты времени.

Детерминированный автомат: а) из состояния s_i под воздействием сигнала x_k переходит в состояние s_j , при этом на выходе символ y_h изменяется на y_l ; б) для $(x_p, y_l) \in (X, Y)$ определены δ и λ .

3. Структура состояний автомата

В теории автоматов свойства объектов рассматриваются в пребывании и изменении состояний. Состояния

надежности изменяются в мерах нарушения и восстановления назначения объекта (рис. 1).

Рис. 1. Наблюдения надежности

Данные изменения можно представить как ориентированный граф, вершины которого соответствуют состояниям, а дуги соответствуют переходам между состояниями. Поскольку состояния *восстановления* надежности являются *детерминированными*, их можно представить как процессы – планируемые, состоящие из работ, мероприятий, процедур, операций. Состояния нарушения надежности являются *случайными*, поэтому их можно рассматривать как события. Таким образом, наблюдение свойства назначения объекта осуществляется при наблюдении *состояний* надежности, которые меняются в *событиях* и *процессах*.

Для описания автомата используются термины и символы стандартов [1], [3] и альтернативные определения состояний, разработанные автором настоящей работы. При соответствующей переработке стандартов должны использоваться другие термины. Например, термин «дефект» явно не соответствует техническому смыслу. В стандарте [1] «дефект» определяется как несоответствие объекта требованиям, установленным документацией. В стандарте [4] дефект определяется как невыполнение требования, связанного с предполагаемым или установленным использованием. Основные состояния в настоящей работе изложены в следующем содержании (табл. 1).

Табл. 1. Состояния автомата надежности

Термины	Состояния	(en)	Ω
Процессы	техническое обслуживание (ТО)	(engineering servicing)	(s_{eng})
	ремонт	(repair)	(s_{rep})
	восстановление	(restoration)	(s_{rest})
Состояния	работоспособное состояние	(up state)	(s_{up})
	исправное состояние	(perfect state)	(s_{per})
	неисправное состояние	(imperfect state)	(s_{imp})
События	неработоспособное состояние	(down state)	(s_{dwn})
	отказ	(failure)	(s_{fail})
	дефект	(defect)	(s_{dep})
	повреждение	(degraded state)	(s_{deg})

4. Разработка алгоритмов АН

Задача описания работы АН состоит в переводе терминов стандартов в символьные алгоритмы, пригодные для последующей разработки программного обеспече-

ния вычислительного устройства. Вводим следующие символы и составляем алгоритмы работы АН:

$\bar{D}$ – надежность;
 $\downarrow D$ – нарушения надежности;
 $\uparrow D$ – восстановления надежности;
 $(s_j \rightarrow s_i)$ – переходы из текущего состояния в последующее состояния в событиях нарушения надежности;
 $(s_j \leftarrow s_i)$ – переходы из текущего состояния в последующее состояния в процессах восстановления надежности;
 $\bar{S}: (s_{rest} \subseteq s_{rep} \subseteq s_{eng})$ – подмножества состояний восстановления надежности (процессы);
 $\bar{S}: (s_{fail} \subseteq s_{def} \subseteq s_{deg})$ – подмножества состояний нарушения надежности (события);
 $(s_j \rightarrow s_i) | \bar{S}$ – переходы состояний в условиях событий нарушения надежности;
 $(s_j \leftarrow s_i) | \bar{S}$ – переходы состояний в условиях событий восстановления надежности;

Состояния АН представлено на схеме (рис. 2).

Состояния надежности:

$\bar{D}: s_{up} | (s_{up} \leftarrow s_{eng} (s_{per} \leftarrow s_{rep} (\leftarrow s_{rest})))$ – работоспособное состояние по условию ТО, ремонта, восстановления;

$\bar{D}: s_{per} | (s_{per} \leftarrow s_{rep} (\leftarrow s_{rest}))$ – исправное состояние по условию ремонта, восстановления;

$\bar{D}: s_{imp} | (s_{imp} \leftarrow s_{rest})$ – неисправное состояние по условию восстановления;

$\bar{D}: s_{up} | s_0$ – неработоспособное состояние.

Состояния в событиях нарушения надежности:

$\downarrow D: s_{deg} | s_{eng}$ – повреждение по условию отсутствия ТО;

$\downarrow D: s_{def} | s_{rep}$ – дефект по условию отсутствия ремонта;

$\downarrow D: s_{fail} | s_{rest}$ – отказ по условию отсутствия восстановления.

Состояния в процессах восстановления надежности:

$\uparrow D: s_{eng} | (s_{up} \leftarrow s_{per})$ – ТО для перехода от исправного состояния в работоспособное состояние;

$\uparrow D: s_{rep} | (s_{up} \leftarrow s_{per} (\leftarrow s_{imp}))$ – ремонт для перехода от неисправного состояния в работоспособное (исправное) состояние;

$\uparrow D: s_{rest} | (s_{up} \leftarrow (s_{per} \leftarrow (s_{imp} \leftarrow s_{dw})))$ – восстановление для перехода от неработоспособного состояния в работоспособное (неисправное, исправное) состояние.

Обсуждение. Работа АН отображает переходы и варианты переходов. Восстановление проектируется как заверченный и частично незаверченные процессы: а) переход из неработоспособного состояния в работоспособное состояние; б) переход из неработоспособного состояния в исправное состояние; в) переход из неработоспособного состояния в исправное состояние. Состояния АН отображают совокупность иерархии ресурсов в терминах: «восстановление» $\subseteq$ «ремонт» $\subseteq$ «ТО». Однако, во всех стандартах надежности техники отсутствуют обоснования иерархии терминов.

5. Теоретическая и практическая реализация АН

Выполненная работа реализована в разработке теоретической и практической надежности организаций, социальных групп и человека (рис. 3) [5].

В концепции АН представлена разработка технического проектирования экспертной системы (ЭС) поддержки принятия решений в летной эксплуатации авиакомпании. ЭС имеет функциональные модули, содержит базу знаний или оболочку ЭС и функциональные блоки с наименованиями: комплекс преобразования информационных ресурсов (КПИР); модуль анализа данных показателей и прогнозирования состояний ресурсов пилота; решатель или модуль подготовки и принятия решений по управлению ресурсами пилота. АН представлен как комплекс ресурсов пилота (КРП), состоящий из трех групп свойств надежности: ресурсов индивидуальной надежности (РИН), ресурсов профессиональной надежности (РПН), ресурсов операционной надежности (РОН). Основанием данного группирования является структурный подход в формировании стандартных терминов в делении абстрактных понятий, на примере категории «надежность».

На основании данного подхода сформирована различная база наблюдения во времени: РИН – время видовой эволюции человека, РПН – время трудовой занятости возраста от 20 до 60 лет, РОН – время от продолжительности одного полета до года. Новая структура КРП

Рис. 2. Концептуальная схема автомата надежности

Рис. 3. Автомат надежности индивида (пилота гражданской авиации)

позволяет устанавливать различное нормирование и регламентирование, что повышает контроль эффективности и безопасности полетов [6].

6. Заключение

Технические стандарты требуют предварительной гуманитарной проработки: философской, филологической, логической. Результатом исследований должны быть логические доказательства и обоснования совокупности согласованных, непротиворечивых онтологических терминов: свойство, состояние, событие и других. Комплекс данных результатов после того используется в технических стандартах для формирования и обоснования специальных терминов. Например, почему термин «отказ» по объему и содержанию больше термина «повреждение» в физическом, техническом смысле. Теоретически и практически обоснована возможность переноса отдельных положений современной теории надежности техники для разработки теории надежности объектов нечисловой природы.

Библиографический список

- ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. 24 с.
- Выхованец В.С. Теория автоматов: Учеб. пособие для вузов. Тирасполь, РИО ПГУ, 2001. 87 с.: ил.
- ГОСТ IEC 60050-113-2015. Международный электротехнический словарь. Часть 113. Физика в электротехнике. М.: Стандартинформ, 2016. 51 с.
- ГОСТ ISO 9000-2011. Межгосударственный стандарт. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ, 2012. 43 с.

5. Автоматизированная система прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий при организации и производстве воздушных перевозок. Промежуточный, этап № 4: «Адаптация разработанных алгоритмов и программных средств АС». / Научно-технический отчет, шифр «2010-218-02-068», № госрегистрации 01201150118 от 12.01.2011, Инв. № 194. Ульяновск, 2012. – 1340 с. / Н.И. Плотников. Раздел 3. С. 154-238; Приложения: И, К, Л, М, Н. С. 1048-1258.

6. Плотников Н.И. Ресурсы пилота. Надежность: Монография / Н.И. Плотников. Новосибирск: ЗАО ИПЦ «АвиаМенеджер», 2013. 264 с.

Сведения об авторе

Плотников Николай Иванович – кандидат технических наук, генеральный директор Научно-исследовательского проектного института гражданской авиации «АвиаМенеджер», Российская федерация, Новосибирск, e-mail: am@aviam.org

Вклад автора в статью

Автором выполнен анализ стандартов надежности. Выполнен логический анализ понятия надежности. Автор предлагает разрешение проблемы терминологии надежности в теории автоматов описанием общего алгоритма переходов состояний в процессах восстановления и в событиях нарушения надежности.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.