

О дефиниции термина «надежность»

Юрий П. Похабов, Открытое акционерное общество «НПО ПМ – Малое Конструкторское Бюро» (ОАО «НПО ПМ МКБ»), Железногорск, Россия, e-mail: pokhabov_yury@mail.ru



Юрий П. Похабов

Цель. Для решения задач надежности трансформируемых конструкций космических аппаратов требуется однозначное толкование термина «надежность», поскольку существует объективная необходимость учета буквально каждого из множества факторов, влияющих на работоспособность. В данном случае неприемлемыми оказываются как параметрическое, так и функциональное определения надежности, приведенные в ГОСТ 27.002. Функциональное определение надежности не требует вникания в физические основы функционирования трансформируемых конструкций, выявления и учета факторов, которые способны вызывать отказ, а параметрическое определение надежности не позволяет произвести полного параметрического описания изделия, поскольку в пояснениях к термину «надежность» декларируется и предполагается наличие факторов, которые «невозможно» или «нецелесообразно» характеризовать с помощью параметров. **Методы.** Противоречие между параметрическим и функциональным определениями надежности разрешается с использованием гипотезы о пересечении параметрического и функционального подходов к надежности, которая гласит, что если все параметры, характеризующие способность изделия выполнять требуемые функции, непрерывно сохраняют свои значения во времени в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования, то обобщенный показатель надежности этого изделия также непрерывно сохраняет свои значения во времени в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. В рамках гипотезы о пересечении параметрического и функционального подходов к надежности пробелы в параметрическом описании изделия при функционировании не допускаются. Как следствие, параметрическое описание должно составляться с учетом не только параметров, но и показателей, которые техническими средствами контроля измерить невозможно, но можно оценить их количественно, например, вероятностью можно оценить достоверность совершения события в заданных пределах от 0 до 1. **Результаты.** Составление параметрического описания трансформируемой конструкции с помощью всех параметров и всех показателей, характеризующих способность выполнять требуемые функции, позволяет осуществить возможность свести все значения параметров в различных единицах измерения и все отвлеченные числовые значения показателей к численному виду, в котором значения параметров и показателей можно «складывать». Для этого значения каждого из параметров или показателей в установленных пределах оцениваются вероятностью нахождения внутри установленных пределов в течение времени наработки. Полученные таким образом вероятности нахождения параметров и показателей внутри установленных диапазонов могут быть сведены к единому обобщенному показателю надежности с применением метода структурной схемы надежности, учитывающего функциональную взаимосвязь между работой элементов с определенной безотказностью в определенной последовательности. **Выводы.** В статье показано, что существует возможность единого понимания параметрической и функциональной надежности, которые взаимосвязаны смысловыми, понятийными, терминологическими и методическими отношениями. Для решения задач надежности трансформируемых конструкций, когда необходимо учитывать каждую «мелочь», вполне приемлемо использование параметрического определения термина «надежность», но с добавлением в терминологическое определение, которое дается в ГОСТ 27.002, всего лишь двух слов. В результате определение термина «надежность», необходимого и достаточного для решения задач надежности трансформируемых конструкций, может звучать следующим образом: «Надежность – свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров и/или показателей, характеризующих способность системы выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования».

Ключевые слова: термин, надежность, параметр, показатель, вероятность, трансформируемая конструкция, космический аппарат, вероятность безотказной работы.

Формат цитирования: Похабов Ю.П. О дефиниции термина «надежность» // Надежность. 2017. Т.17. № 1. С. 4-10. DOI: 10.21683/1729-2646-2017-17-1-4-10

Введение

В 2014 г. в журнале «Надежность» были опубликованы две статьи [1, 2], посвященные терминологии в области надежности, в которых авторы, как они выразились, сознательно уклонились от попытки дать какие-то окончательные рекомендации по определению термина «надежность». Между тем для решения задач надежности трансформируемых конструкций (ТК) космических аппаратов (КА), которые относятся к уникальным высокоответственным системам [3], требуется однозначное толкование термина «надежность», поскольку существует объективная необходимость учета буквально каждого из множества факторов, влияющих на работоспособность в процессе функционирования [4]. В данном случае неприемлемыми оказываются как параметрическое, так и функциональное определения надежности, приведенные в ГОСТ 27.002. Функциональное определение надежности не требует вникания в физические основы функционирования ТК, выявления и учета факторов, которые способны вызывать отказ, а параметрическое определение надежности не позволяет произвести полного параметрического описания изделия, поскольку в пояснениях к термину «надежность» декларируется и предполагается наличие факторов, которые «невозможно» или «нецелесообразно» характеризовать с помощью параметров.

Противоречия параметрического и функционального определения термина «надежность» на примере трансформируемых конструкций

Функционирование ТК определяется последовательностью изменения состояний в течение жизненного цикла, и характеризуется следующими временными интервалами:

t_1 – функционирование в компактной укладке конструкций в стартовом положении при хранении, наземном транспортировании, наземной эксплуатации, полете КА в составе ракеты-носителя и подготовке к трансформированию на околоземной орбите (функционирование в стартовом положении допускается в пределах нескольких лет);

t_2 – программная активизация инициатора срабатывания устройств, удерживающих конструкции в стартовом положении, в заданный момент времени по команде извне, фактически данный интервал времени измеряется мгновениями ($t_2 \ll t_1$);

t_3 – срабатывание удерживающих устройств и освобождение закрепляемых конструкций (предписанное изменение кинематического состояния устройств) ($t_3 \approx t_2$);

t_4 – выполнение заданных функций по изменению пространственной конфигурации складных конструкций (трансформация), как правило, от нескольких секунд до

нескольких минут в течение нескольких часов после выведения на заданную орбиту ($t_2 \ll t_4 \ll t_1$);

t_5 – выполнение служебного назначения конструкций в раскрытом положении в течение срока активного существования, для современных КА этот интервал составляет не менее 12-15 лет ($t_5 > t_1$).

Под термином «функционирование» предлагается понимать определение утратившего свое действие ГОСТ 22487, как *выполнение в объекте (системе) процесса (процессов), соответствующего (соответствующих) заданному алгоритму и (или) проявление объектом заданных свойств*.

Функционирование ТК в каждом из состояний и переход из состояния в состояние характеризуется параметрами. В пояснениях к терминам, приведенным в ГОСТ 27.002, в явном виде указывается, что *к параметрам, характеризующим способность выполнять требуемые функции, относят кинематические и динамические параметры, показатели конструкционной прочности, показатели точности функционирования, производительности, скорости и т.п.* [5]. При этом параметрическое определение надежности гласит, что надежность – это *свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования* [5].

На основании указанного терминологического определения в работе [6] делается вывод, что надежность – это:

- 1) свойство технической системы, причем обобщенное свойство качества ее функционирования;
- 2) сохранение во времени непрерывности значений выходных параметров в установленных пределах:

$$X(t) \in [X_n, X_b], \quad (1)$$

где t – текущее время функционирования; X_n и X_b – соответственно нижняя и верхняя границы допустимых значений параметра $X(t)$;

- 3) выполнение требуемых функций в заданных режимах и условиях функционирования (применения);

- 4) соблюдение условий эксплуатации.

Однако при функционировании ТК «*способность системы выполнять требуемые функции*» не всегда может характеризоваться параметрами. Например, во время полета космического корабля «Союз-1» в 1967 г. не раскрылась левая панель батареи солнечной (БС), что повлекло за собой цепочку катастрофических отказов бортовых систем и в конечном итоге решение Госкомиссии об аварийном спуске корабля с орбиты [7]. Как позже выяснилось, при разработке космического корабля не была учтена вероятность нарушения функции поворота панели БС из-за способности матов экранно-вакуумной теплоизоляции «раздуваться» в невесомости до пределов ограничения свободы своих перемещений и, тем самым, создавать препятствия на пути движения панели, что в конечном итоге послужило причиной ее

зацепления и не раскрытия. В данном случае не существует параметра, который бы характеризовал свойство обеспечивать беспрепятственное движение поворотной конструкции по заданной траектории.

На этот счет в пояснениях к термину, приведенным в стандарте ГОСТ 27.002, дается дополнительно функциональное определение термина «надежность», как *свойства объекта сохранять во времени способность к выполнению требуемых функций в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования*. Данное определение применяют тогда, когда параметрическое описание нецелесообразно (например, для простейших объектов, работоспособность которых, характеризуется по типу «да-нет») или невозможно (например, для систем «машина-оператор», т.е. таких систем, не все свойства которых могут быть характеризованы количественно) [5].

Таким образом, существует конфликт методологий: при параметрическом описании функционирования ТК, как уникального высокоответственного изделия, необходимо учесть буквально каждый из факторов, влияющий на работоспособность, а на деле это сделать невозможно. При этом при помощи параметрического определения надежности плохо получается осуществлять одновременный учет множества факторов, влияющих на работоспособность ТК, а с помощью функционального определения надежности этого сделать нельзя вовсе.

К указанным факторам, порой не только разнообразным, но и разнонаправленным по своей физической сущности [4], многие из которых невозможно охарактеризовать параметрами, относятся следующие моменты:

- прочностные (отсутствие разрушений и недопустимых необратимых деформаций);
- жесткостные (требуемый уровень минимальных парциальных частот собственных колебаний в сложном и рабочем положениях);
- деформативные (допустимость перемещений элементов конструкций при деформациях под воздействием внешних механических сил и тепловых воздействий);
- устойчивостные (недопустимость бифуркаций в пределах эксплуатационных нагрузок, например, из-за люфтов в кинематических парах или несанкционированного складывания конструкций в рабочем положении);
- конструктивные (ошибки при конструировании, несовершенства методов конструирования);
- технологические (несовершенство или нарушения принятой технологии, технологические ошибки, недостаточные пределы регулировок и настроек, неконтролируемые монтажные воздействия и т.д.);
- геометрические (зазоры в кинематических парах, свободные ходы механизмов и приводных пружин и т.д.);
- трибологические (выбор материалов трибосопряжений, стабильность характеристик смазок, назначение толщин твердо-смазочных покрытий и т.д.);

- вибростойкостные (недопустимость самоотвинчивания резьбовых соединений, допустимые парциальные частоты, допустимые виброперемещения и т.д.);

- теплофизические (допустимые тепловые деформации, совместимость материалов по коэффициентам теплового линейного расширения, применение тепловых развязок при закреплении и функционировании, и т.д.);

- физико-механические (запасы движущих моментов, допустимые скорости раскрытия, требуемые значения импульсов сил толкателей для начального страгивания и т.д.);

- прецизионные (точность и стабильность позиционирования, отсутствие люфтов в рабочем состоянии и т.д.);

- организационные (применяемые способы резервирования, обеспечение заданных зон раскрытия, соблюдение заданной последовательности фиксации раскрываемых звеньев и т.д.);

- антропогенные (противодействия непреднамеренным несанкционированным действиям и «дурашлелпству» персонала, принятия во внимание факторов инженерной психологии, затрудняющих неправильную сборку или использования конструкции, использования мер защиты от «дурака»).

Одну из сложностей использования на практике параметрического или функционального определения надежности авторы работы [2] видят в разделении на *функции (задачи), выполняемые (решаемые) системой, и функции, выполняемые её частями и/или элементами*, что в приведенном примере приводит к следующим противоречиям:

- параметрическое описание отказа панелей БС невозможно, поскольку в самих панелях не существует внутренних свойств, зависящих от состояния конструкций панелей в момент отказа;

- отказ возникает независимо от внутренних свойств панелей БС в результате взаимодействия с внешними конструкциями (матами экранно-вакуумной теплоизоляции КА).

В приведенном примере налицо невыполнение целевой функции – поворота панели БС в рабочее положение, при этом, с учетом последовательности изменения состояний при функционировании, невыполнение целевой функции является следствием нарушения частной функции при изменении промежуточного состояния панелей БС t_4 в процессе функционирования.

Гипотеза о пересечении параметрического и функционального подходов к надежности

Отмеченное противоречие между параметрическим и функциональным подходами к надежности может быть преодолено, если свойство обеспечивать беспрепятственное движение поворотной конструкции панелей БС по заданной траектории определить вероятностью

совершения событий, учитывающей одновременно внутренние свойства объекта и его взаимодействия с внешними конструкциями и средой. В этом случае совершение события A , обуславливающего выполнение целевой функции поворота панели БС в рабочее положение может характеризоваться одним из показателей надежности [5, 8] – вероятностью безотказной работы (ВБР), а выполнение функции по изменению промежуточного состояния t_4 при функционировании может быть определено вероятностью, как степенью уверенности в совершении события B , обуславливающего переход из одного состояния в другое. При этом ВБР при повороте панели БС в рабочее положение связана с вероятностью выполнения функции по изменению промежуточного состояния t_4 условной вероятностью, как вероятностью совершения события A при условии, что событие B уже произошло:

$$P(t) = P(A|B). \quad (2)$$

Таким образом, фактор, обеспечивающий работоспособность, который «невозможно» характеризовать параметром, может быть охарактеризован вероятностью, которая полностью определяет выполнение функции по изменению промежуточного состояния при функционировании и, в конечном итоге, выполнение целевой функции.

Как известно, любое свойство объектов может быть различимо качественно и определено количественно [9], при этом количественная информация может быть измерена, а качественная информации не подлежит, но она может быть оценена [10].

Как следует из приведенного примера, каждому i -му событию в процессе функционирования может быть поставлено в соответствие определенное число, называемое его вероятностью и являющееся мерой возможного совершения этого события, при этом измерить вероятность техническими средствами невозможно, но можно оценить достоверность совершения этого события в заданных пределах от 0 до 1:

$$P_i(t) \in [0, 1]. \quad (3)$$

Вероятность является показателем, обобщающим некие данные, по которым можно судить о совершении события, проявления свойства, процесса или явления.

Таким образом, функции отдельных частей объекта, не подлежащих параметрическому описанию, могут быть количественно оценены с помощью показателей, как вероятностей сохранения свойств, характеризующих способность выполнять требуемые функции во времени согласно (3).

Для объектов, работоспособность которых характеризуется по типу «да-нет», i -ое свойство выполнять требуемые функции также может быть определено вероятностью сохранения во времени характеристик «да» или «нет»:

$$P_i(t) \in \{[1, 1] \vee [0, 0]\}. \quad (4)$$

Вероятность «выполнения требуемых функций» изделием в целом в произвольный момент времени $t \in [0, t]$ описывается соотношением:

$$P(\tau) + Q(\tau) = 1, \quad (5)$$

где $P(\tau)$ – ВБР; $Q(\tau)$ – вероятность отказов.

На основании (5) надежность объекта в течение времени наработки $0 \leq \tau \leq t$ может изменяться в границах нестрогого двойного неравенства:

$$1 - Q_{\max} \leq P(t) \leq 1, \quad (6)$$

где Q_{\max} – максимальное значение вероятности отказов в интервале времени $0 \leq \tau \leq t$.

Выражение (6) можно преобразовать к виду, близкому по форме записи (1):

$$P(t) \in [P_{\text{н}}, 1], \quad (7)$$

здесь $P_{\text{н}} = 1 - Q_{\max}$.

Очевидно, что параметрическое и функциональное определения надежности приводят к выводу о непрерывности сохранения в установленных пределах во времени значений не только выходных параметров надежности (1), но и ее выходных показателей (7). Неучет каких-либо параметров или ошибки в определении их предельных значений неизбежно влекут за собой неопределенность предельных значений выходных показателей надежности, что приводит к рискам возникновения отказов. Например, неучет события B в формуле (2) влечет за собой невыполнение условия (7). Поэтому выходные показатели надежности могут достоверно находиться в установленных пределах только в тех случаях, когда параметрическое описание включает «в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность системы выполнять требуемые функции». В этом случае параметрический и функциональный подходы к надежности пересекаются.



Гипотеза о пересечении параметрического и функционального подходов к надежности: *Если все параметры, характеризующие способность изделия выполнять требуемые функции, непрерывно сохраняют свои значения во времени в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования, то обобщенный показатель надежности этого изделия также непрерывно сохраняет свои значения во времени в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.*

В рамках гипотезы о пересечении параметрического и функционального подходов к надежности пробелы в параметрическом описании изделия при функционировании недопустимы, а, следовательно, выполнение функции по изменению промежуточных состояний панелей БС при функционировании в приведенном выше примере должно быть непременно учтено в параметрическом описании.

Параметрическое описание изделий с учетом (1), (3)–(4) и (7) можно представить множеством параметров $X_i(t) \in G$ и показателей $P_i(t) = X_i(t) \vee X_i(t) \notin G$, значения которых удовлетворяют следующему условию нахождения $X_i(t)$ в области установленных допустимых состояний D

(знак функциональной зависимости от времени t здесь и далее опущен):

$$D = \{X_i | X_i \in [X_{\min(i)}, X_{\max(i)}] \} \forall i = \overline{1, n}. \quad (8)$$

При $n \rightarrow \infty$ из (8) следует доказательство гипотезы о пересечении параметрического и функционального подходов к надежности:

$$\begin{aligned} \because \{X_i\} \subseteq D \therefore P_i = P[X_{\min(i)} \leq X_i \leq X_{\max(i)}] \Rightarrow \\ \Rightarrow P = P[X_i \in D]. \end{aligned} \quad (9)$$

где $P[\cdot]$ – вероятность случайного события, описание которого дано в квадратных скобках.

Доказательство (9) позволяет создавать параметрическое описание, используя для этого множество, безразлично состоящее из параметров или показателей элементов изделия, при этом в предельном случае параметрическое описание может состоять из одного обобщенного показателя надежности, который характеризует «способность к выполнению требуемых функций» изделия в целом.

Таким образом, составление параметрического описания изделий с использованием параметров и показателей позволяет гармонизировать параметрический и функциональный подход к надежности, при котором параметрическая и функциональная надежность выступают частями целого.

Разделение смысловых понятий параметров и показателей

Использование гипотезы о пересечении параметрического и функционального подходов к надежности требует строгого разделения смысловых понятий параметров и показателей. До сих пор такого разделения понятий не существует:

- ГОСТ 27.002 относит к параметрам, характеризующим способность выполнять требуемые функции, в одинаковой мере показатели (*показатели конструкционной прочности, показатели точности функционирования и т.п.*) и параметры (*кинематические и динамические параметры, скорости и т.п.*) [5];

- основоположник параметрической надежности А.С. Проников относит к **параметрическим показателям** механические и прочностные характеристики, мощность, точность функционирования, силу тяги, наибольшую скорость, производительность, коэффициент полезного действия, уровень шума, давление, расход топлива и т.п. [11];

- по общепринятой практике надежность объектов *количественно оценивают с помощью показателей, которые выбирают и определяют с учетом особенностей объекта, режимов и условий его эксплуатации и последствий отказов* [12].

Параметры и показатели в равной степени являются физическими величинами, характеризующими те или иные свойства объекта (надежность, прочность, жесткость, геометрию, настройку, динамику и т.п.), при этом под параметрами понимаются величины,

интенсивность которых может быть непосредственно измерена техническими средствами или вычислена (длина, сила, момент и т.д.), а под показателями – вычисленные обобщающие данные, по которым можно судить о состоянии рассматриваемого свойства или параметров (коэффициент запаса прочности, коэффициент запаса движущего момента, ВБР, вероятность и т.д.). Параметры всегда определяются числовым значением и единицей физической величины, поскольку служат потребностям измерения геометрических и физических величин окружающего мира, а показатели определяются только отвлеченным числом, входящим в значение величины [13].

Использование показателей для количественной оценки свойств, дает возможность учета:

- свойств, которые могут быть различимы только качественно в «бинарной» форме: «ноль-единица», «да-нет», или характеризоваться исключительно показателями надежности, например, ВБР;

- статистических характеристик для критичных элементов конструкций, имеющих таковые (элементы массового производства, или осуществленные в количестве, достаточном для статистических выводов);

- степени уверенности по исключению рисков отказов, в случае применения соответствующих конструктивных, конструкторских и технологических решений на основе объективных средств и методов контроля.

Важность совместного использования параметров и показателей при составлении параметрического описания объекта заключается в возможностях:

- оценки надежности не только при помощи количественной информации (через параметры), но и при помощи качественной информации (через показатели);

- сплошного учета параметров и показателей, влияющих на надежность;

- исключения избирательности и субъективизма при выборе параметров для оценки надежности.

Применение понятий параметр и показатель в параметрическом описании объекта позволяет выбирать удобные для характеристики свойств величины. Например, для определения свойств прочности можно использовать:

- значения действующих нагрузок (параметры), если по ним можно однозначно судить о напряженно-деформированном состоянии (растяжение, сжатие, сдвиг, изгиб, кручение, устойчивость);

- значения действующих напряжений (параметры), если необходимо различать предельные состояния прочности (общая прочность, усталость, долговечность, длительная прочность, температурная прочность, ползучесть и т.д.);

- запасы прочности (показатели), если рассматривается сложное напряженное состояние в зависимости от выбранного критерия прочности (предельного напряженно-деформированного состояния);

- ВБР (показатели), если свойство прочности рассматривается как стохастическая величина.

Результаты использования гипотезы о пересечении параметрического и функционального подходов к надежности

Важно отметить, что верхние и нижние допустимые границы показателей могут иметь разный физический смысл. Например, коэффициент запаса движущего момента относительно момента резистивных сил выражает *свойство энергодостаточности приводов для поворота конструкции* и определяет нижнюю границу показателя (при малых запасах движущего момента поворотная конструкция может не раскрыться). Верхнюю границу этого показателя определяет *свойство прочности поворотной конструкции при фиксации в рабочее положение* вследствие перехода кинетической энергии поворота в потенциальную энергию деформации в момент мгновенной остановки движения (при больших запасах движущих моментов конструкция может разрушиться). Это говорит о том, что показатели количественно характеризуют свойства изделий в несогласованном безразмерном виде, что не дает возможности свести многопараметрическое описание к единому обобщенному показателю надежности, не говоря уже о том, что сами параметры при этом имеют разные единицы измерения.

Отсутствие методики учета и сведения многопараметрических моделей к обобщенному показателю надежности нашло отображение в основах параметрической надежности, *связанной не с отказом функционирования изделия, а с изменением его выходных параметров* [11]. Фактически в параметрической надежности работоспособность изделия устанавливается по *определяющему параметру*. Состояние считается работоспособным, если значение определяющего параметра какого-либо элемента X , который служит мерой качества этого элемента, в процессе функционирования не выходит за пределы установленной *рабочей области* или *поля допуска* [14]:

$$X_{\min} \leq X \leq X_{\max}. \quad (10)$$

Для получения обобщенного показателя надежности ТК необходимо привести значения всех параметров и показателей, составляющих параметрическое описание, к согласованному безразмерному виду, т.е. свести все значения параметров в различных единицах измерения и все отвлеченные числовые значения показателей к численному виду, в котором значения параметров и показателей можно «складывать».

Это становится возможным, если условие (10) выразить вероятностью нахождения параметра или показателя в допустимом диапазоне в интервале времени $\tau \in [0, t]$:

$$P_i(t) = P[X_{\min(i)} \leq X_i(\tau) \leq X_{\max(i)}; 0 \leq \tau \leq t]. \quad (11)$$

В этом случае обобщенный показатель надежности с учетом параметрического описания изделия (8) мо-

жет быть получен с применением метода структурной схемы надежности, учитывающего функциональную взаимосвязь между работой элементов с определенной безотказностью (11) в определенной последовательности. Например, для изделий, в которых все элементы конструкций являются точками единичного отказа, что является характерным для ТК, ВБР с учетом (11) определяется по формуле:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t). \quad (12)$$

Исходя из гипотезы о пересечении параметрического и функционального подходов к надежности, следует, что формула (12) с учетом (8) и (11) эквивалентна следующей записи:

$$P(t) = P\{X_i(\tau) \in D, \tau \in [0, t]\}. \quad (13)$$

Формула (13) является ничем иным как функцией надежности в общей теории надежности механических систем В.В. Болотина [15].

Заключение

В статье показано, что существует возможность единого понимания параметрической и функциональной надежности, которые взаимосвязаны смысловыми, понятийными, терминологическими и методическими отношениями.

Для решения задач надежности ТК, когда необходимо учитывать каждую «мелочь», вполне приемлемо использование параметрического определения термина «надежность», но с добавлением в терминологическое определение, которое дается в ГОСТ 27.002, всего лишь двух слов. В результате определение термина «надежность», необходимого и достаточного для решения задач надежности ТК, может звучать следующим образом: *«Надежность – свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров и/или показателей, характеризующих способность системы выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования»*.

Библиографический список

1. Нетес В.А., Тарасьев Ю.И., Шпер В.Л. Актуальные вопросы стандартизации терминологии в области надежности // Надежность, 2014. № 2. С. 116-119.
2. Нетес В.А., Тарасьев Ю.И., Шпер В.Л. Как нам определить что такое «надежность» // Надежность, 2014. № 4. С. 3-14.
3. Похабов Ю.П., Ушаков И.А. О безаварийности функционирования уникальных высокоответственных систем // Методы менеджмента качества. 2014. № 11. С. 50-56.
4. Похабов Ю.П. Подход к обеспечению надежности уникальных высокоответственных систем на примере

крупногабаритных трансформируемых конструкций // Надежность, 2016. № 1. С. 24-36.

5. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1990. 37 С.

6. Степаненко Е.А. Математические методы оценивания надёжности технических систем ми техногенного риска. Ч. 1. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2010. 201 С.

7. Муромов И.А. 100 великих катастроф. М.: Вече, 2004. 335 С.

8. ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надёжности. М.: Стандартиформ, 2007. 19 С.

9. Об утверждении положения о единицах величин, допускаемых к применению в РФ / Постановление Правительства РФ от 31.10.2009 г. № 879.

10. Коротков Н.А. Феномен виртуальной реальности как объект научного анализа и философской рефлексии: автореферат дис. ... канд. фил. наук. СПб., 2010. 28 С.

11. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 560 С.

12. ГОСТ 27.002-83. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. 30 С.

13. Чертов А.Г. Физические величины (терминология, определения, размерности, единицы). М.: Высш. шк., 1990. 335 С.

14. Сугак Е.В., Василенко Н.В., Назаров Г.Г., Паньшин А.Б., Каркари А.П. Надежность технических систем. Красноярск: НИИ СУВПТ, 2001. 608 С.

15. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984. 312 С.

Сведения об авторе

Юрий П. Похабов – кандидат технических наук, Открытое акционерное общество «НПО ПМ – Малое Конструкторское Бюро» (ОАО «НПО ПМ МКБ»), начальник центра научно-технических разработок. 662972, Россия, Красноярский край, ЗАТО Железногорск, г. Железногорск, ул. Ленина, 55а, тел. +7 913 593 43 89, e-mail: pokhabov_yury@mail.ru

Поступила 17.08.2016