

ТЕНДЕНЦИЯ В РАЗВИТИИ СТАНДАРТОВ МЭК В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.А. Можяева, А.В. Струков (АО «СПИК СЗМА»)

Введение

В рабочих материалах «Анализ международных и российских стандартов в области надежности, риска и безопасности», размещенных в 2011 году на сайте компании АО «СПИК СЗМА», отмечалось, что «... одной из задач анализа является установление связи, прямой или косвенной, между достаточно обширным и динамично развивающимся рынком программных средств и системой стандартов, относящихся к вопросам надежности, риска и безопасности технологических (технических) систем» [1].

Работа специалистов исследовательского отдела АО «СПИК СЗМА» по созданию и совершенствованию программных средств для оценивания показателей надежности, риска и безопасности проводилась параллельно с работой по анализу нормативных документов, отечественных и международных стандартов в данных областях. Анализ показал, что в 2011 году была правильно предсказана общая тенденция – включение в содержание стандартов, относящихся к вопросам надежности технических систем, аспектов безопасности.

Вопросы стандартизации в области надежности технических систем всегда являются актуальными и активно обсуждаемыми специалистами. Так, например, на страницах журнала «Надежность» в последние годы регулярно появляются статьи на темы, связанные со стандартизацией в области надежности, риска и безопасности сложных технических систем [2-8]. Указанные статьи охватывают широкий круг вопросов, связанных именно с динамикой развития терминологии и обсуждения методологии оценивания связанных между собой показателей надежности, риска и безопасности.

Целью настоящей статьи является анализ одной из тенденций современного этапа развития международных и российских стандартов, а именно, взаимосвязь понятий и методов надежности, риска и безопасности технических систем.

1 Взаимосвязь понятий и методов надежности, риска и безопасности технических систем

Одним из последних событий, которые подтверждают этот вывод, является тот факт, что в июле 2020 года вступают в силу стандарт ГОСТ Р 27.012–2019 (МЭК 61882:2016). «Анализ опасности и работоспособности (HAZOP)» в серии «Надежность в технике». Также в июле 2020 года вступают в силу стандарт ГОСТ Р 27.015–2019 (МЭК 60300-3-15:2009). «Управление надежностью. Руководство по проектированию надежности систем» также в российской серии «Надежность в технике».

В стандарте, описывающем методику анализа риска HAZOP, среди нормативных ссылок указан стандарт ГОСТ Р МЭК 61511-3–2018. Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов. Часть 3. Руководство по определению требуемых уровней полноты безопасности. Таким образом, стандарт серии «Надежность в технике» связывает понятия и методы анализа риска, надежности и функциональной безопасности.

В стандарте ГОСТ Р 27.015-2019 в нормативных ссылках указаны все семь частей стандарта ГОСТ Р МЭК 61508 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью».

В стандарте ГОСТ Р 27.010–2019 «Математические выражения для показателей безотказности, готовности, ремонтпригодности», вступившем в силу в январе 2019 года, в нормативных ссылках указаны не только все семь частей стандарта ГОСТ Р МЭК 61508, но и все три части стандарта МЭК 61511.

Данная тенденция подчеркнута в п.46 «Руководства по безопасности» [9]: «При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, систем обнаружения утечек, автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП), систем противоаварийной защиты (ПАЗ) рекомендуется анализировать технический риск, показатели которого определяются соответствующими методами **теории надежности**». Поэтому в настоящее время мнение, высказанное в 2011 году, о желании некоторых специалистов противопоставить надежность и безопасность становится не актуальным [1].

Кроме того, после вступления в силу нового стандарта по вопросам терминологии серии «Надежность в технике» ГОСТ Р 27.002–2015 явно обозначалась тенденция отечественных стандартов на синхронизацию с документами технической комиссии ТС 56 Международной электротехнической комиссии (МЭК). Несмотря на публикацию критических материалов относительно некоторых положений стандарта ГОСТ Р 27.002–2015 [10], следует признать множество положительных моментов этого документа. Например, появление определения такого важного свойства надежности, как готовность, или, на наш взгляд, более четкое определение таких процессов, как восстановление и ремонт. Важным, с точки зрения вопросов анализа безопасности, является добавление такого вида отказов, как отказы по общим причинам, учет которых является обязательным при оценке показателей функциональной безопасности систем противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ).

Можно предположить, что влияние международных стандартов будет усиливаться. При этом следует заметить явное влияние советской, а затем и российской системы стандартов в области надежности, ведь наша страна является одной из 173 стран участниц МЭК. Еще в стандарте ГОСТ 27.002–89 термин надежность сопоставлялся с англоязычными терминами *Reliability* (безотказность) и *Dependability*. По мнению профессора И.А.Рябина «...широкое понятие надежности, принятое в наших ГОСТах, как комплекс безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости, больше соответствует понятию гарантоспособности (*dependability*), как способности системы гарантировать выполнение услуг, для которых она предназначена» [11]. Следует заметить, что в это время (1960-1970-е годы) некоторые зарубежные стандарты, например, стандарты МО США, определяли надежность (*Reliability* – безотказность) как вероятность выполнения изделием целевой задачи на определенном интервале времени при внешнем обеспечении.

За последние десятилетия большинство компаний, производящих или проектирующих сложные технические системы, соглашаются, что влияние международных стандартов будет в условиях глобализации усиливаться.

Например, по мнению представителя исполнительного директора Toshiba Corporation доктора Акира Судо, японские компании за последние два десятилетия значительно изменили свое отношение к международным стандартам [12]. Руководители компаний уверены, что без соблюдения международных стандартов невозможно вести бизнес с другими странами, внедрять инновации, признанные специалистами МЭК. Если компании, имеющие инновационные технологии, не участвуют в разработке стандартов, то им будет сложно сотрудничать с другими передовыми компаниями. Стандарты взаимодействия абсолютно необходимы. В этом случае продукты и решения различных поставщиков и разработчиков будут легче стыковаться друг с другом.

2 Сопоставление систем российских стандартов и стандартов МЭК

Работы по стандартизации в национальной и международной системе стандартизации осуществляет Федеральное агентство по техническому регулированию и

метрологии (Росстандарт). Агентство образовано в 1925 году, с 2004 года находится в ведении Министерства промышленности и торговли РФ. На 81-ой Генеральной сессии МЭК во Владивостоке Руководитель Росстандарта А. Абрамов избран членом Бюро Совета МЭК. Работа МЭК охватывает широкий спектр технологий, в том числе вопросы надежности и безопасности.

Непосредственно вопросами разработки стандартов в области надежности в МЭК занимаются эксперты технического комитета ТК 56. Структура ТК 56 приведена на рис.1.

Основные стандарты представляют обзор целей управления надежностью и терминологию. Стандарты, относящиеся к процессам, содержат руководства по конкретным проблемам надежности, связанным с аспектом управления на различных стадиях жизни изделий. Стандарты поддержки обеспечивают техническую информацию общего характера по различным вопросам менеджмента надежности.

Учитывая современные тенденции в технологии и бизнесе, повышенный спрос на надежные, безопасные и экологически чистые продукты и услуги, ТК 56 устанавливает руководящие принципы управления надежностью, включая аспекты управления рисками.

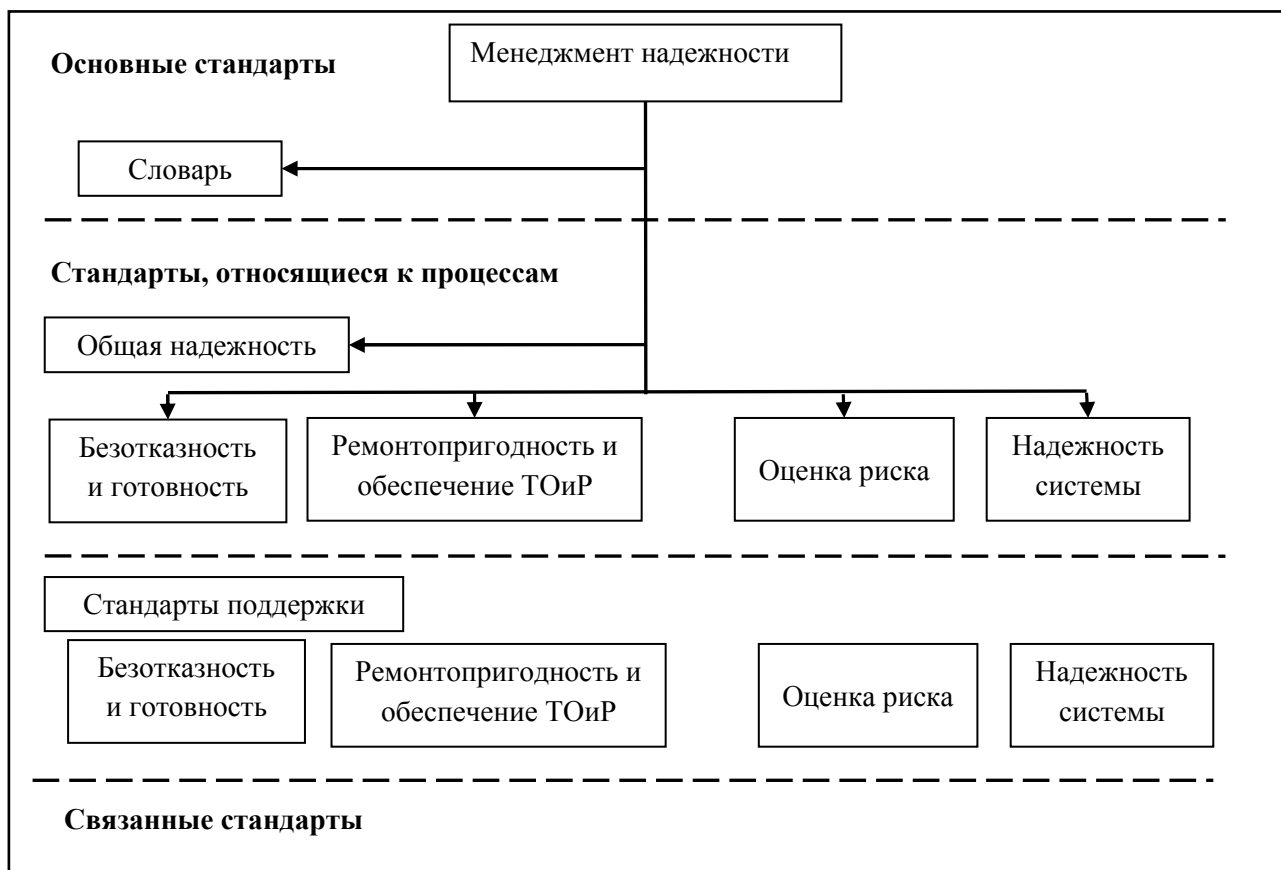


Рисунок 1 – Структура ТК 56 МЭК [5]

В табл.1 показано соответствие системы стандартов МЭК серии «Управление надежностью» российским стандартам. Структура табл.1 ориентирована на структуру рис.1. Некоторые разделы табл.1 (помечены *) даны фрагментарно. Основное внимание обращено на выпуск новых стандартов МЭК (год выпуска выделен жирным шрифтом) и соответствие российских стандартов наиболее значимым, с нашей точки зрения, стандартам МЭК.

Таблица 1 – Стандарты МЭК серии Dependability management и российские стандарты

Номер стандарта МЭК	Название стандарта МЭК	Номер ГОСТ	Название стандарта на русском языке
Основные стандарты			
IEC 60300-1:2014	Dependability management. Part 1: Guidance for management and application	ГОСТ Р МЭК 60300-1–2017	Менеджмент риска. Руководство по применению менеджмента надежности
IEC 60050-192: 2015	International Electrotechnical Vocabulary – Part 192: Dependability. Amendment 1.		Международный электротехнический словарь. Надежность. Изменение 1
IEC 60050-191: 1990	International Electrotechnical Vocabulary - Chapter 191: Dependability and Quality of Service		Международный электротехнический словарь. Надежность и качество
IEC 61703: 2016	Математические выражения для надежности, готовности, ремонтпригодности и условий поддержки обслуживания	ГОСТ Р 27.010–2019	Надежность в технике. Математические выражения для показателей безотказности, готовности, ремонтпригодности
Стандарты, относящиеся к процессам			
Безотказность и готовность			
IEC 60300-3-1: 2003	Dependability management. Part 3-1: Application guide - Analysis techniques for dependability – Guide on methodology	ГОСТ Р 51901.5–2005	Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности
Ремонтпригодность и обеспечение ТОиР			
IEC 60300-3-10: 2001	Dependability management. Part 3-10. Application guide. Maintainability.		Управление надежностью. Руководство по применению. Ремонтпригодность
IEC 60300-3-12: 2011	Dependability management. Part 3-12: Application guide – Integrated logistic support.		Управление надежностью. Руководство по применению. Интегрированное логистическое управление
IEC 60300-3-14: 2004	Dependability management. Part 3-14: Application guide - Maintenance and maintenance support	ГОСТ Р 27.601–2011	Управление надежностью. Техническое обслуживание и его обеспечение
IEC 62402: 2019	Obsolescence management – Application guide	ГОСТ Р 27.203–2012	Надежность в технике. Управление устареванием
Оценка риска			
ISO/IEC 31010:2019	Risk management – Risk assessment techniques	ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011	Менеджмент риска. Методы оценки риска
IEC 62198: 2013	Project management. Guidance on the application of risk management in the design	ГОСТ Р МЭК 62198–2015	Проектный менеджмент. Руководство по применению менеджмента риска при проектировании
Системная надежность			
IEC 60300-3-15: 2009	Part 3-15: Application guide – Engineering of system dependability	ГОСТ 27.015–2019	Управление надежностью. Руководство по проектированию надежности систем
Стандарты поддержки			
Безотказность и готовность. Методы анализа			
IEC 60812: 2018	Risk management. Failure mode and effects analysis (FMEA and FMCA)	ГОСТ Р 51901.12–2007	Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов
IEC 61025: 2006	Risk management. Fault tree analyses (FTA)	ГОСТ Р 27.302–2009	Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей
IEC 61078: 2016	Risk management. Reliability block diagrams	ГОСТ Р 51901.14–2007	Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы

Номер стандарта МЭК	Название стандарта МЭК	Номер ГОСТ	Название стандарта на русском языке
IEC 61165: 2006	Risk management. Application of Markov techniques	ГОСТ Р 51901.15–2005	Менеджмент риска. Применение марковских методов
IEC 60300-3-2: 2004	Dependability management. Part 3-2: Application guide – Collection of dependability data from the field		Управление надежностью. Часть 3- 2: Полевой сбор данных по общей надежности
IEC 60300-3-3: 2004 2017	Dependability management. Part 3-3: Application guide - Life cycle costing	ГОСТ Р 27.202–2012	Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла
IEC 60300-3-4: 2007	Dependability management. Part 3-4: Application guide – Guide to the specification of dependability requirements	ГОСТ Р 27.003–2012	Управление надежностью. Руководство по заданию технических требований к надежности
IEC 60300-3-5: 2001	Dependability management. Part 3-5. Application guide. Reliability test conditions and statistical test principles		Управление надежностью. Часть 3- 5. Руководство по применению. Условия испытания надежности и принципы статистических испытаний
IEC 60300-3-6: 1997	Dependability management. Part 3. Section 6: Software aspects of dependability		Управление надежностью. Часть 3. Раздел 6. Вопросы программного обеспечения надежности
IEC 60300-3-7: 1999	Dependability management. Part 3-7. Application guide. Reliability stress screening of electronic hardware		Управление надежностью. Часть 3- 7. Руководство по применению. Отбраковка аппаратных средств по критерию надежности в условиях приложенных нагрузок
IEC 60300-3-9: 1995	Dependability management. Part 3. Section 9: Risk analysis of technological systems		Управление надежностью. Часть 3. Руководство по применению. Раздел 9. Анализ риска технологических систем
IEC 60300-3-11: 2009	Dependability management. Part 3-11. Reliability centred maintenance	ГОСТ Р 27.606- 2013	Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность
Безотказность и готовность. Оценка и оценка данных*			
IEC 61650: 1997	Reliability in techniques – Procedures for comparison of two constant failure rates and two constant failure (event) intensities	ГОСТ Р МЭК 61650–2007	Надежность в технике. Методы сравнения постоянных интенсивностей отказов и параметров потока отказов
IEC 61709: 2017	Electric components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion. Corrigendum 1		Компоненты электрические. Безотказность. Стандартные условия для интенсивностей отказов и модели напряжений для преобразования. Поправка 1
IEC 62308: 2006	Dependability in technics. Equipment reliability – Reliability assessment methods	ГОСТ Р 27.013–2019 (МЭК 62308: 2006)	Надежность в технике. Методы оценки показателей безотказности
Безотказность и готовность. Испытания на надежность			
IEC 60300-3-5: 2001	Part 3-5. Application guide. Reliability test conditions and statistical test principles	ГОСТ Р 27.607–2013	Управление надежностью. Условия проведения испытаний на безотказность и статистические критерии и методы оценки их результатов

Номер стандарта МЭК	Название стандарта МЭК	Номер ГОСТ	Название стандарта на русском языке
IEC 60605-4: 2001	Statistical procedures for exponential distribution - Point estimates, confidence intervals, prediction intervals and tolerance intervals	ГОСТ Р 50779.26–2007	Точечные оценки, доверительные, предикционные и толерантные интервалы для экспоненциального распределения
IEC 60605-6: 2007	Reliability in techniques. Tests for the validity of the constant failure rate	ГОСТ Р МЭК 60605-6–2007	Надежность в технике. Критерии проверки постоянства интенсивности отказов и параметра потока отказов
Безотказность и готовность. Рост надежности.			
IEC 61014: 2003	Risk management. Programmes for reliability growth	ГОСТ Р 51901.6–2005	Менеджмент риска. Программа повышения надежности
IEC 61164:1995	Risk management. Reliability growth. Statistical test and estimation methods	ГОСТ Р 51901.16–2017	Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки
IEC 62429: 2007	Reliability growth – Stress testing for early failures in unique complex system	ГОСТ Р 27.405–2011	Отбраковочные испытания на ранние отказы сложных систем, изготавливаемых в единичных экземплярах
Ремонтопригодность			
IEC 60706-5: 2007	Maintainability of equipment – Part 5: Testability and diagnostic testing	ГОСТ Р 27.605–2013	Ремонтопригодность оборудования. Диагностическая проверка
IEC 60300-3-11: 2009	Dependability in technics. Reliability centred maintenance	ГОСТ Р 27.606–2013	Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность
IEC 60300-3-16: 2008	Part 3-16: Application guide – Guidelines for specification of maintenance support services		
Оценка риска			
IEC 61882: 2016	Risk management. Hazard and operability studies. Application guide	ГОСТ Р 27.012-2019	Надежность в технике. Анализ опасности и работоспособности (HAZOP)
Системная надежность			
IEC 60300-3-3: 2004	Part 3-3: Application guide – Life cycle costing	ГОСТ Р 27.202–2012	Надежность в технике. Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла
IEC 60300-3-4 2007	Part 3-4: Application guide – Guide to the specification of dependability requirements	ГОСТ Р 27.003–2012	Надежность в технике. Управление надежностью. Руководство по заданию технических требований к надежности
IEC 61160 2005	Design expert review	ГОСТ Р 27.201–2011	Надежность в технике. Экспертиза проекта

3 О реализации методов анализа надежности и безопасности в программном средстве ПК АРБИТР

При выполнении совместных с иностранными компаниями работ на опасных производственных объектах (ОПО) нередко у наших партнеров возникают вопросы об аттестации российских специалистов и программного обеспечения. Характерным примером являются работы, связанные с вопросами разработки, ввода в строй и эксплуатации систем ПАЗ. Мировая практика предполагает, что комплектующие ПАЗ имеют сертификаты организаций, осуществляющих контроль по обеспечению безопасности, например, TUV, Exida. Необходимо заметить, что эти сертификаты оформлены в рамках добровольной сертификации. Основным содержанием этих сертификатов является подтверждение соответствия как технических устройств, так и

систем менеджмента функциональной безопасности поставщиков и производителей требованиям стандартов серии МЭК 61508.

Требования Ростехнадзора как отечественного регулятора также включает в себя проверку требований функциональной безопасности: «Системы ПАЗ для объектов, имеющих в своем составе блоки I и II категорий взрывоопасности, должны создаваться на базе логических контроллеров, способных функционировать по отказобезопасной структуре и проверенных на соответствие требованиям функциональной безопасности систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью» [15]. Вопрос состоит в том, что в нашей стране отсутствует аккредитованная система добровольной сертификации в области функциональной безопасности. И вопрос состоит именно в аккредитации.

Специалисты АО «СПИК СЗМА» разработали методику и расчетный модуль, позволяющие в программной среде ПК АРБИТР [13] корректно решать вопросы оценки показателей функциональной безопасности в соответствии с рекомендациями и ограничениями, изложенными в стандарте ГОСТ Р МЭК 61508-6–2012 [16]. Но в настоящее время аттестация указанного расчетного модуля в экспертном совете по аттестации программ для ЭВМ при Ростехнадзоре невозможна из-за отсутствия аттестованных в области функциональной безопасности специалистов. Кроме того, явно выраженной привязки процедуры аттестации программ по вопросу подтверждения их соответствия требованиям российских или международных средств в настоящее время не наблюдается.

В табл.1 приведены сведения о стандарте МЭК 61709:2017. Стандарт интересен тем, что является слиянием МЭК 61709:2011 и МЭК TR 62380:2004. Применение данного стандарта позволит реализовать процедуру расчета (прогнозирования) безотказности современного радиоэлектронного оборудования, например, в виде расчетного модуля, входящего в состав ПК АРБИТР.

Интересна также новая редакция стандарта МЭК 61078:2016, в котором в п.3 введено понятие «некогерентных» структурных схем надежности. Еще в 2007 году в аттестационном паспорте ПК АРБИТР отмечено, что реализованные в программе возможности основного аппарата моделирования алгебры логики позволяют автоматически строить как все прежние виды монотонных моделей, так и принципиально новый класс немонотонных моделей надежности, живучести, безопасности и риска функционирования структурно-сложных системных объектов различного назначения [14]. Немонотонные логические модели описывают, в том числе, и некогерентные структуры, особенностью которых является «некогерентное» (несинхронное) поведение свойств системы относительно поведения свойств отдельных элементов. В отличие от когерентных структур, которые описываются монотонными логическими функциями (поэтому их часто для краткости называют монотонными структурами), некогерентные (немонотонные) содержат такие элементы, улучшение, например, свойств надежности которых приводит к ухудшению свойств надежности системы. Поэтому перед специалистами АО «СПИК СЗМА» стоит задача нахождения практического и, самое главное, корректного использования этой уникальной возможности для решения сложных инженерных задач.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 URL: https://www.szma.com/wp-content/uploads/2016/10/standarts_analysis.pdf (Дата обращения 20.05.2020).
- 2 В.А. Нетес. Новый международный терминологический стандарт по надежности // Надежность. 2016. №3. С.54–58.
- 3 В.А. Гапанович, И.Б. Шубинский, А.М. Замышляев. Метод оценки рисков системы из разнотипных элементов // Надежность. 2016, №2, С.49–53.

- 4 А.С. Алпеев. Терминология надежности // Надежность. 2016. № 4. С.43–45.
- 5 Ю.П. Похабов. О дефиниции термина «надежность» // Надежность. 2017. Т.17. № 1. С.4–10.
- 6 А.Ф. Колчин, О.С. Якимов. Состояние и перспективы развития нормативного обеспечения в области функциональной безопасности // Надежность. 2017. №3. С.58–62.
- 7 В.И. Звягин, А.И. Птушкин, А.В. Трудов. Риск как одно из свойств качества решений, принимаемых в условиях неопределенности // Надежность. 2018. Т. 18, № 4. С.45–50.
- 8 В.А. Нетес. Объект в надежности: определение и содержание понятия // Надежность. 2019. № 4. С.3–7.
- 9 Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Серия 27. Выпуск 16.– М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2016. 56 с.
- 10 Г.А. Ершов, В.Н. Семириков, Н.В. Семириков. Чему верить? О системе стандартов «Надежность в технике» // Стандарты и качество. 2018. №8. 2018.
- 11 Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем // Изд-во С.-Петербургского университета. 2007. 276 с.
- 12 URL: <https://www.tc56.iec.ch/> (Дата обращения 20.05.2020).
- 13 А.С. Можаяев. Аннотация программного средства «АРБИТР» (ПК АСМ СЗМА) // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика ядерных реакторов». Раздел «Аннотации программных средств, аттестованных Ростехнадзором РФ»: науч.-техн. сб.– М. : РНЦ «Курчатовский институт», 2008, Вып. 2/2008, С.105–116.
- 14 А.С. Можаяев. Технология автоматизированного структурно-логического моделирования надежности, живучести, безопасности, эффективности и риска функционирования систем // Приборы и системы. Управление, Контроль, Диагностика. 2008. №9.
- 15 ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утверждены приказом Ростехнадзора №96 от 11.03.2013 г.
- 16 И.А. Можаяева, А.А. Нозик, А.В. Струков. Типовые примеры расчета функциональной безопасности систем противоаварийной защиты опасных производственных объектов // Сборник трудов двадцатой Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности» том 2, «Средства противодействия терроризму», ФБГУ РАН-Москва, НПО СМ - СПб., 2019, С.486–494.