

## Проблемы регламентации функциональной надежности средств измерений и управления в промышленных процессах

Е. В. ЮРКЕВИЧ, Л. Н. КРЮКОВА

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Москва, Россия,  
e-mail: yurk@ipu.ru

Рассмотрено понятие «функциональная надежность». Предложено использовать ситуационный принцип в стандартизации. Для повышения конкурентоспособности средств измерений и управления в промышленных процессах предложено разработать государственные стандарты, содержащие требования к их функциональной надежности (безопасности), гармонизированные с нормами, указанными в международных документах.

**Ключевые слова:** функциональные безопасность и надежность, безопасность технологий, программно-технические средства управления, государственный контроль технического уровня и качества, кадастр средств измерений и управления в промышленных процессах.

The concept «functional reliability» is considered. The use of situation principle in standardization is suggested. In order to improve the competitiveness of measuring instruments and control in industrial processes the development of state standards containing the functional reliability (safety) requirements harmonized with the international standards is proposed.

**Key words:** functional safety and reliability, safety of technologies, software-technical control means, state control of technical level and quality, cadastre of measuring instruments and control in industrial processes.

Современный этап социально-экономической жизни России ориентирован на обеспечение ее равноправного участия в сообществе наиболее развитых государств. В этой связи ставится задача гармонизации нормативных документов национального и международного уровней.

Принятая в России, как и в большинстве развитых стран, концепция добровольности применения стандартов базируется на принципах разработки сбалансированных рекомендаций, призванных оказывать содействие как изготовителю, так и потребителю продукции и услуг. В качестве обязательных определены лишь требования к безопасности, экологичности и совместимости средств и систем. При этом повышение темпов развития технологий определяет актуальность совершенствования законодательной базы по обеспечению безопасности их применения. Среди наиболее важных проблем этого направления можно выделить:

1) разработку комплекса технических регламентов как нормативно-правовых документов, определяющих:

целевую функцию производства, характеристики которого обеспечивают не только безопасность продукции, но и надежность достижения цели;

нормы, регламентирующие условия обеспечения надежности организации технологических процессов;

нормы, определяющие формирование надежных взаимосвязей между субъектами экономических отношений в реализации технологий;

2) гармонизацию требований национальных стандартов с международными нормами соответственно государственной политике по обеспечению надежности технологических процессов. Следует отметить, что в настоящее время необходимы нормативные документы, определяющие стратегию обеспечения надежности;

3) создание механизмов актуализации баз данных, содержащих сведения о традиционной продукции, новых разработках, возможностях модернизации и усовершенствования выпускаемых средств, повышения эффективности вза-

имодействия участников технологических процессов и их обеспеченности соответствующей информацией.

**Ситуационный принцип в стандартизации и функциональная надежность средств измерений и управления в промышленных процессах.** Сложность и многообразие современных производственных процессов, высокая динамика обновления технологического оборудования и многоцелевой характер его применения снижают возможность обеспечения технологии соответствующим набором нормативных документов национального уровня. В настоящее время требуется проведение реинжиниринга в стандартизации с целью кардинального изменения методов обеспечения безопасности и эффективности технологий. В качестве одного из направлений такого реинжиниринга может стать использование в стандартизации ситуационного принципа управления сложными системами, позволяющего повысить гибкость их организации. Для средств измерений и управления в промышленных процессах этот подход откроет новые возможности технологического развития.

На основе ситуационного принципа предлагается регламентировать диапазоны значений параметров не объекта стандартизации, а условий его функционирования. При этом в данной работе предлагается рассматривать нормы характеристик, определяющих назначение объекта стандартизации. Например, в технологический процесс требуется ввести измерительное устройство, контролирующее уровень некоторой среды в резервуаре. Традиционная схема регламентации предполагает разработку норм, определяющих предельные значения характеристик такого устройства (допустимую погрешность, потребляемую мощность, быстродействие, габаритные размеры и т. д.). В новой схеме регламентируются условия работы «некоторого устройства, информирующего о возможности выхода уровня среды в резервуаре как параметра технологического процесса за границы, определенные нормами этого процесса». В такие норматив-

ные документы предлагается вводить предельно допустимые значения параметров, характеризующих, например, факторы воздействия помех, интерфейсы, контролируемые и внешнюю среды и т. д. Особенностью такого нормирования является необходимость ограничений на цели использования данного устройства.

Строгость формулировки целевых установок определяет набор регламентируемых технических, организационно-экономических и правовых условий работы устройства. В то же время предлагаемый подход ориентирован на реализацию технологических процессов, в которых особое внимание уделяется параметру надежности. В [1] к основным характеристикам надежности отнесена «способность изделия выполнять требуемую функцию». Развитие наукоемких производств предполагает комплексное видение моделей управленческой деятельности с необходимостью расширения традиционного понимания надежности только как характеристики готовности, безотказности, ремонтоспособности, долговечности и сохраняемости средств и систем [2].

С расширением использования информационных технологий, человекомашинные системы рассматриваются как единое целое [3]. Поэтому предлагается вводить «адекватность персонала» и «адекватность реакций технологических средств на управленческие воздействия» в единый комплекс характеристик надежности средств измерений и управления. В таком представлении параметр надежности должен учитывать характеристики стабильности взаимодействия между специалистами (субъектами экономических отношений) и безопасности персонала при работе с техническими (программно-техническими) средствами.

Обобщив сказанное, можно заключить, что критерий эффективности построения систем измерения и управления должен включать характеристики надежности программно-технических средств, действий оператора и организационных решений руководства. Следовательно, актуален вопрос введения организационно-технологических критериев риска, позволяющих оценивать надежность средств измерений и управления, участвующих в промышленных процессах во многих аспектах. В таком понимании надежности предлагается выделять ее виды соответственно влиянию факторов, обуславливающих регулярность получения ожидаемых результатов реализации технологического процесса [4]:

системная, определяемая системообразующими факторами;

правовая, зависящая от оценок действенности законодательных норм (в том числе регламентов), налоговых установлений, социальных воздействий и т. д.;

экономическая, связанная с эффективностью инвестиций, финансовым положением разработчиков и операторов, уровнем доверия к информации, уровнем кредитора, устойчивостью валюты и т. д.;

функциональная, обусловленная факторами, влияющими на достижение цели реализации технологического процесса.

Числовые оценки видов надежности, а также их значимость могут определяться экспертно применительно к конкретному технологическому процессу. Методология формирования таких оценок аналогична используемой в стандарте [5], в котором вводится термин «функциональная безопасность» [6].

Предлагаемый подход основан на том, что соответствие характеристик средств измерений и управления нормам функциональной надежности должно подтверждаться с помощью контроля за следующими факторами: полнотой требований к условиям использования этих средств; соблюдением мер безопасности технологических процессов (например, целевых ограничений в регламентации функций, реализуемых в различных режимах); наличием возможностей компенсации случайных отказов технических средств, программного обеспечения, ошибок оператора, влияния внешней среды.

Примером, иллюстрирующим необходимость введения интегрального показателя надежности, является простой расчет вероятности получения истинных результатов измерения и управления. Пусть организация некоторого промышленного процесса такова, что каждый из перечисленных факторов появляется с вероятностью 0,9:

разработчики выдают нормативно-техническую документацию с уровнем бездефектности 0,9;

точность регламентации всех необходимых функций, выполняемых на различных режимах работы, составляет 0,9;

качество имеющихся технических средств измерений и управления таково, что вероятность их безотказной работы составляет 0,9;

вероятность отсутствия систематических отказов программного обеспечения составляет 0,9;

качество отладки программ таково, что вероятность отсутствия ошибок в результатах измерений равна 0,9;

отношение операторов к своим должностным обязанностям таково, что вероятность отсутствия ошибок управления составляет 0,9;

отношения сотрудников между собой и к выполнению заданий таковы, что вероятность отсутствия влияний внешней среды на результаты проводимых работ равна 0,9.

В связи с тем, что названные факторы взаимозависимы, рассмотрим их воздействие как цепь событий в реализации технологического процесса с условными вероятностями. В этом случае вероятность выполнения задания на реализацию данного процесса точно и в срок равна 0,47.

Проблема обеспечения надежности средств измерений и управления в промышленных процессах предполагает необходимость решения комплекса задач. На рисунке представлена одна из их систематизаций.

Важный шаг в обеспечении функциональной надежности средств измерений и управления в промышленных процессах — принятие национального стандарта [5]. В результате появились возможности:

обоснования требований к функционированию средств и систем, основанных на концепции риска;

повышения безопасности и экономичности функционирования отечественных средств автоматизации при помощи электрических, электронных, программируемых электронных систем;

использования системного подхода, обеспечивающего гибкость применения отдельных технологических разработок с учетом проблемы безопасности всей системы;

предоставления общего базового стандарта, который может непосредственно применяться в промышленности, а также быть основой для разработки стандартов других отраслей (например, на транспорте, в химических процессах, для медицины) или на продукцию (например, на системы электропривода).

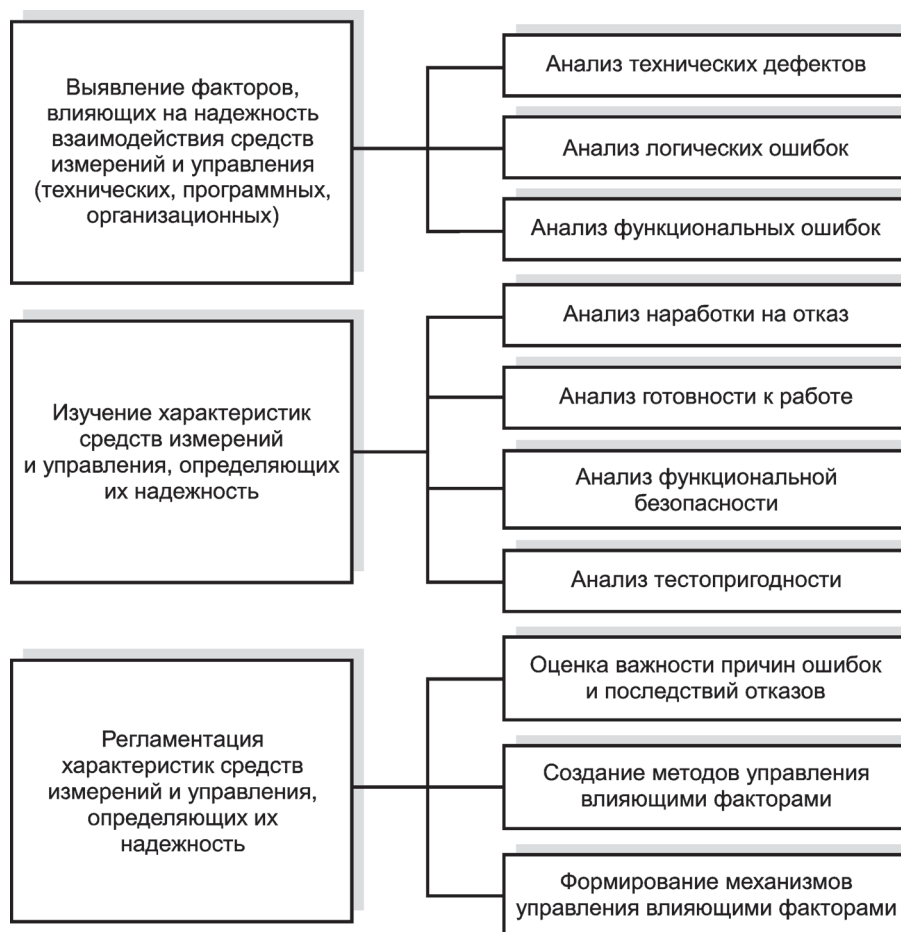
В [5] базовое понятие «безопасность» определено как «отсутствие недопустимого риска нанесения физического вреда или ущерба здоровью людей, являющегося прямым или косвенным результатом вреда имуществу или окружающей среде». Данная формулировка коррелируется с положениями Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании». При этом в [5] оценка функциональной безопасности как части общей безопасности, которая зависит от правильности реакции системы или оборудования на ее (его) входные сигналы, определяется как норма для характеристики технологий.

Для обеспечения снижения рисков до уровня, определенного спецификой конкретного технологического процесса, в [5] используется термин «системы, связанные с безопасностью». Работа таких систем неопасна сама по себе, но неправильный результат их работы может быть опасен для реализации технологического процесса. Следовательно, требуются системы, выполняющие функцию (или функции) безопасности. Технологически они могут быть выделены с помощью специального оборудования. При использовании ситуационного принципа в стандартизации такое оборудование может быть отнесено к внешней среде (в некоторых случаях система управления оборудованием может сама выполнять функции безопасности, тогда она также будет считаться системой, связанной с безопасностью). Чем выше уровни полноты безопасности, тем более строгие требования предъявляются к условиям работы системы, связанной с безопасностью [5].

В системах измерения и управления в промышленных процессах функции соблюдения безопасности обычно обеспечиваются с помощью средств информационных технологий. Однако их сложность делает практически невозможным полное описание всех видов отказов системы или испытания всех вариантов ее поведения, что затрудняет выявление условий достижения безопасности. Следовательно, уже на этапе проектирования средств измерений и управления требуется прогнозировать возможности опасных отказов или ограничивать случаи их появления [3].

Действенность таких ограничений во многом определяется полнотой анализа опасностей и, соответственно, формулировок требований к функции безопасности. Требования к условиям обеспечения безопасности обычно формируются на основе оценки риска. Часто общей особенностью указанных оценок является невозможность установления числовых значений, определяющих, что именно эти факторы максимально влияют на устойчивость управления технологическим процессом. Следовательно, актуальна проблема формирования норм, определяющих допустимые риски появления факторов, наиболее опасных для работы средств измерений и управления.

**Возможности государственного контроля за обеспечением функциональной надежности технологических**



Задачи обеспечения надежности средств измерений и управления

**средств.** Введение ситуационного принципа предполагает не только необходимость нормирования условий регулярного достижения целевых функций средств измерений и управления, но и формирование механизма, обеспечивающего соблюдение таких норм. Поэтому требуется создание института государственного контроля за обеспечением надежности в достижении цели разработки технических (программно-технических) средств измерений и управления. Одним из механизмов информационного обеспечения такого контроля может стать Государственный кадастр средств измерений и управления в промышленных процессах (далее — Кадастр). В качестве критерия для включения в Кадастр предлагается интегральная характеристика «функциональная надежность (безопасность)». Информационное наполнение Кадастра может стать базой для формирования государственной политики в технологическом оснащении производств.

Основанием для оценки функциональной надежности (безопасности) могут быть результаты государственной сертификации. Существующая система сертификации ГОСТ Р подтверждает соответствие требованиям только в части электробезопасности и электромагнитной совместимости технических и программно-технических средств. Отраслевые системы сертификации подтверждают соответствие характеристик средств и систем нормам, определенным в соответствующей области.

Важность формирования общих норм функциональной надежности (безопасности) определяет необходимость создания государственной системы сертификации средств измерений и управления в промышленных процессах на соответствие требованиям именно функциональной надежности (безопасности). Работу по установлению такого соответствия могли бы проводить специализированные межотраслевые центры по сертификации. Их деятельность должна регламентироваться органами государственного управления.

Заявителями, обращающимися в такие центры, будут разработчики и пользователи технических, программных, организационных систем, аппаратных и программных средств, а также работники промышленности, энергетики, транспорта, сельского хозяйства, образования, науки, где используются средства и системы обработки информации.

Цель предлагаемой системы сертификации — создание условий обеспечения функциональной надежности (безопасности) технических, программно-технических и организационных (в том числе экономических и правовых) систем на всех этапах их жизненного цикла.

Важной особенностью функциональной надежности (безопасности) средств измерений и управления является ее зависимость от полноты тестирования всей системы управления технологическим процессом, т. е. от количества дефектов и ошибок, не выявленных в процессе его разработки и применения. Поэтому установление соответствия характеристик средств измерений и управления требованиям нормативных документов предполагает определение полноты реализации функций, заложенных в задании на разработку технологического процесса в целом. В качестве важнейших составляющих процедуры такого установления можно принять анализ результатов испытаний аппаратных средств, просмотры (обзоры) программного обеспечения [7] и тестирование участников технологического процесса на надежность человеческого фактора при выполнении заданных требований.

Предполагается, что, кроме разрешительной функции для включения в Кадастр, сертификационные испытания на функциональную надежность (безопасность) призваны выявлять методологические условия появления опасных сбоев в технологическом процессе, а также обнаруживать и регистрировать дефекты и ошибки, допущенные при разработке технического задания и реализации данного процесса. Следовательно, встает проблема экспертизы:

корректности требований к системе управления технологическим процессом на удовлетворение исходных требований заказчика;

корректности требований высокого уровня, переработанных в архитектуру создаваемой системы управления, и в спецификации требований по функциональным компонентам низкого уровня, которые должны удовлетворять требованиям высокого уровня;

наличия ошибок в спецификации требований к функциональным компонентам и архитектуре системы управления; эффективности исходных тестов программных и информационных модулей.

Практически подтверждение соответствия установленным нормам должно проводиться в виде последовательно выполнения комбинаций из просмотров программного

обеспечения, анализов, разработки тестовых спецификаций, сценариев и процедур. Причем требования к средствам измерений и управления должны проверяться на корректность системных связей сверху вниз и внутреннюю корректность взаимодействия между требованиями внутри компонентов системы управления технологическим процессом, а также их пригодности для тестирования.

В результате испытаний должны быть обоснованы: функции технологического процесса и гарантии их выполнения;

требования к функциональности, эффективности и качеству разработанной системы управления;

формулировки каждого из требований как точного, однозначного, с гарантией того, что эти требования не конфликтуют друг с другом;

отсутствие конфликтов между требованиями к программному обеспечению и возможностям аппаратных средств, на которых оно реализуется;

гарантии того, что процессы разработки требований к реализации данного технологического процесса полностью соответствуют действующим стандартам на создание спецификаций требований, а какие-либо отклонения от них обоснованы;

включение функциональных характеристик в требования к данному технологическому процессу и его системе управления.

Важной составляющей в предлагаемом подходе к сертификационным испытаниям является введение механизмов подтверждения соответствия характеристик не только средств реализации самого технологического процесса, но и испытание тестов для их проверки [8]. Следовательно, требуется организация тестирования аналогично построению метрологических служб. С помощью испытания тестов, включающих сочетание сценариев тестирования и результатов функционирования средств измерений и управления, возможна максимизация эффективности обеспечения функциональной надежности (безопасности) создаваемых средств. Если недоучитывать важность решения поставленных проблем, то это грозит авариями, аналогичными произошедшей на Саяно-Шушенской ГЭС.

**Выводы.** Тестирование средств измерений и управления в промышленных процессах на функциональную надежность (безопасность) — действенный инструмент, подтверждающий точность и однозначность каждого из требований к технологическому процессу с гарантией отсутствия конфликтов между ними и требованиями к программному обеспечению и возможностям аппаратных средств, с помощью которых оно реализуется. Особенностью оценки функциональной надежности (безопасности) разрабатываемых средств является не только необходимость их испытания на соответствие требованиям технического задания, но и анализ тестов для их проверки. Разработка государственных стандартов на основе ситуационного принципа позволит повысить гибкость в построении технологических процессов.

Регламентация условий применения средств измерений и управления определит направленность результатов их функциональных испытаний. При этом возможна гармонизация требований национальных нормативных документов с нормами, указанными в международных документах.

Введение института государственных сертификационных испытаний может стать важным механизмом повышения конкурентоспособности средств измерений и управления путем подтверждения их соответствия международным нормам функциональной надежности (безопасности), а Кадастр средств измерений и управления — информационной базой для формирования технической политики в обновлении промышленного производства.

#### Л и т е р а т у р а

1. ГОСТ Р 27.002—2009. Надежность в технике. Термины и определения.
2. Каштанов В. А., Медведев А. И. Теория надежности сложных систем (теория и практика). М.: Европейский центр по качеству, 2002.
3. Юркевич Е. В., Кофанов Ю. Н., Старостин А. К. Нормативное обеспечение техники автоматизации. М.: ООО «Азбука», 2003.

4. Юркевич Е. В. Методологические особенности обеспечения надежности технологий предоставления услуг коммерческой компанией // Экономические стратегии. 2011. № 11. С. 100—107.

5. ГОСТ Р МЭК 61508-1—2007. Функциональная безопасность систем, электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч. 1. Общие требования.

6. Дэвид Дж. Смит, Кеннет Дж. Л. Симпсон. Функциональная безопасность: Простое руководство по применению стандарта МЭК 61508 и связанных с ним стандартов / Пер. с англ. М.: ИД Технологии, 2004.

7. Липаев В. В. Функциональная безопасность программных средств. М.: СИНТЕГ, 2004.

8. Бурлаков А. Б. и др. Особенности тестирования на функциональную надежность модели сложной системы // Вестник Калужского университета. 2010. № 3. С. 41—47.

Дата принятия 28.05.2012 г.

621.317.08:621.317.1:621.317.6:629.7.036.3:62-752:62-047.58:004

## Лингвистическая модель классификационных измерений распределений сигналов

А. А. ГОРШЕНКОВ, Ю. Н. КЛИКУШИН, В. Ю. КОБЕНКО

Омский государственный технический университет, Омск, Россия, e-mail: iit@omgtu.ru

*Предложена модель, позволяющая автоматически классифицировать распределения сигналов и любые другие ряды наблюдений. Принцип действия модели основан на измерении степени неупорядоченности (хаотичности) списка имен эталонов распределений случайных сигналов. Описан алгоритм оценивания положения неизвестного сигнала в классификационной системе.*

**Ключевые слова:** диагностика, идентификационные измерения, мера неупорядоченности, классификация и распознавание сигналов, хаос положений.

*A model allowing to classify automatically the signals distributions and the any other series of observations is suggested. The operating principle of the model is based on the measurement of the degree of disorder (state of chaos) of the name list of standards of random signals distributions. The algorithm of estimation of the position of unknown signal in classification system is described.*

**Key words:** diagnostics, identification measurements, disorder measure, classification and recognition of signals, static chaos.

Под классификацией понимается разделение группы объектов на некоторые части — подгруппы (кластеры, таксоны, сегменты), внутри которых объекты имеют общие, в определенном смысле, свойства. В познавательном отношении сложность процедуры классификации состоит в том, что, с одной стороны, объекты необходимо разделить на отдельные отличающиеся кластеры, а с другой — сделать так, чтобы в один и тот же кластер попали сигналы, имеющие нечто общее. Данное противоречие приводит к тому, что классификация становится оптимизационной процедурой и ее «правильность» во многом зависит от принятых пользователем критериев оптимизации. Более того, если учесть, что задачам классификации присуща высокая степень априорной неопределенности, то становится понятным, почему их решение не может быть однозначным.

В науке имеются примеры построения удачных и общезначимых классификаций, например, периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева [1]. В прикладном анализе данных [2—4] разработано определенное количество алгоритмов классификации и несколько вариантов их программной реализации.

Наиболее известные алгоритмы включены в состав таких популярных прикладных математических пакетов, как MATHEMATICA и STATISTICA [5]. Общей особенностью этих алгоритмов является то, что исходные данные представлены в форме таблицы типа «объект — свойство», которая рассматривается как математическая матрица [6]. Для выявления закономерностей, скрытых в матрице, применяют классические методы факторного, дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализа, которые позволяют визу-