

ВЕРИФИКАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОЦЕНКИ ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ ИЗДЕЛИЙ (DFMEA), С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РУССКОЯЗЫЧНЫХ ЛЕКСИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ

VERIFICATION OF REQUIREMENTS,
PROVIDED AS A RESULT
OF THE DFMEA ASSESSMENT, USING
RUSSIAN-LANGUAGE LEXICAL
INDICATORS

S. Smirnov

Summary. The paper considers the issue of verifying the quality of the mitigation measures description, provided as result of the FMEA assessment. The FMEA method, as a special case of the risk assessment problem, is based on initial data with a high degree of subjectivity, to reduce the impact of which the author suggests using the developed risk identification method with further analysis of the quality of the description of possible product requirements developed as a result of DFMEA. The lexical indicators used to assess the quality of the documentation obtained during the implementation of DFMEA are listed.

Keywords: FMEA, DFMEA, requirements management, requirements quality.

Смирнов Сергей Павлович

Аспирант, Российский технологический университет МИРЭА; РМР, Руководитель департамента управления проектами, ПАО «Вымпелком», г. Москва
smirnov.s.p1@edu.mirea.ru, spvert@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрен вопрос верификации качества описания мер по митигации (снижению) влияния отказов, получаемых в результате реализации метода оценки видов и последствий отказов сложных технических систем (FMEA). Метод FMEA, как частный случай задачи оценки рисков, основывается на исходных данных с высокой степенью субъективности, для снижения влияния которой автор предлагает использовать разработанный метод идентификации рисков с дальнейшим анализом качества описания возможных требований к изделию, разработанных в результате DFMEA. Перечислены лексические индикаторы, применимые для оценки качества полученной при выполнении DFMEA документации.

Ключевые слова: FMEA, DFMEA, качество требований, управление требованиями.

Введение

Анализ видов и последствий потенциальных отказов (Failure Modes and Effects Analysis — FMEA) — это один из значимых инструментов управления качеством изделий. При рассмотрении возможных проблем при эксплуатации продукции, преимущественно, рассматривается подмножество D-FMEA (Design- или Device-FMEA) — процесс, сфокусированный на периоде эксплуатации производимого устройства, включая прогностический анализ возможных отказов, их причин и рекомендаций по предотвращению отказов.

В ранее выполненной автором работе [1] отмечено, что базовая реализация FMEA имеет те же недостатки, которые существуют и для процессов управления рисками [2,3] в проектах по созданию систем и изделий: результаты применения метода не являются объективными и порождают те же требования к верификации результатов, что и при управлении рисками в общем.

В случае DFMEA, является интересной рассмотренная в [1] гипотеза о возможности применения к оценке качества описания мер по митигации рисков критериев, схожих с применяемыми для определения качества требований к системам. Действительно, меры по снижению негативного влияния риска, в общем смысле, являются требованиями к системе и должны соответствовать критериям качества, предъявляемым к требованиям согласно рекомендациям системной инженерии.

В работе [33] представлен разработанный инструмент автоматизации идентификации рисков, который, путем автоматизации процесса, направлен на снижение степени субъективности результатов идентификации рисков.

Настоящая статья представляет результаты развития работ [1,33], где были представлены описания метода, алгоритма и практической реализации инструмента

для автоматизации идентификации рисков. В рамках обсуждения результатов представлены характеристики, определения, рассмотрены признаки идентифицированных типов и примеров лексических индикаторов, применимых для верификации описаний мер митигации, полученных в результате исполнения процесса DFMEA.

Описание проблемы

В руководстве по написанию требований, подготовленном Международным советом по системной инженерии (INCOSE) [8] в центре внимания находится формулирование требований, т.е. однозначное и точное выражение обнаруженных требований. Требования формулируются на основе проведенного анализа информации об объекте, нужд и потребностей заинтересованных сторон, нормативных документов. То есть требования определяют — что хотят получить от системы заинтересованные стороны и какими свойствами должно обладать создаваемое изделие.

При формулировании требований ориентируются в первую очередь на естественный язык коммуникаций. В силу исторически сложившихся обстоятельств существует несколько проблем:

- ◆ в отечественной практике отсутствуют рекомендации по документированию требований, создающие представления «как хорошо» и «как плохо» с той же точностью, которая определяется сутью понятия «требование». Например, известный ГОСТ 34 представляет описание формата документирования, но не предъявляет требования к используемым формулировкам;
- ◆ описанные в литературе методы, критерии, признаки ориентированы на англоязычные тексты (что также отмечено в [4]) и их применение «в лоб» невозможно.

Целью данной работы является попытка идентифицировать (в т.ч. предложить русскоязычные, где существуют англоязычные), систематизировать критерии и дать рекомендации по написанию и верификации требований на русском языке, с учетом положения стандартов и наработок зарубежных авторов. В контексте рекомендаций по формулировке требований предполагается, что разработка метода верификации требований однозначно определяет набор критериев «как не надо» писать требования, а также описывает лучшие практики формулировок. При этом предполагается использование строго детерминированных алгоритмов — рассмотрение возможности применения нечеткой логики, нечетких алгоритмов и методов, а также сравнения с ними — не является предметом настоящей работы.

Подходы и материалы

В качестве основополагающих в данной работе использованы следующие источники:

- ◆ книга «Инженерия требований» Э. Халл [7];
- ◆ руководство по написанию требований INCOSE [8];
- ◆ международный стандарт ISO/IEC/29148 [9];

В качестве дополнительных источников для выявления рекомендаций для англоязычной литературы использованы работы [10–29] [32].

Для анализа функциональных возможностей инструментов оценки качества требований использованы инструменты, представленные в [17] [32]. Для них выявлены использованы критерии качества и применяемые индикаторы их достижения.

Результаты

Анализ функциональных возможностей инструмента оценки качества требований, описанного в [17] показал, что инструмент ориентирован на анализ соответствия структуры описания требования заложенному шаблону. Качество требования определяется по наличию всех индикаторов:

- ◆ наличие уникального идентификатора требования;
- ◆ наличия описания требования;
- ◆ наличия описания ценности для потребителя;
- ◆ наличия описания верификации результата;
- ◆ наличие ссылки на стандарт;
- ◆ наличие ссылки на аналогичное требование в другом продукте.

Анализ самих формулировок и определение качественной или некачественной формулировки не производится. В самой работе, при этом, в качестве примера формулировки требования приводится «The control and communication elements once dragged topology created using connection and saved as scenario file. The file once saved should be possible to load», что, согласно рекомендациям по написанию требований INCOSE [8], является как минимум двумя разными требованиями: первое описывает из чего собирается файл конфигурации для записи, второе — то что файл конфигурации можно загружать.

Недостатком инструмента является фиксированная структура представления требований, не позволяющая, например, адаптировать инструмент к применению для описания требований по ГОСТ 34.

В противоположность описанному инструменту, ARM Tool [32] [35], представляющий из себя реализацию

Таблица 1. Лексические индикаторы качества англоязычного требования (из инструмента NASA [32])

IMPERATIVE	CONTINUANCE	DIRECTIVE	OPTION	WEAKPHRASES	INCOMPLETES
shall must is required to are applicable are to responsible for will should	below: as follows: following: listed: in particular: support: and :	e.g. i.e. For example Figure Table Note:	can may Optionally	adequate as appropriate be able to be capable of capability of capability to effective as required normal provide for timely easy to	TBD TBS TBE TBC TBR not defined not determined but not limited to as a minimum

реверс-инжиниринга использовавшегося в NASA инструмента анализа требований, не производит анализ структуры документа, но сфокусирован на анализе текста и поиске в нем ключевых слов, характеризующих позитивные и негативные индикаторы (таблица 1):

Недостатками инструмента являются

- ◆ отсутствие анализа структуры документа, описывающего требования;
- ◆ ограниченный набор терминов в словаре;
- ◆ невозможность применения «в лоб» для русскоязычных текстов требований.

После изучения литературы, было отмечено, что конкретный термин «качество требований» не имеет четкого определения. В источниках указано, что требования должны обладать необходимыми характеристиками [8]:

Необходимость (Necessity)

Определение из ISO/IEC/IEEE29148: Требование должно определять существенную способность, характеристику, ограничение и/или показатель качества. Если требование будет проигнорировано или удалено, то при определении способности или характеристики системы возникнут недостатки, которые не смогут быть полностью устранены за счет реализации других требований. Необходимое требование применимо в настоящее время и в последующем отказ от него не предполагается. Требования с ограничениями по срокам применимости имеют четко описанные ограничения применения.

Метод автоматизированной верификации: отсутствует. На текущий момент, не существует строгих методов определения необходимости того или иного требования для реализации системы. Отчасти, необходимость требования может определяться историей

DFMEA-анализов по ранее производимым устройствам или ныне существующим аналогам изделий, в том числе конкурирующих производителей. Инструмент [33] предполагает автоматическое назначение мер митигации (требований к изделию для обеспечения его безопасного и надежного функционирования) по известным аналогичным случаям.

Лексические индикаторы: отсутствуют

Соразмерность (Appropriate)

Определение из ISO/IEC/IEEE29148: Конкретная цель и степень детализации требования должны соответствовать уровню структуры объекта, к которому это требование предъявляется (уровню абстракции). При этом отмечается, что следует избегать ненужных ограничений на архитектуру или проектные решения, и добиваться при этом максимально возможной независимости от способов реализации.

Метод автоматизированной верификации: в работе [13] для определения соразмерности предлагается использовать нумерацию, так как это позволяет организовать (сгруппировать) требования в иерархию. Детерминированный алгоритм может обнаружить иерархию вида «1., 1.1, 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3», однако, проанализировать находится ли требование «на своём месте» не сможет. Рекомендуется отслеживать описание способов реализации требования, так как требование не должно этого содержать, например, с использованием слов «путем, используя, с использованием, через». Злоупотребление союзами «когда, который, если, тогда» может указывать на избыток деталей в способе указания потока управления процессом или функцией.

Лексические индикаторы: «путем, используя, с использованием, через», «когда, который, если, тогда».

Однозначность (Unambiguous)

Определение из ISO/IEC/IEEE29148: Формулировка требования должна полностью исключать возможность неоднозначного толкования. Требование должно быть изложено простым, легким для понимания языком.

Метод автоматизированной верификации: Приведенные в литературе рекомендации по определению является ли требование однозначным, рассматривают поиск негативных лексических индикаторов, которые машина в состоянии выделить и сообщить о том, что необходимо скорректировать требование. В качестве таковых предложены:

- ◆ использование нескольких глаголов в неопределенной форме — подобные требования, скорее всего, нуждаются в разделении на несколько требований;
- ◆ использование личных и относительных местоимений «она, они, их, который, что»;
- ◆ размывание конкретных характеристик: «насколько это возможно; как можно меньше; где возможно; как можно больше; если это необходимо; при необходимости; по мере необходимости; согласно обстоятельствам; как требуется; в рамках целесообразного; если это осуществимо»
- ◆ использование «ленивчиков»: «и т.д., и прочие, и тому подобное»;
- ◆ использование неопределенных местоимений — «почти, любой, кто-нибудь, что-нибудь, мало, просто о, много, наиболее, много, несколько, немного, кто-то»;
- ◆ неточные (качественные, qualitative) термины:
 - ◆ Качество: хорошее, адекватное, эффективное и т.д.
 - ◆ Количество: достаточно, приблизительно и т.д.
 - ◆ Частота: почти всегда, как правило, и т.д.
 - ◆ Перечисление: несколько, которые должны быть определены, не ограничены и т.д.
 - ◆ Вероятность: возможно, может быть, обязательно.
 - ◆ Использование: адаптируемый, расширяемый, простой, знакомый, безопасный и т.д.

В качестве позитивных лексических индикаторов можно привести использование единиц измерения.

Лексические индикаторы: «она, они, их, который, что», «насколько это возможно; как можно меньше; где возможно; как можно больше; если это необходимо; при необходимости; по мере необходимости; сооб-

разно обстоятельствам; как требуется; в рамках целесообразного; если это осуществимо», «и т.д., и прочие, и тому подобное», «почти, любой, кто-нибудь, что-нибудь, мало, просто о, много, наиболее, много, несколько, немного, кто-то», «хорошее, адекватное, эффективное, достаточно, приблизительно, почти всегда, как правило, несколько, которые должны быть определены, не ограничены, возможно, может быть, обязательно, адаптируемый, расширяемый, простой, знакомый, безопасный».

Полнота (Complete)

Определение из ISO/IEC/IEEE29148: Формулировка требования должна исчерпывающе, исключая необходимость в дополнительной информации, определять способности, характеристики, ограничения, показатели качества, необходимые для удовлетворения потребности.

Метод автоматизированной верификации: Приведенные в литературе методы оценки полноты, в основном, базируются на оценке объема описания требования. Конкретных количественных характеристик, при этом, не приводится даже для англоязычного текста. Анализ лексических признаков показывает необходимость существования модального глагола в формулировке и рекомендацию избегать акронимов и сокращений (в связи с тем, что это может вызвать неоднозначность понимания).

Лексические индикаторы: «она, они, их, который, что», «насколько это возможно; как можно меньше; где возможно; как можно больше; если это необходимо; при необходимости; по мере необходимости; согласно обстоятельствам; как требуется; в рамках целесообразного; если это осуществимо», «и т.д., и прочие, и тому подобное», «почти, любой, кто-нибудь, что-нибудь, мало, просто о, много, наиболее, много, несколько, немного, кто-то», «хорошее, адекватное, эффективное, достаточно, приблизительно, почти всегда, как правило, несколько, которые должны быть определены, не ограничены, возможно, может быть, обязательно, адаптируемый, расширяемый, простой, знакомый, безопасный».

Единственность (Singular)

Определение из ISO/IEC/IEEE29148: Требование должно определять единственное (уникальное) свойство, способность, характеристику, ограничение или показатель качества.

Метод автоматизированной верификации: В литературе приводятся рекомендации обращать внима-

ние на наличие соединительных союзов «и, или, ни, пока, но». Модальный глагол в формулировке требования должен быть единственный, в противном случае это свидетельствует о том, что в проверяемой формулировке находится не одно требование. Размер текста должен быть не слишком большим, противное является признаком избыточности. Также отмечается, что использование знаков пунктуации может свидетельствовать о том, что требование стоит разделить на два или более. Согласно источнику [8] наличие пояснений или причины возникновения противоречат тому, что должно содержаться в требовании по определению из ISO/IEC/IEEE29148. Отслеживать данный индикатор машина может с помощью таких слов как: «для того, чтобы», «так как», «позволяя таким образом»

Лексические индикаторы: «и, или, ни, пока, но», «для того, чтобы; так как; для».

Реализуемость (Feasible)

Определение из ISO/IEC/IEEE29148: Требование должно быть реализуемым с учетом имеющихся ограничений на системные решения (например, стоимость, график работ, технические и технологические возможности, правовые и нормативные ограничения) и с приемлемым уровнем риска.

Метод автоматизированной верификации: по приведенным в литературе рекомендациям, не следует употреблять абсолютные обороты, так как их нельзя обеспечить. В данной работе такие слова будут обозначаться, как наречия времени. Автоматизированно возможно отследить данную характеристику, по таким словам, как: «все», «всегда», «никогда».

Лексические индикаторы: «все», «всегда», «никогда»

Верифицируемость (Verifiable)

Определение из ISO/IEC/IEEE29148: Требование должно быть структурировано и сформулировано таким образом, чтобы можно было получить приемлемые для заказчика доказательства реализации требования (верифицировать требование) на уровне, предусмотренном для подобных требований. Верифицируемость улучшается, если требование содержит измеримые количественные характеристики.

Метод автоматизированной верификации: на основании лексических индикаторов — отсутствует.

Лексические индикаторы: нет.

Правильность (Correct)

Определение из ISO/IEC/IEEE29148: Формулировка требования должна давать точное представление об исходной потребности.

Метод автоматизированной верификации: на основании лексических индикаторов — отсутствует. Возможны частные комплексные решения, основанные на анализе дерева требований — если рассматриваемое требование, все потомки и-или родительские требования имеют прочие признаки «хороших», то существует существенная вероятность того, что требование сформулировано корректно.

Лексические индикаторы: нет.

Соответствие нормам (Conforming)

Определение из ISO/IEC/IEEE29148: Отдельные элементы формулировки требования должны, при необходимости, соответствовать принятым стандартам, шаблонам и стилистическим нормам написания требований.

Метод автоматизированной верификации: в литературе описывается рекомендация по использованию определенных порядков слов для предложений формулировок. Однако данная рекомендация, применимая для детерминированной последовательности слов в английском языке, не может быть применена для русскоязычных текстов из-за существенно большей гибкости правил построения предложений в русском языке.

Лексические индикаторы: нет.

Выводы

Одной из существенных проблем, выявленных в настоящей работе, является недостаточный объем или отсутствие работ по анализу качества требований, созданных или адаптированных под русскоязычные тексты. В литературе не описаны русскоязычные корпуса текстов, пригодные для использования в качестве словарей лексических индикаторов качества требований. Предлагаемые в литературе шаблоны (паттерны) ориентированы на применение определенного английского языком порядка слов, что неприменимо для русского языка.

Разработанный автором инструмент для автоматизации идентификации рисков [33] предоставляет настраиваемую структуру представления информации о риске, что позволяет применять его для целей DFMEA. Представляется целесообразным расширение функциональности инструмента в части анализа вводи-

мого текста и наличие признаков сильных или слабых формулировок мер митигации отказов для устройств и изделий.

Описанные в литературе методы нацелены на выявление признаков «как не надо» и слабо сфокусированы на поиске положительных формулировок.

Выявленные лексические индикаторы могут быть как негативными — слово не должно употребляться, так и позитивными — употребление слова выглядит как признак хорошего требования.

Для выявления лексических индикаторов требуется лемматизация (приведение слова к его базовой форме,

без учета падежей, чисел, спряжений, ...), чтобы иметь возможность работать со словарем приемлемого размера.

Не для всех характеристик качества требований возможно автоматизировать поиск соответствующих признаков.

Термин «качество требований» в литературе формально не определен, существует лишь описание набора критериев, которым должно соответствовать качественное требование. Представляется целесообразным разработать математическую модель требования и целевую характеристическую функцию качества требования.

ЛИТЕРАТУРА

- Смирнов С.П. (2022) О возможности оценки достоверности результатов оценки видов и последствий отказов (FMEA) сложных технических систем на основе интеллектуального анализа коммуникаций, осуществленных в процессе идентификации рисков. Экология и техносферная безопасность: доклады I всерос. молодёжной науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. — Тула: Инновационные технологии, 2022.
- A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide), 6th edition. 2017 // Newton-square, PA: Project management institute, 2017.
- The standart for project management. 2017. // Newton-square, PA: Project management institute, 2017.
- Гайдамака К.И. (2021) Метод оценки качества технических требований на основе частеречных шаблонов и метрического классификатора // Информатизация и связь. 2021. № 8. С. 80–84.
- Белоногова А.Д., Огнянович П.А., Гайдамака К.И. (2021) Применение методов машинного обучения для обеспечения качества спецификаций требований // International Journal of Open Information Technologies. 2021. Т. 9. № 8. С. 30–35.
- Batrovrin V., Gaydamaka K. (2019) AUTOMATED SYSTEM FOR REQUIREMENTS ASSESSMENT // В сборнике: Proceedings — 2019 Actual Problems of Systems and Software Engineering, APSSE2019. 2019. С. 58–62.
- Халл Э., Джексон К., Дик Дж. Инженерия требований / пер. с англ. А. Снастина; под ред. В.К. Батоврина. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 218 с.: ил.
- (INCOSE), «Руководство по написанию требований», 2017.
- ISO/IEC/IEEE29148 «Системная и программная инженерия. Управление жизненным циклом. Инженерия требований».
- Pradip Kar, Michelle Bailey, Characteristics of Good Requirements, Minneapolis, Minnesota, 1996.
- G. Genova, J.M. Fuentes, J. Llorens, O. Hurtado, V. Moreno, «A framework to measure and improve the quality of textual requirements» Springer-Verlag, 2011.
- M.J. Ali, «Metrics for Requirements Engineering» 2006.
- George Koelsch, Requirements writing for systems engineering, APress 2016.
- Silva, Alberto. (2014). Quality of requirements specifications. 1021–1022. DOI:10.1145/2554850.2555115.
- Ramphal, Rohith Roopnarain. (2011). A QUALITY FRAMEWORK FOR SERVICES IN SHARED SERVICES ENVIRONMENTS. 8. 223–238.
- Mund, Jakob & Femmer, Henning & Méndez Fernández, Daniel & Eckhardt, Jonas. (2017). Does Quality of Requirements Specifications matter? Combined Results of Two Empirical Studies.
- Gopalakrishnan, Abhilash. (2017). Quiver-Requirement Quality Analyzer-A Method and Tool to Analyze Software Requirement Quality.
- Abhilash G, Ashoka Shyamaprasad, Abhinna Biswal, "Requirement Analysis in a Substation". IEEE, 2010.
- IEEE, "IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology". IEEE, 2002.
- Karl T. Ulrich, Steven Eppinger, "Product Design and Development". MIT Press, ISBN-13:978-0073404776, July 2011.
- James Kalbach, "Mapping Experiences-A Complete Guide to Creating Value through Journeys, Blueprints, and Diagrams", OReilly Media, ISBN-13:978-1-4919-2353-5, April 2016.
- John Musa, "Software Reliability Engineering: More Reliable Software- Faster and Cheaper", Tata McGraw Hill, July 2005
- Karl E Weigners, "Software Requirements". Microsoft Press, ISBN-13:978-0735679665, August 2013.
- Barry W. Boehm, "Guidelines for Verifying and Validating Software Requirements and Design Specifications", 1979.
- ISO/IEC TR24766:2009-Information technology — Systems and soft-ware engineering — Guide for requirements engineering tool capabilities.
- Roger Pressman, "Software Engineering: A Practitioner's Approach", 1Jun 2004.
- Juan M. Carrillo de Gea, Joaquin Nicols, Jos L. Fernndez Alemn, Ambrosio Toval, Christof Ebert, and Aurora Vizcano, "Requirements Engineering Tools", IEEE Software, July 2011.

28. Juan M. Carrillo de Gea A, Joaquin Nicols A, Jos L. Fernandez Alemn A, Ambrosio Toval A, Christof Ebert B, Aurora Vizcano C, "Requirementsengineering tools: Capabilities, survey and assessment", Elsevier -Information and Software Technology, April 2012.
29. "Matthias Weber, Joachim Weiber, Requirements Engineering in Au-tomotive Development: Experiences and Challenges", IEEE Software,2003.
30. Source Code for Quiver Analyzer [сайт] <https://github.com/Abh4git/Quiver> Дата визита 28.10.22
31. Scenario Editor and Visualizer [сайт] <https://github.com/Abh4git/ScenarioEditor> Дата визита 28.10.22
32. "Nathan Carlson, Phil Laplante The NASA automated requirementsmeasurement tool: a reconstruction", Innovations in Systems and Soft-ware Engineering, June 2014.
33. Смирнов С.П. (2022) Автоматизация идентификации рисков. Метод улучшения результатов применения методики оценки видов и последствий отказов (FMEA) при создании и эксплуатации сложных технических систем. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия "Естественные и Технические науки", 2022 № 9.
34. ISO/IEC/IEEE24765 Systems and Software engineering — vocabulary.
35. Automated Requirements Measurement Tool [сайт] <https://arm.laplante.io/> Дата визита 28.10.22

© Смирнов Сергей Павлович (smirnov.sp1@edu.mirea.ru, spvert@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА — Российский технологический университет