

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2018г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ
ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ КОСМИЧЕСКОГО
АППАРАТА»

Тема

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

код и наименование направления

09.04.01.03 «Информационные системы космических аппаратов и центров
управления полетами»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	доцент кафедры канд. техн. наук	<u>А.В. Барков</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>А.Э. Данилова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	нач. сектора АО «ИСС», канд. техн. наук	<u>Е.В. Ислентьев</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>Е.С. Сидорова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Изучение принципов формирования программной модели космического аппарата и обзор существующих подходов определения требований к программному обеспечению.....	9
1.4 Система поддержки принятия решения	9
1.5 Постановка цели и задач	11
1.6 Вывод по главе 1	12
2 Разработка метода автоматизированного формирования требований к программной модели космического аппарата.....	15
2.3 Разработка алгоритма метода	18
2.3.3 Автоматизированное принятие решений с помощью системы поддержки принятия решений.....	19
2.3.4 Анализ набора требований и выбор.....	20
2.4 Вывод по главе 2	21
3 Практическая реализация разработанного метода и проверка на требованиях к программной модели космического аппарата	23
3.3 Анализ результата.....	23
3.4 Вывод по главе 3	24
Заключение	26
Список сокращений	27
Список использованных источников	28
Приложение А Форма анкеты по разработке требований к программной модели космического аппарата.....	32

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день космические аппараты (КА) дают возможность человеку выполнить какую-либо работу по проведению исследований космического пространства или выполнить различного рода задачи, которые возможно сделать только в космическом пространстве. При разработке таких устройств необходимо тщательно продумывать все детали и проверять правильность их работы и взаимодействия. Для этого на наземном отладочном комплексе (НОК) отрабатывается бортовое программное обеспечение (БПО) с использованием программной модели космического аппарата (ПМКА). Качество программной модели [26, 27] напрямую зависит от корректности требований (*полнота, реализуемость, непротиворечивость*), которые определяют логику работы. На текущий момент разработка требований не автоматизирована и выполняется специалистом вручную. При разработке требований можно выделить следующие сложности:

- данные по космическим аппаратам и их моделям хранятся в неформализованном виде, что приводит к неоднозначному толкованию требований, за счёт чего на составление одного набора тратится порядка 2 месяцев;
- при составлении требований специалист может допустить ошибки в синтаксисе или формулировке требования;
- несколько версий документа требований для одного КА, в которых сложно отслеживать различные изменения и производить распространение этих изменений для унифицированных требований между КА;
- определение актуальности требований;
- длительный процесс формирования и согласования.

Таким образом, необходимо найти способ быстрой генерации на сколько возможно полных, согласованных и корректных требований к

ПМКА. В связи с чем, целью диссертационного исследования является повышение эффективности разработки требований и снижение сроков разработки ПМКА за счёт разработки метода автоматизированного формирования требований.

Для разработки данного метода необходимо выполнить следующие задачи:

- провести анализ процессов разработки ПМКА и процедур управления требованиями;
- разработать метод автоматизированного формирования требований к программной модели космического аппарата с помощью системы поддержки принятия решений;
- проверить работу метода на требованиях к ПМКА.

В первой главе научно-исследовательской работы описано изучение принципов формирования ПМКА, понятие ПМКА и требований, выделены процедуры управления требованиями и их недостатки, рассмотрены шаги этапа разработки требований и недостатки существующего подхода определения требований программной модели. Рассмотрен механизм систем поддержки принятия решений как один из способов для повышения эффективности разработки требований к ПМКА.

Во второй главе научно-исследовательской работы описывается разработка метода автоматизированного формирования требований к ПМКА, для которого подготавливаются параметрическая модель требования и параметрическая модель эталонного КА, дерево принятия решений на производственных правилах. Рассмотрен алгоритм метода и раскрыто содержание его этапов.

В третьей главе описана подготовка набора исходных данных, проверка метода и проведён анализ результата по набору требований, полученных ранее экспертом вручную.

Научная новизна заключается в разработке метода автоматизированного формирования требований к программной модели

космического аппарата на основе систем поддержки принятия решений, повышающего эффективность разработки набора требований.

Практическая значимость исследования заключается в сокращении сроков этапа разработки ПМКА для отработки бортового программного обеспечения при создании КА.

Объектом исследования является система требований к программной модели космического аппарата.

Предмет исследования: процесс формирования набора требований к ПМКА.

1 Изучение принципов формирования программной модели космического аппарата и обзор существующих подходов определения требований к программному обеспечению

[Изъято главы 1.1-1.3]

1.4 Система поддержки принятия решения

Для решения такой проблемы предлагается использовать один из методов организации взаимодействия человека и компьютера – системы поддержки принятия решений (СППР) [8-11, 29]. СППР – это класс систем, позволяющий разработчику за счёт возможностей современных электронно-вычислительных машин по сбору, хранению и обработке информации, на основе ряда конкретных моделей, алгоритмов, инструментальных средств, правил построения сценариев развития и выбора совокупности критериев, принимать обоснованные решения в сложных ситуациях. В основном, такие системы используют для решения задач, которые возникают при поиске решения в управленческой деятельности[24].

Определение решения в таких системах происходит в результате итерационного процесса, схема которого представлена на рисунке2, в процессе участвуют [12]:

- СППР в роли вычислительного звена и объекта управления;
- человек как управляющее звено, задающее входные данные и оценивающее полученный результат вычислений на компьютере.

Окончание итерационного процесса зависит от решения человека, что даёт возможность системе создать новую информацию для принятия последующих решений. Такое качество рассматриваемых систем позволит в дальнейшем отслеживать актуальность входных данных системы, что положительно повлияет на качество решения.

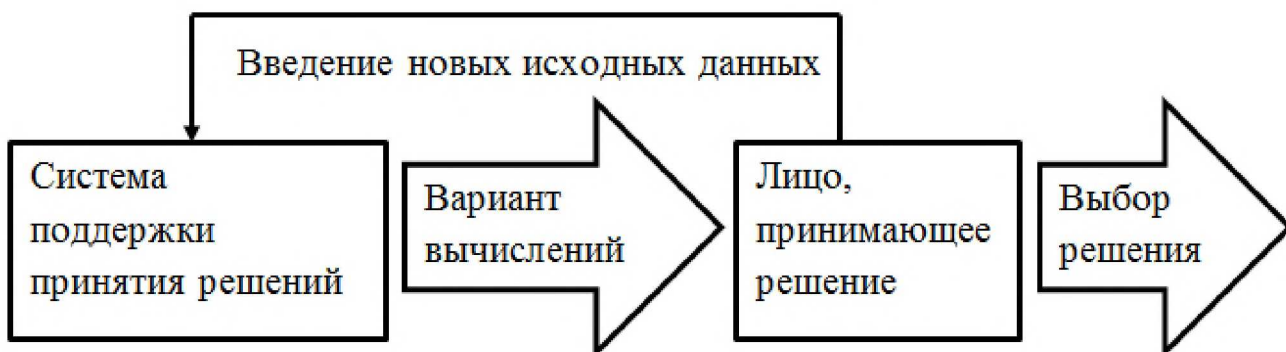


Рисунок 2 – Итерационный процесс информационной системы поддержки принятия решений

СППР обладает такими отличительными характеристиками, как ориентация на решение плохо структурированных задач и высокая адаптивность, обеспечивающая возможность приспособливаться к особенностям имеющегося технического и программного обеспечения, а также требованиям пользователя, что не маловажно в рамках диссертационной работы. СППР ориентирована на:

- анализ больших массивов данных;
- моделирование процессов предметной области и прогнозирование;
- нахождение зависимостей между данными.

Существуют различные классификации СППР, например, они могут быть пассивными, активными или кооперативными на уровне пользователя, управляемые данными, сообщениями, документами, знаниями или моделями – на концептуальном уровне, в зависимости от данных, с которыми эти системы работают, СППР делят на оперативные и стратегические. Для анализа больших объёмов различной информации и поиска оптимальных решений хорошо подходят стратегические СППР.

Для построения таких систем используют различные подходы. Например, логический подход построен на основе Булевой алгебры и

нечёткой логики, что даёт возможность разработчику такой системы указать все нужные варианты правил, на основе которых система будет выдавать решения при анализе критериев. Нечёткая логика в таких системах позволяет принимать промежуточные решения, которые дают возможность отсортировать данные для дальнейшего выбора пользователя. Для такого подхода характерен полный перебор вариантов. Также применяют структурный подход, который основан на моделировании структуры человеческого мозга, что при работе с такой системой выглядит как выполнение разумных действий. А при построении модели и правил, по которым она может изменяться, применяют эволюционный подход. Есть ещё один подход, который применяется в таких обстоятельствах, когда нет возможности использовать полную информацию об объекте, она либо не известна, либо не несёт пользы при нахождении решения. Такой подход к построению СППР называется имитационным. На практике чаще всего используют системы, основанные на комбинациях перечисленных подходов, так как у каждого из них есть свои достоинства и недостатки.

Таким образом, СППР, построенная на логическом подходе, решит те проблемы, которые связаны с количеством данных, обработкой различных критериев разработчика, позволит пользователю самому принять выбор в уникальных особенностях той ПМКА, которую он будет разрабатывать. И, что не маловажно, выдаст оценки требованиям, которые связаны с различием специфики на основании правил построения сценариев развития.

1.5 Постановка цели и задач

Целью диссертационного исследования является повышение эффективности разработки требований и сокращение сроков разработки ПМКА за счёт разработки метода автоматизированного формирования требований. Эффективность определяется обеспечением требований следующими характеристиками: высокий процент полноты и правильности

формулирования данных, высокая вероятность возможности выполнения требований (реализуемость), полная верифицируемость и актуальность требований.

Предметом исследования является процесс формирования (разработки) требований.

Объектом исследования является система требований к программной модели космического аппарата.

Таким образом, для разработки данного метода необходимо выполнить следующие задачи:

- провести анализ процессов разработки ПМКА и процедур управления требованиями;
- разработать метод автоматизированного формирования требований к ПМКА с помощью СППР;
- проверить работу метода на требованиях к ПМКА.

Допущения:

- информация по требованиям на ПМКА актуальна и полна;
- в работе не будет рассмотрен слой под спецификацию аппаратуры космических аппаратов.

Ограничения:

- корректные входные данные;
- эксперимент будет проводиться по одному направлению требований.

В разработке будет использоваться параметрическая модель и дерево принятия решений в составе системы поддержки принятия решений.

1.6 Вывод по главе 1

В главе была рассмотрена роль ПМКА при разработке сложных бортовых систем: сокращение убытков при поломке каких-либо деталей во время тестирования из-за их существенной стоимости и сокращение сроков

проверки из-за возможности проводить испытания для отдельных частей КА одновременно. Рассмотрено понятие ПМКА, его состав и жизненный цикл, включающий в себя такие этапы, как создание исходных данных на компоненты и создание ИД на ПМКА, разработка и автономное тестирование моделей систем, подготовка ПМКА для системного тестирования бортового комплекса управления, СТ моделей систем, подготовка ПМКА для СТ ПО систем, сопровождение НОК. В том числе выделено, что от качества разработанных на первом этапе требований зависит как частота таких повторений, что негативным образом сказывается на сроках разработки, так и качество разрабатываемой ПМКА в целом.

Во втором разделе главы рассмотрено понятие требований и выделены характеристики, которыми должны обладать требования, такие, как завершенность, последовательность, актуальность, выполнимость, недвусмысленность, обязательность и т.д. В том числе выделены процедуры управления требованиями, такие как процедура формулировки, изменения и хранения требований и составление матрицы трассируемости. Выделены недостатки перечисленных процедур: длительность сроков согласования и сложность отслеживания документов для внесения изменений.

Перечислены недостатки существующего подхода, в том числе отсутствие автоматизации процесса разработки требований, что приводит к увеличению сроков разработки ПМКА в целом, отсутствие точной структуры документа, отсутствие формализации, ручной сбор информации, большое количество времени, затрачиваемое на согласование, ошибки в плане неверной и не полной формулировки данных, некачественные документы требований и необходимость в дальнейшей их доработке, а иногда и необходимость в повторной разработке модели. Рассмотрены шаги этапа разработки требований, выделены причины, по которым весь этап может повторяться несколько раз: изменение требований заказчика и ошибки разработчика, что может приводить к большим потерям временных ресурсов.

Сделан вывод, что существующий на сегодняшний день подход разработки требований к ПМКА не эффективен.

Рассмотрен механизм СППР. В основном, такие системы используют для решения задач, которые возникают при поиске решения в управленческой деятельности, потому как необходимо учитывать много различных критериев. Рассмотрены отличительные характеристики таких систем и подходы, которые используют при их создании. СППР, построенная на логическом подходе, решит проблемы, связанные с количеством данных, обработкой различных критериев разработчика, позволит пользователю сделать выбор уникальных особенностей разрабатываемой ПМКА.

Таким образом, необходимо разработать такой метод, который позволит уменьшить срок разработки требований, а также снизит долю человеческого фактора при разработке документов и поможет отслеживанию новых версий требований.

Для этого необходимо задать правила обработки ИД в требования, добавить пользовательские возможности, провести проверку составленного документа человеком и разработанным ПО.

2 Разработка метода автоматизированного формирования требований к программной модели космического аппарата

[Изъято главы 2.1-2.2]

Для метода автоматизированного формирования требований к ПМКА обозначена необходимость в разработке следующих средств механизма СППР:

- параметрическая модель требования;
- дерево принятия решений на продукционных правилах.
- разработка шаблонов документа требований.

Исходные данные на ПМКА разрабатываются специалистом с определённой квалификацией и опытом, при этом используется ряд разрозненных данных, нет точной структуры, которая бы определяла вид документа и его содержание. Для параметрической модели необходимо подготовить исходные данные[25], формализовать требования и определить параметры, которые влияют на использование того или иного требования в конкретном наборе для ПМКА. Параметрическая модель поможет корректно построить документ и, при этом, не нарушится целостность структуры базы данных (БД), в которой мы будем хранить в последующем информацию о каждой программной модели.

Прежде чем разработать параметрическую модель проведём анализ подготовки требований, который происходит следующим образом: сначала находятся все исходные данные на готовые ПМКА, выявляются объекты и атрибуты для будущей системы. Каждый документ требований проходит сортировку по платформе, затем определяются унифицированные требования (т.е. те, которые повторяются в каждом документе для каждой ПМКА) и выбирается их корректная формулировка, остальные считаются уникальными для каждой ПМКА.

В результате анализа документов требований выделены следующие объекты для хранения информации о требованиях в БД: платформа, тема, ПМКА, компонент, требование, синоним (ключ), пользователь, словарь, тип-

список, тип-алгоритм и тип-условие, словарь элементов типа-списка и типа-алгоритма. Далее следует разработать и определить иерархию реляционной модели(на верхнем уровне платформа, далее тема, затем ПМКА, компонент, требование). ER-диаграмма реляционной модели требований представлена на рисунке 3.

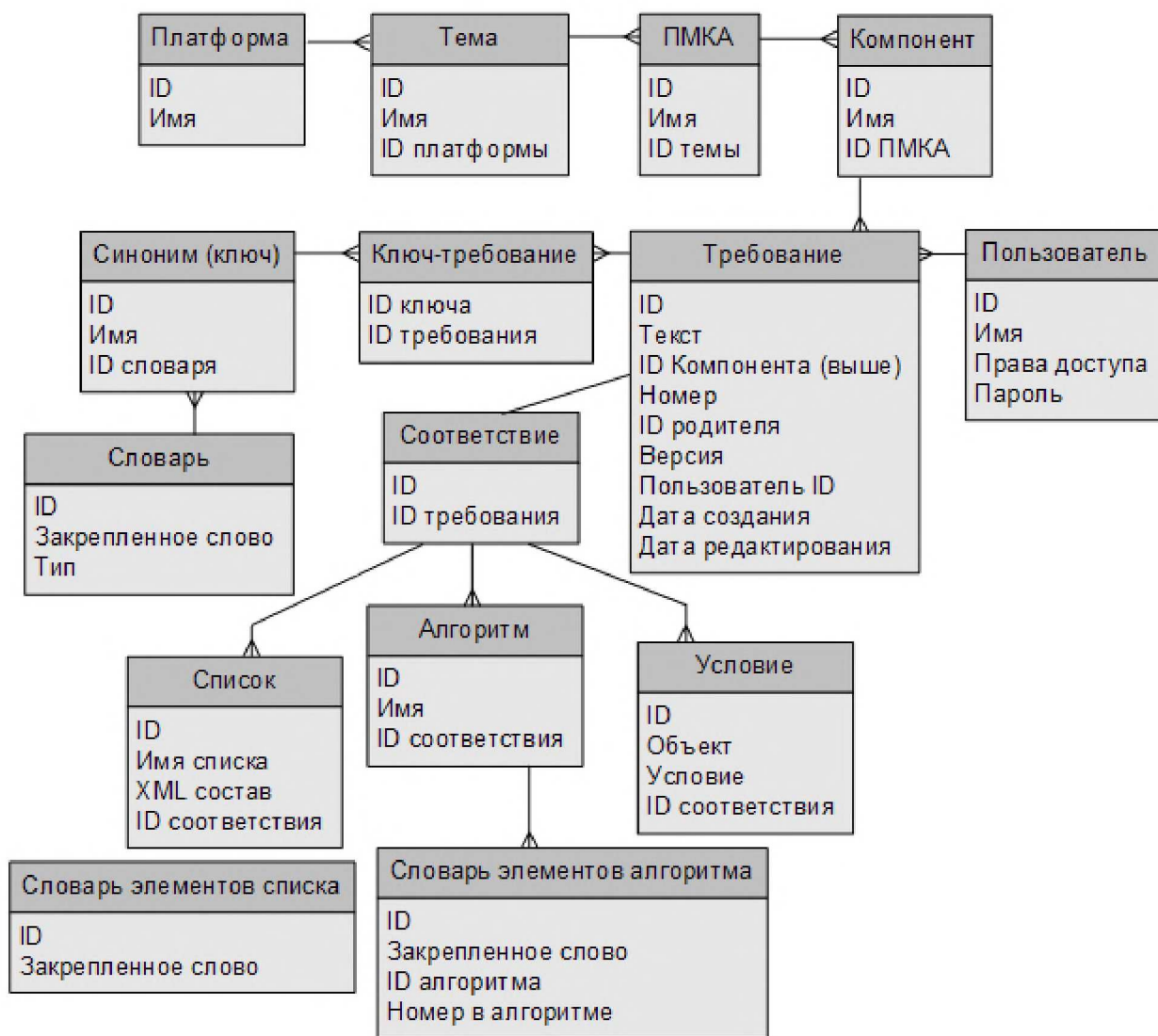


Рисунок 3 – ER-диаграмма реляционной модели требований

Рассмотрим подробнее объекты ER-диаграммы. Такие объекты, как «платформа», «тема», «ПМКА», «компонент» определяют особенность требования, поясняют, к какому документу можно отнести данное

требование, что непосредственно помогает сохранять целостность структуры БД. Для таких объектов не выделяется множество атрибутов, необходимо знать только их идентификатор, имя и связь с предыдущим объектом. Объект «требование» - является очень сложным центральным элементом для ER-диаграммы, так как для его пояснения необходимо множество зависящих объектов. Этот объект характеризуется следующими атрибутами: идентификатор, текст с формулировкой самого требования, идентификатор компонента, к которому относится требование, номер раздела для отслеживания положения в структуре документа, идентификатор родителя для поддержания вложенности, версия, идентификатор пользователя, создавшего или редактировавшего данное требование, дата создания и редактирования. Объекты «синоним (ключ)» и «словарь» нужны для последующей формализации. Синоним собирает с требования основные «ключевые слова», а в словаре определяется единая формулировка для схожих слов. Для связи с требованиями используется связующий объект «ключ-требование». Объект «пользователь» содержит в себе атрибуты для базовой информации о том, кто редактирует или создаёт требование.

Остальные объекты поясняют тип требования: «список», «алгоритм», «условие». Объект «список» определяется именем списка и XML составом, состав делится на элементы, которые можно выбирать, используя «словарь элементов списка». Объект «алгоритм» определяется именем алгоритма и соответствием. Элементы алгоритма выбираются из «словаря элементов алгоритма», который позволяет определять последовательность событий, описанных в закреплённых словах. Объект «условие» определяется объектом, к которому поставлено условие и самим поставленным условием, которое имеет конструкцию «если... то...».

Для отслеживания корректности принятия решения на подготовительном этапе используется такое средство уточнения содержания, как формализация [16]. Формализация - это представление самых разнообразных объектов путем отображения и изображения их содержания и

структуры в знаковой форме, при помощи самых разнообразных "искусственных" языков, к числу которых относится язык математики, математической логики, химии и других наук. Использование специальной символики в этих науках является одним из необходимых методов отражения действительности человеком.

Тип требований определяется формулировкой. В зависимости от неё определяем основные моменты, ключевые слова и определяем тип. Например, требование условие, которое состоит из действия и объекта-условия, требование-алгоритм, которое описывает последовательность определённых действий, требование-список, представляющее собой перечень элементов, объединённых одним критерием.

2.3 Разработка алгоритма метода

[Изъято главы 2.3.1-2.3.2]

На основании проделанной работы по анализу множества документов требований построен алгоритм для метода автоматизированного формирования требований, состоящий из следующих этапов:

- 1) выбор типа КА, выбор эталонного КА, выбор отличительных особенностей;
- 2) определение не зависящих от типа КА требований;
- 3) выбор отличительных особенностей и исключение индивидуальных требований;
- 4) автоматизированное формирование наборов требований с помощью СППР;
- 5) анализ набора требований и их выбор;
- 6) автоматическое формирование документа требований по шаблону.

Результатом работы метода является перечень наборов требований: рекомендуемые требования из эталона, типовые требования к ПМКА,

исключённые. При этом набор исключённых требований пользователю не предоставляется.

Для начала работы необходимо обозначить всех участников в разработке текущего документа, название платформы и темы, дату составления/редактирования. Таким образом, будут подготовлены данные для заполнения титульного листа в шаблоне. Затем приступаем к работе непосредственно с определением критериев для нашей разработки и выбором начальных параметров, доминирующих в определении решения.

2.3.3 Автоматизированное принятие решений с помощью системы поддержки принятия решений

Осуществляется обработка набора требований, а именно производится отсеивание индивидуальных требований, и оставшийся набор проверяется на непротиворечивость. К индивидуальным требованиям можно отнести такие требования, которые среди всего текущего набора встретились только один раз. Исключением будут являться требования из эталонного КА, требования, подходящие к той аппаратуре и/или орбите, которую указал пользователь при настройке набора требований, а также не исключаются выбранные пользователем требования, отражающие уникальность КА. Если пользователь не проводил настройку набора требований, то уникальные требования не исключаются, но при этом им присваивается принадлежность к набору с самым низким статусом. Непротиворечивость проверяется производственными правилами, связанными с аппаратурой, соответствием состава КА и соответствием разделу документа.

Далее осуществляется сортировка требований с использованием производственных правил, а представление результата формируется по принципу «от более подходящих требований к ПМКА, к менее подходящим». Считается, что самым «подходящим» является такое

требование, которое принадлежит эталонному КА и, среди количества используемых в наборе ПМКА, требование встретилось более чем в 80%.

Результат представляет собой следующие группы наборов требований:

- рекомендуемые требования из эталона;
- рекомендуемые из подходящих;
- возможные требования из эталона;
- возможные из подходящих;
- исключенные требования.

Последняя группа составляется в том случае, если пользователь не делал выбор на этапе настройки набора требований. Так же составляется набор исключённых требований, который не отображается пользователю.

2.3.4 Анализ набора требований и выбор

При получении готовых наборов с рекомендациями пользователем осуществляется анализ, по завершению которого определяется полный набор требований для текущей работы и шаблон документа требований. Шаблон документа разрабатывается заранее, исходя из актуальных версий документов, и составляется в 3 этапа. Первый определяет структуру всего документа. Под структурой документа следует понимать титульную часть, оформление содержания, оформление и порядок расположения глав (частей) документа, возможно оформление вложений, списка ссылочных источников, расшифровки сокращений, таблицы соответствия. На втором этапе определяются такие моменты, которые аналогично описываются в подобной документации, т.е. такие строки документа, которые присутствуют в каждом из них (на пример аннотация). Остальное заполняется макросами для дальнейшей вставки определённых элементов, таких как: дата составления (редактирования), название темы, участвующие в разработке, требования к разделу и т.д.

Автоматическое формирование документа требований по шаблону является заключительным этапом создания готового документа, при котором все требования, выбранные пользователем (разработчиком), распределяются по структуре шаблона таким образом, чтобы соответствовать разделу, к которому они принадлежат. По окончании формирования создаётся документ «ид на модель.doc», который является готовым документом требований на конкретную программную модель.

Отдельно следует описать функцию внесения новых данных. Такая информация должна иметь статус с атрибутами: предложено, принято, подтверждено. После внесения требования, определяются ключевые слова, из которого оно состоит, определяется тип, к которому оно относится. Если требование сложное, это так же отражается через соответствие его составных частей к типам.

Для каждого требования следует выделить такой атрибут как «приоритет важности выполнения» с такими значениями: критические (основные), важные (необходимые), полезные (нужны при особых обстоятельствах). Приоритет по умолчанию ставится в значение «полезные» для каждого требования, пока не будет выбран один из возможных вариантов.

2.4 Вывод по главе 2

В данной главе определены средства, необходимые для осуществления разработки СППР: параметрическая модель требования и дерево принятия решений на продукционных правилах. Проведён анализ требований и построена реляционная модель, необходимая для хранения информации о требованиях.

В первом разделе главы рассмотрена разработка параметрической модели требования, которая состоит из 15 параметров, а также, для проверки промежуточных гипотез об оценке соответствия, разработана

параметрическая модель эталонного КА, состоящая из 4 параметров. Выделены параметры промежуточных гипотез о состоянии оценки принадлежности, количества повторений, оценки актуальности и непротиворечивости, которые влияют на определение набора требований.

Во втором разделе построено дерево принятия решений и разработано 42 продукционных правила, на основании которых определяется решение по рекомендации того или иного набора требований.

Разработан алгоритм осуществления цели диссертационной работы, который состоит из 6 этапов. Раскрыто содержание каждого этапа.

3 Практическая реализация разработанного метода и проверка на требованиях к программной модели космического аппарата

[Изъято главы 3.1-3.2]

3.3 Анализ результата

Проверка метода проводится в следующей последовательности: при получении результата проводим анализ составленным набором требований с помощью метода автоматизированного формирования требований к ПМКА, на основе данных, полученных ранее экспертом вручную. В исходном варианте набора требований заданного проекта ПМКА 31 требование, а при проведении эксперимента получено 34 требования.

Далее эксперт проверяет рекомендуемые с помощью метода наборы требований и сравнивает их с исходным вариантом документа требований на полноту и непротиворечивость. В результате работы метода совпало 29 требований с исходным вариантом, и было предложено дополнительно 5 требований, из которых 1 требование частично подходит по своему значению. При этом не хватает 1 требования, описывающего состав бортовой комплекс управления, что объясняется таким фактом, как уникальность состава данной системы.

По окончании проверки проводим анализ по эффективности метода, а также проверяем, во сколько раз быстрее проведена разработка набора требований для конкретного проекта ПМКА. Для определения времени разработки набора требований без использования метода было проведено анкетирование 5 экспертов, форма анкеты приведена в приложении А. По результату анкетирования, был построен график среднего времени разработки набора требований к ПМКА, который представлен на рисунке 11. Также на данном графике красной линией обозначено время, затраченное на создание набора требований с использованием метода автоматизированного формирования требований к ПМКА.

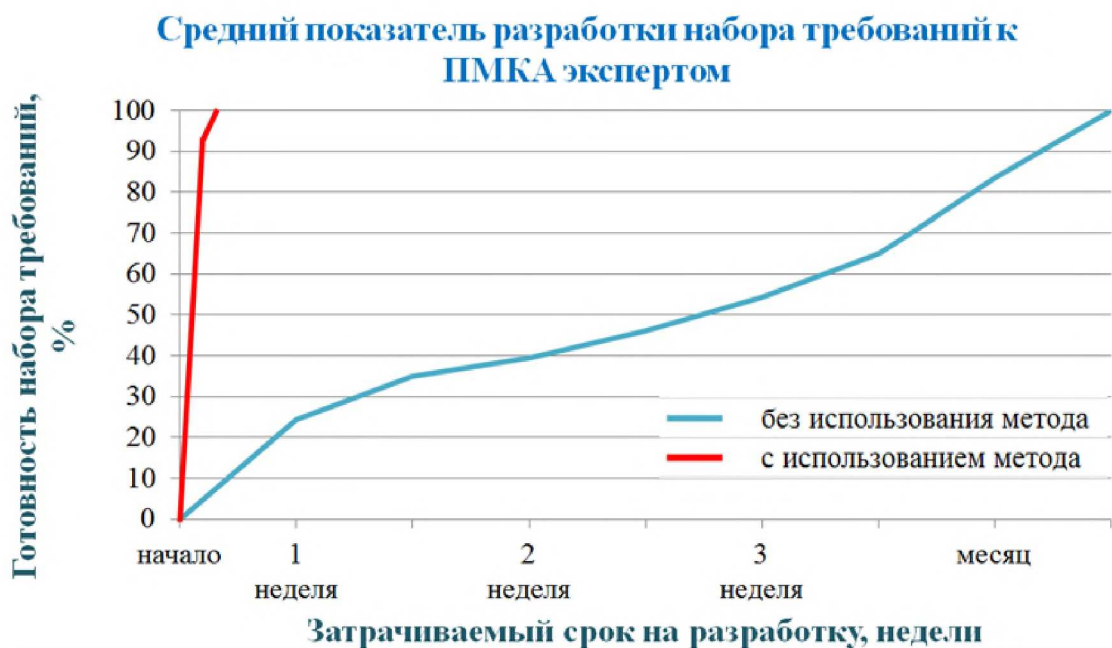


Рисунок 11 – График среднего времени разработки набора требований к ПМКА

Во время анализа выявлено, что срок разработки набора требований к ПМКА сократился в 30 раз, полнота набора при этом с учётом мнения эксперта одополнительных требований составляет 100%, также требования, рекомендованные к использованию являются непротиворечивыми и проверяемыми.

3.4 Вывод по главе 3

В первом разделе главы проведена работа по подготовке исходных данных. Разработаны и описаны модули для системы поддержки принятия решений по формированию набора требований. Описан процесс работы СППР по формированию набора требований.

Проведён эксперимент, в основу которого было взято 4 проекта ПМКА и обозначено условие составления нового набора требований. В результате эксперимента составлено 3 группы наборов требований: набор требований из

эталона – 25, набор типовых требований к ПМКА – 5 и набор возможных требований из эталона – 4.

Проведён анализ результата работы метода, который показал, что срок разработки набора требований к ПМКА сократился в 30 раз, полнота набора при этом с учётом мнения эксперта о дополнительных требованиях составляет 100%, также требования, рекомендованные к использованию являются непротиворечивыми и проверяемыми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате диссертационного исследования был рассмотрен процесс разработки программной модели космического аппарата и выявлены проблемы при разработке требований к ПМКА, такие как длительность сроков составления набора требований, возможность дублирования одного и того же требования разной формулировкой, а отсутствие формализации требований приводит к их различному пониманию со стороны специалистов, использующих требования при работе.

В процессе работы были решены следующие задачи:

1) проведён анализ жизненного цикла разработки ПМКА и процедур управления требованиями, выявлены недостатки: допущение ошибок при ручном составлении, появление противоречивых требований и большая продолжительность сроков разработки;

2) разработана параметрическая модель требования из 14 параметров и дерево принятия решений на 42 производственных правилах, которые легли в основу СППР. Разработан метод автоматизированного формирования требований к ПМКА (5 этапов);

3) проведена проверка метода на программной модели для КА связи. Срок разработки документа требований – 30 дней, с использованием метода – 1 день, что доказывает повышение эффективности разработки требований.

По теме исследования опубликована 1 статья [33].

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БА	–	бортовая аппаратура;
БД	–	база данных;
БПО	–	бортовое программное обеспечение;
ИД	–	исходные данные;
КА	–	космический аппарат;
НОК	–	наземный отладочный комплекс;
ПМКА	–	программная модель космического аппарата;
ПО	–	программное обеспечение;
СППР	–	система поддержки принятия решений;
СТ	–	системное тестирование;
ТЗ	–	техническое задание.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 154.10900-01 99 01 Наземный отладочный комплекс. Термины и определения. 2013г.
- 2 ECSS-E-40-1B Программное обеспечение. Принципы и требования. 2013г.
- 3 Липаев, В.В. Документирование сложных программных средств. – М.: СИНТЕГ, 2005. – 216 с. (Серия «Управление качеством»).
- 4 IEEE Std 610.1 Standard Glossary of Software Engineering Terminology
- 5 ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. 2012г.
- 6 ESAPSS-05-0 Стандарты European Space Agency по разработке программного обеспечения.
- 7 Trey Nash C# 2010: ускоренный курс для профессионалов. : Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 592 с. : ил. – Парал.тит. Англ.
- 8 Ларичев, О.И., Петровский, А.В. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития. // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. – Т.21. М.: ВИНТИ, 1987, с. 131-164.
- 9 Попов, А.Л. Системы поддержки принятия решений: Учебно-метод. Пособие – Екатеринбург: Урал.гос. ун-т, 2008. – 80 с
- 10 Системы поддержки принятия решений : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / под ред. Халина, В.Г., Черновой Г.В. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 494 с. — Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс.
- 11 Прокопенко, Н.Ю. Системы поддержки принятия решений [Электронный ресурс]: учеб. пособие /Н. Ю. Прокопенко; Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. – 188 с.

- 12 [Электронный ресурс]: Понятие системы поддержки принятия решений (СППР). Характеристика и назначение. Режим доступа: <http://lektsii.org/16-78801.html>
- 13 Von Bertalanffy L. General System Theory // A Critical Review. «General Systems». 1962. Vol. VII. P. 1—20 / пер. Н. С. Юлиной [Электронный ресурс] URL: <http://www.evolbiol.ru/bertalanfi.htm>
- 14 Уемов, А. И. Системный подход и общая теория систем. М. : Мысль, 1978.
- 15 Орлов, А. И. Теория принятия решений : учебник. — М. : Экзамен, 2006 [Электронный ресурс] URL: <http://www.aup.ru/books/m157/>
- 16 Волкова, В. Н. Постепенная формализация моделей принятия решений. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. — 120 с.
- 17 Леффиингуэлл, Дин, Уидриг, Дон. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 448с.
- 18 Вигерс Карл, Битти Джой. Разработка требований к программному обеспечению. - СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 736 с.
- 19 ГОСТ19.201-78. Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению
- 20 Чеботарев, В.Е. Косенко, В.Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения. Учебное пособие. – Красноярск :СибГАУ, 2011. – 488 с.
- 21 Журнал «Всё о космосе» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://aboutsacejournal.net/космические-аппараты/>
- 22 Классификация и регрессия с помощью деревьев принятия решений [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://m.habr.com/post/116385/>
- 23 Актуальные вопросы проектирования автоматических космических аппаратов для фундаментальных и прикладных научных

исследований / АО "Науч.-произв. об-ние им. С. А. Лавочкина"; сост. В. В. Ефанов. Вып. 2. – 2017

24 Захарова, А. А. Модели и программное обеспечение поддержки принятия стратегических решений в социально-экономических системах на основе экспертных знаний : автореферат дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.10 : защищена 12.10.2017 / А. А. Захарова ; науч. конс. А. А. Мицель ; Нац. исслед. Томск.политехн. ун-т. – 2017

25 Сосинская, С. С. Представление знаний в информационной системе. Методы искусственного интеллекта и представления знаний : учебное пособие для студентов вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / С. С. Сосинская. – 2016

26 Моделирование систем : учебное пособие для вузов по направлению "Автоматизация технологических процессов и производств" / И. А. Елизаров [и др.]. – 2015

27 "Безопасность и живучесть технических систем", всерос. конф. (V ; 2015 ; Красноярск) Безопасность и живучесть технических систем : V Всероссийская конференция, (Красноярск, 12-16 октября 2015 года) : материалы и доклады / "Безопасность и живучесть технических систем", всерос. конф. (V ; 2015 ; Красноярск), Федер. агентство науч. орг., Рос.акад. наук, Сиб. отд-ние, Краснояр. науч. центр, Спец. конструкторско-технолог. бюро "Наука", Сиб. федер. ун-т; науч. ред. В. В. Москвичев. Т. 1. – 2015

28 Теория принятия решений : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры по экономическим направлениям и специальностям / Санкт-Петербург.гос. ун-т; под ред. В. Г. Халин. Т. 1. – 2017

29 Системы поддержки принятия решений [Текст] : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры по инженерно-техническим и экономическим направлениям и специальностям / под ред.: В. Г. Халин , Г. В. Чернова. – 2017

30 Лукьянова, Н. А. Разработка метода и алгоритмов рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств : автореферат дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.18 : защищена 27.04.2017 / Н. А. Лукьянова ; науч. рук. Д. В. Семенова ; Сиб. федер. ун-т, Ин-т космич. и информ. технологий. – 2017

31 Майерс, Г. Дж. Надежность программного обеспечения : моногр.; пер. с англ. / Г. Дж. Майерс ; Ред. лит. по математ. наукам. – 1980

32 Царев, Р. Ю. Оценка и повышение надежности программно-информационных технологий : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Прикладная информатика", "Программная инженерия", "Менеджмент", "Бизнес-информатика" / Р. Ю. Царев, А. В. Прокопенко, А. Н. Князьков ; Сиб. федер. ун-т, Ин-т космич. и информ. технологий. – 2015

33 Данилова, А. Э. Автоматизированное формирование требований к программной модели космического аппарата / А. Э. Данилова, В. А. Углев // Научные механизмы решения проблем инновационного развития: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. в 2 ч. Ч.2 - Стерлитамак: АМИ, 2018. - С.90-94

ПРИЛОЖЕНИЕ А

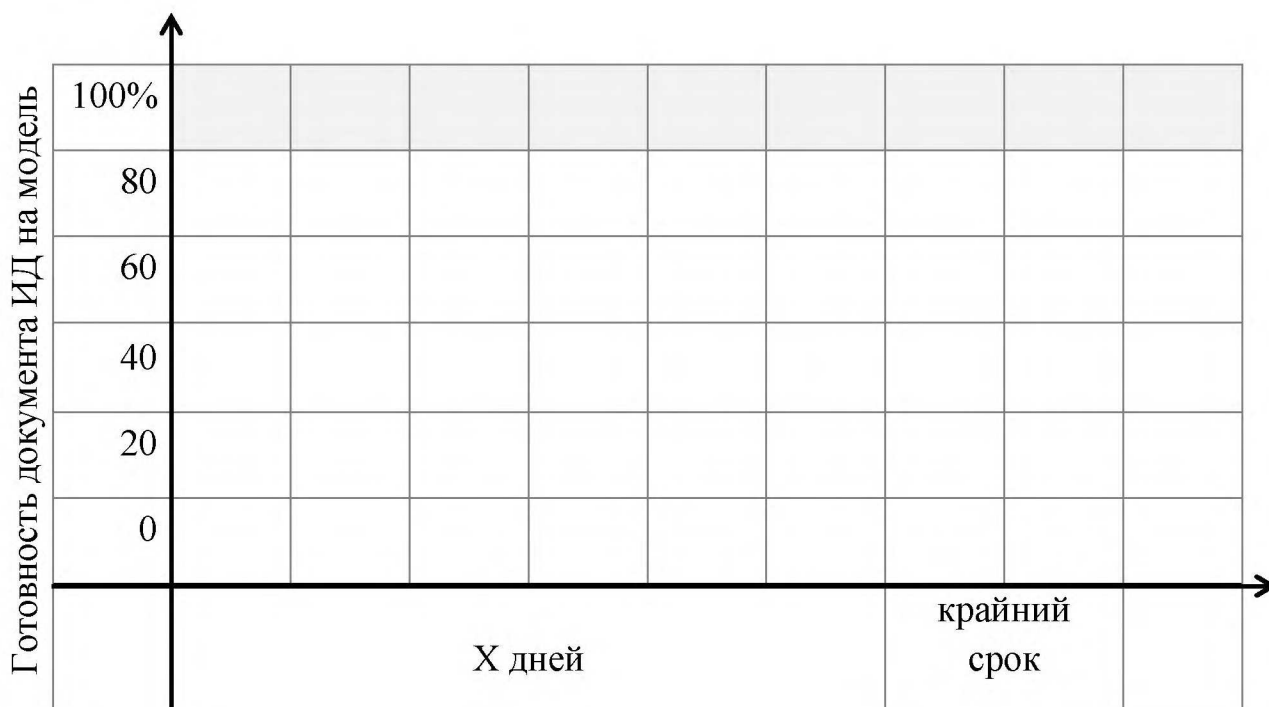
Форма анкеты по разработке требований к программной модели космического аппарата

Наименование модели

--

Затрачиваемый срок на
разработку
исходных данных на
модель

--



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20 ____ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ
ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ КОСМИЧЕСКОГО
АППАРАТА

тема

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
код и наименование направления

09.04.01.03 «Информационные системы космических аппаратов и центров
управления полетами»
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель

Карт 18.06.18г.
подпись, дата

доцент кафедры,
канд. техн. наук,

должность, ученая степень

А.В. Барков

инициалы, фамилия

Выпускник

ДМ 18.06.18г.
подпись, дата

А.Э. Данилова

инициалы, фамилия

Рецензент

Ц 18.06.18г.
подпись, дата

нач. сектора АО «ИСС»
канд. техн. наук,

должность, ученая степень

Е.В. Ислентьев

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

Сидорова 18.06.18г.
подпись, дата

Е.С. Сидорова

инициалы, фамилия

Красноярск 2018