

АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

Краснощеков Д.В., Горелиц Н.К., Песков Е.В.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», 125319, г. Москва, ул. Викторенко, 7, dvkrasnoshekov@2100.gosniias.ru, nkgorelits@2100.gosniias.ru, evpeskov@2100.gosniias.ru

Успешность проектов разработки программного обеспечения зависит от множества факторов. В достижении удовлетворительного результата ключевую роль играет процесс работы с требованиями. Внедрение и поддержание данного процесса на протяжении всего жизненного цикла сложных систем позволяет существенно сэкономить ресурсы проекта, повысить эффективность организации процесса разработки и качество получаемого результата. Регламентирующие документы авиационной отрасли (ARP 4754A, DO-178B/C, DO-254 и их российские аналоги Р 4754А, КТ-178В/С, КТ-254 и другие) требуют выполнения определенных процессов в части управления требованиями. Сертифицирующие органы осуществляют проверки и сертификацию воздушного судна с помощью анализа данных жизненного цикла разработки, в том числе требований и их реализации, а также связей между ними. Рассмотрен подход к управлению требованиями в авиационной отрасли по стандарту КТ-178С. Приведены рекомендации к организации процесса изменения требований. Сформулированы обобщенные характеристики качества требований.

Ключевые слова: управление требованиями, процессы жизненного цикла ПО, процессы жизненного цикла систем, программная инженерия, системная инженерия, разработка сложных систем, комплекс бортового оборудования, проектирование воздушного судна, DO-178С, КТ-178С, Р 4754А, ARP 4754А.

REQUIREMENTS MANAGEMENT FOR SOFTWARE DEVELOPMENT IN THE AVIATION INDUSTRY

Krasnoshekov D.V., Gorelits N.K., Peskov E.V.

Federal State Research Institute of Aviation Systems, 125319, Russia, Moscow, Viktorenko Str, 7, e-mail: dvkrasnoshekov@2100.gosniias.ru, nkgorelits@2100.gosniias.ru, evpeskov@2100.gosniias.ru

Success of software development projects depends on many factors. Requirements management process has a big impact for the development and the result. Implementing and maintaining requirements management process throughout the whole software development life cycle can significantly save project resources. Regulatory documents of the aviation industry (ARP 4754A, DO-178B/C, DO-254 and its Russian analogues) strictly oblige managing requirements according the certain rules. Certification authorities perform aircraft verification and certification by analyzing the life-cycle data of the development, including requirements and their relationships with realization other elements of life-cycle data. In the article the approach to requirements management in the aviation industry according to the DO-178B/C (Russian КТ-178В/С) standard is considered. Recommendations for the process of changing requirements are given. The generalized properties of the quality of the requirements according to the specified standard are formulated.

Key words: requirements management; software lifecycle processes; system lifecycle processes; software engineering; system engineering; critical safety systems development; complex on-board equipment; aircraft design, DO-178С, ARP 4754А.

Введение

Воплощение идеи или потребности при разработке программного обеспечения обычно начинается с формулирования требований. К сожалению, утверждения, используемые в качестве требований, часто представляют собой абстрактные пожелания заинтересованных лиц, зафиксированные с недостаточной степенью формализации.

Результат разработки (программный продукт) считается качественным, если он удовлетворяет выдвинутым к нему требованиям, т.е. программный продукт реально используется, стабильно выполняет функции, ожидаемые от него заказчиком.

Ниже (см. Рисунок 1) схематично показаны этапы жизненного цикла от сбора потребностей до этапа утилизации продукта ([1], [14] и др.). Приведенная схема при соответствующей адаптации может описывать как этапы жизненного цикла ПО, так и этапы жизненного цикла оборудования и системы в целом. В зависимости от специфики предметной области и выбранного подхода к организации рабочего процесса некоторые процессы и подпроцессы могут исчезать и добавляться, а также могут проводиться итерационно или выступать в качестве интегральных процессов, выполняясь на протяжении всего жизненного цикла.

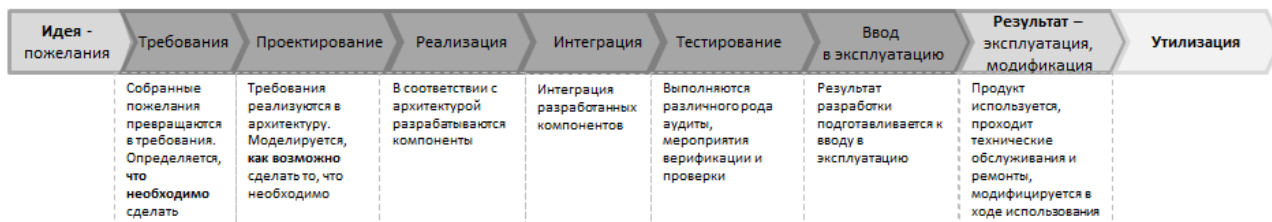


Рисунок 1. Схематичный жизненный цикл

На каждом этапе жизненного цикла продукта присутствуют требования, сформулированные в том или ином виде. Недостаточное внимание, уделяемое управлению требованиями, влечет за собой возникновение ошибок в требованиях и/или их реализации, что означает потери ресурсов (деньги и время на исправление), вследствие чего снижается качество выпускаемого продукта, рейтинг организации на рынке. Для повышения эффективности работы с требованиями в проекте должен быть организован отдельный процесс – процесс управления требованиями. Большинство международных и отраслевых стандартов по разработке в авиационной отрасли (например, [2], [6], [11], [12] и другие) и за ее пределами (например, общепромышленные [1], [10], [13], [14] и прочие, актуальные как для промышленности в целом, так и для конкретных отраслей) содержат процедуры и рекомендации по работе с требованиями.

Процесс управления требованиями

Чаще всего под процессом управления требованиями понимается комплекс мероприятий из трех этапов [13]:

- Планирование управления требованиями

В начале работы с требованиями необходимо договориться, каким именно образом в проекте будет вестись управление требованиями. Обычно подобные договоренности составляют основу документа «Стандарт по разработке требований», регулирующего работу с требованиями, и документа «План управления конфигурациями», содержащего в числе прочего правила хранения и управления изменениями требований. Данные документы могут не только входить в набор общих технологических планов и стандартов предприятия, но и могут разрабатываться для каждого отдельного проекта.

- Формирование требований

На данном этапе определяются общие требования (требования верхнего уровня), детализированные требования (требования низкого уровня), составляется документ «Спецификация требований». Процедуры работы с требованиями должны включать необходимое количество мероприятий по согласованию и доработке требований, формированию базовой версии требований.

- Управление изменениями требований

По результатам предыдущего этапа требования должны быть детально проработаны (четко сформулированы, непротиворечивы, полны и удовлетворяют остальным характеристикам качественно разработанных требований).

Управление изменениями требований – важная часть работы, т.к. неконтролируемые изменения могут спровоцировать ошибки, несогласованность действий участников проекта, потери ресурсов и многие другие проблемы, решение которых потребует значительных затрат на переработку продукта в самый неподходящий момент. Также данный этап необходим для обеспечения проведения необходимых по стандартам аудитов, проверок, анализов с целью последующей сертификации разрабатываемого продукта.

Управление требованиями необходимо осуществлять на всём протяжении жизненного цикла разработки – процесс должен проходить сквозь остальные процессы жизненного цикла разработки, взаимодействуя с ними, получая данные и предоставляя обратную связь [3], [4], [9].

Характеристики требований

Попробуем определить и сформулировать характеристики разрабатываемых требований, по которым можно было бы оценить степень их проработки. Очевидно, что одним из эффектов правильной разработки требований является получение в результате завершения проекта качественного продукта, удовлетворяющего заказчика и соответствующего сформулированной в начале проекта потребности. **Ошибка! Источник ссылки не найден.** содержит набор характеристик требований, обобщенный по результатам анализа нормативной документации, в том числе [10], [13]. Приведенные характеристики могут использоваться в качестве критериев при анализе и согласовании требований для определения, насколько качественно они были разработаны.

Таблица 1. Характеристики качественных требований

Характеристика	Описание характеристики
Корректность	Каждое требование должно относиться к разрабатываемому продукту. Требование должно соответствовать предметной области и потребности заказчика
Необходимость	Требование должно определять важный функционал, свойство или ограничение. При исключении требования в реализации системы появится недостаток, который не может быть устранен с помощью других функций системы или процесса
Атомарность	Текст требования должен содержать только одно требование, не допуская использования союзов между утверждениями, содержащими разные требования
Выполнимость	Требование должно быть технически выполнимым, не требующим значительных технологических усилий и удовлетворяющим ограничениям системы (например, стоимость, график, правовые или нормативные ограничения и др.) с приемлемым риском
Отсутствие деталей реализации	Требование должно описывать то, что необходимо реализовать, избегая в формулировке указания вариантов и деталей реализации
Однозначность	Требование должно быть изложено простым языком, интерпретироваться только одним образом и однозначно пониматься всеми заинтересованными лицами
Полнота	Формулировка требования должна быть достаточной для дальнейшего проектирования и реализации требования и не нуждаться в дополнительных пояснениях и усилениях
Непротиворечивость	Требование не должно противоречить какому-либо другому требованию. При реализации данного требования не должно возникать конфликтов с другими требованиями или невозможности реализации других требований
Ранжирование	Требования должны быть идентифицированы и упорядочены между собой (например, по важности для заказчика, стабильности, степени детализации, влиянию на изменения других артефактов и т.д.)
Проверяемость	Должен существовать конечный эффективный процесс, используя который пользователь или машина могут собрать доказательства соответствия реализации требованию. Измеримость требования повышает его проверяемость
Прослеживаемость	Должен быть определен механизм установления отношений между требованиями, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> • прослеживание и происхождение отношений между требованиями; • возможность обращения к конкретному требованию при дальнейших действиях по разработке. Требование прослеживается «наверх» до пожеланий заинтересованных лиц, требований более высокого уровня или другого источника. Требование можно проследить до требований более низкого уровня и других артефактов жизненного цикла разработки
Модифицируемость	Структура и стиль требований должны быть такими, чтобы было возможно производить изменения легко, полностью и непротиворечивым образом без нарушения структуры и стиля. Данная характеристика актуальна для требований, объединенных в набор или спецификацию

Общий подход к управлению требованиями в авиационной отрасли

Авиационная отрасль одна из критически важных отраслей в современном мире. Результаты ее деятельности – воздушные суда и сложные авиационные системы. Ошибки, не выявленные при разработке таких систем, приводят к катастрофическим последствиям [5]. Именно поэтому в процессы разработки закладываются строгие ограничения, начиная с самых ранних стадий. Данные ограничения и рекомендации устанавливаются рядом международных отраслевых стандартов [11], [12], многие из которых имеют отечественные аналоги [2], [6].

Разработка воздушного судна регулируется семейством нормативных документов, где каждый документ отвечает за свой комплекс процессов. Некоторые документы и процессы, которые ими регламентируются, представлены на рисунке ниже (Рисунок 2).



Рисунок 2. Взаимосвязь авиационных процессов и нормативных документов

Разработка бортового оборудования воздушного судна (и его бортовых систем) определяется руководством SAE ARP 4754A [11] (российский аналог – Р 4754А [6]). Процессы Р 4754А определяют самолетные функции, детализируют их, распределяют по системам воздушного судна, формируют требования к системам.

В современном мире способность пройти процедуры сертификации (сертифицируемость) и как следствие наличие сертификата – одна из немаловажных характеристик результата разработки [7]. На примере авиационной отрасли это легко проиллюстрировать: без определенного сертификата самолет не сможет находиться в воздушном пространстве – помимо требований на саму разработку к воздушному судну и к его комплектующим изделиям предъявляются весьма жесткие требования сертифицирующих органов по организации процесса разработки.

При сертификации воздушное судно получает сертификат летной годности, все составные части сертифицируются в составе воздушного судна и получают свидетельство о годности комплектующего изделия в привязке к воздушному судну. Авиационное ПО также сертифицируется в составе воздушного судна или комплектующего изделия [8]. Комплекс мероприятий для удовлетворения сертификационных требований должен начинаться еще до начала разработки.

Разработка авиационного ПО регулируется международным документом DO-178C [12] (российский аналог – квалификационные требования КТ-178С [2]). В процессы КТ-178С в качестве входных данных из процессов системного уровня (Р 4754А) поступают системные требования к самолетным системам в части ПО. Документ КТ-178С содержит перечень целей, которые должны достигаться в ходе разработки; мероприятия, помогающие

достижению этих целей; рекомендации по организации рабочего процесса для того, чтобы разработка была выполнена с необходимым уровнем доверия к безопасности, удовлетворяющим требованиям норм летной годности, и принята сертифицирующим органом. В ходе работ по КТ-178С должен быть создан ряд планов и стандартов проекта, ограничивающих разработку.

КТ-178С ставит жесткие условия касательно рабочего процесса, в том числе относительно работы с требованиями. По КТ-178С поступившие из процессов системного уровня Р 4754А требования к системе и архитектура системы преобразуются в требования более низких уровней и косвенно в производные требования, создаваемые в ходе разработки и не имеющие прямых связей с требованиями более высокого уровня и требованиями к системе.

Этими преобразованиями занимаются два процесса КТ-178С: процесс разработки требований и процесс проектирования ПО. Результатом процесса разработки требований становятся так называемые требования высокого уровня к ПО (при этом системные требования из Р 4754А являются родительскими к требованиям к ПО); результатом процесса проектирования ПО являются требования низкого уровня к ПО и архитектура ПО.

В соответствии с требованиями руководств Р 4761 и Р 4754А необходимо проследивать влияние всех требований на оценку безопасности системы и требования к системе соответственно, поэтому все производные требования должны быть потенциально доступны для соответствующих процессов разработки других элементов самолетной системы.

Разработка требований, как и любого другого артефакта жизненного цикла авиационного ПО, должна вестись под строгим конфигурационным контролем и проходить процедуры верификации (согласно Плану верификации по КТ-178С).

Одним из важнейших процессов в жизненном цикле продукта (в том числе ПО) является процесс управления изменениями. Он обеспечивает контролируемое внесение изменений в данные жизненного цикла и гарантированное исправление всех найденных ошибок на этапах разработки, верификации и эксплуатации за счет обязательной проработки и принятия решений по всем созданным в ходе проекта сообщениям о проблемах (СП). Главное достоинство процесса управления изменениями заключается в возможности однозначного выявления источника обнаруженной проблемы вплоть до эскизного проекта.

Мировые общепромышленные практики и авиационные нормативные документы позволяют выделить несколько рекомендаций к организации процесса управления изменениями требований, которым необходимо следовать для достижения целей сертификации и повышения качества продукта в целом:

1. Все изменения в требования вносятся только по запросу на изменение (ЗИ) и только после коллегиального анализа способов решения проблемы.
2. Внесение изменений должно осуществляться только уполномоченным лицом, а для особо критичных объектов изменения к согласованию привлекаются независимые специалисты.
3. Измененные требования должны быть публично доступны только после согласования.
4. Вся информация, связанная с изменениями, должна сохраняться.
5. Вносимые изменения должны быть трассированы на остальные артефакты жизненного цикла.

Выводы

Без всестороннего анализа потребностей заказчика и применения подходов управления изменениями требований невозможно разработать качественные требования. Это в свою очередь сказывается на эффективности всей последующей работы в проекте и качестве разрабатываемого продукта. Ошибки, допущенные на этапе формирования требований, дороже всего исправляются и сильнее всего влияют на катастрофичность возможных последствий при эксплуатации продукта.

Грамотное и полное управление требованиями на протяжении всего жизненного цикла разработки ПО и системы в целом позволяет минимизировать затраты на исправление возможных ошибок. Важно в самом начале разработки понимать, как правильно формулировать и управлять требованиями.

Управление требованиями является индикатором эффективности всей разработки в целом. От того, насколько акцентированно и качественно ведется работа в этом направлении, зависит конечный результат - удовлетворит ли разработка потребности заказчика, правомочно ли ставить вопрос о прохождении сертификации.

Список литературы

1. ГОСТ Р 57193-2016 Системная инженерия – Процессы жизненного цикла систем (ISO/IEC 15288:2015)
2. Квалификационные требования часть 178С // 2014 – АР МАК

3. Ковернинский И.В., Кан А.В., Волков В.Б., Горелиц Н.К. Связь процесса управления требованиями с процессами жизненного цикла при разработке программного обеспечения в авиационной отрасли // Авиационные системы в XXI веке: сб. тезисов докл. Юбилейной Всерос. научно-технической конф. (Москва 26-27 мая 2016 г.) — Москва, 2016. — С. 202
4. Ковернинский И.В., Кан А.В., Волков В.Б., Попов Ю.С., Горелиц Н.К. Практический опыт реализации подходов программной и системной инженерии для управления требованиями при разработке программного обеспечения в авиационной отрасли // Труды ИСП РАН — 2016. — Т. 28, № 2. — С.173-179
5. Направления совершенствования бортового оборудования для повышения безопасности полетов воздушного судна / Чуянов Г.А. [и др.] // Известия ЮФУ. — 2014. — №6. — С. 219-229.
6. Руководство Р-4754А по разработке воздушных судов гражданской авиации и систем // МАК – 2016
7. Сабуров М.А., Солоделов Ю.А., Горелиц Н.К. Разработка сертифицируемого бортового программного обеспечения на примере операционной системы реального времени JetOS // Навигация, наведение и управление летательными аппаратами: тезисы докл. Третьей Всерос. научно-технической конф. (Москва – Раменское 21-22 сент. 2017 г.). — Москва, 2017. — С.241-243.
8. Солоделов Ю.А., Горелиц Н.К. Сертифицируемая бортовая операционная система реального времени JetOS для российских проектов воздушных судов. // Труды ИСП РАН. — 2017. — Т. 29, № 3. — С. 171-178
9. Сквозная технология проектирования комплексов бортового оборудования перспективных воздушных судов / Галушкин В.В. [и др.] // Известия ЮФУ. — 2012. — №3. — С. 201-209.
10. IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications (Std 830-1988), 1988
11. Aerospace recommended practice. Guidelines for development civil aircraft and systems (SAE ARP 4754A), 2010
12. Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification (RTCA DO-178C), 2011
13. Systems and software engineering - Life cycle processes – Requirements engineering (ISO/IEC 29148), 2011
14. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 – Информационная технология – Системная и программная инженерия – Процессы жизненного цикла программных средств (ISO/IEC 12207:2008)

References

-
1. System engineering — System life cycle processes (GOST R ISO/IEC 15288), 2011
 2. Qualification requirements part 178C // IAC, 2014
 3. Koverninsky I.V., Kan A.V., Volkov V.B., Gorelits N.K. Requirements management and lifecycle processes relations for software development in aviation industry. Sbornik tezisev dokladov Yubileynoy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferencii “Aviatsionnye sistemy v XXI veke” (Proceedings of Unniv. All-Rus. Scient.-Techical Konf. “Aviation systems in XXI”), Moscow, 2016, pp. 202
 4. Koverninsky I.V., Kan A.V., Volkov V.B., Popov Yu.S., Gorelits N.K. Practical experience of software and system engineering approaches in requirements management for software development in aviation industry. Trudy ISP RAN 28(2) (Proceedings ISP RAS 28(2)), Moscow, 2016, pp.173-179
 5. Directions of perfection on-board equipment to improve aircraft safety. Chuyanov G.A. [et al.] // Izvestiya YUFU №6, 2014, pp. 219-229.
 6. Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems R 4754A. IAC, 2016
 7. Saburov M.A., Solodelov Yu.A., Gorelits N.K. Development of the certifiable avionics software by the example of JetOS real time operation system. Tezisy dokladov Tretiey Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferencii “Navigatsiya, navedenie i upravlenie letatelnyimi apparatami” (Proceedings of Third All-Rus. Scient.-Techical Konf. “Navigation, guidance and control aircraft”), Moscow, 2017, pp.241-243.
 8. Solodelov Yu.A., Gorelits N.K. Certifiable onboard real-time operation system JetOS for Russian aircrafts design. Trudy ISP RAN 29(3) (Proceedings ISP RAS 29(3)), Moscow, 2017, pp. 171-178
 9. The through-technology of on-board equipment design for the perspective aircraft // Galushkin V.V. [et al.] // Izvestiya YUFU №3, 2012, pp. 201-209.
 10. IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications (Std 830-1988), 1988
 11. Aerospace recommended practice. Guidelines for development civil aircraft and systems (SAE ARP 4754A), 2010
 12. Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification (RTCA DO-178C), 2011
 13. Systems and software engineering - Life cycle processes – Requirements engineering (ISO/IEC 29148), 2011
 14. Systems and software engineering – Software life cycle processes (ISO/IEC 12207:2008), 2010 (in Russian)