УДК 004.414.3

АНАЛИЗ И ПРОФИЛИРОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ СХЕМ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

О.М. Тарасюк[1], Ю.А. Белый[2]
([1]Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”,
[2]Конструкторское бюро ЗАО «Радий», Кировоград)

Проведен анализ существующих классификационных схем, используемых для систематизации требований к программному обеспечению. Предложен обобщенный гармонизированный профиль классификации требований.

классификационные схемы, гармонизированный профиль

Введение. Постановка задачи. Жизненный цикл (ЖЦ) любых систем, в том числе и программного обеспечения (ПО), начинается с этапа определения требований. Ошибки в требованиях – один из наиболее распространенный типов ошибок при разработке систем, причем их устранение является наиболее дорогостоящим. Некорректные, неточные или неполные требования приводят к превышению плановых сроков разработки, перерасходу проектных ресурсов или недостаточному качеству объекта разработки. Как отмечено в [1], ошибки в определении требований приводят к затратам, составляющим 25 – 40% бюджета проекта разработки в целом.

Требования к разрабатываемой системе детализируют функции, которые должна выполнять эта система для удовлетворения потребностей пользователей, а также накладываемые ограничения. В стандарте [2], а также известных работах [1, 3, 4] требование трактуется следующим образом:

1) условие или возможность, необходимая пользователю для решения проблемы или достижения цели;

2) условие или возможность, которой должна обладать система или компонент системы, соответствующие договору, стандарту, спецификации или другому документу;

3) высокоуровневые обобщенные утверждения о функциональных возможностях и ограничениях системы;

4) детализированное математическое формальное описание системных функций и ограничений.

© О.М. Тарасюк, Ю.А. Белый

Требования к программному обеспечению являются проекцией системных требований и определяются путем детализации программно-реализуемых функций разрабатываемой системы. Кроме функциональных требований различают общие – нефункциональные требования к качеству (включая требования к надежности), структуре и элементам ПО, процессам разработки и др.

Как следует из статистических данных, приведенных в [1], ошибки в требованиях (ошибки при сборе, документировании и управлении требованиями) составляют одну пятую часть всех ошибок и дефектов, которые допускаются при разработке ПО, причем при переходе к этапу проектирования невыявленными остаются около 25% этих ошибок, а 4% из них обнаруживаются лишь на этапе сопровождения ПО. При этом стоимость обнаружения и устранения ошибок в требованиях на этапе сопровождения оказывается в 200 раз больше по сравнению с их обнаружением и исправлением на этапе формирования требований.

В связи с этим особую важность приобретает процесс управления требованиями – систематический подход к выявлению, организации и документированию требований, а также процесс, в ходе которого вырабатывается и обеспечивается соглашение между заказчиком и организацией-разработчиком по поводу меняющихся требований к системе [1, 5].

В этом контексте необходимо отметить особую важность задачи систематизации требований, решение которой позволяет осуществлять контроль их полноты, непротиворечивости и взаимной зависимости. Однако, как свидетельствует анализ литературы [1, 3, 4] и нормативно-методических документов [5 – 7], в настоящее время отсутствует единая классификационная схема требований к программному обеспечению. Это обуславливает необходимость их гармонизации между собой, а также с другими нормативными документами в области программной инженерии и формирования общего профиля классификации требований, из которого могут выбираться частные профили для различных областей применения или даже индивидуально для каждого программного проекта.

Анализ публикаций и нормативных документов, регламентирующих состав категорий требований к ПО. В статье рассмотрен ряд стандартов и публикаций, затрагивающих вопросы составления и классификации требований к программному обеспечению. Первым из них рассмотрен комплекс стандартов ЕСПД, в котором определен отдельный раздел технического задания к ПО – «требования к программе или программному изделию», основными подразделами которого являются [8]:

1) требования к функциональным характеристикам – требования к составу выполняемых функций, организации входных и выходных данных, временным характеристикам и т.п.;

2) требования к надежности – требования к обеспечению надежного (устойчивого) функционирования, контролю входной и выходной документации, времени восстановления после отказа и т.п.;

3) условия эксплуатации – требования к необходимому виду обслуживания, количеству и квалификации персонала и др.;

4) требования к составу и параметрам технических средств, указывающие необходимый состав технических средств и их характеристик;

5) требования к информационной и программной совместимости – требования к входным и выходным информационным структурам и методам решения, исходным кодам, языкам программирования и используемым программным средствам;

6) требования к программной документации;

7) технико-экономические показатели;

8) стадии и этапы разработки, в которых также указываются сроки разработки и исполнители;

9) порядок контроля и приемки, в котором указываются виды тестирования и общие требования к приемке.

Следует отметить, что хотя комплекса стандартов ЕСПД является достаточно старым, отдельные его положения ещё не утратили своей актуальности и продолжают использоваться в отечественной практике и на предприятиях ближнего зарубежья.

В [1] для систематизации требований к ПО определена многоуровневая иерархия классификационных признаков:

1) программные требования;

1.1) функциональные требования (требования, ориентированные на определение действий системы в ответ на команды (действия) пользователя);

1.2) нефункциональные требования;

1.2.1) требования к практичности (требования к человеко-машинному интерфейсу, наличию и содержанию интерактивных подсказок, справочной службы и руководств пользователя и другие требования, определяющие удобство использования и освоения ПО);

1.2.2) требования к надежности;

1.2.2.1) требования к готовности;

1.2.2.2) требования к безотказности;

1.2.2.3) требования к восстанавливаемости;

1.2.2.4) требования к точности;

1.2.2.5) требования к готовности;

1.2.3) требования к производительности;

1.2.3.1) требования к времени отклика (среднее, максимально-допустимое);

1.2.3.2) требования к пропускной способности (число транзакций в секунду);

1.2.3.3) требования к емкости (количеству одновременно обслуживаемых пользователей или выполняемых транзакций);

1.2.3.1) требования к режимам производительности (допускается ли деградация производительности, сколько уровней деградации?);

1.2.5) требования к обслуживаемости (требования к возможности модификации, расширению и настройки ПО);

2) ограничения программного проекта;

2.1) ограничения на средства и среды разработки (языки программирования, библиотеки классов, средства проектирования и др.);

2.2) требования к соблюдению совместимости (с аппаратными платформами, программным окружением, форматами данных);

2.3) требования к соответствию регулирующим документам (стандартам).

В работе [3] нефункциональные требования рассматриваются с позиции важности для отдельных категорий участников процесса разработки и эксплуатации ПО. Нефункциональные требования важные для пользователей включают в себя:

1) требования к производительности;

2) требования к надежности;

3) требования к простоте использования;

К нефункциональным требованиям важным для разработчиков и обслуживающего персонала относятся:

1) требования к конфигурируемости (способности к конфигурированию);

2) требования к удобству тестирования;

3) требования к удобству сопровождения;

4) требования к переносимости.

Особенностью нефункциональных требований является то, что проверка их выполнения является более трудной задачей, по сравнению с проверкой реализации функциональных требований. Кроме функциональных и нефункциональных требований в [3] также различают требования к архитектуре ПО и ограничивающие требования. Причем послед-

няя группа требований является более общей и может включать как отдельные функциональные, так и нефункциональные и архитектурные требования. Одна из наиболее подробных из известных классификационных схем, используемых для систематизации требований к ПО предложена в [9]. Данная работа фокусируется на требованиях к ПО информационно-управляющих систем, важных для безопасности АЭС, и дополняет набор требований стандарта [7]. В соответствии с предложенной классификационной схемой, требования к ПО декомпозируются на следующие категории:

1) функциональные требования;

2) общие требования;

2.1) требования к продукту разработки;

2.1.1) к структуре и элементам ПО;

2.1.1.1) к модульности;

2.1.1.2) к использованию ранее разработанного ПО;

2.1.1.3) к ограниченному использованием операционной системы и прерываний;

2.1.2) требования к свойствам (характеристикам) ПО;

2.1.2.1) к достаточности для выполнения функций;

2.1.2.2) к контролю и диагностированию;

2.1.2.2.1) требования к объекту контроля и диагностирования;

2.1.2.2.1.1) к контролю информационно-управляющей системы (ИУС), программно-технического комплекса (ПТК) и технических средств автоматизации (ТСА) программными средствами;

2.1.2.2.1.2) к диагностированию (поиску дефектов) ИУС, ПТК и ТСА программными средствами;

2.1.2.2.1.3) к самоконтролю ПО;

2.1.2.2.1.4) к самодиагностированию ПО;

2.1.2.2.2) требования к методам контроля и диагностирования;

2.1.2.2.2.1) к используемым методам контроля и диагностирования;

2.1.2.2.2.2) к полноте;

2.1.2.2.2.3) к глубине;

2.1.2.2.2.4) к оперативности;

2.1.2.2.3) требования к ограничениям контроля и диагностирования;

2.1.2.2.3.1) к регистрации и хранению результатов;

2.1.2.2.3.2) к влиянию на выполнение основных функций;

2.1.2.3) требования к надежности и устойчивости;

2.1.2.3.1) требования к видам парируемых отказов и воздействий;

2.1.2.3.1.1) к дефектам ПО;

2.1.2.3.1.2) к сбоям и отказам технических средств;

2.1.2.3.1.3) к ошибкам персонала;

2.1.2.3.1.4) к несанкционированным действиям;

2.1.2.3.1.5) к вирусам и закладкам;

2.1.2.3.1.6) к входной информации;

2.1.2.3.2) требования к методам защиты;

2.1.2.3.2.1) к техническому диагностированию, реконфигурации и восстановлению информации;

2.1.2.3.2.2) к разнообразию (диверсности);

2.1.2.3.2.3) к использованию средств паролирования, шифрования и цифровой подписи;

2.1.2.3.2.4) к контролю достоверности и защите от искажений входной информации;

2.2) требования к процессам создания ПО;

2.2.1) требования к разработке;

2.2.1.1) требования к методам разработки;

2.2.1.1.1) к использованию формальных методов разработки;

2.2.1.1.2) к методам и приемам программирования;

2.2.1.2) требования к средствам разработки;

2.2.1.2.1) к критерию выбора;

2.2.1.2.2) к степени верификации;

2.2.1.3) требования к качеству процесса разработки (требования к обеспечению соответствия технологий, методов и средств, использованных при разработке установленным критериям);

2.2.1.4) требования к документированию результатов (требования к документированию всех этапов разработки);

2.2.2) требования к верификации;

2.2.2.1) требования к методам верификации;

2.2.2.1.1) к использованию формальных методов верификации;

2.2.2.1.2) к независимости верификации;

2.2.2.2) требования к средствам верификации;

2.2.2.2.1) к критерию выбора;

2.2.2.2.2) к степени верификации;

2.2.2.3) требования к качеству верификации;

2.2.2.3.1) к поэтапности;

2.2.2.3.2) к проверке соответствия требований нормативных документов и спецификаций;

2.2.2.3.3) к порядку устранения выявленных дефектов;

2.2.2.3.4) к проверке защиты от отказов по общей причине и собственных дефектов;

2.2.2.3.5) к верификации ранее разработанного ПО;

2.2.2.4) требования к документированию результатов верификации;

2.2.2.4.1) к планам и отчетам;

2.2.2.4.2) к форме представления.

Особенности рассмотренной системы требований состоят в том, что:

– определяются требования как к самому программному обеспечению, так и к процессам его создания, в особенности к процессу верификации, а также к методам и средствам разработки;

– из множества характеристик качества выделены две, наиболее важные с точки зрения нормирования безопасности, определяющие расширенные и детализированные требования к контролю и диагностированию, а также требования к надежности и устойчивости.

Однако эта классификация также не лишена недостатков, которые связаны с отсутствием отдельной категории требований к совместимости ПО с аппаратно-программным окружением, а также требований к составу процессов жизненного цикла. Кроме того, рассмотренные требования к свойствам ПО (требований к диагностирования и надежности) целесообразно дополнить другими требованиями к качеству ПО, включая требования к производительности, простоте использования, переносимости и др., а требования к диагностированию и самоконтролю ввести в состав требований к надежности.

Формирование обобщенного гармонизированного профиля классификации требований к ПО. Как видно, рассмотренные выше классификации используют частично пересекающиеся наборы классификационных признаков. Кроме того, ни одна из них фактически не регламентирует требования к программному проекту, который, согласно [10], также является важным объектом нормирования помимо самого ПО, как программного продукта, и процесса его разработки.

При использовании какой-либо одной классификационной схемы в процессе определения требований сохраняется риск того, что некоторые важные требования не будут учтены, а также снижается эффективность повторного использования ранее разработанного ПО и увеличивается сложность реализации крупных программных проектов, в которых принимают участие несколько организаций-разработчиков.

Для гармонизации различных классификаций требований к ПО предлагается воспользоваться методом профилирования, основные принципы которого представлены в [11].

Структура предлагаемого гармонизированного профиля классификации требований представлена на рис. 1. Его основой является классификационная схема, предложенная в [9]. Множество всех требований к программному обеспечению разделено на три основные группы: 1) требования к ПО, как к продукту разработки (включая функциональные и нефункциональные требования); 2) требования к процессам создания ПО (к разработке и верификации); 3) требования к программному проекту.

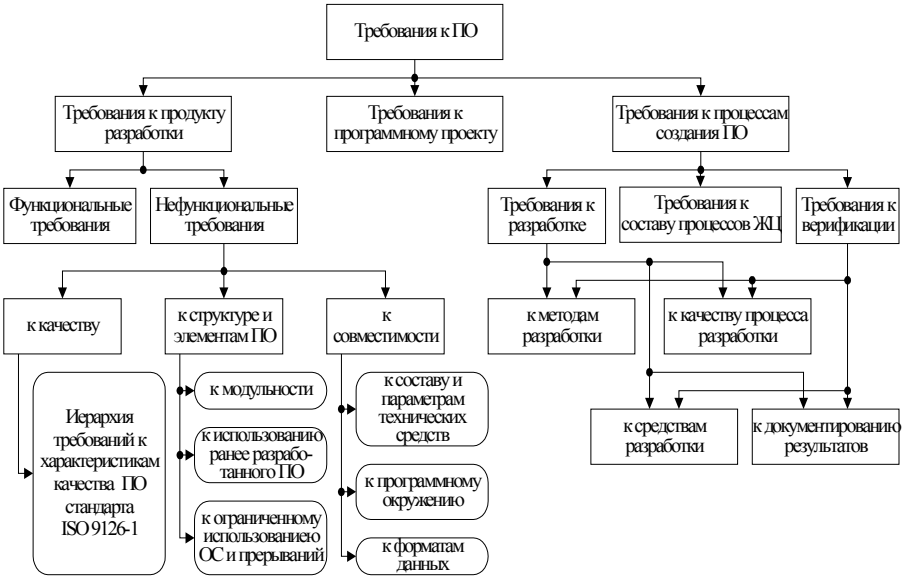

Рис. 1. Профиль классификации требований к ПО

Одними из важнейшей нефункциональных требований к ПО, как продукту разработки, являются требования к качеству. Для определения состава этих требований в предлагаемом профиле используется многоуровневая иерархия характеристик качества стандарта ISO 9126-1 [12]. При использовании стандарта ISO 9126-1 обеспечивается совместимость спецификации требований с новейшими международными нормативными документами в области оценки качества ПО. При этом для оценки выполнения требований может быть применен подход, базирующийся на использовании набора метрических показателей – метрик (методика такой оценки предложена в [13]), а сами требования могут формулироваться в количественном виде путём задания базовых (требуемых) значений метрик.

Для критического программного обеспечения, например, ПО ИУС АЭС, требования к отказоустойчивости (категория требований к надежности) целесообразно дополнить требованиями к видам парируемых отказов и воздействий и требованиями к методам защиты, предложенным в [9], а требования к контролю и диагностированию включить в виде отдельной группы требований к надежности.

Достоинством предлагаемого решения является также то, что такое важное требование, как требование к соответствию регулирующим документам [1], декомпозируется для отдельных характеристик качества в виде субтребований согласованности функциональности, надежности и т.д. Кроме того, требования к процессам разработки дополнены требованиями к составу процессов ЖЦ конкретного разрабатываемого ПО.

Выводы. Направления дальнейших исследований. Предложенный профиль схемы классификации требований к ПО предназначен для повышения качества и полноты спецификаций требований. Этот профиль является базовым, из которого могут выделяться частные профили классификации требований для каждого конкретного программного проекта исходя из назначений ПО и особенностей процесса его создания. Кроме того, для отдельных программных комплексов часть требований к качеству может переходить в разряд функциональных требований. Например, для ПО, реализующего функции безопасности и аварийной защиты на атомных электростанциях требования к контролю и диагностированию будут одними из основных функциональных требований.

Необходимо отметить, что желание точной и подробной систематизации требований не должно становиться фактором, существенно усложняющим или тормозящим процесс разработки программ. В конечном счете, выявление и учет требований является более важной задачей, нежели их точная детализация и классификация, которая может быть выполнена и на более поздних этапах разработки ПО в рамках процесса управления требованиями.

Одним из направлений дальнейших исследований является анализ, детализация и систематизация требований к программному проекту, которые регламентируют длительность каждого из этапов ЖЦ ПО, стоимость разработки, необходимую численность персонала, его квалификацию, а также другие требования, связанные с определением индивидуальных особенностей, используемых ресурсов и накладываемых ограничений на процесс разработки конкретного ПО. Указанное направление является важным, поскольку его развитие в конечном итоге позволит формулировать и решать оптимизационные задачи управления качеством ПО и процессом реализации предъявляемых к нему требований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леффингуэлл Д., Уидриг Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2002. – 448 с.*
2. *IEEE 610.12-1990. IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. – New York: IEEE, 1990. – 84 p.*
3. *Шафер Д., Фатрелл Р., Шафер Л. Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 1136 с.*
4. *Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения, 6-е изд.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2002. – 624 с.*
5. *CMU/SEI-93-TR-24. Capability Maturity Model for Software, Version 1.1. – Pittsburgh(USA): Software Engineering Institute, 1993. – 64 p.*
6. *НП 306.5.02/3.035-2000. Требования по ядерной и радиационной безопасности к информационным и управляющим системам, важным для безопасности атомных станций. – К.: Государственная администрация ядерного регулирования Украины, 2000. – 80 с.*
7. *IEC 61508-3. Functional safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements. – Chicago: International Electrotechnical Commission (SC 65A), 1998. – 48 p.*
8. *ГОСТ 19.201-78, ЕСПД. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 4 с.*
9. *Харченко В.С., Ястребенецкий М.А., Васильченко В.Н. Нормирование и оценка безопасности информационных и управляющих систем АЭС(7): регулирующие требования к программному обеспечению // Ядерная и радиационная безопасность. – 2002.– № 1. – С. 18 – 32.*
10. *Pressman R.S. Software Engineering: A Practitioner's Approach. – USA: McGraw-Hill Company, 1997. – 852 p.*
11. *ISO/IEC TR 10000-1:1998. Information technology – Framework and taxonomy of International Standardized Profiles. Part 1: General principles and documentation framework. – Geneva: ISO/IEC JTC1/SC36, 1998. – 18 p.*
12. *ISO/IEC 9126-1:2001. Information Technology – Software Product Quality. Part 1: Quality model. – Montréal: ISO/IEC JTC1/SC7, 2001. – 33 p.*
13. *Харченко В.С., Тарасюк О.М., Скляр В.В. О метрическом подходе к оценке качества и надежности программного обеспечения. // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – Вип. 6 (22). – С. 342 – 345.*

Поступила 14.03.2005

Рецензент: доктор технических наук профессор В.С. Харченко,
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».