

Комплексная многомерная модель качества программных средств

© 2009 К.Ф. Посакалов

Предлагается подход для комплексного совершенствования качества программных средств, включающего качество продукта, процессов его создания и управления проектом, с учетом различных точек зрения на качество участников жизненного цикла ПС.

Ключевые слова: качество программного обеспечения, модель качества ПС, характеристики качества, метрики качества, качество продукта, процессы жизненного цикла программных средств.

Проблема качества программных средств привлекает многих исследователей, так как эта тема тесно связана с важной ролью, которую играют программные средства в жизни современного общества, а также с возможными потерями от использования некачественного программного обеспечения. Компьютерные программы управляют атомными реакторами, используются в медицине, авиации, в кредитных организациях и многих других областях человеческой деятельности. Именно сегодня, по мнению многих исследователей¹, актуальными стали следующие проблемы:

- аппаратная сложность опережает умение строить программное обеспечение, используя потенциальные возможности аппаратуры;
- умение разрабатывать новые программные средства отстает от требований, которые выставляет конечный пользователь.

Возможностям эксплуатировать существующие программные средства угрожает низкое качество их разработки.

Из-за ошибок в программном обеспечении происходят техногенные катастрофы, компании несут прямые и косвенные потери, гибнут люди. Приведем несколько ярких примеров таких последствий из разных областей человеческой деятельности. Так, 4 июня 1996 г. был произведен первый запуск ракеты-носителя Ariane 5 - плод сотрудничества стран Европейского Сообщества. Через 40 с после старта произошел автоматический подрыв ракеты. Причина гибели ракеты - ошибка в программном обеспечении повторно используемого компонента, который был унаследован от предыдущей версии ракеты². В апреле 1999 г. потерпел аварию военный спутник ВВС США Titan 4, авария была вызвана ошибкой в программном обеспечении компьютера, управляющего разгонным блоком - не на месте

¹ Орлов С.А. Технологии разработки программного обеспечения. Разработка сложных программных систем. СПб., 2002.

² Аджиев В. Мифы о безопасном ПО: уроки знаменитых катастроф // Открытые системы. 1998. □6. Режим доступа: <http://www.osD.ru/os/1998/06/179592/>.

оказалась десятичная точка³. Спутник Mars Climate Orbiter был запущен 11 декабря 1998 г. с помощью ракеты-носителя Delta 11 с космодрома на мысе Канаверал во Флориде. После девяти с половиной месяцев космического полета 23 сентября 1999 г., его планировалось вывести на орбиту вокруг Марса, однако этого не произошло. Программный модуль, который рассчитывал изменение скорости, ожидал, что величины будут в метрических единицах, согласно спецификации. Различия между траекториями, вычисленными космическим аппаратом и наземной станцией, а именно параметры траектории, вычисленные наземной станцией, были в 4,45 раза меньше, поскольку 1 фунт-с = 4,45 Н.с⁴. В августе 1998 г. из-за ошибки программного обеспечения система управления раскочаила ракету Delta 3 корпорации Boeing, исчерпав гидравлическую жидкость, расходуемую на привод управления вектором тяги стартовых ускорителей. В результате произошла авария⁵. В 1992 г. большой резонанс произошел случай в Англии, когда произошел сбой в программном обеспечении компьютера станции скорой помощи: причина - неожиданно проявившиеся трудности с синхронизацией процессов в условиях большого количества поступивших заявок⁶. В 1985-1987 гг. трое пациентов получили смертельную дозу облучения во время сеансов радиационной терапии с применением медицинского ускорителя Therac-25. Известно еще о трех случаях переоблучения на этом аппарате, приведших к тяжелым последствиям пациентов. Причина - ошибка программного обеспечения, отсутствие аппаратной защиты от критических доз облучения⁷. Российские ученые института им. И.В. Курча-

³ Новости. Причиной трех аварий при запусках военных спутников была человеческая ошибка // Infoart News Agency. Режим доступа: http://scripts.online.ru/misc/spaceneWS/99/06/17_668.htm.

⁴ Тэлес М., Хсих Ю. Наука отладки: Пер. с англ. С. Лунина, науч.ред. С. Брудкова. М., 2005.

⁵ Черный И. DELTA 3 готова "встать в строй" // Новости космонавтики. - Режим доступа: <http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/content/numbers/209/28.shtml>.

⁶ Аджиев В. Указ. соч.

⁷ См.: Аджиев В. Указ. соч.; Тэлес М., Хсих Ю. Указ. соч.

това обнаружили существенный недостаток внутренней американской системы контроля оружейных ядерных материалов. Речь идет о фатальной ошибке в программном обеспечении компании Microsoft, которую передала России Национальная лаборатория Лос-Аламос. Точно такое же оборудование много лет является основным элементом американской системы контроля ядерных материалов⁸. В январе 1990 г. в компании AT&T в США произошла авария, охватившая всю страну и продолжавшаяся 9 ч. Причина состояла в ошибке в программном обеспечении. Восемь лет спустя, 13 апреля 1998 г., на AT&T произошла другая крупная авария, которая затронула банкоматы, операции с кредитными картами и другие службы, связанные с передачей бизнес-данных. Авария длилась 26 ч, в этом случае ошибка была внесена при обновлении программного обеспечения⁹. 17 мая 2000 г. в США по всей стране прекратили продавать оружие из-за ошибки в программном обеспечении компьютеров ФБР¹⁰. В 2005 г. компания Seat провела отзыв всех автомобилей моделей Ibiza и Cordoba 2004 модельного года из-за ошибки в программном обеспечении датчиков фронтальных подушек безопасности.

Ошибка в программном обеспечении могла вызвать самопроизвольное срабатывание подушки безопасности, что может привести к аварии, а в исключительных случаях к тяжелым травмам и гибели водителя и пассажиров¹¹. Из-за ошибки в программном обеспечении цена билетов авиакомпании US Airways на ряд направлений была установлена в 1 долл. 86 центов. После устранения ошибки фирма заявила, что купленные билеты действительны¹². В сентябре 2003 г. в Москве из-за сбоя в сети банкоматов Сбербанка России держатели карт не смогли снять наличные средства в банкомате. Период проведения технических работ совпал со значительным ростом операций снятия наличных через банкоматы¹³. Во втором по величине банке Швейцарии Credit Suisse в 2000 г. в результате сбоя программного обеспечения на веб-сайте банка в открытом дос-

⁸ Блер Б. Урок России // The Washington post. Режим доступа: <http://nuclearno.ru/v.asp?206>.

⁹ Тэллес М., Хсих Ю. Указ. соч.

¹⁰ Новости. Оружейная база зависла // Открытые системы. 17.05.2000. Режим доступа: <http://www.osp.ru/news/2000Q/0517/585006>.

¹¹ Новости. Seat отзывает модели Ibiza и Cordoba // Autonews.ru. Режим доступа: http://www.autonews.ru/automarket_news/index.shtml?/2003/10/23/1117214.

¹² Новости. Авиакомпания по ошибке продавала билеты по 2 доллара // Рокфеллер. Режим доступа: <http://www.rokf.ru/different/2005/04/19/181216.html>.

¹³ Новости. Крупный сбой банкоматов "Сбербанке": клиенты остались без денег // FederalPost. Режим доступа: http://www.federalpost.ru/econom/issue_12475.html.

тупе появилась информация о денежных переводах, адресах и номерах счетов некоторых звезд мирового шоу-бизнеса. Эта информация находилась на тестовом сайте, на всеобщем обозрении в течение недели¹⁴. В конце 1980-х гг. организация British Royal Signals and Radar Establishment (Великобритания) сделала попытку оценки распространенности дефектов в ПО, написанном для ряда ответственных систем. Оказалось, что "до 10% программных модулей и отдельных функций не соответствуют спецификациям в одном или нескольких режимах работы"¹⁵. Такого рода отклонения были обнаружены даже в ПО, прошедшем полный цикл всестороннего тестирования. Хотя большинство обнаруженных ошибок было признано слишком незначительными, чтобы вызвать серьезные последствия, все же 5% функций могли оказывать разного рода значимое негативное воздействие на поведение всей системы. Большой объем инвестированных средств и современные технологии разработки программного обеспечения не гарантируют полного отсутствия дефектов. Так, NASA (США) инвестировала огромные средства и ресурсы в верификацию и сопровождение программного обеспечения для космических кораблей Shuttle. Несмотря на это, за 10-летие с 1980 г. - времени начала использования ПО - выявлено 16 ошибок "первой степени серьезности" (способных привести к "потере корабля и/или экипажа"). Восемь из этих ошибок не были обнаружены своевременно и присутствовали в коде во время полетов. Во время полетов были задокументированы проблемы, возникшие от проявившихся 12 значимых ошибок, из которых три относились ко "второй степени серьезности" ("препятствуют выполнению критически важных задач полета")¹⁶.

Вместе с тем стоит отметить ежегодный рост объемов мирового рынка разработки и эксплуатации программных средств. Соответственно, качество разрабатываемых и эксплуатируемых программных средств будет являться неоспоримым конкурентным преимуществом.

Качество программного средства носит сложный (комплексный) характер, который необходимо учитывать при разработке и эксплуатации программных средств. Однако существующие подходы и модели для обеспечения качества ПС обладают рядом недостатков и не в полной мере учитывают комплексный характер качества ПС. В соответствии с исследованиями в области уп-

¹⁴ Новости. Крупный сбой банкоматов "Сбербанке".

¹⁵ Clark S. An Investigation of the Therac-25 Accidents / Leveson, Nancy, Turner, Clark S. IEEE Computer. May 1993. Vol. 26. No. 7.

¹⁶ Тэллес М., Хсих Ю. Указ. соч.

равления качества оно должно рассматриваться с точек зрения основных экономических категорий - потребителя и производителя, качество зависит как от самого продукта, так и от процессов его создания. Для управления качеством необходимо иметь численную оценку его составляющих.

На практике возникают проблемы, связанные с отсутствием системной основы и методических рекомендаций по обеспечению качества ПС. Одним из средств обеспечения качества является применение международных стандартов информационных технологий. Однако отдельные аспекты обеспечения качества ПС содержатся в большом количестве стандартов, не систематизированных относительно вопросов обеспечения качества. Также стоит отметить, что часть из стандартов устарела, в различных версиях стандартов можно обнаружить противоречия, поэтому применение стандартов ИТ для обеспечения качества при отсутствии системной основы представляется проблематичным.

Кроме того, в настоящее время отсутствует возможность сравнивать достижения различных организаций в области качества при разработке и эксплуатации программных средств, с учетом комплексного характера качества. Эта задача часто стоит перед потребителем программных средств.

Таким образом, создание моделей обеспечения качества программных средств для различных областей экономики, учитывающих комплексный характер и особенности предметной области с использованием современных стандартов области информационных технологий, является актуальной научной проблемой, требующей скорейшего решения.

Автором были проанализированы различные подходы, связанные с качеством программных средств, встречающиеся в литературе, и выделены основные свойства понятия "качество", раскрывающие его комплексный характер:

1. Качество зависит от точки зрения группы людей, связанных с разработкой и эксплуатацией программных средств. Можно выделить две большие группы - производителей и потребителей ПС.

2. Качество - это не только программное обеспечение, но также и связанные с ним продукты и услуги (документация, сопровождение, консультации).

3. Помимо качества продукта, следует говорить о качестве процесса его создания.

4. Качество необходимо рассматривать в динамике, в процессе использования продукта, при взаимодействии его с окружающей средой и различными системами и людьми.

5. Качество может быть управляемо через изменение его характеристик и выработку на основании полученных данных управляющего воздействия.

Основываясь на комплексном подходе к изучению качества ПС и развивая идеи, предложенные К. Баллой¹⁷ и Н. Фентоном¹⁸, автор добавил еще одно измерение "в поле качества" - точка зрения групп потребителей и производителей программного обеспечения. Это измерение объективно существует, различные взгляды на качество упоминаются в литературе и широко используются в современных международных стандартах. Так, например, в технических отчетах ISO/IEC TR 9126-2, 9126-3, 9126-4 напротив каждой метрики указывается целевая аудитория метрики (пользователь, специалист сопровождения, оператор и пр.). Добавив одно измерение "в поле качества", получаем "куб качества".

Первое измерение - сущности Фентона (в трактовке К. Баллы): управление проектом, технический процесс, продукт. Это измерение обозначается как "Сущность качества" (ось X).

Второе измерение - уровень детализации сущностей качества: определение, характеристика, метрика. Обозначим это измерение как "Уровень (степень) детализации" (ось Y).

Третье измерение - точка зрения на качество различных групп заинтересованных лиц: заказчик, пользователь, поставщик, разработчик, персонал сопровождения. Данное измерение соответствует взгляду на качество различных групп ролей, принимающих участие в жизненном цикле программных средств (ось Z). Обозначим это измерение как "Взгляд на качество". Группы ролей сформулированы на основе исследования современных международных стандартов, связанных с программными средствами.

Точка в "кубе качества" описывается тремя координатами в системе координат - "Сущность качества, Уровень детализации, Взгляд на качество". Например, метрики управления проектом с точки зрения пользователя имеют координату Q_i (УП, МЕТ, USER). Фактически каждая точка характеризует различные аспекты состояния исследуемой компании в области качества программных средств (см. рис. 1).

Преимущества "куба качества" перед другими подходами состоят в том, что он:

- учитывает еще одно объективно существующее измерение качества;

¹⁷ Balla K. The Complex Quality World: Developing Quality Management Systems for Software Companies / Technische Universiteit Eindhoven, 2001.

¹⁸ Fenton N.E. Software metrics - a rigorous approach / Chapman&Hall, 1992.

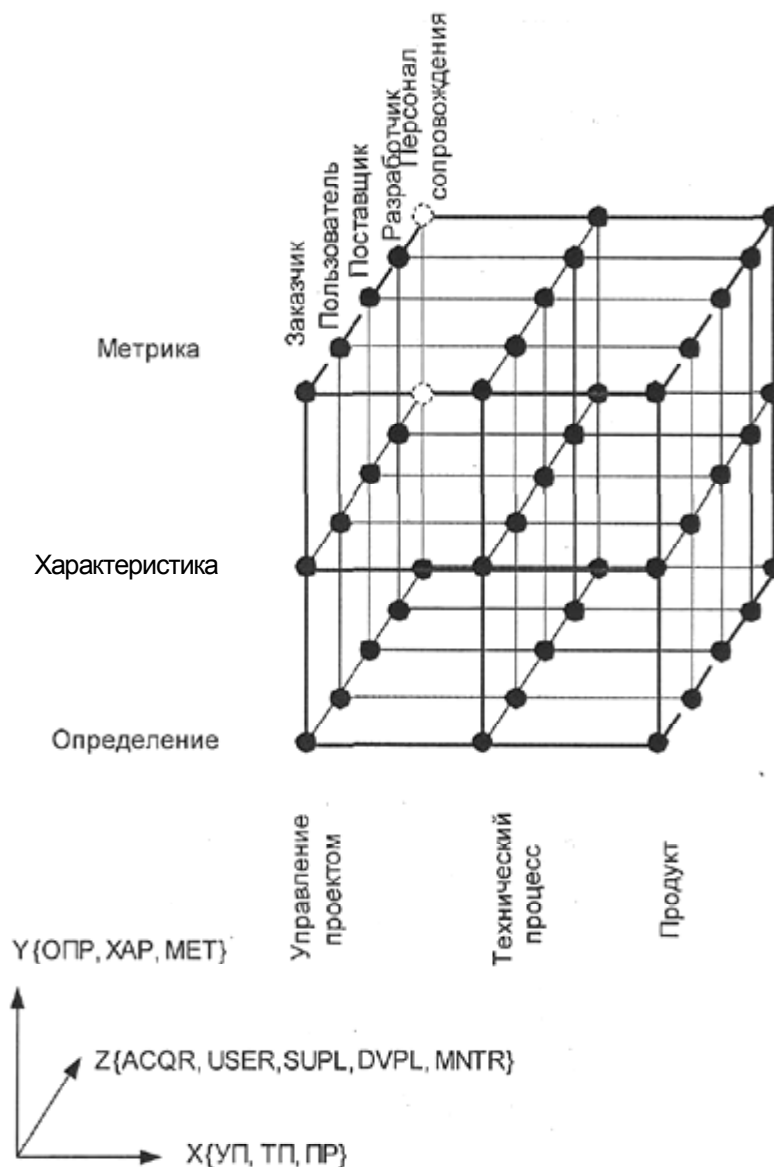


Рис. 1. Иллюстрация понятия "куб качества"

• обеспечивает возможность более точного отражения потребностей той или иной компании в области качества;

• позволяет классифицировать существующие стандарты и методы в области качества программных средств с учетом точек зрения на сущности качества различных лиц, принимающих участие в ЖЦПС. Фактически речь идет об отнесении того или иного стандарта к одному или нескольким узлам.

Точка в "кубе качества" описывается тремя координатами в системе координат - "Сущность качества, Уровень детализации, Взгляд на качество".

Очевидно, что "куб качества" будет заполнен неравномерно и в нем могут быть точки и области, которые не соотнесены ни с одним из

стандартов или концепций либо связаны весьма слабо. Так, пользователь мало заинтересован в определении, характеристиках и метриках качества управления проектом. Преимущество "куба качества" относительно "поля качества" в том, что стандарты и подходы в области качества располагаются более точно, и в зависимости от группы можно выделить одно или несколько срезов куба относительно конкретной группы или нескольких групп, получив несколько полей качества. Так, можно говорить о поле качества пользователя - на нем будут расположены только те стандарты и концепции, которые описывают качество с точки зрения пользователя (аналогично можно говорить о поле качества разработчика, заказчика и т.д.). Если организация является разработчиком программного обеспечения, то она

выберет один набор срезов, если организация является заказчиком программного обеспечения – то другой. Срезы “куба качества” в других направлениях дадут нам положения стандартов и концепций, связанных с выбранным направлением качества (в случае если разработчик решит развивать одно из направлений). В зависимости от ситуации можно рассматривать отдельные области в “кубе качества”.

На основе понятия “куб качества” автором была разработана комплексная многомерная модель качества (КММК), которая представляет собой классический PDCA-цикл (Plan-Do-Check-Action), открытый доктором Э. Демингом. Изменения, связанные с качеством, выполняются поэтапно и итерационно. Суть цикла состоит в следующем: изменения в какой-либо области качества сначала планируются, потом выполняются, производится анализ результатов, к которым привели действия, после проводятся корректирующие действия. Далее цикл повторяется для других областей качества. Целью использования модели является системное, итерационное, целенаправленное и измеримое приближение фактического состояния компании в области качества к выбранной эталонной модели, а также реализация целей компании в области качества, поставленных с учетом экономической ситуации. Рассмотрим более подробно этапы применения комплексной многомерной модели качества (рис. 2).

1-й этап. Выбор эталонной модели экономической категории.

На первом этапе организация производит самоидентификацию и относит себя к одной из основных экономических категорий – производителю или потребителю. Если организация одновременно является и производителем, и потребителем программного обеспечения (достаточно распространенный случай), при использовании модели необходимо рассматривать эти категории отдельно. На входе первого этапа – эталонные модели “куба качества” и профиля деятельности компании. На выходе – выбранный эталонный куб качества.

2-й этап. Определение актуального состояния компании в области качества.

Основной задачей следующего этапа является оценка актуального состояния компании в области качества. Оценка производится путем сравнения элементов качества выбранной эталонной модели “куба качества” и состояния в области качества исследуемой компании. Для того чтобы учесть специфику исследуемой компании, необходимо определить роли, которые присутствуют в исследуемой компании. Для эталонного “куба качества” Производителя осуществля-

ется выбор из следующих ролей: поставщик, разработчик, персонал сопровождения; для эталонного куба качества Потребителя: заказчик, пользователь. После выбора ролей исследуемой компании необходимо определить актуальное состояние компании в области качества. Для этой цели на основе результатов работы по распределению стандартов по “кубу качества” автором был составлен вопросник и программа в Microsoft Excel, которая позволяет визуально отразить соответствие модели исследуемой компании эталонному “кубу качества” (рис. 3). Каждому элементу качества присвоен числовой атрибут, характеризующий степень соответствия “куба качества” исследуемой компании эталонному.

Для дальнейшего выбора стратегического направления совершенствования качества, кроме текущей оценки состояния в области качества, необходимо определить технологический уровень зрелости компании (согласно стандарту ISO/IEC 15504 и методологии CMMI). Эта задача решена в современной практике программной инженерии, автор использовал имеющуюся программу оценки степени зрелости компании “Management Information System bvba” (версия 1.0, июль 2002).

3-й этап. Выбор стратегического направления улучшения в области качества.

На следующем этапе руководство компании должно на основании уровня зрелости, бизнес-целей компании и актуального состояния компании в области качества, определенной с помощью авторской методики, выбрать стратегическое направление улучшения текущего состояния компании в области качества. Возможные варианты выбора направления:

- управление проектом;
- технический процесс;
- продукт.

Данные, полученные на предыдущем этапе (состояние в области качества), позволяют определить наиболее слабые места в области качества компании. Другим фактором, который влияет на выбор стратегического направления, является текущая ситуация исследуемой компании. Например, компания участвует в тендере, условием которого является наличие системы управления проектами. В этом случае компания, использующая КММК, может посчитать для себя приоритетной сферу обеспечения качества в области управления проектами. Еще одним фактором, который влияет на выбор стратегического направления, является наличие зависимости между достигнутым уровнем технологической зрелости (CMMI) и приоритетным направлением совершенствования качества (исследования

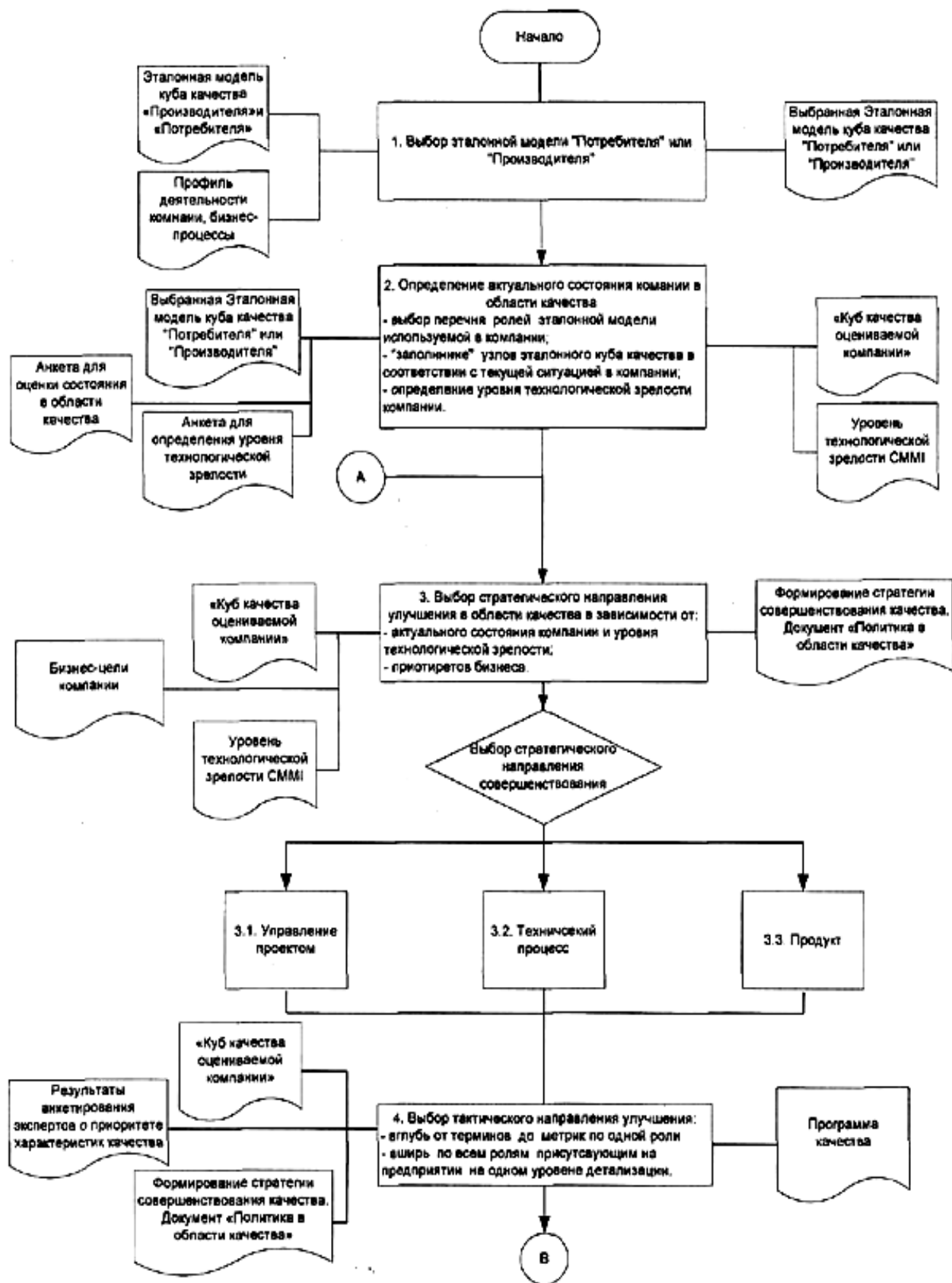


Рис. 2. Схема применения комплексной многомерной модели качества (начало)

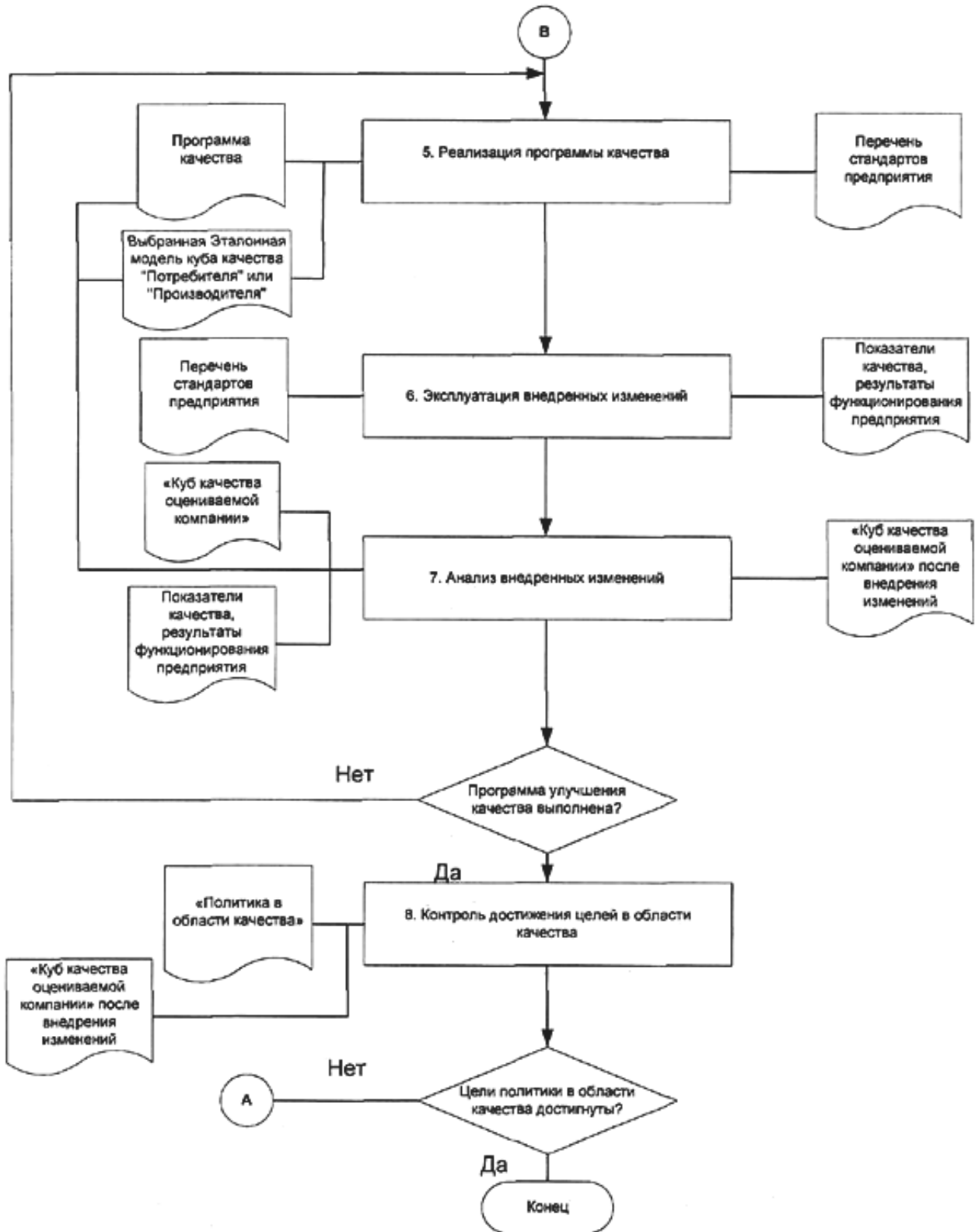


Рис. 2. Схема применения комплексной многомерной модели качества (окончание)

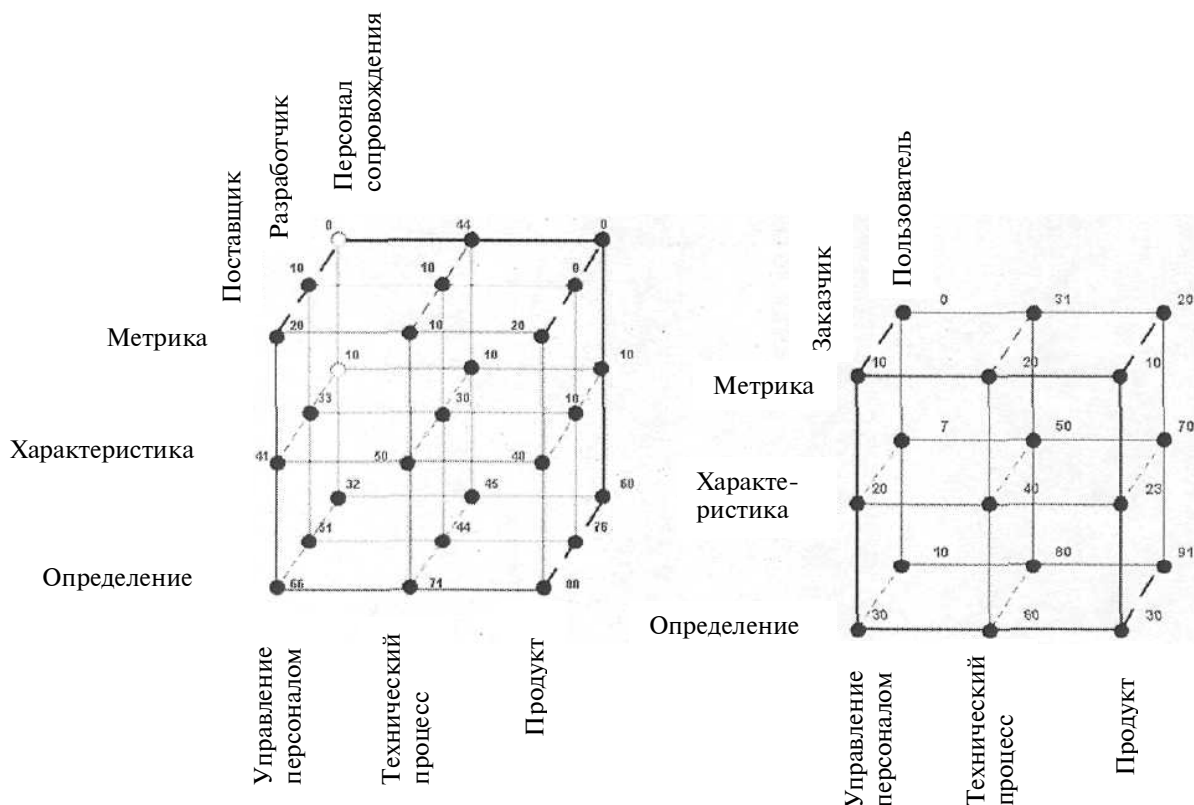


Рис. 3. Результат работы программы по оценке актуального состояния в области качества

К. Баллы)¹⁹. Автор рекомендует при выборе стратегического направления руководствоваться результатами исследований К. Баллы:

- если уровень технологической зрелости меньше 2, то выбирается область совершенствования качества управления проектом;
- если уровень зрелости в диапазоне от 2 до 3, то выбирается область совершенствования качества продуктов;
- если уровень зрелости больше 3-х, то выбирается область совершенствования технологических процессов.

Стратегия совершенствования качества фиксируется в документе, который известен в практике управления качеством под названием “Политика в области качества”. В этом документе фиксируются цели в области качества в терминах “куба качества”. Например, цель может быть сформулирована следующим образом: достижение 80% соответствия эталонного куба потребителя в области качества управления проектами.

4-й этап. Выбор тактического направления в области качества.

После выбора стратегического направления предприятие должно определить тактику достижения зафиксированных в программе качества целей. Тактика достижения целей определяется порядком “наполнения” элементов качества и,

соответственно, порядком перемещения по “кубу качества”.

Возможные направления перемещения:

- вглубь от определения до метрик по одной роли;
- по всем ролям, присутствующим на предприятии на одном уровне детализации.

В рамках перемещения по “кубу качества” запрещен переход в направлении от метрик к характеристикам и от характеристик к определениям (рис. 4).

Возможные направления перемещения также продиктованы целями компании. Так, если компания относится к экономической категории “Потребитель” и планирует проведение тендера по покупке программного обеспечения, которое потом будет эксплуатировать, то целесообразно сначала двигаться от определений к метрикам по роли “Заказчик”, а потом аналогичным образом по роли “Пользователь”. Используя модель “куба качества” компании и более приоритетные характеристики качества для присутствующих ролей, компания может выбрать тактику перемещения по кубу для области совершенствования качества продуктов. При выборе тактики можно воспользоваться результатами исследования автора по степени важности характеристик качества для автоматизированных банковских систем. Аналогичные исследования могут быть вы-

¹⁹ Balla K. Cit op.

на 5-й этап, на котором выполняется реализация невыполненных пунктов программы качества или выполненных в недостаточной степени. Если необходимость в итерации отсутствует, то выполняется переход на этап 8. Каждая точка в кубе описывается трехмерной координатой. Например, метрики управления проектом с точки зрения пользователя (см. рис. 4) имеют координату Q (УП,МЕТ,USER). Фактически каждая точка характеризует различные аспекты состояния исследуемой компании в области качества. Точке соответствует набор характеристик. Набор значений характеристик эталонной модели принимается за 1,0 (или 100%), набор значений соответствующих характеристик исследуемой компании определяется по отношению к эталонной модели по разработанной методике с помощью анкетирования. В зависимости от выбранной стратегии и тактики перемещения по кубу траекторию перемещения можно описать в виде графа, где в качестве пути выступают точки "куба качества" (программа качества).

Например, компания, которая приобретает и использует программный продукт, выбрала направление использования модели, связанное с качеством продукта, причем сначала компания

применяет модель для пользователя (от определенных до метрик), а потом для заказчика:

Q_1 (ПР,ОПР,USER); Q_2 (ПР,ХАР,USER); Q_3 (ПР,МЕТ,USER); Q_4 (ПР,ОПР,АСQR); Q_5 (ПР,ХАР,АСQR); Q_6 (ПР,МЕТ,АСQR).

Следующим этапом компания улучшает положение в области технических процессов, используя другую тактику перемещения:

Q_7 (ТП,ОПР,АСQR); Q_8 (ТП,ОПР,USER); Q_9 (ТП,ХАР,USER); Q_{10} (ТП,ХАР,АСQR); Q_M (ТП,МЕТ,АСQR); Q_{12} (ТП,МЕТ,USER).

С точки зрения управления проектом, компания решила, что пользователь в проекте не участвует и, соответственно, при реализации программы улучшения качества точки, связанные с управлением проекта в качестве заказчика, будут отсутствовать. Для области управления проектом программа качества будет выглядеть следующим образом: Q_{13} (УП,ОПР,АСQR); Q_{14} (УА,ОПР,АСQR); Q_{15} (УА,ОПР,АСQR).

Комплексная многомерная модель качества ПС дает системную основу для совершенствования качества программных средств как с точки зрения производителя, так и с точки зрения потребителя программных средств.

Поступила в редакцию 09.01.2009 г.