

Б. Г. Ильясов, д-р техн. наук, проф. кафедры "Техническая кибернетика", Pyasov@tc.ugatu.ac.ru,

В. Е. Гвоздев, д-р техн. наук, проф., зав. каф., wega55@mail.ru,

О. Я. Бежаева, канд. техн. наук, доц., obezhaeva@gmail.com,

Р. Р. Курунова, аспирант, roksana.kurunova@gmail.com

ФГБОУ ВО "Уфимский государственный авиационный технический университет",
г. Уфа, Российская Федерация

Сравнительный анализ проектных решений по комплексу потребительских свойств и технических характеристик объектов*

Предложен подход к сравнительному анализу альтернатив технических систем на основе комплексного исследования предполагаемых внешних и внутренних свойств изделий. Использование предлагаемого подхода позволяет повысить обоснованность решений о целесообразности внесения изменений в требования к потребительским свойствам и техническим характеристикам. Предлагаемый подход позволяет разработать формальную процедуру сравнительного анализа вариантов изделий.

Ключевые слова: развертывание функции качества, "Дом качества", альтернативные варианты, экспертные оценки, потребительские свойства, технические характеристики, эталонная виртуальная модель, знаково-ориентированные графы, алгоритм сравнительного анализа

Введение

Одной из основных угроз провала проектов реализации технических систем, в которых важную роль играют встроенные подсистемы обработки информации и управления, является внесение изменений в требования к свойствам упомянутых подсистем (объектов¹) [1] на разных стадиях жизненного цикла изделий без учета их взаимовлияния. Развертывание функции качества (*Quality Function Deployment*) является универсальным аппаратом, который в рамках единого формального подхода позволяет оценить особенности объектов одновременно как с точки зрения потребителя, так и с точки зрения разработчика [2—4]. В настоящей статье рассматривается подход и реализуемый на его основе формальный аппарат, позволяющий выполнить анализ целесообразности внесения изменений в требования, соотносимые с потребительскими свойствами и техническими характеристиками объекта.

1. Определение свойств базового объекта

Одной из широко используемых технологий анализа проектных решений является технология "Дом качества" [5—7]. Основу технологии составляет модель, дающая взаимосвязанные описания внешнего облика (потребительских свойств объекта) и его внутренних характеристик. В литературе описаны различные варианты реализации этой модели, ориентированные на описание объектов как каче-

ственными, так и количественными признаками. Обобщенная модель "Дом качества" представлена на рис. 1.

Номерами на рис. 1 отмечены основные составляющие "Дома качества":

- 1 — потребительские свойства объектов, представленные в виде функциональных и нефункциональных требований ("голос потребителя" [3]);
- 2 — технические характеристики объектов;
- 3 — центральная часть "Дома качества", представляющая собой матрицу связи требований и технических характеристик;

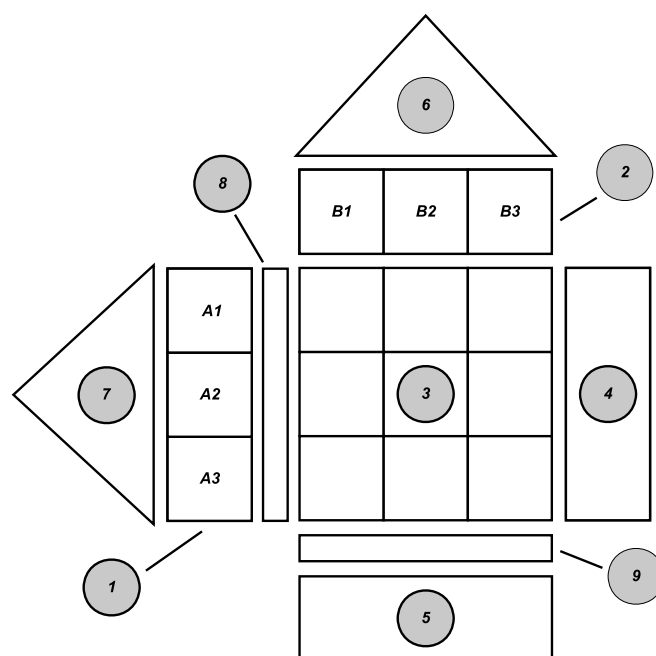


Рис. 1. Обобщенная модель "Дом качества"

*Работа поддержана грантом РФФИ № 14-08-97036.

¹ Термин "объект" понимается в смысле, определенном в ГОСТ Р 51901.5—2005.

4 — правая "комната" "Дома качества", которая представляет собой оценку качества реализации требований с точки зрения потребителей в разрабатываемом объекте и существующих аналогах; оценки даются в балльных шкалах, например, в случае использования пятибалльной шкалы [8]: 1 — это худшая реализация, 5 — лучшая реализация, 2, 3, 4 — промежуточные градации качества реализации функциональных требований;

5 — "подвал" "Дома качества", представляющий собой инженерную оценку технических характеристик по сравнению с характеристиками существующих аналогов; оценки даются в балльной шкале того же размера, что и в правой "комнате". Оценка свойств объекта относительно изделий аналогичного назначения по совокупности потребительских свойств и технических характеристик графически представляется в виде ломаных линий (рис. 2);

6 — "крыша" "Дома качества" представляет собой матрицу влияния технических характеристик друг на друга;

7 — "крыльцо" "Дома качества" представляет собой матрицу влияния требований друг на друга;

8 — весовые характеристики важности требований для потребителей;

9 — оценка технической возможности и трудоемкости обеспечения требуемых технических характеристик.

Более подробное описание компонентов модели "Дом качества" можно найти в работах [2, 7, 8].

Лингвистические переменные, поставленные в соответствие компонентам матрицы центральной части "Дома качества", отражают степень взаимовлияния требований заказчика и технических характеристик (рис. 2). Компоненты матрицы также имеют знак, отражающий характер влияния (прямое и обратное), направление влияния указывается посредством стрелок [9].

Центральной частью рассматриваемого ниже подхода сравнительного анализа вариантов реализации объекта по совокупности признаков, характеризующих как его потребительские свойства, так и технические характеристики, является расчет степени отклонения свойств и характеристик объекта от аналогичных свойств виртуального "базового" объекта. Свойства "базового" объекта определяются следующим образом.

Пусть определены функциональные и нефункциональные требования, характеризующие потребительские свойства $\{T^{(PC)}_1\}_1^M$ и обеспечивающие их реализацию, определяющие технические характеристики $\{T^{(TX)}_1\}_1^N$ создаваемого объекта. Примем в рассмотрение требование $T_1^{(PC)}$ из множества требований $T_1^{(PC)} \in \{T^{(PC)}_1\}_1^M$. В результате

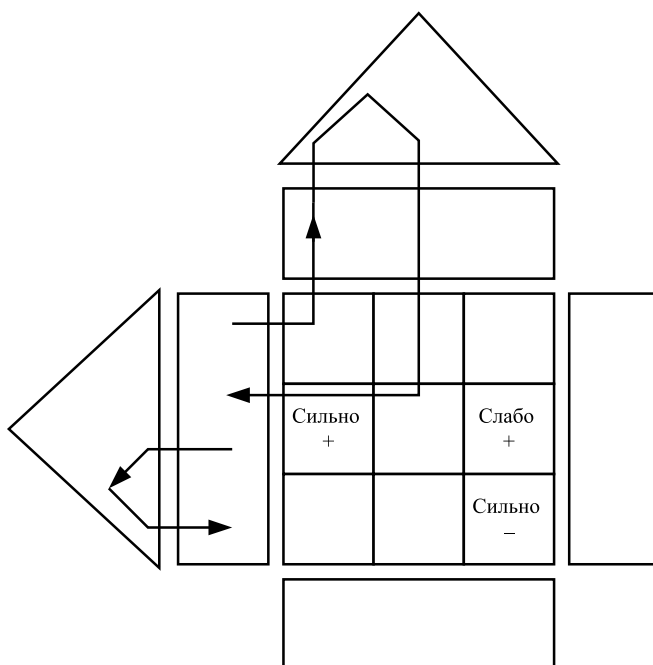


Рис. 2. Степень, знак и направление влияния функциональных требований и технических характеристик

изучения потребительских свойств объектов-аналогов, выделим объект с наилучшей реализацией требования $T_{1,\Theta}^{(PC)}$. Будем считать, что это требование реализуется "базовым" объектом. Поступая аналогичным образом, сформируем остальные свойства, присущие "базовому" объекту $\{T_{\Theta}^{(PC)}\}_1^M$. По аналогичной схеме определим технические характеристики "базового" объекта $\{T_{\Theta}^{(TX)}\}_1^N$.

"Базовый" объект является виртуальным и не существует в действительности. Тем не менее, в силу того, что его свойства и характеристики определены на основе исследования свойств и характеристик реально существующих объектов, в принципе эти свойства и характеристики являются достижимыми при ныне существующем уровне развития технологий проектирования и производства объектов (т. е. "базовому" объекту можно поставить в соответствие понятие "достижимой цели" [10]). Следует особо подчеркнуть, что предлагаемый подход предполагает существование объектов аналогичного назначения. Если объектов-аналогов нет, то создаваемый объект сам окажется "базовым".

2. Метод анализа вариантов реализации объектов по совокупности потребительских свойств и технических характеристик

Во многих литературных источниках [11—13] и др. отмечается, что противоречия являются неотъемлемым свойством задачи синтеза сложных систем. При проектировании объекта естественным

желанием является улучшить те его потребительские свойства и технические характеристики, которые, по мнению экспертов, хуже, чем у объектов-аналогов. Однако попытка улучшить свойства и характеристики в ряде случаев может дать обратный эффект (это является проявлением известного свойства "контринтуитивного поведения сложных систем"). Одной из причин отличия фактического результата от ожидаемого является игнорирование сложного, транзитивного характера связей между потребительскими (внешними) свойствами и техническими (внутренними) характеристиками объекта.

Ниже приведено описание алгоритма, позволяющего выполнить пошаговый анализ влияния изменений, вносимых в отдельные требования, отображающие потребительские свойства объекта, на комплексный показатель качества объекта и позволяющего количественно охарактеризовать отклонение свойств объекта от аналогичных свойств "базового" объекта с учетом связей как между, так и внутри различных компонентов модели "Дом качества".

Шаг 1. Множество всех требований в правой "комнате" (номер 4 на рис. 1) "Дома качества" обозначим $\{d\}$, мощность множества — n . Множество всех характеристик в "подвале" (номер 5 на рис. 1) обозначим $\{D\}$, мощность множества — N .

Пусть $d_{\text{опт } i}$ — целевое значение i -го потребительского свойства ($i = 1; n$), соответствующее i -му требованию "базового" объекта, чему соответствует наибольшее значение балльной оценки; $D_{\text{опт } j}$ — целевое значение j -й технической характеристики ($j = 1; N$), соответствующей j -й характеристике базового объекта, чему соответствует наибольшее значение балльной оценки; $d_{\text{факт } i}$ — оценка i -го требования, соответствующая создаваемому объ-

екту и задаваемая в балльной шкале; $D_{\text{факт } j}$ — оценка j -й характеристики создаваемого объекта и задаваемая в балльной шкале; Δd — метрическая характеристика различия потребительских свойств, обусловленных требованиями разрабатываемого и "базового" объекта и рассчитываемая посредством евклидовой метрики

$$\Delta d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_{\text{опт } i} - d_{\text{факт } i})^2}{n}}; \quad (1)$$

ΔD — метрическая характеристика различия технических характеристик разрабатываемого и "базового" объекта и рассчитываемая по аналогичной формуле

$$\Delta D = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (D_{\text{опт } j} - D_{\text{факт } j})^2}{N}}. \quad (2)$$

Шаг 2. Рассчитаем расстояние ΔQ , комплексно характеризующее различие между разрабатываемым и "базовым" объектом (рис. 3):

$$\Delta Q = \sqrt{\Delta d^2 + \Delta D^2}. \quad (3)$$

Шаг 3. Выявим требование, которое желательно изменить в лучшую сторону (в случае использования пятибалльной шкалы это означает, что балльная оценка потребительского свойства, которому соответствует требование, меньше 5).

Шаг 4. Воздействуя на то требование, которое следует улучшить, можно рассчитать перемещение значения $(\Delta d, \Delta D)$ по осям потребительских свойств и технических характеристик. Если расстояние ΔQ будет увеличиваться, то изменение требования является нежелательным. Если расстояние будет уменьшаться, приближаясь к нулю, то изменение этого требования целесообразно.

Ограничения предлагаемого метода следующие.

1. Область применимости метода (ограничения на масштаб исследуемого объекта) ограничивается возможностью описания объекта моделью "Дом качества".

2. Одномоментно изменение вносится только в одно функциональное или нефункциональное требование. Одновременное внесение изменений в несколько требований не допускается.

3. Необходимо установить соответствия лингвистических характеристик силы связи и значений балльной шкалы, например, в данной работе принято:

а) "сильно" означает, что изменение исходного требования на 0,5 балла приводит к изменению заявленного на 0,5 балла;

б) "средне" означает, что изменение исходного требования на 0,5 балла приводит к изменению заявленного на 0,25 балла;

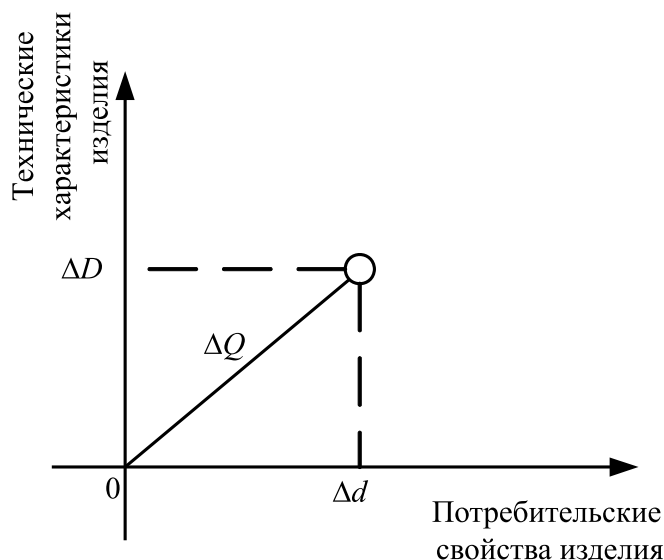


Рис. 3. Комплексная оценка отличия свойств создаваемого и "базового" объектов по совокупности потребительских свойств и технических характеристик

с) "слабо" означает, что изменение исходного требования на 0,5 балла приводит к изменению заявленного на 0,1 балла.

4. Если в пути, связывающем требования и технические характеристики, присутствует различие по степени силы связи, то пути в целом ставится в соответствие наименьшая сила связи [14].

5. Если между требованиями имеется несколько путей, причем разным путям ставится в соответствие разная сила связи, то берется максимальная по значению сила связи [14].

3. Пример анализа вариантов проектных решений

Проиллюстрируем описанный алгоритм анализа на примере изделия, которому соответствует "Дом качества", представленный на рис. 4.

Оценки, выставленные в правой комнате "Дома качества" (см. номер 4 на рис. 1), соответствуют текущему состоянию реализации требований, отображающих потребительские свойства объекта. Реализация требований в текущем варианте реализации объекта оценивается экспертами в 4, 2, 1 и 3 балла соответственно (рис. 4). Можно сделать вывод, что возможно улучшать потребительские свойства объекта за счет каждого из четырех требований (A, B, C, D).

Отличие потребительских свойств объекта (1) по сравнению с "базовым" составляет

$$\Delta d = \frac{\sqrt{(5-4)^2 + (5-2)^2 + (5-1)^2 + (5-3)^2}}{4} = 1,369.$$

Отличие технических характеристик объекта (2) по сравнению с "базовым" составляет

$$\Delta D = \frac{\sqrt{(5-3)^2 + (5-4)^2 + (5-2)^2 + (5-2)^2}}{4} = 1,199.$$

Комплексный показатель различия свойств объекта по сравнению с "базовым" (3) будет

$$\Delta Q = \sqrt{1,369^2 - 1,199^2} = 1,820.$$

Необходимо исследовать, возможно ли приблизить свойства объекта к свойствам "базового" при существующих связях как между требованиями и техническими характеристиками, так и между требованиями и между техническими характеристиками (т. е. с учетом особенностей 3-го, 6-го и 7-го компонентов "Дома качества"). Для этого поставим в соответствие "Дому качества", изображенному на рис. 4, знаково-ориентированный граф [9], представленный на рис. 5.

Поочередно, начиная с требования A, будем изменять требования в сторону улучшения. Признаком улучшения является повышение балльной оценки. Допустим, что один шаг изменения балльной оценки составляет 0,5 балла. Исследуем, как

будет изменяться при этом ΔQ . Из рис. 5 следует, что в силу наличия связей, кроме требования, которое будет изменяться целенаправленно, также будут меняться связанные с ним технические характеристики и другие требования (если связь имеет знак "+", то улучшение одного требования приводит к улучшению другого; если связь имеет знак "-", то улучшение одного свойства приводит к ухудшению другого). На рис. 6 выделен подграф, соответствующий требованию A и связанным с ним другими требованиями и техническими характеристиками.

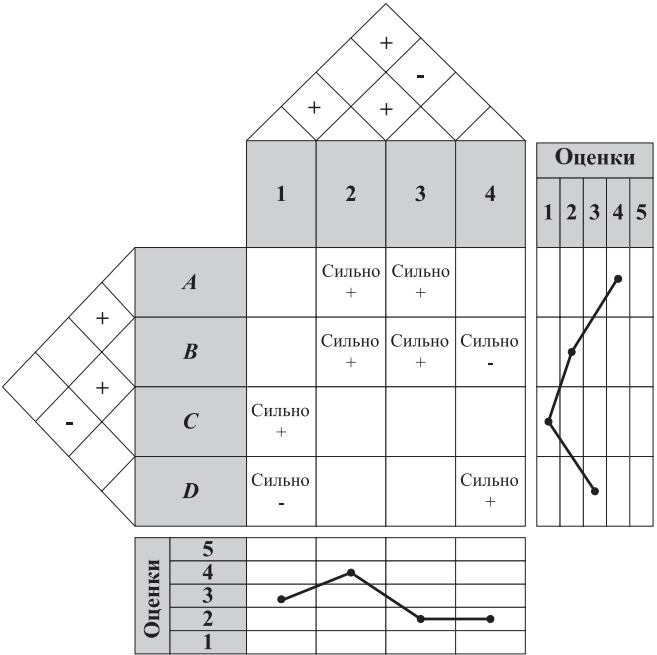


Рис. 4. Пример "Дома качества"

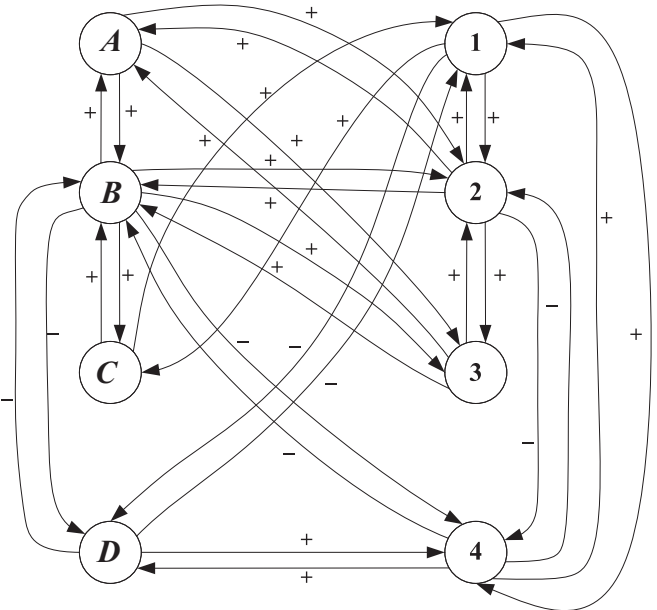


Рис. 5. Знаково-ориентированный граф, соответствующий "Дому качества", представленному на рис. 4. Буквы соответствуют требованиям; цифры — техническим характеристикам

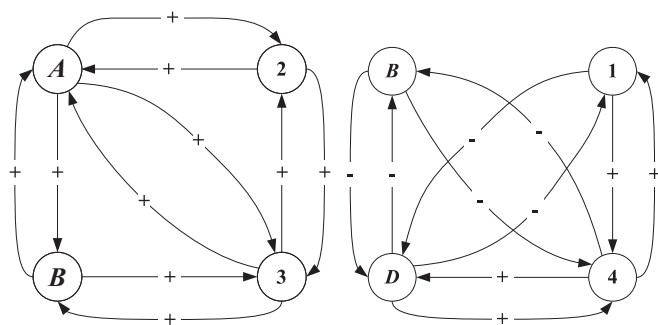


Рис. 6. Подграф, отображающий связи между требованием А, другими функциональными требованиями и техническими характеристиками

Рис. 7. Подграф, отображающий связи между требованием D, другими функциональными требованиями и техническими характеристиками

Результаты пошагового изменения требования А, относительно свойств "базового" объекта

Состояние	Δd	ΔD	ΔQ
Исходное состояние	1,369	1,199	1,820
После шага 1	1,287	1,104	1,696
После шага 2	1,225	1,031	1,601

Согласно ранее описанному алгоритму, улучшим требование А на 0,5 балла. По причине одинаковой силы связей, соответствующих ячейкам центральной части "Дома качества" (см. рис. 4), связанные с требованием А требования и характеристики получают следующие значения (см. рис. 6):

- требование В, имеющее положительную связь с требованием А, увеличится на 0,5, т. е. вместо значения 2 примет значение 2,5;
- характеристика 2, имеющая положительную связь с требованием А, увеличится на 0,5, т. е. вместо значения 4 примет значение 4,5;
- характеристика 3, имеющая положительную связь с требованием А, увеличится на 0,5, т. е. вместо значения 2 примет значение 2,5.

Отличия потребительских свойств, технических характеристик и комплексного показателя различия относительно свойств "базового" объекта составят

$$\Delta d_1^A = \frac{\sqrt{(5-4,5)^2 + (5-2,5)^2 + (5-1)^2 + (5-3)^2}}{4} = 1,287;$$

$$\Delta D_1^A = \frac{\sqrt{(5-3)^2 + (5-4,5)^2 + (5-2,5)^2 + (5-2)^2}}{4} = 1,104;$$

$$\Delta Q_1^A = \sqrt{1,290^2 - 1,100^2} = 1,696.$$

Выполним еще один проход алгоритма (изменим требование так, чтобы оценка требования А

вновь изменилась на 0,5 балла) и рассчитаем отличие потребительских свойств, технических характеристик и комплексного показателя различия относительно свойств "базового" объекта:

$$\Delta d_2^A = \frac{\sqrt{(5-5)^2 + (5-3)^2 + (5-1)^2 + (5-3)^2}}{4} = 1,225;$$

$$\Delta D_2^A = \frac{\sqrt{(5-3)^2 + (5-5)^2 + (5-3)^2 + (5-2)^2}}{4} = 1,031;$$

$$\Delta Q_2^A = \sqrt{1,22^2 - 1,03^2} = 1,601.$$

Вынесем все полученные результаты в таблицу.

Из таблицы видно, что показатель ΔQ , комплексно характеризующий различие свойств "базового" объекта и создаваемого, монотонно уменьшается, т. е. внесение изменений в требование А целесообразно.

Будем действовать аналогичным образом по отношению к требованиям В, С, D. Например, на рис. 7 выделен подграф, соответствующий требованию D и связанным с ним другими требованиями и техническими характеристиками.

Отобразим полученные результаты в пространстве "потребительские свойства изделия" — "технические характеристики изделия" (см. рис. 3) на рис. 8–10. Цифры в скобках соответствуют: первая — номер

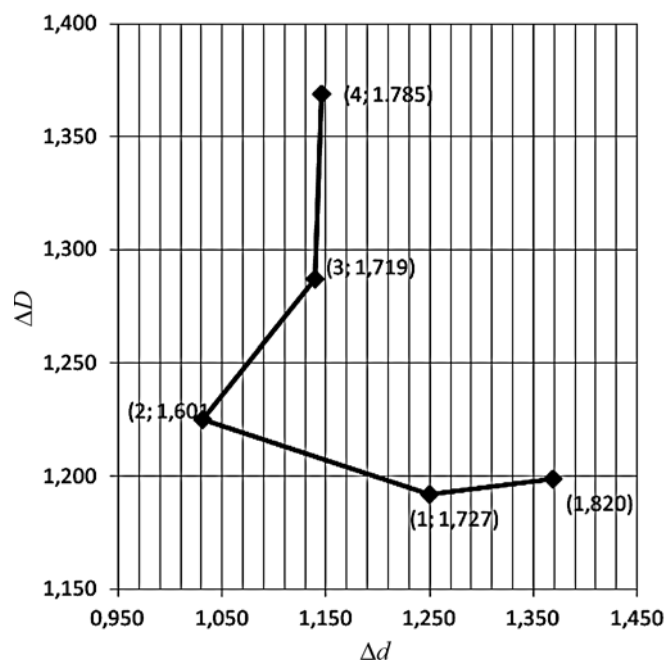


Рис. 8. Изменение комплексного показателя потребительских свойств и технических характеристик объекта при изменении требования В

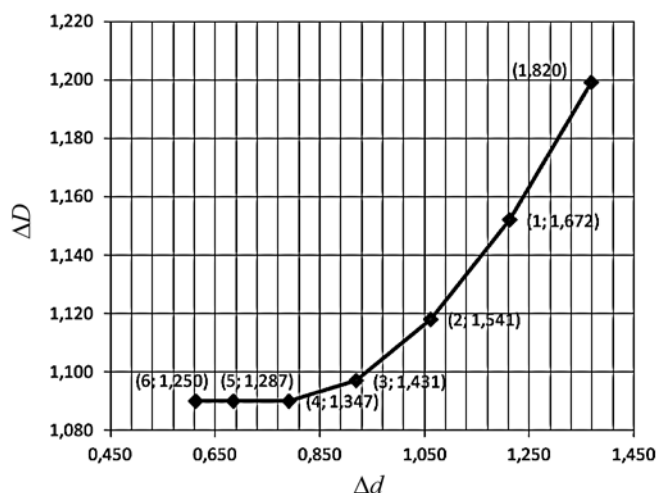


Рис. 9. Изменение комплексного показателя потребительских свойств и технических характеристик объекта при изменении требования С

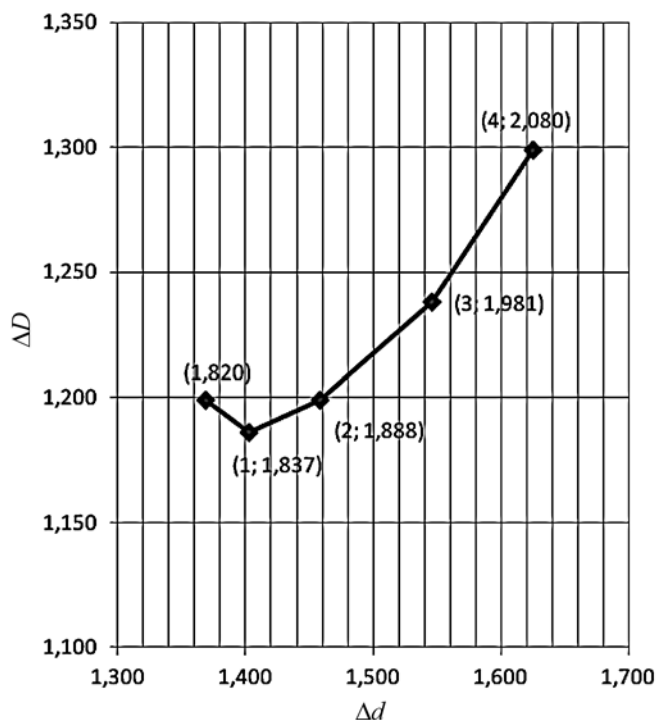


Рис. 10. Изменение комплексного показателя потребительских свойств и технических характеристик объекта при изменении требования D

шага; вторая — числовому значению ΔQ . Например, для рис. 8: (4; 1,785) — шаг 4, $\Delta Q = 1,785$.

Из рис. 8 следует, что изменение требования B после шага 2 дает ухудшение комплексного показателя, характеризующего различие создаваемого и "базового" объектов, т. е. свойства объекта удаляются от свойств "базового" объекта. Такое реагирование на изменение можно объяснить тем, что в системе присутствуют обратные связи (см. рис. 5), т. е. она является нелинейной.

Из рис. 9 следует, что изменение требования C улучшает значение комплексного показателя, т. е. свойства объекта приближаются к свойствам "базового" объекта.

Из рис. 10 следует, что изменение требования D целесообразно только на шаге 1, последующее изменение требования приведет к ухудшению значения комплексного показателя.

Заключение

Предложен подход, позволяющий выполнять сравнительный анализ проектных решений на ранних стадиях жизненного цикла объектов. Основу подхода составляет формирование виртуального "базового" объекта, а также учет особенностей транзитивных связей между требованиями, отображающими потребительские свойства объекта, а также его технические характеристики.

Метод сравнительного анализа проектных решений, реализующий предлагаемый подход, отличается от известных технологий использования модели "Дом качества" тем, что позволяет оценить изменение свойств объекта, относительно свойств "базового" объекта, обусловленные внесением изменений в требования. Это, в свою очередь, позволяет повысить сбалансированность свойств объектов, т. е. повысить качество проектных решений [15].

Разработанный метод позволяет разработать полностью формализованную процедуру анализа последствий изменений требований. Это, в свою очередь, позволяет реализовать процедуру в виде программного компонента в составе систем автоматизированного проектирования аппаратно-программных комплексов.

Список литературы

1. Вермишев Х. Ю. Управление разработкой сложного объекта // Информационные технологии. 2005. № 4. С. 8—15.
2. Bahill A. T., Chapman W. L. A tutorial on quality function deployment // Engineering Management Journal. 1993. Vol. 5, N. 3. P. 24—35.
3. Mazur G. H. QFD for service Industries from voice of customer to task development // The Fifth Symposium on Quality Function Deployment Novi, Michigan, June 20—22, 1993.
4. Mallon J. C., Mulligan D. E. Quality Function Deployment — A system for meeting customers' needs // Journal of Construction Engineering and Management. 1993. Vol. 119, N. 3. P. 516—531.
5. Shahin A. Quality Function Deployment: A Comprehensive Review. 2005. 25 p.
6. Harty D. Quality Function Deployment. An Overview of QFD and its Applications to Software Engineering // MSE 530. 2001. 20 p.
7. Bossert J. L. Quality Function Deployment: A Practitioner's Approach // ASQC Quality Press. 1991. 127 p.
8. Милошевич Д. Набор инструментов для управления проектами М.: Компания АйТи: ДМК Пресс, 2008. 729 с.
9. Гвоздев В. Е., Бежаева О. Я., Курунова Р. Р. Выявление противоречий в требованиях к программному продукту на основе исследования не прямых связей между ними // Программная инженерия. 2015. № 7. С. 11—20.
10. Чекарев А. Н. Квалиметрия и управление качеством. Ч. 1. Квалиметрия: учеб. пособие. Самара: Изд. СГАУ, 2010. 172 с.

11. **Kaplan S., Visneposlchi S., Zlotin B., Zusman A.** New Tools For Failure and Risk Analysis. Ideation International Inc., 2005. 71 p.
12. **Липаев В. В.** Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств. М.: Синтег, 2005. 224 с.
13. **Ларичев О. И.** Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в Волшебных странах: учебник. М.: Университетская книга, 2008. 392 с.

14. **Pelaez E., Bowles J. W.** Using Fuzzy Cognitive Maps as a System Model for Failure Modes and Effects Analysis // Information Sciences. 1996. N. 88. P. 177—199.

15. **Поляков С. Д.** Применение стандартизированных моделей качества при разработке требований к компьютерным системам // Информационные технологии. 2013. № 6. С. 22—26.

B. G. Ilyasov, Dr. of Tech. Sci., Prof. ilyasov@ugatu.ac.ru,
V. E. Gvozdev, Dr. of Tech. Sci., Prof., wega55@mail.ru,
O. Ya. Bezhaeva, Associate Professor, obezhaeva@gmail.com,
R. R. Kurunova, Postgraduate Student, roksana.kurunova@gmail.com
 Ufa State Aviation Technical University (USATU), Ufa

Comparative Analysis of Design Decisions on Complex of Consumer Properties and Specifications of the Object

This paper deals with the comparative analysis of alternative technical systems on the basis of a comprehensive study of the estimated external and internal properties of the product. The basis of the proposed approach is known formalism — Quality Function Deployment which implemented as a model of the "House of Quality". The concept of a "etalon virtual products", the characteristics of which are formed on the basis of data on the properties of products-analogues. The proposed approach differs from the known formalism quality function deployment that allows quantify the differences between the etalon and the proposed product on a complex of consumer properties and specifications.

Using the proposed approach can improve the validity of decisions on the advisability of amending the requirements for consumer features and specifications. The proposed approach makes it possible to develop a formal procedure for the comparative analysis of product variants, enabling its implementation in the form of software tools.

Keywords: quality function deployment, "House of Quality", analysis of alternatives, expert assessments, consumer properties, specifications, etalon virtual model, semantic-oriented graphs, comparative analysis algorithm

References

1. **Vermishev H. Ju.** Upravlenie razrabotkoj slozhnogo obekta (Control of Complex Project Development), *Informacionnye tehnologii*, 2005, no. 4, pp. 8—15.
2. **Bahill A. T., Chapman W. L.** A tutorial on quality function deployment, *Engineering Management Journal*, 1993, vol. 5, no. 3, pp. 24—35.
3. **Mazur G. H.** QFD for service Industries from voice of customer to task development, *The Fifth Symposium on Quality Function Deployment Novi*, Michigan, June 20—22, 1993.
4. **Mallon J. C., Mulligan D. E.** Quality Function Deployment — A system for meeting customers' needs, *Journal of Construction Engineering and Management*, 1993, vol. 119, no. 3, pp. 516—531.
5. **Shahin A.** *Quality Function Deployment: A Comprehensive Review*, 2005, 25 p.
6. **Harty D.** Quality Function Deployment. An Overview of QFD and its Applications to Software Engineering, *MSE 530*, 2001, 20 p.
7. **Bossert J. L.** *Quality Function Deployment: A Practitioner's Approach*, ASQC Quality Press, 1991, 127 p.
8. **Miloshevich D.** *Nabor instrumentov dlja upravlenija proektami* (A set of tools for project management), Moscow, Kompanija AjTi: DMK Press, 2008, 729 p.
9. **Gvozdev V. E., Bezhaeva O. Ja., Kurunova R. R.** Vyjavlenie protivorechij v trebovaniyah k programmnomu produktu na osnove

issledovaniya neprjamyh svyazej mezdu nimi (Identification of contradictions in the requirements for software product based on a study of indirect links between them), *Programmnaja inzhenerija*, 2015, no. 7, pp. 11—20.

10. **Chekmarev A. N.** Kvalimetrija i upravlenie kachestvom (Quality metrology and quality management). Ch. 1. *Kvalimetrija: uchebnoe posobie*, Samara, Izd. SGAU, 2010, 172 p.

11. **Kaplan S., Visneposlchi S., Zlotin B., Zusman A.** *New Tools For Failure and Risk Analysis*, Ideation International Inc., 2005, 71 p.

12. **Lipaev V. V.** *Analiz i sokrashhenie riskov projektov slozhnyh programmyh sredstv* (Analysis and reduction of risks of complex software projects), Moscow, Sinteg, 2005, 224 p.

13. **Larichev O. I.** *Teorija i metody prinjatija reshenij, a takzhe hronika sobytij v Volshebnyh stranah: Uchebnik* (Theory and methods of decision-making as well as a chronicle of events in a magical land: Tutorial), Moscow, Universitetskaja kniga, 2008, 392 p.

14. **Pelaez E., Bowles J. W.** Using Fuzzy Cognitive Maps as a System Model for Failure Modes and Effects Analysis, *Information Sciences*, 1996, no. 88, pp. 177—199.

15. **Poljakov S. D.** *Primenenie standartizirovannyh modelej kachestva pri razrabotke trebovanij k komp'yuternym sistemam* (Application of the Standardized Models of Quality when Developing Requirements to Computer Systems), *Informacionnye tehnologii*, 2013, no. 6, pp. 22—26.