

УДК 658.512.6

С.Ю. ДАНШИНА

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

МЕТОДОЛОГИЯ СКВОЗНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В рамках сквозного управления качеством на всех этапах жизненного цикла радиотехнических систем разработана методология планирования, обеспечения, оценки и контроля качества подобных систем. В основу данной методологии положена модель системы управления качеством, базирующаяся на принципах системного подхода. Реализация этой модели для достижения практических целей управления позволила объединить в единую концепцию ряд методик, методов и алгоритмов управления качеством для разных этапов жизненного цикла радиотехнических систем.

Ключевые слова: *качество, структурирование функций качества, функционально-стоимостной анализ, выборочный контроль, статистическое управление.*

Введение

Характерная особенность производства радиотехнических систем – большая номенклатура выпускаемых изделий и огромное разнообразие технологических процессов. Сложность радиотехнических систем (РТС), состоящих из значительного количества элементов, блоков, подсистем и др., приводит к необходимости специализации производств: одна часть предприятий специализируется на изготовлении элементов; другие – на сборке отдельных блоков; третьи – на сборке систем и комплексов. Такая высокая степень специализации предприятий требует больших программ выпуска и предъявляет повышенные требования к качеству комплектующих изделий. С другой стороны, жесткая конкуренция в глобальных масштабах, насыщенность большинства рынков, нестабильность политических и экономических систем требуют новых типов реакции предприятий, производящих РТС, на эти изменения и иных организационных решений [1]. Эффективными методами управления в этих случаях могут стать методы проектного менеджмента.

Для предприятий, производящих РТС, проект [2] – это совокупность целенаправленных, последовательно ориентированных во времени, одноразовых, комплексных и нерегулярных работ, предполагающих привлечение людей со стороны, ориентированных на достижение конечного результата в установленные сроки, с заданным качеством и ценой. Для РТС характерна жесткая функциональная интеграция всех элементов (в них нет второстепенных элементов, которые могут быть некачественно спроектированы и изготовлены). А значит, все проекты должны проходить в рамках стратегий, основанных

на качестве, т.е. должны фокусироваться на удовлетворении требований заказчика, и предполагать контроль показателей качества на всех стадиях производства [1, 2].

В соответствии со стандартом ISO 9000 под качеством понимают совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности [1, 2]. А значит, всестороннее обеспечение качества возможно, когда учтены все свойства РТС, проявляющиеся на разных этапах жизненного цикла [1–3]: при разработке и проектировании, изготовлении, эксплуатации, ремонте, техническом обслуживании.

Постановка задачи исследования

Определяя масштабы и направления управления, обеспечивающие наибольший эффект от усилий и средств, затраченных на повышение качества РТС, следует опираться на методологию системного подхода, в соответствии с которой управление качеством представим в виде сложной системы, части которой можно рассматривать как системы, связанные между собой определенными отношениями. В соответствии с концепцией всеобщего управления качеством TQM (Total quality management) выделим такие системы-части (процессы) управления качеством [2]: планирование качества, обеспечение и контроль качества (рис. 1).

В соответствии с рис. 1 модель системы управления качеством запишем:

$$S = (Z, Y, X, \delta, \lambda), \quad (1)$$

где Z – множество инженерных характеристик РТС; Y – множество требований потребителей, предъявляемых к РТС; X – множество параметров РТС, оп-

ределяющих ее качество; δ и λ – функции переходов и выходов, обеспечивающие сквозное управление качеством на разных этапах жизненного цикла РТС.

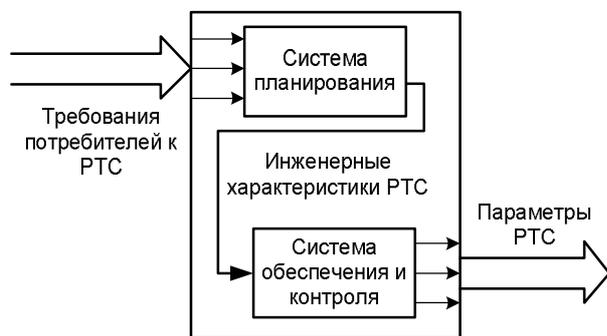


Рис. 1. Представление системы управления качеством в виде сложной системы

Учитывая выражение (1), целью статьи является разработка методологии сквозного управления качеством РТС, определяющей функций δ и λ , преобразующие требования потребителей в качественную РТС.

Отметим, что подобная идея не нова, именно ее последовательно реализует одна из важнейших концепций менеджмента TQM [2]. Однако, из всего разнообразия подходов и методов в рамках единой методологии попробуем обобщить и объединить те, которые относительно просто можно внедрить в практику отечественных предприятий, учитывая специфическое, постсоветское отношение к качеству всех субъектов, причастных к созданию РТС.

Методология сквозного управления качеством

Из определения качества следует, что оно связано не с единичным аспектом, а с целым рядом различных параметров РТС, причем критерии контроля качества применяются по всем стадиям жизненного цикла РТС – от запросов потребителей до послепродажного обслуживания [3].

В соответствии с рис. 1 требования потребителей к РТС преобразуются в инженерные характеристики РТС системой планирования качества путем реализации функции переходов δ модели (1), т.е.

$$\delta : Z \times Y \rightarrow Z. \tag{2}$$

Функция (2) определяет возможности предприятий, изготавливающих РТС, по интерпретации рынка для конкуренции в удовлетворении ожиданий потребителей.

Учитывая, что в общем случае возможности системы зависят от наличия достаточного количества ресурсов (материальных, энергетических, информационных, финансовых, людских и т.п.) [1], эта

функция должна реализовываться с минимальным использованием ресурсов. Исходя из ресурсного критерия, одним из перспективных методов, реализующих функцию δ , является метод QFD – метод структурирования функций качества [2].

Метод QFD (Quality Function Deployment) – экспертный метод, позволяющий представить данные о качестве РТС в виде таблицы специфической формы («домиков» качества), в которой отражается связь между множеством Y и множеством Z (рис. 2).



Рис. 2. Матрица метода QFD, определяющая функцию δ

Для начальных этапов жизненного цикла РТС алгоритм метода QFD для реализации функции δ представим в следующем виде.

Шаг 1. Формирование множества требований потребителей, их ранжирование по степени важности

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\},$$

где y_1 важнее, чем y_2 .

В результате получаем два первых столбца матрицы метода (рис. 2).

Шаг 2. Формирование множества Z .

Шаг 3. Построение матрицы отношений, указывающей взаимосвязи между множествами Z и Y через численные весовые коэффициенты.

Шаг 4. Определение весовых показателей элементов $z_i \in Z$ с учетом важности требования $y_j \in Y$ и численных весовых коэффициентов, указанных в матрице отношений, для последующей оценки инженерных характеристик. В результате множество Z представим в виде

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\},$$

где элемент множества z_1 более необходим потребителю, чем элемент z_2 .

Шаг 5. Оценка технической сложности реали-

зации элементов $z_i \in Z$, определение корреляции между ними (построение «крыши домика»).

Отметим, что наличие отрицательной корреляции между элементами множества Z предполагает, что создание РТС, соответствующей требованиям потребителей, требует разрешения конфликта, изменяющего некоторые модули системы.

В результате выполнения вышеуказанного алгоритма получают исходные данные для технического задания на проектирование и разработку РТС.

Фаза проектирования РТС – стартовая точка для достижения определенного уровня качества РТС. Проект включает решения относительно специфических характеристик РТС: размера, формы и размещения. Качество проекта касается намерения проектировщиков включить или исключить определенные характеристики в РТС [3]. При принятии решения по проекту необходимо помнить, что множество Z , сформированное с помощью метода QFD, определено с учетом пожеланий потребителей, в нем косвенно учтены производственные возможности (при оценке технической сложности реализации), но не учтены безопасность, затраты и прочие факторы. А, значит, для окончательного формирования функции δ необходим еще один этап, выполняемый на фазе проектирования РТС, – это этап прогнозной оценки развития технических параметров РТС и контроля их динамики.

На этом этапе проводится оценка и контроль динамики технико-технологических параметров РТС, ее надежность, соответствие параметрам назначения, качества материалов и комплектующих изделий, заложенных в конструкцию. Здесь можно использовать методы имитационного моделирования работы опытных образцов на предельных режимах, методы стендовых испытаний отдельных агрегатов и опытных образцов [2, 3], но наиболее всеобъемлющим инструментом оценки качества систем, процессов и концепций, экономичным с точки зрения ресурсного критерия, является метод функционально-стоимостного анализа (Activity Based Costing, ABC).

Метод ABC – метод определения характеристик РТС. Основан на понятии функции РТС, отображающий уровень потребления ресурсов функциями, задействованными в производстве, маркетинге, продаже, доставке, технической поддержке, обеспечении качества РТС и пр., и причины, по которым эти ресурсы используются [4].

В общем случае метод ABC реализуется в следующей последовательности (рис. 3) [2, 4]:

- строятся модели РТС (компонентная, структурная, функциональная);
- исследуются модели и разрабатываются пред-

ложения по совершенствованию качества РТС.

Таким образом, совместное использование в рамках единой методологии методов QFD и ABC на начальных этапах жизненного цикла РТС позволяет определить функцию переходов (2) и сформировать полное, конкурентоспособное множество инженерных характеристик РТС, с определенными требованиями к качеству для этой системы. При этом вид функции δ для РТС соответствует ГОСТ 2.116-84 и представляется в форме карт технического уровня и качества продукции [5].

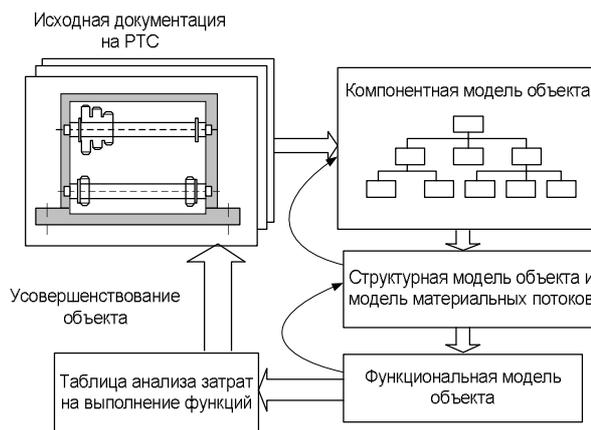


Рис. 3. Общая схема функционально-стоимостного анализа на этапе проектирования РТС

Уровень качества начальных этапов жизненного цикла РТС обобщенно можно оценить показателем качества проектной документации на РТС [5, 6]:

$$K_{ПД} = \frac{N_{\text{ош}}}{N_{\text{общ}}}, \quad (3)$$

где $N_{\text{ош}}$ – число ошибок и замечаний по элементам РТС в проекте; $N_{\text{общ}}$ – общее число наименований элементов в проектной документации на РТС.

Выражение (3) позволяет рассчитать уровень брака работ при проектировании.

Цель контроля качества на этапе изготовления продукции – гарантировать, что все производственные операции выполняются удовлетворительно [3, 6]. В соответствии с рис. 1 эту задачу реализует система обеспечения и контроля качества, которая должна определить функцию выходов в модели (1), т.е. функцию вида

$$\lambda : Z \times Y \rightarrow X, \quad (4)$$

где $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ – множество параметров РТС, соответствующих качественной системе; Z – множество инженерных характеристик РТС, полученное в результате реализации функции δ .

Обеспечение качества проходит в двух направлениях: проводится либо сплошной контроль (чаще всего экономически нецелесообразно), либо выбо-

рочный контроль [1]. Регулярность проверок в выборочном контроле определяется вероятностью выхода процесса из-под контроля и размером проверяемой партии. В зависимости от категории показателей качества (в соответствии с РД 50-64-84) и допускаемого уровня дефектности назначается различная жесткость контроля, но в общем случае справедливы следующие утверждения [1, 6, 7]:

- стабильный процесс не требует частных проверок;
- крупные партии проверяют реже, чем большое количество мелких партий изделий и т.д.

Выборочный контроль предполагает реализацию статистических методов, в частности методов SPC (Statistical Process Control), когда на основании анализа результатов проверки части продукции делается вероятностно-достоверный вывод о соответствии (несоответствии) контролируемых показателей установленным требованиям. Такой подход позволяет реализовать функцию λ и сделать вывод о качестве или не качестве РТС.

Реализация функции выходов (4) методами SPC при производстве РТС предполагает проведение [1, 7]:

- входного контроля для гарантии качества входных компонентов РТС;
- операционного контроля, чтобы убедиться, что превращение входных элементов в выходные происходит должным образом;
- выходного контроля для гарантии качества РТС.

Здесь достаточно эффективными являются контрольные карты Шухарта [7, 8], общий вид которых представлен на рис. 4.

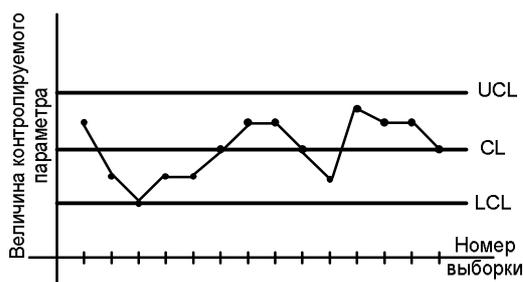


Рис. 4. Общий вид контрольной карты в методе SPC

На рис. 4 CL – центральная линия, в общем случае определяемая средним значением контролируемого параметра; UCL, LCL – соответственно верхняя и нижняя границы значения контролируемого параметра (обозначение по ГОСТ 50779.42-99).

Расчет основных параметров контрольных карт проводится по ГОСТ 50779.42-99, причем значения UCL, LCL устанавливаются в пределах трехсигмовых границ.

Ломаная линия характеризует процесс изменения контролируемого параметра от партии к партии. Именно по характеру поведения этого процесса делают вывод о качестве изделия и стабильности производственного процесса в соответствии с ГОСТ 50779.40-96 и ГОСТ 50779.42-99.

Отметим, что из всего многообразия карт для проведения входного и выходного контроля на предприятиях можно рекомендовать карты по качественному признаку (\bar{p} -карты, u -или c -карты), для операционного контроля – карты по количественному признаку (например, легковнедримую на производстве ($\bar{X} - R$)-карту). Сравнительная характеристика контрольных карт представлена в табл. 1.

Таблица 1
Сравнительная характеристика контрольных карт

	Тип карты	
	по количественному признаку	по качественному признаку
Достоинства	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предупреждают об отрицательных изменениях в технологическом процессе. 2. Показывают направление разброса (большой или малый) и величину этого разброса. 3. Каждая точка на карте отражает отдельные данные и позволяет получить картину процесса по малым выборкам. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Контролируют несколько признаков РТС, подсчитывая количество имеющихся в ней дефектов. 2. Достаточно одной карты, так как предполагаемое распределение биномиальное или распределение Пуассона характеризуется только средним уровнем. 3. Качественные признаки можно получить быстро и дешево, для их сбора не требуется специального обучения.
Недостатки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каждая карта позволяет контролировать только один признак качества РТС. 2. Необходима пара карт для управления средним и управления рассеянием, так как исходное распределение предполагается нормальным: 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Не позволяют предсказать изменения в технологическом процессе до того, как появятся дефекты. 2. Показывают только долю или разброс дефектов РТС в выборках. 3. Необходимы большие выборки (часто сотни изделий).

Акцент на статистических методах в методологии сквозного управления качеством объясняется следующими причинами [7, 9]:

- для практической деятельности разработка точных математических моделей нецелесообразна;
- статистические методы требуют определенных знаний по математической статистике, которые включены в программу подготовки отечественных инженеров;
- существует достаточная нормативная база, служащая отправной точкой при внедрении SPC;

– методы SPC позволяют судить не только о качестве изделия, но и качестве технологических процессов, регулировать производственные процессы таким образом, чтобы снизить долю бракованных изделий;

– методами SPC можно определить присутствие в выходных параметрах процесса и самой системы неслучайных причин отклонений, которые, как правило, можно определить и ликвидировать.

Кроме всего прочего, функция λ должна реализовываться на этапе эксплуатации РТС, когда проявляющие параметры качества системы характеризуют организацию уровня качества продукции на предприятии. Критериями оценки качества РТС на этом этапе являются [1, 3, 6]:

– гарантийный срок, по которому судят об уровне управления качеством на производстве;

– количество отказов в период гарантийного срока;

– уровень предоставляемых услуг (контрольные проверки качества и надежности изделия, договоры об обслуживании и пр.);

– среднее время выявления и устранения отказа и т.д.

Таким образом, объединение всех вышеприведенных методик, методов и алгоритмов в соответствии с моделью (1) привело к созданию сквозной методологии качества РТС, структура которой представлена на рис. 5.

Уровень качества этапов производства и эксплуатации РТС обобщенно оценивается комплексным показателем качества РТС вида [2, 6]:

$$Q = \sum_{i=1}^n \alpha_i q_i, \quad (5)$$

или

$$Q = \prod_{i=1}^n q_i^{\alpha_i}, \quad (6)$$

где q_i – единичный показатель качества РТС, определенный множеством Z при реализации функции δ ; n – число единичных показателей качества, составляющих комплексный показатель; α_i – весовость единичного показателя качества, определяющая его ценность (важность), причем $\sum_i \alpha_i = 1$, а

конкретное значение α_i определяется категорией показателя качества в соответствии с РД 50-64-84.

Отметим, что при оценке качества РТС выражение (5) применимо, если показатель Q объединяет однородные единичные показатели с небольшим разбросом между ними; выражение (6) – если показатель Q объединяет неоднородные показатели с разными условиями применения и значительным разбросом в значениях. Значение Q рассчитывается для разрабатываемого образца РТС и для аналога. Результат сравнения полученных значений позволяет судить о качестве РТС. Если в качестве аналогов выбраны эталоны (базовые образцы), то q_i в выражениях (5, 6) – относительные показатели качества, рассчитанные по формуле:

$$q_i = \frac{q_i^{\text{РТС}}}{q_i^{\text{э}}}, \quad (7)$$

где $q_i^{\text{э}}, q_i^{\text{РТС}}$ – единичный показатель качества эталона и соответствующий показатель качества РТС.

Значение $Q \geq 1$, полученное из выражений (5, 6) с учетом выражения (7) говорит о том, что качество РТС лучше (соответствует) эталона.

Заключение

Развитие понятия качества приводит к расширению его функции при создании РТС, когда контроль качества необходимо проводить непрерывно и последовательно по всем этапам жизненного цикла подобных систем.

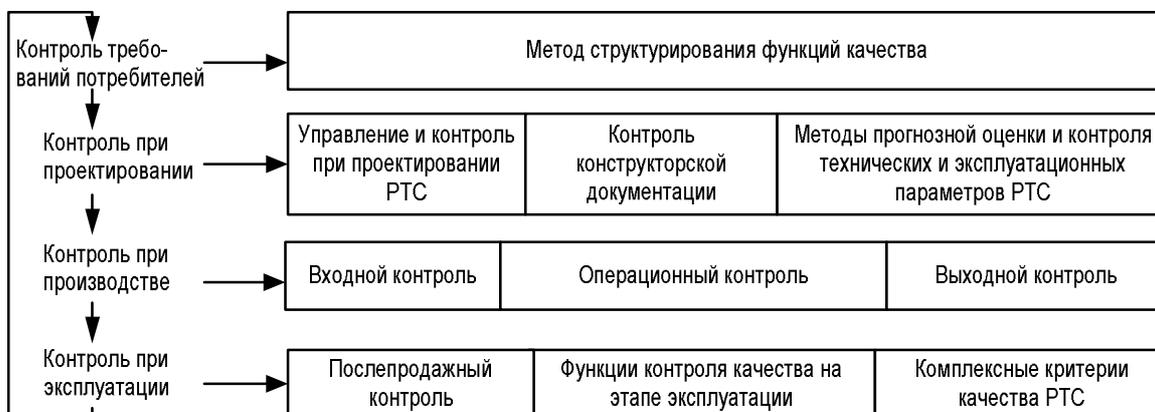


Рис. 5. Структура методологии сквозного управления качеством

на різних етапах життєвого циклу РТС

Разработана модель системы управления качеством, с точки зрения проектного менеджмента определены и предложены прикладные методы реализации основных функций этой системы в соответствии со сквозной методологией управления качеством РТС.

Объединение хорошо зарекомендовавших себя методов управления качеством, адаптация алгоритмов (метод QFD), обоснование применения «непопулярных» ранее методов (методов SPC) в рамках единой методологии позволяет достичь единой цели – сделать РТС качественными с точки зрения потребителей и производителей, добиться их конкурентоспособности в условиях современных экономических систем.

Литература

1. Невлюдов І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів / І.Ш. Невлюдов. – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 592 с.
2. Мазур І.І. Управление качеством / И.И. Мазур, В.Д. Шапир; под общ. ред. И.И. Мазура. – М.: Высш. шк., 2003. – 334 с.
3. Минаев Э.С. Управление производством и операциями: 17-модульная программа для менедже-

ров «Управление развитием организации». Модуль 15 / Э.С. Минаев, Н.Г. Агеева, А. Аббата Дага. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 256 с.

4. Методология функционально-стоимостного анализа ABC [Электронный ресурс] / В. Ивлев, Т. Попова. – Режим доступа к статье: <http://www.citforum.btsau.net.ua>.

5. ГОСТ 2.116-84. Карта технического уровня и качества продукции. – Взамен ГОСТ 2.116-71; введ. 01.07.1985 – М.: Стандартиформ, 2007. – 15 с.

6. Кремнев Г.Р. Управление производительностью и качеством: 17-модульная программа для менеджеров «Управление развитием организации». Модуль 5 / Г.Р. Кремнев. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 256 с.

7. ГОСТ 50779.40-96. Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение. – Введ. 01.07.1997. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 64 с.

8. ГОСТ 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта – Введ. 01.01.2000. – М.: Стандартиформ, 2000. – 36 с.

9. Розенталь Р.М. Почему в российских компаниях так мало SPC? / Р.М. Розенталь // Методы менеджмента качества. – 2010. – № 2. – С. 41-45.

Поступила в редакцию 18.05.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры автоматизации и компьютерных технологий В.А. Краснобаев, Национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.

МЕТОДОЛОГІЯ НАСКРІЗНОГО УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НА ВСІХ ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

С.Ю. Даншина

У рамках наскрізного управління якістю на всіх етапах життєвого циклу радіотехнічних систем розроблена методологія планування, забезпечення, оцінки та контролю якості подібних систем. Основою цієї методології є модель системи управління якістю, що базується на принципах системного підходу. Реалізація цієї моделі для досягнення практичних цілей управління дозволила об'єднати в єдину концепцію ряд методик, методів і алгоритмів управління якістю для різних етапів життєвого циклу радіотехнічних систем.

Ключові слова: якість, структурування функцій якості, функціонально-вартісний аналіз, вибірковий контроль, статистичне управління.

THE METHODOLOGY OF CROSS-CUTTING QUALITY MANAGEMENT AT ALL STAGES OF THE LIFE CYCLE OF RADIO SYSTEMS

S. Yu. Danshyna

A methodology for pass-through quality control at all stages of the life cycle of radio systems. It brings together a set of techniques, methods and algorithms for planning, support and control of the quality of such systems. The proposed model of the quality management system is based on the principles of system approach. It is the basis of this methodology. Implementation of this model to achieve practical management purposes, brought together a number of methods and algorithms for quality control for the different stages of the life cycle of radio systems.

Key words: quality, quality function deployment, activity based costing, random control, statistical process control.

Даншина Светлана Юрьевна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Производство радиоэлектронных систем ЛА», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: zhmel_s@mail.ru.