

Фундаментальные характеристики полимерных композиционных материалов и их влияние на показатели качества конструкций ракетно-космической техники

ГП «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля»

Раскрыты фундаментальные характеристики полимерных композиционных материалов, отличающие этот класс конструкционных материалов по структуре и свойствам. Проведен анализ качественного влияния фундаментальных характеристик на единичные и групповые показатели качества конструкций ракетно-космической техники из полимерных композитов для основных составляющих комплексного показателя качества. Приведены зависимости, устанавливающие количественные значения приращений показателей качества всех уровней, возникающих в конструкциях ракетно-космической техники вследствие реализации фундаментальных характеристик композитов.

Ключевые слова: фундаментальные характеристики, полимерные композиционные материалы, показатели качества, ракетно-космическая техника.

Как было показано в наших работах [1–2], применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) в конструкциях ракетно-космической техники (РКТ) обеспечивает существенное снижение их массы и рост жесткостных характеристик, что в конечном итоге приводит к скачкообразному увеличению интегрального показателя качества (ИПК) изделий этого класса.

Представляется оправданным связывать такое увеличение ИПК с фундаментальными характеристиками ПКМ, отличающими эти материалы от других конструкционных материалов.

Анализ многочисленных отличительных характеристик (особенностей, свойств, качеств) ПКМ по ряду источников [3-14] позволяет достаточно обоснованно выделить из них относящиеся к фундаментальным:

1. Синхронность формирования функциональных свойств материала и изделия – $K_{сф}^{\phi x}$.

2. Управляемость свойствами ПКМ в изделии конструктивно-технологическими и физико-механическими (материаловедческими) средствами – $K_{упр}^{\phi x}$.

3. Возможность обеспечения сохранения деформативных характеристик при изменении параметров среды эксплуатации конструкции из ПКМ (формостабильность, «интеллектуальность», адаптируемость) – $K_{инт}^{\phi x}$.

4. ПКМ – рукотворная (искусственно созданная) однородная (гомогенная) на макроуровне и гетерогенная на микроуровне упорядоченная система, состоящая из двух и более компонентов с четкой границей раздела между ними, содержащихся в достаточном количестве для сохранения их индивидуальных свойств, и обладающая синергетикой свойств относительно компонентов, – $K_{син}^{\phi x}$.

5. Предопределенность состава и формы компонентов, заданных (запроектированных) заранее, – $K_{пред}^{\phi x}$.

6. Деструкция, зависящая от эксплуатационных факторов и времени, – $K_{dec}^{\phi x}$.

Фундаментальные характеристики (ФХ) ПКМ сами по себе не являются показателями качества (ПК) изделия, но функционально связаны с ними и вызывают позитивные (реже – негативные) приращения соответствующих ПК изделия [6-14]. Ниже анализируется качественное влияние фундаментальных характеристик ПКМ на единичные показатели качества (ЕПК) конструкций РКТ из ПКМ в рамках предложенного в [15] классификатора. Вследствие большого объема этого анализа по всем четырем комплексным показателям качества (КПК) в целях его компактного проведения по аналогии с использованным в [15] подходом воспользуемся табличной формой.

В соответствии с таким подходом праксеологический^{*)} анализ влияния фундаментальных характеристик ПКМ на ГПК потребительских свойств конструкций РКТ представлен в табл. 1. В таблице приведены приращения ЕПК $\Delta \bar{q}_i(K_j^{\phi x})$ вследствие влияния ФХ ПКМ при условии, что базовая конструкция выполнена из традиционных (металлических) материалов.

В табл. 2 – 4 представлены результаты праксеологического анализа влияния фундаментальных характеристик ПКМ соответственно на ГПК экономических свойств, технологичности и ограничений производства и рынка сбыта продукции.

Достаточно большое число фундаментальных характеристик ПКМ не оставляют альтернативы математической модели количественного учета их влияния на КПК конструкций РКТ ее аддитивной форме:

$$\Delta(KPK)_i = \sum_{j=1}^{14} \Delta(KPK)_i K_j, \quad \sum_{j=1}^{14} K_j = 1, \quad (1)$$

где K_j – весовые коэффициенты приращений j -го КПК за счет применения в конструкции РКТ ПКМ, $j \in$ (наз, точ, над, эрг, эст, транс, без, цмп, эз, зу, отех, чтех, пат, экол).

Здесь j -е ГПК, синтезированные в [1], определяют:

- наз – назначение конструкции РКТ из ПКМ;
- точ – точность изготовления и функционирования конструкции и ее элементов (допуски на выходные параметры);
- над – надежность конструкции и ее элементов;
- эрг – эргономические характеристики конструкции и ее элементов, связанные со взаимодействием оператора с процессом изготовления изделия;

^{*)} Праксиология [16], праксеология [17] – область науки, первоначально относящаяся только к социологии, изучающая деятельность, процессы, явления с точки зрения их эффективности, нашедшая продуктивное применение при анализе проектно-конструкторских разработок, технологии производства изделий и их функционирования [17-18].

- эст – эстетические характеристики конструкции и ее элементов;
- транс – регламенты транспортабельности изделия и его элементов;
- без – безопасность конструкции и ее элементов;
- цмп – затраты на маркетинг изделия и его элементов и их проектирование (цена создания или приобретения);
- эз – затраты на использование (эксплуатацию) изделия и его элементов (эксплуатационные затраты);
- зу – затраты на утилизацию изделия или его элементов;
- отех – ГПК общих ЕПК технологичности изделия;
- чтех – ГПК частных ЕПК технологичности изделия;
- пат – ГПК патентно-правовых ЕПК изделия и его элементов;
- экол – ГПК экологических ЕПК изделия и его элементов;
- $K_i^{\Phi X}$ – i -я фундаментальная характеристика ПКМ;
- \bar{q}_m – m -й ЕПК изделия и (или) его элементов, подробно описанных в работе [15].

При этом весовые коэффициенты приращений ГПК в настоящее время и в ближайшем будущем могут быть установлены только экспертным путем.

Аддитивная форма, по-видимому, является единственно приемлемой и для количественного учета влияния на каждый ГПК приращения ЕПК за счет фундаментальных характеристик ПКМ:

$$\Delta(\Gamma PK)_i = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{q}_i \left(K_{\xi}^{\phi k} \right)_{\xi} K_{\xi}, \quad \sum_{\xi=1}^7 K_{\xi} = 1, \quad (2)$$

где ξ – число фундаментальных характеристик ПКМ $K^{\phi k}$ ($K^{\phi k}=7$); i – число ЕПК, входящих в i -й ГПК в соответствии с табл. 1 – 4.

Эта же форма математической модели является безальтернативной для приращения интегрального ПК $\Delta I_{ПКМ}$ изделия РКТ за счет применения ПКМ:

$$\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^7 \Delta(KPK)_i K_i \right) = \sum_{j=1}^m \left\{ \sum_{i=1}^7 \left[\sum_{i=1}^n \Delta \bar{q}_i \left(K_{\xi}^{\phi k} \right) K_{\xi} \right] K_i \right\}; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^7 K_i = 1.$$

Таблица 1

Анализ качественного влияния фундаментальных характеристик ПКМ на ГПК потребительских свойств конструкций РКТ

Наименование группового ПК	ЕПК	Характер приращения ЕПК вследствие влияния ФХ ПКМ	
$(ГПК)_{наз}$	\bar{q}_R	$n_{max}^э = const$ или $n_{max}^э \uparrow; f_{max}$	$\Delta\bar{q}_R(K_{сф}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_R(K_{упр}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_R(K_{инт}^{\phi x}) \uparrow;$ $\Delta\bar{q}_R(K_{син}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_R(K_{пред}^{\phi x}) = 0; \Delta\bar{q}_R(K_{дес}^{\phi x}) \downarrow$
	\bar{q}_w		$\Delta\bar{q}_w(K_{сф}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_w(K_{упр}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_w(K_{инт}^{\phi x}) \uparrow;$ $\Delta\bar{q}_w(K_{син}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_w(K_{пред}^{\phi x}) = 0 \Delta\bar{q}_w(K_{дес}^{\phi x}) \downarrow$
	\bar{q}_v		$\Delta\bar{q}_v(K_{сф}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_v(K_{упр}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_v(K_{инт}^{\phi x}) \uparrow;$ $\Delta\bar{q}_v(K_{син}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_v(K_{пред}^{\phi x}) = 0; \Delta\bar{q}_v(K_{дес}^{\phi x}) \downarrow$
$(ГПК)_{точ}$	$\bar{q}_{мат}$		$\Delta\bar{q}_{мат}(K_{сф}^{\phi x}) \downarrow; \Delta\bar{q}_{мат}(K_{упр}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_{мат}(K_{инт}^{\phi x}) \uparrow;$ $\Delta\bar{q}_{мат}(K_{син}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{мат}(K_{пред}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_{мат}(K_{дес}^{\phi x}) \downarrow$
	$\bar{q}_{отп}$		$\Delta\bar{q}_{отп}(K_{сф}^{\phi x}) \downarrow; \Delta\bar{q}_{отп}(K_{упр}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_{отп}(K_{инт}^{\phi x}) \uparrow;$ $\Delta\bar{q}_{отп}(K_{син}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{отп}(K_{пред}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{мат}(K_{дес}^{\phi x}) \geq 0$
	$\bar{q}_{функ}$		$\Delta\bar{q}_{функ}(K_{сф}^{\phi x}) \downarrow; \Delta\bar{q}_{функ}(K_{упр}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_{функ}(K_{инт}^{\phi x}) \uparrow;$ $\Delta\bar{q}_{функ}(K_{син}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{функ}(K_{пред}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{функ}(K_{дес}^{\phi x}) \downarrow$
$(ГПК)_{над}$	$\bar{q}_{безотк}$		$\Delta\bar{q}_{безотк}(K_{сф}^{\phi x}) \downarrow; \Delta\bar{q}_{безотк}(K_{упр}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_{безотк}(K_{инт}^{\phi x}) \uparrow;$ $\Delta\bar{q}_{безотк}(K_{син}^{\phi x}) = 0; \Delta\bar{q}_{безотк}(K_{пред}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{безотк}(K_{дес}^{\phi x}) \downarrow$
	$\bar{q}_{долг}$		$\Delta\bar{q}_{долг}(K_{сф}^{\phi x}) \downarrow; \Delta\bar{q}_{долг}(K_{упр}^{\phi x}) \uparrow; \Delta\bar{q}_{долг}(K_{инт}^{\phi x}) \uparrow;$ $\Delta\bar{q}_{долг}(K_{син}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{долг}(K_{пред}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{долг}(K_{дес}^{\phi x}) \downarrow$
	$\bar{q}_{сохр}$		$\Delta\bar{q}_{сохр}(K_{сф}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{сохр}(K_{упр}^{\phi x}) = 0; \Delta\bar{q}_{сохр}(K_{инт}^{\phi x}) \geq 0;$ $\Delta\bar{q}_{сохр}(K_{син}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{сохр}(K_{пред}^{\phi x}) = 0; \Delta\bar{q}_{сохр}(K_{дес}^{\phi x}) \downarrow$
	$\bar{q}_{рем}$		$\Delta\bar{q}_{рем}(K_{сф}^{\phi x}) \downarrow; \Delta\bar{q}_{рем}(K_{упр}^{\phi x}) = 0; \Delta\bar{q}_{рем}(K_{инт}^{\phi x}) = 0;$ $\Delta\bar{q}_{рем}(K_{син}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{рем}(K_{пред}^{\phi x}) \geq 0; \Delta\bar{q}_{рем}(K_{дес}^{\phi x}) \downarrow$

Наименование группового ПК	ЕПК	Характер приращения ЕПК вследствие влияния ФХ ПКМ
$(ГПК)_{эрг}$	$\bar{q}_{зиг}$	$\Delta\bar{q}_{зиг}(K_{сф}^{\text{фх}})\downarrow; \Delta\bar{q}_{зиг}(K_{упр}^{\text{фх}})\downarrow;$ $\Delta\bar{q}_{зиг}(K_{инт}^{\text{фх}}, K_{син}^{\text{фх}}, K_{пред}^{\text{фх}}, K_{дес}^{\text{фх}})=0$
	$\bar{q}_{псих}$	$\Delta\bar{q}_{псих}(K_{сф}^{\text{фх}}, K_{упр}^{\text{фх}}, K_{инт}^{\text{фх}}, K_{син}^{\text{фх}}, K_{пред}^{\text{фх}}, K_{дес}^{\text{фх}})=0$
	$\bar{q}_{ант}$	$\Delta\bar{q}_{ант}(K_{сф}^{\text{фх}})\downarrow; \Delta\bar{q}_{ант}(K_{упр}^{\text{фх}})\downarrow;$ $\Delta\bar{q}_{ант}(K_{инт}^{\text{фх}}, K_{син}^{\text{фх}}, K_{дес}^{\text{фх}})=0$
	$\bar{q}_{физ}$	$\Delta\bar{q}_{физ}(K_{сф}^{\text{фх}}, K_{упр}^{\text{фх}}, K_{инт}^{\text{фх}}, K_{син}^{\text{фх}}, K_{дес}^{\text{фх}})=0$
$(ГПК)_{эст}$	$\bar{q}_{рф}$	$\Delta\bar{q}_{рф}(K_{сф}^{\text{фх}})\uparrow; \Delta\bar{q}_{рф}(K_{упр}^{\text{фх}})\uparrow;$ $\Delta\bar{q}_{рф}(K_{инт}^{\text{фх}}, K_{син}^{\text{фх}}, K_{дес}^{\text{фх}})=0$
	$\bar{q}_{цел}$	$\Delta\bar{q}_{цел}(K_{сф}^{\text{фх}})\uparrow; \Delta\bar{q}_{цел}(K_{упр}^{\text{фх}})\geq 0;$ $\Delta\bar{q}_{цел}(K_{инт}^{\text{фх}})\geq 0;$ $\Delta\bar{q}_{цел}(K_{син}^{\text{фх}}, K_{дес}^{\text{фх}})=0$
	$\bar{q}_{сов}$	$\Delta\bar{q}_{сов}(K_{сф}^{\text{фх}})\uparrow; \Delta\bar{q}_{сов}(K_{упр}^{\text{фх}})\uparrow; \Delta\bar{q}_{сов}(K_{инт}^{\text{фх}})\uparrow;$ $\Delta\bar{q}_{сов}(K_{син}^{\text{фх}})=0; \Delta\bar{q}_{сов}(K_{дес}^{\text{фх}})\downarrow$
$(ГПК)_{транс}$	$\bar{q}_{транс}$	$\Delta\bar{q}_{транс}(K_{сф}^{\text{фх}}, K_{упр}^{\text{фх}}, K_{инт}^{\text{фх}}, K_{син}^{\text{фх}}, K_{дес}^{\text{фх}})=0$
$(ГПК)_{без}$	$\bar{q}_{без пр}$	$\Delta\bar{q}_{без пр}(K_{сф}^{\text{фх}})\downarrow;$ $\Delta\bar{q}_{без пр}(K_{упр}^{\text{фх}}, K_{инт}^{\text{фх}}, K_{син}^{\text{фх}}, K_{дес}^{\text{фх}})=0$
	$\bar{q}_{без экс}$	$\Delta\bar{q}_{без экс}(K_{сф}^{\text{фх}})\downarrow; \Delta\bar{q}_{без экс}(K_{упр}^{\text{фх}}, K_{инт}^{\text{фх}}, K_{син}^{\text{фх}})=0;$ $\Delta\bar{q}_{без экс}(K_{дес}^{\text{фх}})\downarrow$

Примечание: знак \downarrow означает отрицательное влияние ФХ ПКМ на приращение ЕПК, соответствующее знаку «минус»

Таблица 2

Анализ качественного влияния фундаментальных характеристик ПКМ на ГПК экономических свойств

Наименование группового ПК	ЕПК	Характер приращения ЕПК вследствие влияния ФХ ПКМ
$(ГПК)_{цмп}$	$\bar{q}_{рц}$	$\Delta\bar{q}_{рц}(K_{сф}^{\phi x})=0; \Delta\bar{q}_{рц}(K_{унр}^{\phi x})\downarrow;$ $\Delta\bar{q}_{рц}(K_{инт}^{\phi x})\downarrow; \Delta\bar{q}_{рц}(K_{син}^{\phi x})=0;$ $\Delta\bar{q}_{рц}(K_{пред}^{\phi x})=0; \Delta\bar{q}_{рц}(K_{дес}^{\phi x})\downarrow$
	$\bar{q}_{3пр}$	$\Delta\bar{q}_{3пр}(K_{сф}^{\phi x})\leq 0; \Delta\bar{q}_{3пр}(K_{унр}^{\phi x})\downarrow;$ $\Delta\bar{q}_{3пр}(K_{инт}^{\phi x})\downarrow; \Delta\bar{q}_{3пр}(K_{син}^{\phi x})=0;$ $\Delta\bar{q}_{3пр}(K_{пред}^{\phi x})=0; \Delta\bar{q}_{3пр}(K_{дес}^{\phi x})\downarrow$
	$\bar{q}_{3изг}$	$\Delta\bar{q}_{3изг}(K_{сф}^{\phi x})\downarrow; \Delta\bar{q}_{3изг}(K_{унр}^{\phi x})\downarrow;$ $\Delta\bar{q}_{3изг}(K_{инт}^{\phi x})\downarrow; \Delta\bar{q}_{3изг}(K_{син}^{\phi x})=0;$ $\Delta\bar{q}_{3изг}(K_{пред}^{\phi x})=0; \Delta\bar{q}_{3изг}(K_{дес}^{\phi x})\downarrow$
$(ГПК)_{эз}$	$\bar{q}_{3с}$	$\Delta\bar{q}_{3с}(K_{сф}^{\phi x}, K_{унр}^{\phi x}, K_{инт}^{\phi x}, K_{син}^{\phi x}, K_{пред}^{\phi x})=0;$ $\Delta\bar{q}_{3с}(K_{дес}^{\phi x})\downarrow$
	$\bar{q}_{3э}$	$\Delta\bar{q}_{3э}(K_{сф}^{\phi x}, K_{унр}^{\phi x}, K_{инт}^{\phi x}, K_{син}^{\phi x}, K_{пред}^{\phi x})=0;$ $\Delta\bar{q}_{3э}(K_{дес}^{\phi x})\downarrow$
$(ГПК)_{3у}$	$\bar{q}_{3м}$	$\Delta\bar{q}_{3м}(K_{сф}^{\phi x}, K_{унр}^{\phi x}, K_{инт}^{\phi x}, K_{син}^{\phi x}, K_{пред}^{\phi x}, K_{дес}^{\phi x})=0$
	$\bar{q}_{3у}$	$\Delta\bar{q}_{3у}(K_{сф}^{\phi x}, K_{унр}^{\phi x}, K_{инт}^{\phi x}, K_{син}^{\phi x}, K_{пред}^{\phi x})=0;$ $\Delta\bar{q}_{3у}(K_{дес}^{\phi x})\uparrow$

Таблица 3

Анализ качественного влияния фундаментальных характеристик ПКМ
на ГПК технологичности

Наименование группового ПК	ЕПК	Характер приращения ЕПК вследствие влияния ФХ ПКМ
$(ГПК)_{отех}$	$\bar{q}_{ни}$	$\Delta\bar{q}_{ни}(K_{сф}^{фх})\uparrow; \Delta\bar{q}_{ни}(K_{упр}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{ни}(K_{инт}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{ни}(K_{син}^{фх})=0;$ $\Delta\bar{q}_{ни}(K_{пред}^{фх})=0; \Delta\bar{q}_{ни}(K_{дес}^{фх})\downarrow$
	$\bar{q}_{нз}$	$\Delta\bar{q}_{нз}(K_{сф}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{нз}(K_{упр}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{нз}(K_{инт}^{фх})\leq 0; \Delta\bar{q}_{нз}(K_{син}^{фх})\downarrow;$ $\Delta\bar{q}_{нз}(K_{пред}^{фх})=0; \Delta\bar{q}_{нз}(K_{дес}^{фх})\downarrow$
	$\bar{q}_{мп}$	$\Delta\bar{q}_{мп}(K_{сф}^{фх})\uparrow; \Delta\bar{q}_{мп}(K_{упр}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{мп}(K_{инт}^{фх})\downarrow;$ $\Delta\bar{q}_{мп}(K_{син}^{фх})=0; \Delta\bar{q}_{мп}(K_{пред}^{фх})=0; \Delta\bar{q}_{мп}(K_{дес}^{фх})=0$
$(ГПК)_{чтех}$	$\bar{q}_{вз}$	$\Delta\bar{q}_{вз}(K_{сф}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{вз}(K_{упр}^{фх}, K_{инт}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{вз}(K_{син}^{фх}, K_{пред}^{фх}, K_{дес}^{фх})=0$
	$\bar{q}_{ким}$	$\Delta\bar{q}_{ким}(K_{сф}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{ким}(K_{упр}^{фх}, K_{инт}^{фх}, K_{син}^{фх}, K_{пред}^{фх}, K_{дес}^{фх})=0$
	$\bar{q}_{ступ}$	$\Delta\bar{q}_{ступ}(K_{сф}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{ступ}(K_{упр}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{ступ}(K_{инт}^{фх})\leq 0;$ $\Delta\bar{q}_{ступ}(K_{син}^{фх}, K_{пред}^{фх}, K_{дес}^{фх})=0$

Таблица 4

Анализ качественного влияния фундаментальных характеристик ПКМ
на ГПК, ограничивающий производство и рынок

Наименование группового ПК	ЕПК	Характер приращения ЕПК вследствие влияния ФХ ПКМ
$(ГПК)_{пат}$	$\bar{q}_{из}$	$\Delta\bar{q}_{из}(K_{сф}^{фх})\uparrow; \Delta\bar{q}_{из}(K_{упр}^{фх})\uparrow; \Delta\bar{q}_{из}(K_{инт}^{фх})\uparrow; \Delta\bar{q}_{из}(K_{син}^{фх})\uparrow;$ $\Delta\bar{q}_{из}(K_{пред}^{фх})=0; \Delta\bar{q}_{из}(K_{дес}^{фх})\uparrow$
	$\bar{q}_{обн}$	$\Delta\bar{q}_{обн}(K_{сф}^{фх})\uparrow; \Delta\bar{q}_{обн}(K_{упр}^{фх})\uparrow; \Delta\bar{q}_{обн}(K_{инт}^{фх})\uparrow;$ $\Delta\bar{q}_{обн}(K_{син}^{фх}, K_{пред}^{фх}, K_{дес}^{фх})=0$
	$\bar{q}_{ор}$	$\Delta\bar{q}_{ор}(K_{сф}^{фх}, K_{упр}^{фх}, K_{инт}^{фх}, K_{син}^{фх}, K_{пред}^{фх}, K_{дес}^{фх})=0$
$(ГПК)_{экол}$	$\bar{q}_{ввп}$	$\Delta\bar{q}_{ввп}(K_{сф}^{фх})\downarrow; \Delta\bar{q}_{ввп}(K_{упр}^{фх}, K_{инт}^{фх}, K_{син}^{фх}, K_{пред}^{фх}, K_{дес}^{фх})=0$
	$\bar{q}_{ввф}$	$\Delta\bar{q}_{ввф}(K_{сф}^{фх}, K_{упр}^{фх}, K_{инт}^{фх}, K_{син}^{фх}, K_{пред}^{фх})=0; \Delta\bar{q}_{ввп}(K_{дес}^{фх})\downarrow$
	$\bar{q}_{вву}$	$\Delta\bar{q}_{вву}(K_{сф}^{фх}, K_{упр}^{фх}, K_{инт}^{фх}, K_{син}^{фх}, K_{пред}^{фх})=0; \Delta\bar{q}_{вву}(K_{дес}^{фх})\downarrow$

Выводы

1. Зависимостями (1) – (3) установлены количественные значения приращений ПК всех уровней, возникающих в конструкциях РКТ из ПКМ вследствие реализации фундаментальных характеристик композитов.

2. Дальнейшее использование этих зависимостей после установления весовых коэффициентов $\Delta\bar{q}_{ПКМ}$ ЕПК и интегрирующих их вышестоящих иерархических уровней, вплоть до $\Delta I_{ПКМ}$, позволит обоснованно прогнозировать эффективность тех или иных синтезирующих решений для элементов конструкций и агрегатов РКТ из ПКМ.

Список литературы

1. Коваленко, В.А. Применение полимерных композиционных материалов в изделиях ракетно-космической техники как резерв повышения ее массовой и функциональной эффективности [Текст] / В.А. Коваленко, А.В. Кондратьев // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 5 (82). – С. 14 – 20.

2. Кондратьев, А.В. Обзор и анализ мировых тенденций и проблем расширения применения в агрегатах ракетно-космической техники полимерных композиционных материалов [Текст] // А.В. Кондратьев, В.А. Коваленко // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 3 (67). – Х.: ХАИ, 2011. – С. 7 – 18.

3. Нотон, Б. Композиционные материалы: в 8 т. – Т. 3. Применение композиционных материалов в технике [Текст] / Б. Нотон; под ред. Л. Браутмана, Р. Крока. – М.: Мир, 1978. – 512 с.

4. Справочник по композиционным материалам: в 2 кн. – Кн. 2. [Текст]: пер. с англ. / под ред. Дж. Любина. – М.: Машиностроение, 1988. – 580 с.

5. Михайлин, Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы [Текст] / Ю.А. Михайлин. – СПб.: НОТ, 2008. – 822 с.

6. Композиционные материалы волокнистого строения [Текст] / под ред. И.Н. Францевича, Д.М. Карпиноса. – К. : Наук. думка, 1970. – 402 с.

7. Современные композиционные материалы [Текст]: пер. с англ. / под ред. Л. Браутмана и Р. Крока. – М.: Мир, 1979. – 672 с.

8. Композиционные материалы: справ. [Текст] / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; под ред. В.В. Васильева и Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

9. Келли, А. Высокопрочные материалы [Текст]: пер. с англ. / А. Келли; под ред. С.Т. Милейко. – М.: Мир, 1976. – 262 с.

10. Кристинсон, Р.М. Введение в механику композитов [Текст]: пер. с англ. / Р.М. Кристинсон; под ред. Ю.М. Тарнопольского. – М.: Мир, 1982. – 334 с.

11. Структура и свойства композиционных материалов [Текст] / К.И. Портной, С.Е. Салибеков, И.Л. Светлов и др. – М.: Машиностроение, 1979. – 255 с.

12. Огибалов, П.М. Механика армированных пластиков [Текст] / П.М. Огибалов, Ю.В. Суворова. – М.: Изд-во МГУ, 1965. – 479 с.

13. Мэттьюз, Ф. Композиционные материалы. Механика и технология [Текст]: пер. с англ. / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс. – М.: Техносфера, 2004. – 408 с.

14. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология [Текст] / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.

15. Коваленко, В.А. Показатели качества этапов жизненного цикла конструкций ракетно-космической техники из полимерных композиционных материалов [Текст] / В.А. Коваленко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 50. – Х.: ХАИ, 2011. – С. 128 – 140.

16. Большой толковый словарь русского языка [Текст] / под. ред. С.А. Кузнецова. – СПб.: Норинт, 2001. – 1536 с.

17. Гаспарский, В. Праксеологический анализ проектно-конструкторских разработок : пер. с польск. [Текст] / В. Гаспарский . – М. : Мир, 1978. – 172 с.

18. Филь, С.А. Праксеологический подход к решению задачи внутреннего проектирования салонов пассажирских самолетов в условиях рыночной экономики [Текст] / С.А. Филь // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (40).– Х.: ХАИ, 2005. – С. 58 – 71.

Рецензент: д-р техн. наук, профессор В.Е. Гайдачук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 21.09.11.

Фундаментальні характеристики полімерних композиційних матеріалів та їх вплив на показники якості конструкцій ракетно-космічної техніки

Розкрито фундаментальні характеристики полімерних композиційних матеріалів, що відрізняють цей клас конструкційних матеріалів за структурою і властивостями. Проведено аналіз якісного впливу фундаментальних характеристик на одиничні та групові показники якості конструкцій ракетно-космічної техніки з полімерних композитів для основних складових комплексного показника якості. Наведено залежності, які встановлюють кількісні значення приростів показників якості всіх рівнів, що виникають у конструкціях ракетно-космічної техніки внаслідок реалізації фундаментальних характеристик композитів.

Ключові слова: фундаментальні характеристики, полімерні композиційні матеріали, показники якості, ракетно-космічна техніка.

Polymeric composition materials fundamental descriptions and their influence on the indexes of constructions rocket-space system engineering quality

Fundamental descriptions of polymeric composition materials, distinguishing this class of construction materials on a structure and properties, are unsealed. The analysis of the high-quality influencing of fundamental descriptions on the single and group indexes of quality of constructions rocket-space the system engineering from polymeric kompozitov for the basic constituents of complex index of quality is conducted. Dependences are resulted, setting quantitative values of increases of indexes of quality of all levels arising up in constructions rocket-space the system engineering because of realization of fundamental descriptions of kompozitov.

Keywords: fundamental descriptions, polymeric composition materials, indexes of quality, rocket-space the system engineering.