

КОНЦЕПЦИЯ ВЕКТОРНОЙ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ И ДОВОДКЕ АВИАЦИОННЫХ ГТД

Нестеров В.Н.

Самарский университет, г. Самара, nesterov.ntc@gmail.com

Ключевые слова: многокомпонентные перемещения, математические модели, испытания авиационных двигателей.

Первые идеи, которые легли в основу концепции векторной многокомпонентной физической величины [1], зародились в процессе анализа результатов испытаний авиационных газотурбинных двигателей. Элементы двигателей в различных условиях эксплуатации претерпевают сложные перемещения и деформации. При этом источники этих перемещений и деформаций часто имеют разную природу и значимость, а в совокупности отражаются на результирующих технико-экономических показателях. Наличие таких источников объясняется конструктивной сложностью и энергетической насыщенностью газотурбинных двигателей. Любой газотурбинный двигатель представляет собой подвижную систему, на которую воздействуют переходные процессы при изменении режимов его работы, вибрация, конструктивные дефекты узлов и агрегатов и многое другое. Факторами, влияющими на состояние двигателей, являются перепады температуры и оборотов, нестационарный теплообмен, зазоры в замках лопаток, прецессия роторов, перепады давления и т.д. Выявление вклада каждого источника в результирующие перемещения элементов конструкции в соответствующий момент времени и в выбранных точках имеет принципиальное значение для оценки и выявления конструктивных просчетов, выработки перспективных технических решений.

Таким образом, результирующая векторная величина, в данном случае перемещение, состоит из компонентов, каждый из которых несет информацию об источниках и причинах их появления и изменения. Взгляд на векторную величину как на величину многокомпонентную, в интегральном виде отражающую многообразие процессов, приводящих к сложным перемещениям и деформациям как сложных, так и простых объектов, привел к осознанию необходимости формирования соответствующей концепции.

В работах [1, 2] концепция формулируется следующим образом: если контролируемые объекты и связанные с ними процессы имеют сложный характер и (или) структуру, то перемещения, являющиеся их следствием, сами характеризуются определенной структурой, элементы которой тем или иным образом связаны между собой, находятся во взаимодействии, оказывают взаимное влияние друг на друга и несут дополнительную информацию о процессе или объекте.

Основу концепции векторных многокомпонентных физических величине составляют следующие положения [1-3]:

- векторные многокомпонентные физические величины рассматриваются как функции множества составляющих их информативных компонентов;
- функции связи названных информативных компонентов в моделях многокомпонентных физических величин определяются законами векторной алгебры;
- информационные модели векторных многокомпонентных физических величин допускают альтернативное представление информативных составляющих в зависимости от выбранной системы координат.

Обобщенная математическая модель векторной многокомпонентной физической величины, включающая в себя информативные компоненты той же размерности и отражающая сложные процессы, происходящие с объектом, в разложении по осям декартовой системы координат представляется в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{X}_x(\mathbf{r}, \tau) &= \mathbf{F}(\mathbf{x}_{1x}(\mathbf{r}, \tau), \dots, \mathbf{x}_{px}(\mathbf{r}, \tau)); \\ \mathbf{X}_y(\mathbf{r}, \tau) &= \mathbf{F}(\mathbf{x}_{1y}(\mathbf{r}, \tau), \dots, \mathbf{x}_{py}(\mathbf{r}, \tau)); \\ \mathbf{X}_z(\mathbf{r}, \tau) &= \mathbf{F}(\mathbf{x}_{1z}(\mathbf{r}, \tau), \dots, \mathbf{x}_{pz}(\mathbf{r}, \tau)), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\mathbf{X}_x(\mathbf{r}, \tau)$, $\mathbf{X}_y(\mathbf{r}, \tau)$, $\mathbf{X}_z(\mathbf{r}, \tau)$ – проекции многокомпонентных перемещений на координатные оси декартовой системы координат; $\mathbf{x}_{1k}(\mathbf{r}, \tau), \dots, \mathbf{x}_{pk}(\mathbf{r}, \tau)$ – информативные компоненты k -й координатной составляющей ($k \in \{x, y, z\}$) многокомпонентного перемещения \mathbf{X} ; \mathbf{r}, τ – пространственные и временные координаты; \mathbf{F} – функция связи, определяемая физикой исследуемого объекта или процесса.

Данная модель является основополагающей и непосредственно вытекает из сформулированных выше положений концепции.

Очевидно, что многокомпонентные перемещения в модели (1) описывают перемещение точки объекта, которая может принадлежать как сложному, так и простому объекту. Модель (1) применима в обоих случаях.

Пространство моделирования многокомпонентных перемещений простых объектов можно представить в следующем виде.

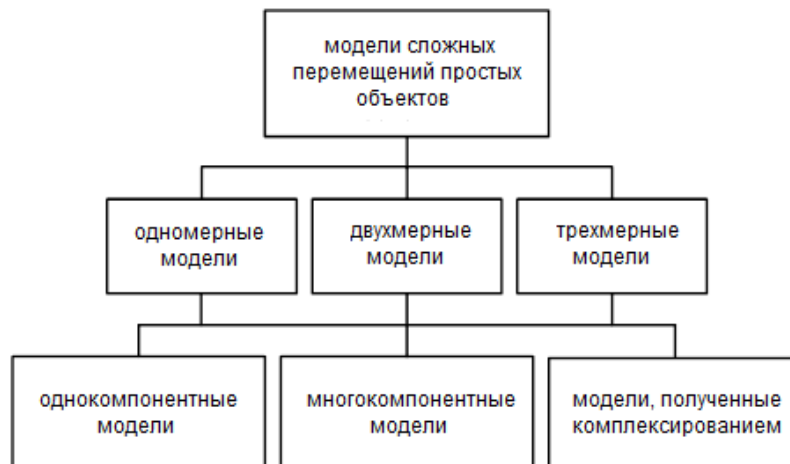


Рисунок 1 – Классификация математических моделей многокомпонентных перемещений

Таким образом, даже для простых объектов пространство моделирования дает значительный простор для творчества. Кроме того, информационные модели векторных многокомпонентных физических величин позволяют альтернативно представлять информативные составляющие. Это прямо отмечается в третьем положении концепции. То есть задача построения таких моделей сложна и неоднозначна. Поэтому необходим формальный аппарат синтеза таких моделей, основанный на определенных соглашениях и правилах [3].

Список литературы

1. Нестеров В.Н. Теоретические основы измерений составляющих векторных многокомпонентных физических величин / Труды III международной конференции «Идентификация систем и задачи управления». – М.: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 28-30 января 2004. – С. 1691-1700. ISBN 5-201-14996-9.
2. Нестеров В.Н. Концепция векторных многокомпонентных физических величин и ее применение / IV международная конференция и молодежная школа «Информационные технологии и нанотехнологии»: Сборник трудов ИТНТ-2018. – (24-27 апреля 2018 г., г. Самара). – Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2018. – С. 1822-1832.

3. Nesterov V.N. Concept of Vector Multicomponent Physical Quantities, Models and Measurement Method // Devices and Methods of Measurements. – 2022. – Vol.13. – No. 4. – P.281–290. DOI: 10.21122/2220-9506-2022-13-4-281-290.

Сведения об авторах

Нестеров Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры конструирования и технологии электронных систем и устройств Самарского университета. Область научных интересов: измерительная техника, автоматика, теория инвариантности, математическое моделирование, испытания авиационных ГТД.

THE CONCEPT OF A VECTOR MULTI-COMPONENT PHYSICAL VALUE AND ITS APPLICATION IN TESTING AND DEFINING AIRCRAFT ENGINES

Nesterov V.N.

Samara University, Samara, Russia, nesterov.ntc@gmail.com

Keywords: multicomponent displacements, mathematical models, aircraft engine testing.

A new view of vector physical quantities as multicomponent quantities is presented in this paper. Each of the components of the mentioned multicomponent quantities can carry important and even unique information about the sources and causes of their occurrence. Looking at the vector quantity as the multicomponent quantity led to the need to form the corresponding conception. There are three positions of this conception in this paper. The mathematical model of the vector multicomponent physical quantity is presented. This model is fundamental and directly follows from the positions of the conception formulated above. This model can be applied to describe multicomponent displacements and deformations that both simple and complex objects undergo.