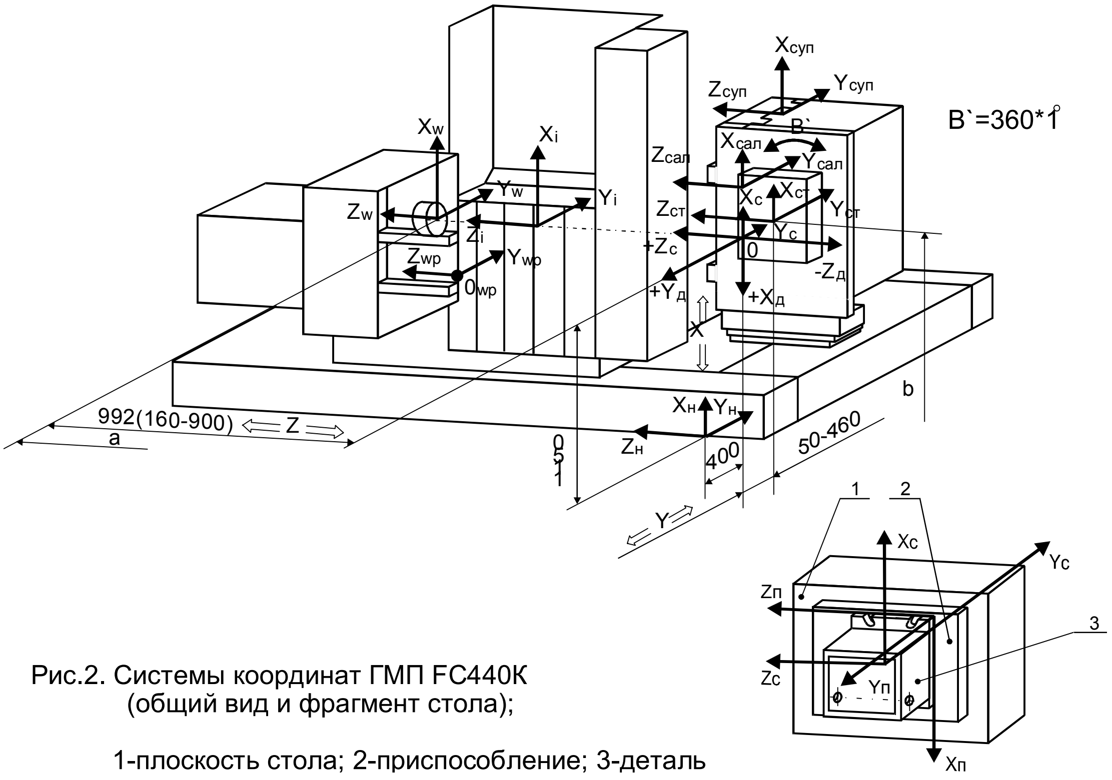

Рис.2. Системы координат ГМП FC440К
(общий вид и фрагмент стола);

1-плоскость стола; 2-приспособление; 3-деталь

ЛИТЕРАТУРА
1. **Базров Б. М.** Расчет точности машин на ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1975.
2. **Решетов Д. Н.** Портман В. Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1989. – 336 с.
3. **Литвин Ф.Л.** Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука, 1968. – 584 с.

И.Г. ЕРШОВА

ПОСТРОЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЛЕННОСТИ

В качестве сравнительной оценки технических систем наиболее часто используется соответствующий показатель эффективности. Так при проектировании систем мы стремимся, с одной стороны, увеличить производительность, надежность, универсальность системы, а с другой, снизить удельные энергозатраты, металлоемкость, себестоимость и др. Здесь перечислены несколько частных показателей эффективности, которые могут быть измерены, рассчитаны или получены как итоговые результаты моделирования. Их общее свойство в том, что уровень их общности находится в обратном отношении к их прагматичности. Вместе с тем, это скалярные функции, которые непосредственно устанавливают однозначное соответствие между отношением “≥” и линейным порядком на множестве однородных систем, а экстремальному значению показателя соответствует “наилучшая” система.

Объединение частных показателей эффективности в векторный показатель в первую очередь требует решения проблемы конструирования правила сравнения технических систем, то есть задания отношения. Известны приемы сведения векторного показателя к общему скалярному, например, введением весовых коэффициентов, с которыми суммируются частные показатели или составлением дробных показателей, в которых числитель содержит показатели, требующие их увеличения, а в знаменателе – показатели, требующие уменьшения; при этом недостаток по одному их них может быть скомпенсирован за счет другого. В общем случае объединение частных показателей в один общий показатель требует конструирования правила их композиции с четко выделенной структурой.

Менее распространено задание отношения в форме индикаторного сравнения “лучше - хуже” [1]. Такое сравнение принято относить к косвенным методам сравнения эффективности.

Учет в сравнительной оценке условий функционирования технических систем наталкивается на неопределенность как результат взаимодействия многих факторов. Основными факторами неопределенности считаются:

- невозможность точного описания условий развития сложных систем в силу их уникальности, трудно устанавливаемой целенаправленности и, как следствие, отсутствие простой модели описания функционирования;
- множественность и противоречивость конечных целей сравнения, что побуждает к построению многокритериальных векторных оценок, а вместе с этим и решения проблем перевода их в сравнительные оценки;
- неоднозначность и погрешности используемой информации, во многом преодолеваемые применением статистических методов.

Вышеперечисленные факторы очерчивают сложности задания сравнительной оценки технических систем в условиях неопределенности.

Рассмотрим выбор структуры обобщенного скалярного показателя построенного на области неопределенности. Поставим задачу следующим образом. Пусть имеется некоторое множество сравниваемых между собой элементов сложной системы $M=\{m\}=\{m_1,m_2,...,m_k\}$ и определен диапазон условий применения элементов в сложной системе $\{v\}=[\{v\}_н;\{v\}_к]$, где $\{v\}_н,\{v\}_к$ – соответственно набор начальных и конечных значений диапазонов изменения условий v_i, то есть $v_{iн}\le v_i\le v_{iк}$. Требуется на основе математической модели системы выбрать структуру обобщенного скалярного показателя эффективности $Q[\{p\},\{v\}]$, где $\{p\}$ – набор параметров сравниваемых элементов $\{m\}$, с тем чтобы отобрать такое подмножество элементов системы $\overline{M}\in M$, которые во всем диапазоне неопределенности имеют преимущества по эффективности относительно других элементов.

Выбор структуры обобщенного показателя эффективности сводится к выбору функциональной зависимости $Q=f[\{p\}],\{v\}]$.

Представим показатель эффективности в виде:

$$Q=F[\{p\},\{v\}]=f(\varphi(\{p\},\{v\}),\psi(K(\{p\}))),\qquad(1)$$

где φ - функция, отражающая степень влияния параметров системы $\{p\}$ на показатель эффективности в зависимости от значений неопределенных условий $\{v\}$;

ψ - функция, определяемая только параметрами системы и не зависящая от неопределенных факторов;

K – обобщенный показатель, зависящий только от характеристик элемента системы.

Таким образом, в (1) постулируется выделение функции ψ, инвариантной относительно условий применения системы, а также области неопределенности применения системы, описываемой функцией φ. Относительно функции f сделаем предположение, что она дифференцируема по аргументам φ и ψ.

Рассмотрим условия, при выполнении которых из сравнения значений показателя K для двух вариантов элементов $\{m\}$ будет следовать соответствующее неравенство для значений обобщающего показателя Q, что равносильно установлению линейного порядка на множестве технических систем.

Пусть M_I и M_{II} – два варианта элементов и $K(p)_I>K(p)_{II}$ или $dK>0$. Используя свойство инвариантности первого дифференциала для зависимости (1), можно записать

$$dQ=\frac{\partial f}{\partial\varphi}d\varphi+\frac{\partial f}{\partial\psi}d\psi=\frac{\partial f}{\partial\varphi}d\varphi+\frac{\partial f}{\partial\psi}\cdot\frac{\partial\psi}{\partial K}dK\ .\qquad(2)$$

В равенстве (2) разумно предположить, что знак первого слагаемого должен соответствовать решаемой задаче сравнения:

- положительный, если Q интерпретируется как степень выполнения задачи при заданном расходе ресурсов (задача А);

- отрицательный, если Q – расход ресурсов при заданной степени выполнения задачи (задача В).

Таким образом, учет неопределенности в применении технической системы должен “содействовать” сравнению вариантов.

Дальнейший анализ (2) показывает, что при выполнении неравенств

$$\frac{\partial f}{\partial \varphi} > 0\,,\quad \frac{\partial f}{\partial \psi} > 0\,,\quad dK > 0 \qquad (3)$$

мы получаем двойственные задачи А и В для всех условий неопределенности $\{\nu\} \in \left[\{\nu\}_н ; \{\nu\}_к\right]$.

Задача А:
$Q \to \max\limits_{\{m\}}$
при ограничениях:
a) $\dfrac{\partial Q}{\partial K} > 0,$
b) $d\varphi \geq 0$,
c) $\dfrac{\partial \psi}{\partial K} > 0$.

Задача В:
$Q \to \min\limits_{\{m\}}$
при ограничениях:
a) $\dfrac{\partial Q}{\partial K} < 0,$
b) $d\varphi \leq 0$
c) $\dfrac{\partial \psi}{\partial K} < 0$

В ситуации, когда $d\varphi$=0, показатель Q оказывается инвариантным к неопределенности, что соответствует сравнению технических систем при игнорировании факторов неопределенности или в предположении неизменности условий применения систем.

Условие а) заданное в разностной форме

$$\frac{Q_I - Q_{II}}{K_I - K_{II}} > 0 \text{ или } \frac{Q_I - Q_{II}}{K_I - K_{II}} < 0 \qquad (4)$$

геометрически интерпретируется как требование отсутствия пересечения поверхностей значений показателя эффективности Q сравниваемых вариантов во всей области неопределенности. Из этого следует, что в двойственных задачах сравнения решающее правило отбраковки вариантов элементов из $\{m\}$ формулируется одинаково: если

$$\frac{K_I}{K_{II}} > 1\,, \qquad (5)$$

то вариант II может быть исключен из дальнейшего рассмотрения. При этом сравнении вариантов предполагается возможность не включать в показатель K одинаковые параметры вариантов.

На выбор функции f наложено ограничение в виде положительности координат градиента этой функции во всей области неопределенности и при всех допустимых значениях аргументов. Наиболее просто это условие выполнить выбором аддитивной функции f с положительными весовыми коэффициентами, например,

$$Q = \alpha\varphi(\{p\},\{\nu\}) + \beta\psi(K(\{p\}))\,;\qquad \alpha,\beta > 0 \qquad (6)$$

Выбор функции φ должен быть сделан с учетом условия b) задач. По физическому содержанию показатель эффективности положителен, что для его вида (6) означает положительность функций φ и ψ. Это требование сохраняется и при мультипликативной форме зависимости (1).

Таким образом, обобщенный скалярный показатель эффективности можно выбрать в виде показателя, построенного на области неопределенности применения технических систем, с выделением двух положительных функций, одна из которых инвариантна относительно условий неопределенности и обеспечивает монотонность сравнения для всех значений факторов неопределенности, а другая учитывает факторы неопределенности, что способствует процедуре сравнения систем в области, где допустимо применение обобщенного показателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ильичев А.В.** Эффективность проектируемой техники: Основы анализа. – М.: Машиностроение. 1991.